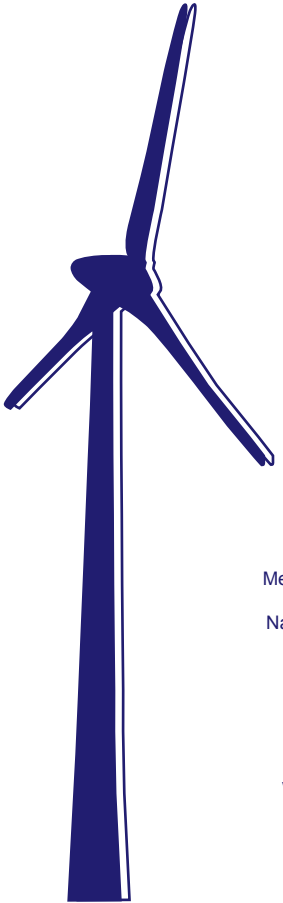


ENERMET
Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi

KİTAP İSTEME ADRESİ
Enermet Enerji
Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Ltd.

Nasuh Akar Mah.1400 Sok. No: 34/1 06520
Balgat / ANKARA
Tel: 0312 441 55 20
Fax: 0312 441 93 91
e-mail: info@enermet.com.tr

www.enermet.com.tr

ENERMET
Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi

RÜZGAR ENERJİSİ: TEORİ VE UYGULAMA

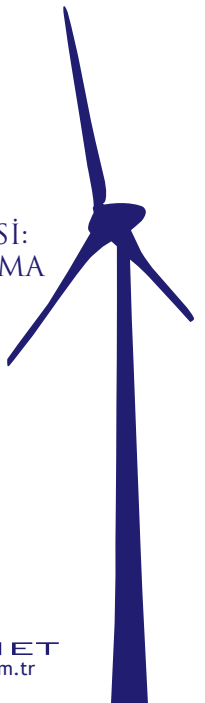
www.enermet.com.tr

RÜZGAR ENERJİSİ: TEORİ VE UYGULAMA

Murat DURAK

Serra ÖZER

Baskı : ENERMET
www.enermet.com.tr



Eşim Serpil ve oğullarım Muratcan ile İsmet Mete'ye...
Murat DURAK

Engin, Abdurrahim, Sedef, Seda Özer'e...
Serra ÖZER

ÖNSÖZ

Bu kitabın tek amacı vardır: Rüzgar enerjisini anlatmak, gerek iş ve gerekse de akademik araştırmalar için türünün ilk ve en kapsamlı bilgileri içeren bir kaynağı yayınlamaktır. Kitap sadece formül veya genel bilgiler içermemekte, aynı zamanda tecrübe ve güncel konuları kapsamaktadır. Bunu yaparken yazarların temel ilkesi ise, okunabilir ve anlaşılabilir olmak olmuştur. Çok karmaşık gibi görünen teknik konuları bile açık ve özlü bir şekilde anlatarak şekil ve grafikler ile konunun daha iyi kavranması sağlanmaya çalışılmıştır.

Bu kitap, yazarların sadece iki yıllık emeği değil; aynı zamanda on yıllık sektör tecrübelerinin bir sonucudur.

Kitaptaki resimlerin büyük bir çoğunluğu yazarlar tarafından çekilmiştir. Şekillerin çoğu yine yazarlar tarafından çizilmiş, bazı çizimler çeşitli kaynaklardan alınmıştır.

Kitabın herkese yararlı olması dileği ile...

Mart 2008

Murat Durak - Serra Özer

2. BASKI İÇİN ÖNSÖZ

İlk basımın yapıldığı Mart 2008 tarihinden bu yana kitap oldukça büyük bir ilgi görmüştür ve bu amaçla 2. Baskıyı yapma ihtiyacı duyulmuştur.

2. Baskının herkese yararlı olması dileği ile...

Nisan 2012

Murat Durak - Serra Özer

TEŞEKKÜR

Kuşkusuz böyle bir kitap, sadece yazarların emeği olamaz. Burada teşekkürü ilk hakeden sonsuz destek ve hoşgörüden dolayı yazarların ailesi olacaktır.

Kitabın içerisindeki fotoğrafların, ürünlerin, broşürlerin kullanımına izin veren ve bilgileri ile katkıda bulunan;

- Gamesa Wind GmbH'ten Sn Günter Haeckner ve Sn Renate Steinkrauss'a,
- Alman Rüzgar Enerjisi Enstitüsü'nden Sn Dr Helmut Klug'a,
- Vaisala Oyj'den Sn Sari Matero'ya,
- Risoe National Laboratory Wind Energy Dept'ten Sn Dr Gregor Giebel'a,
- Ammonit Gesellschaft für Messtechnik mbH'ten Sn Michael Köhler'e,
- Wind Consult GmbH'ten Sn Stefan Mueller'e,
- Adolf Thies GmbH & Co KG'den Sn Thomas Stadie'ye,
- NRG Systems Inc'ten Sn Margarete Griffiths'e,
- Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog'dan Sn Volker Köhne'ye,
- European Wind Energy Association'dan Sn Luisa Colasimone'ye,
- Centre for Renewable Energy Sources'tan Sn Nicos Stefanatos'a,
- Vestas Eolica S.A.U.'dan Sn Dan Lund'a,
- Vestas Wind Systems A/S'tan Sn Bo Morup'a
- Suzlon Energy Ltd'den Sn Arnab Ghose'ye,
- DLC Dr Littmann Consulting'dan Sn Thomas Littmann'a,
- Sommer GmbH'ten Sn Francois Zangerle'ye,
- Nordex Energy GmbH'ten Sn Ove Ravn'a,
- İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Sn Prof Dr Mikdat Kadıoğlu, Sn Prof Dr Süleyman Tolun, Sn Doç Dr Sibel Menteş ve Sn Doç Dr Ahmet Duran Şahin'e,
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan Sn Hasan Selek ve Sn Ahmet Taşpınar'a,
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş.'den Sn Mehmet Bahadır, Sn Mehmet Alkan, Sn Ahmet Bulgur ve Sn Hüseyin Yaylacıoğlu'na,
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nden Sn Dr Yüksel Malkoç, Sn Gürkan Ural, Sn Mustafa Çalışkan, Sn Mustafa Canbaz'a,
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan Sn İsmet Turan ve Sn Saffet Durak'a
- Demirer Holding A.Ş.'den Sn Erol Demirer ve Sn Önder Demirer'e,
- Bilgin Elektrik Üretim, İletim, Dağıtım ve Tic. A.Ş.'den Sn Vehbi Bilgin ve Sn Tolga Bilgin'e,

Ayrıca;

- Enerjisa Enerji Üretim A.Ş.,
- Enermet Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Ltd. Şti.'ye

ve adını hatırlayamadığımız birçok değerli dosta en içten teşekkürlerimizi sunarız.

Bu kitabın hazırlanmasında geniş bir kaynak incelenmesi yapılmıştır. Eserlerinden yararlandığımız tüm kişi ve kurumlara sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

Kitapta, birçok eksik bulunabilir. Bu nedenle, kitapla ilgili akademik çevreler ile enerji sektöründen gelen her türlü öneri ve eleştiriler ilerde bu eksikliklerin giderilmesinde katkı sağlayacaktır.

Ayrıca bu kitabın yayınlanmasında katkılarından dolayı Enermet Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Ltd Şti'ye (www.enermet.com.tr) ve baskı sırasında emeği geçen herkese teşekkürü bir borç biliriz.

Murat Durak - Serra Özer

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ **I**

İTHAF **II**

TEŞEKKÜR **III**

İÇİNDEKİLER **X**

KISALTMALAR **XI**

1. GİRİŞ VE TARİHÇE **1**
1.1 Doğu Ülkelerinde Kullanım 1
1.2 Avrupa Ülkelerinde Kullanım 4
1.2.1 Yel Değirmeni Çeşitleri 5
1.2.1.1 Post Yel Değirmeni 5
1.2.1.2 Wip Yel Değirmeni (Wipmolen) 8
1.2.1.3 Galeri Yel Değirmeni 9
1.2.1.4 Smock Yel Değirmeni 11
1.2.1.5 Kule Yeldeğirmeni (Tower Windmill) 12
1.2.1.6 Akdeniz Yeldeğirmeni 14
1.2.1.7 Diğer Tasarımlar 15
1.2.2 Hollanda 16
1.2.3 Almanya 21
1.2.4 İspanya 23
1.2.5 Danimarka 23
1.2.6 Yunanistan 24
1.3 Amerika Birleşik Devletleri 24
1.4 Ülkemizde Durum 25

2. RÜZGAR ENERJİSİ METEOROLOJİSİ **31**
2.1 Küresel Rüzgarlar 32
2.1.1 Tek-Hücre Modeli 32
2.1.2 Üç-Hücre Modeli 33
2.2 Yerel Rüzgarlar 34
2.2.1 Kara ve Deniz Meltemleri 34
2.2.2 Dağ ve Vadi Rüzgarı 35
2.2.3 Ülkemizi Etkileyen Hava Kütleleri 36
2.2.4 Dünyada ve Ülkemizde Esen Yerel Rüzgarlar 37
2.3 Rüzgar Oluşumu 48
2.3.1 Jeostrofik Yaklaşım 48
2.3.2 Gradyan Rüzgar 49
2.4 Rüzgar Profilinin Değişimi 51
2.4.1 Atmosferik Sınır Tabaka (Atmospheric Boundary Layer) 51
2.4.2 Düşey Rüzgar Profili 51
2.4.3 Atmosferik Kararlılığın Rüzgara Etkisi 53
2.4.4 Engele Çarptıktan Sonra Profilin Değişimi 54
2.4.5 Düz Bir Arazi Üzerinde Akış 55
2.4.6 İnsan Yapımı Engeller 56
2.4.7 Düz Olmayan Bir Arazide Akış 57
2.4.8 Sıradağlar (Ridges) Üzerindeki Akış 59
2.4.9 Lokal Etkiler 61
2.5 Rüzgar İstatistiği ve Formüller 62
2.5.1 Normal Dağılım 63
2.5.2 Rüzgar Güç Formülasyonu 63
2.5.3 Weibull Dağılımı 67
2.5.4 Rayleigh Dağılımı 68

2.5.5 Ekstrem (Aşırı) Rüzgar Hızı Dağılımı 69
2.6 Rüzgar Türbülansının Analizi 70
2.6.1 Türbülans Yoğunluğu 70
2.6.2 Türbülans Frekans Bileşenlerinin Analizi 72
2.6.3 Türbülans Büyüklüğünün (Amplitude) Analizi 72
2.6.4 Türbülansın Zaman (Time Domain) Analizi 72
2.6.5 Türbülansın Uzayda (Spatial) Değişimi 73
2.7 Rüzgar Atlası 75
2.7.1 Rüzgar Verilerinin Seçilmesi 76
2.7.2 Rüzgar Gücü Yoğunluğunun Hesaplanması 77
2.7.2.1 Dağlık Alanlarda Rüzgar Gücü Hesaplamaları 79
2.7.2.2 Rüzgar Tarafından Bozulan Bitki Örtüsü 79
2.7.3 Rüzgar Analizi 79
2.7.3.1 Rüzgar Gücü Sınıfları 80
2.7.3.2 Arazi Yüzey Biçimi Sınıfları 80
2.7.3.3 Rüzgar Kaynağının Alansal Dağılımı 81
2.7.4 Veri Eleme ve Analizi 82
2.8 Rüzgar Potansiyelini Belirlemede Kullanılan Programlar 83
2.8.1 WASP Programı 83
2.8.1.1 WASP Modelinin Kullandığı Alt Modeller 84
2.8.1.2 Engel Perdeleme Modeli 84
2 8.1.3 Orografik Model 85
2.8.1.4 Pürüzlülük Değişim Modeli 88
2.8.1.5 Model Kısıtları 91
2.8.1.6 WASP'ta Kullanılan Veri 92
2.9 Rüzgar Veri Analizi 94
2.9.1 Uzun Yılları Kapsayan Dönemde Rüzgar Hızının Değişimi 94
2.9.2 Yıllık Rüzgar Hızının Değişimi 95
2.9.3 Rüzgar Hızının Aylık Değişimi 98
2.9.4 Rüzgar Hızının Günlük Değişimi 99
2.9.5 Rüzgar Hızının Diğer Bileşenleri 100
2.9.6 Rüzgar Ölçümlerindeki Hata Payı (Belirsizlik) 101
2.10 Kısa Süreli Rüzgar Tahmini 102
2.10.1 Kısa Süreli Rüzgar Enerji Tahmini ile İlgili Çalışmalar 103
2.10.1.1 Sayısal Hava Tahmini ve MOS 103
2.10.1.2 Sayısal Hava Tahmini ve İstatistiksel Model 104
2.10.1.3 Sayısal Hava Tahmini ve İstatistiksel Model ve MOS 104
2.10.1.4 İstatistiksel Model 104
2.10.1.5 Yapay Sinir Ağları 105
2.10.2 Kısa Süreli Rüzgar Enerjisi Tahmininde Kullanılan İstatistiksel Eşitlikler 106
2.10.2.1 Bir Adım Sonraki Tahmin 107
2.10.2.2 k-Adım Sonraki Tahmin 108
2.10.2.3 Rüzgar Enerjisi Tahmininde Kullanılan Modellerin Formülasyonu 108
2.10.2.4 Polinomal Açılım Modeli 108
2.10.2.5 Güç Eğrisi Açılımı Modeli 109
2.10.2.6 Dinamik Tahmin Modeli 109
2.10.2.7 Upscaling Tahmin Modeli 109
2.10.3 Kısa Süreli Rüzgar Enerjisi Tahmin Modelleri 110
2.10.3.1 Previento 110
2.10.3.2 Zephyr/Prediktor 110
2.10.3.3 Anemos 111
2.10.3.4 AWPPS Modeli 111

3. RÜZGAR ÖLÇÜM TEKNİKLERİ 113
3.1 Rüzgar Hızını Ölçen Aletler 113
3.1.1 Anemometre 114
3.1.1.1 NRG Systems Inc Anemometre 116
3.1.1.2 Vector Instruments Inc. Anemometreleri 117
3.1.1.3 Ammonit GmbH Anemometreleri 118
3.1.2 Ultrasonik Anemometre 120

3.1.2.1 2-Boyutlu Ultrasonic Anemometre 121
3.1.2.2 3-Boyutlu Ultrasonik Anemometre 121
3.1.3 Isıtmalı (Heated - Icefree) Anemometreler 123
3.1.3.1 NRG Inc Icefree Anemometre 124
3.1.3.2 Vector Inc. Firması Icefree anemometre 124
3.1.4 Propeller Anemometre 125
3.1.5 Kombine Sistemler 126
3.1.6 SODAR (Sound Detection and Ranging) 127
3.1.6.1 Sodar Sisteminin Avantajları 128
3.1.7 Anemograf 129
3.1.8 Yön Sensörü 130
3.1.8.1 NRG #200 P Yön Sensörü 131
3.1.8.2 Ammonit GmbH Yön Sensörü 133
3.1.9 Diğer Sensörler 133
3.1.9.1 Sıcaklık Sensörü 133
3.1.9.2. Nem Sensörü 134
3.1.9.3. Basınç Sensörü (Barometre) 135
3.1.10 Sensörlerin Kalibrasyonu 136
3.1.10.1 Anemometre Kalibrasyonu İçin Gerekli Şartlar 137
3.1.10.2 Kalibrasyona Başlama 137
3.1.10.3 Kalibrasyon Prosedürü 138
3.1.10.4 Kalibrasyon Rapor Formatı 138
3.2 Arazi Seçimi 139
3.2.1 Arazi Ön Etütleri 139
3.2.1.1 Keşif Gezileri 139
3.2.1.2 Bayraklama (Flagging) 140
3.2.2 Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar 141
3.2.2.1 Fotoğraflandırma 142
3.2.2.2 Ön Rapor Hazırlanması 142
3.2.3 Ölçüm İzni Alınması 143
3.3 Ölçüm Sistemi Seçimi 145
3.3.1 Rüzgar Ölçüm Sistemleri 145
3.3.2 Rüzgar Ölçümlerinde Kullanılan Yardımcı Teçhizat 146
3.3.2.1 Vinç 147
3.3.2.2 Gin Pole 147
3.3.2.3 Taban Ankraj 147
3.3.2.4 Kazıklar 148
3.3.2.5 Kelepçeler 150
3.3.2.6 Yan Kol 151
3.3.2.7 Çelik Halatlar 151
3.3.2.8 Veri Toplayıcı Muhafaza Kutusu ve Kilidi 152
3.3.2.9 Vidalar, Somun ve Civata 152
3.3.2.10 Yıldırım Çubuğu 152
3.3.3. Elektronik Elemanlar 152
3.3.3.1 Veri Toplayıcı (Data Logger) 152
3.3.3.2 Güneş Paneli 154
3.3.3.3 Veri Okuyucu 155
3.3.3.4 GSM Anteni 155
3.3.3.5 Uyarı Işığı (Flaşör) 156
3.3.4 Ölçüm Sistemi Seçimi 157
3.3.4.1 Kaçınılabilecek Hatalar 158
3.3.4.2 Ölçüm Yüksekliğinin Seçilmesi 158
3.3.4.3 Sensörlerin Seçimi 159
3.3.4.4 Sensörlerin Ölçüm Direğine Montajı 160
3.3.5 Rüzgar Ölçüm Direk Seçimi 161
3.3.5.1 Ölçüm Direk Geometrisi 161
3.3.5.2 10 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği 162
3.3.5.3 20 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği 163
3.3.4.5 30 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği 164
3.3.5.5 40 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği 165

3.3.5.6 50 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği 166
3.3.5.7 60 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği 167
3.3.5.8 Bağlantı Seviyeleri ve Kazık Mesafeleri 168
3.3.5.9 Ölçüm Direği Üzerine Etkiyen Kuvvetler 170
3.4 Rüzgar Ölçüm Direği Montajı 170
3.4.1 Direk Montajı 172
3.4.1.1 Taban Ankrajı 173
3.4.1.2 Boruların Uzatılması 174
3.4.1.3 Gin Pole ve Vinç Bağlanması 175
3.4.2 Sensörlerin Bağlanması 178
3.4.3 Ölçüm Direğinin Kaldırılması 183
3.4.4 Kazıkların Çakılması 183
3.4.5 Direğin Dikilmesi 185
3.4.6 Veri Toplayıcı ve Kabloların Bağlanması 185
3.4.6.1 Veri Toplayıcının Çalıştırılması 187
3.4.6.2 Sensörlerin Veri Toplayıcıya Bağlanması 189
3.4.6.3 Veri Kayıt Cihazının Montajı 190
3.4.7 Direk Monte Ederken Dikkat Edilecek Güvenlik Hususları 192
3.5 Rüzgar Ölçüm Direği Bakımı 193
3.5.1 Mekanik Bakım 193
3.5.2 Elektronik Bakım 194
3.5.3 Bakım Çalışmalarına Giderken Alınacak Malzemeler 195
3.5.4 Bakım Çalışmalarına Giderken Dikkat Edilecek Hususlar 195
3.5.5 Rüzgar Ölçüm Direğinin Yıkılması 195

4. RÜZGAR TÜRBİNİ 197
4.1 Giriş ve Tarihçe 197
4.1.1 1950 Sonrası Durum 199
4.2 RT Ar-Ge Çalışmaları 201
4.2.1 Araştırma Amaçlı RT'ler 201
4.2.2 Tek Kanatlı RT'ler 205
4.2.3 Çift Kanatlı RT'ler 206
4.2.4 Danish Concept 206
4.3 RT Temel Elemanları 206
4.3.1. Kule 206
4.3.2 Kanat 213
4.3.3 Nasel ve İçindeki Ekipmanlar 217
4.3.3.1 Ana Yatak (Main Bearing) 218
4.3.3.2 Dönen Yatak (Slewing Rings) 219
4.3.3.3 Sapma Mekanizması (Yaw System) 219
4.3.3.4 Jeneratör 219
4.3.3.5 Dişli Kutusu (Gearbox) 221
4.3.3.6 Uyarı Işığı (Aviation veya Obstacle Light) 222
4.3.3.7 Soğutma ve Filtreleme 222
4.3.3.8 Fren Sistemi 223
4.3.3.9 Hidrolik Sistemi 224
4.3.4 Göbek (Hub) 224
4.3.5 RT Elektronik Kontrol Sistemi 225
4.3.6 RT Parçalarının Ağırlıkları 227
4.4 RT Aerodinamiği 229
4.4.1 Sürükleme Kuvveti (Drag Force) 229
4.4.2 Kaldırma Kuvveti (Lift Force) 231
4.4.3 Betz ve Schmitz Teoremleri 233
4.4.4 Kanat Profili (Airfoil) 234
4.4.5 RT'ler İçin Tasarlanan Kanat Profilleri 237
4.4.6 Kayıplar 238
4.5 RT Güç Üretimi 239
4.5.1 Güç Eğrisi 239
4.5.2 RT Güç Kontrolü 241
4.5.3 Mikrokonuşlandırma (Micrositing) 242

4.5.4 RT Değerlendirmesi 245
4.6 Soğuk İklimlerde RES'ler 246
4.6.1 Pervane Kanadı Buzlanması ve Isıtma 247
4.7 RT Sertifikaları 249
4.7.1 Sertifika Veren Kuruluşlar 249
4.7.2 RT Tip Sertifikası 249
4.7.3 RT Güç Kalitesi Test Sertifikası 253
4.7.4 RT Güç Eğrisi Ölçümü Test Sertifikası 254
4.7.5 Proje Sertifikasyonu 256
4.8 RT'lerde Güvenlik 258
4.8.1 Kişisel Koruma Cihazları 258
4.8.2 Yıldırım Koruma Sistemi 260
4.8.3 Yangın Koruma Sistemi 261

5. RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL PROJE PLANLAMA VE YÖNETİMİ 263
5.1 Proje Kararının Verilmesi 263
5.2 RES Proje Fizibilitesinin Hazırlanması 265
5.2.1 Türkiye Yol Haritası 266
5.2.2 Ülkemizde Enerji Pazarına Giriş 266
5.2.3 RES Üretim Lisansı Genel Hükümleri 270
5.2.4 Rüzgar Elektrik Santral Fizibilite Raporunda Olması Gerekenler 270
5.2.5 Kullanılacak RT'nin Belirlenmesi 302
5.3 Üretim Lisansının Alınması 303
5.3.1 Lisans Başvurularının İnceleme ve Değerlendirmeye Alınması 303
5.3.2 EPDK Tarafından Olumlu Değerlendirilmesi 304
5.3.4 Üretim Lisans Bedelleri 305
5.3.5 YEK Belgesinin Alınması 305
5.3.6 İlerleme Raporunun Sunulması 305
5.4 Üretim Lisansı Alındıktan Sonra RES İle İlgili Yapılması Gerekenler 306
5.4.1 TEİAŞ Sistem Bağlantı ve Kullanım Anlaşması'nın Yapılması 306
5.4.2 RES Kurulacak Arazinin Tahsisinin Yapılması 310
5.4.3 Diğer İşlemlerin Yapılması 312
5.5 Finansman Temini 312
5.6 İhale Açılması 315
5.6.1 İhaleye Katılacaklara Ön Yeterlik Verilmesi 316
5.6.2 Tekliflerin Hazırlanması ve Sunulması 316
5.7 Alınan Tekliflerin Değerlendirilmesi 327

6. RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL PROJE UYGULAMA 329
6.1 RT Teklifinin Alınması 329
6.1.1 Bütçe RT Teklifi 329
6.1.2 Bütçe RT Teklifinde Olması Gerekenler 329
6.2 RT Siparişinin Verilmesi 331
6.2.1 RT Satış Anlaşması 332
6.2.2 Bakım ve Servis Anlaşması 338
6.3 İnşaat İşleri 343
6.3.1 Saha Mobilizasyon 343
6.3.2 Ulaşım Yolu (Anayol-RES Arası Yol) 344
6.3.3 RT Arasındaki Servis Yolları (Service Roads) 346
6.3.4 RT Temellerinin Hazırlanması 347
6.3.5 Yükseltici (Step-up) Trafo Temelinin Hazırlanması 351
6.3.6 Kablo Kanal İnşaatının Hazırlanması 351
6.3.7 Vinç Çalışma Sahasının Hazırlanması 352
6.3.8 Şalt Sahasının Temelinin Hazırlanması 354
6.3.9 Kontrol Binasının Hazırlanması 354
6.3.10 Diğer İnşaat İşleri 355
6.4 Nakliye İşleri 355
6.4.1 Temel Kafes (Ankraj) Nakliyesi 355
6.4.2 Kule Nakliyesi 356
6.4.3 Nasel Nakliyesi 357

6.4.4 Göbek Nakliyesi 357
6.4.5 Kanatların Nakliyesi 357
6.4.6 Yükseltici (Step-up) Trafo ve Köşklerin Nakliyesi 361
6.5 Montaj İşleri 362
6.5.1 Montaj Öncesi İşler 362
6.5.2 PPM Montajı 364
6.5.3 Kule Montajı 366
6.5.4 Nasel Montajı 371
6.5.5 Göbek Montajı 373
6.5.6 Kanat Montajı 374
6.5.7 Yükseltici (Step-up) Trafo Montajı 379
6.5.8 Şalt Sahasının Montajı 381
6.6 Elektrik İşleri 381
6.6.1 RT Elektrik İşleri 381
6.6.2 Yükseltici (Step-up) Trafo Elektrik İşleri 382
6.6.3 Kablo Döşeme ve Kablo Bağlantıları 382
6.6.4 Şalt Sahası 383
6.6.5 Enerji Nakil Hattı 383
6.7 Devreye Alma ve Testler 384
6.7.1 Kabuller için Ön Hazırlık ve Başvuru 384
6.7.2 Kabul Kurulu 384
6.7.3 Geçici Kabulün Yapılması 384
6.7.4 Tesisin Ticari İşletmeye Açılması 385

7. RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL İŞLETME VE BAKIM 391
7.1 RT'lerin Devreye Alınması (Start-Up) 391
7.2 Condition Monitoring System (CMS) 392
7.3 SCADA Sistemi 396
7.4 RES'te Yapılan Bakımlar 399
7.4.1 Yağlama 400
7.4.2 Kanatlar 403
7.4.3 Dişli Kutusu 404
7.4.4 Fren 405
7.4.5 Jeneratör 405
7.4.6 Temizlik 406
7.4.7 Vida Bakımları 406
7.5 RES'te Yapılan Kontroller 406
7.6 İşletme ve Emniyet Stratejisi 408

8. RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL EKONOMİ VE SİGORTA 409
8.1 RES Tesis Maliyet Hesabı 409
8.2.1 Maliyeti Etkileyen Faktörler 411
8.2 RES Ekonomisi 412
8.2.1 RES Proje Aşamasındaki Maliyetler 412
8.2.2 RES İşletme Maliyetleri (Giderler) 412
8.3 RES Ekonomik Analiz Yöntemleri 417
8.3.1 Net Bugünkü Değer 419
8.3.2 İç Karlılık Oranı (IRR) 419
8.3.3 Basit Geri Ödeme Yöntemi (Simple Payback Method) 420
8.4 RES Sigortası 420
8.4.1 İnşaat Döneminde Yapılan Sigortalar 421
8.4.1.1 Montaj ve İnşaat Sigortalarının Genel Şartları 421
8.4.1.2 Klozlar 424
8.4.1.3 İki Müteahhidin Birbirlerine Karşı Sorumluluk Sigortası (Cross Liability) 428
8.4.1.4 İşveren Mali Mesuliyet Sigortası 428
8.4.2 Sigorta Yaptırırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar 428

9. RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL ÇEVRE ETKİLERİ 431
9.1 Gürültü 431
9.1.1 RT'lerin Gürültü Kaynakları 432

9.2 Kuş Zaiyatı 436
9.2.1 AB Ülkelerinde Kuş Zaiyatı 436
9.2.2 ABD'de Kuş Zaiyatı 436
9.3 Arazi Kullanımı 436
9.4 Elektromanyetik Etkileşim 436
9.5 Toplumun Rüzgar Enerjisine Bakışı 438
9.6 Enerjinin Sosyal Maliyeti 439
9.7 Emisyonlar 440

10. RÜZGAR ENERJİSİ DİĞER UYGULAMALAR 443
10.1 Rüzgar Su Çekme Sistemi (Windpumping) 443
10.1.1 Rüzgar Su Çekme Sistemi Elemanları 450
10.1.2 Yeldeğirmeni Karakteristikleri 452
10.1.3 Suyun Depolanması ve Dağıtımı 456
10.1.4 Montaj 458
10.1.5 İşletme ve Bakım 459
10.1.6 Ülkemizde Kullanım 459
10.2 Küçük Güçlü Rüzgar Türbinlerinden Elektrik Üretimi 460
10.2.1 Mikro Sistemler (0-1000 W) 460
10.2.2 Mini Sistemler (1 kW – 10 kW) 463
10.2.3 Küçük Sistemler (10 kW– 50 kW) 463
10.2.4 Bölgenin Değerlendirmesi 468
10.2.5 Yerleşim ve Montaj 469
10.3 Ada Sistemleri (Stand Alone System) 472
10.4 Hibrid Sistemler 473
10.4.1 Rüzgar Güneş Hibrid Sistemler 473
10.4.2 Rüzgar Dizel Hibrid Uygulamalar 475
10.5 Diğer Uygulamalar 475
10.6 Repowering 476

11. DENİZÜSTÜ (OFFSHORE) RÜZGAR ELEKTRİK SANTRALI 479
11.1 Denizüstü Rüzgar Ölçümü 479
11.1.1 Platform Yapısı ve Teçhizatı 479
11.1.2 Ölçümü Yapılan Parametreler 480
11.1.3 Denizüstü Rüzgar Özellikleri 481
11.2 Avrupa Denizüstü Rüzgar Potansiyeli 483
11.3 Denizüstü RT Özellikleri 484
11.3.1 Denizüstü RT Tasarımı 485
11.3.2 Denizüstü RT Temelleri 486
11.4 Denizüstü RES Proje Uygulama 489
11.4.1 RT Temellerinin Hazırlanması 489
11.4.2 Nakliye 490
11.4.3 RT Montajı 491
11.4.4 Denizaltı Kablo Montajı 492
11.4.5 Denizüstü RES Şebeke Bağlantısı 492
11.5 Denizüstü RES Ekonomik Analiz 493
11.6 Denizüstü RES Çevre Etki Değerlendirmesi 494
11.7 Denizüstü RES Piyasa Durumu 495

12. RÜZGAR ENERJİSİ PİYASASI 497
12.1 Teşvik Türleri 497
12.1.1 Mali Teşvikler 497
12.1.2 Vergi Teşvikleri 498
12.1.3 Üretim Teşvikleri 498
12.1.4 Ticari Yeşil Sertifika (Tradeable Green Certificate) 499
12.2 Avrupa Ülkelerinde Kapasite Projeksiyonu 499
12.3 Dünya'da Rüzgar Enerjisinin Durumu 502
12.4 Ülkemizde Durum 506

KAYNAKLAR

EK I: PÜRÜZLÜLÜK UZUNLUĞU

EK II: HAVA YOĞUNLUĞU DEĞERLERİ

EK III: ÇEVRİMLER

EK IV: BEAUFORT SKALASI

EK V: RÜZGAR ÖLÇÜM KONTROL FÖYÜ

EK VI: RÜZGAR TÜRBİN LİSTESİ

EK VII: İNGİLİZCE-ALMANCA-TÜRKÇE SÖZLÜK

EK VIII: 1 KASIM 2007 BAŞVURULARI TEİAŞ YARIŞMA SONUÇLARI

ÖZGEÇMİŞ

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABM	: Alçak Basınç Merkezi
BoP	: Balance of Plant
dB	: Desibel
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ENH	: Enerji Nakil Hattı
EPC	: Engineering Procurement and Construction
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ESA	: Enerji Satış Anlaşması
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EWEA	: Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği (European Wind Energy Association)
kV	: Kilo Volt
kW	: Kilo Watt
MEASNET	: Measuring Network of Wind Energy Institutes of European
MTİ	: Mühendislik Tedarik ve İnşaat
MW	: Mega Watt
PTC	: Production Tax Credit
RES	: Rüzgar Elektrik Santralı
RPM	: Revolution Per Minute (Dakikadaki Devir Sayısı)
RT	: Rüzgar Türbini
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim A.Ş.
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TM	: Trafo Merkezi
WASP	: Wind Atlas Analysis and Application Program
YBM	: Yüksek Basınç Merkezi
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YES	: Yenilenebilir Enerji Santralları

BÖLÜM 1

GİRİŞ VE TARİHÇE

Rüzgar kelime anlamı olarak, devir, hengam ve alem anlamlarını taşımaktadır. Meteorolojide anlamı ise, en basit olarak hareket eden havadır. İlk insanlar rüzgarın kaynağının nedenin bilmemekle beraber, onu kullanma yoluna gitmişlerdir. Bu yönde belki ilk uygulamalar, tahıl öğütme ve yelkenli gemilerin yüzdürülmesi ile başlamıştır. Eski Yunanlılar ve onları takiben Romalılar yelkenli gemilerini yüzdürmek için kullanmışsa da, toplumun diğer faaliyetlerinde rüzgar gücünden faydalanma onlar tarafından yapılmamıştır. Dairesel hareketli yel değirmenlerinden yararlanma Orta ve Doğu Asya toplumlarında görülmüştür. Bunun örnekleri İran, Afganistan, Pakistan, Tibet ve Doğu Asya ve Çin'de kullanım karşımıza çıkmaktadır.

İnsanlar, milattan önceki devirlerde bile, yelkenli gemilerin yüzdürülmesi dışında; düşük seviyelerdeki suların daha yükseğe çıkarılmasında ve buğday öğütülmesinde rüzgar enerjisinden faydalanmıştır. Özellikle İran'da bulunan yel değirmenleri, Haçlı Seferleri ile beraber, Batı'ya alınmıştır. Rüzgar enerjisinin toplum tarafından kullanımı, sanılanın aksine Batı Medeniyetlerinde değil; Asya Medeniyetleriden olan Çin, Tibet, Hindistan, Afganistan ve İran'da kullanıldığı bilinmektedir. Rüzgar türbinleri (RT) hakkında ilk yazılı bilgiler, M.Ö. 200 ~ 300 yıllarında yatay eksenli yel değirmenleri ile ilgili olarak yazılmıştır. Ayrıca M.Ö. 700 yıllarında İranlıların da düşey eksenli yel değirmenleri kullandığı somut kanıtlardan bilinmektedir. Rüzgar gücü kullanım olarak Asya'dan Avrupa'ya 10. yüzyıl civarında geçmiştir. Bu geçişin ilk belirtileri olarak 11. ve 12. yüzyılda İngiltere'de yel değirmenlerinin kullanımı gösterilebilir. 1190'lı yıllarda Alman Haçlıları yel değirmenlerini Suriye'den ülkelerine götürmüşlerdir. Ortaçağ dönemlerinden bu yana kulanılan yel değirmenleri kuyulardan su çekmek ve tahıl öğütmek amacı ile kullanılmıştır. Hollanda ve Akdeniz'deki bir çok adada bunların örnekleri bulunmaktadır. Tarihçiler, MÖ 1700'lü yıllarda Babillilerin Mezopotomya civarında sulama amaçlı yel değirmenlerinin kullanıldığını söylemektedirler. İlk yazılı bulgular da, MS 700'lü yıllarda İran'da bulunmuştur.

Dünyamızın sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyeli yeryüzündeki ülkelerin enerji ihtiyaçlarının toplamını karşılayacak kapasitededir. Örneğin, günlük rüzgar enerjisi girdisinin %1'inin kullanımıyla dünya enerjisinin tamamını karşılamak mümkündür. Aslında rüzgarın günün hangi saatlerinde, yılın hangi mevsiminde nerelerde fazlaca estiği anlaşıldıktan sonra kullanım yoluna gidilmiştir. İlk insanlar uzun yıllara dayanan tecrübe ve tabiatın verilerini kullanarak rüzgar potansiyelini belirlemişlerdir. Endüstri devrimi ile beraber 18. yüzyılda buhar makinalarının ortaya çıkması sonucu dünya, enerji gücünün temini için termodinamik işlemlere dayanan makinalardan yararlanmaya başlamıştır. Özellikle kömür, petrol, gaz gibi fosil yakıtların kullanımı, istenildiği zaman enerji kaynağı sağladıkları için bu makinalar daha avantajlı hale gelmiştir.

Günümüzde rüzgar enerjisi, enerji açığını kapatabilecek miktarlarda üretilemese bile, kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bunun temel nedenleri arasında, işletme giderlerinin çok düşük ve hammadde gerektirmemesi yatmaktadır. Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimi ise, Danimarka'da başlamıştır. Dünyada 140000'e yakın rüzgar türbini ile elektrik enerjisi üretilmekte ve su çekilme ve tahıl öğütme işleminde de bir milyondan fazla da yel değirmeni kullanılmaktadır. Rüzgar enerjisi kullanımı, doğu ülkeleri ve batı ülkelerinde kullanım olarak 2 evreye ayırmak mümkündür.

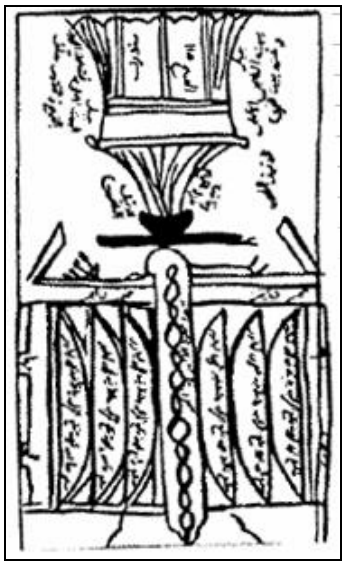
1.1 Doğu Ülkelerinde Kullanım

Rüzgar enerjisinin kullanımına Doğu Medeniyetleri'nde başlanmıştır. Konu ile ilgili en çarpıcı ve eski bilgi, 9. yüzyılda Ali el-Tabari (834 - 927) tarafından kaleme alınmasına rağmen olay 2 yüzyıl önce meydana gelmiştir. Halife Ömer'i 644 yılında öldüren ve Medine'de köle olarak yakalanmış İranlı teknisyen Abu Lulu, İranlı bir yel değirmen yapımcısı olarak bilinmektedir. Bununla ilgili diğer bir kayıtta, 957 yılında coğrafyacı Ali el-Mesudi tarafından bahsedilmekle beraber, biraz daha değiştirilmiştir. Buna göre, Halife Ömer, Abu Lulu'ya yel değirmeni yapıp yapamayacağını sorduğunda, bu işi yapacağını ve bunu herkesin konuşacağı cevabını aldığını yazmıştır. Bu olay, 7. yüzyılda İran'da yel değirmeni yaygın kullanımının olduğunu belgeleyen en önemli yazılı kayıttır.

Yel değirmenlerinin ilk kullanımı sadece İran'da değil; Tibet, Hindistan ve Afganistan'da da görülmektedir. Yel değirmenleri ile ilgili ilk teknik kayıt denilebilecek, yel değirmeni tasarım kayıtları da 1300'lü yıllarda Suriyeli gökbilimci el-Dimashqi tarafından Şekil 1.1 ile görülen çizimdir. Çizim

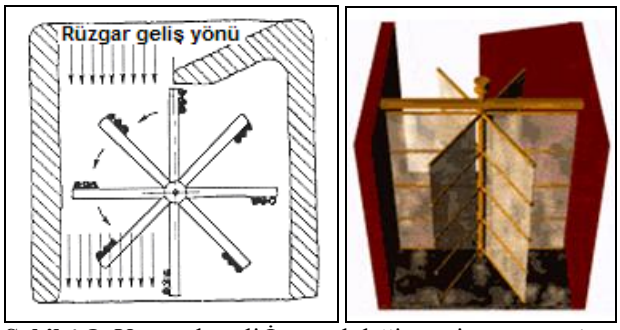
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

ile 2 katlı ve etrafı duvar ile örülmüş bir yel değirmeni tasvir edilmiştir ve Seistan bölgesine ait bir yel değirmenidir.



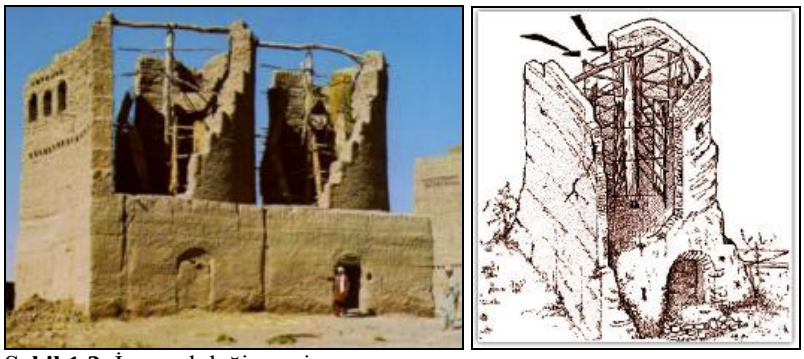
Şekil 1.1. Yel değirmeni ile ilgili en eski tasvir.

Tarihi kaynaklara göre ilk yel değirmeni MS 644 yılında İran-Afganistan sınırındaki Seistan'da görülmüştür. 10. yüzyılda yaşamış olan gezgin Mes'udi, İran'da ve Ortadoğu' da yel değirmeni gördüğünü kaydetmiştir. Milattan önce 1000 – 1300'lü yıllarda İran tarafından kullanılan (Persian) bir yel değirmenini pervane kısmının tasarımı, Şekil 1.2 ile verilmiştir. Bu tasarıma panemone denmektedir. Düşey eksene sahip bu yel değirmenleri 1970'li yıllarda İran'ın Zahedon bölgesinde tahıl öğütmek için hala kullanılmakta idi. Yel değirmeni odanın içerisinde bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Yatay eksenli İran yel değirmenin pervanesi.

Yukarıda pervane tasarımı verilen yel değirmeninin resmi ise Şekil 1.3 ile verilmiştir. İran'ın Horasan bölgesine ait olan bu yel değirmeni, 3 metre yükseklikte bir kaidenin üzerinde konulmaktadır. Düşey eksene sahip bir pervaneye sahiptir ve unun öğütüldüğü kısım alt kattadır.



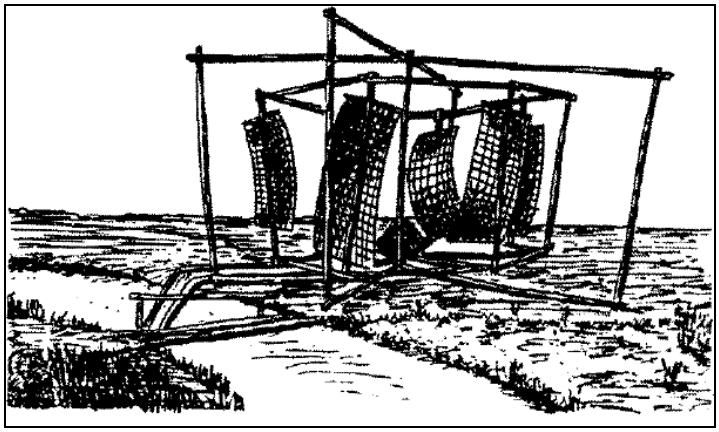
Şekil 1.3. İran yel değirmeni.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

İran'daki modellerin benzerlerinden Pakistan'da çokça görülmektedir (Şekil 1.4). Yapı malzemesi olarak toprak kullanılan doğu medeniyeti yel değirmenlerinde pervane yerden 3 metre yükseklikte ve çapı da 4.5 m civarındadır. Kuzey-güney yönünde 2 metre civarında bir boşluk bulunmaktadır ve rüzgar bu boşluktan girip çıkmaktadır. Pervane merkezindeki milin çapı 50 cm civarındadır. Bu tip bir yel değirmeni çalıştığında bir günde 1 tona yakın bir tahıl öğütebilmekte idi (Şekil 1.4).

Şekil 1.4. Pakistan'da bulunan yel değirmeni.

Günümüzde bazı kaynaklarda, bu yel değirmeni tasarımının yani yatay eksenli yel değirmenlerinin Çin kökenli olduğu da iddia edilmektedir. Bu durumu destekleyecek fazla kanıt bulunmamıştır. Doğu medeniyeti uzmanı Joseph Needham'a göre, konu ile ilgili en erken referans, 1200'lü yılların başına gitmektedir. Semerkant'a Çinli devlet adamı Yehlu Chhu-Tshai tarafından yapılan ziyaret sonrası yazdığı şiirde, kendi ülkesindeki modellere benzer yel değirmenlerinin Semerkant'ta kullanıldığını yazmıştır. Çin'deki yel değirmenleri ciddi bir şekilde ilk defa 1656 yılında Jan Nieuhoff tarafından incelenmiştir. Nieuhoff'un ilk çizdiği Çin'e ait yel değirmeni, batıdakilerden oldukça farklı bir tasarıma sahiptir. Bir direk ile tutturulmuştur ve Çin'in özellikle doğu bölgelerinde pirinç tarlalarını sulamak için kullanılmıştır (Şekil 1.5).



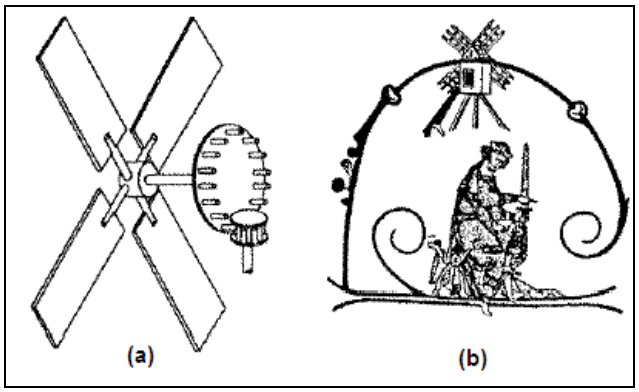
Şekil 1.5. Çin yel değirmeni.

1.2 Avrupa Ülkelerinde Kullanım

Daha önce de belirtildiği gibi, rüzgar enerjisinin Batı ülkelerine geçişi Haçlı Seferleri yolu ile olmuştur. İlk kez İran'da yel değirmeni gören Avrupalılar, bunu hemen kendi ülkelerine götürmüşlerdir. Doğu ülkelerinde ilk gördükleri yel değirmenleri düşey eksenli olduğundan batı ülkelerinde ilk kullanılan yel değirmenleri düşey eksenli olmuştur. Asıl ilginç olan nokta, düşey eksenli bu yel değirmenlerinin Avrupa'da pek kabul görmemesidir. 12. yüzyılın sonunda da artık sadece yatay eksenli yel değirmenleri kullanılmıştır. Doğudan batıya geçen yel değirmenleri ilk olarak eksen değişimine uğramıştır. İlk zamanlarda Avrupa'da 4 kanatlı düşey eksenli yel değirmenleri

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

kullanılmıştır. Bu model, mühendislik açısından bazı sorunlar çıkarmıştır. Özellikle güç iletimi konusunda bazı sıkıntılar yaşanmıştır. Ayrıca yel değirmeni, aniden durdurulmak istendiğinde fren sistemi ile ilgili bazı problemler ortaya çıkmıştır. Bu aksaklıkların giderilebilmesi için yapılan ilk iyileştirme Vitruvius tasarımı denen düzenekle halledilmeye çalışılmıştır (Şekil 1.6a). Batı medeniyetlerinde yatay eksenli yel değirmenleri ile ilgili bilinen ilk çizim ise, Şekil 1.6b ile verilen "Windmill Psalter" ismindedir ve 1270'li yıllara uzanır.



Şekil 1.6. Vitruvius tasarımı.

Yatay eksenli yel değirmenleri, düşey eksenlilere nazaran daha karmaşık bir yapıdaydı. Fakat burada ilginç olan ve hala açıklığa kavuşturulamayan nokta, doğu medeniyetlerinde düşey eksenli olarak geliştirilen ve kullanılan yel değirmenlerinin Batı medeniyetlerine geçince nasıl birden yatay eksenli bir yapıya dönüştüğüdür. Doğu medeniyetlerinde yatay eksenli yel değirmeni kullanılmıştır fakat kayıtlara rastlanmamıştır. Bu konuda henüz kesin bir cevap bulunamamakla beraber, yaygın kabul yatay eksenli yel değirmenlerinin su çarklarından geliştirildiği yönündedir. Her iki tip yel değirmeni için en önemli gelişme, aerodinamik kaldırmanın kullanılmaya başlanması ile olmuştur. Sürükleme enerjisi yerine kaldırma enerjisinin kullanımı yel değirmenlerinin verimini önemli ölçüde arttırmıştır. Almanya, İngiltere, Iberia, Fransa ve Belçika'da verimli bir çalışan yatay eksenli yel değirmenleri kullanılmıştır. Yaygın inanışa göre, Batıya gelen ilk yel değirmeni, İngiltere Suffolk Bölgesi'nde olmuştur. Bunun nedeni, Thomas Carlyle'nin 1180'li yıllarda yazdığı "Past and Present" isimli kitapta bunların yazılı olmasıdır. Fakat son yıllarda yapılan araştırmalarda aynı tarihlerde Almanya ve Hollanda'da benzer yel değirmenlerinin olduğunu ortaya çıkarmıştır. 1190'daki Üçüncü Haçlı Seferlerinden sonra aşağıdaki şiire rastlanmıştır:

"The German soldiers used their skill
To build very first windmill
That Syria had ever known"

Yukarıdaki dörtlük, Üçüncü Haçlı Seferlerinde Alman askerlerin Suriye'de gördükleri yel değirmenlerini kendi ülkelerinde de yapmaya çalıştığını anlatmaktadır.

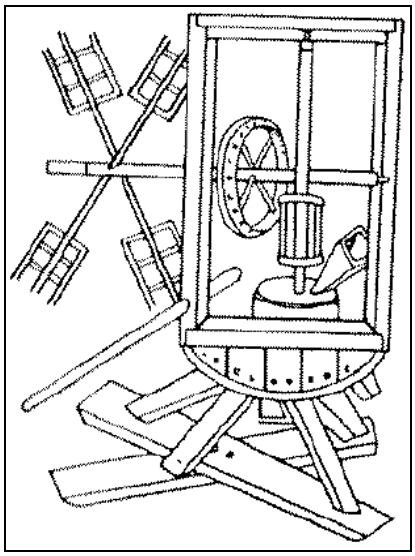
1.2.1 Yel Değirmeni Çeşitleri

Batıda kullanılmaya başlayan yel değirmenlerinin birkaç çeşidi bulunmaktadır. Bunların isimleri, post, wip, smock, paltrock, galeri ve kule yel değirmenidir. Bunların arasına Akdeniz'deki adalarda kullanılan yel değirmenleri de eklenmelidir. İzleyen sayfalarda bu yel değirmenleri tanıtılacaktır.

1.2.1.1 Post Yel Değirmeni

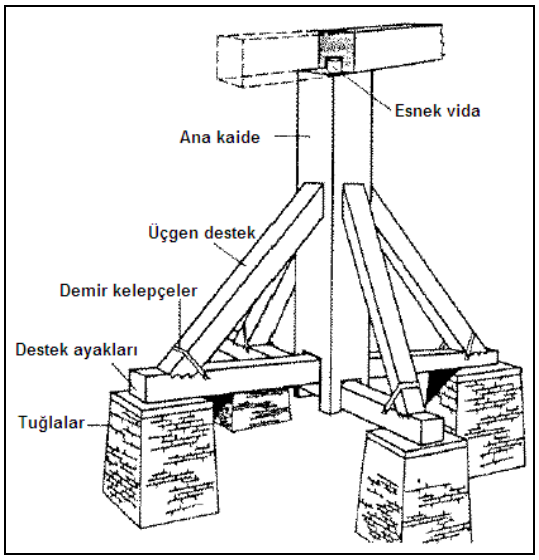
En eski tip olan post yel değirmeni, 1100'lü yıllarda yapılmıştır. Düşey eksenli yel değirmenlerinden yatay eksenli yel değirmenlerine geçiş belki de bu modelde olmuştur. Post yel değirmeninin ilk tasarımı uzun bir kol ile pervane ve dişli arasında uzanmakta ve yel değirmeni 4 ayak üzerinde sabitlenmiş bir şekilde durmaktadır (Şekil 1.7). Post yel değirmeni ile günümüze kadar gelen resim ve çizimler 13. yüzyıldan itibaren gelmiştir. Şekil, ölçeksiz olarak çizilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



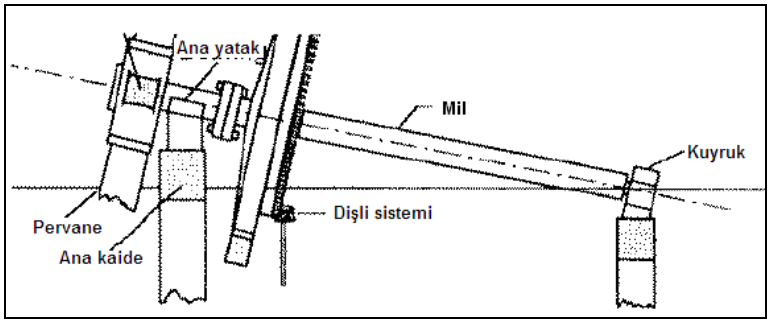
Şekil 1.7. Post yel değirmeni tasarımı.

Bu tasarım, post yel değirmeni olarak adlandırılmıştır ve yatay eksenli yel değirmenleri arasında en basit olanıdır. Daha sonraları ayak tasarımı daha da geliştirilmiş ve aşağıdaki hali almıştır (Şekil 1.8). Kullanılan tahta ile ilgili en ilginç nokta ise, meşe ağacından olması ve genellikle 100 yaşında olanlardan seçilmesidir.



Şekil 1.8. Post yel değirmeni ayak tasarımı.

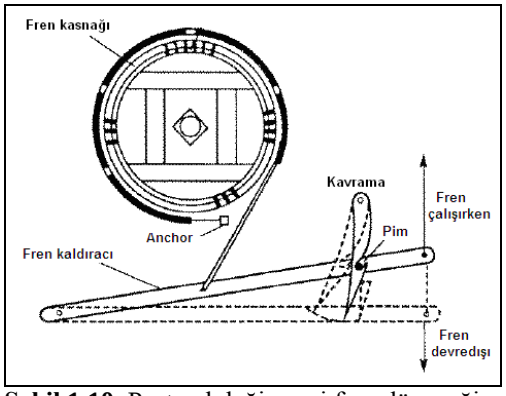
Post yel değirmeninin iletim sistemi ile ilgili olarak Şekil 1.9 incelenmelidir. İletim sisteminin bu yapısı yüzünden bazı sürtünme kayıpları meydana gelmekteydi.



Şekil 1.9. Post yel değirmeni iletim sistemi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Post yel değirmende fren sistemi de düşünülmüştür. Fren düzeneği, pervanenin etrafında bir nevi sürtünme bandı gibi tasarlanmıştır (Şekil 1.10).

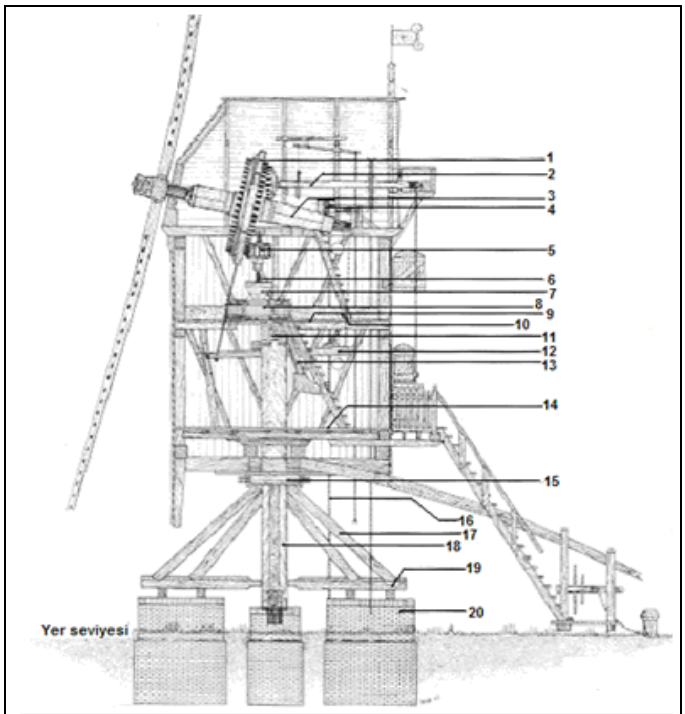


Şekil 1.10. Post yel değirmeni fren düzeneği.

Tipik bir post yel değirmenine ait teknik resim ve değirmende bulunan elemanlar aşağıdaki Şekil 1.11 ile verilmiştir. Rüzgarın estiği yöne dönebilen sapma (yaw) sistemi (5) bulunmaktadır. Acil durumlarda yel değirmenini durduracak acil durum freni (12) bile mevcuttur. Yatay pervane yapısına sahip bu tip yel değirmenlerinde düşey bir mil yatay pervane yapısına sahiptir ve öğütme işlemi, bu düşey mil vasıtasıyla yapılır.

Post yel değirmeni, aslında hububat değirmenidir. Post milin gövde kısmı geniş kare bir kutu şeklindedir, ağır ahşaptan yapılmış bir direği döndürmek için yapılmıştır. Gövdenin göğüs ve arka kuyruk kısmı yanlara göre daha dardır, böylelikle içeride kafi derecede yer sağlarken, daha az rüzgara maruz kalmaları mümkün olur. Gövde, kanatların rüzgara doğru dönmesine imkan verecek şekilde tasarlanmıştır. Mekanizma gövdenin içinde iki ahşap dişli çarkı, kardan mili üzerinde iki düşey mili ve değirmen taşını kılıfları içinde döndürecek kadar yer sağlar. Kural olarak makineler her bir katta taş seti olacak şekilde iki katta dağıtılmış durumda bulunur. Gövde oldukça fazla yukarı kaldırılmıştır böylelikle kanatların yeterli rüzgarı sağlamak için gerekli olan uzunluk azalmıştır. Rüzgar basıncı sadece kanatları döndürmekle kalmaz aynı zamanda kanatları arkaya doğru iten bir kuvvet oluşturur böylelikle tüm gövdeyi arkaya iter. Bu kuvvetin büyük bölümü arkadaki yapının yardımıyla direk tarafından alınır. Değirmenin arka tarafında gövdeden yere kadar uzanan meşe bir merdiven yer alır, ayrıca ahşap gövdenin iskeletine bağlı ağır arka direk de (pole) geriye doğru uzanmaktadır. Söz konusu arka direğin ucu iki meşe kazık vasıtasıyla merdivenin ucuna sıkıca bağlanırken, merdivenin iki basamağı arasından geçtikten sonra biraz bükülerek (kıvrılarak) aşağı doğru iner. Merdivenin alt tarafında vinç veya winding wheel çalıştırılabilir. İnşa edilmiş olan bu ağır merdiven sistemi ve direk formu kanatların ağırlığı ile zıt ağırlık oluşturlar, böylece her şey dengelenmiş olur. Değirmen çalışırken merdiven arka yapıyla beraber yere dayanabilir böylelikle kanatlarda ve gövdede rüzgar sebebiyle oluşan kuvvetin (basıncın) karşılanmasında yardımcı olabilir. Değirmenin gövdesine merdivenle ulaşılabilir. Değirmenin gövde kısmının arkasında merdiven ile ulaşılabilen trabzanlı bir balkon ve değirmenin gövdesine girişi sağlayan bir bir kapı bulunmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

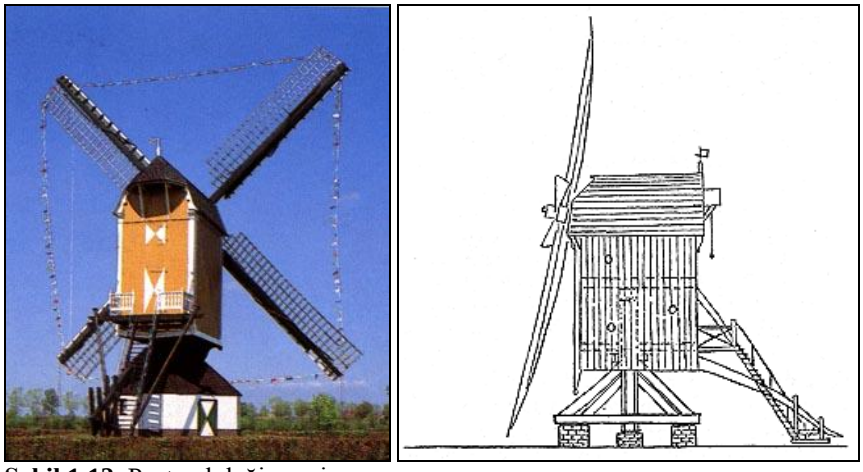


1: büyük dişli	6: sapma mili	11: ana gövde mili	16: fren kablosu
2: fren mili	7: un öğütme yeri	12: acil durum freni	17: tahta ayak
3: ana mil	8: un boşaltma yeri	13: unun düştüğü yol	18: ana kolon
4: ana mil freni	9: un öğütülen kat	14: unun toplandığı kat	19: tahta tesviyesi
5: sapma sistemi	10: merdiven	15: ana gövde tutucu	20: taş kolon

Şekil 1.11. Tipik bir post yel değirmeni ve yel değirmenindeki elemanlar.

Değirmenin yanlarında iki üç adet kapatılabilen hava delikleri bulunmaktadır. Rüzgar esmeye başladığında delikten geçen rüzgar, rüzgarın değiştiğini ve değirmeni çevirmesi gerektiğini değirmenciye haber vermiş oluyordu. Post yel değirmenleri oldukça eski zamanlardan kalma tuhaf ahşap yapı gibi görülebilmektedirler. Post yel değirmeninin içindeki alan küçük ve yeterli değildi. Depo alanı küçük, yükleme ve boşaltma işlemleri her zaman dışarıda yapılmak zorunda kalınıyordu. Bu nedenle hububat değirmenleri, tuğladan yapılan daha büyük değirmenler sınıfına doğru yavaş yavaş gelişmiştir.

Rüzgarın geliş yönüne göre dönmeyi sağlayan sapma sistemi bile bulunan bu yel değirmenlerinde sağlam bir temel ve düşey yapı bulunmaktadır. Hollanda'da hala post yel değirmenleri kullanılmaktadır (Şekil 1.12).



Şekil 1.12. Post yel değirmeni.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Hollanda Enschede Bölgesi civarında diğer bir post yel değirmeni Şekil 1.13 ile görülmektedir. 1762 doğumlu Hendrik Wissink tarafından 1802 yılında yapılmıştır.

Şekil 1.13. Enschede civarından bir post yel değirmeni.

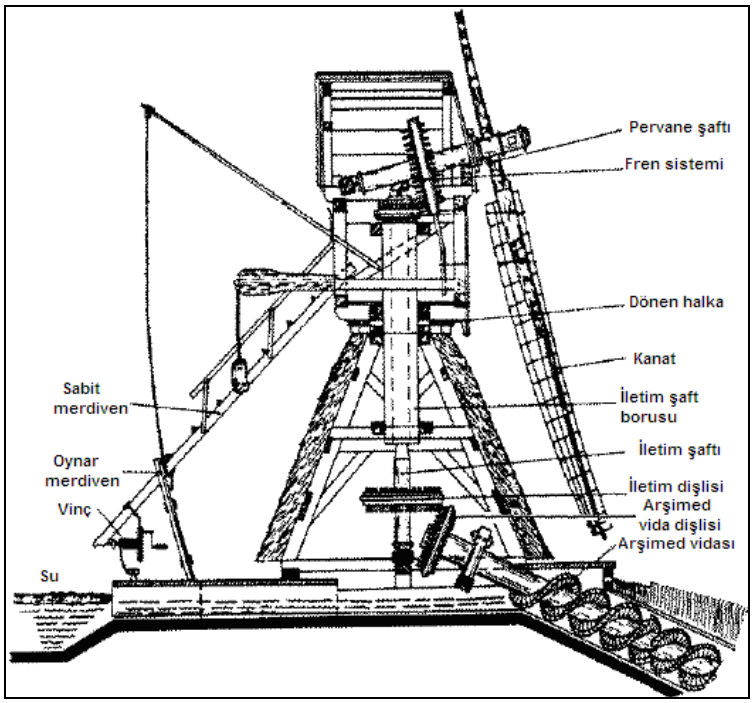
Wissink's Möl olarak adlandırılan bu yel değirmeninin ayak kısmı ise, Şekil 1.14 ile görülmektedir.

Şekil 1.14. Wissink's Möl yel değirmeni ayak kısmı.

1.2.1.2 Wip Yel Değirmeni (Wipmolen)

Hollanda'da en fazla kullanılan modellerden birisidir ve Wipmolen olarak bilinir. Daha çok su çekme amacına yönelik olarak kullanılmıştır. Hollanda'nın kuzey bölgelerinde su kaynaklarına yakın yerlerde bulunmaktadır (Şekil 1.15).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 1.15. Wip yel değirmeni (Wipmolen).

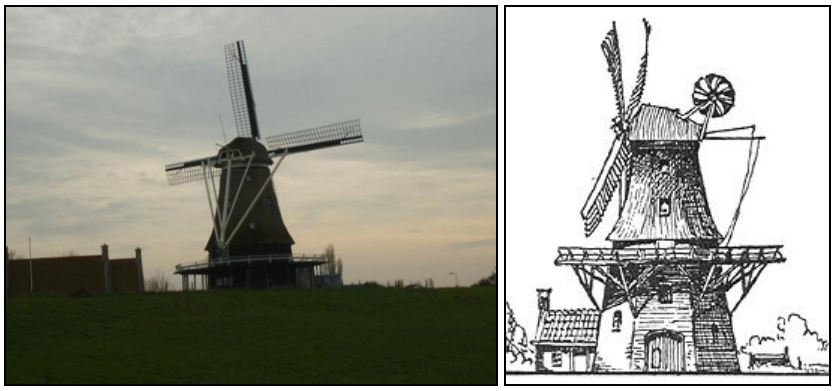
Wip yel değirmeninin dönen kısmı sadece dişli kutusudur ve alt kısımdadır. Bu tasarım daha sonra tahıl öğütme tasarımı için de kullanılmıştır, çünkü değirmen taşı, dişli kutusu gibi ağır teçhizatları üst kata çıkarmaktan kaçınılmaya çalışılmıştır. Güney Avrupa'da fazla tutulmayan bir model olmuştur, bunun yerine Güney Avrupalılar kule yel değirmeni kullanmışlardır. Post yel değirmeninden hemen sonra geliştirilmiştir ve 1400'lü yıllardan itibaren kullanılmaya başlamıştır. Yel değirmeni dikdörtgen şeklindedir (Şekil 1.16).

Şekil 1.16. Wip yel değirmeni.

1.2.1.3 Galeri Yel Değirmeni

Yüksek ağaç veya yapıların olduğu bölgelerde kullanılmıştır. Yerden 22 metre yüksekliğe kadar çıkabilenleri bulunmaktadır (Şekil 1.17).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



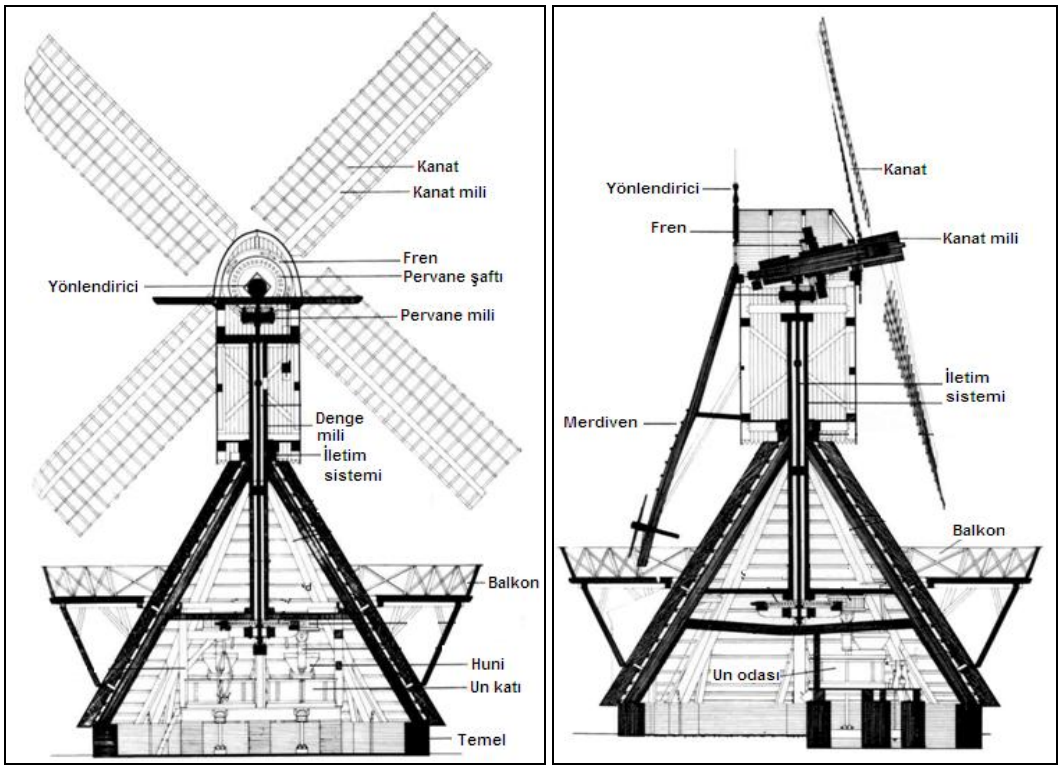
Şekil 1.17. Galeri yel değirmeni.

Hollanda Eibergen Bölgesi'ne ait bir galeri yel değirmeni Şekil 1.18'de görülmektedir. Avrupa Birliği tarafından koruma altına alınmış olup restorasyon çalışmaları devam etmektedir.

Şekil 1.18. Bir diğer galeri yel değirmeni.

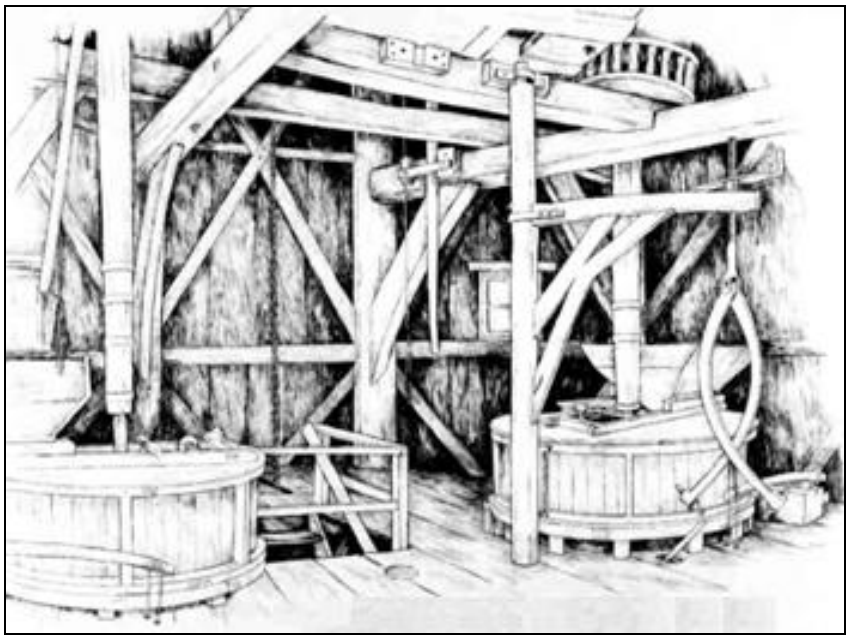
Galeri yel değirmeninin kullanımı, günümüzden yüzyıllar önce yaşamış olan insanların bir çok fiziksel kavramı bildiklerinin bir göstergesidir. Klasik bir galeri yel değirmeninin arka ve yan profilden teknik resim görünüşü Şekil 1.19 ile görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 1.19. Galeri yel değirmeni teknik resmi.

Unun öğütüldüğü kat veya oda ise Şekil 1.20'de görülmektedir.



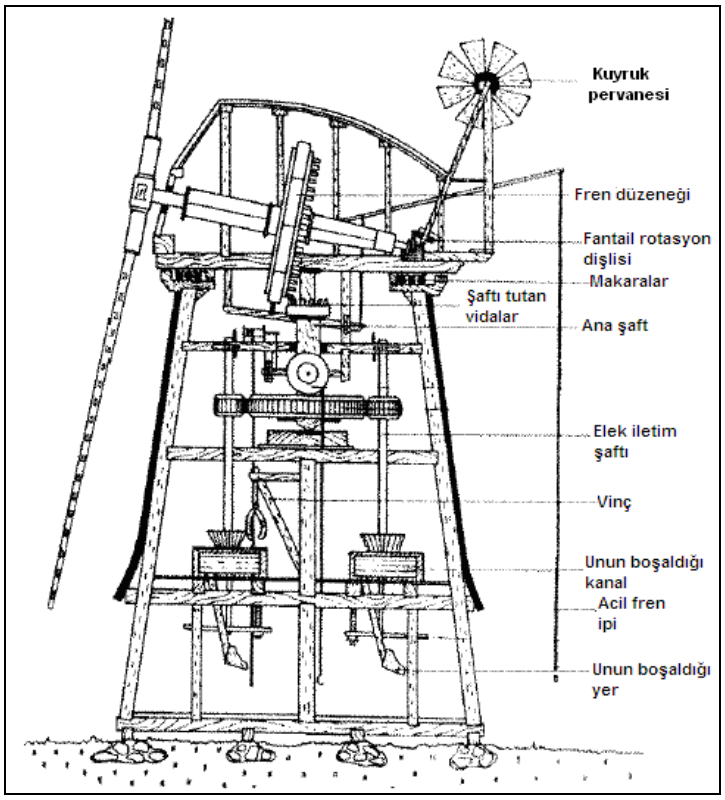
Şekil 1.20. Un katı veya odası.

Galeri yel değirmeni, 1700'lü yıllardan itibaren kullanılmaya başlanmıştır.

1.2.1.4 Smock Yel Değirmeni

Genellikle 4 kanatlı bir pervaneden oluşmaktadır ve Hollanda ile Güney Fransa'da çokça kullanılmıştır. Smock yel değirmeninin diğer yel değirmenlerinden en önemli farkı, kuyruk pervane olarak adlandırılan ve yel değirmenini rüzgarın geldiği yöne çeviren bir düzeneğe sahip olmasıdır (Şekil 1.21).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 1.21. Smock yel değirmeni.

1500'lü yıllarda kullanılmaya başlanan smock yel değirmeni, Hollanda'da 1700 ve 1800'lü yıllarda gözde olmuştur (Şekil 1.22).

Şekil 1.22. Holllanda'da bir smock yel değirmeni.

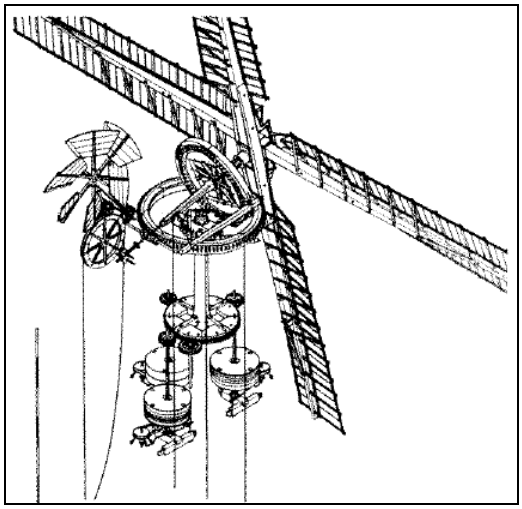
1.2.1.5 Kule Yeldeğirmeni (Tower Windmill)

Avrupa'da bazı bölgelerde, daha büyük bir yel değirmeni gerekmiştir ve bu amaçla kule yel değirmenleri geliştirilmiştir. Adından da anlaşılacağı gibi, boyu diğer yel değirmenlerine kıyasla daha uzundur. Bazen değirmeni işleten kişi, kule içerisinde de yaşamıştır. Silindirik bir kuleye sahiptir (Şekil 1.23). Rüzgar hızının düşük olduğu bölgelerde kullanılmıştır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 1.23. Kule yel değirmeni.

Kule mile ait bir iletim sistemi Şekil 1.24 ile verilmiştir.



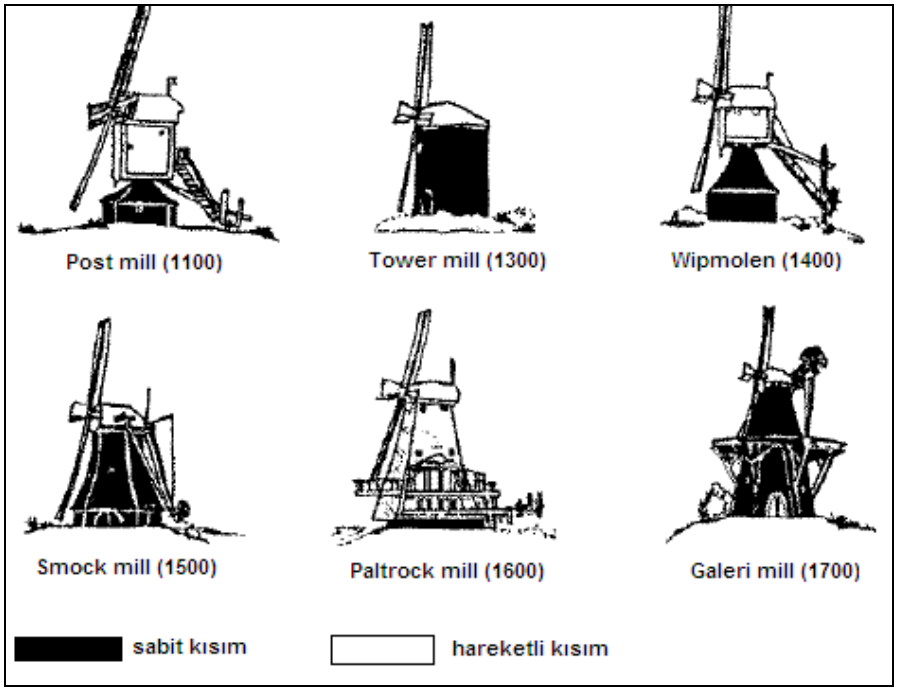
Şekil 1.24. Kule yel değirmeni iletim sistemi.

Kule yel değirmenine ait bir dişli sistemi Şekil 1.25 ile verilmiştir. Sağ tarafta pervaneden gelen dişli ve ona bağlı yatay mil görülmektedir.

Şekil 1.25. Kule yel değirmeni dişli sistemi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şimdiye kadar anlatılan yel değirmeni çeşitleri ve kullanılmaya başlandığı yıllar Şekil 1.26'da gösterilmiştir. Şekilde ayrıca, her bir yel değirmeninin hareketli ve sabit kısımları ile, kullanılmaya başlandığı yüzyıl görülmektedir.

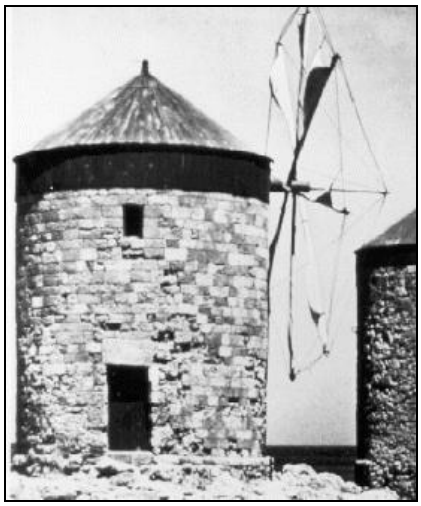


Şekil 1.26. Avrupa'da kullanılan yel değirmeni tipleri.

1.2.1.6 Akdeniz Yeldeğirmeni

Orta Avrupa'da önceki sayfalarda anlatılan yel değirmen tipleri kullanılmakta iken, Akdenize kıyı ülkelerde (İspanya, Türkiye, Yunanistan) ve özellikle bazı adalarda (Ege Adaları, Sardinya, Malta, Korsika) kullanılan yel değirmenleri, 4 kanatlı veya çok kanatlı olarak bezden yapılma pervane kullanan değişik tasarımlı kule yel değirmenlere benzer yel değirmenleri kullanılmıştır.

Şekil 1.27 ile 1600'lü yıllarda Akdeniz'deki adalarda kullanılan yel değirmeni görülmektedir.



Şekil 1.27. Akdeniz'deki bir adada kullanılan yel değirmeni tipi.

Daha yakın zamanlarda İspanya'da kullanılan bir yel değirmeni Şekil 1.28 ile incelenebilir. Bu yel değirmenlerinin en tipik özelliği, pervane ve kanat yapısının çok farklı olmasıdır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 1.28. İspanya'da kullanılan yel değirmeni tipi.

1.2.1.7 Diğer Tasarımlar

Önceki sayfalarda anlatılan yel değirmen çeşitlerinin yanında, münferitte olsa bazı değişik tasarımlı yel değirmenleri de kullanılmıştır. Şekil 1.29 ile İngiltere'de kullanılan bir yel değirmeni görülmektedir. Betondan yapılan bu yel değirmeni, 4 ayak üzerinde durmaktadır. İşletme zorluğu ve yapımının güç olması yüzünden fazla yaygınlaşamamış bir tasarımdır.

Şekil 1.29. Değişik tasarım bir yel değirmeni.

Yel değirmenlerinin tipleri anlatıldıktan sonra, Avrupa ülkelerinde içerisinde yel değirmeni kullanımının en yaygın olduğu Hollanda, Almanya, İspanya, Danimarka Yunanistan ile ilgili bilgi vermek gerekmektedir. Bunun akabinde Amerika ve ülkemizdeki kullanım anlatılacaktır.

1.2.2 Hollanda

Yel değirmeni deyince, belki dünyada akla ilk gelen ülkedir ve hatta ülkenin simgesi yel değirmeni olarak kullanılmaktadır. Yel değirmenlerinin Hollandalıların yaşamlarında her zaman önemli bir yeri olmuştur. Önceleri buğday öğütmek için kullanılıp daha sonraları da suyun alt seviyelerden, yukarı seviyelere taşınması için kullanılmıştır.

Hollanda'daki yel değirmenleri, birçok Avrupa ülkesinde (İngiltere, Belçika, Fransa, Danimarka, Almanya ve Finlandiya) bulunan yel değirmenlerinden sayıca daha fazladır. Bu kadar çok sayıda olmasının yanında; yel değirmenlerinin büyük kısmının oldukça iyi durumda olduğu ve düzenli olarak çalıştıkları söylenebilir. Çok çeşitli yel değirmenlerinden söz edilebilir. Bunlar, drenaj değirmeni (drainage mills), un öğütme değirmeni (corn mills), endüstriyel değirmen (industrial mills) gibi her çeşit amaca hizmet eden değirmenlerdir.

Hollandalılara göre yel değirmenleri, onların ağırbaşlılıklarını sembolüdür. Manzaraya o kadar iyi uyum sağlamışlardır ki, sanki topraktan kendiliğinden büyümüş, çevrenin bir parçasıymış gibi görünürler. Yerli tuğla veya saz (kamış) çatılarıyla çevrelerindeki doğal manzarayla kusursuz bir uyum sağladıkları söylenebilir. Söz konusu sazlar tüm ülkede su yollarında yetişmekteydi ve 17.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

yüzyılda çatı kaplamasında yaygın olarak kullanılıyorlardı. Söz konusu yapı elemanları ilkel olsa da, yel değirmenlerinin basit, gerçekçi, ve pratik yararlılıklarını açığa vurmaktadır. Dış görünüşleri ile de tarih öncesi çağların doğal kuvvetlerinin; rüzgar ve su; ilişkisine tanıklık etmektedirler. Eski resimlere baktığımızda çok sayıda yel değirmeni görmekteyiz. Söz konusu tabloların gerçeğe yakın olduğunu düşünürsek tablolarda çok yel değirmeni görmemiz oldukça normal bir durumdur. Amsterdam veya Leiden'in resimlerini bakarsak siperlerde birçok yel değirmeni görmek mümkün. Nüfusun kesintisiz buğday ihtiyacının karşılanabilmesi için 2000 kişi için 1 adet yel değirmeni olması gerektiğini hesaba katarsak bu kadar çok yel değirmeni olmasına şaşırılmamalıdır.

Ressamların kasabanın ve manzaranın bir parçası olarak yel değirmenlerinden ne kadar etkilendiğini aşağıdaki resimlerden de anlayabiliriz Şekil 1.30 ile donmuş Dordrecht kanalının yakınındaki yel değirmenleri de ressam Leickert tarafından resmedilmiştir.

Şekil 1.30. Donmuş kanal.

Aynı şekilde Şekil 1.31 ile W. Roelofs tarafından yapılan bir tablo görülmektedir.

Şekil 1.31. W. Roelofs tarafından çizilen bir tablo.

Hollanda'daki müzelerde yel değirmenlerinden etkilenmiş birçok ressamın resimlerini görmek mümkündür. Hollanda'da yel değirmenlerinin yaklaşık 1200'lü yıllardan beri var olduğu söylenmektedir. En eski yazılı belgelere göre, 1274 yılında Haarlem kasabasına Kont V. Floris tarafından yel değirmeni yaptırıldığı ve ayrıca 1336 ve 1342 yıllarında Amsterdam'da, 1397 yılında da diğer kasabalarda yel değirmenleri yaptırıldığı bilinmektedir. Fakat yel değirmenlerindeki asıl büyük gelişme 16. yüzyılın sonları ve 17. yüzyılda görülmüştür.

Hollanda'da arabayla, bisikletle, yürüyerek ya da tekne ile gezerken bir çok yerde tek tek veya toplu olarak yel değirmenlerini görmek mümkündür. Daha önce de belirtildiği gibi, sayıları eskisi kadar çok olmamakla birlikte yaklaşık 1000 tane mevcut olduğu söylenmektedir. 1920'ler yel değirmenlerinin

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

ihmal edildiği, yıkılmalarının gerektiği görüşünün rağbet gördüğü, yel değirmenlerini mekanik pompalarla değiştirmemekte direnen insanların geri kafalı sayıldığı bir dönemdir. Bu dönemden sonra bile sayılarının 1000'in üzerinde kalabilmesinin sebebi geri kafalılıkla suçlanmalarına rağmen yel değirmenlerinin yararını savunan ve yıkılmamaları gerektiğini söyleyen bir grubun var olmasıdır. Dr. P.G. van Tienhoven başkanlığında bir grup 1926 yılında yel değirmenleri ile ilgili bir broşür yayınlamıştır. Bu broşür, insanları 1923 yılında açılan Hollanda Yel Değirmenleri derneğine davet niteliği taşımakla birlikte birçok insanın konuyla ilgili gözünü açtığı söylenebilir. O dönemde çabaları hatırı sayılır bir etki bırakmıştır.

Hollanda'da çeşitli tipte yel değirmenleri bulunmaktadır. Smock ve kule yel değirmenleri *bovenkruiers* ismiyle anılırlar ve söz konusu değirmeler iki gruba ayrılır. Birinci grup, kapları bir vinç tarafından kendi içinde döndürülebilen (*binnenkruiers*) ve arka tarafında vinç olan grupta *buitenkruiers* olarak adlandırılır. Ayrıca, tepeciklere kurulan *beltmolens* adını alan yel değirmenleri, son olarak kuleleri hemen yer seviyesinden başlayan *grondzeilers* adını alan yel değirmenleri bulunmaktadır. Söz konusu sınıflandırmalar bir yere kadar keyfidir. Hububat yel değirmenleri genellikle kademesi ve arka direği olan kule yel değirmenleridir. Eğer şehir duvarları üzerine yerleştirildiyse walmolen veya wall mill olarak da adlandırılabilir. *Paltrokmolen* her zaman sawmill'dir ama aynı zamanda smock mills olan sawmill'ler, yada bir ahırın üstünde (*lattenzagertje)* gibi hareket eden küçük bir *wipmolen* olabilir. Post yel değirmenleri görebilmek için Kuzey Brabant, Gelderland, Zeeland veya Limburg bölgelerine gitmek gerekmektedir. Neredeyse nesli tükenmiş olan bu en eski değirmen tipini ancak bu bölgelerde görmek mümkündür.

Bilindiği gibi, wip değirmenler, post yel değirmenlerinin geliştirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu tür değirmenler, en çok drenaj değirmenleri olarak bilinirler. Drenaj değirmenlerinin mekanizmasında kepçeli dişli çark veya Arşimed vidası helezonu her zaman zemin üzerinde sabit bir yere bağlı olur ve bundan dolayı değirmenle birlikte dönmemesi gerekir. Bu nedenle değirmenin dönen kısmı daha küçük olabilir ve küçük olması sonucunda da daha kontrol edilebilir hale gelir. Diğer taraftan temel kısmı daha büyür ve değirmencinin ikamet etmesine uygun hale gelir. Günümüze kalan post yel değirmenlerin sayısı kırkı geçmemektedir. Bu nedenle çok iyi korunmaktadırlar. Wip yel değirmenleri özellikle güney Hollanda'da bulunmaktadır. Var olan wip yel değirmenlerin hemen hemen hepsi drenaj değirmeni, çok azı hububat değirmeni olarak çalışmaktadır. Bütün işaretler en eski drenaj değirmeni olan wip değirmenlerinin post yel değirmenlerinden geliştirildiklerini göstermektedir. Değirmenin üst tarafında dönen kare parça artık diğerlerine nazaran küçük, sabit piramit taban nispeten daha büyük hale gelmiştir.

Wip değirmenler genellikle parlak renklere boyanmış, bu da bölgenin manzarasına renkli bir görünüş sağlamıştır. Bu yapının en iyi yanı, alt yapısı çok güzel kalın sazlardan yapılmış saman çatı ile korunmuş olan ve kapı ve pencere dışında herhangi bir boşluğu olmadığı için mesken kısmını çok iyi korumasıdır. Rakımı düşük ülkelerin en büyük sorunlarından olan şiddetli soğuklarda, sık sık tekrarlanan yağmurlardan, kar ve doludan değirmen sakinlerini etkili bir şekilde korumayı başararak, hem korunaklı inşaatlar için model oluşturmuşlar hem de yapıları ile bugün bile görenleri şaşırtmaktadırlar. Post değirmenleri gibi Wip değirmenlerinin de arka direkleri, merdivenleri ve vinçleri vardır. Burada birkaç ilave bağ ile tüm yapı birleştirilmektedir.

Wip değirmenin alt kısmında, kepçeli dişli çark (scoop wheel) yönünde iki sağ yanda da kapı bulunur. Bu iki kapı rüzgarın esme yönünden bağımsız olarak güvenli ve sürekli içeri giriş çıkışı sağlar. Kanatların döndüğü tarafta bulunan kapı sıkıca kilitlenir böylece kanat dönerken birinin kapıyı kullanması durumunda oluşabilecek tehlikenin önüne geçilmiş olur. Toprağın kurutulmasında ilk olarak kullanılmış değirmenler wip değirmenleridir ve ilk olarak 15. yüzyılın başlarında geliştirildiler. Değirmen, basit bir yapısı olan eski Hollanda su-yükseltme mekanizması için kepçeli dişli çarkı geliştirmişlerdir. Kepçeli dişli çark değirmenin içine ya da dışına monte edilebilir; ikinci durumda çark ahşap bir kaplama ile çevrilir.

Wip değirmenleri sonraları daha büyük boyutta ve daha büyük kapasitelerde yapılmış olsalar da normalde bu değirmenlerinin yapımından kazanılan tecrübelerle daha sağlam, daha büyük boyutlarda ve kapasitede yapılan drenaj ve kule yel değirmenlerine göre daha küçük ölçekliydiler. Söz konusu değirmenlerin yapımı ayrıca daha büyük göllerin ve bölgelerin kurutulması gerekliliğinden de doğmuştur. Kepçeli dişli çarkın boyutları kullanılan kanatların uzunluğuna göre değişmeli, çarkın ölçüleri değirmenin kapasitesine uyarlanmalıdır. Eskiden değirmen imalatçıları deneysel oranlarla

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

değirmenleri yapmışlar hesaplama yapmamışlardır. Bu nedenle eski zamanlardaki değirmen imalatçılarının yaptıklarından ve hatırı sayılır bilgilerinden etkilenmemek mümkün değildir. Arşimed vidası helezonunun su çekme işinde kullanılmaya başlanması kepçeli dişli çarklardan çok daha sonraki zamanlara denk gelir. Arşimed vidası helezonunun yel değirmenlerine uygulanması 1634'den sonra oldu. Wip değirmenlerinin içindeki yaşam alanı küçük olduğu için genellikle değirmene yakın bir kulübe bulunurdu.

Daha büyük ve daha kuvvetli değirmenlere ihtiyaç duyulmaya başlandığında Drenaj (Dutch drainage) veya Polder yel değirmenleri geliştirimiştir. Bu değirmenlere *brovenkruier* (cap winder) denmekte, fakat bu isim belirli bir tipin adı olmaktan ziyade farklılığı göstermektedir. Söz konusu büyük drenaj değirmenleri Kuzey Hollanda'nın sulak bölgelerinde 16. yüzyılın ikinci yarısında geliştirilmiştir. Büyük drenaj değirmenleri, üst kısmının daha küçük ve değirmen gövdesinin daha geniş yapılması şeklinde wip yel değirmenlerin geliştirilmesi suretiyle ortaya çıkmıştır. Daha geniş gövde yaşam alanının da genişlemesini sağladı. Bu değirmenler çok gecikmeden su ile yapılan savaşta wip yel değirmenierin yerini almıştır.

Güney Hollanda'da görülen tek tipi "outside winder" (dış çıkrık), büyük klasik drenaj değirmeni veya sekiz köşeli değirmendir. Dış çıkrığın kapağının altındaki alan Kuzey Hollanda tipine göre küçük olabilir ve bu durum dışarıdan rahatlıkla görülebilir. Kuzey Hollanda Değirmeni daha sağlam ve daha az zarif ama çok sağlam, güçlü ve uzundurlar. Güney Hollanda'daki büyük değirmen tipi, konik şekli sayesinde daha zarif görünmektedir. Ayrıca dış görünüşte sözünü edebileceğimiz bir başka farklılık ise Kuzey Hollanda Değirmenlerinin ahşap temelin daha yüksek, ve katranlanmış veya boyanmış üst üste bindirilmiş levhalarla kaplanmış olmasıdır. Güney Hollanda değirmenlerinin temeli ise diğerine göre oldukça daha alçak ve tuğladan örülmüştür. İki tipinde gövdeleri genellikle samanla kaplanmıştır. Bu nedenle iki tip uzaktan bile kolaylıkla tanınabilirler. İçlerindeki makineler ve çalışma şekilleri birebir aynıdır.

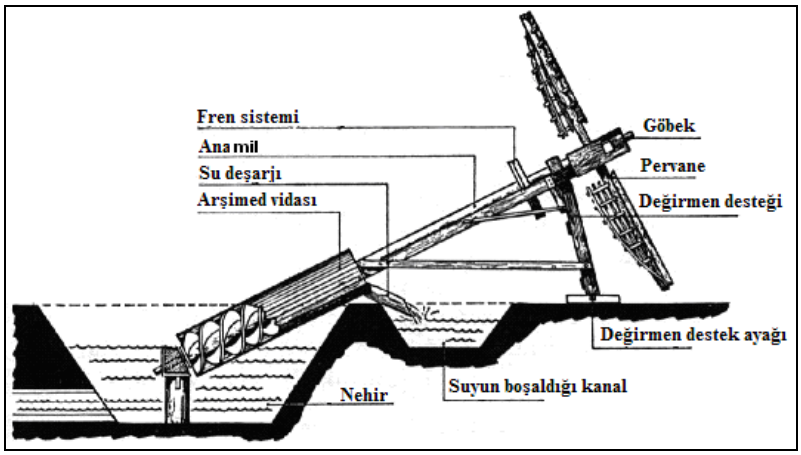
Tümüyle tuğladan yapılmış ve bazen altı veya on iki yanlı, ve çoğu kez de tamamen dairesel değirmenler yapılmıştır. Bununla birlikte, Hollanda'da yumuşak toprak yapısı yüzünden değirmenlerde tuğla yerine ahşap tercih edilmektedir. Bu tip yapılar daha hafif olmalarının yanında Hollanda hava koşullarında tuğla duvarları su geçirmez tutmak çok zor olacağı içinde tercih edilmemektedir.

Hollanda'daki yel değirmeni sayısının en yüksek rakama ulaştığı zamanın, 1850'li yıllar ve mevcut sayısının 9000 civarında olduğu söylenebilir. 16. yüzyıldan başlayarak 18. yüzyılın sonlarına kadar çok büyük sayılarda yel değirmeni inşa edildi. Hatta 19. yüzyılın ilk yarısında bile yeni yel değirmenleri yapıldı. 1851, 1857 ve 1860 tarihlerinde yel değirmenlerinin yapıldığı bilinmekle birlikte 1850 yılı tepe noktası olarak kalmıştır. Bu tarihten sonra yel değirmenlerinin sayısı önceleri yavaşça sonraları hızla düşmüştür. Buhar makinesinin 18. yüzyılda Newcomen tarafından İngiltere'de keşfedilmesinden sonra maden kuyularındaki pompaları çalıştırmak için kullanılmaya başlanmıştır. Bilindiği gibi, 18. yüzyılın ikinci yarısında James Watt'ın düşük basınç buhar makinesini keşfetmesi büyük teknik ilerleme sağlayarak buhar mühendisliğinin parlak başarısının başlangıcı olmuştur. Zamanla buhar makinalarının güvenilirliği kanıtlanmış ve yabancı alıcılar İngiliz üreticilere birçok buhar makinası siparişi vermişlerdir. Daha tutucu olan kuzey bölgeleri ilk başta buhar pompalarına karşı ilk başlarda ihtiyatlı davranmışlardı. İhtiyatlı davranma sebepleri; güvenilirlik derecesinin onlar için henüz yeterli olmaması ayrıca, buhar pompa istasyonlarının uzman birinin bulundurulmasını gerekliliği ve kömür tüketiminin yüksek olması olarak özetlenebilir. Haarlem gölünün kullanılabilir hale getirilmesi kararı herşeyi değiştirmiştir ve böyle büyük bir projenin gerçekleştirilmesi ancak buhar gücünün yardımıyla mümkün olabilmiştir. İngiltere'den 400 HP gücünde üç büyük buhar makinası sipariş edilerek bu makinalarla büyük göl 1848-1852 yılları arasında kurutulmuştur. Bu olay, buhar makinalarının kuzey bölgelerindeki ilerlemesinin başlangıcı olmuştur. Böylece, Hollanda'da da, buhar gücü sağlam bir yer sahibi olmaya başlamıştır. Buhar kelimesi giderek "hız" ile özdeşleştiriliyordu. Bu durum öyle bir hale gelmiştir ki, insanlar buhar gücünü kullanmazlarsa kendilerini zamanın gerisinde kalmış gibi hissetmeye başlamışlardır. Kuzey bölgelerindeki halk içinde buhar pompaları kullanmanın, su seviyesinin yel değirmenlerine göre daha etkili ve daha hızlı kontrol edilebilmesi anlamına gelmeye başlaması ile daha cazip hale gelmiştir. Bu pompalama istasyonları yıllarca bölgeyi kurutmuş olan yel değirmenlerini bir anda işlevsiz ve gereksiz hale getirmiş oldu. Sıklıkla, insanlar değirmenleri yıkmak için zahmete bile katlanmıyor sadece üst yarısını yıkıyorlar, gövdenin alt kısmının üzerini saman veya kiremit çatı ile kapatıyorlar, bu şekilde biçimini bozarak

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

işçiler için kulube haline getiriyorlardı. Bütün bunların sonucunda yüzyılın sonunda 2500'den daha az yel değirmeni kalmıştır. Yirminci yüzyılın ilk yılları içten yanmalı motorların ve elektrik motorlarının gelişimine tanıklık etmiştir. Bir kaç on yıl önce buhar makinasının bulunmasıyla gelişen olaylar, bu kez buhar makinası ile elektrik motoru arasında yaşanmıştır. O zamana kadar farklı sebeplerle pompalama istasyonu kurmamış bölgelerde rüzgardan elektrik enerjisine geçmişlerdir. Bu geçişe örnek olarak 1.5 m derinliğindeki Hazerswoude drenaj projesi gösterilebilir. 1913 yılında, 3 elektrik pompası inşa edilerek, on beş rüzgar değirmeni işlevsiz hale gelmiştir.

Hollandalılar sadece tahıl öğütme amacına yönelik olarak değil; aynı zamanda su çekmek için de rüzgar enerjisinden yararlanmışlardır (Şekil 1.32). Bugün bile Hollanda'nın bir çok bölgesinde hala kullanılmaktadır. Hollanda'da 15. yüzyıldan sonra yel değirmenleri sadece tahıl öğütme ve su çekme amaçlı değil; aynı zamanda nehir ve göllerden suyun rüzgar yardımıyla çekilerek tarım arazilerinin sulanmasında da kullanılmıştır. Bu yüzden yel değirmenleri Hollanda'nın ekonomik gelişmesinde çok önemli bir rol oynamıştır. Bu sayede Hollanda'da birçok bölge sulanarak tarım arazisi haline getirilmiştir. 19. yüzyılın başlarında boyları 28 metreye kadar varabilen 10 binden fazla yel değirmeni Hollanda'nın çeşitli bölgelerinde çalışmakta idi. Şekil 1.32 ile Hollanda'da nehirlerden su çekerek arazi sulaması amacına yönelik olarak kullanılan ve Arşimed vidası olarak adlandırılan sistem görülmektedir. Rüzgar pervaneye çarparak döndürmekte ve pervaneye bağlı Arşimed vidası da, dönerek suyu nehirden çekmektedir. Çekilen su, sulamanın yapılması için kullanılan kanala verilmektedir. Kanaldan da arazinin sulamasına gitmektedir.



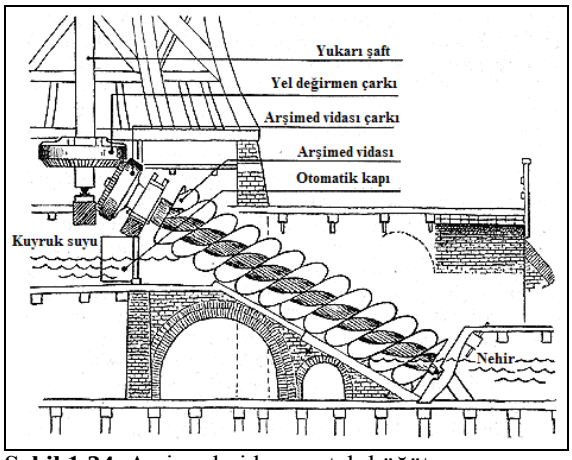
Şekil 1.32. Arşimed vidası.

Günümüzde de, Hollanda'da kullanılan bir rüzgar su çekme sistemi, Şekil 1.33 ile görülmektedir.

Şekil 1.33. Kullanılan arşimed vidası.

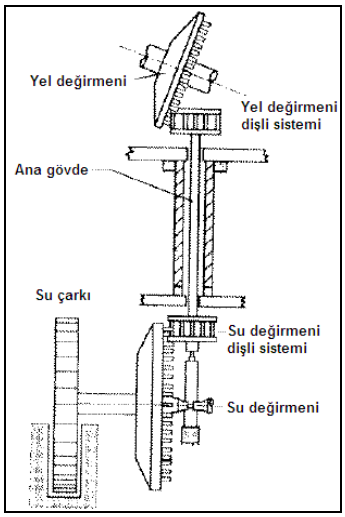
Aynı şekilde, Şekil 1.34 ile Arşimed vidası ve tahıl öğütmenin beraberce kullanıldığı bir karma sistem verilmiştir. Bu tasarım, nehirlere yakın rüzgarlı bölgelerde çokça kullanılmıştır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 1.34. Arşimed vidası ve tahıl öğütme.

Sistem tasarımının genel bir görünümü, Şekil 1.35 ile verilmiştir.



Şekil 1.35. Hollanda'da rüzgar ve su enerjisi.

Şekil 1.36 ile Groningen bölgesine ait tipik bir Hollanda yel değirmeni görülmektedir. Bu yel değirmeni, hem sulama; hem de tahıl öğütme amacı için kullanılmaktadır.

Şekil 1.36. Yel ve su değirmeni.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Günümüzde bile Hollanda'nın bir çok bölgesinde hala çalışan hem sulama; hem de tahıl öğütme amaçlı yel değirmenlerine rastlamak mümkündür.

Yel değirmenleri, Hollanda için günlük hayatın bir parçası idi ve hiç bir ülkede görülmeyen bir şekilde insan yerleşiminin olduğu yerlere ve hatta evlerin hemen yanına monte edilebiliyordu (Şekil 1.37).

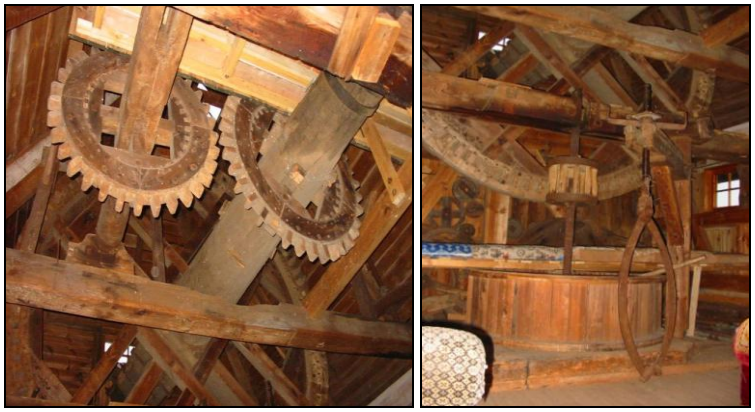
Şekil 1.37. Evin yanında bir yel değirmeni.

1.2.3 Almanya

Rüzgar enerjisi kullanımı çok yaygın olan diğer bir Avrupa ülkesidir. Elektrik üretim amaçlı kullanımda günümüzde dünya lideri olan Almanya, rüzgar enerjisi kullanımı hep yaygın olmuştur. Şekil 1.38 ile günümüzde çalışan bir yel değirmeni verilmiştir.

Şekil 1.38. Çalışan bir yel değirmeni.

Aşağıdaki Şekil 1.39 ile yukarıda gösterilen yel değirmeninin iç kısmı görülmektedir.



Şekil 1.39. Yel değirmeninin içine ait fotoğraflar.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

1800'lü yıllarda buhar ve yanmaya dayalı makinaların gelişiminden sonra bütün dünyada olduğu gibi, Almanya'da da geleneksel olarak görülen yel değirmenleri ve su değirmenleri gibi makinalar yerlerini modern buhar ve yanmaya dayalı makinalara bırakmaya başlamıştır. 1895 yılında Almanya'da yapılan endüstriyel bir sayımda aşağıdaki ilgi çekici istatistikler bulunmuştur:

Yel değirmeni : 18,362
Su değirmeni : 54,529
Buhar makinası : 58,530
Yanmalı makina : 21,350

Yukarıdaki sonuç, bizlere buhar makinasının bulunmasından 130 yıl sonra bile, Almanya'da kullanılan makinaların yarısının hala geleneksel kaynaklı olduğunu söylemektedir. Günümüzde bazı eski yel değirmenleri, geleneklerine bağlı olan Almanya'da farklı amaçlar için de kullanılarak muhafaza edilmektedir. Şekil 1.40 ile, Erkelenz'de bulunan ve restaurant olarak kullanılarak muhafaza edilen bir yel değirmeni görülmektedir.

Şekil 1.40. Resturant yel değirmeni.

1.2.4 İspanya

Rüzgar enerjisinin hem tarihsel, hem de günümüzde yaygın olarak kullanıldığı bir Avrupa ülkesi olan İspanya, kurulu güç olarak Almanya'dan sonra ikinci sırada gelmektedir. Şekil 1.41'de Consuegra bölgesinden bir değirmenleri gösterilmektedir.

Şekil 1.41. Consuegra bölgesinden yel değirmenleri.

La Mancha bölgesinden yel değirmeni ve içi Şekil 1.42'de verilmiştir. Ülkemizde kullanılan yel değirmenleri ile benzerlik göstermektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 1.42. La Mancha bölgesinden bir yel değirmeni.

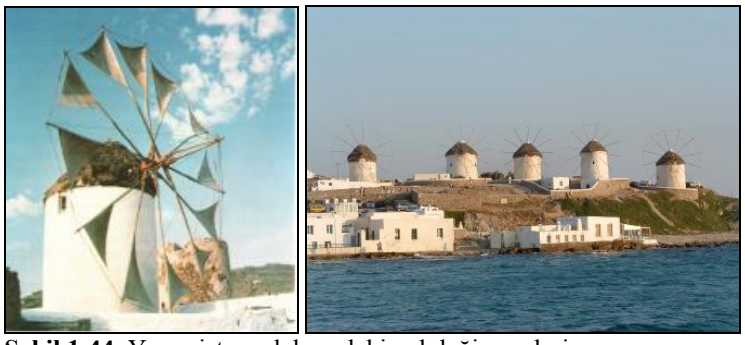
1.2.5 Danimarka

Günümüzdeki bir çok mega watt sınıfı rüzgar türbinlerinin geliştirildiği ülke olan Danimarka, yel değirmeni kullanımının yaygın olduğu bir diğer Avrupa ülkesidir. Genellikle galeri tip yel değirmenileri kullanılmıştır (Şekil 1.43).

Şekil 1.43. Danimarka'dan galeri yel değirmenleri.

1.2.6 Yunanistan

Yunanistan'da özellikle adalarda yel değirmeni yaygın olarak görülmektedir ve ülkemizdeki yel değirmenleri ile benzerlikler göstermektedir (Şekil 1.44).



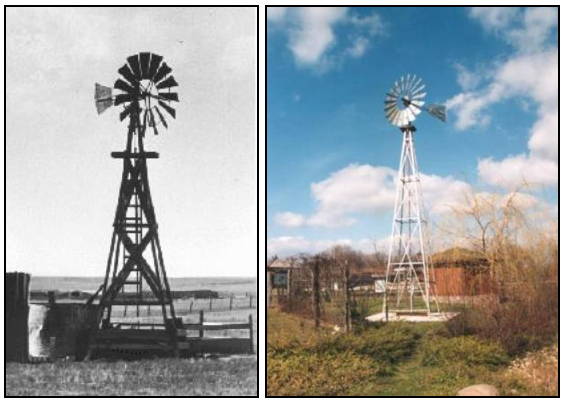
Şekil 1.44. Yunanistan adalarındaki yel değirmenleri.

Şimdiye kadar, ülkemizin coğrafyasına yakın olan Avrupa ülkeleri incelenmiştir. Avrupa'da yukarıda belirtilen gelişmeler yaşanırken; Atlantik'in diğer yakasında yani Amerika kıtasında da rüzgar enerjisi kullanımı yaygınlaşmakta idi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

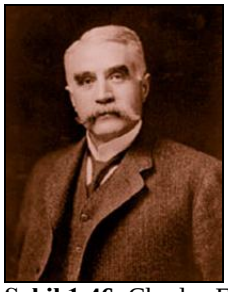
1.3 Amerika Birleşik Devletleri

ABD'de uzak çiftliklerde kullanılan ve büyük çoğunluğu yerin altından su çekme amacını güden yel değirmenleri, 1800'lü yıllarda geliştirilmiştir. Amerikan yel değirmenlerinin en belirgin özellikleri, kafes bir kuleye sahip olması, pervanenin metalden (bazen tahtadan) yapılmış olması ve daha küçük bir yapıda olmasıdır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, 1850 ile 1970 yılları arasında 6 milyon civarında yel değirmeni dikildiği tahmin edilmektedir. Bu sayı aslında, Amerika'da rüzgar enerjisinin yaygın bir şekilde kullanıldığının göstergesidir. Ana kullanım amacı ise, çiftliklerde su çekme amacına yönelikti. Şekil 1.45, 1800'lü yıllarda ve günümüzde kullanılan 2 yel değirmenini göstermektedir.



Şekil 1.45. Tipik Amerikan yel değirmenleri.

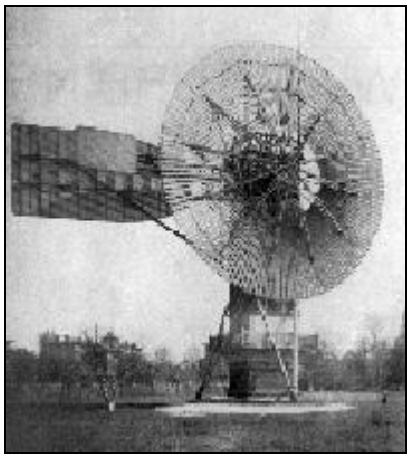
Amerika'da rüzgar enerjisinden elektrik üretimi için çalışmalar, 1888 yılında Cleveland, Ohio'da Charles F. Brush tarafından başlanmıştır. 17 metrelik çapa sahip bu yeldeğirmeninde 1:50 rpm'e sahip dişli kutusu kullanılmıştır. Şekil 1.46 ile, Amerika'daki öncü Charles F. Brush görülmektedir.



Şekil 1.46. Charles F. Brush.

Charles F. Brush, verimliliği yüksek doğru akım dinamo kullanarak ulusal şebekeye elektrik vermiştir. Kendisinin sahip olduğu Brush Elektrik Şirketi, daha sonra Edison General Elektrik Şirketi ile birleşerek bugünkü adı ile General Elektrik Şirketi (GE) olmuştur. 1887 kışında, Charles F. Brush, dünyanın o zamanki en büyük pervane çapına sahip rüzgar türbinini geliştirmiştir. 17 metre pervane çapına sahip olan olan RT Şekil 1.47 ile görülmektedir. Bu büyük boyuna rağmen sadece 12 kW kurulu gücünde idi. Bunun nedeni ise, pervanenin yavaş dönmesi idi. Pervanenin hızlı döndüğü zaman daha verimli çalıştığını bulan kişi ise, Danimarkalı Poul La Cour idi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 1.47. Charles F. Brush'un rüzgar türbini.

1.4 Ülkemizde Durum

Yel değirmenlerinin ülkemizde kullanımı eskilere dayanmaktadır. Örneğin İstanbul Kadıköy'de Yel Değirmeni Semti'nin adını oradaki çok sayıdaki değirmenden aldığı tarih kaynaklarında belirtilmektedir. Osmanlı devletinde de Ortaçağ İslam devletlerinde olduğu gibi yel değirmenlerinin kontrolü "Muhtesi"lerce yapılırdı. Özellikle Ege ve Marmara Bölgelerinde, yüzyıllar boyu hem tahıl öğütme hem de sulama amacı için yel değirmenleri kullanılmıştır.

İzleyen sayfalarda görülen fotoğraflardan da anlaşılacağı gibi, ülkemizdeki yel değirmenleri maalesef çok kötü durumdadır. Avrupa ülkelerinde bulunan bir çok yel değirmeni hala kullanılabilecek durumda iken; ülkemizin farklı bölgelerindeki yel değirmenleri oldukça kötü durumdadır.

Şekil 1.48 ile İzmir Alaçatı'daki tahıl öğütme amacı ile yapılmış olan yel değirmenleri gösterilmiştir.

Şekil 1.48. Alaçatı yel değirmenleri.

Bodrum ve Yenifoça'da bulunan yel değirmenleri Şekil 1.49 ile verilmiştir.

Şekil 1.49. Bodrum (a) ve Yenifoça (b) yel değirmenleri.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Foça girişinde bulunan ve kayanın içerisinde oyularak yapılmış bir yel değirmeni Şekil 1.50 ile verilmiştir.

Şekil 1.50. Foça'da bulunan yel değirmenleri.

Didim'de bulunan yeldeğirmenleri de, Şekil 1.51'de görülmektedir.

Şekil 1.51. Didim'de bulunan yel değirmenleri.

Balısesir İli Ayvalık İlçesi içinde Cunda Adası'nda bulunan yel değirmenleri Şekil 1.52 ile verilmiştir.

Şekil 1.52. Cunda adasında bulunan yel değirmenleri.

Muğla İli Datça İlçesi'nde bulunan yel değirmenleri Şekil 1.53'te gösterilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 1.53. Datça'da bulunan yel değirmenleri.

Çanakkale İli Ayvacık İlçesi'nde bulunan yel değirmeni ve içi Şekil 1.54'te görülmektedir.

Şekil 1.54. Ayvacık'tan bir yel değirmeni ve içi.

Ayvacık Babakale'de bulunan ve restore edilerek eve çevrilen bir yel değirmeni Şekil 1.55 ile verilmiştir.

Şekil 1.55. Restore edilerek eve çevrilmiş bir yel değirmeni.

Ülkemizde su çekme amacına yönelik olarak yel değirmenleri ise, özellikle Ege Bölgemizde yaygın olarak kulanılmaktadır. İzleyen sayfalarda çeşitli bölgelerden çekilmiş fotoğraflar bulunmaktadır.

Şekil 1.56 ile, Manisa Akhisar İlçesi İstanbul çıkışındaki bir çiftlikte kullanılan yel değirmeni sahibi ile beraber görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 1.56. Akhisar civarından bir yel değirmeni.

Oldukça akıllıca tasarlanmış bu yel değirmeninden çıkan su, Şekil 1.57 ile gösterilen tulumba ve hortumdan geçerek yüksekçe bir havuzda toplanmaktadır ve oradan da tarla sulamasına gitmektedir.

Şekil 1.57. Suyun çıkarılması.

İzmir Aliağa İlçesi ile Bergama arasında bulunan bir restauranttaki yel değirmeni ise, Şekil 1.58 ile verilmiştir.

Şekil 1.58. Aliağa civarından bir yel değirmeni.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Aynı yel değirmeninin tepe kısmının görüntüsü Şekil 1.59 ile gösterilmiştir. Bu yel değirmenleri İzmir Sanayi Sitesi'nde çeşitli atelyelerde üretilmektedir.

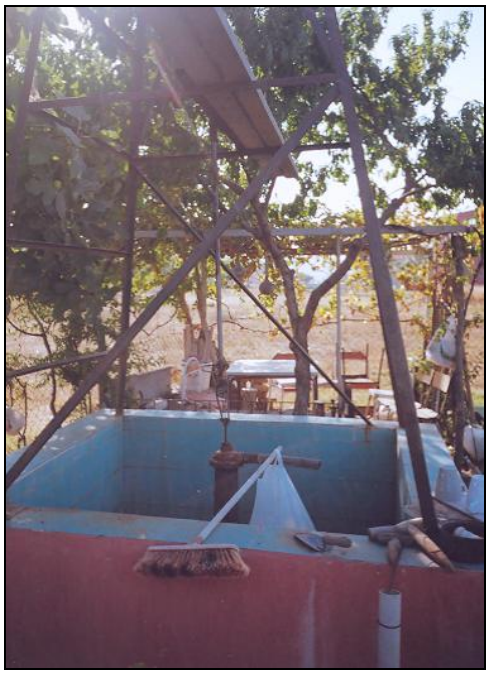
Şekil 1.59. Yel değirmeninin tepe kısmı.

Manisa Akhisar civarından diğer bir yel değirmeni de Şekil 1.60 ile verilmiştir.

Şekil 1.60. Akhisar civarından bir yel değirmeni.

Yel değirmeni tarafından çıkartılan su, 3 ton kapasiteli ve araziye göre 2 metre yüksekte monte edilerek potansiyel enerji kazandırılmış bir havuzda (Şekil 1.61) toplanarak, tarla sulaması yapılmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 1.61. Suyun toplandığı havuz.

Görüldüğü gibi, dünyanın bütün ülkelerinde rüzgar enerjisi kullanımı eskilere kadar dayanmaktadır. Tahıl öğütme, su çekme amacına yönelik olarak günümüzde ülkemizin bir çok yerinde hala kullanılmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

BÖLÜM 2

RÜZGAR ENERJİSİ METEOROLOJİSİ

Rüzgarın oluşumu ilk çağlardan bu yana insanların kafasını meşgul etmiştir. Konuyu ilk olarak Aristotales "Meteorologica" isimli kitabında anlatmaya çalışmıştır. Meteoroloji biliminin ilk kitabı olan Meteorologica'da anlatılan şeylerin çoğu yanlış olsa da, 18 yüzyıl doğru olarak kabul edilmiştir. Ancak 17. yüzyılda doğrulara kavuşulabilmiştir. İnsanlar rüzgar ile ilgili 18 yüzyıl yanlış bilgilere sahip olsa da, rüzgar enerjisinden faydalanmayı bilmiştir.

Bilindiği gibi, rüzgarın kaynağı güneştir ve yeryüzünün eşit olmayan ısınması ve soğuması sonucu ortaya çıkan kuvvetlerin etkisi ile oluşan hava hareketidir. Yani, farklı sıcaklık dağılımının yarattığı fiziksel olaylar rüzgar oluşumuna neden olur. Farklı sıcaklık dağılımını ise, enlem, kara-deniz, yükseklik ve mevsimler etkilemektedir. Meteorolojik açıdan rüzgar aşağıdaki yerlerde oluşabilir:

- Basınç gradyanının (iki nokta arasındaki değişim) yüksek olduğu yerler,
- Yüksek, engebesiz tepe ve vadiler,
- Güçlü jeostrofik rüzgarların etkisi altında kalan bölgeler,
- Kıyı şeritleri,
- Kanal etkilerinin meydana geldiği dağ silsileleri, vadiler ve tepeler.

Rüzgarın oluşumunda topoğrafya ile ilişkisi de çok önemlidir. Örneğin, dağ rüzgarı, vadi rüzgarı, kara ve deniz meltemleri, fön rüzgarları, anabatik-katabatik rüzgarlar bu etkileşimden meydana gelen rüzgarlardır. Topoğrafyanın rüzgar üzerinde üç önemli etkisi bulunmaktadır. Bunlar, pürüzlülük, orografik ve perdeleme olarak sayılmaktadır. Orografik etkilerden kasıt, tepeler, sırtlar, basamaklı arazi yapısı, oluk, vadi ve yüksek platoların bulunması sayılabilir. Bu elemanlar, rüzgar üzerinde ilave bir etkiye sahiptir.

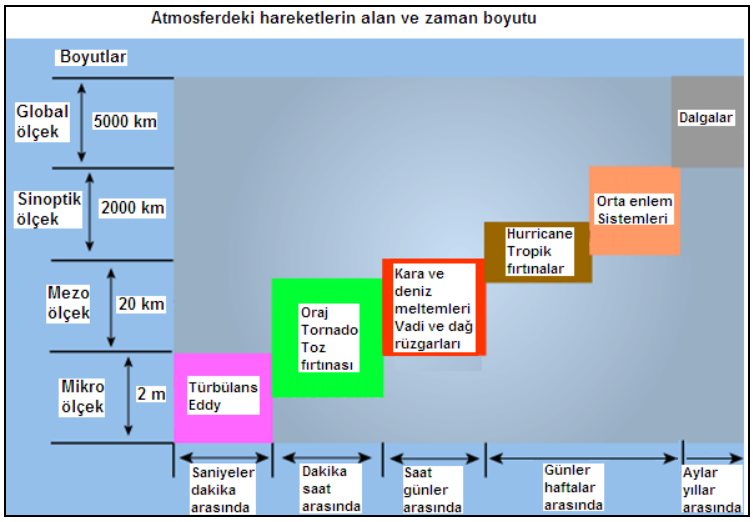
Atmosferde meydana gelen hareket, alan ve zaman ölçeklerine göre hareket etmekte olup 4 farklı kategoride değerlendirilmektedir. Bunlardan en büyüğü, genel sirkülasyondur. Zaman boyutu olarak haftalardan yıllara kadar uzanabilmekte, alan boyutu ise, 1000 km – 40000 km arasında değişmektedir. Ticaret rüzgarları ve jet akımları genel sirkülasyona örnektir. Meteorolojik terminolojide sinoptik ölçek olarak bilinen sistemler günler ile haftalar arasında değişmekte, alan boyutu ise, 100 km – 5000 km arasında değişen ölçektedir. Alçak ve yüksek basınç sistemleri, tayfunlar ve hurricaneler bu sınıfa girmektedir. Mezo ölçekte görülen ve dakikalar ile günler arasında zaman ölçeğine sahip sistemler 1 – 100 km arasında etki etmektedir. Kara ve deniz meltemleri, orajlar (thunderstorm) ve tornadolar mezo ölçekli atmosferik hareketlerdir. En küçük ölçek olan mikro ölçek hareketler ise, 1 km nin altında bir alanda etkili olup, etki süresi saniyeler ile dakikalar arasında değişmektedir. Türbülans, zamansal olarak mikro ölçekli bir harekettir. Tablo 2.1 ile bu sınıflandırma verilmiştir.

Tablo 2.1. Atmosferik hareketlerin zaman ve alan ölçeği.

Adı	**Zaman Ölçeği**	**Uzunluk**	**Örnek**
Genel sirkülasyon	Hafta – yıl	1000 – 40000 km	Ticaret rüzgarları, jet akımı
Sinoptik ölçek	Gün – hafta	100 – 5000 km	Basınç sistemleri, tayfun
Mezo ölçek	Dakika – gün	1 – 100 km	Meltem, Oraj, Tornado
Mikro ölçek	Saniye - dakika	< 1 km	Türbülans

En küçük en hızlı hareketler, moleküler difüzyon ve ses dalgalarıdır (10^{-7} m), bunu toz hareketleri (dust devil, 1-10 m) izler. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için atmosferik hareketlerin alan ve zaman boyutu Şekil 2.1 ile verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.1. Atmosferdeki hareketlerin alansal ve zamansal ölçekleri.

Dünyada meydana gelen rüzgarları küresel ve yerel rüzgarlar olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür.

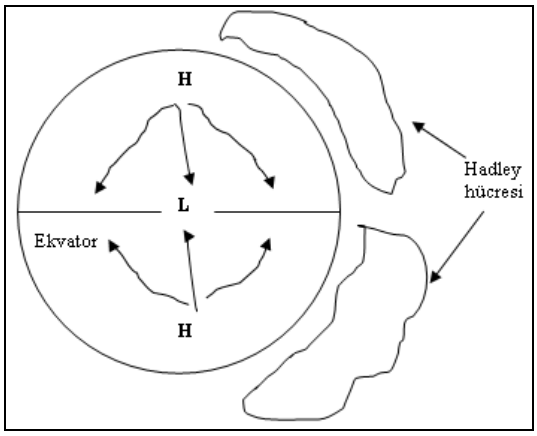
2.1 Küresel Rüzgarlar

Rüzgarlar, dünya yüzeyi üzerinde basınç farklılıklarının nedeni olarak ortaya çıkmaktadır. Yeryüzü tarafından emilen güneş radyasyonu miktarı, kutuplara göre ekvatorda daha büyüktür. Isıdaki bu farklılık, atmosferin en alt tabakası olan troposferde çeşitli global ölçekte sirkülasyonların oluşumuna sebebiyet vermektedir. Her ne kadar rüzgar enerjisi uygulamalarında kullanılan rüzgarlar yerel rüzgarlar olsa da, dünyanın genel sirkülasyonuna da bakmakta fayda vardır. Küresel ölçekte meydana gelen rüzgarlara atmosferin genel sirkülasyonu da denir. Atmosferik sirkülasyonu başlatan mekanizma da, dünya yüzeyinin homojen olmayan ısınmasıdır. Atmosferin genel sirkülasyonunun anlaşılabilmesi için çeşitli modeller bulunmaktadır. Bunlar arasında tek-hücre ve 3-hücre modelini incelenmek gerekmektedir.

2.1.1 Tek-Hücre Modeli

Tek-hücre modeline göre dünya uniform bir şekilde sularla kaplıdır ve kara ile denizler arasındaki farklı ısınmanın meydana getirdiği fiziksel olaylar dikkate alınmamaktadır. Ayrıca güneş sürekli ekvator üzerindedir ve rüzgarlar mevsimlerle değişmemektedir. Dünyanın dönmediği kabul edilen tek-hücre modeline göre sadece basınç gradyanı kuvvetinin olduğu ve büyük bir termal olarak hareket eden konveksiyon hücresi şeklinde bir hareket vardır (Şekil 2.2). Adını İngiliz meteorolojist George Hadley'in adına ithafen Hadley hücresi de denen bu model 18. yüzyılda geliştirilmiştir. Gerçekte böyle basit hücresel bir modelle atmosferik genel sirkülasyonu açıklamak yeterli değildir. Çünkü dünya dönmektedir ve Coriolis kuvvet, kuzey yarımkürede güneye yönlenmiş yüzey havasını sağa yönlendirerek bütün enlemlerde doğulu rüzgarlar meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu rüzgarlar dünyanın dönüş yönüne zıt yönde esmekte ve dünyanın hızını yavaşlatmaktadır. Dolayısıyla daha gelişmiş bir genel sirkülasyon modeline ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



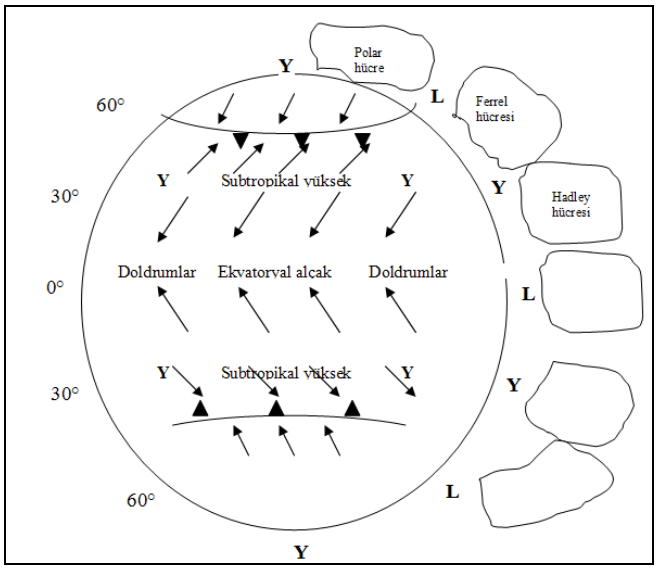
Şekil 2.2. Hadley tek-hücre modeli.

Hadley hücre modeline alternatif olarak üç-hücre modeli geliştirilmiştir.

2.1.2 Üç-Hücre Modeli

Tek-hücreli modelin atmosferik genel sirkülasyonu açıklayamaması nedeni ile geliştirilmiş olup gerçeğe en yakın modeldir. Ekvator üzerinde yatay basınç gradyanlarının zayıf ve rüzgarların da çok düşük şiddette estiği doldrumlar bölgesi bulunmaktadır. Bu kuşakta sıcak hava yükselerek büyük kümülüs ve orajlar meydana getirir, bunlara konvektif sıcak kuleler de denir (convective hot towers). Çünkü çok büyük miktarda gizli ısı açığa çıkarırlar. Bu enerji, Hadley hücresinin enerjisini de tedarik eder ve Hadley hücresinin tropopoza (atmosferde yaklaşık 10-11 kmdeki tabaka) kadar ulaşmasını sağlar. Tropopoz, kendisine kadar ulaşan bu hava kütlesine bir kapak vazifesi görerek havanın kutuplara doğru yönlenmesine neden olur. Coriolis kuvveti, kutba yönlenmiş bu hava akımını, kuzey yarımkürede sağa doğru, güney yarımküre de sola doğru saptırarak her iki yarımkürede de yükseklerde batılı rüzgarların oluşmasına sebep olur. Tropiklerden kutuplara doğru ilerleyen bu hava radyasyon yoluyla soğuyarak daha yoğun bir hale gelir. Orta enlemlere yaklaşıldığında ise konverjans (toplanma) meydana gelir. Yukarı seviyelerde konverjans meydana gelmesi de aşağı seviyelerde diverjans (ayrılma) alanlarının meydana gelerek yüksek basınç sistemlerinin oluşmasını sağlar. Bu yüzden 30° enlemlerinde subtropik yüksek basınç kuşağı oluşur. Yukarıda konverjans yapan bu hava aşağı doğru çöker ve daha sıcak ve kuru bir havaya dönüşür. Bunun sonucu olarak bu enlemlerde genelde açık ve sıcak yeryüzeyi meydana gelir. Dünyanın ana çölleri bu yüzden bu kuşak üzerinde bulunmaktadır. Denizler üzerinde ise bu kuşak at enlemleri (horse latitudes) olarak adlandırılır. At enlemlerindeki havanın bir kısmı tekrar ekvatora döner fakat Coriolis kuvvetten dolayı sağa saptırılır ve kuzey yarımkürede kuzeydoğulu; güney yarımkürede de güneydoğulu olan ticaret rüzgarlarının oluşmasına neden olur. Ekvator yakınlarında kuzeydoğulu ticaret rüzgarları ile güneydoğulu ticaret rüzgarlarının konverjans yaptığı bölgeye intertropikal konverjans kuşağı denir. Bu bölgede yüzeyde konverjans yapan hava yükselir ve hücresel hareketine devam eder. Bu arada 30° enlemlerindeki havanın hepsi ekvatora doğru yönelmez, bir kısmı kutuplara doğru yönelir ve Coriolis kuvvetin saptırıcı etkisi ile her iki yarımkürede de hakim batılı rüzgarların (prevailing westerlies) oluşmasına sağlar. Bu yumuşak karakterli hava kutba doğru yol alırken, kutuplardan gelen hava ile karşılaşır. Bu iki farklı fiziksel karakterdeki hava karışmak istemeyip bir sınır ile ayrılacaktır. Bu sınır boyunca cephe oluşur. Yüzeydeki hava konverjans yapar ve yükselerek fırtına gelişimine yol açar. Yükselen havanın bir kısmı at enlemlerine geri döner. Bu ortadaki hücreye de Ferrel hücresi denir. Polar cephenin arkasındaki soğuk hava Coriolis kuvvetin yolundan saptırması yüzünden kuzeydoğulu bir akış meydana gelir. Bu bölgeye polar doğulu rüzgarlar kuşağı denir. Kışın, soğuk hava ile beraber polar cephe orta ve subtropikal enlemlere kadar iner. Cephe boyunca yükselen havanın bir kısmı kutuplara doğru yönelir ve Coriolis kuvvet yine hareketi sağa doğru saptırarak yüksek seviyelerde batılı rüzgarların oluşumunu sağlar. Yükselen havanın sonunda kutuplara ulaşır ve yavaşça yüzeye doğru çökerek polar cepheye doğru harekete devam eder ve polar hücre de böylelikle oluşarak 3-hücreli model tamamlanmış olur (Şekil 2.3).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.3. Atmosferin genel sirkülasyonu.

Yukarıda anlatılanların ışığında 4 küresel rüzgar oluşumundan bahsedebiliriz. Bunlar, tropik rüzgarlar, musonlar, orta enlem rüzgarları, ve kutup rüzgarları.

Tropik Rüzgarlar

Daha önce de belirtildiği gibi, evkator ile tropikler arasındaki hava akışı Hadley hücresi sirkülasyonu tarafından olmaktadır. Ekvatorda ısınan havanın yükselerek yukarı seviyelerde tropiklere doğru hareket etmekte ve 30 derece enlemlerinde soğuyarak aşağı doğru çökme hareketi yapmaktadır. Yüzeydeki rüzgar ekvatora dönerken doğulu rüzgarlar (doğudan batıya doğru esen) olmaktadır. Bunlara ticaret rüzgarları denmektedir. Ticaret rüzgarları, tüm bir yıl boyunca sürekli ve kararlı bir şekilde eser. Bu bölgedeki rüzgar hızında fazla bir değişiklik görülmez ve rüzgar enerjisi için gayet uygun bölgelerdir. 30 derece etrafındaki kuzey ve güneyde bulunan at enlemlerinde daha yavaş rüzgarlar bulunur. Yılın bazı zamanlarında hava sıcaklığı ve deniz suyu sıcaklığındaki değişimler nedeniyle çok şiddetli fırtınalar (tayfun ve hurricane) meydana gelir. Fırtına hızı bazen saatte 300-400 km hıza ulaşabilmektedir.

Muson Rüzgarları

Asya Kıtası ile okyanus arasındaki sıcaklık farklılıkları mevsimsel kararlı bazı rüzgarların oluşumuna sebebiyet vermektedir. Bu rüzgarlar, muson rüzgarları olarak bilinmektedir. Yaz aylarında Asya Kıtası güçlü bir şekilde ısınmaktadır ve alçak basınç merkezi meydana gelmektedir. Deniz yüzeyi sıcaklıkları biraz daha düşüktür. Haziran ayı başında soğuk nemli rüzgar, Hint Okyanusu'ndan Hindistan içlerine doğru eser. Bu, güney batı muson rüzgarlarının başlangıcıdır. Haziran ayından Eylül ayına kadar sürekli eserek Hindistan'a büyük miktarda yağış getirmektedir. Kışın, kıta soğumaktadır ve bunun akabinde yüksek basınç alanı meydana gelmektedir. Deniz yüzeyi, karalara göre biraz daha sıcak olduğundan, rüzgar bu sefer karadan denize doğru esmeye başlamaktadır. Muson rüzgarları, Afrika ve Güney Amerika'da da meydana gelmektedir, fakat Hindistan'daki kadar güçlü değildir.

Orta Enlem Rüzgarları

Orta enlemde meydana gelen sirkülasyonlar, planeter (küresel ölçekte, çok büyük) dalgalar olan Rossby dalgaları tarafından meydana getirilmektedir. Bu dalgalar, kutuplar yakınında soğuk hava, tropik yakınlarında da sıcak hava ile karakterize edilmektedir. Bu enlemlerdeki hava akışı gerek yüzeyde ve gerekse de yukarı seviyelerde batılı rüzgarlar (batıdan doğuya doğru esen rüzgarlar) hakimdir. Bu hava karışımı, rüzgar hızında günden güne değişime sahip olmaktadır. Kutuptan gelen soğuk hava ile ekvatordan gelen sıcak hava karşılaşarak cephe oluştururlar. Cephe oluşumu ile alçak ve yüksek basınç merkezleri oluşmaktadır. En güçlü rüzgarlar, alçak basınç merkezleri yakınlarında oluşmaktadır. Kuzey yarımkürede kıta ve denizlerin dağılımı batılı rüzgarları etkilemektedir. Dağlık araziler, akışı yavaşlatma veya yolundan saptırıcı etkilerde bulunmaktadır. Güney yarımkürede daha homojen bir yapı olduğundan rüzgar daha güçlüdür.

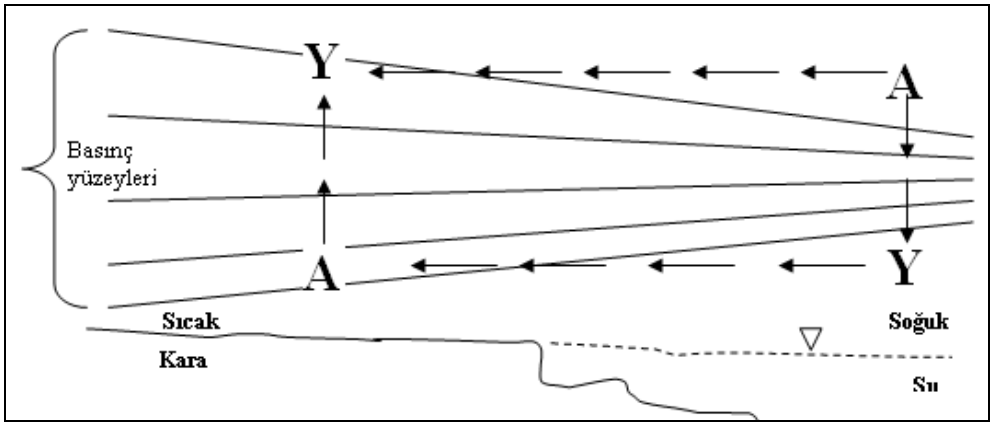
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kutup Rüzgarları
Kutup bölgeleri, uzun kışlar ve kısa yazlarla karakterize edilirler. Yüzeyin sürekli soğuması antisiklonik (yüksek basınç) yapı oluşumuna neden olur. Genellikle doğulu rüzgarlar hakimdir ve bazen çok güçlü olabilirler.

2.2 Yerel Rüzgarlar
Küresel ölçekte rüzgarlar incelendikten sonra yerel olarak oluşan rüzgarın incelenmesi gerekmektedir. Rüzgar enerjisi uygulamalarında kullanılan rüzgarlar yerel rüzgarlardır. Genellikle kara-deniz etkileşimi, gündüz-gece değişimleri, topoğrafik yapı, kanal etkisi gibi sebeplerden ortaya çıkar.

2.2.1 Kara ve Deniz Meltemleri
Kara ve deniz meltemleri, kara ile deniz arasındaki sıcaklık gradyanının (farkının) bir sonucudur. Deniz meltemi, bazen önemli hızlara ulaşabilmektedir. Deniz seviyesi üzerinde 10 metrede 6-9 m/s hızlara kadar çıkabilmektedir ve karaların içine doğru bazen 50 km kadar bir derinliğe ulaşabilmektedir. Lokal deniz meltemi, genellikle sadece en alçak 100 metre seviyesine kadar etkili olabilmektedir. Deniz meltemi, özellikle yazın antisiklonik (yüksek basınç) yapı süresince esen sinoptik rüzgar hızı düşük olduğunda daha fazla sıklıkta görülmektedir. Deniz ve kara arasındaki farklı sıcaklıklara dayanan deniz melteminin hızı, hava sisteminin geçişi yüzünden sinoptik rüzgarın boyutuna bağlıdır ve güçlü bir sinoptik deniz melteminin gelişimini engeller. Deniz melteminin gelişimi genellikle sabah başlar ve öğleden sonra son bulur. Buna karşın, kara meltemi geceleyin başlar ve birkaç saatte son bulur. Kara meltemi, deniz meltemine göre daha zayıftır. Rüzgar, deniz melteminden oluştuğunda, daha pürüzsüz deniz yüzeyi üzerinden geldiğinden rüzgar yüzey sürtünmelerinden daha az etkilenir ve daha hızlıdır. Genelde deniz seviyesindeki rüzgar hızları, dağdakiler kadar yüksek değildir. Deniz seviyesinde türbülans daha azdır ve deniz meltemleri, deniz seviyesi üzerindeki nemli ve tuzlu havayı beraberinde taşıdıklarından korozyon yüzünden denize yakın bölgelerde bulunan RES'ler daha kısa ömürlü olabilmektedir.

Güneşten gelen enerji, karalar ve denizler tarafından farklı şekilde yutulur. Bu farklı yutulmalar sonucunda kara ve deniz arasında bir sıcaklık farklılığı ortaya çıkar. Özellikle ilkbahar ve yaz aylarında denizlerin sıcaklığı karaların sıcaklığından daha düşüktür. Kışın ise tersi bir durum söz konusudur. Benzer mekanizmalar gece ve gündüz ölçeğinde de geçerli olmaktadır. Güneş ışınımı ile karalar, denizler ve bunlarla temas halinde olan hava da farklı ısınır. Isınan hava çevresine nazaran daha hafiftir ve yükselmeye başlar. Karalarda gündüz ısınan havanın yükselmesiyle denizlerdeki soğuk hava yükselen havanın yerini alır. Yukarılarda ise, karadan denize doğru bir hava taşınımı söz konusudur. Gece şartlarında bu döngü tersine işler. Denizden karaya esen rüzgara deniz meltemi denir (Şekil 2.4). Karadan denize doğru esen rüzgar da, kara meltemi olarak adlandırılır.

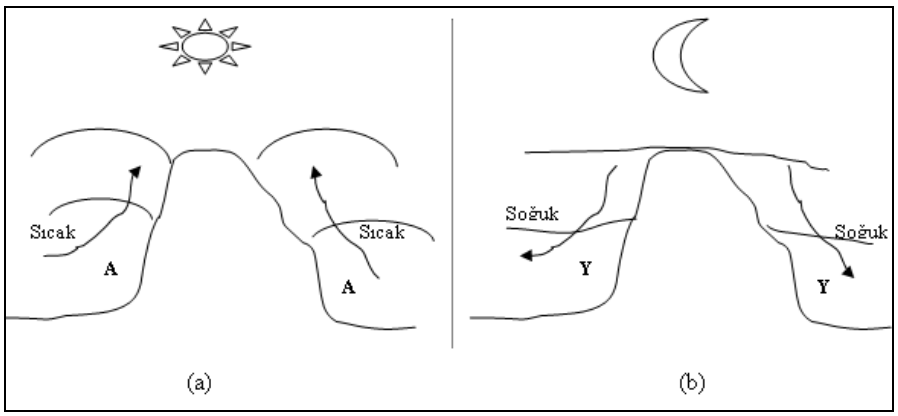


Şekil 2.4. Deniz meltemi.

2.2.2 Dağ ve Vadi Rüzgarı
Güneşten gelen enerji, karalar ve denizler tarafından farklı şekilde yutulur. Bu farklı yutulmalar sonucunda kara ve deniz arasında sıcaklık farklılığı ortaya çıkar. Özellikle ilkbahar ve yaz aylarında denizlerin sıcaklığı karaların sıcaklığından daha düşüktür. Kışın ise tersi bir durum söz konusudur. Benzer mekanizmalar gece ve gündüz ölçeğinde de geçerli olmaktadır. Güneş ışınımı ile karalar, denizler ve bunlarla temas halinde olan hava da farklı ısınır. Isınan hava çevresine nazaran daha

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

hafiftir ve yükselmeye başlar. Karalarda gündüz ısınan havanın yükselmesiyle denizlerdeki soğuk hava yükselen havanın yerini alır. Yukarılarda ise, karadan denize doğru bir hava taşınımı söz konusudur. Gece şartlarında bu döngü tersine işler. Dağlık alanlarda oluşur. Dağ yamaçları güneşten gelen radyasyonla gün boyunca ısınır. Dolayısıyla sıcak olan vadi ile temas halindeki hava ısınır. Isınan hava yamaçlar boyunca yükselmeye başlar. Yükselen bu havanın yerine yukardan düşey olarak daha soğuk ve ağır olan hava geçer. Belirli bir süre sonra bu hava ısınır ve yükselir. Bu işlem gün boyunca devam eder ve bir çevrim oluşturur (Şekil 2.5a). Geceleri aynı fiziksel nedenden dolayı tam tersi yönde bir çevrim oluşturur. Bu yüzden vadi rüzgarları geceleri yamaçtan vadiye doğru eser (Şekil 2.5b). Vadideki hava parseli gün boyunca ısındığından, eğimli yüzey boyunca yükselir. Buna meteorolojik terminolojide "anabatik rüzgar" denir. Bu rüzgarların hızları 3 m/s civarında olup rüzgar enerjisi için oldukça düşüktür. Enerji üretimi için yetersiz olan anabatik rüzgarlar, bazen türbülansın artmasıyla sırtlarda bulunan rüzgar türbinleri için önemli olabilmektedir. Buna karşın dağ yüzeyindeki hava gece boyunca soğuduğundan, vadiye doğru hareket eder ve bu oluşan rüzgara da katabatik rüzgar denir. Katabatik rüzgarlar bazen çok güçlü olabilmektedirler. Özellikle karla örtülü step eğimlerinde kuvvetlidirler. Bu rüzgarlar, vadi veya geçite yönlendiğinde daha da hız kazanır. Diğer katabatik rüzgarlar platolardan boşalan rüzgarları da içermektedir. Geceleri soğuk ve nemli hava parseli, vadideki ılık hava parselinin üzerine çöktüğünde yer değiştirirler ve bu sırada oldukça hızlanabilirler. Bazen 20-30 m/s hıza kadar çıkabilirler.



Şekil 2.5. Vadi (a) ve dağ meltemi (b).

2.2.3 Ülkemizi Etkileyen Hava Kütleleri

Hava kütlesi (air mass), büyük uniform (özellikleri her yerde aynı) yüzey üzerinde bu yüzeyle denge durumuna erişinceye kadar kalan yatay doğrultuda özellikle sıcaklık ve nem bakımından homojen olan büyük hava parçalarıdır.

Türkiye soğuk aylarda kutuplardan gelen kutupsal, sıcak aylarda ise, tropiklerden gelen tropikal hava kütlelerinin etkisi altındadır. Bu hava kütlelerinin genel özellikleri:

1- Sibirya üzerinden gelen cP hava kütlesi karasal karakterli soğuk ve kurudur. Kış aylarında sis ve ayaza neden olur, bazen Karadeniz'i geçerken nem kazanarak orografik yağışlar yapabilir.
2- Atlas Okyanusundan gelen mP hava kütlesi, Avrupa ülkeleri ve Balkanları geçerek ükemizi etkiler. Yerde belirgin olmayan alçak basınç sistemleri ile gelmedikleri için kararsızlık yağışları yapar. Yağış olarak Karadeniz sahilinde yağmur; iç kesimlerde kar bırakabilir. Akdeniz üzerinden geldiğinde ise daha fazla etkili olur ve her türlü yağışı bırakır.
3- mT hava kütlesi sıcak ve nemli karakterli olduğu için batı bölgelerimizde oldukça fazla yağış bırakır.
4- cT hava kütlesi ise Kuzey Afrika üzerinden gelir karasal sıcak ve kurudur. Kuzey sistemlerle karşılaşırsa Akdeniz cephesini oluşturup yağış bırakabilir. Diğer taraftan Akdeniz'den geçerken yeterli ölçüde nem kazandığı takdirde yine yağış yapması söz konusudur. Zaman zaman gördüğümüz çamur yağışları da bu hava kütlesinin ülkemizi etkilemesinin bir sonucudur.

Şekil 2.6 ile ülkemizi etkileyen hava kütleleri görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 2.6. Ülkemize etki eden hava kütleleri.

Ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların uzanışı ve yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi, farklı özellikte iklim tiplerinin doğmasına yol açmıştır. Ülkemizin kıyı bölgelerinde denizlerin etkisiyle daha ılıman iklim özellikleri görülür. Kuzey Anadolu Dağları ile Toros Dağları, deniz etkilerinin iç kesimlere girmesini engeller. Bu yüzden iç kesimlerde karasal iklim özellikleri görülmektedir. Ülkemizde hakim 3 iklim sınıfından bahsedilebilir. Bunlar, Akdeniz, Karasal ve Karadeniz iklimidir.

Akdeniz İklimi: Akdeniz ve Ege denizi kıyılarında oldukça etkili olan bu iklim tipi, Marmara denizi çevresine kadar sokulmuştur. Kıyıdan yaklaşık 800 m yüksekliğe kadar bu iklimin özellikleri görülür. Daha içerilere gidildikçe etkisi azalır. Bu iklim tipinde, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yıllık yağış miktarı, bazı yerlerde 1000 mm'nin üstünde iken çoğu yerde daha azdır. Bu iklim tipinde don olaylarına ve dağların yüksek kesimleri hariç kar yağışına çok az rastlanır.

Karadeniz İklimi: Ülkemizin kuzey kıyılarında, dağların denize bakan yamaçlarında görülen bir iklim tipidir. Bu iklimde yaz sıcaklığı, Akdeniz İkliminde olduğu kadar etkili değildir. Kış mevsimi, güney kıyılarımıza göre serin geçer. Ara sıra don olur, sis görülür ve kar yağar. Karadeniz ikliminin en önemli özelliği, yağışların her mevsimde görülmesidir. Karadeniz üzerinden gelen nemli hava, Kuzey Anadolu Dağlarının denize bakan yamaçlarında yükselerek yoğunlaşır ve kıyılarda yaz mevsiminde de yağış bırakır. Yurdumuzun en çok yağış alan bölgesi Karadeniz'dir. Rize ve çevresinde yıllık yağış miktarı 2200 mm'yi bulur.

Karasal İklim: Ülkemizin denizlerden uzak, yeryüzü şekillerinin meydana getirdiği engellerden dolayı deniz etkisinden yeterince yararlanamayan kesimlerinde karasal iklim görülür. İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri ile Trakya'nın iç kesimleri karasal iklimin etkisi altındadır. Buralarda mevsimlik ve günlük sıcaklık farkları büyük, yağışlar genel olarak azdır. Kışlar uzun, soğuk ve karlı, yazlar kısa fakat sıcaktır. En şiddetli karasal iklim Doğu Anadolu'da görülür. Yüksekliğinden dolayı yağışlar İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'ya göre daha çoktur. İç Anadolu'da en yağışlı mevsim ilkbahar, Güneydoğu Anadolu'da ise kıştır. İç Anadolu en az yağışı alır. Güneydoğu Anadolu biraz daha fazla yağış almasına rağmen sıcaklık ve buharlaşmanın fazla olması nedeniyle kuraklık tehdidi altındadır. Şekil 2.7 ile üç iklim sınıfının etkili olduğu bölgelerimiz gösterilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 2.7. Ülkemizdeki iklim sınıfları.

2.2.4 Dünyada ve Ülkemizde Esen Yerel Rüzgarlar

Yeryüzündeki rüzgarlar atmosferik genel sirkülasyonu ile yakından ilgilidir. Bununla beraber, yerel etkiler de son derece önemlidir. Dünya'nın birçok bölgesinde yerel rüzgarlar bulunmaktadır. Aynı ülkemizde verilen poyraz, lodos, imbat vb. gibi isimler diğer ülkelerde de bulunmaktadır. Bunlar arasında derlene bazı yerel rüzgar isimleri, estikleri ülke ve genel özellikleri izleyen sayfalarda verilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta; batılı rüzgarlar denildiğinde batıdan doğuya doğru esen; doğulu rüzgar dendiğinde de aynı şekilde doğudan batıya doğru esen rüzgarlar kastedilmektedir.

Abroholos: Güney Amerika ve özellikle de Brezilya'da eser. Mayıs ve Ağustos aylarında şiddeti artmaktadır. Güneydoğu ticaret rüzgarlarının enerjisinin Brezilya civarında boşalması ana oluşum sebebidir.

Afternoon Burner: Vancouver'de esen ve öğleden sonra saat 4'e kadar etkisini sürdüren bir rüzgardır.

Akyel: Manisa İli Soma İlçesi civarında kar eriten rüzgarlara verilen isimdir.

Antane: Fransa Toulouse civarında esen bir rüzgardır. Azor yüksek basınç sisteminin kuzey doğudan Danimarka'ya hareketi nedeni ile oluşur.

Aspre: Pirene Dağları'ndan aşağıya doğru esen kuru ve sıcak rüzgardır. A.B.D.'deki Rocky Dağları'nın Chinook veya Alp Dağları'nın Fön rüzgarları ile aynı özellikleri taşır.

Aşağıyel*:* Lodos'un Manisa İli Soma İlçesi civarındaki adıdır.

Aşağıova*:* Lodos'un İzmir İli Kınık İlçesi civarındaki adıdır.

Auster: Batı ve merkez Avrupa'da güneyli (güneyden kuzeye doğru esen) rüzgardır. Avrupa üzerindeki cephesel sistemlerin etkileşiminden meydana gelir. Arkasında güneyli rüzgar olduğundan sıcak ve kurudur. Afrika'dan geldiğinden Akdeniz'i geçerken nem aldığından kararsız hale gelir ve Avrupa'ya sıcak hava dalgası getirerek orajların meydana gelmesine sebebiyet verir.

Austru: Romanya ve Macaristan'da eser. Batılı rüzgarlar (batıdan doğuya doğru esen) olup kuru ve soğuk havaları taşımaktadır. Soğuk hava cephesinin geçişi ile Siberya yüksek basınç sisteminin doğuya doğru kayması sebebiyle oluşur.

Autun: Fransa'da Carcarsonni'den Aquitane'ye doğru esen rüzgardır. Batılı olup bazen fön karakteristikleri gösterebilmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Bali Wind: Java'nın doğusunda esen kuvvetli bir rüzgardır. Doğudan esmektedir.

Badisad Obistroz: Asya'da ve özellikle İran'da esen bir rüzgardır. Asya üzerindeki güneybatı musonların etkisi ile oluşur ve 120-130 gün şiddetli bir şekilde sürmekte olup kuru ve tozlu bir rüzgardır. Bazen bu rüzgara, Seistan veya Safid Rud'da denmektedir.

Barat: Asya'da Celebes bölgesinden esen kuvvetli batılı bir rüzgardır. Sulawezi Adası'nın kuzeyinde Aralık-Şubat aylarında etkisini artırarak bazen hasarlara neden olabilmektedir. Güneydoğu Asya'da kuzeydoğu musonlarının meydana getirdiği bir rüzgardır.

Barber: Fırtına rüzgarlarına Kanada ve A.B.D.'de verilen addır. Genellikle doğudan güney doğuya doğru eser.

Barines: Venezüella'nın doğusunda esen bir rüzgardır. Batılı bir rüzgardır.

Barrier Winds: A.B.D.'de Alaska'da esmektedir. Batılı bir rüzgar olup Alaska'nın Brookes Range bölgesinde kuzeyden soğuk hava dalgası gelmeden önce görülmektedir.

Bayamo: Küba'nın güney kıyılarında ve özellikle Bayamo Bight civarında görülen şiddetli bir rüzgardır.

Belat: Arab Denizi'nde Aden Körfezi civarında görülür. Aralık-Mart ayları arasında hızı bazen 15 m/s'ye çıkabilir. Persian Gulf üzerinden cephe sistemlerinin geçişi ile ilişkilendirilmektedir.

Bellot: Bellot Straits ile Somerset Adaları arasında esmektedir.

Bentu de Soli: İtalya Sardinya kıyılarında doğudan esen bir rüzgardır.

Berg: Güney Afrika'da esen ve tozlu havayı kara alanlardan sahile doğru getiren bir rüzgardır. Batı kıyılarındaki frekansı yılda 50 gündür. Güneybatıdan doğuya doğru eserek Natal civarında etkili olmaktadır. Kış aylarında daha sık görülüp periyodunun son 2-3 gününde yüksek sıcaklıklar getirerek bitkilere zarar verebilmektedir. İç kısımlardaki yüksek basınç sisteminin etkisiyle oluşmakta olup fön karakteristiği taşırlar.

Bhoot: Hindistan'da esen bir rüzgardır.

Bise: Özellikle Cenova civarında görülmektedir. Lac Leman (Cenova Gölü) güneybatısında Avrupa üzerindeki yüksek basınç sistemlerinin etkileşiminden meydana gelir. Bazen 6-7 şiddetine (Beaufort) ulaşabilir. Karasal özellikler taşıdığından kuru ve özellikle kışın soğuk bir rüzgar özelliğine haizdir.

Black South Easter: Güney Afrika Cape Town civarında eser. Aynı zamanda Cape Doctor ismini de alabilmektedir. Doğulu bir rüzgar olup yazın hemen başında esmeye başlar ve Hint Okyanusu'ndan güney doğulu yönde eser. Kuru Föhn rüzgarına benzer ve nemi düşürür.

Blue Norther: Diğer adı da Texas Norther olan bu rüzgar, A.B.D.'de Great Plains'in güneyinde eser. Soğuk bir rüzgar olup estiğinde sıcaklıkta ciddi düşüşler meydana gelebilir ve özellikle kışın eser.

Bochorno: İspanya'da kuzeydoğuda Ebro Vadisi'nin hakim rüzgarıdır. Özellikle yaz aylarında görülen sıcak karakterli bir rüzgardır. Iberian Alçak Basınç sistemi ile deniz meltemi etkileşimden oluşur. Özellikle soğuk cephe girişi sırasında görülür.

Bohorok: Endonesya'nın Sumatra bölgesinde görülür. Güneybatı musonlarının etkisi ile Mayıs-Eylül arasında görülür. Sıcak bir rüzgar olup bazen bitkilere zarar verir.

Bolon: Endonezya Sumatra'da görülür. Bazen Nitra, Tamboen olarak da adlandırılmaktadır.

Bora: Balkanlarda Adriyatik kıyılarında görülür. Güçlü bir rüzgar olup kuru ve soğuktur ve bazende tozludur. Trieste bölgesinde kış ve ilkbaharda etkindir. Oluşum sebebi Avrupa üzerindeki yüksek

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

basınç sistemidir. Bazen topografik etkilerle çok hızlanabilmektedir. Bora, birçok diğer Akdeniz ülkesinde meydana gelebilmektedir. Ülkemizin güney kıyılarına Antalya ile Adana arasında eser.

Borasco: Akdeniz'de görülen şiddetli orajdır.

Boreas: Yunan mitolojisinde kuzey rüzgarıdır. Büyük bir ihtimalle Bora kelimesinin kökenidir.

Bornan: Fransa'da Thonon üzerindeki dağlarda görülen rüzgardır. Çok şiddetli ve güneyden esen bir rüzgardır.

Brickfielder: Diğer adı da Bricklayer olup Avustralya'da Victoria ve New South Wales'te görülür. Kuzeyden tropik havanın hareketi ile oluşur. Sıcaklık yükselmesine neden olur.

Brisa (Briza): Güney Amerika'da Puerto Rico'da doğudan esen rüzgardır. Özellikle ticaret rüzgarları ile görülür. Ayrıca Filipinler'de kuzeydoğu musonları ile görülür.

Brisolo: Karayipler ve Küba'da görülür. Kuzeydoğu ticaret rüzgarlarına normalden daha hızlı estiğinde verilen isimdir.

Brubu: Hindistan'ın doğusunda rüzgarlara verilen addır.

Broeboe: Asya Celebes'te doğulu güçlü ve kuru bir rüzgardır. Yönüne bakıldığında kuzeydoğu musonlardan meydana geldiği söylenebilir. Gücü ise yerel topografik etkilerden kuruluğu da Fön tipi özellikler taşıması ile açıklanabilir.

Bruscha: İsviçre'de Bergell Vadisi'nde kuzeybatıdan esen bir rüzgardır.

Buran: Diğer adları da Burga veya Purga'dır. Siberya ve Mongolya'nın doğusunda görülür. Soğuk ve güçlü bir rüzgardır. Estiğinde tipi görülür ve görüş alanı çok düşer.

Candlemas Eve: Candlencas Crack olarak da adlandırılabilen bu rüzgar İngiltere'de Şubat- Mart aylarında görülür.

Canterburt Northwester: Kum ve sıcak Fön tipi rüzgardır. Tasman Denizi'nde kuzeybatı yönünde eser.

Cers: Fransa'da Aude Vadisi civarındaki rüzgara verilen addır. Kuzey ve kuzeybatıdan esip kuru bir rüzgar özelliği taşımaktadır. Yazın sıcak, kışında soğuk karakterli olup bazı hasarlara yol açabilmektedir. Oluşum nedeni, Montagne Noire'den katabatik etkiler yoluyla olmaktadır.

Chabascos: Merkez Amerika'da Pasifik kıyılarında görülür ve Haziranda başlar.

Chamsin (Khamsin): Mısır, İsrail, Kuzey Afrika ve Suudi Arabistan'da görülür. Kuru bir rüzgar olup Şubat-Mayıs arasında güney ve güneydoğudan eser. Arapça 50 anlamına gelir ve 50-60 gün arası estiğinden bu isim verilmiş olabilir.

Cergui: Fas'ta görülen kuru ve tozlu doğu ve güneydoğulu bir rüzgardır. Çölün tozunu kaldırarak getirmektedir. Yazın sıcak, kışında soğuktur. Atlantik üzerindeki yüksek basınç sistemi ile Kuzey Afrika üzerinde bulunan daha düşük yüksek basıncı sistemi arasında meydana gelen basınç gradyanı Kuzey Afrika'ya doğru bir akış başlatmaktadır.

Chinook: Kanada Rocky Dağları'nda görülen güçlü ve sıcak bir rüzgardır. Güney ve batı yönlerinde eser. Fön karakterine sahip bir rüzgardır. Pasifik üzerinden nemli olarak gelen hava Rocky Dağları'nı aşar ve bu aşma sırasında nem yoğunlaşarak yağmur olarak bırakılır. Dağın arka tarafına ise kuru ve sıcak rüzgar olarak akışına devam eder. Bu ad Kuzey Amerika kızılderililerinden kalmıştır.

Chocolatta North: West Indies'de Kuzey Ekvatoryal Akıntısı boyunca görülür.

Chocolatero: Meksika Körfezi üzerinden esen tozlu bir rüzgardır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Chubasco: Merkez Amerika'da şimşek ve güçlü fırtınalarla karakterize edilir. Özellikle yağış mevsiminde görülür.

Churada: Kuzeydoğu musonları boyunca Mariana Adaları civarında görülür. Kasım-Nisan ayları arasında şiddetli yağmur ile birlikte görülür.

Coho: A.B.D.'de Columbia Nehri ile Oregon arasında şiddetli bazen 30 m/s'ye çıkabilen bir rüzgardır. Önceki adı Gorge Wind idi. Rocky Dağları'nın doğusunda yüksek basınç sistemlerinin Columbia Nehri boyunca akış meydana getirmesi ile Portland'a kadar etki etmektedir.

Collada: A.B.D. California eyaletinde California Körfezi boyunca esen kuzey ve kuzeybatılı bir rüzgardır. Hızı bazen çok yükselebilmektedir.

Contrastes: Akdeniz'de görülür. İlkbahar ve sonbaharda küçük bir alan içerisinde zıt yönlerden eser. Yarımada etkisi (peninsula effect) olarak bilinen ve iki deniz melteminin dar bir yarımada çevresinde birleşerek esmesidir. Contrastes bu olaya verilen genel bir isimdir.

Cook Strait Southerly: Yeni Zelanda'da görülmektedir. Görüş alanını düşürür ve yağmur getirir. Kuzey ve güney yönlerinden esmekte olup, yerel topografi ile bazen hızlanarak 25-30 m/s'ye ulaşabilmektedir.

Cordonazo: A.B.D. ve özellikle de Meksika'da görülmektedir. Güçlü güneyli rüzgar olarak karakterize edilmektedir. Ekim ayı, en yoğun olduğu dönemdir.

Coromell: California Baja bölgesinde akşam vakti meydana gelen kara meltemidir. Kasım- Mayıs ayları arasında eser.

Cowshee: Diğer adları da Kaus ve Sharki olan Cowshee, Orta Doğu'da görülür. Güney doğulu rüzgarlara verilen yerel isimdir. Kış aylarında Persian Körfezi'nde görülür. Hemen ardından da yağmur gelmektedir.
Craudelaire: Cenova Gölü (Lac Leman) civarında görülen yerel bir rüzgardır.

Criador: İspanya'nın kuzeyinde batılı rüzgardır. Doğuya doğru giden basınç sistemleri ile ilişkilendirilmektedir.

Crivetz: Romanya'da kuzeyden kuzey doğu yönünde esen ve Bora karakteristiklerine sahip bir yerel rüzgardır. Balkanlar üzerindeki yüksek basınç ile Merkez Asya yüksek basınç sistemlerinin etkileşiminden yılın hemen hemen bütün zamanlarında görülür.

Deli Memet Rüzgarı: Muğla İli Ula İlçesi'ne bağlı Çiçekli civarında mevsim dönümlerindeki Poyraz rüzgarına verilen ad.

Deli Rüzgar: Balıkesir İli Ayvalık İlçesi'ne bağlı Tımarhane Adası'ndaki rüzgara verilen isimdir. Eski çağlarda alkoliklerin rüzgar ile tedavi edildiği adadır.

Denizkeskinliği: Muğa Milas Ketendere Köyü civarında güneybatı yönünden esen sıcak karakterli bir rüzgardır.

Descuernaccabras: Matacabras olarak da anılan bu yerel rüzgar İspanya'da esmekte olup Fön rüzgarının özelliklerine sahiptir.

Diablo: California Santa Ana Vadisi'nde Kuzey-kuzeydoğu yönünde esen sıcak ve kuru bir yerel rüzgar olup; diğer isimleri de Santa Ana, Sundower'dur. Ağustos-Aralık arasında esmektedir.

The Dog's Tongue: Kanada Toronto'da görülür ve nemli bir rüzgardır, insanlara rahatsızlık hissi vermektedir.

Dahani: Libya ve Sahara'da görülen sıcak, kuru ve tozlu bir yerel rüzgardır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

El Cierzo: İspanya Ebro Vadisi'nde kuzey batılı bir rüzgar olup ilkbahar ve kış mevsimlerinde görülmektedir. Bochorno rüzgarının tersidir. Biscay üzerindeki yüksek basınç ve Akdeniz üzerindeki alçak basınç sistemlerinin kuzeyli bir hava akışı meydana getirmesi sonucu oluşmaktadır.

Elephanta: Hindistan Malabar'da güneydoğulu bir rüzgardır. Özellikle Aralık-Ocak arasında şiddetini artırmaktadır.

Eolius: Yunan mitolojisinde rüzgar tanrısıdır.

Erzurum Yeli: Tokat İli Merkez Çamlıbel-Kervansaray Köyü civarlarında doğudan esen soğuk karakterli rüzgarlara verilen ad.

Etesian: Yunanistan'da görülen kuzeyli bir rüzgardır. Mayıs-Aralık arasında etkindir. Ülkemizde meltem olarak bilinen genel bir rüzgardır. Denizciler için çok önemlidir. Geceleri şiddeti genellikle düşmektedir.

Etobicoke Echo: Kanada'da görülen kuru ve soğuk bir rüzgardır. Estiği zaman civar sıcaklığı 10º C düşürebilmektedir.

Eurocyldon: Diğer adları da Euraquilo, Grigalo ve Gregale olan bu rüzgar batı ve orta Akdeniz'de ve özellikle Malta'da görülmektedir. Kuzey doğu'dan estikleri zaman güçlü ve soğuk olurlar.

Eurus: Yunan mitolojisinde doğu rüzgarının adıdır.

Foeh: Avusturya ve Fransa'da görülmektedir. Büyük bir ihtimalle Fön (Foehn) rüzgarının yerel adıdır.

Foehn: Ülkemizde Fön rüzgarı olarak bilinen Foehn, aslında genel bir meteorolojik olayın adıdır. Dağları tırmanan hava akışı yoğunlaşarak bulut oluşturur ve tırmandığı kısma yağış bırakarak dağın arka kısmında hareketine devam eder. Dağdan inerken sıkışarak (compression) ısınır ve indiği ovaya sıcaklık getirerek çölleşmeye neden olur. Bu olaya Fön denir. Ülkemizde İç Anadolu Bölgesi'nin kurak olması da Fön rüzgarı ile açıklanabilir. Kuzey Amerika ve Kanada'da Chinook diğer bir Fön rüzgarıdır. Ülkemizin Kuzey Anadolu Dağlarının kuzey eteklerinde ve İç Anadolu Bölgesinde de Konya civarında görülür. Özellikle Sinop'tan Rize'nin doğusuna kadar belirgindir. Bahar aylarında Karadeniz kıyılarında sıkça eser. Sultan Dağları ve uzantılarını aşan güney-güneybatılı fön rüzgarları, Akşehir ve Konya ovalarında sıcak ve kurutucu bir etki yapar.

Fremantle Doctor: Batı Avustralya başkenti olan Perth şehrinde denizden karaya doğru esen bir rüzgardır. Bu rüzgar, dünyadaki en kararlı rüzgar olma özelliğini taşımaktadır. Hemen hergün saat 12:00-15:00 arasında aralıksız esmektedir. Oluşum nedeni de kara-deniz etkileşiminden meydana gelen deniz meltemidir.

Gallego: İspanya ve Portekiz'de görülmektedir. Soğuk bir rüzgar olup, soğuk cephe geçişinde İber Yarımadası'nı etkisi altına almaktadır.

Galerna: Cephesel olmayan sistemler sonucu İspanya'nın kuzeyi ile Fransa'nın batısında görülmektedir. İspanya'nın Cantabric Sahilinde rüzgar yönünü batıdan kuzey batıya çevirmektedir ve aniden şiddet artmaktadır. İlkbahar ve sonbaharda görülmekte olup 2-4 saat arasında sürmektedir. Galerno ve Giboulee diğer adlarıdır.

Garbi: Gaziantep civarında görülen batılı bir rüzgardır. Yazın görülür ve Sofdağından gelir.

Garbin: Fransa'nın güney batısında ve güney batıdan esen bir rüzgardır. Saat 14:00-17:00 civarında maksimuma erişmektedir. Deniz meltemidir.

Garigliano: Diğer adı da Tramontana olan bu rüzgar, İtalya ve Korsika'nın kuzeyinde görülmektedir. Batıdan hareket eden hava sistemleri ile ilişkilendirilmektredir. Bazen 8 şiddetine kadar (Beaufort skala, yaklaşık 20 m/s) çıkabilmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Gending: Kuru ve fön karakteristiğine sahip bu rüzgar, Endonezya Java'nın kuzeyinde görülmektedir. Yaz aylarında musonların etkisi ile oluşmaktadır. Diğer adı da Tamboen'dir.

Ghibli: Afrika'nın Akdeniz'deki sahil kuşağında ve özellikle Libya'da görülür. Sıcak ve kum bir rüzgar olup, Sahara Çölü'nde oluştuğundan tozludur. Özellikle ilkbaharda görülür. Sıcak ve nemi düşük olduğundan bitkilere zarar verebilmektedir. İspanya'da Leveche, Suriye'de Scirocco; Malta ve Mısır'da da Khamsin, Güneydoğu Akdeniz'de de Simoom olarak adlandırılır.

Glaves: Avrupa Faeroe Adaların'da fön tipi bir rüzgar olarak görülmektedir.

Golfada: Akdenizde görülür ve estiği bölgelerde güçlü rüzgarlar meydana getirir.

Greco: İtalyanca kuzeydoğu rüzgarı demektir. Yunanistan üzerinden geldiğinden bu ad verilmiştir. Sonbahar ile ilkbahar arasında görülür.

Guxen: İsviçre Alplerinde görülen soğuk karakterli bir rüzgardır.

Guzzle: Avrupa Shetlandlarda görülen kuru bir rüzgardır. Norveç civarında da esmektedir.

Gün doğusu – Gün batısı: Doğudan ve batıdan esen rüzgar çeşididir.

Haboob: Arapça kökenli bu kelimenin anlamı olay (phenomena) olup, anlamı rüzgardan ziyade toz duvarını anlatmak için kullanılır. Nisan sonu ile Eylül arasında görüldüğünden bazen muson olarak da adlandırılmaktadır. Arizona'da da buna benzer bir kum fırtınası gözlemlenmektedir. Ayrıca Sudan ve Mısır'da bu rüzgarın görüldüğü diğer ülkelerdir.

Halny Wiatr: Polonya'nın güneyinde Slovakya sınırında bulunan Tatra Dağlarında esen bir rüzgardır. Güneyden kuzeye doğru esmektedir.

Harmattan: Kuzey Afrika'nın Pasifik kıyılarında Kasım-Şubat ayları arasında görülen bir rüzgardır. Doğulu bir rüzgar olup kum partikülleri taşımaktadır.

Havgula (Havgull): İskoçya ve Norveç'te yaz ayları boyunca denizden karaya esen soğuk bir rüzgardır. Doğulu bir rüzgar olup Kuzey Denizi üzerindeki alçak basınç sistemi ile ilişkilendirilir.

Hora: Kuzey İtalya'yı etkileyen güneyli bir rüzgardır.

Hot Busters: A.B.D.'de görülen katabatik bir rüzgardır. Sıcaklığın hızlı artışına neden olmaktadır ve bu yüzden "hot busters" adını almıştır.

Ibe: Çin'in batısındaki Dzungarian Eyaleti'nde görülen güçlü bir rüzgardır. Fön tipi bir rüzgardır ve sıcaklığın 10-15 °C artmasına neden olur.

İmbat: İzmir ve çevresinde Ege denizinden yazın tam kuzeyden esen meltem rüzgarıdır.

Jauk: Avusturya'da esen ve Jauch olarak da adlandırılan bu rüzgar, fön tipidir ve Klagenfurt civarında etkilidir. Kuzey ve güney yönlerinden esmektedir.

Juran: Fransa'da görülmektedir. İsviçre'nin Jura Dağlarından esmekte olup kuzey batılıdır ve Cenova Gölü'ne doğru esmektedir. Soğuk bir rüzgardır ve türbülansı yüksektir.

Junk Wind: Thailand, Japonya ve Çin'de esmektedir. Güney ve güneydoğu yönlerinden olup Güney Çin Denizi üzerindeki musonlardan oluşmaktadır.

Kabayel: Tokat İli Merkez Çamlıbel-Kervansaray Köyü civarlarında güneyden esen sıcak karakterli rüzgarlara verilen ad.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kachchan: Sıcak ve kuru fön tipine haiz olan bu rüzgar Sri Lanka'da etkili olup güney doğu musonlarla ilişkilendirilmektedir. Batı ve güneybatı hakim yönleridir. Özellikle Batticola'nın doğu kıyılarında görülür. Sıcaklığı bazen 35-40 °C'ye kadar çıkarabilir.

Kaikias: Yunan mitolojisinde sıklıkla geçmekle beraber hakkında fazla bilgi bulunmamaktadır.

Kal Baisahki: Hindistan Bengal'de güneybatı musonların etkisi ile oluşmaktadır. Kuru ve tozludur, Nisan–Haziran aylarında etkilidir.

Karaburan: Mongolya'da gün içinde İlkbahar-Yaz sonu görülen şiddetli rüzgarlara verilen addır. Daha çok doğudan esmektedir ve kelime anlamı kara fırtınadır.

Karajol: Yağmurdan sonra etkisini 2-3 gün gösterebilen batılı bu rüzgar, Bulgaristan'da görülmektedir. Kuzey Balkanlardaki cephe sistemlerinin geçişi sırasında alçak basınç bölgelerde görülür. Zayıfta olsa fön tipi bir rüzgardır.

Karayel: Kuzeybatı yönünden esen rüzgarlara verilen addır. Geçici siklonların ülkemize sokulduğu kış mevsimlerinde görülür. Siklonların soğuk cephesinin geçişini izler. Genellikle sıcakların düşmesine ve kar yağışına neden olur. Karayel daima yağmur ve kar getirir.

Kapalilua: Hawai civarında etkili olan bir rüzgardır.

Keşişleme: İstanbul yöresinde güney doğudan esen halk dilinde ve denizcilerin verdiği addır. Uludağ'ın eski adı olan keşiş dağının yönüne göre adlandırılmıştır. Gündoğusu ve kıble arasında 135 dereceden esmektedir.

Kharif: Arap Denizi'nde Aden Körfezi civarında görülür. Güneybatı musonların etkisi ile Haziran-Ağustos arasında etkilidir. Gece boyunca etkisini artırarak kum ve toz getirir.

Kıble: Güneyden esen ılık hava getiren rüzgardır.

Kırkikindi: Konya ve civarının hakim rüzgarıdır.

Kışyeli: Silifke'de poyrazın ters yönünden esen rüzgara verilen addır.

Knik Wind: Alaska Palmer'de güçlü güneydoğulu bir rüzgardır ve özellikle kış aylarında görülür.

Kloof: Güney Afrika'da etkili olan bir rüzgardır. Capetown Körfezi'nde güneybatıdan esen soğuk karakterli olup Güney Afrika alçak basınç sistemi ile ilişkilendirilmektedir.

Knik: Yüksek dağlarda aşağı doğru esen soğuk bir rüzgar olup diğer adları da Matanuska, Pruga, Stinika, Takn, Take, Turnagain ve Wiliwaw olarak bilinmektedir. Bazen Alaskan Winds olarak da adlandırılmaktadır.

Kuban: Java'da görülen bir rüzgardır.

Laawan: Özellikle Orta Doğu'da esmektedir. Arapça anlamı yardım edendir ve batıdan esmektedir.

Labbe: Fransa Provence'de rastgele esen bir rüzgardır. Cenova Körfezi'nde oluşan alçak basınç sistemi ile ilişkilendirilebilir. Mutedil ve nemli karaktere sahiptir.

Lansan: Okyanusya Now Hebrides'te görülmektedir. Güçlü bir güneydoğu ticaret rüzgarıdır.

Laventera: Adriyatik'te doğulu bir rüzgardır. Bulutlu bir hava ile ilişkilendirilir. İtalya'nın doğu kıyılarına hafif yağmur getirir.

Leste: Avrupa'nın Atlantik tarafındaki Madeira civarında görülür. Kış ve ilkbaharda daha yaygındır. Daha çok güneyden esmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Levante: İspanya'nın Akdeniz tarafındaki sahillerinde görülen kuzey doğulu bir rüzgardır. Balearics ve Kuzey Afrika'da alçak basınç sistemleri oluştuğunda esmektedir. İlkbahar ve Sonbaharda yaza nazaran daha şiddetlidir.

Levanter: Levante rüzgarının Cebelitarık'ta oluşan koludur.

Leveccio: Bu rüzgarın Libeccio, Leveccio, Leveche ve Solana olmak üzere dört adı bulunmaktadır. Sıcak ve kuru bir rüzgar olup İspanya'nın güney sahillerinde görülmektedir. Sirocco ile kıyaslanabilir.

Liberator: Cebelitarık Boğazı'nda görülen batılı bir rüzgardır. Özellikle Sonbahar ve Kış aylarında hüküm sürmektedir. Iberian alçak basınç sistemi ile ilişkilendirilmektedir.

Lips: Yunan mitolojisinde geçen bir rüzgardır.

Livas: Balkanlarda Fön tipinde görülen sıcak bir rüzgardır. Batılı olup Dinaric Alplerde görülür.

Ljuka: Hırvatistan ve Bosna Hersek'te görülen bir rüzgardır.

Llebetjado: İspanya'da kuzeydoğuda Pirenelerden inen sıcak bir rüzgardır. Genellikle birkaç saat sürmektedir. Fön karakteristiğine sahip olup gündüz etkilidir.

Lodos: Güneybatıdan esen rüzgarlara verilen addır. Gezici siklonların ülkemize daha çok sokulduğu kış mevsiminde görülür. Bu siklonların sıcak cephesinin geçişini izler. Sıcakların yükselmesine neden olur. Lodos, özellikle İstanbul bölgesinde görülen güneybatılı bir rüzgardır. Daha çok kış aylarında görülür. Sıcak ve nemli rüzgarlardır.

Lombarde: Kuzey İtalya ve Fransa'nın güney doğusunda görülen doğulu bir rüzgardır. Alplerden gelip güneydeki sahil bölgelerini etkilemektedir.

Loo: Hindistan'da kuzeyden esen sıcak bir rüzgardır.

Luganot: İtalya'nın kuzeyinde Lake Garda üzerinde güney ve güneydoğudan esen güçlü bir rüzgardır. Güneyli güçlü rüzgarın bu bölgedeki anlamı ise yüksek basınç sisteminin doğuya doğru hareketidir. Özellikle Balkan yüksek basınç sistemi, kanal etkisi yaparak Po Vadisi boyunca rüzgarı Lake Garda'ya doğru yöneltmektedir. Sonbahar – İlkbahar arasında görülür, gün içinde ısınma nedeni ile şiddetini artırmaktadır.

Maestro: İtalya'nın Adriyatik Kıyısında görülmektedir. Kuzeybatlı olup özellikle yaz aylarında görülmektedir.

Maestrale: Cenova Körfezinde görülen soğuk ve kuru karakterli bir rüzgardır. Özellikle sabahın erken saatlerinde ve kış aylarında hissedilir. Lombardy üzerindeki yüksek basınç ve soğuk katabatik hava akışı, denizden Cenova'ya doğru bir akışın başlamasına neden olur. Diğer isimleride Tramontane ve Mestrel'dir.

Maloja: İsviçre ve Alplerinde katabatik rüzgara verilen isimlerden birisidir.

Marajos: Güney Amerika Amazonlarda görülmektedir. Kuzeydoğulu olup yağmur sezonunda aktiftir.

Marin: Güney Fransa'da görülmektedir. Güneydoğulu olup doğuya doğru giden sistemlerin etkisi ile oluşmaktadır. Nemlidir ve özellikle sonbahar ile ilkbahar arasında görülür. Ayrıca Labbe olarak da adlandırılır.

Matacabras: İspanya'nın dağlık bölgelerinde keçi öldüren rüzgar (wind that kills goats) olarak bilinir. Fön tipi rüzgar olup civar sıcaklığını artırmaktadır. Diğer adlarıda Poniente ve Descuernaccabras'tır.

Mauka: Hawai'de görülen bir rüzgardır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Minuano: Brezilya'da soğuk ve güçlü rüzgarlardır. Aralık ile Haziran arasında esmektedir.

Mistral: Fransa'da Provence sahilinde ve Rhone Deltası'nda esen güçlü bir rüzgardır. Kuzeybatılı olup soğuk ve kurudur.

Muscat: Umman'da görülür. Çok sıcak ve nemli yaz rüzgarıdır. Umman'ın güneyindeki Hajr Dağlarından geldiğinden fön karakterli olduğu söylenebilir.

Nishi: İran Körfezi'nde doğu ve güneydoğudan esen ve Bora rüzgarına benzer özelliklere sahip bir rüzgardır. Hamleli ve 3-5 gün ısrarlı bir şekilde hüküm sürmektedir.

Nevada: Güney Amerika'daki Ekvator'da görülmektedir. Ekvator'un yüksek vadilerinden aşağı doğru esmektedir. Soğuk bir rüzgardır ve katabatik veya yer çekimi etkilerinden oluşmaktadır.

Newhall Winds: Kaliforniya'da Mewhall Pass'tan çöle doğru esen rüzgarlara verilen genel addır.

Night Winds: Afrika Kongo Havzasında geceleri görülen bir rüzgardır. Katabatik ve kara-deniz meltemi orjinlidir.

Nortes: Diğer adı da Papagayos olup Meksika'nın Pasifik kıyılarında görülmektedir. Kışın merkez Meksika'yı çevreleyen dağlardan aşağı doğru inmektedir.

Notus: Yunan mitolojisinde güney rüzgarlarının adıdır.

Oberwind: Avusturya'da Hallstahter Gölü ile Salzkammergut civarında geceleri görülen rüzgarlardır. Katabatik işlemlerle meydana geldiğinden bütün mevsimlerde görülebilir.

Ora: İtalya'da Garda gölü civarında düzenli olarak görülen bir rüzgardır.

Orsure: Lyon Körfezi civarında kuzey ve kuzeydoğu yönlerinden esen güçlü bir rüzgardır.

Pali: Hondulu Pali Pass bölgesinde görülen güçlü yerel bir rüzgardır.

Palouser: A.B.D. Washington State'de esen güçlü ve tehlikeli bir katabatik rüzgardır. Palouse River Vadisi'nden aşağı doğru inerek kuzey Idaho ve Washington State'i etkilemektedir. Bölgede "cow killer" olarak da bilinmektedir.

Pampero: Arjantin ve Uruguay'da görülen şiddetli bir rüzgardır. Haziran – Ekim arasında orajlardan (şiddetli fırtına) önce meydana gelmektedir.

Panas Oetara: Endonezya'da güçlü ve kuru bir rüzgardır. Özellikle Şubat ayında görülür ve kuzeyden esmektedir. Kuzeydoğu musonlarının etkisi altındadır ve fön özellikleri taşımaktadır.

Paramito: Kolombiya Bogota'yı etkileyen soğuk ve doğulu bir rüzgardır. Genellikle sise neden olur. Topografi ve katabatik etkiler sebebi ile oluşan yerel bir rüzgardır.

Passat: Subtropikal yüksek basınç sisteminden inter tropikal konverjans sonuna doğru esen rüzgarlara verilen genel addır. Kuzey yarımkürede kuzey doğulu; güney yarım kürede de güney batılı olarak esmektedir. Passat, tarih boyunca gemicilerin okyanusu geçebilmesi için yardımcı olmuştur.

Piner: İngiltere'nin Northeast bölgesinde esmektedir. Kuzey ve kuzeydoğulu olarak görülür. Kuzey denizi üzerindeki alçak basınç sistemi ile İskoçya'nın batısındaki yüksek basınç sisteminin etkileşiminden oluşur.

Piterak: Greenland ve İzlanda'daki yüksek bölgelerden fyordlara doğru inen katabatik karakterli rüzgardır. Bazı kaynaklarda Piteraq olarak geçmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Polacke: Çek Cumhuriyeti'nde görülen soğuk ve kuru bir rüzgardır. Polonya orijinli ve katabatik karakterli bir rüzgar olma özelliğine sahiptir. Bohemia Sudeten Dağlarından aşağı doğru inmektedir. Özellikle kışın görülmektedir.

Poniente: Batı ve güneybatıdan esmekte olup Cebelitarık Boğazı civarında görülmektedir. Levanter rüzgarının tersi yönder eser.

Poyraz: Ülkemizde özellikle kış mevsiminde daha sık görülür. Bu mevsimde ülkemiz üzerine Rusya ve Sibirya üzerinden kutupsal havayı getirir. Sıcaklığın belirgin olarak düşmesine sebep olur. Yaz mevsiminde aşırı yüksek basınç alanından basra üzerindeki alçak basınç alanına doğru ilerleyen deniz üstü hava kütlelerinin Ege ve Türkiye üzerinde sapmaya uğrayarak kuzey doğudan esen poyraza dönüşür. Bu mevsimde serinletici etkisi vardır. Karadeniz, Marmara ve İç Anadolu bölgelerinde kuzeydoğudan esen soğuk ve şiddetli bir rüzgardır. İstanbul ve civarının hakim rüzgarıdır.

Puna: Peru'da esen soğuk ve kuru bir rüzgardır.

Puelche: And Dağlarında görülür.

Pyrn: Tuna nehrinin üst kısımlarında (Upper Danube) görülür.

Reshabar: Güney Kafkaslarda katabatik karakterli bir rüzgardır.

Robin Hood's Wind: İngiltere'nin kuzeydoğu sahil şeridindeki Robin Hood Bay, Whitley ve Yorks bölgelerinde kuzey ve kuzeydoğulu rüzgardır. Soğuktur ve kış ile ilkbahar başında görülür.

Roger: İngiltere East Anglia'da görülür.

Rondata: İspanya'da gün içinde yönlerde değişiklikler gösteren bir yerel rüzgardır. Kuzeybatıdan doğu veya güneye doğru dönmektedir.

Rotenturm Wind: Avustralya'da görülür. Rotentum Pass bölgesinden Avusturya'nın doğusundaki Transylvanian Alplere doğru eser.

Rotetur: Romanya'da görülen bir rüzgardır.

Sahel: Fas'ta güneyden güneydoğuya doğru esen güçlü bir rüzgardır. Çöl orijinli olduğundan çok tozludur.

Samiel: Kuzey Afrika'da görülen çok tozlu bir rüzgardır. Simoom ile benzer özellikler taşır.

Samyeli*:* Genellikle Güney Doğu ve İç Anadolu bölgelerinde esen bu rüzgarın geldiği bölge Arabistan çölleridir. Bu rüzgar, Irak, Suriye ve Lübnan'da da eser. İç Anadolu'da bu rüzgarlar çöl doğuşlu olmayıp fön tipindedir.

Sansar: İran'da kuzeybatılı bir rüzgardır.

Sarca: İtalya Garda Gölü civarında şiddetli bir kuzeyli rüzgardır.

Scirocco: Sıcak, kuru ve tozlu bir rüzgardır. Fas ve Sahara'da görülür. Akdeniz'i geçerken nem alarak Yunanistan ve İtalya'ya sıcak ve nemli bir esinti getirir.

Seca: Brezilya'da görülen kuru bir rüzgardır.

Shaluk: Afrika ve Orta Doğu'da görülmektedir. Simoom ile benzer özellikler taşır. Kuru ve sıcak bir rüzgardır.

Shamal: Irak ve İran Körfezi'nde görülür. Yazın öğleden sonraları şiddetini artırmaktadır. Yazın sabahları da hafif şiddette esmekte fakat diğer mevsimlerde görülmemektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Sharav: Orta Doğu'da esmektedir. Kelime kökeni İbranice olup sıcak dalga anlamına gelmektedir. Oldukça sıcak ve kuru bir rüzgardır, insanlara rahatsızlık vermektedir.

Simoom: Afrika çöllerinde görülen çok sıcak ve kuru bir rüzgardır. Bazı bölgelerde Simoun veya Simoon olarak da adlandırılmaktadır. Arapça zehir anlamına gelir ve ilkbahar sonu ile yazın eser. Çok kısa süreli esmektedir (20-30 dk), fakat çok büyük miktarda toz getirmektedir.

Skiron: Yunan mitolojisinde adı geçen bir rüzgardır.

Sky Sweeper: Majorca civarında görülen bir rüzgardır.

Sno: İsveç ve Norveç'te soğuk katabatik bir rüzgardır. Vadi ve Fyord bölgelerinde yüksek hızlara ulaşabilir.

Suete Winds: Cape Breton Highlands ve New Foundland bölgelerinde esen bir rüzgardır. Yerel ev ve tarlalara zara verebilecek kadar güçlüdür.

Sukhovey: Özbekistan ve Kazakistan'da görülen sıcak kuru ve doğulu bir rüzgardır. Özellikle yaz aylarında görülür. Asya musonları ile ilişkilendirilir.

Sumatra: Hint Okyanusu'nda Malacca civarında görülür. Yılın her zamanında görülmekle beraber Nisan ve Kasım ayında yaygındır. Geceleri eser ve yaklaşık 2-5 saat arasında sürer. Genellikle güney batı ve kuzeybatıdan eser.

Sures: Şili'de görülen güneyli bir rüzgardır.

Suroet: Fransa'nın Batı kıyılarında güneybatılı bir rüzgardır. Atlantik'ten gelen cephe sistemleri ile ilişkilendirilmektedir.

Tauem: Saltzburg'ta esen bir rüzgardır.

Temporale: Güney Amerika'da görülen bir rüzgardır. Güney doğu Ticaret Rüzgarlarının etkisi ile yaz aylarında görülür.

Tepeyel*:* Manisa İli Soma İlçesi civarında geceleyin tepelerden düzlük alanlara doğru esen rüzgarın adıdır.

Yamaoroshii: Japonya'da görülen katabatik karakterli bir rüzgardır.

Yıldız: Kuzeyden esen soğuk hava taşıyan rüzgar çeşididir.

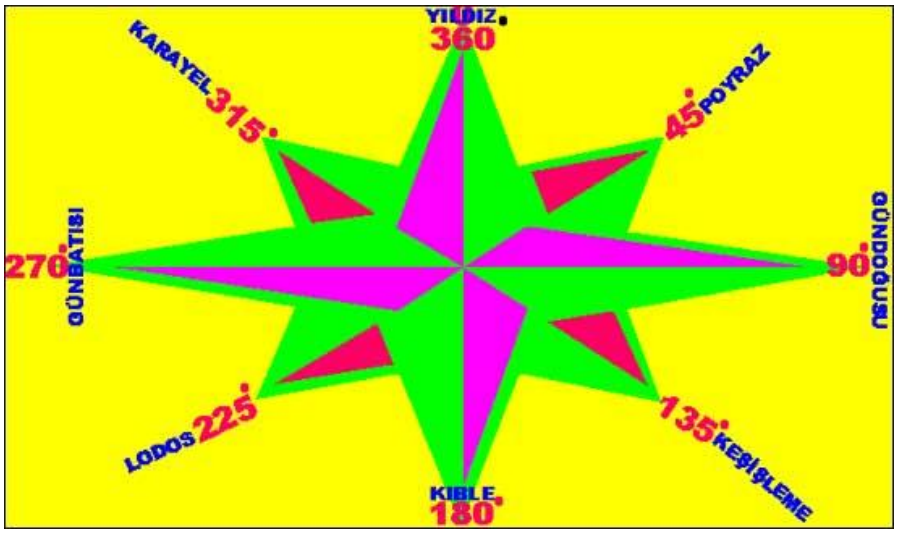
Zephyr: Batılı ve sıcak bir rüzgardır.

Zephyros: Yunan mitolojisinde geçen batılı rüzgardır.

Zonda: Arjantin ve Uruguay'da görülen nemli bir rüzgardır.

Yukarıda sayılan ve ükemizde görülen bazı rüzgarların yönlere göre dağılımı ise, Şekil 2.8 ile verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.8. Yönlere göre yerel rüzgarlarımız.

2.3 Rüzgar Oluşumu

Meteorolojik parametreler içerisinde en karmaşık yapıya sahip olan rüzgar oluşumu, yapısında bir çok fiziksel olayı barındırmaktadır. Meteorolojik olarak rüzgar oluşumunu açıklamaya en yakın teori jesostrofik rüzgar yaklaşımıdır.

2.3.1 Jeostrofik Yaklaşım

Jeostrofik denge, sinoptik ölçekli istemlerde, basınç alanı ve yatay hız gradyanı arasında yaklaşık bir bağıntı veren diagnostik bir yaklaşımdır ve aşağıdaki eşitlik ile bulunur:

$$v_g = \frac{1}{f}\left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial n}\right)$$

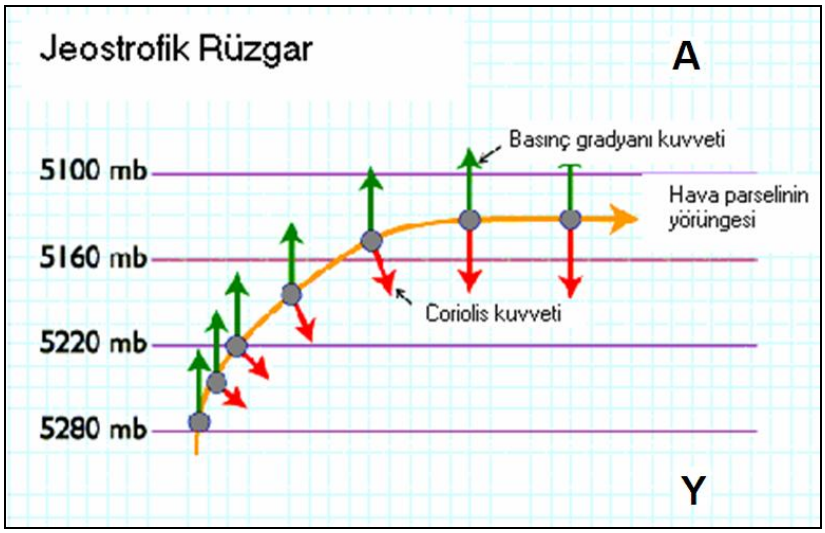
Bu eşitliği sağlayan yatay hız alanına da jeostrofik rüzgar denir. Formülde kullanılan ρ, hava yoğunluğu; f, enlemin fonksiyonu olan Coriolis parametresi (f=2 ω sinφ, φ enlem; ω ise dünyanın açısal hızı olup değeri 7.269×10^{5}) olarak verilmektedir.

Jeostrofik rüzgar, teorik bir rüzgardır ve gerçek rüzgara oldukça yakın bir ifadedir. Aşağıdaki kabuller altında yapılır:

- İvme yoktur,
- Hareket yatay ve izobarlara paralel eser,
- Sürtünme yoktur,
- Basınç gradyanı kuvveti ile Coriolis kuvvetin dengesinden oluşur.

Jeostrofik rüzgar, yatay basınç gradyanı ve Coriolis kuvvetin dengede olduğu rüzgardır ve bu yüzden ivme sıfırdır (Şekil 2.9). Kuzey yarımkürede solunda alçak basınç, sağında da yüksek basınç vardır. Şekil 2.9, kuzey yarımkürede yeryüzünden aşağı yukarı 1 km yükseklikte (sınır tabakanın üzerinde) meydana gelen rüzgarın oluşumunu göstermektedir. İzobarlara bakıldığında basınç gradyanı kuvvetinin güneyden kuzeye doğru olduğu görülmektedir. Basınç gradyanı kuvveti, hava parselini basıncın düşük olduğu bölgeye doğru yani kuzeye doğru harekete geçirecektir. Bununla beraber, hava parseli harekete başlar başlamaz, parsel üzerine sağa doğru saptırıcı Coriolis kuvveti de etki edecektir. Hava parselinin hızı arttıkça Coriolis kuvveti de büyüyecektir ve hava parselini daha çok sağına saptıracaktır. Bu durum, Coriolis kuvvetinin, basınç gradyanı kuvvetine eşit olmasına kadar devam edecektir. Sistemin üzerine etkiyen net kuvvet eşit olduğunda rüzgarın hızı artmayıp sabit kalacaktır ve parsel izobarlara paralel olarak hareket edecektir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



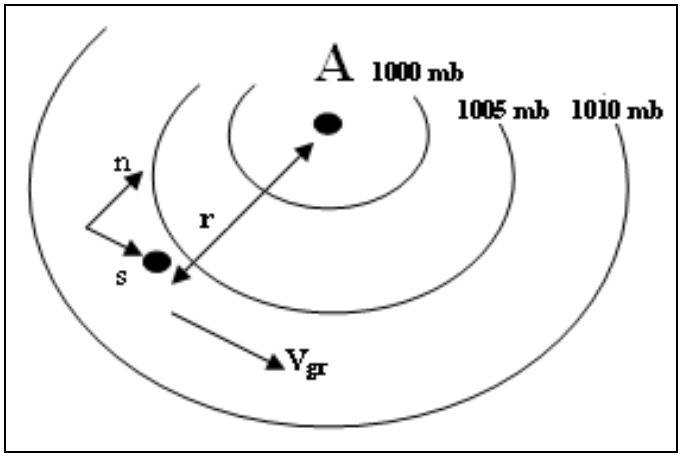
Şekil 2.9. Jeostrofik rüzgar oluşumu.

2.3.2 Gradyan Rüzgar

Gerçek rüzgara daha iyi bir yaklaşım, doğrusal olmayan akışta, örneğin dairesel yapıdaki akışlarda meydana gelen ve merkezkaç kuvvetin de dikkate alınmasıyla elde edilebilir. Gerçekte bütün alçak ve yüksek basınçlı hareket sistemlerinde gözlenen akış eğriseldir. Bu yüzden merkezkaç kuvvetin hesaba dahil edilmesi gerekmektedir. Genellikle V_{gr} ile gösterilen gradyan rüzgar aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\mathrm{K}V_{gr}^2 = -fV_{gr} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial n}$$

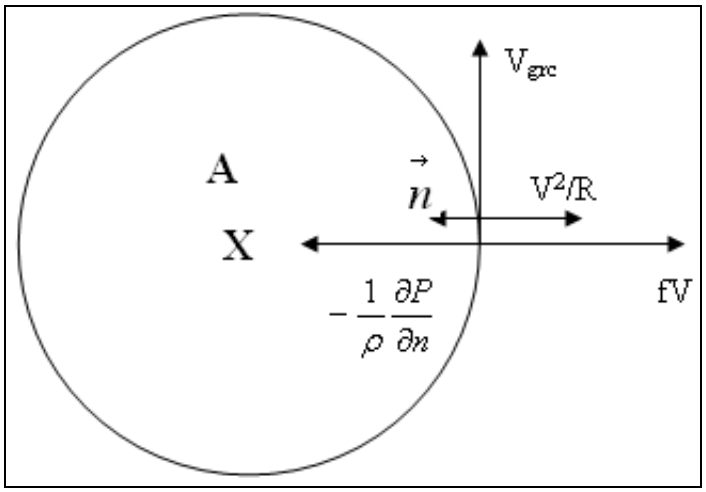
Burada K=1/r olup (r: yarıçap), hava parselinin yörüngesinin eğriliğidir. Alçak basınç merkezi etrafındaki gibi siklonik bir akış için pozitif, yüksek basınç merkezi etrafındaki gibi antisiklonik bir akış için ise negatiftir. Eğer sistem stasyoner (durağan) ise; r, Şekil 2.10'da görüldüğü gibi eğrilik yarıçapı olarak alınabilir. Gradyan rüzgar da izobarlara (eş basınç eğrileri) paraleldir.



Şekil 2.10. Gradyan rüzgar.

Dairesel izobarlı bir basınç merkezi ve bu merkez etrafındaki sürtünmesiz ve yatay hareket göz önüne alındığında hava parseli üzerine, basınç gradyanı kuvveti, yatay Coriolis kuvvet ve izobarların eğriliğinden dolayı ortaya çıkan ve büyüklüğü V^2/R'ye eşit olan bir merkezkaç kuvvet etki eder. Bu üç kuvvet arasında denge oluştuğu zaman rüzgar ivmesiz ve daimidir. Siklonik (alçak basınç) durumda Şekil 2.11 ile gradyan rüzgarı ortaya çıkaran kuvvetler gösterilmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

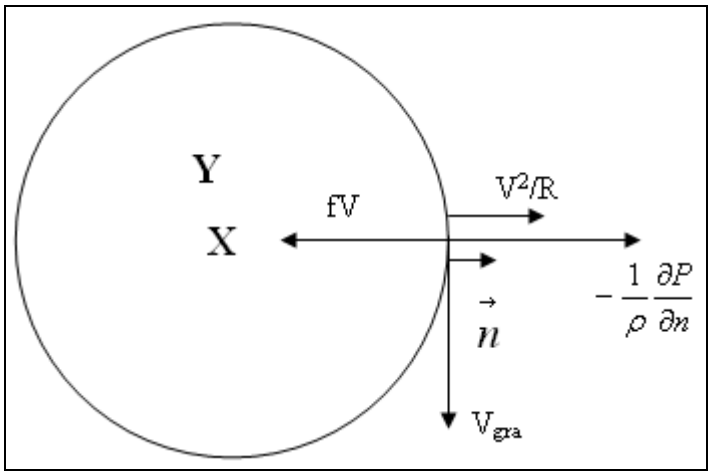


Şekil 2.11. ABM'de gradyan rüzgar ve eğrilik yarıçapı.

Şekildeki terimlerin fiziksel büyüklüklerin fiziksel açıklaması ise;

$\vec{n}$: birim vektör (harekete dik ve soluna yönlenmiştir.
R: eğrilik yarıçapı

Hareket antisiklonik yani yüksek basınç sistemi mevcut ise, Şekil 2.12 incelenmelidir.



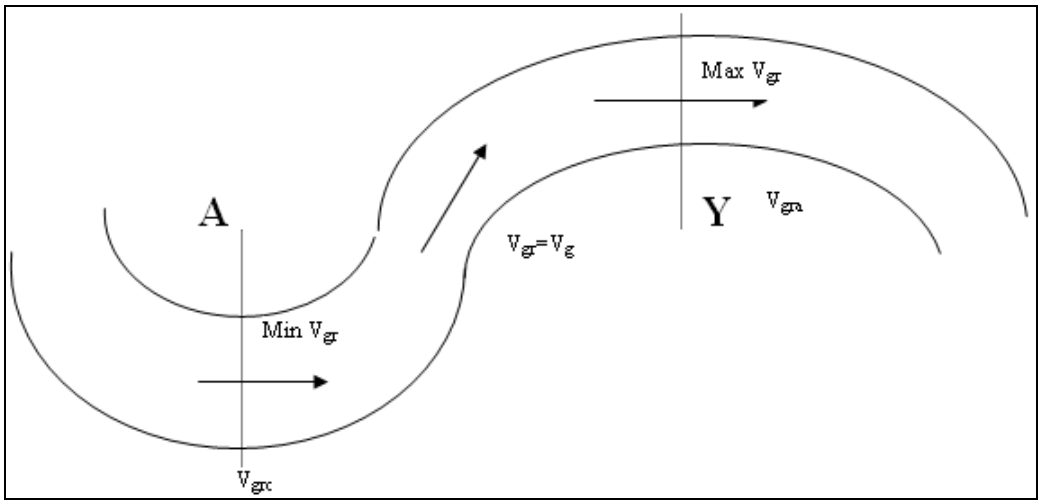
Şekil 2.12. YBM'de gradyan rüzgar ve eğrilik yarıçapı.

$$V_g = V_{gra} - \frac{V_{gra}^2}{fR}$$

$$V_g = V_{grc} + \frac{V_{grc}^2}{fR}$$

Dengelenmiş akış için siklonik eğriliğin bulunduğu bölgelerde V_g değerlendirmesi yapılarak elde edilen rüzgar değerleri gerçek rüzgardan daha büyük; antisiklonik eğriliğin bulunduğu bölgelerde gerçek rüzgardan daha küçüktür. Verilen bir enlemde maksimum antisiklonik eğriliğin (K_T) bulunduğu yerlerde kuvvetli rüzgarlar; maksimum siklonik yörünge eğriliğinin bulunduğu alanlarda genel olarak zayıf rüzgarlar bulunur (Şekil 2.13).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.13. Jeostrofik ve gradyan rüzgarın karşılaştırılması.

Şekil 2.13'ten de görüldüğü gibi, antisiklonik durumdaki gradyan rüzgar en büyük değere sahipken; siklonik durumdaki gradyan rüzgar en küçük değerdedir. Yani, $V_{gra} > V_g > V_{grc}$ durumu vardır.

2.4 Rüzgar Profilinin Değişimi

Rüzgar profili, yani rüzgarın düşey değişimi bir çok parametreye bağlı olarak değişim göstermektedir. İnsan hayatını ilgilendiren olaylar ve rüzgar enerjisi için gerekli olan rüzgar karakteristiklerinin atmosferik sınır tabaka içindeki özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla, öncelikle atmosferik sınır tabaka kavramı ile ilgili bilgi vermek faydalı olacaktır.

2.4.1 Atmosferik Sınır Tabaka (Atmospheric Boundary Layer)

Atmosferik sınır tabaka, yüzeydeki değişikliklerden en fazla etkilenen ve bu etkilenmeye hızlı bir şekilde tepki veren atmosferik yüzey tabakası olarak tanımlanmaktadır. Atmosferik sınır tabakada momentum, ısı ve kütle alışverişi meydana gelir. Kalınlığı 100 m ile 2 km arasında değişen bu tabakanın %10 ile ifade edilen tabaka yüzey tabaka olarak adlandırılır. Yüzey tabakada rüzgarların oluşum nedenleri şöyle sayılabilir:

- Yeryüzeyinden birkaç yüz metre yükseklikte esen ve farklı basınç alanlarının oluşturduğu rüzgarlar (jeostrofik veya gradyan rüzgar),
- Deniz meltemlerinin de oluşma nedeni olan yeryüzeyi eğimi,
- Tropikal siklonların ve fırtınaların nedeni olan atmosfer kararsızlığı.

Yüzeye yakın tabakadaki hava akımları için aşağıdakiler genellikle doğrudur:

- Rüzgar şiddeti yükseklikle artmaktadır,
- Rüzgar hızında türbülans bulunmaktadır.

Rüzgar potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan rüzgar eşitlikleri atmosferik sınır tabaka için geliştirilmiştir. Atmosferik sınır tabakada rüzgara etki eden faktörler arasında;

- Büyük ölçekli basınç ve sıcaklık gradyanları,
- Yüzey sürtünmesi ve momentum alışverişine neden olduğundan dolayı pürüzlülük parametresi,
- Sınır tabakada rüzgar kaymalarını meydana getiren sınır tabaka yüksekliği,
- Sıcaklık ve momentumun yatay taşınımı,

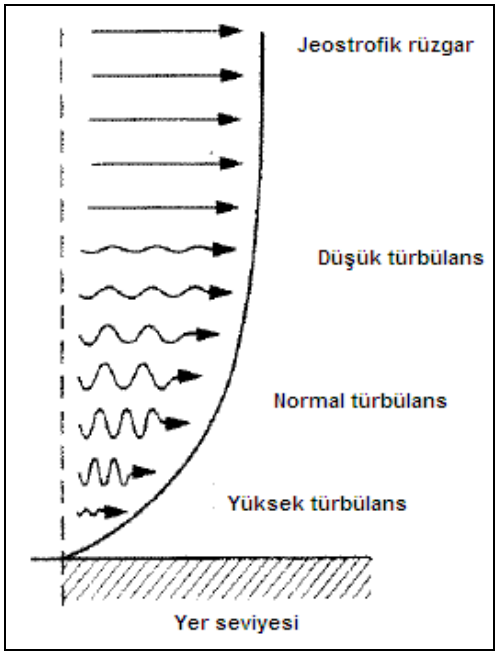
sayılabilir.

2.4.2 Düşey Rüzgar Profili

Yüzey yakınlarında atmosferik sınır tabakaya kadar olan bölgedeki rüzgarın profili (düşey değişimi), Şekil 2.14 ile verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, yüzey yakınlarında yüksek türbülans meydana

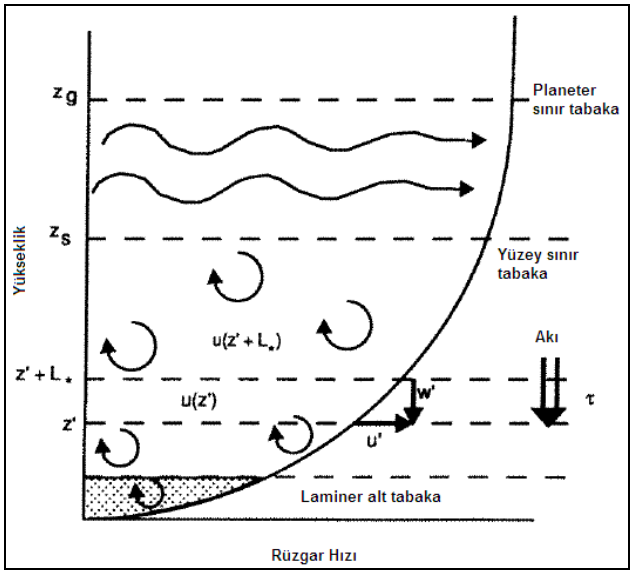
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

gelmektedir. Yeryüzünden uzaklaşıldıkça, yüzey pürüzlülüğünün etkileri azaldığından türbülans gittikçe azalmaktadır. Atmosferik sınır tabakanın üzerinde ise, akış laminer hale gelmektedir. Buradaki akış jeostrofik rüzgar karakteri taşır.



Şekil 2.14. Düşey rüzgar profili.

Rüzgar hızı, yeryüzeyinden yükseldikçe değişmektedir. Planeter sınır tabakayı z_g ile yüzey sınır tabakayı da z_s ile gösterelim. Planeter sınır tabakanın yüksekliği 1000 – 2000 m arasında; yüzey tabaka yüksekliği de 50 ile 150 m arasında değişmektedir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Detaylı düşey rüzgar profili.

Yüzey tabaka içerisinde meydana gelen düşey profil ve rüzgar kaymasını anlamak büyük önem taşır. Çünkü rüzgar enerjisi için yapılan hesaplamalar ve istatistiki eşitlikler, bu tabakada meydana gelen fiziksel olaylarda yapılan kabullere dayanır. Yüzeye çok yakın ince laminer alt tabakada akı transferi moleküler yolla olur. Buradaki akış Newton'un vizkozite kanunu ile açıklanmaktadır. Burada kayma stresi τ_i kaymanın değişimi ($\partial u/\partial z$) ile orantılıdır:

$$\tau = \mu(\partial u/\partial z)$$

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Eşitlikte kullanılan μ, dinamik vizkozite katsayısı ve ∂u/∂z de, rüzgar hızının yükseklikle değişimidir.

2.4.3 Atmosferik Kararlılığın Rüzgara Etkisi

Atmosferik kararlılık 3 kategoride incelenir: kararlı, kararsız ve nötr. Rüzgarın düşey dağılımı, rüzgar enerjisi ve pervane üzerine etkiyen yük için (fatigue) önemlidir. Monin-Obukhov kararlılık uzunluğu olarak z/L'yi belirlemiştir. Monin-Obukhov uzunluğu L, yüzeydeki ısı akışına bağlıdır ve aşağıdaki eşitlik ile verilmektedir:

$$L = \frac{T_0}{kg}\frac{C_p u_*^3}{H_0}$$

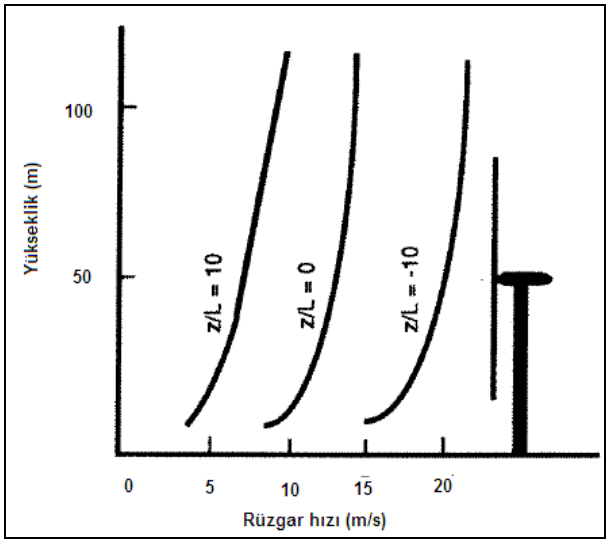
eşitlikteki parametreler:

T_0: Yüzey mutlak sıcaklığı
H_0: Yüzey ısı akısı
C_p: Havanın sabit basınçtaki ısı kapasitesi
u_*: Sürtünme hızı
k: von Karman sabiti (0.4)
g: Yerçekimi sabiti

Buna göre,

z/L = 0 (nötr)
z/L = 10 (kararlı)
z/L = -10 (kararsız)

atmosfer koşullarını anlatmaktadır. Bu üç profil içerisinde RT pervane ömrü için en uygun olan nötr atmosferdir. Çünkü rüzgar kayması (wind shear) bulunmamaktadır. Bununla beraber, enerji üretimi açısından kararsız atmosfer en uygundur çünkü büyük rüzgar kaymaları meydana gelmektedir. Kararlı atmosfer yapısı ise gerek düşük rüzgar kayması ve gerekse de pervane üzerine binen yük bakımından en istenmeyen atmosfer yapısıdır (Şekil 2.16).



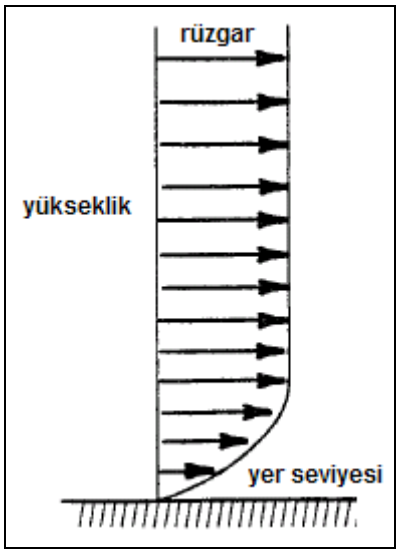
Şekil 2.16. Farklı rüzgar profilleri.

Atmosferik kararlılık, kısa bir süre için söz konusu olan bir atmosferik olay değildir. Günlük ve bazen de haftalık süreleri kapsayan bir olay olabilir. Bazı bölgelerde, yüzey büyük bir alanda uniform olup atmosfer ile farklı termal etkileşimde bulunabilir. Örneğin, çöllerde yüzeyin günlük ısınması ve müteakip olarak havanın konveksiyon yolu ile ısınması sonucu kararsız bir atmosferik yapı meydana gelmektedir. Gece ise, çölün hızlı soğuması nedeniyle konveksiyon yoluyla soğuması, kararlı bir

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

atnosferik yapı meydana getirir. Nüfusu yüksek olan şehirlerde, çoğunlukla kararsız atmosferik yapısına sahiptirler, çünkü büyük şehirler aşağı seviyedeki atmosfer tabakası için ısı kaynağı gibi davranırlar.

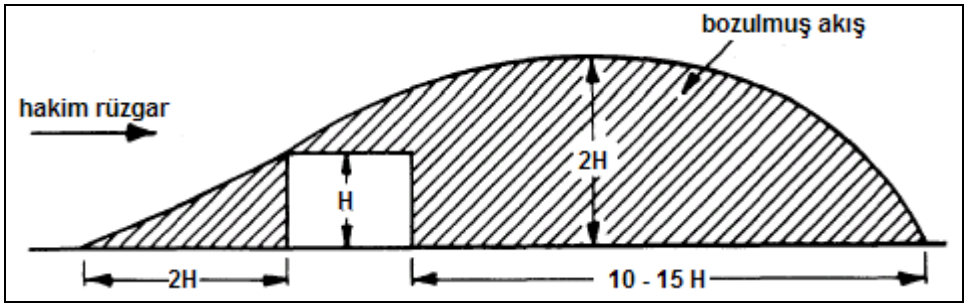
Rüzgarlar, etki ettikleri alana göre 3 türe ayrılabilir: Makro, mezo ve mikro ölçekler. Makro ölçekteki rüzgarlar, global sirkülasyon neticesinde oluşan ve 200 – 10,000 km lik bir alanda etkili olan rüzgarlardır ve atmosferde yerden 1000 metre yüksekte görülürler. Yeryüzünden 100 – 1000 m arasında ve 10 – 200 km lik bir alanda etkili olan rüzgarlar da mezo ölçekli rüzgarlardır. Bunlara en iyi örnek, kara ve deniz meltemleri ile dağ ve vadi meltemleridir. Rüzgar enerjisi uygulamalarında kullanılan mikro ölçekli rüzgarlar ise, etki alanı 10 km civarındadır ve yerden 40 – 100 m arasında eserler. Bu rüzgarlar, orografi, yapılar, engeller, pürüzlülük gibi yüzey koşullarından etkilenirler. Rüzgar profili yükseklikle değişim göstermektedir. Nötr bir atmosfere ait rüzgar profili (yükseklikle değişim) Şekil 2.17 ile verilmiştir. Rüzgar başlangıçta hız artmakta daha sonra belli bir yükseklikten sonra da hız sabitlenmektedir.



Şekil 2.17. Nötr bir atmosferde rüzgar profili.

2.4.4 Engele Çarptıktan Sonra Profilin Değişimi

RES kurulacak arazide mümkün mertebe düz bir yapıda olmalıdır. Ayrıca arazide büyük yapı ve engeller de olmamalıdır. Şekil 2.18 ile küçük bir bina etrafındaki rüzgar akış modeli verilmiştir. Binaya çarpan rüzgar binanın hemen üzerinde, bina boyunun 2 katı; binanın arkasında ise, 10 - 15 katı mesafede akışı bozmaktadır.

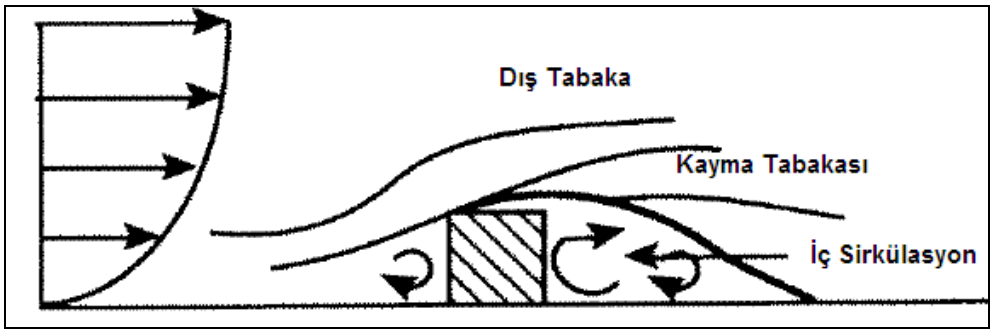


Şekil 2.18. Bina etrafındaki hava akışı.

Görüldüğü gibi, yapıların yakınlığı ve ağaçların geniş gövdeleri, rüzgar türbinine gelen akışı karmaşıklaştırmaktadır. Türbülansın artması, türbinlerin üzerinde bir yük oluşturarak türbinin de ömrünü azaltıcı bir etken olabilmektedir. Dikdörtgen bir engele dik olarak çarpan bir akışın şekli Şekil 2.19 ile verilmiştir. 2 boyutlu olarak kabul edilen bu akış, 4 kısımda incelenebilir. Burada akışın momentumu zayıflar ve nispeten düşük hızda bir akış olur. Engelin arkasında iç sirkülasyon meydana

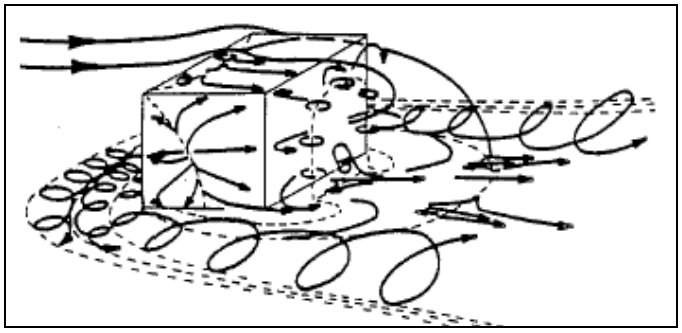
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

gelir. İç sirkülasyon, engelin önünde meydana geldiğinden daha güçlüdür. Dış tabakada ise, akış herhangi bir bozulum göstermemektedir ve normal olarak yoluna devam etmektedir.



Şekil 2.19. Blok etrafındaki akış.

Profilin değişimi yeryüzü koşullarına göre farklılıklar göstermektedir. Yüzeydeki yapıların boylarının uzunluğuna Şekil 2.20 ile düz bir arazide verilmiş bir yapı gösterilmiştir. Kompleks bir arazide (vadi, dağ, tepe vb) pürüzlülük uzunluğu önem arz etmektedir. Örneğin blok etrafındaki hava ise daha karmaşık bir yapıdadır. Blok etrafında at nalına benzer vorteksler oluşmaktadır ve cismin arkasında ve yanlarında akış bozulmuştur.



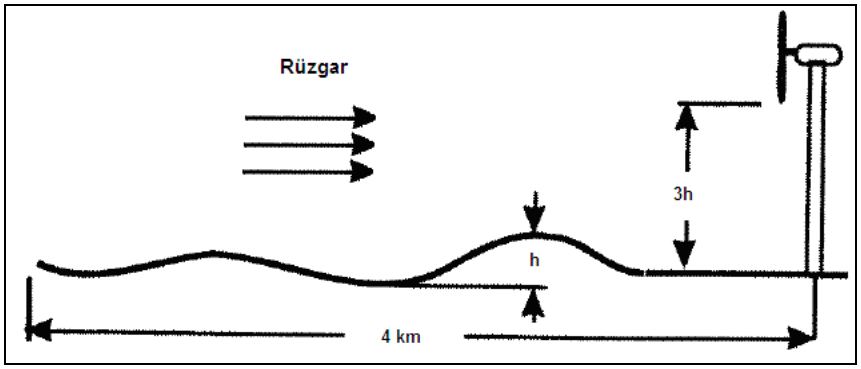
Şekil 2.20. Blok etrafındaki hava akışı.

2.4.5 Düz Bir Arazi Üzerinde Akış

Üzerinde orman, ağaç vb gibi bulunan araziler düz olarak kabul edilebilirken; yükseklik farkı, tepeler, sırtlar, vadi, kanyon gibi yapılar kompleks araziler olarak değerlendirilmektedir. Aşağıdaki kriterlere uygun araziler için düz olarak sınıflandırılmaktadır:

- Rüzgar elektrik santralının bulunduğu arazi ile 11.5 km çapındaki çevreleyen arazide 60 m yüksekliği geçmeyen yükseltiler,
- RES'in ön tarafında 4 km boyunca göbek yüksekliğinin 3'te bir yüksekliğini geçmeyen engellerin bulunduğu araziler,

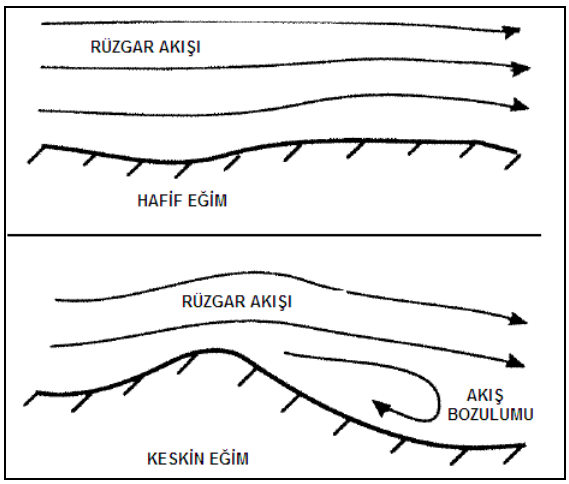
düz olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Düz arazi özellikleri.

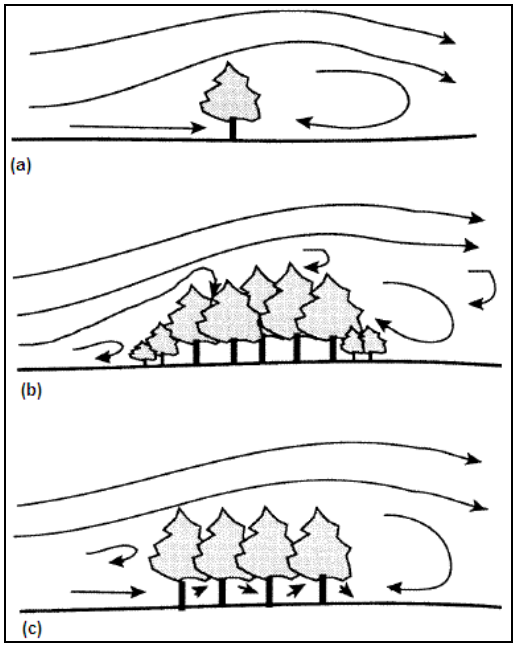
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Herhangi bir yüzey üzerinde meydana gelen akışın özellikleri ile ilgili birçok çalışma yapılmasına rağmen, konunun bir çok yönü araştırılmaya muhtaçtır. Şekil 2.22 ile hafif bir eğimli bölgede akış bozuluma uğramazken; eğimin keskinleşmesi ile beraber akış ciddi bozulumlara uğrayabilmektedir.



Şekil 2.22. Düz bir arazide akış ve eğim etkileşimi.

Düz bir arazide akışı bozacak engelleri iki sınıfta inceleyebiliriz. Birincisi ağaç, kaya gidi doğal engeller; ikincisi de insan yapımı ev, site vb engellerdir. Ağacın etrafındaki akış Şekil 2.23 ile verilmiştir. a ile tek bir ağacın etrafındaki akış, b ile giriş ve çıkışları kapalı ağaçlık bir bölge için akış paterni, c ile de giriş ve çıkışları açık bir ağaçlıkta muhtemel akış paterni verilmiştir.



Şekil 2.23. Ağaçlar etrafındaki akış.

2.4.6 İnsan Yapımı Engeller

İnsan yapımı engeller, geometrisi tahmin edilebilen bir şekilde yapılmış engellerdir. Genellikle dikdörtgen bir blok, silindir şeklinde bir yapı gibi özellikleri bilinen şekillere benzemektedir. Yapılan çalışmalarda genellikle bina etrafındaki akış üç sınıfa ayrılmıştır. Bunlar, ivmelendirilmiş akış, bozulmuş akış ve yüksek vortisiteli akıştır. İvmelendirilmiş akışın meydana geldiği bölgeler, rüzgar hızının artması anlamına geldiğinden rüzgar türbinleri için arzu edilen bölgelerdir. Akışın bozuluma uğradığı bölgeler, düşük rüzgar hızları ve yüksek türbülans ile karakterize edildiğinden rüzgar enerjisi uygulamalarında tercih edilmemektedir. Yüksek vortisiteye sahip bir akış, vortisite merkezinde

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

yüksek rüzgar hızlarına sahiptir, fakat yüksek türbülansa da sahiptir. Bu yüzden yüksek vortisiteye sahip bölgelerde rüzgar türbinleri için ideal alanlar değildir.

Rüzgar ölçümünün yapıldığı anemometre veya rüzgar türbin yakınlarında bu tip engellerden dolayı rüzgar hızında ortaya çıkan bozulmaya (rüzgar hızında azalma veya yön değişimi) perdeleme etkisi (shelter effect) denir. Perdeleme etkisi aşağıdaki parametrelere bağlıdır:

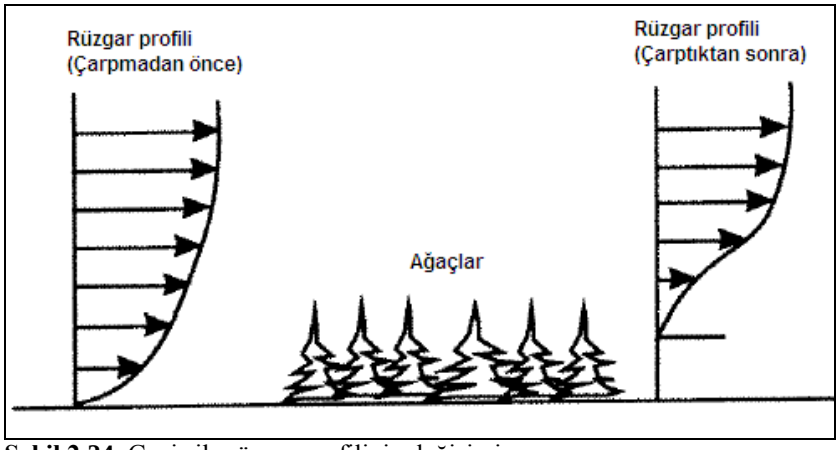
- Engelin uzunluğu (L),
- Engelin yüksekliği (h),
- Noktanın engelden olan uzaklığı (x),
- Noktanın yüksekliği (H),
- Engelin geçirgenliği (P, porozite).

Yukarıda sayılanlar içerisinde geçirgenlik (porozite) kavramına değinmekte yarar vardır. Engel, rüzgarın geçirgenliğini de etkilemektedir. Geçirgenlikteki artış ve engel uzunluğunun azalması perdeleme etkisini zayıflatmaktadır. Tablo 2.2 ile engel türlerinin geçirgenlik değerleri görülmektedir.

Tablo 2.2. Geçirgenlik değerleri.

Engel Türü	**Geçirgenlik**
Katı cisim (duvar, ev)	0
Çok yoğun cisim	≤0.35
Yoğun cisim	0.35 – 0.50
Açık	≥0.50

Birçok doğal yapının yüzeyi uniform (her yerde aynı özelliği gösteren yapı) değildir ve değişkenlikler gösterir. Örnek olarak su yüzeyleri, ormanlık araziler, çalılık, çimen vb gibi yüzeylerin pürüzlülük yapıları farklılık gösterektedir. İki yüzey arasında çok keskin tabakalar olmasa da bir geçiş bölgesi bulunmaktadır. Bu geçiş bölgesi, rüzgar profilinin değişimine ve dolayısıyla da rüzgar enerjisinin azalıp artmasına sebebiyet vermektedir. Şekil 2.24 pürüzsüz bir yüzeyden esen rüzgar profilinin ağaçlara çarptıktan sonra profil değişimini vermektedir.

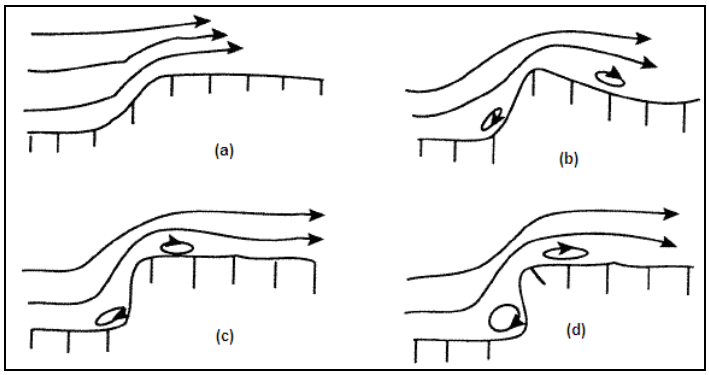


Şekil 2.24. Geçiş ile rüzgar profilinin değişimi.

2.4.7 Düz Olmayan Bir Arazide Akış

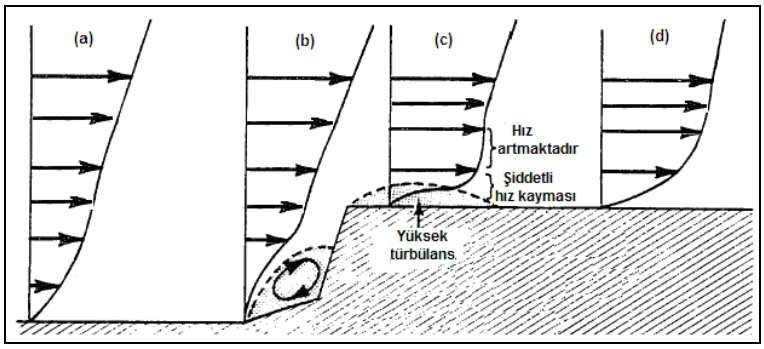
Birçok araştırmacı düz olmayan arazileri izole tepeler ve dağlık bölgeler olmak üzere 2 sınıfta incelemişlerdir. İzole tepeler genellikle küçük ölçekli; dağlık bölgelerde büyük ölçekli bölgeler olarak sınıflandırılmıştır. Her iki sınıfta, yükseklik ile karakterize edilmiştir. Şekil 2.25 ile düz olmayan bir araziden rüzgar akışının engele geldiğinde nasıl bir hareket izleyeceği gösterilmiştir. a'da akış engelin yapısından dolayı fazla zorlanmamaktadır ve akış sadece tırmanırken bozuluma uğrayıp, sonra eski haline kavuşmaktadır ve iç sirkülasyonlar meydana gelmemektedir. b, c, d arazi yapısı hem akışı bozmakta, hem de akışı bozuluma uğratarak iç sirkülasyonların meydana gelmesine sebebiyet vermektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.25. Engeli aşarken rüzgarın zorlanması.

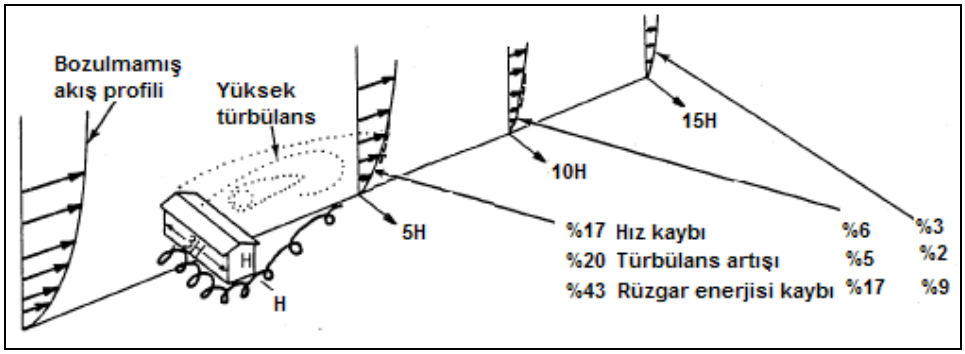
Akışın kendisini zorlayacağı bir arazi yapısı ve bu arazi üzerinde esen akış profili daha yakından incelendiğinde, Şekil 2.26a'da engele çarpmadan önce bozulmamış bir akış görülmektedir. Engele yaklaştığı zaman, (b)'de görülen bir profil halini alacaktır. Engelin hemen önünde akış bozuluma uğrayarak iç sirkülasyon meydana gelecektir. Engelin hemen üzerindeki akış paterni (c) ile gösterilmiştir. Burada türbülans meydana gelmektedir ve iç sirkülasyonlar daha güçlüdür. (d) ise, belli bir mesafeden sonra engelin akış paterni üzerindeki etkisini kaybettiği ve rüzgar hızının daha da arttığı paterni göstermektedir.



Şekil 2.26. Engeli aşarken rüzgar profilinin değişimi.

.

Şekil 2.27 ise, bir cisme çarpan düzgün akışın, cismin arkasında çeşitli mesafelerdeki hız, türbülans ve enerji kaybını göstermektedir. Engelin 5 katı mesafede hız kaybı başlangıçtaki rüzgar hızına göre %17, enerjideki kayıp ise, %43'tür. Engel boyunun 10 kat mesafede hız kaybı %6 olmakta ve enerji kaybı da %17 civarında seyretmektedir. Akış, engel boyunun 15 katı uzunluğunda bir mesafede hemen hemen başlangıçtaki durumuna ulaşmaktadır. Burada rüzgar hızında %3 kayıp, enerjide de %9'luk bir kayıp oluşmaktadır. Türbülansta ise, %20, %5 ve %2'lik oranlar görülmektedir.



Şekil 2.27. Rüzgar enerjisininin uzaklıkla değişimi.

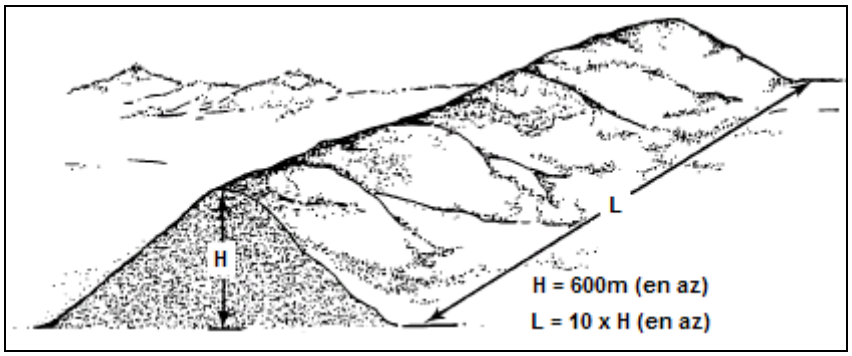
Herhangi bir bölge RES kurulumu için düşünüldüğünde ilk düşünülecek konu, arazinin topografik özellikleridir. Engeller ve pürüzlülük daha sonra gelmelidir. Kompleks araziler, sıradağlar ve müstakil tepeler ile vadiler olarak ikiye ayrılabilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Rüzgar genellikle yükseklikle artar ve ayrıca günlük sıcaklık değişimi de rüzgar hız profilini etkiler. Gece, yeryüzü soğur ve yeryüzeyi ile temas eden hava da soğur. Bu soğuk ağır hava dağlardan aşağı vadilere inerek yeryüzeyinde birkaç yüz metrelik bir tabaka oluşturur. Ayrıca yeryüzü yakınlarında rüzgarın esmesini önleyerek sakin bir hava meydana getirir. Bu yüzden yükseklerde rüzgar eserken aşağı tabakalarda durgun bir hava vardır. Dolayısıyla yükseklerde kurulu bir RT aşağı seviyelerden daha fazla üretim yapar. Bununla beraber, rüzgar enerjisi için sadece yükseklik değil, hava yoğunluğu da önemlidir.

2.4.8 Sıradağlar (Ridges) Üzerindeki Akış

RES'lerin kurulacağı araziler sadece düz veya düz olmayan arazilerde değil; aynı zamanda bazen tepeler veya sıradağlarda olabilmektedir. Özellikle ülkemizdeki bir çok proje dağlık arazilerde veya tepelerde geliştirilmektedir. Sıradağların uluslararası bazı kabul görmüş bazı özellikleri bulunmaktadır. Buna göre sıradağlar, Şekil 2.28 ile verildiği gibi en az 600 m yükseklikte ve silsile uzunluğu boyunun 10 katı olan yanyana sıralanmış dağlara denmektedir.

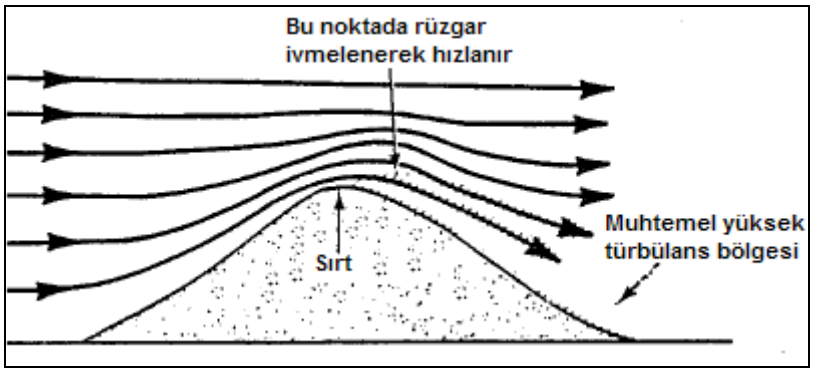


Şekil 2.28. Sıradağların tanımı.

Sıradağlar üzerindeki sırt noktalarda RT kurulumunun başlıca 3 avantajı bulunmaktadır:

- Sırtların kule gibi davranması,
- Yeryüzü yakınlarındaki soğumanın meydana getirdiği durağan havanın olmaması,
- Sırt üzerinde akışın ivmelenerek hızlanması,

sayılmaktadır. Konunun daha iyi anlaşılması için Şekil 2.29 incelenmelidir. Şekil, hava akışının sırta yaklaştığında nasıl bir hal alacağını göstermektedir. Hava akışı, yani rüzgar sıradağların sırt noktasına geldiğinde eş rüzgar eğrisi sıklaşmaktadır, yani rüzgar hızı artmaktadır.



Şekil 2.29. Rüzgarın sırtlarda ivmelenmesi.

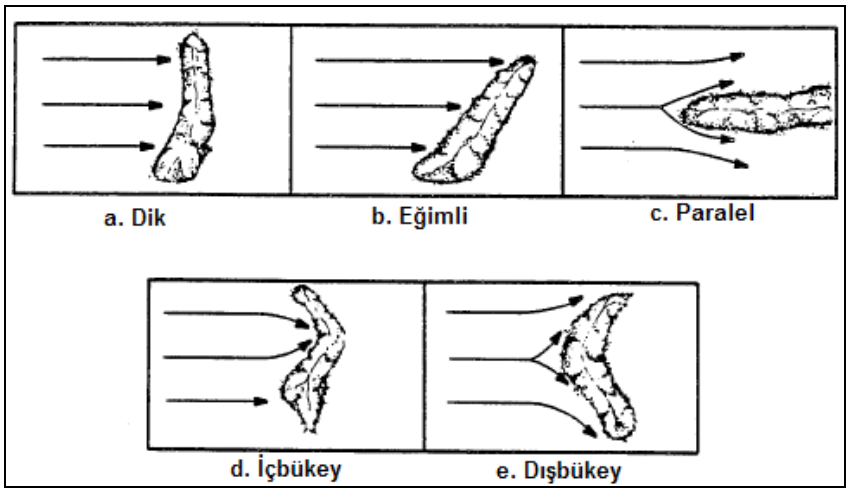
Sıradağlarda RES proje gelişirmenin bazı dezavantajları da bulunmaktadır:

- Altyapı sorunları,
- Yükseklerde hava yoğunluğunun düşmesi,
- Türbülanslı bir rüzgar rejimi,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

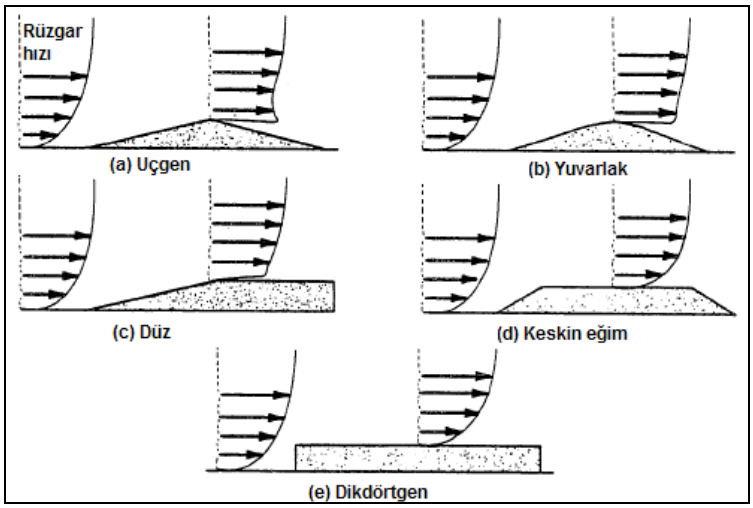
sayılmaktadır.

Farklı dağ sırası şekillerine göre hava akışının nasıl bir hal alacağı günümüzde bir çok araştırmaya konu olmaktadır. Bu araştırmalardan birisinde Şekil 2.30 ile verilen sonuçlara ulaşılmıştır. (a) ile verilen ve rüzgarın sırta dik olarak geldiği durum rüzgar enerjisi için en iyi durumdur. (b)'de görülen eğimli bir yapıda ise, (a)'dan daha rüzgar hızlanacaktır. Hakim rüzgar yönüne paralel olarak uzanan sırtların verildiği (c)'de ise, akış çok düşük bir ivmelenme yapacaktır. İçbükey yapı olan (d)'de akış iç kısımlarda ivmelenmektedir. Dışbükey yapı olan (e) ise, akış ivmesinin düştüğü bir durumdur.



Şekil 2.30. Sırtların pozisyonlarına göre rüzgar akışı.

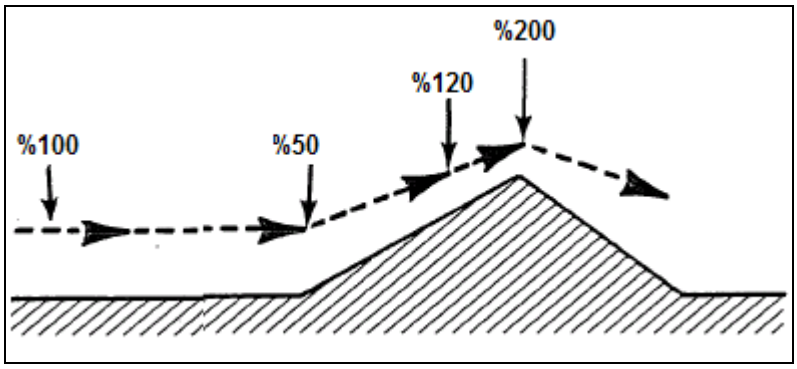
Sıradağların akış yönüne göre uzanmasından başka, akışın çarptığı sırtın şekli de önem taşımaktadır. Şekil 2.31 ile sırtların şekline göre rüzgar hız profilinin değişimi görülmektedir. Görüldüğü gibi, üçgen yapıya sahip sırtlar en yüksek ivmelenmeye sahiptir.



Şekil 2.31. Sırt şekline göre rüzgar profilinin değişimi.

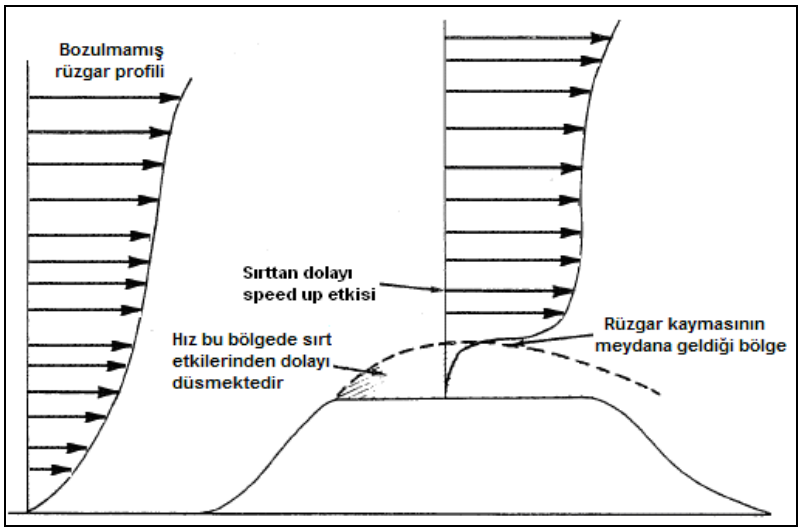
Son iki şekil ile verilen açıklamalar laboratuvar ortamında yapılan simülasyon sonucu elde edilmiştir. Yine aşağıda verilen Şekil 2.32 ile gösterilen sonuçlar da bu iki simülasyonun sonuçlarına göre bulunmuştur. İdeal bir sıradağlara yaklaşan rüzgarın hızının dağın çeşitli noktalarında nasıl değiştiğini göstermektedir. Akış paternini, dağa yaklaşmadan önce 100 birimlik hıza sahip olduğunu varsayalım. Dağa yaklaşıp tırmanmaya geçerken, sıkışarak zorlanır ve hız kaybına uğrar. Hızın bir kısmını tırmanmak için kullanır, bu yüzden hız %50'ye varan oranlarda azalır. Dağın tam üstünde sıkışan rüzgar hızlanmaya başladığından 100 birim rüzgar hızı, 120 birime ulaşır. Dağı aşınca maksimuma ulaşarak hız 200 birime ulaşmaktadır. Bu hızlanma, meteorolojide speed up olarak bilinir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.32. Rüzgar hızının yüzdesel olarak değişimi.

Üst tarafı düzlük olan sıradağ silsileleri, yere yakın seviyelerde rüzgar kaymasına neden olmaktadır. Şekil 2.33 ile verildiği gibi, dağa yaklaşan rüzgarın profili, rüzgar kaymasının meydana geldiği alt tabakada değişim göstermektedir.



Şekil 2.33. Rüzgar kayması.

Bu tip durumlarda oluşan darbeli rüzgar yapısı, RT kanatları için ek yük getireceğinden yıpranmalara neden olmaktadır. Bu sorun ancak RT kule boyu uzatılarak biraz bertaraf edilebilir.

Sonuç olarak dağ sıralarına RT yerleştirirken aşağıdaki faktörlere dikkat edilmelidir:

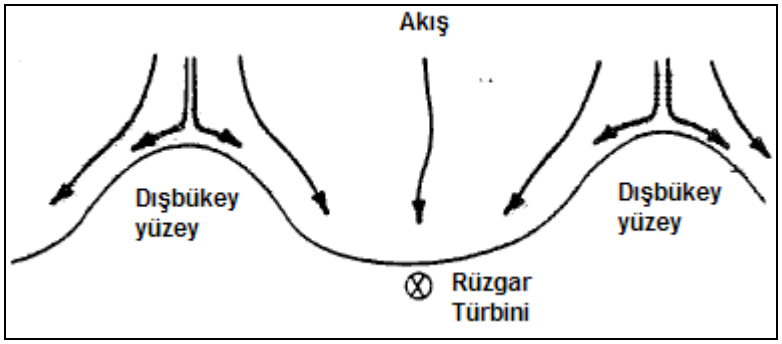
- En iyi yerler hakim rüzgarın dik olarak geldiği yerlerdir,
- Yüksek türbülanslı ve rüzgar kaymalarının bulunduğu bölgelerden mümkün mertebe kaçınılmalıdır,
- Fazla yükseklere çıkıp hava yoğunluğunun düşük olmamasına dikkat edilmelidir,
- Dağ veya tepelere RES kurulumu yaparken altyapı durumuna dikkat edilmelidir.

2.4.9 Lokal Etkiler

Tepeler ve dağlar rüzgar akışına bir blok gibi engel olurlar. Hava engel etrafında ya da üzerinde hareket ederken, kanalda hareket eder gibi bir yol izlemektedir. Tepenin biçimi ve boyutu, meydana gelen akım bandının şeklini etkiler. Rüzgar, pürüzsüz bir tepenin üzerinden akarken, akım vektörleri sıkıştığından hızın artmasına neden olur. Bu oluşumlar, tepelerde rüzgar türbini için iyi bir lokasyon oluşturmaktadır. Hızdaki bu artış, bitki örtüsünün pürüzlülüğüne bağlı olarak 20 ile 30 dereceden az eğimli tepeler için uyumludur. Bazı pürüzsüz tepeler, daha kompleks olan arazilere göre daha uygun olabilmektedirler. Ülkemizdeki rüzgarlı bölgeler, çoğunlukla dağlık ve tepelik bölgelerde bulunmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 2.34 ile dışbükey tepelere çarpan hava akışının davranışı gösterilmektedir. Dışbükey yüzeye çarpan rüzgar, içbükey olarak gösterilen yere doğru hızlanarak gidecektir. Dolayısıyla rüzgar türbini kurulumu için ideal bir yerdir.



Şekil 2.34. Dışbükey tepe üzerindeki rüzgar akışı.

Müstakil tepelere rüzgar türbini kurulumu yaparken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Hakim rüzgar yönüne dik olan kayalıklar seçilmelidir,
- 400 metreden uzun kayalıklara dikkat edilmeldir, zira türbülans etkileri fazlaca görülebilir,
- Kayalıkların tabanına rüzgar türbini kurulmamalıdır,
- Dışbükey değil de, içbükey alanlara rüzgar türbini dikilmelidir.

2.5 Rüzgar İstatistiği ve Formüller

Rüzgar hızından rüzgar potansiyelinin hesaplanması bazı adımlarla beraber olmaktadır. Burada, meteoroloji, istatistik, matematik bilgisi gerektirmektedir. Ayrıca, klasik istatistik bilgilerininin yanısıra, stokastik yöntemlerin de bilinmesi gerekmektedir.

Rüzgar istatistiği, rüzgar enerji potansiyelini bulabilmek için kullanılan eşitliklerdir. Rüzgar verisinin en önemli özelliklerinden birisi ortalamadır ve aşağıdaki eşitlikle bulunur:

$$\bar{u} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} u_i$$

Burada N, örnek sayısıdır (yani toplam rüzgar verisi). Diğer önemli 2 istatistiksel parametreler ise, mod ve medyandır. Mod, veri serisinin içerisindeki en fazla tekrar eden veri sayısıdır; medyan ise, verilerin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralandığında orta değerdir. Veri setinin değişkenliği de önemlidir. Bunun için standart sapma ve varyans parametreleri bilinmelidir. Standart sapma,

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(u_i - \bar{u})^2}$$

eşitliği ile verilmektedir. Eşitlikte kullanılan u_i: rüzgar hızı, $\bar{u}$ ise, incelenen rüzgar zaman serisinin ortalamasıdır. Varyans ise standart sapmanın karesidir, σ^2.

Büyük veri setlerinde, veri grupları bazı aralıklara bölünmelidir. Bunun sonucu olarak histogram ortaya çıkmaktadır. Histogram parametreleri;

u_i: veri setindeki orta değer,
w: aralık sayısı,
m_i: her bir ara veya frekanstaki gözlem sayısını,

ifade etmektedir. Her bir aralığın olasılığı ise,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

$$p(u_i) = \frac{m_i}{N}$$

Olasılıkların toplamı ise, her zaman 1 olmalıdır:

$$\sum_{i=1}^{N} p(u_i) = 1$$

Tablo 2.3 ile örnek bir rüzgar verilerine ait veri tablosu görülmektedir. Tabloda, toplam aralık sayısı (i), rüzgar hızları (0 – 9 m/s arası) ve her bir hıza karşılık gelen veri saysısı (m_i) ve olasılık değerleri ($p(u_i)$) görülmektedir.

Tablo 2.3. Örnek rüzgar verilerinin istatistiği.

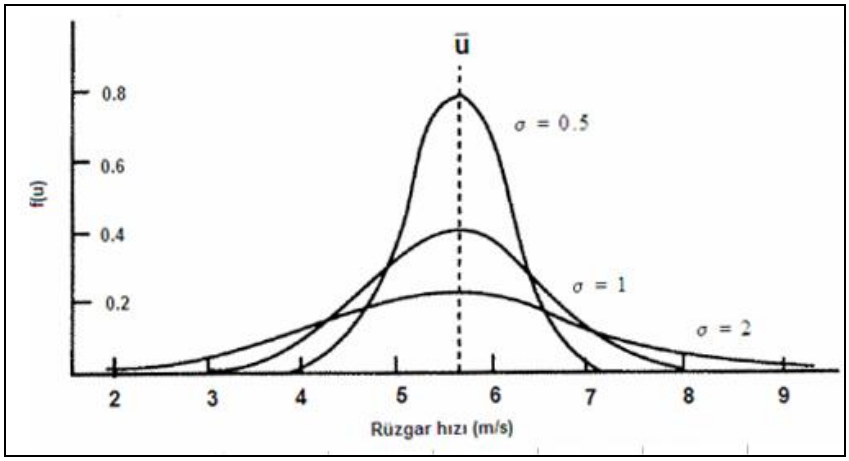
i (m/s)	**u_i**	**m_i**	**$p(u_i)$**
1	0	360	0.041
2	1	400	0.046
3	2	300	0.034
4	3	500	0.057
5	4	1000	0.114
6	5	1000	0.114
7	6	2000	0.229
8	7	2000	0.228
9	8	650	0.074
10	>9	550	0.063

2.5.1 Normal Dağılım

İstatistiki yöntemler içerisinde çok kullanılan normal dağılım (veya Gauss dağılımı), ortalama ve standart sapmaya bağlıdır. Olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(u) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(u-\bar{u})^2}{2\sigma^2}\right]; \qquad -\infty<u<\infty$$

eşitlikte kullanılan $\bar{u}$ ve σ, normal yoğunluk fonksiyonunu belirleyen parametrelerdir. Şekil 2.35 ile, σ=0.5, 1 ve 2 değerleri için normal dağılım görülmektedir.



Şekil 2.35. Normal yoğunluk fonksiyonu.

2.5.2 Rüzgar Güç Formülasyonu

Bilindiği gibi, hareket halindeki her cisim bir kinetik enerjiye sahiptir. Rüzgar da hareket halinde bir meteorolojik parametre olduğundan kinetik enerjiye sahiptir (Şekil 2.36).

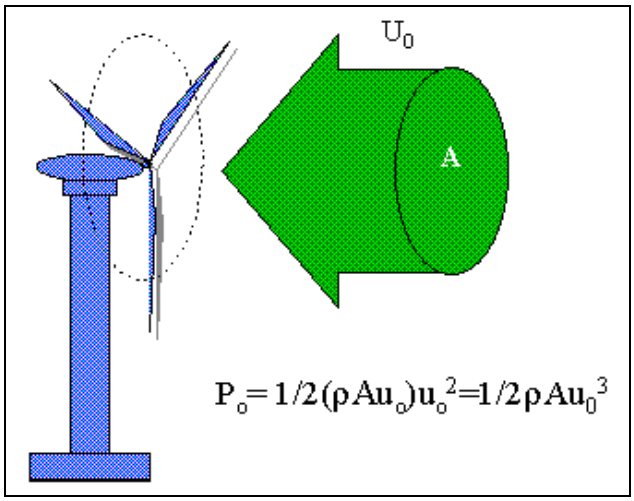
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kinetik enerji eşitliğinden yola çıkılarak

$$E = \frac{1}{2}\rho A V^3$$

olarak bulunur Kullanılan birimler:

E = Watt/m^2,
ρ: Hava yoğunluğu (1.223 kg/m^3),
A: Hesaplamada kullanılan rüzgar türbininin süpürme alanı (m^2),
V: Rüzgar şiddeti (m/s).



Şekil 2.36. Rüzgardan enerji üretimi.

Kinetik enerji eşitliği birim güç içindir. A, rüzgar türbininin pervane çapına göre değişmektedir. Bu formülasyona rüzgar türbininin güç eğrisi de eklenmelidir.

Hava Yoğunluğu
Bilindiği gibi, rüzgardan elde edilecek rüzgar enerjisi potansiyeli, yoğunluk ile doğru orantılıdır. Hava, nitrojen, oksijen, argon ve diğer bazı gazlardan oluşan bir karışımdır. Nitrojen ve oksijen kuru bir havanın %99'unu oluşturmaktadır. Yeryüzünden 80 km yüksekliğe kadar bu gazların karışımı olduğundan hava yoğunluğunun, sıcaklık ve basınç değişiminin nasıl etkilediğini anlayabilmek için standart gaz eşitliğini kullanabiliriz. İdeal bir gaz için gaz eşitliği;

$$PV = nRT$$

olarak verilmektedir. Bu eşitlikte

R: Evrensel gaz sabiti,
T: Kelvin cinsinden sıcaklık,
V: Gazın hacmi (kg/m^3),
P: Basınç (Pascal, N/m^2),
n: Gazın kilomoleküllerinin sayısıdır.

Standart koşullarda 0 °C ve 1 atm basınçta 1 kg mol gaz 22,414 m^3 ve R: 8314 J (kmol K). Dolayısıyla 1 atm basınç 0 °C de 101.324 kPa = 105 N/m^2 olarak bulunur. Buradan

$$\rho = \frac{mP}{nRT}$$

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Bir kilo kuru havanın ortalama moleküler kütlesi 28.97'dir. Bu yüzden, 1 kg mol kütle kuru havanın ağırlığı 28.97 kg olarak bulunur.

$$\rho = \frac{mP}{RT} = \frac{28.978}{8.314T} = 3.484\frac{P}{T} kg/m^3$$

Bu eşitlik, kuru bir havada standart koşullarda hava yoğunluğunun 1.2929 kg/m^3 olduğunu bize söylemektedir. Herhangi bir lokasyonda P ve T değerleri girilerek hava yoğunluğu kolaylıkla bulunabilir.

Hava yoğunluğuna su buharı ve nemin de etkisi incelenmesi gereken bir konudur. Havadaki su buharının mevcudiyeti, hava yoğunluğunun değerini değiştirebilmektedir. Suyun moleküler ağırlığı (18 g) havanın moleküler ağırlığından (28.97 g) daha hafiftir. Dalton yasasına göre, herhangi bir gazın toplam basıncı, gazı oluşturan karışımdaki gazların herbirinin tek tek basınçlarının toplamına eşittir. Buradaki durumda, kuru hava ve su buharının basınçları toplamıdır. Aşağıdaki eşitlik ile verilen gaz eşitliğindeki yoğunluk;

$$\rho_m = \frac{m_m P_m}{RT} \quad \text{(nemli hava)}$$

$$\rho_d = \frac{m_d P_d}{RT} \quad \text{(kuru hava)}$$

$$\rho_w = \frac{m_w P_w}{RT} \quad \text{(su buharı)}$$

Nemli havanın kuru hava ve su buharı karışım olduğu dikkate alınırsa,

$$\rho = \rho_w + \rho_d$$

Dolayısıyla elimizde,

$$\rho_m = \frac{m_w P_w}{RT} + \frac{m_d P_d}{RT}$$

Özgül nem (q) ile gösterilir ve,

$$q = \frac{m_w}{m_m}$$

ile bulunmaktadır. Dolayısıyla formüllerde yerine konursa,

$$q = \frac{\rho_w}{\rho_m} + \frac{m_w P_w}{m_m P_w + m_d P_d}$$

Nemli hava için yoğunluk formülden çekilirse,

$$\rho_m = \frac{m_d P_m}{RT^*}$$

elde edilir. Eşitlikteki T^*, virtüel sıcaklıktır. Araziye özel hava yoğunluğunun bulunması ile ilgili diğer bir formülde aşağıdaki eşitlik ile bulunmaktadır:

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0}{T}\left(1 - \frac{\Gamma z}{T_0}\right)$$

eşitlikte kullanılan parametreler,

z: Yükseklik
g: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
R: Gaz sabiti (287 Joule $derece^{-1}kg^{-1}$)
ρ_0: 1.225 kg/m^3
Γ: Yatay sıcaklık gradyanı (6.5 °K/km)

Yüzey tabakada yüksek rüzgar hızlarına, düzgün ve yeterince homojen bir yüzey yapısına sahip bölgeler üzerinde rüzgar profili, logaritmik kanun yardımıyla modellenebilir:

$$u_{(z)} = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z}{z_0}$$

Formülde kullanılan $u_{(z)}$, yeryüzeyinden itibaren z yüksekliğindeki rüzgar şiddeti; $z_{(0)}$, yüzeyin pürüzlülük uzunluğu; k, von Karman sabiti (0.40); ve u_* ise, yüzey gerilmesi ($|\tau| = \rho u_*^2$) ile ilgili sürtünme hızıdır.

Bazı durumlarda da ortalama rüzgar şiddetinin düşeydeki değişimi için basit belirlemeler yapılmak istendiğinde kuvvet kanunu tercih edilmektedir:

$$\frac{V_1}{V_{12}} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^{\alpha}$$

Formülde kullanılan;
h_1: Rüzgar şiddetinin ölçüldüğü yükseklik (m),
h_2: Rüzgar şiddetinin hesaplanması istenen yükseklik (m),
V_1: h_1 yüksekliğinde ölçülen rüzgar hızı (m/s),
V_2: h_2 yüksekliği için hesaplanacak olan rüzgar hızıdır (m/s).

Eşitlikte kullanılan üstel terim α, yüzey pürüzlülüğüne ve incelenen iki nokta arasındaki yükseklik farkına bağlı olup, düşük bir hata yüzdesiyle aşağıdaki eşitlikle bulunabilmektedir:

$$z_0 = 15.25 \exp(-1/\alpha)$$

z_0 değeri, 0–1 arasında değişir. Burada verilen eşitliklerden hangisi kullanılırsa kullanılsın, bir bölge üzerindeki rüzgar verisinin uzun bir periyot için incelenmesi durumunda pürüzlülük uzunluğunun farklı rüzgar yönlerine göre ve yıl boyunca bitki örtüsündeki değişime göre farklı değerler alabileceği de unutulmamalıdır.

Diğer formüller ise,

$$V = V_0 \frac{\ln\left(\frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H_0}{z_0}\right)}$$

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

$$V = V \frac{\ln\left(1+\frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(1+\frac{H_0}{z_0}\right)}$$

(EK I ile çeşitli yüzeyler için z_0 değerleri; EK II ile de çeşitli yükseklik ve sıcaklık değerlerine göre hesaplanmış hava yoğunluğu değerleri [kg/m^3] verilmiştir).

2.5.3 Weibull Dağılımı

Rüzgar hızının frekans dağılımı, Weibull dağılımı yoluyla çözülür. Weibull dağılımı, 2 parametre ile karakterize edilmektedir. Bu parametreler, şekil (k) ve ölçek (c) parametreleridir.

$$F(V) = 1 - \exp\left[-\left\{\frac{V}{c}\right\}^k\right]$$

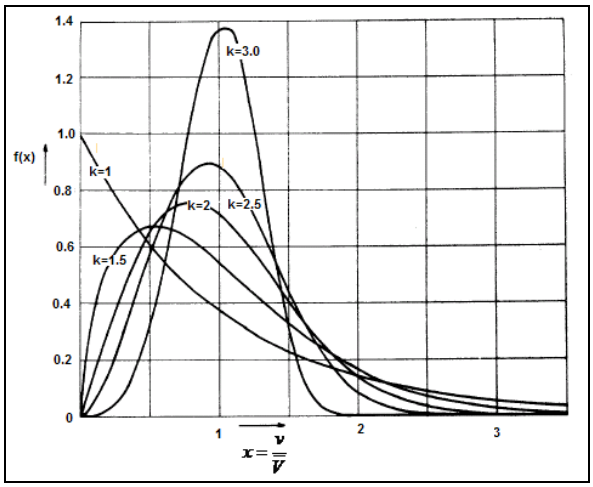
eşitliği ile verilir. Eşitlikteki patrametreler;

V: rüzgar hızı
k: şekil faktörü
c: ortalama rüzgar hızına bağlı bir parametre (V/c ≅ 0.89)

Olasılık yoğunluk fonskiyonu;

$$f(u) = \frac{k}{c}\left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right]; \quad (k>0, u>0, c>1)$$

Şekil 2.37 ile Weibull olasılık dağılımının ölçek parametresi c=1 ve k değerlerinin arttırılarak çizilen grafik görülmektedir. Eğriler keskinleştikçe, rüzgar hızındaki değişimlerin azaldığı anlamına gelmektedir.



Şekil 2.37. Farklı k değerlerine göre Weibull dağılımı.

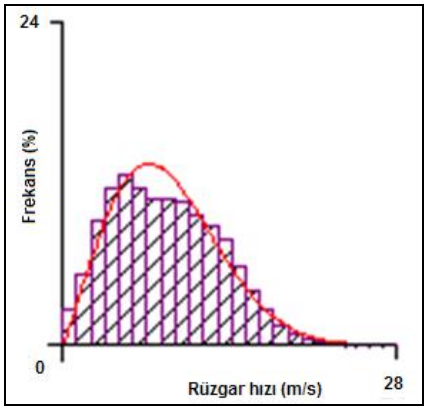
Şekil ile verilen ve farklı k değerlerine göre çizilen grafiklerden görüldüğü gibi, k değeri büyüdükçe grafiğin dikliği artmaktadır. Ölçümler sonucu çizilen Weibull grafiğinde k küçük ise, değişken rüzgar; büyük ise, kararlı yapıda bir rüzgar rejimi olduğu anlaşılmalıdır. Şekilde verilen k=1.5 aşırı değişken rüzgar, örneğin kutup bölgerlerindeki rüzgarlar ve termal rüzgarlar (kara ve deniz meltemi ile dağ-vadi rüzgarı) bu sınıftadır. k'nın 2 olduğu değerler, iklimsel rüzgarlar; 3 değeri ise, ticaret rüzgarları

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

gibi sabit rüzgarları ifade etmektedir. Örneğin, 6 ve 7 m/s hızları arasında k=2.0 ve c=5 m/s için Weibull dağılımının yoğunluğu;

$$\frac{2}{5}=\left(\frac{6.5}{5}\right)^{2}\exp\left[-\left(\frac{6.5}{5}\right)^{2}\right]=0.096$$

Bunun anlamı, 6-7 m/s arasında esen rüzgar hızının yüzdesi 9.6'dır. Şekil 2.38 ile tipik olarak bir rüzgar zaman serisinin Weibull dağılımı verilmiştir.



Şekil 2.38. Weibull dağılımı.

2.5.4 Rayleigh Dağılımı

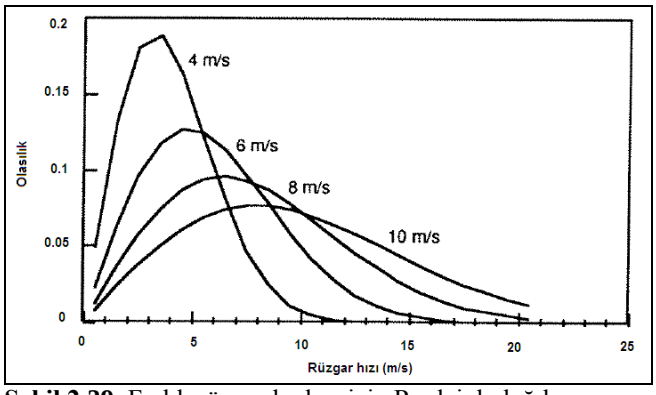
Rayleigh olasılık dağılımı, Weibull dağılımının özel bir durumu gibi düşünülebilir. Şekil parametresi k=2 eşit olduğunda Rayleigh dağılımı adını alır. Dolayısıyla Rayleigh fonksiyonu tek parametreye bağlı bir fonksiyondur. Sadece ortalama rüzgar hızına bağlı olduğundan dolayı dağılımın tahmini daha kolaydır. Weibull eşitliğinde k=2 alınırsa

$$\frac{\pi}{2}\frac{u}{\bar{u}^{2}}\exp\left[-\frac{\pi}{4}\left(\frac{u}{\bar{u}}\right)^{2}\right]$$

olarak bulunur. Örneğin, $\bar{u}$ =10 m/s olan bir bölgede 16 m/s esme sıklığı nedir sorusunun cevabı Rayleigh dağılımı ile,

$$f(16)=\frac{\pi}{2}\frac{16}{10^{2}}\exp\left[-\frac{\pi}{4}\left(\frac{16}{10}\right)^{2}\right]=0.034$$

Dolayısıyla 16 m/s esme yüzdesi 3.4'tür, veya yılda 298 saattir (0.034 x 8760). Şekil 2.39 ile 4, 6, 8 ve 10 m/s hızları için çizilen Rayleigh dağılımı verilmiştir.



Şekil 2.39. Farklı rüzgar hızları için Rayleigh dağılımı.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

2.5.5 Ekstrem (Aşırı) Rüzgar Hızı Dağılımı

Rüzgar ölçümleri yaparken hamlelerde kayıt edilebilmektedir. Standart meteorolojik amaçlı rüzgar ölçümlerinde anemometreler 3 saniyelik hamleli rüzgarı kayıt ederken; rüzgar enerjisi için yapılan ölçümlerde 1 saniyelik hamleler dahi kayıt edilebilmektedir. Ekstrem (aşırı) rüzgarın dağılım fonksiyonu,

$$F_e(u) = \exp\left[-\left(\frac{u}{b}\right)^{-a}\right]$$

ile verilmektedir. Eşitlikteki a ve b iki parametredir. Bu eşitlik literatürde Fischer-Tippett ekstrem dağılım teoremi olarak bilinmektedir. Herhangi bir ekstrem değerin kaç yılda meydana geleceği,

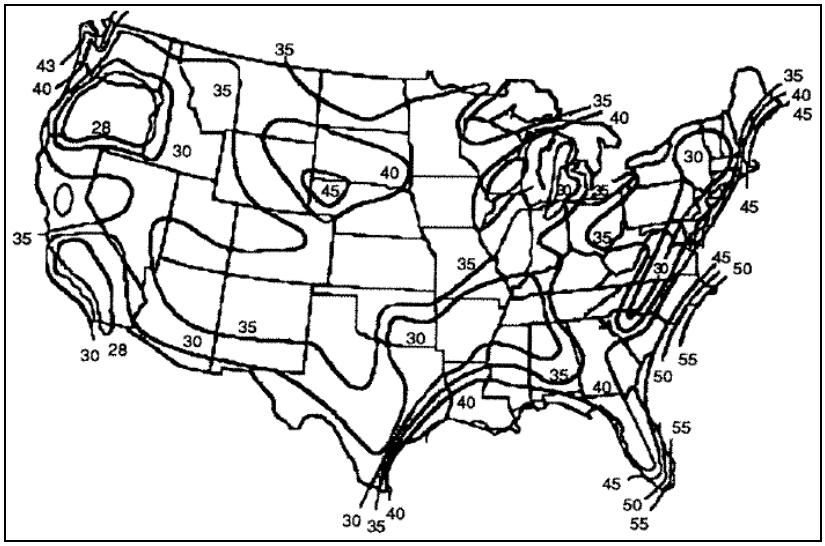
$$M_r = \frac{1}{1 - F_e(u)}$$

eşitliği ile verilmektedir. Örneğin, a = 4 m/s ve b = 18 m/s olan bir arazi için 36 m/s lik ekstrem rüzgar hızı bulunmasının olasılığı ve bu olasılığın görülme yılı nedir sorusunun cevabı aşağıdaki gibi bulunur:

$$F_e(36) = \exp\left[-\left(\frac{36}{18}\right)^{-4}\right] = 0.939$$

$$M_r = \frac{1}{1 - 0.939} = 16.4$$

Dolayısıyla verilen değerlere arazide 36 m/s rüzgar hızı için 16.4 yılda bir görülebilir. Ülkemizde ekstrem rüzgar hızları ile ilgili olarak elle tutulur bir çalışma henüz yapılmamaıştır. Şekil 2.40 ile Amerika için 15 yıllık verilere dayanarak yapılan ekstrem rüzgar haritası verilmiştir. Buradaki değerler 50 yılda bir görülebilecek şekilde farzedilerek çizilmiştir. $F_e(u)$ değerleri, 0.50, 0.90, 0.96, 0.98 ve 0.99 olarak bulunmuştur.



Şekil 2.40. 50 yıllık ekstrem rüzgar hız haritası.

2.6 Rüzgar Türbülansının Analizi

Rüzgarın türbülansının analizi, rüzgar türbinleri için önemlidir. Çünkü türbülans, rüzgar türbinleri üzerinde yorulmalara (fatigue) neden olur. Ayrıca üretimi de etkilediğinden bilinmesi gerekmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

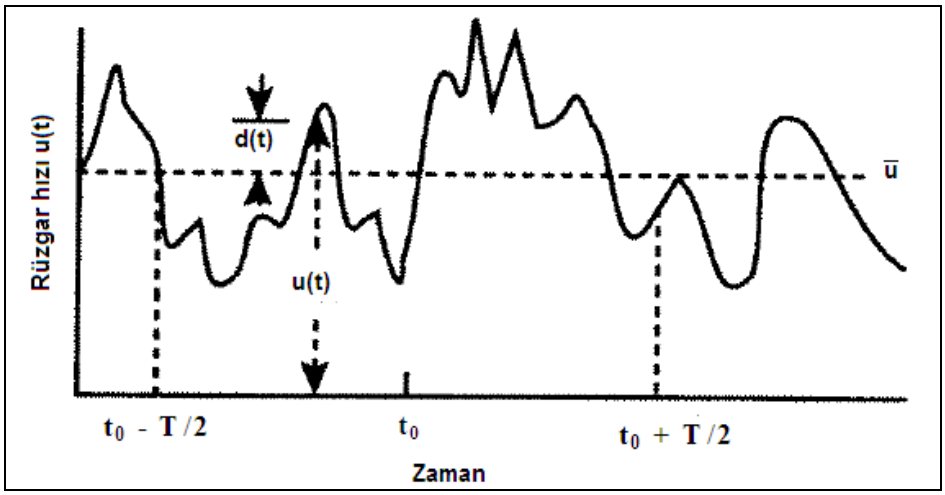
Rüzgar hızının değişiminin deterministik yöntemlerle çözülememesi, istatistiki yöntemlerin devreye girmesini gerektirmektedir. Bu yöntemler iki sınıfa ayrılabilir. Birinci sınıf, rüzgar türbülansının yoğunluğunun salınımı ile ikinci sınıf ise, türbülansın frekans, büyüklük ve zaman olmak üzere üç alt kategoride incelenir. İkinci sınıf, birinci sınıftan daha detaylıdır.

2.6.1 Türbülans Yoğunluğu

Herhangi bir anlık yatay rüzgar hızı olan $u_{(t)}$ referans durağan bir noktada t_0 zamanından ortalama rüzgar hızı,

$$\bar{u} = \frac{1}{T}\int_{t_0-T/2}^{t_0+T/2} u_{(t)}\,dt$$

Şekil 2.41 ile türbülans bileşenleri görülmektedir. Şekil 2.41'de T anı, $t = t_0$ anındaki seçilen bir andır. T periyodu boyunca ortalama rüzgar hızından ($\bar{u}$) anlık rüzgar hızının $u_{(t)}$ sapmaları olarak tanımlanır.



Şekil 2.41. Anlık rüzgar hızının ortalama hızdan olan değişimi.

Türbülans yoğunluğu, ortalama rüzgar hızından meydana gelen sapma rüzgar hızlarının standart sapmalarının ortalama rüzgar hızına oranıdır. Yani,

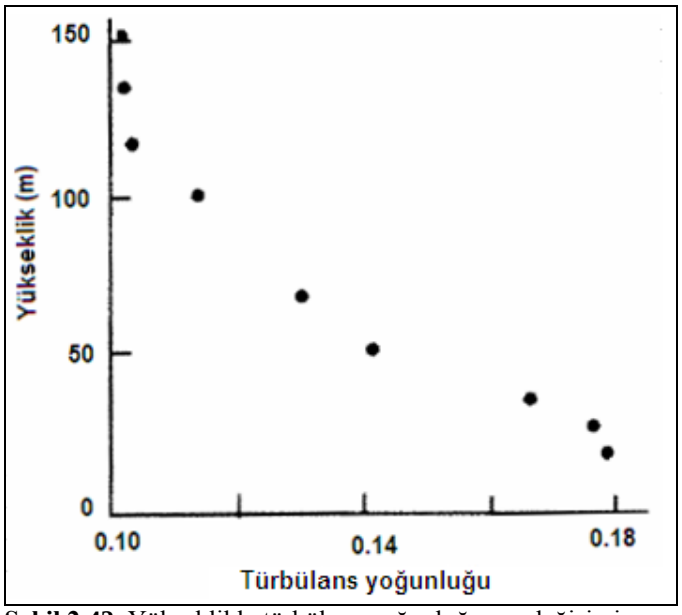
$$I = \sigma / \bar{u}$$

ile verilir. σ: standart sapmadır ve aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$\sigma = \left[d^2(t)\right]^{1/2} = \left[\frac{1}{T}\int_{t_0-T/2}^{t_0+T/2}(u_{(t)} - \bar{u})^2\,dt\right]^{1/2}$$

Türbülans yoğunluğu artan yükseklikle azalmakta ve yüzey pürüzlülüğünden etkilenmektedir. Aynı büyüklükteki sapmalar için yüksek rüzgar hızlarında azalmaktadır, çünkü türbülans yoğunluğu formülünde rüzgar hızı paydadadır. Bu durum aynı zamanda türbülans yoğunluğunun yükseklikle azalmasını da açıklamaktadır (Şekil 2.42).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.42. Yükseklikle türbülans yoğunluğunun değişimi.

Tablo 2.4, türbülans yoğunluğu değerlerinin farklı arazilerdeki ortalama değerlerini vermektedir.

Tablo 2.4. Türbülans yoğunluğu değerleri.

Arazi Tipi	**Türbülans Yoğunluğu (I)**
Düz, su yüzeyi	0.10
Düz, hafif eğimli	0.15
Tepelik	0.20
Küçük dağlar	0.25
Büyük dağlar	0.30

Logaritmik formül hatırlanırsa;

$$\bar{u}_z = \frac{u_*}{k}\ln(\frac{z}{z_0})$$

Dünyanın yüzeyinde standart sapma değeri için $\sigma=2.5u_*$ (u_*: yüzey veya sürtünme hızı), türbülans yoğunluğu ile birleştirilirse,

$$I = \frac{2.5k\bar{u}_{(z)}}{\ln(\frac{z}{z_0})\bar{u}_z}$$

k: 0.4 alınırsa,

$$I = 1 / \ln(z/z_0)$$

Yukarıdaki eşitliklerden de anlaşılacağı gibi, herhangi bir arazi için pürüzlülük uzunluğu (z_0) bilinir ise, istenilen yükseklikteki türbülans yoğunluğu kolaylıkla hesaplanabilir.

2.6.2 Türbülans Frekans Bileşenlerinin Analizi

Türbülansın analizinde frekans bileşenlerinin kullanılması güç spektral yoğunluğu (power spectral density-PSD) olarak bilinir ve aşağıdaki eşitlik ile açıklanır:

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

$$\sigma^2 = \int_0^\infty S(n)dn$$

eşitlikte kullanılan S(n), spektral yoğunluk fonksiyonudur. Farklı arazilerdeki farklı ortalama rüzgar hızları için yapılacak çalışmalarda atmosferik türbülans spektrumun karakteristik bir şekli olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmalardan birisinde

$$\frac{nS(n)}{\sigma^2} = \frac{11.40\,f}{1+192.4\,f^{5/3}}$$

eşitlikte kullanılan n: frekans (Hz) ve f: nz/ $\overline{u}$ (boyutsuz frekans) olarak alınmaktadır.

2.6.3 Türbülans Büyüklüğünün (Amplitude) Analizi

Olasılık yoğunluk fonksiyonu f(u), türbülans sapmalarının büyüklüğünün hesaplanmasında kullanılır. Yapılan çalışmalarda rüzgar sapmalarının Gauss fonksiyonu ile rahatlıkla açıklanabileceği anlaşılmıştır:

$$f(u) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(u-\overline{u})^2}{2\sigma^2}\right]; \quad -\infty<u<\infty$$

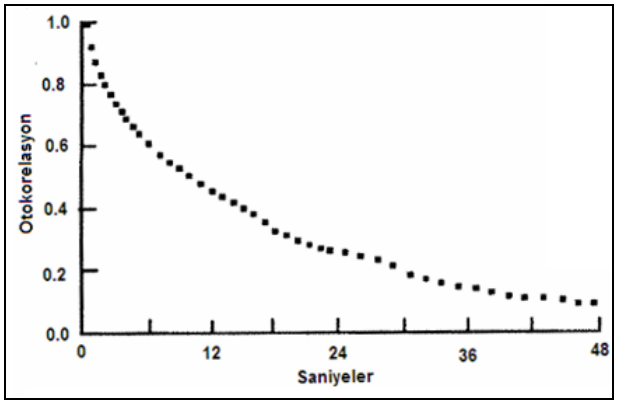
Yukarıdaki eşitlik yüksek hızlardaki rüzgarların yapılar üzerine etkiyen rüzgar yükleri ve gerilimlerini hesaplamada da kullanılmaktadır.

2.6.4 Türbülansın Zaman (Time Domain) Analizi

Türbülansın zaman boyutunun analizi için otokorelasyon fonksiyonu ile bulunmaktadır. Aşağıdaki eşitlik;

$$R_u(\tau) = \frac{1}{T}\int_{t_0-\tau/2}^{t_0+\tau/2} u(t)u(t+t)dt$$

R(τ) için maksimum muhtemel değer, τ = 0 için olmaktadır. τ⇒∞ giderken R(τ) azalmaktadır. Yani lag arttıkça otokorelasyon fonksiyonu azalmaktadır. Bu yüzden fonksiyonun şekli, türbülans yapısı hakkında bilgi vermektedir. Şekil 2.43 ile rüzgar hızı ile otokorelasyon fonksiyonunun zamanla değişimini göstermektedir.



Şekil 2.43. Otokorelasyon fonksiyonun değişimi.

2.6.5 Türbülansın Uzayda (Spatial) Değişimi

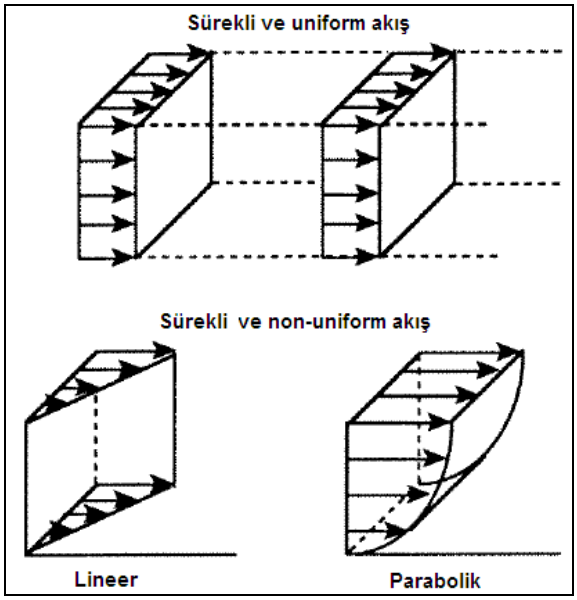
Şimdiye kadar incelenen türbülans, daha çok 30 m yükseklğindeki rüzgar ölçüm direğinden alınan verilere göre yapılan analiz sonuçlarına dayanıyordu. Bununla beraber, günümüzdeki uygulamalarda rüzgar türbininin boyu 120 metrelere kadar ve rüzgar hızları da 100 m/s lere kadar çıkabilmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Yapılan çalışmalarda rüzgar türbin uygulamalarında kanadın üzerine gelen akışa göre hesaplamalar yapılmıştır. Rüzgar türbininin kanadı, 4 tip akışa maruz kalmaktadır.

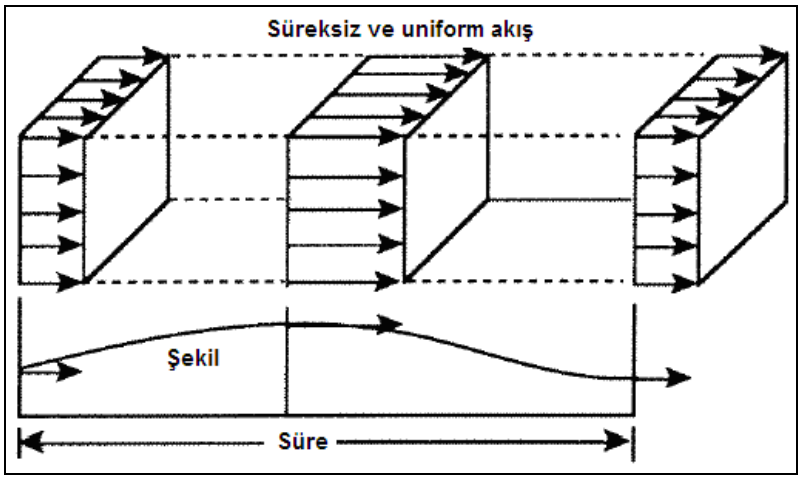
- Sürekli ve uniform,
- Sürekli ve non-uniform,
- Süreksiz ve uniform,
- Süreksiz ve non-uniform.

İlk iki akış türüne ait yani sürekli; uniform ve non-uniform modeller ile ilgili olarak Şekil 2.44 incelenmelidir. Şekilden de görüldüğü gibi, sürekli ve non-uniform akışta profil parabolik olabilmektedir.



Şekil 2.44. Sürekli akış.

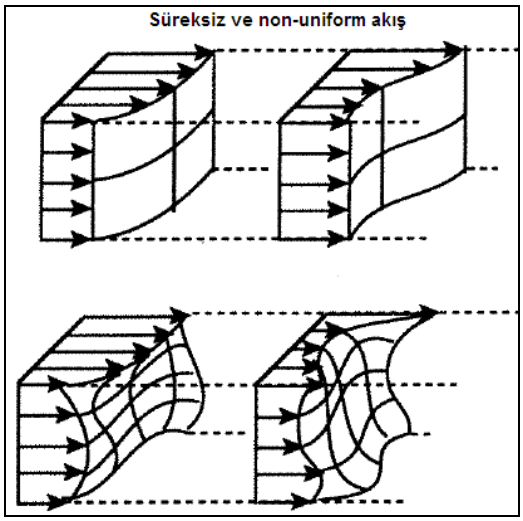
Süreksiz ve uniform bir akışta ise, rüzgarın hızı zamanla değişmekte ve kanadın üzerine uniform olarak düştüğü varsayılmaktadır (Şekil 2.45). Akış uniform olduğundan, hamle pervaneyi bütünüyle sarmaktadır. Herhangi bir hamleli rüzgar akışında pervane küçük çapa sahip ise akış uniform olabilirken; aynı hamle büyük çapa sahip bir pervane için non-uniform olabilir.



Şekil 2.45. Süreksiz ve uniform akış.

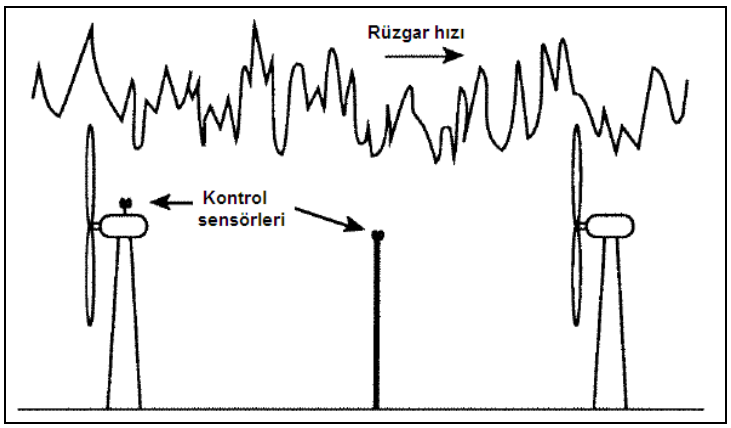
Süreksiz ve non-uniform bir akışın matematiksel ifadesi oldukça zordur. Şekil 2.46 ile süreksiz ve non-uniform akış için model verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



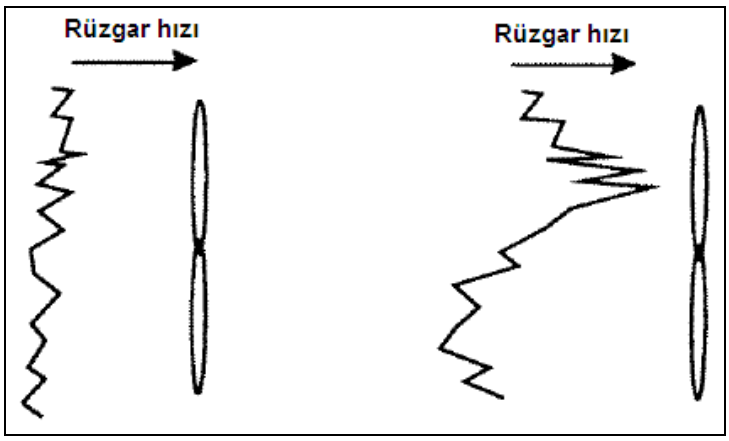
Şekil 2.46. Süreksiz ve non-uniform akış.

Rüzgar hızının rüzgar türbinlerine gelişi ile oluşabilecek bir akış modeli Şekil 2.47 ile verilmiştir. Burada rüzgar zaman serisi yatayda sürekli bir değişim göstermektedir.



Şekil 2.47. Süreksiz ve non-uniform akış.

Rüzgar hızının alansal değişimleri rüzgar türbin kanatları üzerinde bazen asimetrik yüklenmelere neden olabilmektedir (Şekil 2.48).



Şekil 2.48. Kanat üzerine asimetrik yüklenme.

2.7 Rüzgar Atlası

Rüzgar atlasında, güncellenen rüzgar kaynakları hesaplarının bölgesel özetleri bulunur. Her bölge için rüzgar türbinleri uygulamalarına uygun rüzgar enerjisi potansiyellerinin hesaplandığı rüzgar enerjisi

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

potansiyellerinin hesaplandığı rüzgar alanları tanımlanır. Bölgedeki illere ait yıllık ortalama rüzgar haritaları rüzgar atlasında verilir. Her haritada ilgili yerleri belirtmek üzere grid enlem-boylamı verilir. Her haritada şehirler, dağlık alanlar, coğrafik özellikler ve referans amaçlı olarak önemli rüzgar alanları bulunur.

Rüzgar atlasında, rüzgar gücü hesabında yerel rüzgar engelleri dikkate alınmaz ve hesaplama işlemi ovalar, yaylalar ve tepeler gibi iyi rüzgar alan yerlere uygulanır. Dağlık alanlarda rüzgar hesaplamaları sırt-üstleri ve dağ zirvelerine uygulanır. Yerel arazi özellikleri, ortalama rüzgar enerjisinde, özellikle sahil, dağlık ve tepelik alanlarda kısa mesafelerde dikkate alınacak oranda değişikliğe neden olur. Rüzgar kaynak haritalarında tahmini yüksek rüzgarlı alanlar gösterilmesine rağmen, bu haritalar yerel arazi özelliklerinin neden olduğu değişkenliği vermezler. Rüzgar atlaslarında yerel ölçekteki değişikliklerin verilmesi hedeflenmez, fakat kuvvetli rüzgar kaynaklarının olduğu alanlar gösterilir. Rüzgar kaynak analizleri yerden 20 ile 60 m yüksekliklerde toplanan mevcut veriler ile yapılır. Bununla beraber bir çok alanda sadece yere daha yakın seviyelerde (3 ile 15 m gibi) veriler bulunabilir 10 ve 50 m gibi referans seviyelerindeki değerler mevcut ölçüm değerleri kullanılarak 1/7 güç kanunu ile uyarlanarak bulunur. 1/7 güç kanununa göre 50 metredeki rüzgar gücü yoğunluğu uygun koşullar altında 10 metredekinin iki katıdır.

Yükseklikle hava yoğunluğunun düşmesi nedeni ile, verilen bir rüzgar gücü yoğunluğuna ulaşmak için daha yüksek bir ortalama rüzgar hızı gerekir. Yıllık ortalama rüzgar hızı yıllık ortalama rüzgar gücü yoğunluğu için tek başına güvenilir bir gösterge değildir. 10m ortalama rüzgar hızında yerel özelliklerin belirleyici etkisi vardır. Bununla beraber, rüzgar hızının frekans dağılımına dayanan aktüel rüzgar gücü yoğunluğu farklı rüzgar gücü sınıflarına sahip değişik yerler için oldukça farklılık gösterir. Güç yoğunluğunun bulunmasında sadece ortalama rüzgar hızının ve Rayleigh dağılımının kullanıldığı ender durumlarda, hesaplanan güç yoğunluğu gerçek güç yoğunluğundan çok daha küçük çıkabilir. Örneğin, 5.2 m/s lik bir ortalama yıllık rüzgar hızı olan bir yerde eğer Rayleigh dağılımı uygulanabilirse rüzgar gücü sınıf 3 (160 W/m²) olarak bulunur. Eğer burdaki rüzgar hız dağılımı Rayleigh dağılımından çok daha geniş ise gerçek rüzgar gücü sınıf 6 (320 W/m²) olarak bulunur.
Rayleigh dağılımı rüzgar hızının olasılık yoğunluk fonksiyonunun analitik bir ifadesidir. Gözlemlenen birçok rüzgar hızı dağılımına oldukça uygun olsa bile, tümü için uygun değildir. Rayleigh dağılımını kullanmanın avantajı tek bir parametre (uzun dönem ortalama rüzgar hızı) tarafından tam olarak belirlenmiş olmasıdır.

Topoğrafyanın karmaşıklığı ve güvenli ölçümlerin mevcudiyeti, ilgili yerel noktalarda rüzgar hesaplamalarına dayanan kesinlik oranını belirler. Bu kriterler rüzgar atlasında yer alan haritalarda her grid hücresi için rüzgar potansiyel tahminlerinin kesinliğini belirler.

Rüzgar atlasında, rüzgar enerjisi uygulamalarına potansiyel olarak uygun alanlar gösterilir. Dağlardaki yüksek sırt üstleri ve dağ zirvelerinin birçoğunda kuvvetli rüzgar kaynakları vardır. Bununla beraber aşırı rüzgarlar, buzlanma ve kışın kötü havanın neden olduğu erişim zorlukları bu alanların çoğunda rüzgar enerjisi işlemlerini sınırlamaktadır. Dağlık bölgeler boyunca vadi, sırt ve açık ovalarda ortalama yıllık rüzgar gücü genellikle düşüktür. Soğuk aylarda, soğuk hava genellikle düşük güneş ışınları nedeni ile gün boyunca sık sık kararlı kalan bir dikey sıcaklık profili oluşturarak vadi ve olukları doldurur. Bu kararlı yüzey konumu altında, atmosferdeki dikey karışım sınırlıdır, ve hafif yüzey rüzgarları yakınlardaki yüksek arazilerde kuvvetli rüzgarlar olsa bile genellikle ovalarda kalır. Sıcak aylarda, güneş ısıtması ve dikey karışım artsa dahi, yukarlardaki ortalama rüzgar hızları soğuk aylara göre çok daha düşüktür. Dağlık bölgelerdeki bağıl olarak alçak seviyelerde yüksek rüzgar kaynakları oluşabilir, buralarda hava akışları sıkıştırma alanları veya koridorlar boyunca kanallanarak rüzgar hızını artırır. Bu rüzgar kanallarının genişliği birkaç kilometreden 50 kilometreye kadar değişir. Rüzgar atlasında bu rüzgar kanallarının çoğu coğrafik kapsama göre göreceli olarak küçük gösterilir ve bir çoğu dağlık bölgelerdeki geniş alanlar boyunca zorlukla farkedilir. Bu rüzgar koridorlarının bir çoğunun ana taşıma koridoru olarak çalışması nedeni ile, yüksek sırt üstleri ve dağ zirveleri ile karşılaştırıldığında bu rüzgar koridorlarına giriş kolaydır. Daha da ötesi, bu koridorda hava durumu yüksek dağ sıralarındaki kadar şiddetli değildir. Bu nedenle, bu hava koridorlarının birçoğunda dikkate değer rüzgar enerjisi geliştirmeleri yapılabilir. Bu koridorlardaki daha küçük ölçekli arazi özellikleri daha büyük ölçekli kanal etkileri ile birleşerek, bu koridorların bir çoğunda aşırı yerel değişkenlikler doğurabilir ve bu yerlerdeki işlemleri güçleştirebilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Rüzgar kaynağı haritalarında gösterilen rüzgar gücü sınıf değerleri sadece iyi rüzgar alan alanlara uygulandığı için, harita alanı bu gücün hissedildiği doğru araziyi göstermez. Haritalarda gösterilen rüzgar gücü sınıfları tarafından temsil edilen arazi dilimleri, arazi yüzeyinin fiziksel özelliklerine bağlıdır. Tepelik ve dağlık alanlarda rüzgar gücü sınıfı, alanın sadece iyi rüzgar alan küçük bir bölümü için uygundur. Halbuki bir açık düzlükte alanın tamamına yakını aynı rüzgar gücü sınıfında olacaktır. Rüzgar gücünün alansal dağılımı (her arazi yüzeyi yapısında) iyi rüzgar alan, orta rüzgar alan ve az rüzgar alan arazi yüzdeleri dikkate alınarak hesaplanır. Rüzgar atlasındaki haritalarda her hücre için alansal dağılımlar belirlenir.

2.7.1 Rüzgar Verilerinin Seçilmesi

Rüzgar atlası hazırlamada kullanılan veri ve teknikler bölgeden bölgeye değişiklik gösterir. Dağlık bölgelerde kullanılan veriler ve yöntemler, zorunlu olarak çoğunlukla düz ve küçük miktarda dikey yükseltilere sahip alanlara göre daha değişkendir. Dağlık bölgelerde, rüzgara maruz dağ zirveleri ve sırt üstlerinde rüzgar kaynaklarını hesaplamada yukarı seviye rüzgar verileri kullanılmalıdır, çünkü geleneksel yüzey verileri çok azdır veya yoktur. Rüzgar kaynağındaki büyük değişikliklerin genellikle dağlık alanlarda oluşması nedeni ile, dağlık alanlarda diğer alanlara göre kaliteli rüzgar kaynağı göstergeleri daha fazla kullanılır. Kaliteli göstergelerde topoğrafik ve meteorolojik özelliklerin belirli kombinasyonlarının tanımları, rüzgarlı arazi biçimlerini içeren alanlar, ve rüzgar bayraklanmalı ağaçlık alanlar (ağaç dallarının rüzgar nedeni ile bir yöne yönelmesi) yer alır. Ağaçlarda ve bitkilerde meydana gelen rüzgar deformasyonlarını belirlemek üzere yoğun bir incelemeye gerek vardır, rüzgar bayraklanmalı ağaçlık alanları belirlemek üzere geniş alanlarda halktan bilgi toplamak ve daha sonra hava ve yer gözlemlerine başvurmak gerekir. Sahillerde de kullanılan veri tipleri ve teknikler iç kesimlerde kullanılardan değişiktir. Bir çok alanda sahildeki rüzgar kaynağı bilgileri belirli sahil alanları içinde olmak üzere örneğin gemi gözlemlerinden elde edilen verileri içerebilir.

En kullanışlı verilerin geldiği istasyonların seçilmesi gerekir, rüzgar kaynak dağılımını belirlemede kullanılmayacak verilerin geldiği istasyonların belirlenerek gerekli ise elenmesi gerekir. Genelde, sayısal veya özet formatlı rüzgar verileri öncelikle özetlenmemiş verilerden seçilir. Hem sayısal hem özet verileri bulunan seçilmiş istasyonlar için, özet verilerin hazırlanmasında kullanılan sayısal veriler rüzgar kaynağını mevcut özetlerden çok daha iyi karakterize eder. İstasyonların yoğun olduğu ve çok miktarda sayısal ve özet verilerin mevcut olduğu alanlarda genellikle, en iyi rüzgarlı ve anemometre yerinin ve yüksekliğinin en uzun süre değiştirilmediği istasyon seçilir. Sayısal veya özetlenmiş formatta az miktarda verisi olan veya hiç verisi olmayan istasyonlarda özetlenmemiş veriler seçilir. Rüzgar kaynağı değerlendirmesinde özetlenmemiş verilerin uygunluğunu belirlemek üzere gözlem tipi ve frekansı bilgileri, anemometre yüksekliği ve istasyon yeri incelenir. Bazı istasyonlar değerlendirme dışı tutulur. Birçok istasyonda, rüzgar verileri işlemlerinde en az bir yıllık kayıtlar kullanılır. Yukarı seviye rüzgar verileri, mevcut yüzey istasyon verilerinin az olduğu dağ zirveleri ve sırt üstleri gibi yüksekliklerde, rüzgar kaynağını hesaplamada kullanılır. Buralarda dağlık araziler bölgenin büyük bir bölümünü oluşturur. Üç değerlendirme yöntemi vardır: Rüzgar gücü hesaplamaları, dikey uyarlama ve sırt üstü hesaplamaları.

2.7.2 Rüzgar Gücü Yoğunluğunun Hesaplanması

Rüzgar gücünün coğrafik değişimlerini haritalama işinde; rüzgar gücü yoğunluğu, rüzgar hızına göre önceliklidir. Çünkü güç yoğunluğu değeri, rüzgar hızlarının dağılım etkisini ve güç yoğunluğunun hava yoğunluğuna ve rüzgar hızına bağımlılığını birlikte verir. Ortalama rüzgar gücü yoğunluğu için sayısal, özetlenmiş ve özetlenmemiş formlarda nicel rüzgar verileri değerlendirmeye tabi tutulur.

Sayısal Veriler:

1 saat ve 3 saatlik sayısal verileri olan istasyonlar için, bir dikey düzlemde rüzgar yönüne dik ortalama rüzgar gücü yoğunluğu $\overline{P}$ (Watt/m²) şu formülle hesaplanır:

$$\overline{P} = \frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}\rho_i V_i^3$$

Burada:

n: ortalama alınan sürede yapılan gözlem sayısı,

ρ_i : hava yoğunluğu (kg/m³),

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

V_i : i nci gözlem zamanındaki rüzgar hızı (m/s).

Hava yoğunluğu ölçülen sıcaklık ve istasyon basıncından hesaplanır veya istasyon yüksekliği için standart hava basıncı düzeltmesinden bulunur. Hava yoğunluğu (ρ) ölçülen sıcaklık (T) ve istasyon basıncından (P) şu formülle hesaplanır

$$\rho = P / RT$$

Burada R bir gaz sabitidir. Eğer sıcaklık veya istasyon basıncı yok ise, yoğunluk sadece istasyon yüksekliğinin (z) bir fonksiyonu olarak şu formülle bulunur:

$$\rho = 1.225 - (1.194X10^{-4})z$$

burdaki hava yoğunluğu Standart Atmosfer profili ile hemen hemen aynıdır.

Özetlenmiş Veriler:

$\overline{P}$ şu formülle hesaplanır:

$$\overline{P} = 1/2\overline{\rho}\sum_{J=1}^{C} f_i V^3$$

Burada;

ρ : ortalama hava yoğunluğu

c: rüzgar hız sınıfı numarası

f_j : j nci sınıftaki rüzgar oluşum frekansı

V_j : j nci sınıfın median rüzgar hızı.

Özetlenmemiş Veriler:

Özetlenmemiş rüzgar verilerinin değerlendirmeye alındığı durumlarda, mevsimsel ve yıllık ortalama hız V, birçok istasyon için bir yıllık orijinal gözlemsel meteoroloji kayıtlarının incelenmesinden bulunur. Bazı istasyonlarda, sıkça raporlanan aylık ortalama rüzgar hızları mevcut saatlik gözlemlerin tümünden hesaplanır. Bu durumlarda, mevsimsel ve yıllık ortalama rüzgar hızları raporlanmış aylık ortalama hızlar temel alınar. Rüzgar gücü yoğunluğu, buna dayanılarak, hız frekans dağılımının bir Rayleigh dağılımına uyduğu varsayılarak hesaplanır.

$$\overline{P} = 0{,}955\overline{\rho}\overline{V}^3$$

Ham fakat kolay elde edilebilen gözlemsel verilerin incelenmesi, istasyonlarda mevsimsel ve yıllık ortalama rüzgar hızlarının kaba bir tahmininin yapılması anlamına gelir. Genellikle, bu subjektif yöntemle ulaşılabilecek en iyi hedef, ortalama rüzgar hızlarını hafif (<4.46 m/s), orta (4.46-5.35 m/s) veya kuvvetli (>5.35 m/s) olarak tahmin etmektir. Yine de, ortalama rüzgar hızını bulmada kullanılan bu subjektif yöntem bir çok alanda sadece rüzgar kaynağı bilgilerini verir. Belirli durumlarda, daha objektif bir mevsimsel ve yıllık rüzgar gücü tahmini, seçilmiş istasyonlardan elde edilir. Bir istasyona ait tüm saatlik (veya üç saatlik) verileri girme zahmetinden kaçınmanın değişik yöntemleri vardır. Örneğin, bazı bölgelerde, ortalama mevsimsel rüzgar hızları, her mevsim için bir aylık süredeki her üç gözlem esas alınarak hesaplanır. Bu yöntem sadece görsel olarak yüksek rüzgar enerjisi potansiyeli gösteren ve günde en az sekiz gözlem kaydı yapılan istasyonlara uygulanır. Bazı bölgelerde, ortalama mevsimsel ve yıllık hız küpleri V^3, seçilen istasyonlar için özetlenmemiş veriler kullanılarak, bir yıl boyunca her üç günlük tüm V^3 hızlarının ortalaması alınarak hesaplanabilir. Bundan sonra, bu istasyonlar için rüzgar gücü yoğunluğu şu formülle hesaplanır:

$$\overline{P} = 1/2\overline{\rho}\overline{V}^3$$

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Bazı durumlarda rüzgar gücü yoğunluğu, Rayleigh yerine Weibull hız frekansları alınarak ortalama rüzgar hızlarından hesaplanır. Bazı bölgeler için mevsimsel ve yıllık rüzgar hızı frekans dağılımları şöyle bulunur; seçilen istasyonlara ait 1 yıllık orijinal yüzey meteoroloji kayıtları taranıp her 4. saat değeri alınarak frekans dağılımı elde edilir.

Rüzgar kaynağını göstermede kullanılmak üzere, anemometre yüksekliği yeryüzeyi üzerinde nadiren 10 m veya 50 m seçilen referans seviyesindedir. Uzun dönem ortalama rüzgar hızını veya güç yoğunluğunu referans seviyesine taşımak için aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$\frac{\overline{V}_r}{\overline{V}_a} = \left(\frac{Z_r}{Z_a} \right)^{\alpha}$$

Burada;

$\overline{V}_{ar} : Z_{a,r}$ (anemometre ve referans seviyesi) seviyesindeki ortalama rüzgar hızı,

$\alpha :$ Güç kanunu üssüdür.

Anemometre yüksekliğinin değiştirildiği ve direk üzerinde çoklu seviyeli anemometre ölçümlerinin yapıldığı havaalanları gibi alanlarda uzun dönem ortalama rüzgar hızları için $\alpha \sim 1/7$ değeri düşük yüzey pürüzlülüğü olan ve iyi rüzgar alan taraflar için uygulanabilir bir değerdir. Bu nedenle, α 1/7 değeri kullanılarak, çoğu istasyonda sadece bir seviye verisi ile, ortalama rüzgar hızı ve rüzgar gücü yoğunluğu 10 m ve 50 m referans seviyesine taşınır. Anemometre yüksekliği bilinmeyen istasyonlar için 10 m yüksekliği kabul edilir. İki (veya daha fazla) seviyede 10 m ve 50 m referans seviyelerine taşınmaya uygun verisi olan istasyonlarda, rüzgar hzını ve güç yoğunluğunu 10 m ve 50 m referans seviyelerine taşımada, ölçüm seviyesindeki ortalama rüzgar hızından ve/veya rüzgar gücünden hesaplanan α değeri kullanılır. Havaalanlarına göre daha büyük pürüzlülüğü olan şehirlerde veya etrafı ağaçlarla çevrili alanlarda pürüzlülüğe uygun bir uyarlama faktörü kullanılır. Bu özellikleri taşıyan istasyonların rüzgar verileri 10 m ve 50 m referans seviyelerine taşınırken şu formül kullanılır:

$$\frac{\overline{V}_r}{\overline{V}_a} = \frac{B_r}{B_a}$$

B_{ar} değerleri, değişik yüzeyler için uygun pürüzlülük değerleri kullanılarak log-law rüzgar hızlarının bir karşılaştırması ile belirlenen uyarlama faktörleridir.

2.7.2.1 Dağlık Alanlarda Rüzgar Gücü Hesaplamaları

Dağ zirvelerinde ve sırt üstlerinde yüzey gözlemleri çok az yapıldığı için, dağlık alanlardaki zirve ve sırt üstleri yüksekliklerinde serbest atmosfer rüzgar hızlarını hesaplamada potansiyel kullanım için yukarı seviye rüzgar verileri tanımlanır. Dağ üstleri ve serbest atmosfer rüzgar hızları arasında kuvvetli bir korelasyon vardır. Rüzgar atlası hazırlanırken, dağlık alanları göstermek ve dağlık alanlardaki dağ zirvelerini ve/veya sırt üstleri temsil edecek yükseklikleri belirlemek üzere bir yöntem uygulanır. 300 metreyi aşan yerel yükseltilerin olduğu dağ zirveleri ve/veya sırt üstlerinden oluşan dağlık alanlar yeryüzü biçimine göre sınıflandırılan haritalar ve topoğrafik haritalar kullanılarak gösterilir. 300 metreyi aşan derinlikte kanyon ve vadilere sahip platolar, 300 metreden daha az yükseltili tepelik alanlar ve tekil/tek başına dağlar (bir düzlükteki 300 metreden daha küçük müstakil bir dağ) genellikle dağlık alan olarak alınmaz. Dağlık alanlardaki dağ zirveleri ve sırt üstlerini temsil eden ortalama yükseklikleri belirlemek için çoğu bölgelerde bölümlü havacılık kartları kullanılır. Bazı bölgelerde ise diğer tip topoğrafik kontur haritaları kullanılır.

Rüzgar verilerinin alındığı istasyonlar toplam alan üzerinde genelde düzgün olarak dağıtılmamış durumda olabilir. İstasyonların çoğu şehirlerde ve karayolları üzerindedir. Ölçüm istasyonları dağılımının seyrek verili alanlara uygulamak üzere üç farklı rüzgar hızı veya gücü göstergesi kullanılmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Belli topoğrafik ve meteorolojik özelliklerin kombinasyonuna bağlı olarak, yüksek ve düşük rüzgar hızları ile ilişkili olmak üzere, çokça kullanılan bir teknikdir. Yüksek ortalama rüzgar hızlarını gösteren özellikle şunlardır:

- Olağan kuvvetli basınç gradyan alanlarındaki boşluklar, geçişler ve boğazlar,
- Dağ sıralarından aşağıya doğru uzanan uzun vadiler,
- Yüksek seviyelerdeki plato ve ovalar,
- Ovalarda ve vadilerde kuvvetli basınç gradyanları ile ilişkili olmak üzere aşağıya doğru sürekli kuvvetli rüzgarlar,
- Kuvvetli yukarı seviye rüzgarları bulunan yerlerdeki rüzgar alan dağ zirve ve sırt üstleri,
- Sahillerde kuvvetli yukarı seviye rüzgarları veya kuvvetli termal ve basınç gradyanları olan yerler.

Daha düşük ortalama rüzgar hızlarını gösteren özellikler şunlardır:

- Yukarı seviyelerdeki hakim rüzgarlara dik vadiler,
- Kısa ve/veya dar vadiler ve kanyonlar,
- Ormanlık tepe gibi yüksek yüzey pürüzlülüğü olan alanlar.

Bu özellikleri taşıyan alanlar, topoğrafik kontur ve gölgeli yükseltileri olan haritalar incelenerek ve sinoptik ve klimatolojik gibi meteorolojik haritalarda basınç izleri ve hava akışı incelenerek belirlenir.

2.7.2.2 Rüzgar Tarafından Bozulan Bitki Örtüsü

Kuvvetli rüzgarlar rüzgarın bozduğu bitki örtüsüne bakılarak da tespit edilebilir. Ortalama rüzgar hızları, ağaç ve çalılıklar üzerindeki bu tür bozulmaların büyüklüğüne bakılarak ortaya çıkarılabilir. Bununla beraber, ağaçları ortalama rüzgar hızının bir göstergesi olarak kullanmada bazı sınırlamalar vardır. Rüzgar bayraklamalı ağaçlar 4 m/s'den daha kuvvetli ortalama rüzgar hızları için bir gösterge olabilmesine rağmen, bayraklanmamış ağaçlar rüzgarın hafif olduğunu göstermeyebilir. Kuvvetli rüzgarların birkaç yönden geldiği yerler olabilir, buralarda tek bir yönden yeterli sürekli rüzgar gelmediği için ağaçlarda rüzgar bayraklaması oluşmayabilir. Yine de, ağaçları ortalama yıllık rüzgar hızının bir göstergesi olarak kullanmada muhtemel hataların olması doğal olsa bile, bu göstergeler orta ve yüksek dereceli rüzgar kaynağı potansiyel alanlarını belirlemede kullanışlıdır. Rüzgar tarafından bozulan bitki örtüsünün yerlerini belirlemek için çeşitli yöntemlerle inceleme yapmak ve yerel kişilerden bilgi toplamak gerekir.

2.7.3 Rüzgar Analizi

Ortalama rüzgar gücü yoğunluğu haritalarının hazırlanması bilgi parçalarının tutarlı sentezlerine bağlıdır. Sentez işleminin amacı, iyi rüzgar alan yerleri temsil eden rüzgar gücü yoğunluğu değerlerini sunmaktır. Rüzgarı engelleyen yerel engelleri olmayan, tepe üstleri, sırt üstleri, dağ zirveleri, büyük açıklıklar (bitki örtüsü olmayan açıklıklar) ve diğer yerler iyi rüzgar alan yerler olarak kabul edilir. Buna karşılık dar vadi ve kanyonlar, tepelerde ve engellerde rüzgar esiş yönü yerleri, veya ormanlık ve şehir alanları az rüzgar alan alanlar olarak bilinir. Bir rüzgar atlasındaki haritalarda, rüzgar gücü yoğunluğu, zayıf rüzgarlı alanları temsil etmez. Haritalarda gösterilen zirvelere ve sırt üstlerine ait hesaplanmış değerler, iyi rüzgar alması umulan bu alanlar için, alt sınır rüzgar gücü değerlerini ifade eder. Bu tip alanlarda, yerel arazi özellikleri rüzgar gücünü önemli ölçüde kuvvetlendirebilir (faktör 2 veya 3 gibi). İyi rüzgar alan yerlerdeki rüzgar kaynağını göstermek için, veri alınan her yerel alan için, genel arazi yüzey biçimini ve topoğrafyayı değerlendirmek zorunludur. Haritalarda istasyon yerleri, ortalama rüzgar gücü yoğunluğu, anemometre özellikleri ve topoğrafya ve arazi yüzey biçimleri gösterilmelidir. Hatalı veriler durumunda, hatalı verinin alındığı yerdeki rüzgar özellikleri (rüzgar gücü yoğunluğu bölge içinde yakındaki bir diğer değerden çok farklı ise) ve topoğrafya yapısı, hatanın nedenini belirlemek üzere ayrıntılı olarak ele alınmalıdır. Örneğin, bir yere ait rüzgar gücü hatalı olarak çok yüksek ise, bu yerin yüksek bir yer (bir tepe üstü, sırtüstü, veya başka bir yükselti gibi) olup olmadığını belirlemek üzere rüzgarlılık durumu daha yakın bir incelemeye tabi tutulabilir. Bazı alanlarda, topoğrafik ve meteorolojik özelliklerin kombinasyonları, eğer uygunsa, dikkate alınan yüksek rüzgar kaynağının bir göstergesi olabilir. Eğer hatalı olarak yüksek çıkan bir değer için makul bir açıklama getirilemiyorsa, bu durumda bu değerin bu yerdeki rüzgarı temsil etmediği kabul edilir ve dikkate alınmaz veya uygun düzeltme yapılır. Eğer bir yerdeki bir değer hatalı olarak düşük ise, anemometre, ölçüm yeri veya eğer uygulanabiliyor ise meteorolojik ve topoğrafik özellikler (düşük

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

rüzgar kaynaklarını gösteren) incelenerek nedeni belirlenir. Yukarı seviye hava verilerine dayanan dağ zirveleri ve sırt üstlerindeki rüzgar gücü hesaplamaları, eğer mevcut ise, dağ zirveleri ve sırt üstlerindeki yüzey verileri ile karşılaştırılır ve değerlendirilir. Bazı alanlarda, bu karşılaştırma sonucu dağ zirveleri ve sırt üstlerindeki hesaplamalarda bazı düzeltmelere gidilebilir. Bazı seyrek verili alanlarda kaliteli rüzgar kaynağı göstergelerinin katkısı olabilir. Sadece tüm bu veri ve bilgiler tam olarak değerlendirildikten sonra son analiz yapılır. Bölgesel haritalar hazırlanarak bunların sentezi ile rüzgar atlası değerlendirmesi yapılır.

2.7.3.1 Rüzgar Gücü Sınıfları

Rüzgar gücü haritalarının analiz edilmesi, rüzgar gücü yoğunluğu sınıflarının sınırlarını geleneksel isopleth analizi (harita üzerinde eş değerlerin bir kontur ile gösterilmesi) ile göstermekle başlar. Her rüzgar gücü sınıfı, bu sınıflama için tasarımlanan bir alanda, rüzgar gücü yoğunluğuna karşılık gelen bir genişliği temsil eder. Rüzgar gücü yoğunluğu, rüzgar hızı dağılımının kübü ve hava yoğunluğu ile orantılıdır, bu nedenle, ortalama rüzgar hızı güç yoğunluğunu doğrudan temsil etmez. Bununla beraber, bir Rayleigh rüzgar hızı dağılımı ve standart deniz seviyesi hava yoğunluğu (1.223 kg/ m3) tanımlanarak, her rüzgar gücü sınıf limiti için bir ortalama rüzgar hızı belirlenebilir. Aynı rüzgar gücü yoğunluğunu korumak için, hava yoğunluğunun yükseklikle azalmasına karşılık ortalama Rayleigh hızının yükseklikle %3/1000 m oranında artması gerekir.

2.7.3.2 Arazi Yüzey Biçimi Sınıfları

Arazi yüzey biçiminin fiziksel özellikleri bazı rüzgar türbinlerini etkiler. Örneğin, düz bir ovadaki arazilerin %90'dan fazlası rüzgarlı alanlar olabilir. Bununla beraber, dağlık alanlarda, sadece sırt üstleri ve geçitler (toplam alanın %5 gibi veya daha küçük bir kısmını oluşturan) rüzgarlı yerleri temsil edebilir. Bu nedenle arazi yüzey biçimlerini veren sınıf haritaları hazırlanmalı ve ovaların, düzlüklerin, tepelerin ve dağların dağılımı gösterilmelidir. Her arazi yüzey biçim sınıfı için iyi rüzgarları, orta rüzgarları ve hafif rüzgarları temsil eden alan yüzdeleri bulunmalıdır.

Rüzgar gücü haritalarında gösterilen (rüzgarlı yerlerdeki) rüzgar gücü yoğunluğu analizleri birkaç faktörün subjektif entegrasyonuna bağlıdır. Yeterli miktarda rüzgar verileri, kaliteli rüzgar hızı veya gücü göstergeleri, rüzgarlı tarafın değişik arazilerdeki özellikleri ve bölgenin meteorolojik, klimatolojik ve topoğrafik aşinalığına bağlıdır. Sonuç olarak, kesinlik derecesi (kesinlik derecesi ile rüzgar gücü sınıfı belirlenebilir) şunlara bağlıdır:

- Rüzgar verilerinin çokluğu ve kalitesi,
- Arazinin karmaşıklığı,
- Kaynağın coğrafik değişkenliği.

Rüzgar enerjisi kaynak hesaplamalarında kullanılan kesinlik oranı 1 (düşük) ile 4 (yüksek) arasındadır. Haritalarda her hücre için bu oran yukardaki faktörlerin etkileri dikkate alınarak hesaplanır. Rüzgar kaynağı değerlendirmesinde kesinlik oranları şu şekilde tanımlanır:

Oran 1. En düşük kesinlik derecesi. Şu durumların bir kombinasyonu mevcuttur:

- Hücre civarında veri mevcut değil,
- Arazi çok karmaşık,
- Değişik meteorolojik ve topoğrafik göstergeler hücre içinde yüksek seviyeli bir kaynak değişkenliği işaret etmektedir.

Oran 2. Bir düşük orta kesinlik derecesi. Şu durumlardan biri mevcuttur:

- Hücrede veya yakınında veri yoktur veya az veri vardır, fakat kaynağın küçük miktardaki değişkenliği ve arazinin az karmaşıklığı bize rüzgar kaynağının veriye yakın alanlardaki kaynaktan çokça farklılık göstermeyeceğini verir,
- Hücre yerelinde sınırlı miktarda veri vardır, fakat arazi çok karmaşıktır veya kaynağın mesoscale değişkenliği büyüktür.

Oran 3. Bir yüksek orta kesinlik derecesi. Şu durumlardan biri mevcuttur:

- Hücre yerelinde sınırlı miktarda rüzgar verisi vardır, fakat arazinin az karmaşıklığı ve kaynağın küçük miktardaki mesoscale değişkenliği biz veriye yakın alanlardaki rüzgar kaynağında küçük ayrılmalar olduğunu verir,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Önemli miktarda rüzgar verisi vardır fakat bu veriler orta derecede karmaşık arazilerdedir ve/veya orta dereceli kaynak değişkenliğinin mümkün olabildiği alanlardadır.

Oran 4. En yüksek dereceli kesinlik oranı. Hücre yerelindeki rüzgarlı taraflarda yeterli miktarda veri vardır ve bu veriler hücre içindeki rüzgarlı alanlarda geçerlidir (çünkü arazi az karmaşıktır ve kaynağın değişkenliği düşüktür). Bir kesinlik oranı belirlenirken etkin faktörler arasındaki etkileşimin subjektif değerlendirilmesi gereklidir.

2.7.3.3 Rüzgar Kaynağının Alansal Dağılımı

Yukarıda söylendiği gibi, haritalarda gösterilen rüzgar gücü yoğunluk sınıfı sadece iyi rüzgar alan taraflara uygulanır. Bununla birlikte, belirli bir rüzgar gücü sınıfına sahip olduğu belirtilen harita alanı bu rüzgar gücüne sahip gerçek araziyi göstermez. Bunun yerine burada arazi yüzeyi biçimi sınıfı, arazi yüzey alanı ve rüzgar gücü yoğunluğunun harita değeri arasında miktarsal ölçüm bakımından karmaşık zor bir ilişki vardır. Her arazi yüzeyi biçimi için, iyi rüzgar alması oldukça muhtemel alan kısımları (rüzgar gücü yoğunluğu harita üzerinde gösterilen gibi) hesaplanır. İlave olarak, geriye kalan alanda bir rüzgar gücü yoğunluğu tesis edebilmek için, aynı zamanda, az rüzgarlı alanlarda haritada gösterilen rüzgar gücünü düşüren bir faktör belirlenmesi zorunludur. Ayrıca, bazı arazi yüzey biçimleri (yakın bir düzlükteki müstakil tepeler ve sırtlar gibi) haritada gösterilenden daha yüksek bir güç yoğunluğuna sahip de olabilir. Bu değişik istasyonları bağdaştırmak için, verilen bir araz yüzey biçimi tarafından temsil edilen alan rüzgarlılık bakımından dört kategoriye ayrılır. Bunlar, arazi üzerinde tipik rüzgardan daha iyi olan rüzgar esmesi, o arazi yüzey biçimi için tipik rüzgar esmesi, parçasal olarak siperli rüzgar esmesi ve çok siperli rüzgar esmesidir. Arazi yüzey biçiminin dört kategoriye bölünmesinde birincil parametreler arazi yüzey biçimlerinın sınıflandırılmasında kullanılan parametrelerdir. Harita değerinin uyarlanmasında kullanılan faktör (her kategoride rüzgar gücü yoğunluğunu temsil etmek üzere) arazi yüzey biçimi haritalarında verilen yükseltilerin yükseklikleri ile belirlenir. Rüzgar gücü yoğunluğu için ölçek faktörü, arazideki yükselti kodu ile tanımlanan yükseklik değişikliği ile bir güç kanunu tipi dikey uyarlamanın konservatif bir uygulamasına dayanır. Her hücre için, arazi yüzey biçimi belirlenir ve rüzgar gücü sınıfı (bu arazi yüzey biçiminde bir tipik rüzgarlılık ile ilişkili olan) belirlenir. Hücre alanı dört rüzgarlılık kategorisine bölünür ve rüzgar gücü sınıfını her kategoriye ölçeklendirilerek bu hücrenin alansal dağılıma katkısı belirlenir. Alansal dağılımın hücre hücre temsil edilişi bir haritada verilir. Bu harita bir hücre içindeki yüzdesel alanı gösterir (bu yüzdesel alanda rüzgar gücü sınıfı bir eşik değerine eşittir veya aşar). Haritalarda bölgesel ve iller bazında alansal dağılımın (hücrelerin katkılarının bir bileşkesi olan) bir özet tablosu verilmelidir. Her rüzgar gücü sınıfı için, her rüzgarlılık kategorisi tarafından etkilenen toplam alanda her bölge için belirtilmelidir. Her hücre içindeki her rüzgar gücü sınıfı ile ilişkili alanların toplanması güç sınıfının verilen bir değeri aştığı bölgesel alanı verir.

Rüzgar kaynağına ait alansal dağılımın bu her iki sunuluş şekli de, alanın dört rüzgarlılık kategorisine bölünmesinde kullanılan hesaplamaya ve her rüzgarlılık kategorisi için rüzgar gücü yoğunluğunun ölçeklendirilmesine kuvvetli bir şekilde bağlıdır. Bu nedenle, rüzgar gücü ve arazi yüzey biçimi haritalarından elde edilen alansal dağılım sadece bir yaklaştırma olarak dikkate alınmak zorundadır. Yeterli ve kaliteli miktarda rüzgar verileri ve topoğrafik bilgiler gerektiren hücresel çapta yüksek dereceli bir rüzgar kaynağı değerlendirme işlemi bu çalışmanın amacını çok aşar. Bununla beraber, yeni ölçme programlarının uygulanması ile veya mevcut veri setlerinin ortaya çıkarılması ve işlenmesi ile elde edilen rüzgar bilgileri kullanılarak, hücresel tabanda rüzgar kaynağının alansal dağılımının değerlendirilmesi geliştirilebilir.

2.7.4 Veri Eleme ve Analizi

Veri elde edilip analiz işleminden önce, gereksiz bilgileri veya yetersiz kayıt periyotlu verileri atmak üzere bir elemeden geçirilir. Ayrıca, değişik veri formatları olması nedeni ile, ön veri değerlendirme ve analizi gereklidir. Bölgesel atlaslardan bulunan rüzgar bilgileri ile karşılaştırmada hangi verilerin kullanılacağını belirlemek üzere veri elemesi yapılır. Veri eleme işlemine bazı örnek durumlar:

- Bölgesel rüzgar enerji atlaslarında aynı verilerin olduğu gibi kullanılmış olması,
- Kayıt periyodunun 10 aydan daha az olması,
- Çok sayıda temsili kayıp veri olması,
- Çevre istasyonlara göre zayıf rüzgar esmesi (anormal derecede düşük rüzgar hızı gibi),
- Yerel özellikler yok (enlem, boylam, yerel harita vb yok),

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Kişisel veriler.

Başlangıç elemesinden sonra, veri bir standart formata kodlanır. Kodlanan bilgiler şunlardır: kaynak kimliği, ölçüm noktası numarası, ölçüm noktası adı, il, ölçüm noktası koordinatları, ölçüm noktasın deniz seviyesinden yüksekliği, anemometrenin yer seviyesi üzerinde yüksekliği, kayıt periyodu, ortalama rüzgar hızı, ortalama rüzgar gücü yoğunluğu (eğer varsa) ve ölçüm yükseklikleri. Veri setleri değişik formatlarda olduğundan tüm verilerin aynı birimde olması için ilk önce kodlanmış veriler işleme tabi tutulur ve veri yer seviyesi üzerinde genel bir yüksekliğe uyarlanır. Ölçüm noktası seviyesi üzerinde 10 m ve 50 m yüksekliklerdeki ortalama rüzgar hızını ve olası gücü elde etmek için uygun ekstrapolasyon tekniklerinin kullanılması gerekir. Ortalama rüzgar hızı ve gücünün ekstrapolasyonu (anemometre seviyesindeki değerlerin yer seviyesi üzerinde 50 m ve 70 m seviyelerine uyarlanması) 1/7 güç kanunu kullanılarak yapılır. Sadece rüzgar hızı verileri olan istasyonlarda olası güç, rüzgar hızının Rayleigh dağılımı ile bulunur. Analiz işlemleri yapıldıktan sonra, rüzgar gücü sınıfları belirlenir. Bir grid hücresi içinde birden fazla ölçüm noktası olup olmadığı incelenmelidir, eğer var ise bu durumda hücre içindeki bir diğer ölçüm noktası ortalama değerleri daha iyi temsil etmediği sürece (daha uzun süreli kayıt gibi) en büyük güç sınıfı dikkate alınır. Aynı grid hücresi içindeki diğer ölçüm noktalarının bu son eleme işlemi de yapıldıktan sonra, bölgesel atlaslarda yer alacak rüzgar enerjisi kaynağının belirlenmesinde kullanılan daha ileri değerlendirme ve karşılaştırma işleme alınacak olan ölçüm noktaları belirlenmiş olur.

Bölgesel atlaslardan bulunan rüzgar kaynağı ile ölçülen rüzgar kaynağı karşılaştırıldığında bazı ölçüm noktalarında ölçülen rüzgar verileri genel alanı temsil etmeyebilir ve hatalı bir hedefe yönlendirebilir; bu nedenle bu karşılaştırma işlemi ölçüm noktası bazında değil bölgesel bazda yapılır. Genel olarak, çevre araziye göre göreceli olarak daha düşük seviyeli yerlerdeki ölçüm noktalarında, ölçülen rüzgar kaynağı rüzgar atlasından bulunan rüzgar kaynağından daha düşüktür. Bir havaalanı yakınındaki ölçüm noktasında rüzgar hızı havaalanındakine göre karşılaştırmalı olarak daha düşüktür, bu anemometrenin iyi esinti almadığını gösterir. Rüzgar atlasında geniş alanlarda, ölçülen ve hesaplanan rüzgar gücü sınıfları aynı veya hafif farklı ise bu durum bölgesel atlaslarda o alanlardaki hesaplamaların tipik yerel rüzgarları iyi temsil ettiğini gösterir. Çevresine göre daha yüksek seviyeli ölçüm noktalarında ölçülen rüzgar kaynağı hesaplanan kaynağa göre daha büyüktür. Bölgesel rüzgar atlaslarında önemli dağ sıraları ve sırtlar gösterilir fakat tepe gibi daha düşük yükseltiler yoktur. Bazı yerlerde (havaalanı gibi) hatalı veri nedeni ile (örneğin yüksek seviyelerde) iki ölçüm noktası arasındaki karşılaştırmada, 10 m deki ortalama yıllık rüzgar hızı farkı sadece 1 m/s iken rüzgar gücü yoğunluğunda büyük farklılık (100 W/m² üzeri) olabilir. Böyle durumlarda daha güvenilir rüzgar kaynağı tahminleri yapmak için daha fazla veri gerekir. Dağlık bölgelerde, eğer grid hücresinden hesaplanan değerin temsil ettiği noktadaki arazi özellikleri ile ölçüm noktasındaki arazi özellikleri aynı değil ise ölçülen ve hesaplanan rüzgar gücü sınıflarının karşılaştırılması doğru bir karşılaştırma olmayabilir. Örneğin, grid hücresinden hesaplanan değer bir sırtı veya dağ zirvesini temsil ederken ölçüm noktası bir vadide olabilir. Bu durumun tersi de olabilir; ölçüm noktası iyi rüzgar alan bir sırtta iken hesaplamalar bir ovayı veya vadiyi temsil edebilir. Karmaşık arazilerde, hesaplanan ve ölçülen kaynaklardaki büyük farkların bir çoğu, aynı grid hücresindeki aynı arazi özelliklerinde kaynağın yerel değişimlerine bağlanabilir. Örneğin, bir sırt boyunca 10 m seviyesindeki rüzgar kaynağı, sırtın bir tarafından diğer tarafına, birden fazla rüzgar gücü sınıfında olabilir.

2.8 Rüzgar Potansiyelini Belirlemede Kullanılan Programlar

Rüzgar ölçümleri 1 yıllık toplandıktan sonra sıra bunların hesaplanarak bölgedeki potansiyelin bulunup terminolojideki adı ile mikrokonuşlandırma yani rüzgar türbinlerinin proje sahasında en uygun şekilde yerleştirilmesine gelmiştir. Dünyada bununla ilgili birçok program bulunmaktadır (Tablo 2.5). Bu programlar, çeşitli enstitüler tarafından geliştirilerek ticari amaçlı kullanılmaktadır.

Tablo 2.5. Rüzgar potansiyel hesaplama modelleri.

Program Adı	Geliştiren Kuruluş	Ülke
WASP	Risoe Ulusal Laboratuvarı Meteoroloji Bölümü	Danimarka
Windpro	EMD Energi og MiloData	Danimarka
Windfarmer	Garrad Hassan & Partners Ltd	İngiltere
FlaP	Oldenburg Üniversitesi Meteoroloji Bölümü	Almanya
Windrose	NRG Systems Ltd	Amerika
FluxFarm	ECN Energy Center of Netherlands	Hollanda

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablodan da görüldüğü gibi birçok program bulunmaktadır ve liste daha da uzatılabilir. Bu programlar içerisinde en eski olanı Danimarka Risoe Ulusal Laboratuvarı Meteoroloji Bölümü tarafından geliştirilen WASP programıdır. Daha sonra geliştirilen birçok program WASP modelini baz aldığından sadece bu modeli tanıtmakta yarar vardır.

2.8.1 WASP Programı

Wind Atlas Analysis and Application Program'ın baş harflerinden oluşan WASP, modeli 4 ana işlemden oluşmaktadır:

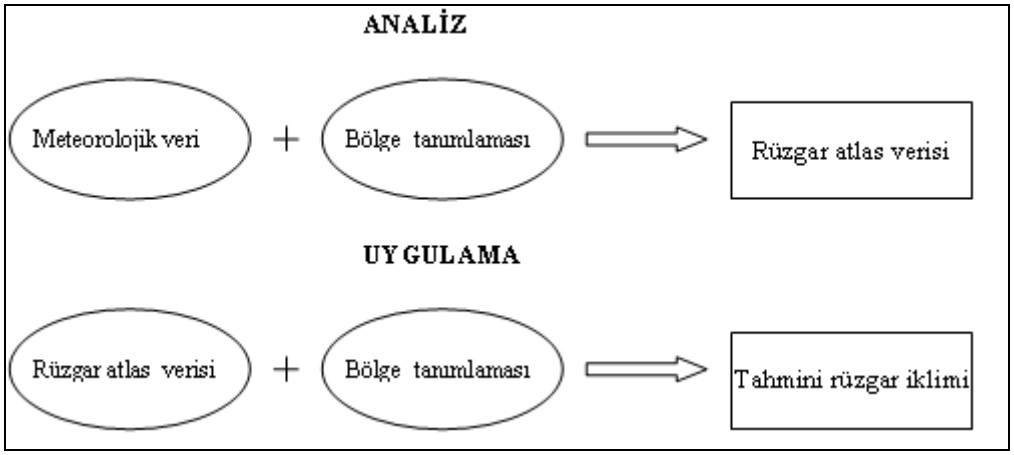
a) Ham veri analizi: İlk adım olan bu kısımda, rüzgar verisinin zaman serisi analizi yapılır.

b) Rüzgar atlası verisinin oluşturulması: Analiz edilen zaman serileri, rüzgar atlas verilerine çevrilir. Bu kısımda, rüzgar ölçümleri özel arazi koşullarına (engel, pürüzlülük) arındırılır.

c) Rüzgar ikliminin belirlenmesi: Rüzgar atlası verileri kullanılarak bölgenin rüzgar iklimi belirlenir.

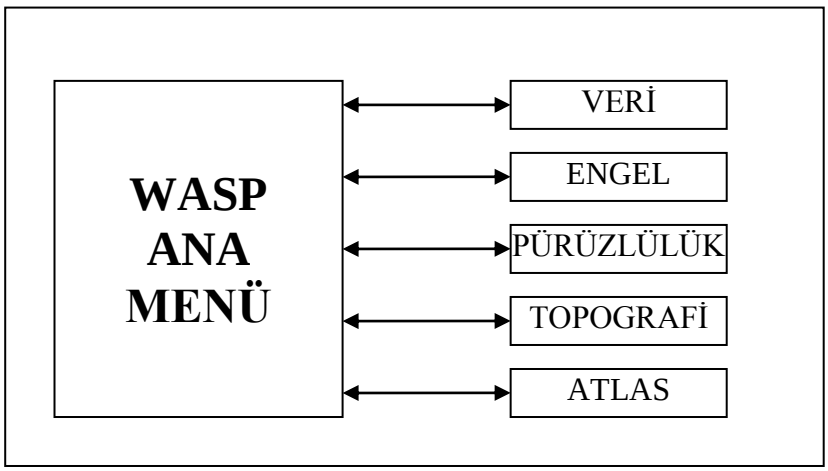
d) Rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi: Son olarak da, ortalama rüzgar hızı dikkate alınarak bölgenin enerji potansiyeli belirlenir.

Bu dört kısım göz önüne alındığında WASP modeli, analiz ve uygulama olarak iki kısma ayrılabilir (Şekil 2.49).



Şekil 2.49. WASP'ın dayandığı iki temel kısım.

WASP programında, alt modeller ile ana program arasında veri akışı sürekli bir etkileşim halindedir (Şekil 2.50).



Şekil 2.50. Ana program ile alt programların etkileşimi.

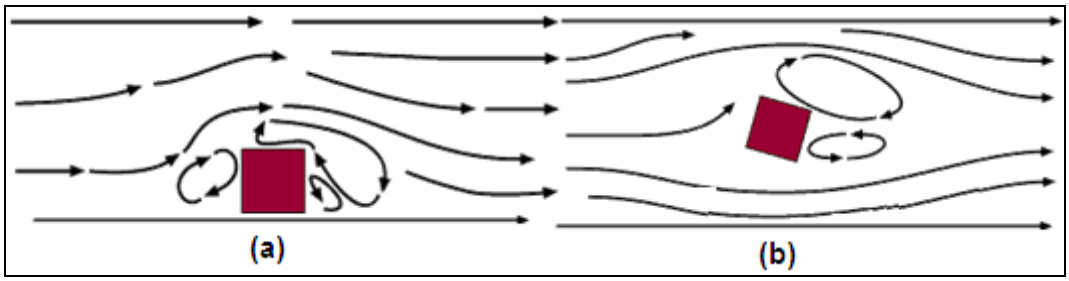
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

2.8.1.1 WASP Modelinin Kullandığı Alt Modeller

WASP modelinin temel çalışma prensibi, alt modeler ile ana modelin etkileşimi şeklinde olduğu daha önce belirtilmişti. Bu modeller izleyen sayfalarda verilmiştir.

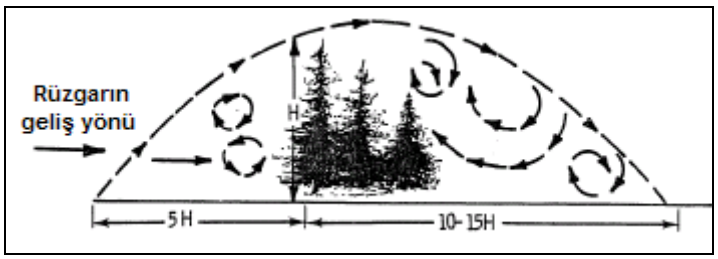
2.8.1.2 Engel Perdeleme Modeli

Rüzgar elektrik santral kurulacak proje sahasında bulunan engellerin rüzgar akışına çok önemli etkileri vardır. Özellikle bina, orman, ağaç, kayalık, tepe vb gibi engeller rüzgar şiddet ve yönüne önemli etkilerde bulunurlar. Rüzgar bir cisme çarptığı zaman, çarptığı cismin civarında bir türbülans meydana getirir (Şekil 2.51).



Şekil 2.51. Engelin rüzgar akışına etkisi.

Daha önce de belirtildiği gibi, türbülans, rüzgarın cisme çarptığı ön yüzeyde değil de, daha çok arka yüzeyde etkilidir. Bazı durumlarda etkilenme mesafesi cismin boyunun 10-15 katına kadar çıkabilir (Şekil 2.52).



Şekil 2.52. Cismin arkasındaki rüzgar akışı.

Yukarıda anlatılardan da anlaşılacağı üzere, rüzgar ölçümünün yapıldığı rüzgar ölçüm direğinin yakınlarındaki arazide bulunan bir engelden dolayı rüzgar hızında ortaya çıkan azalmaya veya yön değişimine perdeleme etkisi (shelter effect) denir. Herhangi bir engelin perdeleme etkisi aşağıdaki parametrelere bağlıdır:

- Hesaplama noktasının engelden olan uzaklığı (x),
- Engelin yüksekliği (h),
- Hesaplama noktasının yüksekliği (H),
- Engelin uzunluğu (L),
- Engelin geçirgenliği (p).

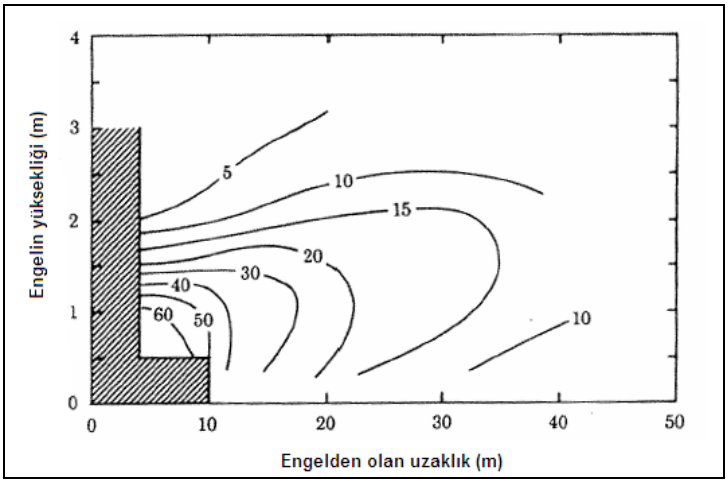
Engel, rüzgarın geçirgenliğine de etki etmektedir. Geçirgenlikteki (porozite) artış ve engel uzunluğunun azalması perdeleme etkisini zayıflatmaktadır. Tablo 2.6, engel türüne göre geçirgenlik değerlerini vermektedir.

Tablo 2.6. Engel türleri ve geçirgenlik değerleri.

Engel Türleri	Geçirgenlik değeri
Katı cisim (duvar, ev)	0
Çok yoğun	≤ 0.35
Yoğun	0.35 – 0.50
Açık	≥ 0.50

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Geçirgenliği sıfır olan bir engelin perdeleme etkisinden dolayı rüzgar hızında ortaya çıkan azalma Şekil 2.53'te görülmektedir. Geçirgenlikteki artış ve engel uzunluğunun azalması perdeleme etkisini zayıflatmaktadır. Ayrıca engel geometrisinin de perdeleme üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Engellerin tepe noktalarında ise rüzgar hızında bir artış görülmektedir.



Şekil 2.53. Engel perdeleme etkisinden dolayı rüzgar hızında meydana gelen yüzde azalma.

Geçirgenlik genel olarak binalar için 0, ağaçlar için 0.5 alınmaktadır. Eğer aralarında kendi uzunluklarının üçte biri kadar aralık olan bina dizileri varsa, geçirgenlik 0.33 olarak alınabilir. Diğer yandan, ağaçların yoğunluklarına göre geçirgenlikleri de değişebilmektedir. Perdeleme etkisi sonucu rüzgar hızında ortaya çıkan azalma, aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmaktadır:

$$R_2 = (1 + 0{,}2\frac{x}{L})^{-1} \quad , \frac{L}{x} \geq 0.3$$

$$u' = u.[1 - R_2.R_1(1-p)]$$

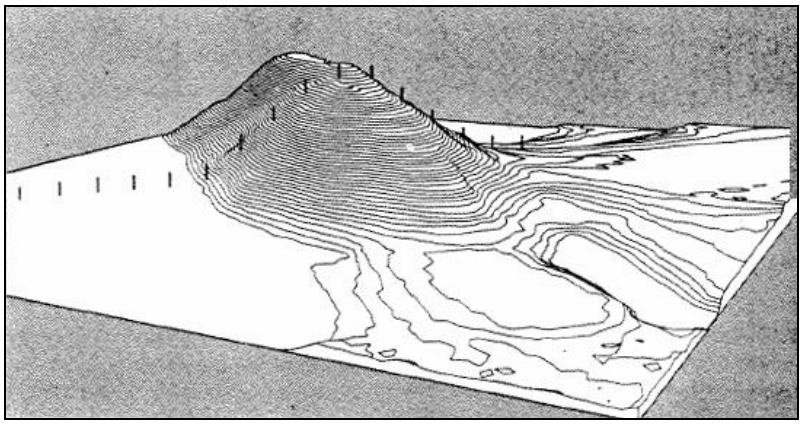
Burada R_2, ortalama rüzgar hızındaki azalmayı, u ve u' ise, sırasıyla ortalama rüzgar hızı ve düzeltilmiş ortalama rüzgar hızını göstermektedir. R_1 ise, oransal rüzgar hız azalımını belirtmektedir.

2.8.1.3 Orografik Model

Bu modelin amacı, yüzey şekillerinin rüzgar profillerine etkisini azaltmaktır. Yatay olarak çok geniş bir alanın etkilerini hesaplayabilmektedir.

Topoğrafik modelde, pürüzlülük değişim modeli ve engel perdeleme modellerinde olduğu gibi, ölçülmüş rüzgar verileri üzerindeki yüzey yapılarının etkisi düzeltilmektedir. Bu model, yatay olarak onlarca kilometreye kadar olan etkileri dikkate almaktadır. Tepeler üzerindeki akış analiz modeli temel alınarak yapılan model, bazı farklılıkları da içermektedir. Modelin temel yapısını arazideki yükseklik değişimleri oluşturmaktadır. Rüzgar profili üzerine arazideki yükseklik değişimlerinin etkileri, Hebrides South Uist Adası üzerindeki Askervein tepesinde uluslar arası yapılan saha denemelerinden alınan sonuçlarla açıkça gösterilmiştir. Şekil 2.54'te Askervein tepesinin perspektif bir çizimi bulunmaktadır. Meteorolojik aletler ile rüzgar hızı ve yönünün ölçümleri bu anda sürekli kaydedilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

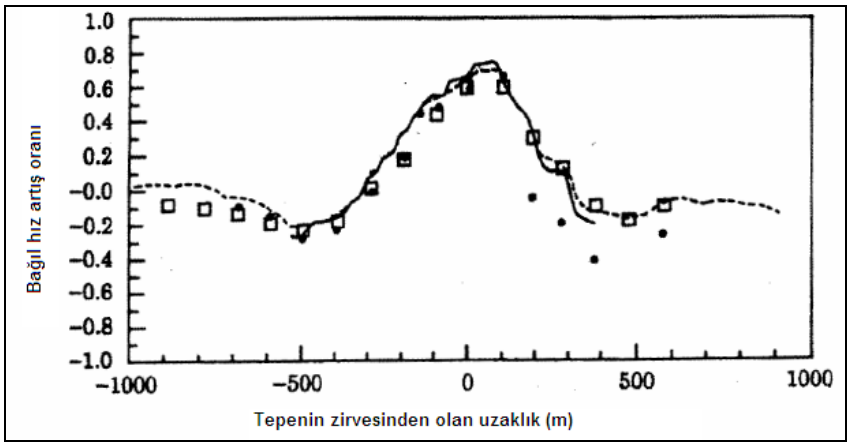


Şekil 2.54. Askervein tepesinin perspektif çizimi.

Deney verisi, zirveden mesafeye karşılık çizilerek, yerden 10 m yükseklikte nispi hız artışı, ΔS ile gösterilmiştir. Nispi hız artışı ΔS aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır:

$$\Delta S = (u_2 - u_1)/u_1$$

Burada u_2 ve u_1 karşılıklı olarak Askervein tepesinin zirvesinde ve tepenin yukarı bölümünde yerden itibaren aynı yükseklikteki rüzgar hızlarıdır. Şekil 2.55'teki veri, sırtın yerleşimine hemen hemen dik bir rüzgar hız durumu için elde edilmiştir. Burada, üç sayısal modelden alınan sonuçlar bulunmaktadır. Rüzgar Atlası analizinde BZ modeli ve diğer iki model kullanılmıştır. Şekil 2.55'te dikkate değer bazı karakteristikler bulunmaktadır. Öncelikle zirvedeki ve tepeye doğru esen bozulmamış ortalama rüzgar hızları karşılaştırıldığında zirvede hız artışı %80 dir. Tepenin rüzgar alan ve rüzgar almayan yamaçlarındaki rüzgarların, yamaca doğru bozulmamış ortalama rüzgar hızı ile karşılaştırılmasında, karşılıklı olarak hız düşüşleri %20 ve %40'tır. Ölçümler noktalarla, orografik modelden alınan sonuçlar ise karelerle gösterilmiştir. Diğer iki sayısal modelden alınan sonuçlar dolu ve kesikli çizgilerle gösterilmiştir.



Şekil 2.55. 10 m yukarıdaki akışlar için nispi hız artış oranları.

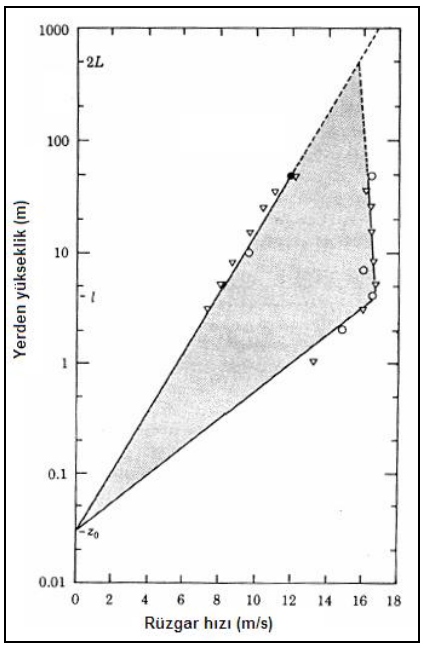
Şekil 2.56 ile Askervein tepesinde rüzgar alan yamaç ve zirvede eş zamanlı olarak kaydedilen rüzgar profilleri bulunmaktadır. Yamaca doğru akış profili yüksekliğe göre logaritmiktir, buna karşılık zirvede ölçülen profil, maksimum nispi hız artış yüksekliğinde (I) bir kırılma göstermektedir. Kırılma yüksekliklerde profil, yamaca doğru akış profili ile, 2L yüksekliğinde kesişirler. Burada L, Şekil 2.56'da gösterildiği gibi tipik olarak tepenin yarı genişliğini gösteren bir karakteristik uzunluktur.

$$L \approx 2h/L$$

$$L \approx 0{,}3z_0(L/z_0)^{0{,}67}$$

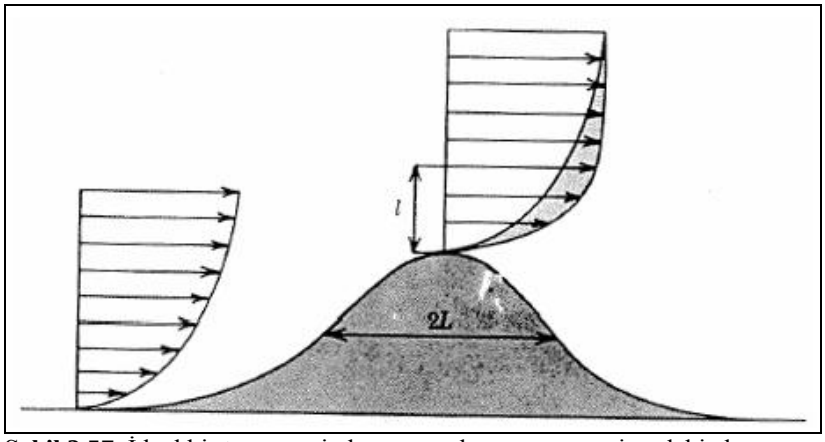
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Bu formüllerde, tepenin boyutları rüzgar yönüne dik olduğu zaman L daha büyük çıkar, o zaman bu problem iki boyutlu olarak düşünülebilir. Semboller rüzgar hız ölçümlerini göstermektedir. Rüzgar alan yamaçtaki profil sola doğru olan doğrudur. Zirvedeki profil ise sağdaki çizgidir.



Şekil 2.56. Askervein rüzgar profili.

Tepelerin akış üstünde derin bir etki yaptığı yukarıdaki örnekte açıktır. Bu durum mümkün olduğu kadar titizlikle dikkate alınmalıdır. Ancak, arazi içinde bulunan tüm yükselti değişikliklerinin akışı etkilediğinin farkında olunmalıdır. %5'lik bir yükseklik artışının ortalama rüzgar hızı üzerinde %5'lik bir etkisi görülürken, muhtemelen türbin göbek yüksekliğinde mevcut rüzgar güç artışı %15 kadar etkilenmektedir (Şekil 2.57). Akışı karakterize eden iki farklı uzunluk (L, I) gösterilmiştir. L tepenin karakteristik bir uzunluğudur, burada tepenin ortasındaki yarı genişliğidir, I, nispi hız artışının maksimum olduğu yüksekliktir. Kompleks arazi için ise basit formülleri, özel yerlerdeki rüzgar kaynağını belirlemek için uygulamak çok güç ve imkansızdır. Bu sebeple çoğu durumda hesaplamalar için sayısal model kullanmak gereklidir.



Şekil 2.57. İdeal bir tepe üzerinde rüzgar alan yamaç ve zirvedeki akışın rüzgar profilleri.

2.8.1.4 Pürüzlülük Değişim Modeli

İncelenen bir alanın pürüzlülüğü, bu alanın üzerindeki pürüzlülüğe neden olan cisimlerin alanı içindeki pozisyonu ve boyutlarına bağlıdır. Arazi pürüzlülüğü, pürüzlülük uzunluğu ile belirlenir. Bu uzunluk z_0 ile gösterilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

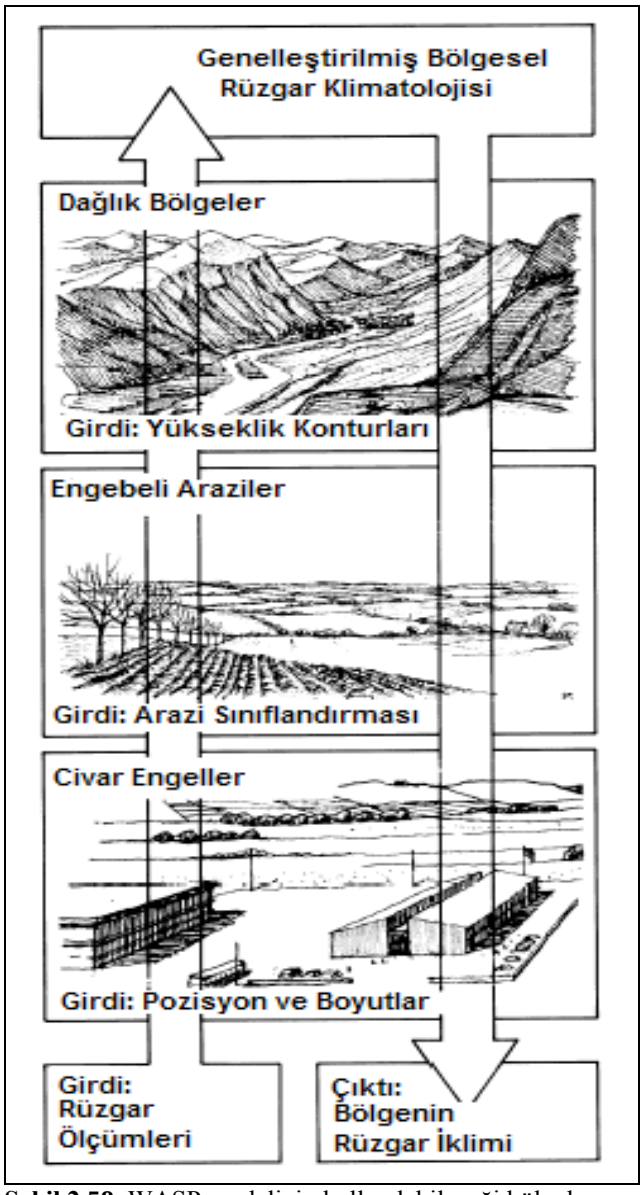
$$z_0: 0.5\left(\frac{hS}{A_H}\right)$$

Burada kullanılan değişkenler şunlardır:

h: pürüzlülüğe neden olan elemanın yüksekliği,
S: rüzgara karşı dikey kesit alanı,
A_H: arazi üzerine dağılmış olan yatay kesit alan,

olarak alınmaktadır.

WASP modelinin kullanılabileceği bölgeler ve bu bölgeler için gerekli girdi verileri Şekil 2.58 ile verilmiştir. Her bölgenin kendine has girdi verileri bulunmaktadır.



Şekil 2.58. WASP modelinin kullanılabileceği bölgeler.

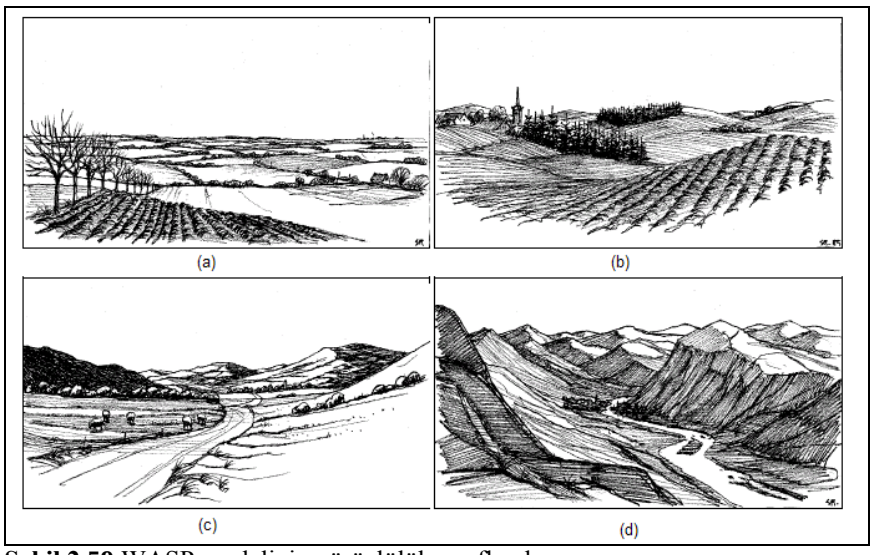
Tablo 2.7, rüzgar elektrik santral arazi yapısına göre, pürüzlülük değerlerini vermektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 2.7. Arazi yapısına göre pürüzlülük sınıflandırması.

Pürüzlülük sınıfı	Arazi yapısı	Değeri (m)
0. sınıf	Deniz, göl, su kütleleri vb	0.0002
1. sınıf	Açık ve hafif engebeli araziler	0.03
2. sınıf	Hafif çalılık ve tarım arazisi	0.10
3. sınıf	Orman, yerleşim merkezi	0.40

Tablo 2.7 ile verilen değerlerin daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 2.59 incelenmelidir. (a)'da göl, deniz gibi su kütleleri ve çok düz ve açık araziler için kullanılan 0. sınıf; (b) açık ve çok kısa boylu çalılıkların bulunduğu bölgelere alınacak 1. sınıf; (c) çalılık ve kısa boylu ağaçların olduğu araziler için 2. sınıf ve (c) de yerleşim merkezleri, ormanlık alanlar gibi yüksek yapılı bölgeler sınıfında yer alan 3. sınıf arazilere tipik bir örnektir.



Şekil 2.59.WASP modelinin pürüzlülük sınıflandırması.

Herhangi bir bölgenin pürüzlülüğünü belirlemek isteyen araştırmacı, yukarıdaki kriterleri de dikkate alarak, proje sahasını çok iyi tetkik etmeli ve kararını vermelidir. Oluşturulan veri tabanından sonra WASP programına veriler girilerek bölgenin rüzgar potansiyeli ve türbin mikrokonuşlandırması yapılır. WASP, veri analizlerini, rüzgar hız verilerinin 2 parametreli Weibull dağılımına uygun dağılım gösterdiğini varsayarak yapmaktadır. Bu program, dört değişik girdi bilgisini kendi alt modellerinde değerlendirerek, bölgesel rüzgar atlası istatistiklerini hesaplamaktadır. WAsP'ın kullandığı temel bilgiler şunlardır:

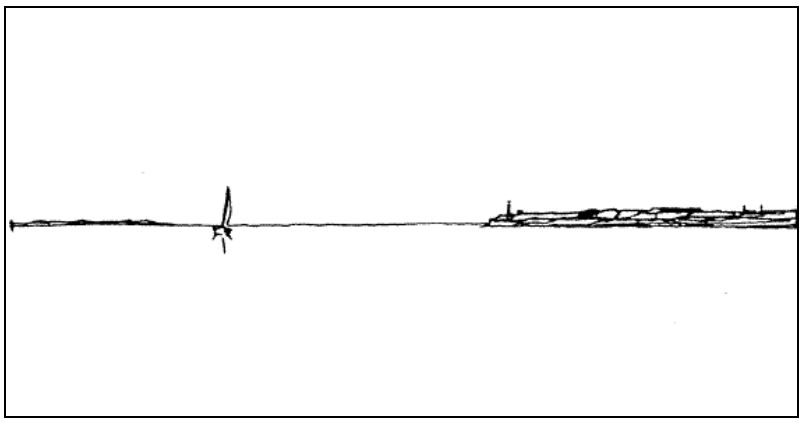
i) Saatlik rüzgar verisi,
ii) Bölge pürüzlülük bilgileri,
iii) Yakın çevre engel bilgileri,
iv) Bölgenin topoğrafyası.

Yüzey pürüzlülüğündeki değişim bir "iç sınır tabakası" oluşturur ve rüzgar profili, oluşturulan yeni yüzey koşullarına uyum sağlar. WASP bu durumu modellemek için, analiz edilen her sektörde birbirini izleyen en çok on pürüzlülük değişimini dikkate alır. Bir alanın yüzey pürüzlülüğü, bu alan üzerindeki pürüzlülük elemanlarının boyutları ve alan içindeki dağılımına bağlıdır. Örneğin kara alanları için tipik pürüzlülük elemanları, bitki örtüsü, insan kaynaklı yapılaşma ve doğal arazi yapılarıdır. Bu pürüzlülük elemanları rüzgar atlası çalışmalarında dört değişik pürüzlülük grubu ile tanımlanır. Bu gruplar pürüzlülük sınıfı olarak adlandırılmışlardır. Konunun pekişmesi için pürüzlülük sınıfı ile ilgili diğer örnek şekiller izleyen sayfalarda verilmiştir.

Şekil 2.60 ile 0. pürüzlülük sınıfına ait bir arazi görülmektedir. Pürüzlülük uzunluğu z_0 = 0.0002 m

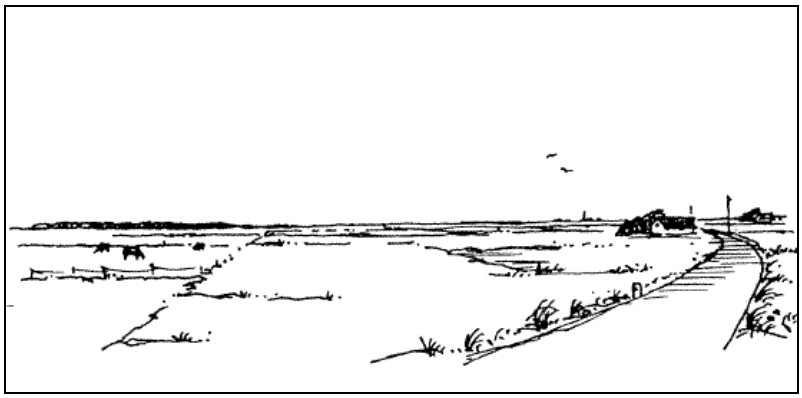
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

olarak alınabilir ve bu sınıf; su alanları, deniz, fiyord ve gölleri kapsar.



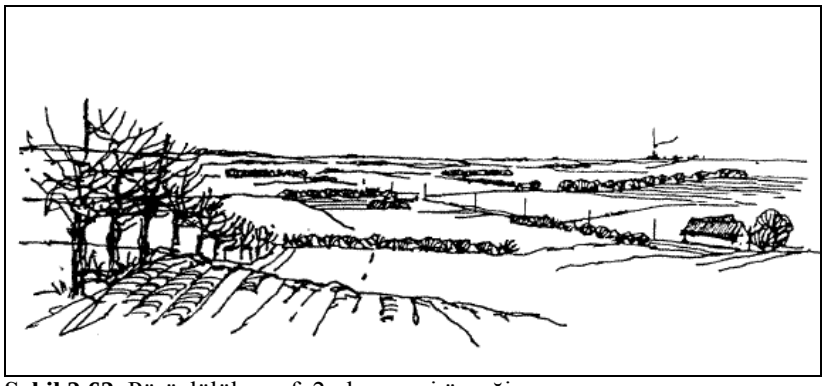
Şekil 2.60. Pürüzlülük sınıfı 0 olan arazi örneği.

Pürüzlülük sınıfı 1 olan arazi örneği Şekil 2.61 ile verilmiştir. Basit şekiller, ağaç ve çalılıklar örnek verilebilir ve z_0 = 0.03 m civarında alınabilir.



Şekil 2.61. Pürüzlülük sınıfı 1 olan arazi örneği.

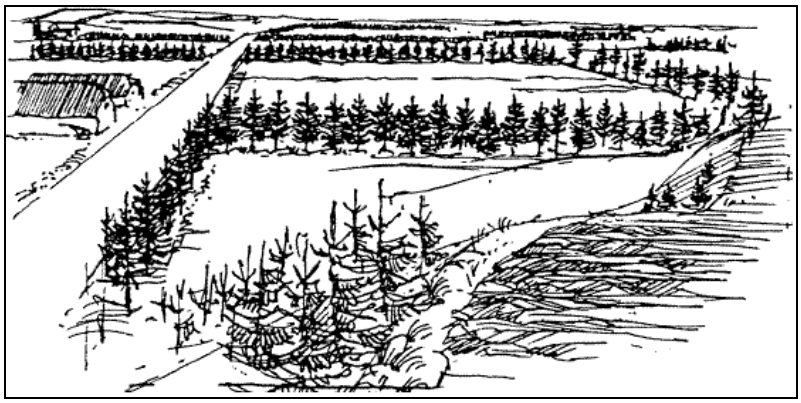
Pürüzlülük uzunluğu daha yüksek olan 2. sınıfa ait bir arazi Şekil 2.62 ile verilmiştir. Arazi düz veya dalgalı olabilir, çok sayıda ağaç ve bina bulunabilir. Tipik olarak z_0 = 0.10 m alınabilir.



Şekil 2.62. Pürüzlülük sınıfı 2 olan arazi örneği.

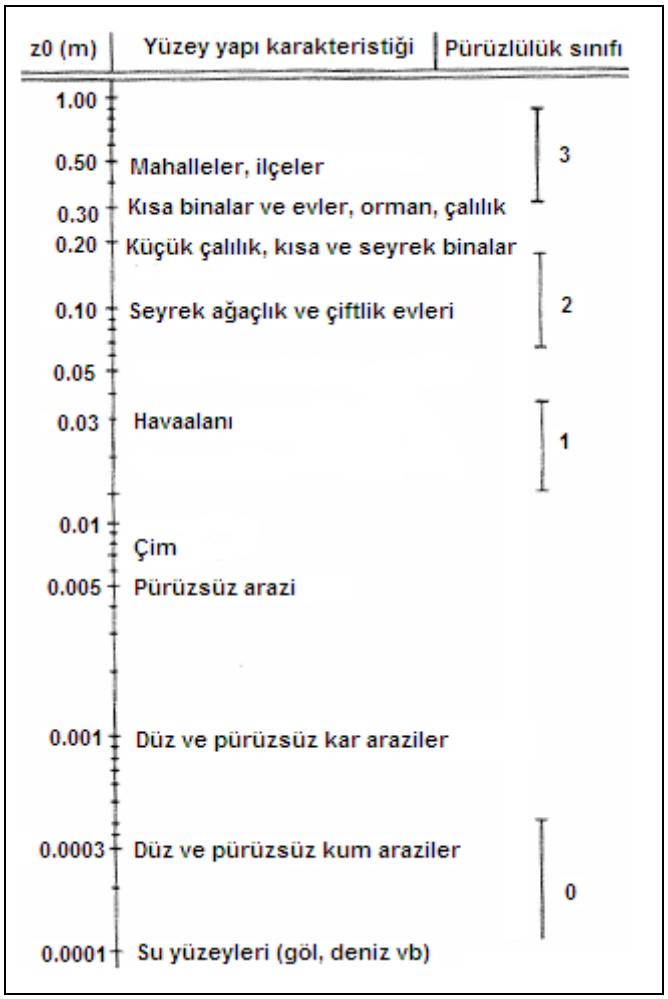
Son sınıf olan 3. pürüzlülük sınıfında z_0 = 0.40 m alınabilir. Ormanlık ve yerleşim alanları bu sınıfa dahildir (Şekil 2.63).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.63. Pürüzlülük sınıfı 3 olan arazi örneği.

Bir arazinin pürüzlülüğü genellikle z_0 pürüzlülük uzunluğu parametresi ile belirtilir. Yüzey yapısı özelliklerine göre seçilmesi gereken pürüzlülük uzunlukları (z_0) ve pürüzlülük sınıfları Şekil 2.64'te verilmiştir.



Şekil 2.64. Pürüzlülük uzunluğu ve yüzey yapısı özelliklerine göre pürüzlülük sınıfları.

2.8.1.5 Model Kısıtları

Atlastaki veriler için hata sınırlarını kesin bir şekilde belirtmek mümkün değildir. Ölçümler kaçınılmaz olarak hatalarla birliktedir. Alet kurulması ve veri yönetimi belli bir doğrulukta düzenlenir. Sistematik hatalar, aletin yanlış kalibresi gibi çeşitli sebeplerle artar, bunları dışarıda bırakarak, rüzgar hız verisi için %5'lik bir hata kabul edilmelidir. Her bir yüzey gözleminden jeostrofik rüzgar hızını hesaplamak için sürtünme kanununun uygulanması % 15 veya daha fazla bir belirsizlikle birliktedir. Özellikle

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

dağlık arazilerde yerleşmemiş istasyonlar farklı yüzey pürüzlüIük şartlarında, ilgili rüzgar frekans dağılımları içeriğinde daha küçük sapmalar bulundurur.

Perdeleme modeli içindeki temel belirsizlikler, modele üç boyutlu gerçek objelerin uygulanması ile ortaya çıkartılmıştır. Perdeleyici cisimlerin tipik etkilerinin hesaplamalardaki miktarı sadece yüzde bir kaçtır ve bu yüzden perdeleme hesaplarında çok büyük nispi hatalar bile istatistiklerde sınırlı bir etkiye sahiptir. Eğer perdelemede küçültme faktörleri büyükse, türetilmiş istatistikteki belirsizlik de büyüyecektir.

Pürüzlülük değişimi ve yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirilmesi için kullanılan model pürüzlülük ölçeği büyüdükçe büyüyen belirsizlikler üretir. Örneğin, genellikle açık arazide z_0 ortalama < 10 cm olan istasyonlarda tahmin edilen ortalama hız değerleri için beklenen hata %5 kadar, çok kapalı arazide, z_0 ortalama > 40 cm olan istasyonlarda ise beklenen hata %15'e çıkmaktadır. Çok perdelenmiş istasyonlar için ilave bir güçlük daha vardır. Bu durum, çoğu rüzgar hız ölçüm aletlerinin nisbeten yüksek eşik değerlerine sahip olmalarından kaynaklanır. Dolayısıyla çok kere ölçüm verisi daha düşük ortalama değerlere doğru meyillidir.

Atlasta beklenen en büyük hatalar kompleks orografide, akış hesaplanmasıyla ilgilidir. Deneysel olarak orografik modelin, çok dik olmayan tepe ve sırtlar üzerindeki akış bozulmaları tahmininde iyi olduğu bulunmuştur. Model, eğimi %30'dan az ve yatay boyutları 1-2 km'den daha az olan bir tepe üzerindeki rüzgar hızı nisbi artışında %10 mertebesinde tipik bir hata üretir. Kullanılan model, diğer benzer modellerdeki gibi, daha dik tepe ve sırtlar için tepenin rüzgar almayan tarafındaki hız azalış derecesini değerinin altında tahmin etmektedir. Bu etki, dik tepeler için tepe gerisindeki akışın ayrılması durumunda çok daha dikkate değerdir. Daha büyük ölçekli orografik özellikler model içinde temsil edilmeyen dinamikliğin önemi sebebiyle artan oranda noksanlık gösterir. Tipik hataların büyüklüğünü tahmin etmek güçtür. Atlasta kullanılan temel data çoğunlukla 10 m gibi düşük yüksekliklere aittir. 50 m'nin üzerindeki yükseklikler için, yüzeysel ısı akış durumları, rüzgar dağılımlarının dikey ekstrapolasyonu için artan önemde bir parametre olur. Bu sebeple, daha yüksekler için rüzgar tahmininde atlasın güvenilirliğinin azalması beklenir.

2.8.1.6 WASP'ta Kullanılan Veri

WASP programı için dört temel veriye gereksinim duyulmaktadır. Bunlar, saatlik rüzgar hız ve yön bilgileri, yakın çevre engel bilgileri, pürüzlülük bilgileri ve topoğrafya bilgileridir.

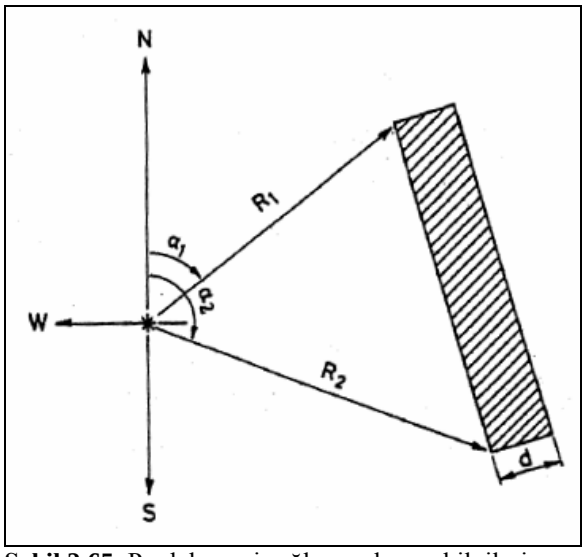
Rüzgar Verisi

Rüzgar ölçümleri, istasyonların bir çoğunda yer yüzeyinden 10 m yükseklikte yapılmıştır. Farklı yükseklikte ölçüm yapan meteoroloji istasyonları için gözlenen değerler 10 m yüksekliğe uyarlanmıştır.

Yakın Çevre Engelleri

Ölçülen rüzgar değerlerine etki eden ölçüm noktası etrafındaki engeller, 1/1000 ve 1/5000 ölçekli imar planları kullanılarak yerinde yapılan incelemelerle belirlenmiştir. Engeller, WASP programı tarafından dikdörtgen kutular olarak kabul edilir. Her engel pozisyonu, boyutları ve sahip olduğu geçirgenliği ile tanımlanmaktadır. Şekil 2.65 tek bir engeli tanımlayan verileri WASP gibi formunda göstermektedir. WASP programı aynı anda 50 kadar engelle işlem yapabilmektedir. Açılar, 0 dereceden (kuzey) 360 dereceye saat yönünde ölçülür. Engeller özel bir yere göre (burada rüzgar ölçüm noktası) tanımlanır, topoğrafik harita ile doğrudan bağlantılı değildir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.65. Perdelemeyi sağlayan durum bilgileri.

*: ölçüm noktası
a1: engelin ilk köşesi ve ölçüm yerinin kuzeyden başlayarak yaptığı açı (derece)
R1: engelin ilk köşesine olan direkt uzaklık (m)
a2: engelin ikinci köşesinin kuzeyden itibaren yaptığı açı (derece)
R2: engelin ikinci köşesine olan direkt uzaklık (m)
H: engelin yüksekliği (m)
d: engelin derinliği (m)
p: engelin tahmini geçirgenliği

Topoğrafya ve Pürüzlülük Bilgileri
Yüzey pürüzlülük bilgileri, 1/25000 ölçekli paftalar üzerinden pürüzlülük sınırlarının sayısallaştırılmasıyla elde edilmiştir.

Arazi Pürüzlülüğü
Bir yer etrafındaki arazinin pürüzlülük karakteristiklerini tanımlamanın iki farklı yolu vardır:

- Bir sayısal harita formunda, eşit pürüzlülüğe (pürüzlülük uzunluğu aynı) sahip alanları ayıran çizgilerle, yani pürüzlülük değişimi bir sayısal harita formundadır. Pürüzlülük haritası, eşit pürüzlülük sınıfında olan alanların dağılımını gösterir ve WASP harita içindeki herhangi bir yerin pürüzlülük durumlarını yorumlayabilir,
- Bir yere özel pürüzlülük tarifi, bir pürüzlülük gülü formunda tanımlanır. Bu durumda, bir yerdeki pürüzlülük şartları yüzey yapılarının özelliklerine göre sektör sektör, her bir sektördeki pürüzlülük değişimi; pürüzlülük sınıfı ve kapladığı mesafeyle tanımlanır.

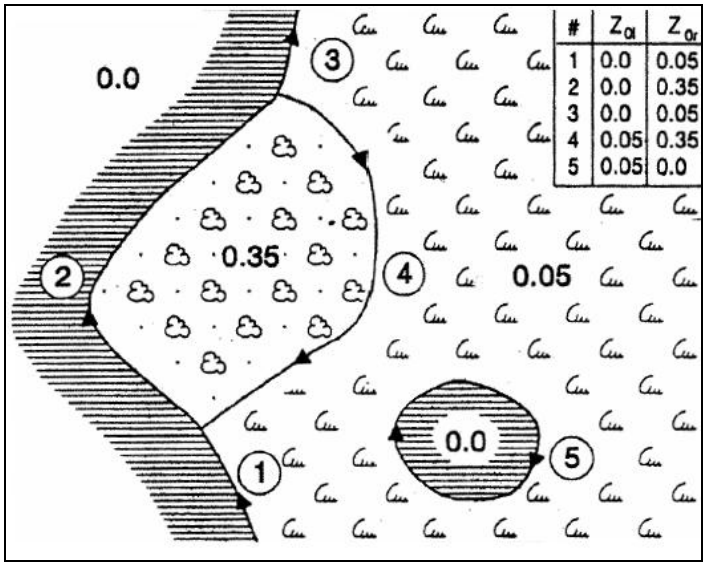
İlk durumda WASP pürüzlülük haritasından kendi pürüzlülük gülünü tanımlar, ikinci durumda doğrudan kullanıcının tanımladığı gülü kullanır. Modelin pürüzlülük için dikkate aldığı girdi, her iki durumda da bir pürüzlülük gülüdür. Pürüzlülük haritası en büyük esnekliği, haritanın kapladığı alan içindeki bir yeri serbestçe seçmekte sağlar. Pürüzlülük gülü ise, genellikle tek bir yerin pürüzlülük tarifinde daha büyük doğruluk sunar.

Pürüzlülük Haritası
Farklı pürüzlülük alanları, çoğu topoğrafik haritalarda açıkça görülür. Su alanları (deniz, fiyordlar, göller), kumlu yüzeyler, çıplak toprak, bataklık, açık çiftlik alanları, ormanlar, kasabalar ve şehirler örnek olarak verilebilir.

Bir arazi, harita üstündeki bilgiyi esas alarak, havadan çekilmiş fotoğraflar gibi yardımcı bilgilerin yardımıyla, benzer pürüzlülük alanları içine sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmada arazi, pürüzlülük sınıflarına bölünmüş gibi düşünülebilir. Bir sınıflandırma yapıldığı zaman, her bir sınıfa bir pürüzlülük uzunluğu (z_0) verilebilir. Ayrıca, her bir pürüzlülük değişim çizgisinin başlangıç ve bitiş noktaları

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

tanımlanmış olmalıdır. Başlangıçtan bitime çizgi izlenerek, çizginin sağ ve sol yanlarına sol taraftaki z_0, sağ taraftaki z_0 kesin olarak tanımlanmış olan pürüzlülük uzunlukları verilebilir. Pürüzlülük değişim çizgilerinin karakteristiği Şekil 2.66'de gösterilmektedir.

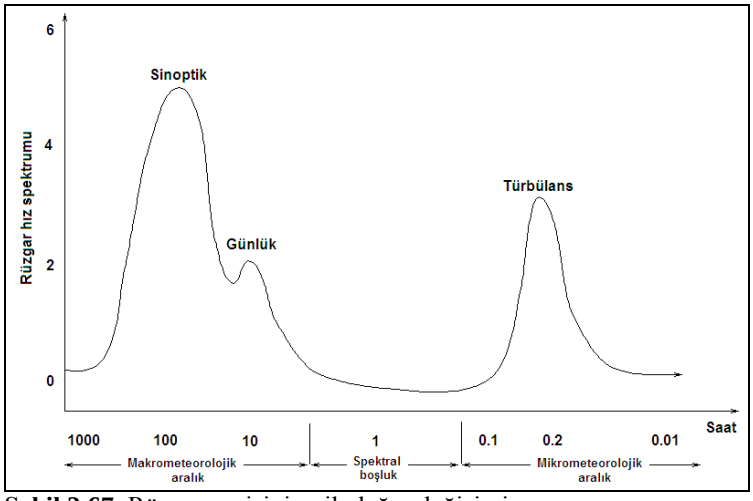


Şekil 2.66. Pürüzlülük değişim çizgilerinin örneği.

Gerçeğe uygun bir pürüzlülük haritası üretmek için, pürüzlülük değişim çizgilerinin çizilmesi ve sayısallaştırılmasında büyük dikkat harcanması gerekir. Yükseklik konturları (eş yükseklik eğrileri) gibi, pürüzlülük değişim çizgileri, birbirlerini asla kesmemelidir. Eğer kesiyorlarsa, pürüzlülük uzunluklarında yapılan bu karışıklık, yanlış sonuçların oluşumuna götürecektir.

2.9 Rüzgar Veri Analizi

Rüzgar hızı ve yönü sürekli bir değişkenlik göstermesine rağmen, herhangi bir veri kaydı incelendiğinde rüzgar hızının değişimi görülebilir. Normal bir rüzgar hız verisinde 3 türlü pik değer görülebilir. Birincisi, birkaç günlük bir zaman dilimine sahip olan ve geniş ölçekli bir hava sistemindeki enerjinin taşınımını olan sinoptik pik; ikinci değer de, günlük değişimleri ifade eder. Bu türbülanslara örnek olarak hamleli rüzgar, eddy (çok küçük ölçekli sirkülasyon) verilebilir. Sinoptik ve günlük rüzgar değişimi, meteoroloji biliminde makrometeorolojik zaman aralığında; türbülans ise mikrometeorolojik aralıkta kalmaktadır. Tahmini en güç olan üçüncü pik değer ise, atmosferdeki küçük zaman ölçekli türbülansları ifade etmektedir. Rüzgar hızı, bir hava sisteminin birkaç saatlik geçişi sırasında bile değişebilmektedir. Rüzgar hızındaki bu değişiklik doğal olarak üretilen enerjinin de değişmesi anlamına gelmektedir (Şekil 2.67).

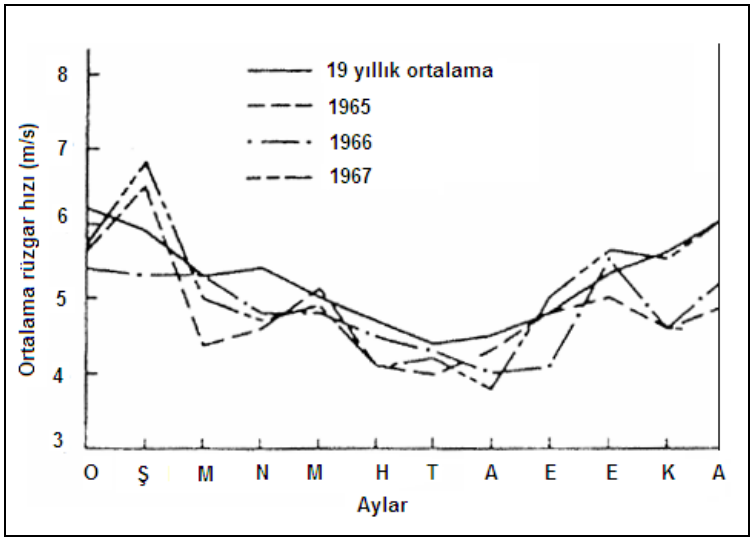


Şekil 2.67. Rüzgar verisinin pik değer değişimi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

2.9.1 Uzun Yılları Kapsayan Dönemde Rüzgar Hızının Değişimi

Rüzgar sürekli eser, bazı bölgelerde ve hatta o bölgedeki değişik noktalarda farklı hızlarda eser. Rüzgar, sürekli aynı yönde esmemektedir. Genellikle hakim bir yön bulunsa da, her yönde esebilir. Rüzgarın dört ana değişimi bulunmaktadır. Bunlar, uzun yılları kapsayan dönem, yıllık, günlük ve kısa süreli değişimlerdir. Uzun yılları kapsayan rüzgar verilerinin değişimi iklimsel olarak incelemeyi gerektirir. Meteorolojistler, iklimi 30 yıllık verilerle ifade etmektedirler. Yani, herhangi bir bölgenin iklimi hakkında çalışma yapabilmek için en az 30 yıllık veri gerekmektedir. Rüzgar elektrik santral kurulumu için yapılacak ölçümlerde ise, güvenilir bir veri için en az 5 yıl gerekmekle beraber, uygulamada bir kaç yıllık veri ile çalışılmaktadır. Bununla beraber, rüzgar ölçüm aralığı ne kadar fazla olursa o kadar iyi olur. Örneğin İngiltere'deki South Port'ta bulunan meteoroloji istasyonundan alınan ve 42 yıllık bir süreyi kapsayan rüzgar ölçümlerinde, uzun dönem ortalamalar ile yıllık ortalamalar kıyaslandığında, büyük bir değişim gözlemlenmemiştir (Şekil 2.68). Uzun dönemli rüzgar verileri incelendiğinde, verilerin kararlı bir yapıda olduğu görülür. Yani rüzgar hızının ortalaması ve dönemsel özellikleri büyük değişimler göstermemektedir. Yıldan yıla ortalama rüzgar hızının değişimi %10 civarındadır.



Şekil 2.68. Uzun yıllar rüzgar verisi.

2.9.2 Yıllık Rüzgar Hızının Değişimi

Rüzgar enerji kaynaklarındaki dikkate değer mevsimsel değişimler nedeni ile (en yüksek değişimler yazda ve sonbaharda), her mevsim için rüzgar enerji kaynağı değerlendirmesi yapılır. Rüzgar atlasında, haritalar ile rüzgar kaynağının coğrafik dağılımı gösterilir.

Kış (Aralık, Ocak, Şubat)

Ortalama yüksek seviye hava rüzgar hızları, kışın en kuvvetli olmakla beraber, ortalama rüzgar hızları dağlık bölgeler boyunca vadilerde, sırtlarda ve düz ovalarda genellikle düşüktür. Soğuk hava genellikle bir dikey sıcaklık profili oluşturarak vadi ve sırtları doldurur, bu sıcaklık profili düşük güneş ışınları nedeni ile gün boyunca sık sık kararlı kalır. Bu kararlı yüzey şartlarında, atmosferin dikey karışımı sınırlıdır ve hafif yüzey rüzgarları yakınlardaki yüksek arazilerde kuvvetli rüzgarlar olmasına rağmen genellikle ovalarda kalır. Bu nedenle, dağlık bölgeler boyunca vadilerde, sırtlarda ve ovalarda kışın genellikle sadece sınıf 1 veya 2 rüzgar kaynağı bulunur. Yüksek rüzgarkaynağı kışın, soğuk hava drenajının yüksek seviyelerden alçak seviyelere doğru rüzgar hızını artıran sıkıştırma bölgeleri veya koridorlar boyunca kanallandığı alanlarda oluşabilir. Bu rüzgar koridorlarının genişliği birkaç kilometreden 50 kilometreye kadar değişir. En yüksek rüzgar hızları genellikle koridor çıkışı yakınındadır.

İlkbahar (Mart, Nisan, Mayıs)

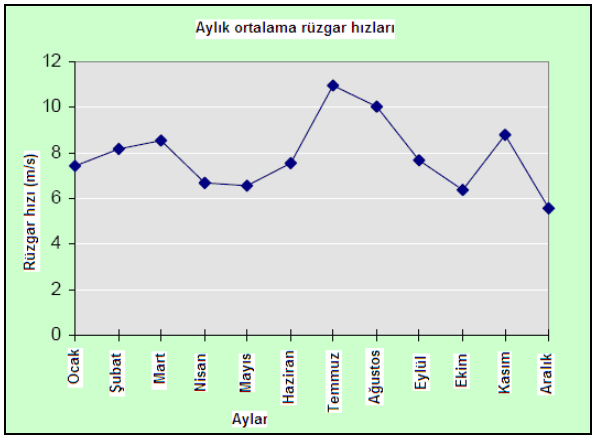
İlkbaharda gelen güneş radyasyonu kışa göre daha yüksek olduğu için, sıcaklık profilleri daha az kararlıdır ve yüzey tabakasında kışa göre daha fazla dikey karışımlar olur. Bu nedenle, yüzeye yakın vadi, sırt ve ovalarda ortalama rüzgar hızları ilkbaharda kışa göre genellikle daha büyüktür. İlkbaharda, sahil bölgeleri, kara ve deniz arasında en büyük termal farklılıkları gösterir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Yaz (Haziran, Temmuz, Ağustos)
Sahil bölgelerinde yüksek rüzgar kaynağını, basınç gradyanları meydana getirir ve sıcak karalar, deniz havasını dağlardaki büyük gediklerden karalara iterler. Yazları genellikle bu rüzgar koridorlarında kuvvetli, sürekli rüzgarlar oluşur. Rüzgar kaynağı sınıfı 6 veya 7 olan alanlar yazları oluşur, bu alanlarda topoğrafya kanal gibi davranır veya bu rüzgar koridorlarındaki akışı kuvvetlendirir.

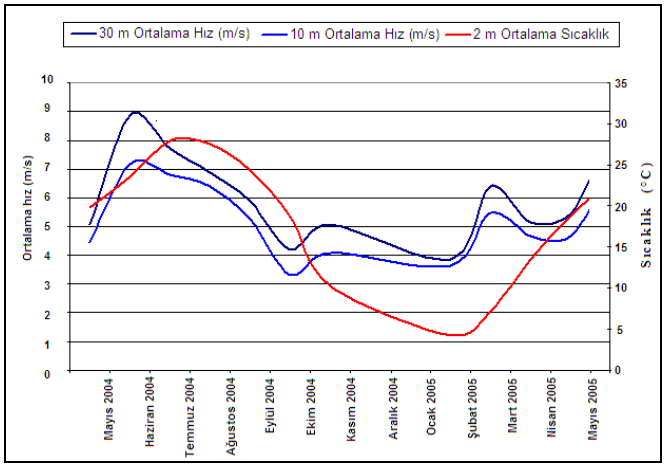
Sonbahar (Eylül, Ekim, Kasım)
Yukarı seviye rüzgar hızları sonbahardan kışa doğru kuvvetlenir. Genellikle ortalama rüzgar gücü Kasım ayında Ekim ayına göre daha büyüktür. Genellikle, ortalama sonbahar rüzgar kaynağı kış ve ilkbahara göre daha küçük fakat yaza göre daha büyük olur.

Rüzgar enerjisi uygulamalarında genellikle en az 1 yıllık rüzgar ölçümleri kullanılmaktadır. Bu yüzden rüzgar verilerinin yıllık olarak incelenmesi önemlidir. Rüzgar enerjisi potansiyelini hesaplamak için kullanılan programlardan sonuçların çıktıları, yıllık analizlere göre olmaktadır. Şekil 2.69 ile ölçümleri yapılan aday bir RES sahasına ait aylık ortalama rüzgar hızları verilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi, Temmuz ayında en yüksek aylık rüzgar hız ortalaması 11 m/s ile ölçülmüştür. En düşük ortalama rüzgar hızı da, 5.7 m/s ile Aralık ayında görülmüştür. Yıllık ortalama rüzgar hızı ise, 8 m/s civarındadır.



Şekil 2.69. Aylık ortalama rüzgar hızlarının zaman serisi.

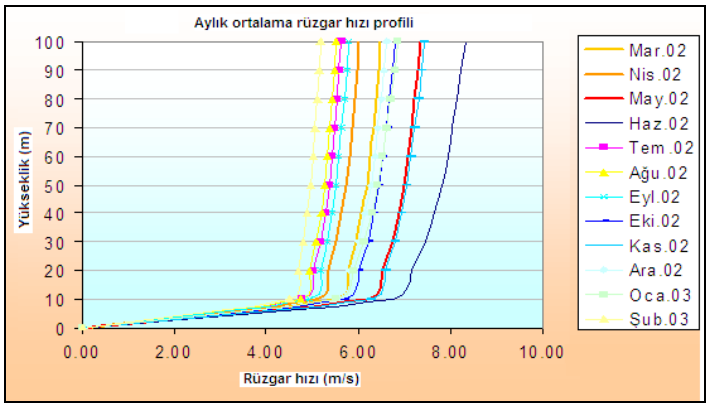
30 ve 10 metredeki ortalama rüzgar hızları ile 2 metre ölçülen sıcaklık verileri bazen aynı grafikte gösterilebilir (Şekil 2.70).



Şekil 2.70. 2 seviyedeki ortalama rüzgar hızları ve sıcaklık.

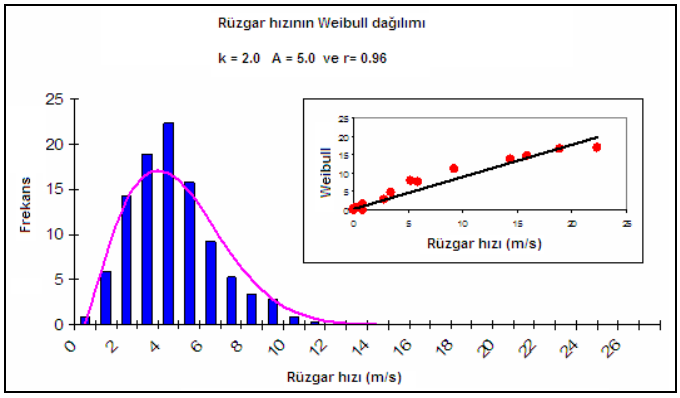
1 yıl içerisinde aylara göre 0-100 metre arasında 10'ar metre ile çizilmiş rüzgar profilleri Şekil 2.71 ile verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



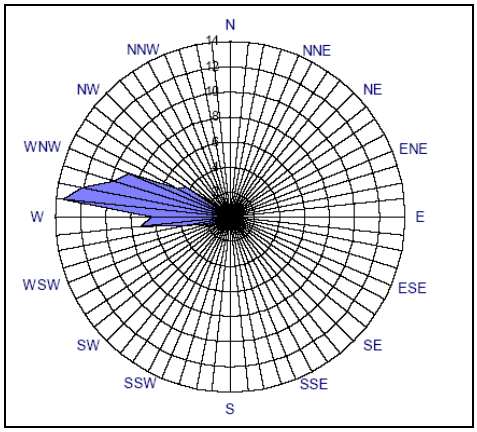
Şekil 2.71. Aylık ortalama rüzgar profilleri.

Rüzgar hızının Weibull dağılımı ve korelasyon grafiği Şekil 2.72'de görülmektedir.



Şekil 2.72. Rüzgar hızının Weibull dağılımı.

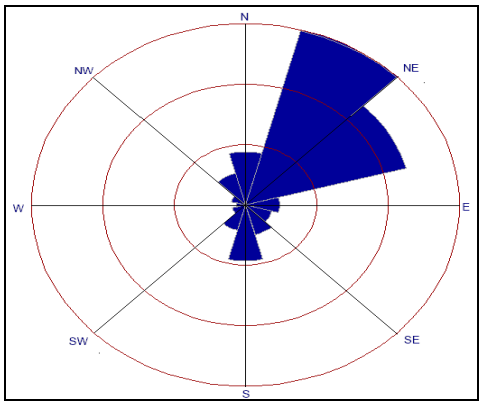
1 yıllık rüzgar ölçümleri için yapılan ölçümlerde hem hız hem de yön ölçümleri yapıldığı daha önce belirtilmişti. Rüzgar gülü, rüzgar elektrik santral kurulumu için yapılan ölçümlerde aralarında 22.5 derecelik açılar bulunan 16 sektöre ayrılarak incelenmektedir. Şekil 2.73'te 4 ana yön (S, N, E ve W) ve ana yönlerin arasında 3'er tane alt sektöre ayrılarak çizdirilen rüzgar gülü görülmektedir. Ölçümü yapılan bölgede rüzgar yönü için çok hakim bir şekilde batılı rüzgarların olduğu görülmektedir. Rüzgar türbinlerinin mikrokonuşlandırması yapılırken bu durum göz önüne alınmalıdır.



Şekil 2.73. Rüzgar gülü.

Bazı programlar ise, rüzgar yönünü 22.5 derecelik aralıklarla değil; 4 hakim yön ile 4 tali yöne göre yapmaktadır. Şekil 2.74, böyle bir rüzgar gülünü göstermektedir. Bu rüzgar gülünün grafiğine göre, söz konusu sahada, hakim bir yön bulunmamaktadır. Görüldüğü gibi, kuzeydoğu ve doğu yönleri hakim görünmekle beraber, güney, kuzey yönlerinden de rüzgar esmiştir.

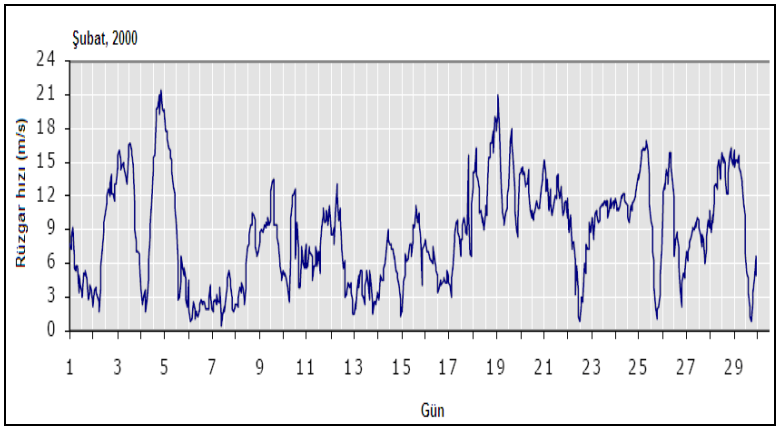
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.74. Diğer bir rüzgar gülü.

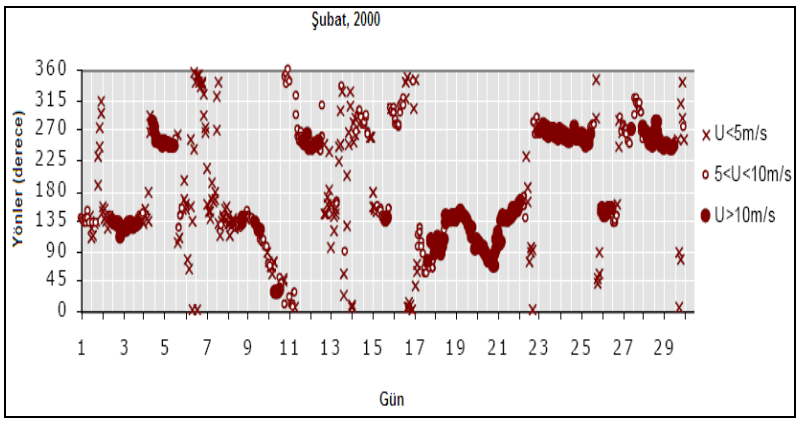
2.9.3 Rüzgar Hızının Aylık Değişimi

RES fizibilitelerinde incelenen rüzgar verilerinin aylık grafikleri de çizilerek zaman serileri incelenir. Şekil 2.75 ile örnek olarak 1 yıllık rüzgar ölçümlerinden 2000 yılının Şubat ayına ait rüzgar hızının zaman serisi gösterilmiştir. Şekil dikkatle incelendiğinde günler arasında büyük değişimlerin olduğunu göstermektedir. Bazı günler 0 m/s iken (örn rüzgarsız), bazen 3 m/s ve hemen ertesi gün de 20 m/s'lere hızlar çıkabilmiştir. Bunun nedeni, o gün içerisinde (yani 5 Şubat 2000 günü) yörede güçlü bir sinoptik sistem veya o gün çok şiddetli bir fırtına esmesi olabilir.



Şekil 2.75. Rüzgar hızı zaman serisi.

Rüzgar hızının aylık zaman serisinin incelenmesinden sonra, rüzgar hızının yönlere göre frekans (yani esme sıklığı) grafiği ise Şekil 2.76 ile gösterilmektedir. Şekil, 5 m/s'den küçük; 5 m/s ile 10 m/s arasında ve 10 m/s'den büyük rüzgar hızlarının hangi yönlerden estiğini göstermektedir.



Şekil 2.76. Rüzgar yönünün rüzgar hız dağılım grafiği.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

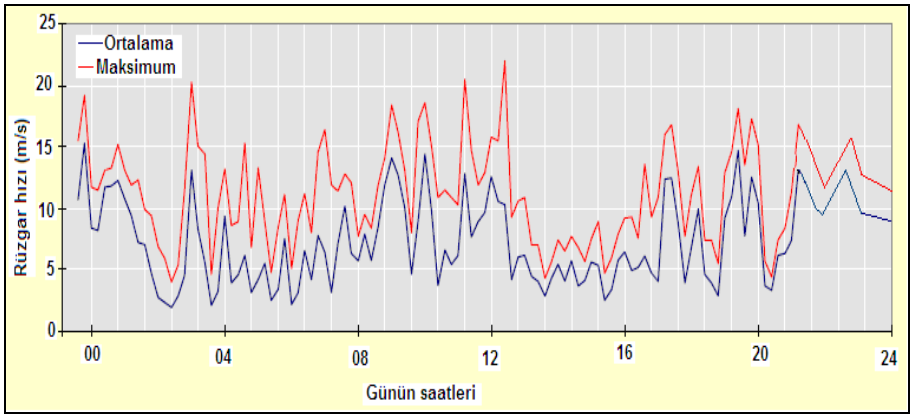
İncelenen Şubat 2000 ayına ait verilerin daha detaylı bir analizi ise, Tablo 2.8 ile verilmiştir. Tabloda ayrıca örnek olarak seçilen 50 m çapında ve 800 kW kurulu gücünde bir RT'den 29 gün içerisinde günün saatlerine göre yapılan üretim verilmiştir. Örneğin 14 Şubat 2000 saat 14:00'te 208 kW'lık bir üretim yapılacağı öngörülmüştür.

Tablo 2.8. Üretim analizi.

	Saat																						
Gün	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Topl
1	313	276	410	504	188	132	95	133	151	25	107	58	21	18	87	75	99	63	8	5	20	38	24	3	2851
2	4	23	27	15	7	2	0	35	129	256	454	546	613	677	714	730	715	739	740	720	721	666	725	736	9992
3	735	718	711	727	739	735	731	739	739	740	738	723	701	697	709	713	730	673	473	351	242	241	228	151	14685
4	36	5	8	11	23	2	3	68	178	395	525	684	735	722	718	664	656	654	652	660	435	544	659	656	9698
5	658	678	680	689	707	709	723	727	743	724	721	651	506	172	16	6	58	193	106	83	113	70	8	2	9741
6	63	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	2	4	2	2	0	0	0	0	7	35	17	137
7	1	0	1	4	1	11	3	5	28	1	0	0	2	0	8	38	73	102	61	39	5	0	0	0	384
8	0	0	1	9	31	19	45	34	10	6	32	161	301	328	435	526	530	615	614	565	299	228	199	252	5239
9	350	451	467	443	463	511	500	558	517	591	511	566	702	734	726	517	530	524	401	312	137	134	78	61	10785
10	102	75	88	68	30	37	2	284	588	676	702	715	729	219	514	287	40	72	189	294	143	130	196	313	6495
11	113	126	285	236	219	226	59	131	119	307	243	169	280	102	285	489	603	658	555	571	636	575	520	659	8175
12	507	422	411	477	307	619	734	700	555	631	574	290	262	123	169	35	12	51	44	28	51	17	8	0	7029
13	1	2	0	37	76	33	168	120	30	10	1	39	68	106	52	2	110	42	6	0	3	3	0	12	919
14	16	8	82	81	60	60	116	158	297	291	486	376	322	323	277	256	166	208	102	84	70	38	4	0	3880
15	1	1	53	79	217	168	189	210	325	314	198	354	518	504	614	670	550	622	546	442	89	259	285	350	7556
16	383	253	249	239	171	176	160	144	294	184	123	97	85	22	31	66	41	51	62	70	45	43	98	83	3170
17	58	46	12	63	146	376	411	536	565	446	404	198	366	378	525	586	500	438	424	681	612	224	210	622	8828
18	722	696	732	706	731	736	715	613	633	541	580	467	608	672	611	667	718	722	698	698	683	713	668	572	15901
19	681	554	544	678	719	740	603	572	518	610	644	700	731	725	695	680	696	725	727	616	485	405	543	741	15314
20	742	740	738	743	740	734	731	735	734	716	642	590	639	568	606	639	692	689	647	659	656	718	738	722	16558
21	709	732	719	729	715	633	697	675	590	668	664	711	691	735	732	732	691	732	719	583	630	677	686	593	16441
22	657	444	446	557	278	315	348	191	40	198	34	0	0	5	10	2	29	143	108	308	262	262	543	446	5625
23	584	586	374	403	613	636	615	552	560	650	665	681	672	684	661	687	686	586	639	695	646	677	688	651	14890
24	697	670	636	650	637	667	705	704	721	715	691	675	665	595	548	554	668	635	682	685	708	719	735	740	16100
25	742	735	719	710	711	706	709	702	694	711	722	683	565	490	244	156	36	3	0	0	2	21	83	278	10420
26	690	721	737	724	722	739	729	716	712	734	736	667	208	369	436	389	298	135	39	0	47	92	66	106	10813
27	252	175	243	297	334	395	469	500	480	551	504	590	567	500	432	299	414	359	372	148	260	389	559	503	9591
28	642	444	607	545	663	735	728	727	738	727	739	742	714	731	725	732	740	713	722	739	717	707	722	734	16730
29	709	737	727	729	729	720	739	744	741	737	667	596	213	90	73	21	2	0	0	3	15	35	197	79	9303

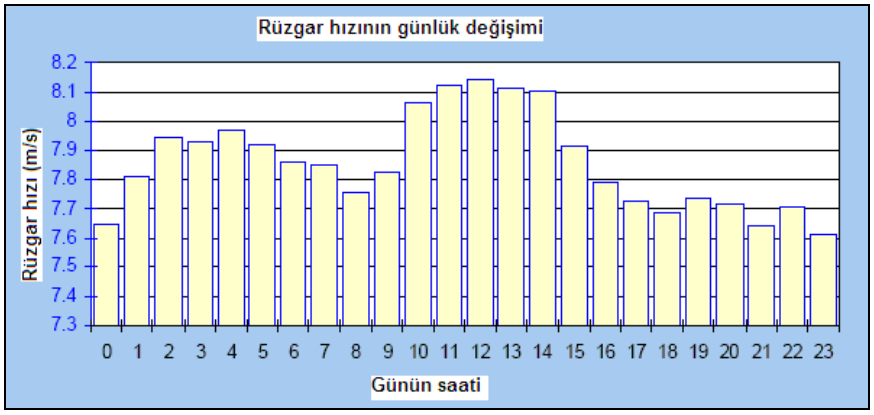
2.9.4 Rüzgar Hızının Günlük Değişimi

Rüzgar hızının günlük değişimlerinin incelenmesinde de başka bir proje sahasına ait 2001 Haziran ayına ait ortalama ve maksimum rüzgar hız verisi Şekil 2.77 ile verilmiştir.



Şekil 2.77. Rüzgar hızının günlük salınımı.

Şekil 2.78 ile başka bir rüzgar ölçüm direğine ait verinin günlük salınım verilmiştir.

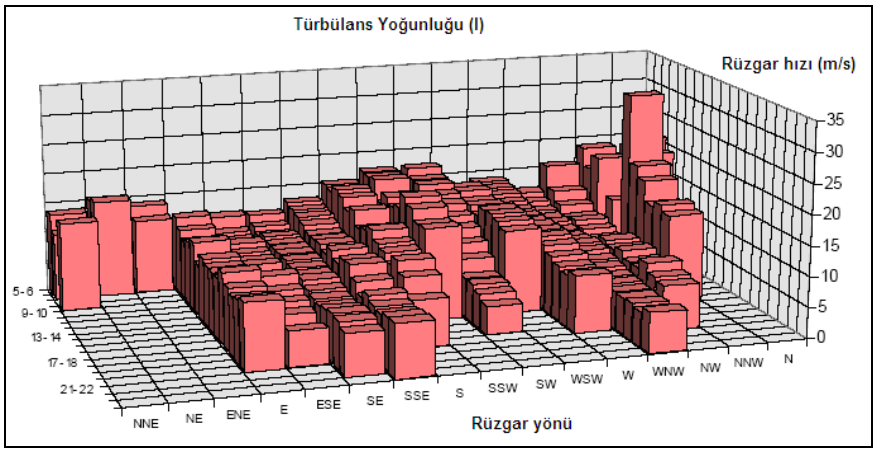


Şekil 2.78. Rüzgar hızının günün saatlerine göre histogramı.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

2.9.5 Rüzgar Hızının Diğer Bileşenleri

RES fizibilitelerinde hızın zaman serisi ve rüzgar yönünün yanında diğer bazı önemli analizleri de bulunmaktadır. Bunlar arasında en önemlisi türbülans analizidir. Şekil 2.79 ile türbülans yoğunluğu verilmiştir. Şekil 2.79 boyutludur ve türbülans yoğunluğunun rüzgar hızı ve yönlerine göre şiddetini vermektedir.



Şekil 2.79. Rüzgar hızının türbülans yoğunluğu.

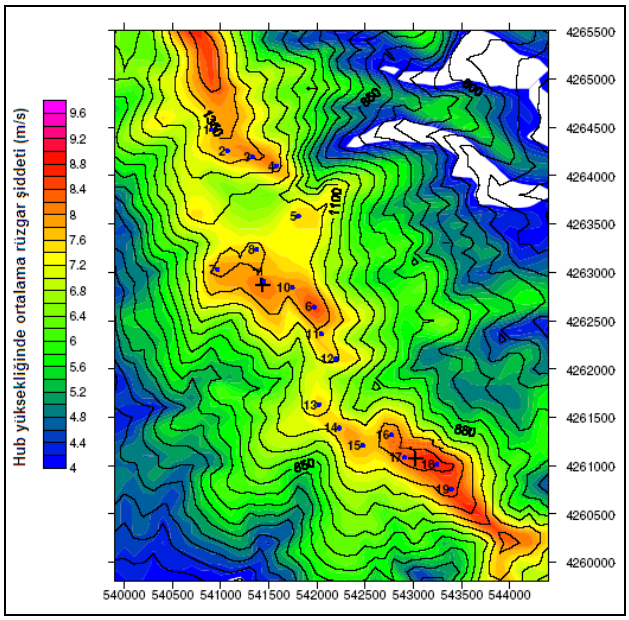
Tablo 2.9 ile, 1 yıllık verinin özeti verilmiştir.

Tablo 2.9.Yıllık verinin özeti.

Yön	Açılar derece	Weibull şekil	Weibull ölçek	Veri dağılımı	Ortalama hız	Türbülans şiddeti (%)
NNE	11.25 - 33.75	1.65	3.27	0.27%	2.5	
NE	33.75 - 56.25	1.79	2.73	0.36%	1.9	
ENE	56.25 - 78.75	1.65	2.97	0.50%	2.2	
E	78.75 - 101.25	1.42	5.69	1.30%	4.0	11.0
ESE	101.25 - 123.75	1.70	6.28	2.67%	5.0	9.5
SE	123.75 - 146.25	1.87	9.37	5.71%	8.3	9.3
SSE	146.25 - 168.75	1.72	8.40	3.29%	6.9	10.3
S	168.75 - 191.25	1.58	5.88	2.27%	4.7	14.2
SSW	191.25 - 213.75	1.71	6.11	2.20%	5.1	15.4
SW	213.75 - 236.25	1.85	7.23	4.44%	5.9	15.2
WSW	236.25 - 258.75	2.16	6.07	7.49%	4.9	14.0
W	258.75 - 281.25	2.36	8.98	32.36%	7.8	11.7
WNW	281.25 - 303.75	2.11	11.32	31.84%	10.2	8.8
NW	303.75 - 326.25	1.74	7.25	4.67%	6.7	8.6
NNW	326.25 - 348.75	1.53	4.37	0.39%	3.0	12.1
N	348.75 - 11.25	1.55	3.02	0.23%	2.3	

Şekil 2.80 ile göbek yüksekliğine korele edilmiş bir rüzgar hız potansiyel haritası görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.80. Hub yüksekliğindeki rüzgar hızı.

2.9.6 Rüzgar Ölçümlerindeki Hata Payı (Belirsizlik)

RES kurulum amacı için yapılan ölçümler, bazı hataları içermektedir. Ayrıca ölçümlerin değerlendirmesi sırasında da bazı hatalar oluşabilmektedir. Bu hata kaynakları:

- Arazi içerisinde ölçüm direğinin yanlış seçimi,
- Yanlış ölçüm sistemi seçimi,
- Ölçüm direğinin yanlış montajı,
- Anemometre yan kol montajı,
- Anemometre kalibrasyonu,
- Anemometre operasyonel karakteristikleri,
- Veri değerlendirme (istatistiki yöntemler vb),

olarak verilebilir. Yukarıda sayılan hata faktörleri, rüzgar ölçümlerinin kalitesi ve dolayısıyla da RES'in yıllık elektrik üretimi üzerinde bazı belirsizliklerin veya hataların oluşmasına neden olmaktadır. Bu hata payları tamamı ile giderilemez, ancak belirli bir hata payı bırakılarak minimize edilebilir. Konu ile ilgili birçok istatistiki yöntemler bulunmaktadır ve bu kısımda bunlardan bir tanesi anlatılacaktır. Rüzgar ölçümleri yapıldığı zaman birbirinden bağımsız hata kaynaklarını hesaplamalara dahil edebilmek için $u^2(v)$ terimi tanımlanabilir ve aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir:

$$u(\bar{v}) = \sqrt{S_B^2(\bar{v}) + S_A^2(\bar{v})}$$

eşitlikteki 2 parametre,

S_A: A tip belirsizlik
S_B: B tip belirsizlik

olarak adlandırılır ve her iki belirsizlik teriminin toplamından ortaya çıkan belirsizlik, % olarak aşağıdaki terimle ifade edilir:

$$\sigma_E = \frac{\varepsilon}{\sqrt{3}} x_{ort}$$

A tip belirsizlik, ölçülen rüzgar verisinin istatistiksel değerlendirme yaparken oluşacak hatalardan meydana gelen hata terimidir. Genellikle hesaplamaları yapan kişinin dikkat etmesi ile bertaraf edilebilir. Çoğunlukla da sıfır alınır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

B tip belirsizlik ise, anemometre kalibrasyonu, ölçüm cihazlarının işletme karakteristikleri, cihazın (anemometre) yan kol montajı, ölçüm direğinin montajı, rüzgar akışındaki belirsizlik ve veri toplama sisteminin hata payından oluşmaktadır ve aşağıdaki eşitlikte verilmektedir:

$$S_{BV} = \sqrt{u_{v1}^2 + u_{v2}^2 + u_{v3}^2 + u_{v4}^2 + u_{v5}^2 + u_{v6}^2}$$

Eşitlikteki u_{v1}, u_{v2}, u_{v3}, u_{v4}, u_{v5} ve u_{v6}, aşağıdaki Tablo 2.10 ile verilmiştir.

Tablo 2.10. Rüzgar ölçümlerindeki hata kaynakları.

Hatanın Kaynağı	**Değer**	**Kabuller**
u_{v1} (Anemometre kalibrasyonu belirsizliği)	$u_{v1} = u(U) = 0.10$ m/s	Bu değer, ortalama olarak alınmaktadır.
u_{v2} (Anemometre operasyonel karakteristikleri)	$u_{v2} = \frac{0.005\overline{U}}{\sqrt{3}}$	Tipik olarak ölçümün %0.5'i alınır.
u_{v3} (Ölçüm direği montaj hatası)	$u_{v3} = 0$	Ölçüm direğinin hatasız bir şekilde monte edilmiştir.
u_{v4} (Rüzgar akışındaki belirsizlik)	$u_{v4} = \frac{0.005\overline{U}}{\sqrt{3}}$	Ölçümlerin %0.5'i alınır.
u_{v5} (Anemometre yan kol montaj belirsizliği)	$u_{v5} = 0$	Yan kol montajının hatasız olduğu varsayılmıştır.
u_{v6} (Ölçüm kayıt sistemindeki belirsizlik)	$u_{v6} = \frac{0.5\partial u / \partial f}{\sqrt{3}}$	

Yukarıdaki tabloda verilen bilgiler ışığında 30 m yükseklikte yapılan rüzgar ölçümleri sonucunda yıllık ortalama 7.7 m/s rüzgar hızına sahip bir bölgedeki toplam hata payı (belirsizlik),

$$S_{BV} = \sqrt{u_{v1}^2 + u_{v2}^2 + u_{v3}^2 + u_{v4}^2 + u_{v5}^2 + u_{v6}^2 dt}$$

$$= \sqrt{0.10^2 + \left(\frac{0.005x7.7m/s}{\sqrt{3}}\right)^2 + 0.0 + \left(\frac{0.005x7.7m/s}{\sqrt{3}}\right)^2 + 0.0 + \left(\frac{0.5x0.75}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$= 0.241 \text{ m/s}$$

Toplam hata payı (belirsizlik)

$$u(\overline{v}) = \sqrt{S_B^2(\overline{v}) + S_A^2(\overline{v})} = \sqrt{0.0 + 0.241^2} = 0.241 \text{ m/s}$$

%95 emniyet seviyesi (confidence level) ve coverage factor 2 alınırsa, 7.7 m/s ortalama hız ve 30 m yükseklikte yapılan rüzgar ölçüm direğinde hata,

$\varepsilon_{95} = 2u = 2 \times 0.241 = 0.482$ m/s

0.482 m/s'lik hata payı, 7.7 m/s'lik rüzgar ölçümünün %6.3'üne eşittir. Yani, yapılan ölçümlerdeki hata payı %6.3'tür.

2.10 Kısa Süreli Rüzgar Tahmini

Rüzgar elektrik santrallarından (RES) kısa süreli rüzgar enerjisi tahmini yapılması çok önemlidir. Liberalleşen enerji piyasalarında en önemli özellik olarak elektrik enerji üretim ve elektrik enerjisi dağıtım planlamasının yapılması yatmaktadır. AB Ülkelerinde elektrik dağıtımı yapan şirketler ülkelerindeki mevzuat gereği enerjinin belli bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından (YEK)

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

karşılamak zorundadırlar. Günümüzde YEK kullanımı en fazla rüzgar enerjisi yolu ile olmaktadır. Şirketler bu amaçla planlama yaparken rüzgar elektrik santralarına ağırlık vererek YEK kullanım portföyünü doldurabilmek için en azından 0-48 saate kadar olan enerji planlamalarını yapabilmek istemektedirler. Geleneksel enerji kaynakları ile çalışan elektrik santrallarında böyle bir sorun bulunmaz iken; RES'lerde bu durum önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu yüzden Avrupa'daki birçok şirket, rüzgar enerjisi tahmin modelleri ile çalışmaktadır. RES'lerden üretimin tahmininin diğer önemli yanı da; planlama yaparken RES'lere ağırlık vererek geleneksel kaynakların mümkün mertebe az kullanılarak çevre duyarlılığına önem verilmesidir. Kısa süreli tahmin modelinin kullanılmasının en önemli yanlarından birisi de; liberalleşen enerji piyasası ile ortaya çıkan spot piyasa kavramıdır. Spot piyasalarda enerji planlamasının yapılması ve anlık veya kısa süreler için yapılan ikili anlaşmalar yolu ile ortaya çıkan piyasa yapısı, tahmin konusunun önemini arttırmaktadır. İzleyen sayfalardan da görüleceği gibi, bu modeller üniversiteler ve enstitüler tarafından geliştirilmiştir.

Genel olarak kısa süreli rüzgar enerjisi (short term wind power prediction) tahmin modeli denince 0-48 saat aralığındaki süre anlaşılmaktadır. Bununla beraber, çok kısa süreli tahmin modeli olarak 0-10 saat arası; ve en fazla 0-72 saat arası rüzgar enerjisi tahmin modelleri bulunmaktadır. Rüzgar enerjisi ile ilgili son yıllarda en fazla araştırma yapılan konulardan birisi de kısa süreli enerji tahmini konularındaki modellerdir. Rüzgar enerjisi kurulu gücü arttıkça, elektrik dağıtım şirketleri daha güvenilir ve önceden tahmin edilebilen rüzgar elektrik santrallarına ihtiyaç duymaktadırlar. Elektrik piyasasının liberalleştirilmesi sürecinde yeni bir piyasa yapısı ortaya çıkmaktadır. Spot piyasaya geçiş süreci de başlayacaktır. Bunun anlamı da, elektrik santrallarından üretim planlaması yapılırken zaman diliminin çok küçülmesidir. Rüzgar elektrik santrallarında genellikle 1 yıllık veya 1 aylık üretim hesaplamaları yapılır iken; yeni liberal piyasa yapısında artık 0-72 saat arası tahmin de gerekecektir. Diğer geleneksel kaynaklar ile çalışan elektrik santrallarına bu durum sorun yaratmamakta iken; rüzgar elektrik santrallarında bu ciddi bir sorundur. Örneğin Nord Pool isimli Danimarka, Finlandiya ve İsveç'in kurmuş olduğu enerji havuzunda 12-36 saat arasında rüzgar enerjisi tahminleri yapılarak elektrik havuzuna verilmektedir.

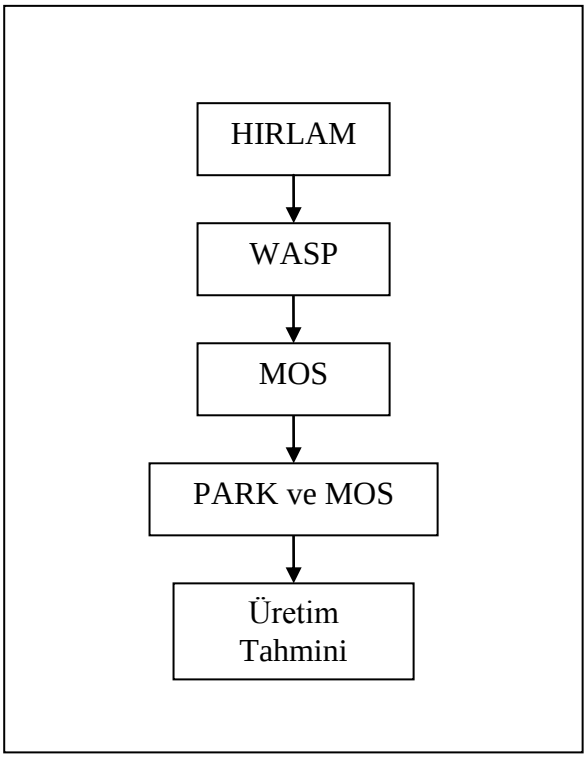
2.10.1 Kısa Süreli Rüzgar Enerji Tahmini ile İlgili Çalışmalar

Kısa süreli rüzgar enerjisi tahmini yapan modellerin geliştirilmesi kolay değildir. Böyle bir model, atmosferik akış, yerel topoğrafya ve atmosferik koşullar gibi birçok non-lineer ve non-stasyoner parametreleri içerir. Kısa süreli tahmin modelleri ile ilgili olarak özellikle Avrupa ülkelerinde birçok çalışma yapılmıştır. Dünya literatürü incelendiğinde konu ile ilgili 6 sınıflandırma yapılabilir. Bunlar; sayısal hava tahmini ve MOS, sayısal hava tahmini ve istatistiksel model ve MOS kombinasyonu, sayısal hava tahmini ve mezo ölçek model kombinasyonu, sinir ağları (neural network) yöntemi ile yapılan çalışmalar ve istatistiksel çalışmalar ile araştırma amaçlı kullanılan modeller olarak 6 sınıfta toplamak mümkündür.

2.10.1.1 Sayısal Hava Tahmini ve MOS

HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) modelinde olduğu gibi, tahmini yapılmak istenen rüzgar, yüzeyde jeostrofik sürtünme kanunu, hub yüksekliğine de logaritmik rüzgar profil kanununu kullanarak çalışmaktadır ve atmosfer nötr olarak kabul edilmektedir. WASP programı, engel, yüzey pürüzlülüğü gibi yerel etkileri dikkate almaktadır (Şekil 2.81).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.81. Sayısal hava tahmini ve MOS.

2.10.1.2 Sayısal Hava Tahmini ve İstatistiksel Model

WPPT (Wind Power Prediction Tool) Danimarka Teknik Üniversitesi'nde Institute for Informatics Mathematical Modelling tarafından geliştirilen ve 0.5 - 30 saate kadar tahmin yapabilen model istatistiksel yöntemleri kulanarak geniş bir alan üzerinde bulunan rüzgar türbinlerinden üretim tahmini yapabilmektedir. HIRLAM her 6 saatte bir tahmin yapabilmektedir.

2.10.1.3 Sayısal Hava Tahmini ve İstatistiksel Model ve MOS

HIRLAM verileri de eklenerek 40 saate çıkarılabilmiştir ve bu versiyon Elsam ve diğer Danimarka'lı elektrik şirketleri tarafından kullanılmaktadır. Basit anlamda MOS modeli:

$$\omega_{t+k} = a_k\omega_{t+k} + \varepsilon_{t+k}$$

formülde kullanılan

ε_{t+k} : beyaz gürültü
k : tahmini yapılan zaman

olarak verilmiştir. Yapılan tahminin doğruluğu ise,

$$\rho = \frac{VAR(w_{t+k}) - MSE_k}{VAR(w_{t+k})}$$

eşitliği ile test edilir. Eşitlikte kullanılan parametreler ise,

VAR: Gözlemlerin tahmini varyansı
MSEk: k saat sonraki hataların karesinin ortalaması

olarak verilmektedir. ρ=1 ise, tahmin mükemmeldir, ρ=0 ise tahmin çok kötüdür.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

2.10.1.4 İstatistiksel Model

Bu tip modeller, ısrarlılık, ortalama hareketli tahmin, otoregresif model mimarisi (ARMA) ve fuzzy modellerini içermektedir.

P-inci mertebe Markov modelinde [AR(p) modeli] i-inci zamanın y_i değeri için şöyle bir ifade kabul edilir:

$$y_i = \sum_{j=1}^{p} \phi_j y_{i-j} + \varepsilon_i$$

$$= \phi_1 y_{i-1} + \phi_2 y_{i-2} + ... + \phi_p y_{i-p} + \varepsilon_i$$

Burada i-inci zamandaki değerin bundan önceki p zamanındaki değerlerle doğrudan doğruya bağımlı olduğu görülmektedir. ϕ_i modelin regresyon katsayıları, ε_i bağımsız değişkendir. Amerika'da yapılan bazı çalışmalarda, rüzgar santrallarından üretim tahmininde ARMA modeli kullanılmıştır. ARMA modelinin üç bileşeni vardır: otoregresif, entegre terim (integrated) ve hareketli ortalama. Entegre terim önemli bir açıklama getiremiyor ise, genelde ihmal edilir. Yapılan çalışmada entegre terim ihmal edilir bulunmuştur. Bulunan ARMA modeli,

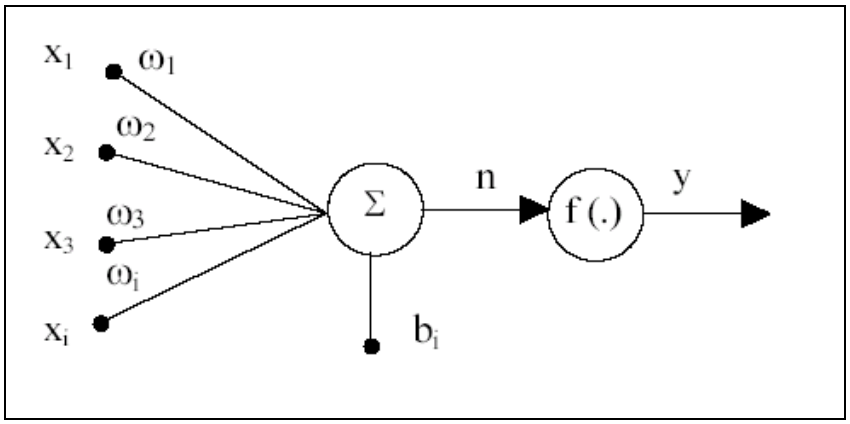
$$X_t = \sum_{j=1}^{p} a_j X_{t-j} + \sum_{k=0}^{q} b_k e_{t-k}$$

olarak ifade edilmiştir. Eşitlikte verilen *t* anında X zaman serisi, X'in geçmiş gözlemlerinin lineer kombinasyonu ve *e* serisinin hareketli ortalaması ve sabit varyans ile karakterize edilir. X'in zaman serisi ARMA(p,q) prosesi olarak bilinir ve *p*, X otoregresif serinin derecesi ve *q* hareketli ortalama hata terimidir.

Doğruluğu ise RMSE (root mean square error) ile test edilmektedir. Düşük RMSE daha doğru tahmin demektir, yüksek değerler ise, hata oranının arttığını göstermektedir.

2.10.1.5 Yapay Sinir Ağları

Hücre olarak adlandırılan ve yapay sinir ağlarını oluşturan işlem birimleri kullanılarak tahmin yapılmaktadır. Biyolojik sinir hücresinin girdi, işlem ve çıktı karakteristiğini gerçekleşmek üzere oluşturulmuş bir yapay sinir hücresi Şekil 2.82 ile verilmiştir. Bunlar: girişler (x_i), ağırlıklar (ω_i), toplam fonksiyonları (Σ), aktivasyon fonksiyonu (f) ve çıkış değeri (y)'dir.



Şekil 2.82. Yapay sinir hücresi.

Bu hücrelerin paralel bağlanması ile katmanlar, katmanların da seri bağlanması ile çok katmanlı yapay sinir ağları oluşur. Genelde bir giriş katmanı, bir gizli katman ve bir de çıkış katmanından oluşan ağlar kullanılmaktadır. Ağın matematiksel bağıntısı aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$y = f^2 [\omega^2 f^1 (\omega^1 x + b^1) + b^2]$$

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Yapay sinir ağları iki aşamalı olarak çalışmaktadır:

1- *Öğrenme aşaması:* Bu aşamada ağın giriş-çıkış ilişkisini veren matematiksel bağıntıdaki ağırlık katsayıları (ω) ve eşik katsayıları (b) ayarlanır. Ağırlık vektörü ω, ω(0) başlangıç değerinden başlanarak ardışıl olarak değiştirilir. (k+1) adım için ω ağırlık vektörü şu şekilde hesaplanır:

$$\omega(k+1) = \omega(k) + \Delta\omega(k)$$

Δω, ağırlık değişimi, x giriş vektörü ile öğrenme işareti r'nin çarpımı ile orantılıdır. Öğrenme işareti r, genel olarak ω, x ve hedeflenen çıkış t'nin bir fonksiyonudur. Buna göre k. adım için Δω(k) şu şekilde yazılabilir:

$$\Delta\omega(k) = \alpha\, r\, [\omega(k), x(k), t_j(k)$$

Burada α, öğrenme oranı olarak adlandırılan ve öğrenmenin hızını belirleyen pozitif bir sayıdır.

2- *Test aşaması:* Eğitim aşamasında bulunan ω ve b değerleri kullanılarak elde edilen matematiksel model yardımı ile giriş verilerine karşılık düşen çıkış değerleri bulunur.

2.10.2 Kısa Süreli Rüzgar Enerjisi Tahmininde Kullanılan İstatistiksel Eşitlikler

Şimdiye kadar bu modellerde ve diğer meteorolojik tahmin modellerinde süreklilik modeli kullanılmıştır:

$$P_{t+k} = P_t + \varepsilon_{t+k}$$

Burada kullanılan;

t: zaman indeksi,
k: istenilen ilerdeki zaman
P: rüzgar enerjisi
ε: kalan (residual)

olarak verilmektedir. Tahmin, $\hat{P}$ ise, aşağıdaki eşitlikle bulunmaktadır:

$$\hat{P}_{t+k} = P_t$$

Bu da zaten k adım sonraki beklenen değerin en son değere eşit olduğunu söylemektedir. İstatistikte buna ısrarlılık veya naive tahmin denir. Yani şu anki durum ne ise tahmin değeri de aynıdır anlamına gelmektedir. Atmosferin karakteristik ölçeği f^{-1} ie verilir (f: Coriolis parametresidir, $10^{-4}s^{-1}$ değerine sahiptir ve genellikle 3 saatlik bir zaman dilimine eşittir). Tahminlerde gözlemlerin kıyaslanması için ise, root mean square error (RMS) veya mean square error (MSE) genellikle kullanılır. Israrlılık tahmin yöntemi için MSE;

$$MSE_p = \frac{1}{N-k}\sum_{t=1}^{N-k}(p_{t+k} - \hat{p}_{t+k})^2$$

$$= \frac{1}{N-k}\sum_{t=1}^{N-k}(p_{t+k} - p_t)^2$$

Yukarıdaki eşitlikte kullanılan N, gözlem sayısıdır ve RMS ise,

$$RMS = \sqrt{MSE_p}$$

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

olarak elde edilir. Atmosferin quasi-stationary olması sebebi ile, zaman adımı k birkaç saatten küçük olduğu durumlarda yukarıdaki eşitlikler kullanılır, k değeri büyüdükçe k >> f^{-1}, örneğin 36 saat, atmosfer artık sabit değildir ve p_{t+k} ile p_t arasındaki korelasyon sıfıra yakındır. Dolayısı ile, şu anki akış ile gelecekteki akış arasında herhangi bir korelasyon kurulamaz ve artık geçerliliğini yitirir.

Recursive en küçük kareler tahmin yönteminde eksponansiyel unutma (exponential forgetting) denir. Bu model lineerdir ve,

$$y_t = \Phi_t^T \theta + e_t$$

eşitliği ile verilir. Burada verilen;

θ: parametre değeri,
Φ_t: regressör vektörü,
e_t: belirli bağımsız dağılımlı gürültü ardılı (independent identically distributed noise sequence)

En küçük kareler yöntemi aşağıdaki formülle verilir:

$$V_{(\theta)} = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}(y_t - \hat{y}_{t|t-1}(\theta))^2$$
$$= \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}(\tilde{y}_{t|t-1}(\theta))^2$$

eşitlikte kullanılan;

N: Gözlem sayısı,
y_t: t.nci zamandaki gözlem,
$\tilde{y}_{t|t-1}(\theta)$: (t-1) zamanından sonra gelen t zaman tahmini.

Recursive en küçük kareler yöntemi ile eksponansiyel unutma formülü ile beraber:

$$V(\theta_t) = \frac{1}{N}\sum_{s=1}^{t}\lambda^{t-s}(y_s - \hat{y}(\theta_t))^2$$
$$= \frac{1}{N}\sum_{s=1}^{t}\lambda^{t-s}(\tilde{y}_s(\theta_t))^2$$

ile verilir. Yukarıdaki formülde,

λ: unutma faktörü (forgetting factor) olarak kullanılır ve $0 < \lambda \leq 1$ arasında değişir. Forgetting faktörünün belirlenmesi çalışılan tahminin duyarlılığına göre değişir. Tipik olarak $0.95 \leq \lambda \leq 0.999$ arasında değişir. Efektif gözlemlerin sayısı,

$$N_{eff} = \frac{1}{1-\lambda}$$

olarak verilmektedir

2.10.2.1 Bir Adım Sonraki Tahmin
Adaptive recursive en küçük kareler yöntemi aşağıdaki formülle verilmektedir:

1. (t-1) anındaki θ tahminini kullanarak 1-adım sonraki tahmin hatasının bulunması:

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

$$\tilde{y}_{t|t-1} = y_t - \varphi_{1,t}^T \hat{\theta}_{t-1}$$

2. Parametre tahmini için kovaryans matrisinin güncellenmesi:

$$P_t = \frac{1}{\lambda}\left(P_{t-1} \frac{P_{t-1}\varphi_{1,t}\varphi_{1,t}^T P_{t-1}}{\lambda + \varphi_{1,t}^T P_{t-1}\varphi_{1,t}}\right)$$

P(t) matrisi,

3. parametre tahmininin de güncellenmesiyle

$$\hat{\theta}_t = \hat{\theta}_{t-1} + P_t \varphi_{1,t} \tilde{y}_{t|t-1}$$

formülleri elde edilir. İlk değer rastgele seçilebilir ve genellikle sıfır alınır. t zamandan 1 adım sonraki y_{t+1} zamandaki tahmin de,

$$\hat{y}_{t+k|k} = \varphi_{k,t+k}^T \hat{\theta}_k$$

olarak ifade edilmektedir.

2.10.2.2 k-Adım Sonraki Tahmin

Eğer tahminler sonraki adımlar için olacaksa, 2 alternatif yol bulunmaktadır:

- $\hat{\theta}_{t-k}$ tahminleri ve $\varphi_{k,t}$ regressörleri, $\hat{\theta}_{t-1}$ ve $\varphi_{t,1}$ yerine kullanılabilir,
- Pseudo tahmin hataları, tahminlerin güncellenmesi için kullanılabilir. t zaman sonra pseudo tahmin hataları

$$\tilde{y}_{t|t-k}^{pseudo} = y_t - \varphi_{1,t}^T \hat{\theta}_{t-1}$$

olarak verilir. Her 2 halde de, k-adım sonraki tahmin,

$$\hat{y}_{t+k|t} = \varphi_{k,t+k}^T \hat{\theta}_t$$

2.10.2.3 Rüzgar Enerjisi Tahmininde Kullanılan Modellerin Formülasyonu

Rüzgar enerji santralarından üretim tahmini için ARX modeli kullanılarak aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir:

$$\sqrt{P_{t+k}} = a_1\sqrt{P_t} + b_1\sqrt{\varpi_t} + b_2\varpi_t + m_{t+k} + e_{t+k}$$

$$m_t = m + c_1 \sin\left[\frac{2\pi t}{48}\right] + c_2 \cos\left[\frac{2\pi t}{48}\right]$$

yukarıdaki eşitliklerde kullanılan;

P_t: t zamanında ölçülen güç üretimi,
ω_t: t zamanında ölçülen rüzgar hızı,
e_{t+k}: belirli bağımsız dağılımlı gürültü ardılı (independent identically distributed noise sequence)
m_t: 2.15 eşitliği ile verilen güç üretimi seviye ve günlük değişime bağlı fonksiyonu göstermektedir.

2.10.2.4 Polinomal Açılım Modeli

2.22 eşitliğinde verilen modele polinomal açılım (polynomial extension) uygulanırsa,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

$$\sqrt{p_{t+k}} = a_1\sqrt{p_t} + b_1\sqrt{\varpi_t} + b_2\varpi_t + b_3\sqrt{\varpi^{HIR}_{t+k|k}} + b_4\varpi^{HIR}_{t+k|k} + m_{t+k} + e_{t+k}$$

$$\mathrm{m_t} = m + c_1 \sin\left[\frac{2\pi t}{48}\right] + c_2 \cos\left[\frac{2\pi t}{48}\right]$$

yukarıdaki eşitlikte kullanılan $\varpi^{HIR}_{t+k|k}$; t zamanından k zaman sonraki t+k zamanki rüzgar hız tahminidir.

2.10.2.5 Güç Eğrisi Açılımı Modeli

Yukarıda rüzgar hızı ile üretim arasındaki polinomal ilişkiden yararlanılarak bir model verilmişti. Diğer bir yaklaşım da, polinomal eşitliğine meteorolojik tahminlerin de dahil edilmesidir.

$$G(\varpi_t, \phi_t) = \exp\left[-b\exp\left[-k(\phi_t)\varpi_w\right]\right]$$

$$k(\phi_t) = k_0 + \sum_{i=1}^{N_{tric}}\left[\ k_{i1}\sin\left[i\phi_t\right] + k_{i2}\cos\left[i\phi_t\right]\ \right]$$

Burada Gompertz parametrizasyonu (rüzgar yönüne bağlı olarak) güç eğrisi modeli kullanılmıştır. Gözlenmiş rüzgar hız ve yön verileri yukardaki eşitlikte yerine konulursa,

$$\sqrt{p_{t+k}} = a_1\sqrt{p_t} + b_1\sqrt{\varpi_t} + b_2\varpi_t + b_3\sqrt{G(\varpi^{HIR}_{t+k|k}, \phi^{HIR}_{t+k|k})} + m_{t+k} + e_{t+k}$$

$$\mathrm{m_t} = m + c_1 \sin\left[\frac{2\pi t}{48}\right] + c_2 \cos\left[\frac{2\pi t}{48}\right]$$

elde edilir. Yukarıdaki eşitlikte verilen $\phi^{HIR}_{t+k|k}$; t zamanından k zaman sonraki t+k zamanki tahmindir.

2.10.2.6 Dinamik Tahmin Modeli

Rüzgar enerji santrallarından enerji üretim tahmininde kullanılan dinamik model aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$p_{t+k|t} = a_1 p_t + a_2 p_{t-1} + b\hat{p}^{pc}_{t+k|k} + \sum_{i=1}^{3}\left[c_i^c \cos\frac{2i\pi h^{24}_{t+k}}{24} + c_i^s \sin\frac{2i\pi h^{24}_{t+k}}{24}\right] + m + e_{t+k}$$

Yukarıdaki eşitlikte kullanılan,

p_t: gözlemlenen güç üretimini,
k: tahmin aralığı (1-39 saat arasında),
$\hat{p}^{pc}_{t+k|k}$: güç eğrisi tahmini,
h^{24}_{t+k} : gün içindeki zamanı,

Yukarıdaki dinamik tahmin modelinde, günlük tahmin ile gözlemlerin arasındaki sapmalar, Fourier açılım yöntemi ile hesaplanmaktadır. Çok adımlı bir modeldir ve non-linearite ile modellenmemiş etkileri de göz önüne alır. Modeldeki terimlerin sayısı, tahmin zamanına göre değişir.

2.10.2.7 Upscaling Tahmin Modeli

Herhangi bir bölgedeki dinamik upscaling tahmin modeli:

$$\hat{p}^{reg}{}_{t+k|t} = f(\varpi^{-ar}_{t+k|k}, \overline{\theta}^{ar}_{t+k|k}, k)\hat{p}^{loc}_{t+k|k}$$

Yukarıdaki eşitlikte kullanılan,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

$\hat{p}^{reg}_{t+k|t}$: bölgedeki local (dinamik) güç tahmini,

$\varpi^{-ar}_{t+k|k}$: tahmini bölgesel rüzgar şiddeti,

$\overline{\theta}^{ar}_{t+k|k}$: tahmini bölgesel rüzgar yönü,

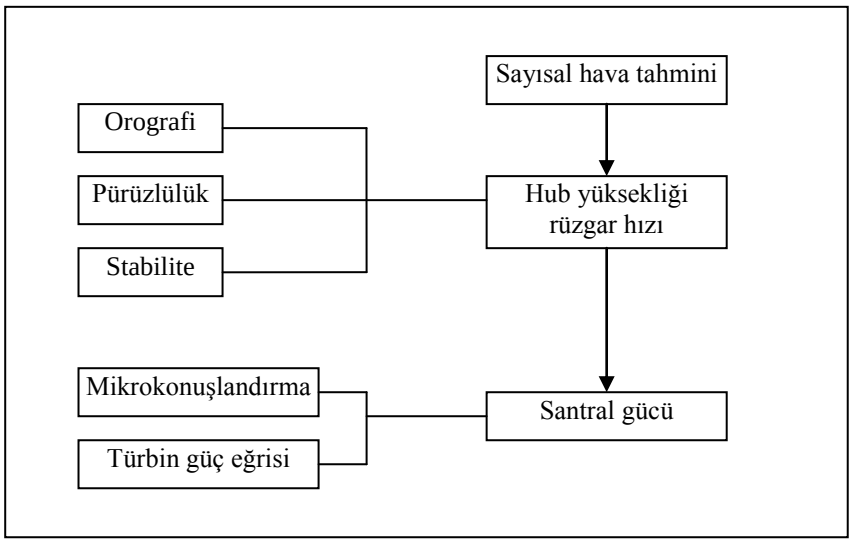
olarak verilmektedir. NWP (Numerical Weather Prediction) ve $\hat{p}^{loc}$ parametrelerinin karakteristik özellikleri tahmin aralığına göre değişir. Yukarıda özellikle Avrupa'da rüzgar elektrik santrallarından üretim tahmin amaçlı kullanılan bazı tahmin modelleri verilmiştir.

2.10.3 Kısa Süreli Rüzgar Enerjisi Tahmin Modelleri

Kısa süreli tahmin modelleri ile ilgili olarak özellikle Avrupa Ülkelerinde çalışmalar yapıldığı daha önce de belirtilmişti. Geliştirilen modellerin çoğu aktif olarak kullanımdadır. İzleyen sayfalarda özellikle Avrupa ülkelerinde kullanılan modeller ile ilgili olarak kısa bilgi verilmiştir.

2.10.3.1 Previento

Previento modeli Oldenburg Üniversitesi tarafından geliştirilen bir modeldir. Rüzgar türbini yüksekliğindeki rüzgar hızını dikkate alan bir modeldir. Aşağıda verilen Şekil 2.83, Previento modelinin çalışma şeklini ve giriş verilerini göstermektedir.



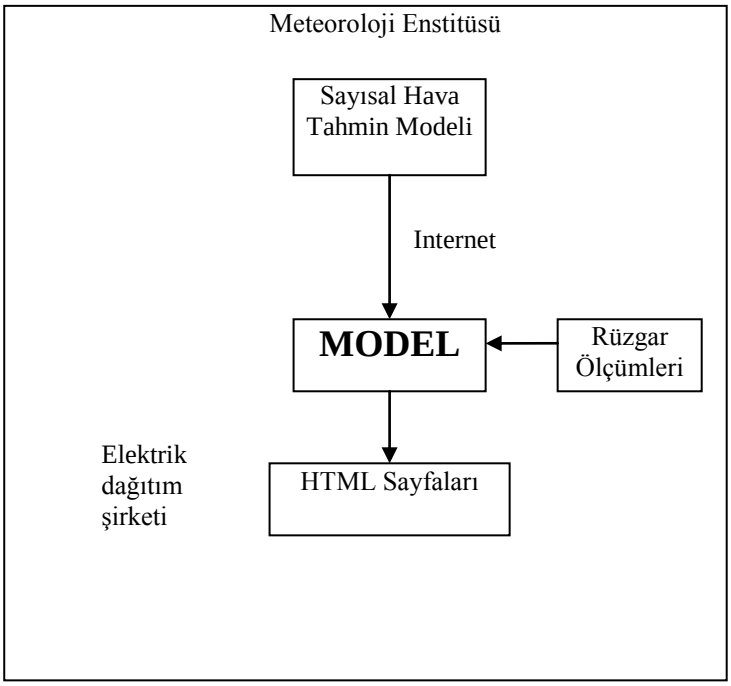
Şekil 2.83. Peviento modeli.

Previento modeli, sayısal hava tahmin verilerine ek olarak, orografi, pürüzlülük, ve stabilite verilerini alıp çalıştırılarak kısa süreli rüzgar elektrik santralından elektrik enerji üretim tahmini yapmaktadır.

2.10.3.2 Zephyr/Prediktor

Zephyr/Prediktor modeli, Danimarka'da bulunan Risoe Ulusal Laboratuvarı Meteoroloji Bölümü tarafından WASP modeli içerisinde geliştirilmiştir. Genellikle kısa süreli 0-48 saat arasındaki tahmin aralığını kapsar. Bu model, interneti de aktif bir şekilde kullanarak tahminlerini yapmaktadır. Şekil 2.84, Zephyr/Prediktor modelinin çalışma prensibini basitleştirilmiş olarak vermektedir. Önceleri Prediktor modeli geliştirilmiş, Zephyr modeli daha sonra geliştirilerek Prediktor ile birleştirilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.84. Zephyr/Prediktor modelinin basitleştirilmiş çalışma modeli.

2.10.3.3 Anemos

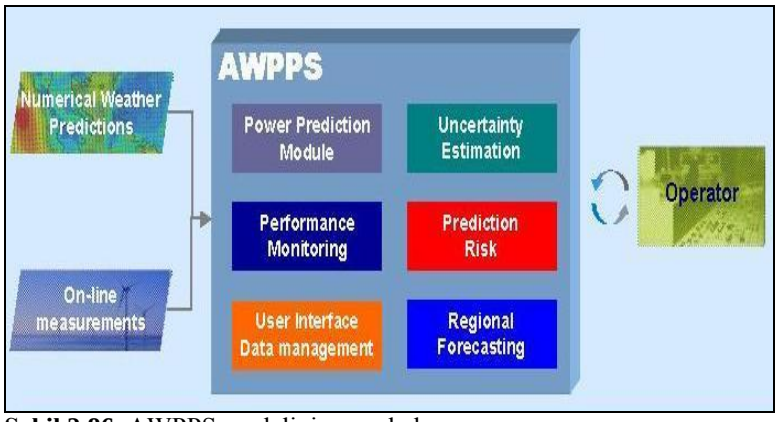
Anemos projesi, büyük güçlü karaüstü ve denizüstü (onshore ve offshore) rüzgar elektrik santrallarından yapılan üretimin tahmini için geliştirilen ve aşağıdaki Şekil 2.85 ile verilen birçok farklı ülkeye mensup üniversite, enstitü, kamu kuruluşu ve özel şirket gibi kuruluşların bir araya gelerek oluşturdukları bir konsorsiyumdur.

Şekil 2.85. Anemos projesine müdahil olan ülkeler ve kuruluşlar.

2.10.3.4 AWPPS Modeli

Fransa'da geliştirilen bu model, 0-72 saat arasında tahmin yapabilmektedir. Fuzzy sinir ağları yöntemini kullanarak tahmin yapmaktadır (Şekil 2.86). Özellikle 6-10 saat arası gibi çok kısa süreli tahminler için kullanılmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 2.86. AWPPS modelinin genel akış şeması.

Aşağıda verilen Tablo 2.11, Avrupa ülkelerinde kullanılan tahmin modelleri ile ilgili bilgi vermektedir.

Tablo 2.11. Kısa süreli rüzgar enerji tahmin modelleri.

Tahmin Modeli	Geliştirildiği Yer	Yöntem	Kullanıldığı Ülkeler	Tarih
Prediktor	Risoe Ulusal Laboratuvarı (Danimarka)	Fiziksel	Danimarka, İspanya, İrlanda ve Almanya	1993
WPPT	Copenhagen Universitesi (IMM)	İstatistiksel	Danimarka	1994
Zephyr/Prediktor	Risoe ve IMM (Danimarka)	Fiziksel ve İstatistiksel	Danimarka	2003
AWPPS	Ecole des Mines de Paris (Fransa)	İstatistiksel ve fuzzy	İrlanda, Girit	1998
RAL	RAL	İstatistiksel	İrlanda	1993
Previento	Oldenburg Üniversitesi (Almanya)	Fiziksel	Almanya	-
SIPREOLICO	Carlos III Üniversitesi Madrid (İspanya)	Fiziksel	İspanya	2002
LocalPred	CENER	Fiziksel	İspanya	2001
AWPT	ISET	İstatistiksel	Almanya	-

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

BÖLÜM 3

RÜZGAR ÖLÇÜM TEKNİKLERİ

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, rüzgar elektrik santralleri (RES) kurulmasının ilk aşaması olan rüzgar ölçümü, projenin başlangıç kısmıdır ve çok önemlidir. Uygun ölçüm sensörleri ile standartlarda yapılan ölçümler, projenin daha sonraki aşamaları olan veri değerlendirmesi, enerji üretiminin belirlenmesi ve türbin seçiminin yapılması aşamasında en belirleyici unsurdur. Rüzgar elektrik santralının projelendirilmesi ve proje ekonomisinin değerlendirilmesindeki tek parametre, ölçümleri yapılan santral sahasından üretilebilecek enerji miktarına bağlı olmaktadır. Enerji miktarının bulunması ise, ölçümü yapılan proje sahasını en iyi şekilde temsil eden bir noktaya veya proje sahasının topoğrafyasına göre, gerektiğinde birden fazla noktaya rüzgar ölçüm direği dikilmesi ile mümkün olmaktadır. Uluslararası finansörlerin en dikkat ettiği kısım enerji üretimi ve dolayısı ile yapılan ölçümlerin kalitesidir.

Ülkemizin farklı bölgelerinde birçok rüzgar ölçüm direği bulunmaktadır. Meteorolojik amaçlı yer rüzgarı ölçümlerinde (klima veya sinoptik istasyonları gibi) Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO-World Meteorology Organization) belirlediği kurallara göre standart ölçüm yüksekliği 10 metrede tek anemometre ve yön sensörü ile yapılmaktadır. Ülkemizdeki meteoroloji istasyonlarındaki ölçüm yüksekliği de bu standarttadır. Enerji üretim hesaplamalarında kullanılma amacı için yapılan rüzgar ölçümlerinde ise, kurulması düşünülen rüzgar elektrik santralında kullanılacak rüzgar türbin boyunun 2/3'ü olmalıdır. Günümüzde rüzgar türbin boyunun 70 metre civarında olduğu ve hatta 120 metreye kadar çıkabildiği dikkate alınırsa ölçüm yüksekliğinin en az 50 metre alınması gerekmektedir. Ülkemizde yapılan ölçümlerde kullanılan rüzgar ölçüm direğinin yüksekliği çoğunlukla 30 metredir. Buna sebep olarak da projelerin genellikle 600 kW kurulu gücünde rüzgar türbinlerinin kullanılacağının planlanması yüzündendir. Bu türbinlerin boyu 50 metre civarındadır. Bununla beraber, son yıllarda ülkemizde 50 metrelik direk kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

RES kurulumu için rüzgar hızı ve yönünün yanısıra diğer bazı meteorolojik parametrelerin de ölçülmesi gerekmektedir. Hesaplamalarda kullanılan hava yoğunluğu ve türbinin korozyona uğraması gibi durumlar için de sıcaklık, nem, basınç sensörleri de kullanılarak ölçümler yapılmalıdır.

Konuya girmeden önce bazı tanımlamaları yapmak gerekmektedir. İzleyen bölümlerde rüzgar hızı ve yönü ile ilgili tanımlamalar bulunmaktadır.

Rüzgar hızı: Rüzgarın hızı, havanın hareket süratini gösterir. Sinoptik meteorolojide rüzgar hızı "knot", klimatolojik meteorolojide de saniyede metre (m/s) veya saatte kilometre (km/h) olarak kullanılır. Rüzgarlar, hızlarına göre çarptıkları bir yüzeyde basınç meydana getirirler. 1 m/s hızla esen rüzgarın çarptığı 1 m^2'lik yüzeye yaptığı basınç 0.076 kg'dır. Rüzgar hızı, çeşitli tipte anemometre ve anemograflarla ölçülür. Sinoptik amaçlı çalışmalarda knot birimi kullanılırken, klimatolojik rasatlarda ve rüzgar elektrik santral kurulumu için ölçüm amaçlı çalışmalarda m/s birimi kullanılır **(Konu ile ilgili çevrim listesi EK III ile detaylı olarak verilmiştir).**

1 m/s = 1.94 knots
1 knots = 0.51 m/s

Rüzgar Yönü: Rüzgarın bulunduğumuz yere doğru geldiği yöne rüzgar yönü denir. Yön, coğrafik kuzey ve pusula yönlerine dayanarak saat yelkovanı istikametinde ölçülür, derece cinsinden belirtilir. Ayrıca derecelerin belirttiği yönleri İngilizce harfler (S, W, E, SW, NE vb) yardımıyla da göstermek mümkündür. Rüzgar yönleri anemometrelerin üst kısmında bulunan rüzgar oklarından tesbit edilir.

3.1 Rüzgar Hızını Ölçen Aletler

Rüzgar, yatay veya yataya yakın yönde yer değiştiren, iki nokta arasındaki basınç farklılığından kaynaklanan hava kütlesi hareketidir. Bu hareket, bir vektör boyunca belli bir kuvvettir. Bunun neticesi rüzgar hız (kuvvet) ve yön olmak üzere iki fiziksel büyüklük halinde ölçülür. Rüzgar hızını ve yönünü tespit ederken tahmin yapılırsa hata payı yüksek olacağından bu hataları en az indirecek şekilde hazırlanmış ve üretilmiş cihazlar kullanılmaktadır. Rüzgar hızı ilk defa 1660'lı yıllarda

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

ölçülmeye başlanmıştır. Günümüzde daha çok hassas olan elektronik cihazlar kullanılmaktadır. Rüzgar ölçüm sensörleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

A) Doğrudan Ölçüm Yapan Sistemler
  a) Basınç tablalı anemometre
  b) Dönen anemometreler
    - Kepçe (cup) anemometre,
    - Ultrasonik anemometre,
    - Propeller (Aerovan) anemometre,
    - El anemometresi

B) Dolaylı Ölçüm Yapan Sistemler
  a) Anemograf
    - Mekanik anemograf
    - Elektrikli anemograf
    - Elektronik anomograf

Basınç tablalı anemometre, ilk defa 1500 senesinde Leonard De Vinci tarafından düşünülmüşse de; 1667 yılında Robert Hooke tarafından pendulum anemometresi olarak bilinen model geliştirilmiştir. Tablalı anemometre ile rüzgarın yönü ve rüzgarın hızı Bofor (Beaufort) Kuvveti şeklinde tesbit edilir (**Beaufort Skalası EK IV ile verilmiştir).** Yön tayini rüzgar gülünden alınır ve 16 yön üzerinden değerlendirilir. Hız ise levhanın tutturulduğu yarım çember üzerindeki halkalardan okunur. Hız levhası kaçıncı halkaya geliyorsa o halka bofor tablosunda hangi boforu gösteriyorsa o kayıt edilir. Alet 3 kısımda incelenir:

1- Kuvvet levhası (Beaufort Tablası)
2- Yön göstergesi
3- Yön işaretleri.

Kuvvet Levhası: Tablanın boyutu 12x8 cm olup bu ölçü değişebilmektedir. Tabla rüzgar sakin iken yere dik olarak durmakta olup rüzgar hızına bağlı olarak hareketini 90° lik açı içerisinde yapar. Tablanın bağlı bulunduğu yarım çember şeklindeki kol üzerinde rüzgar hızını bofor cinsinden ifade eden 5 tane kırmızı bölme vardır. Tablanın bağlı bulunduğu kolun bölmeler üzerindeki yerine göre rüzgar şiddeti ölçülür. Kuvvet levhası kırmızı halkaya ulaşmadan sallanırsa rüzgar hızı 1 bofor olarak kabul edilir.

Yön göstergesi (jirüet): Bir ucu topuz şeklinde diğer ucu çift kanatlı olup rüzgar esiş yönüne göre topuz hareket eder.

Yön harfleri: Jirüetten yön tayini 4 ana yön (N, W, S, E) esas alınarak yapılır. Büyük klimatoloji istasyonlarında 16 yön üzerinden, küçük klimatoloji istasyonlarındaysa 8 yön üzerinden yapılır.

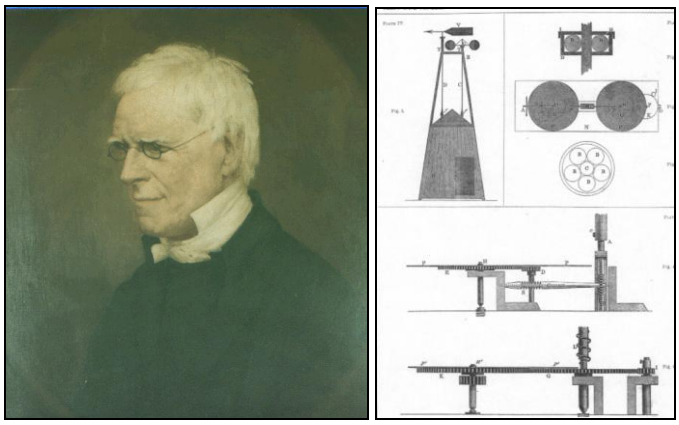
Rüzgar, termal sıcaklık ve basınç gradyan farklılıklarından ortaya çıkar. Hava kütlelerinin yatay (advektif) taşınımı sırasındaki yatay bileşen hızları (u, v) rüzgar olarak ifade edilir. Rüzgarın düşey bileşeni yatay bileşenine göre küçük olduğundan ihmal edilir ve kullanılmaz. Sadece Cumulonimbüs (şiddetli fırtına veya oraj) bulutlarında düşey rüzgar bileşeni (w), yatay rüzgar hız bileşenlerinden büyük olur. Esas olarak rüzgarı yüzey rüzgarları ve yüksek seviye (jeostrofik) rüzgarları şeklinde iki farklı kategoride incelenebilir. Bu iki seviyede rüzgar hızları farklı ölçüm yöntemleriyle yapılmaktadır. Hızdaki ani dalgalanmalar ve değişiklikler hamle (gust) olarak adlandırılır. Rüzgarın frekansı ise, herhangi bir yöndeki esme sıklığıdır. Bir bölgede rüzgar her zaman aynı yönden esmez, her yönden esebilir. Her yönden esen rüzgarın yüzdesi farklıdır. Bu oranlardan en fazlasını kapsayan yöne hakim rüzgar yönü denir.

3.1.1 Anemometre

Anemometre kelimesi Yunanca'dan gelmektedir. Yunanca'da "anemos" rüzgar anlamına gelmektedir; metre de ölçüm demek olduğundan, anemometre en basit anlamı ile "rüzgar ölçer" demektir. Rüzgar ölçümlerinde kullanılan kepçe (cup) anemometre en yaygın olarak kullanılan tiptir. Kepçe

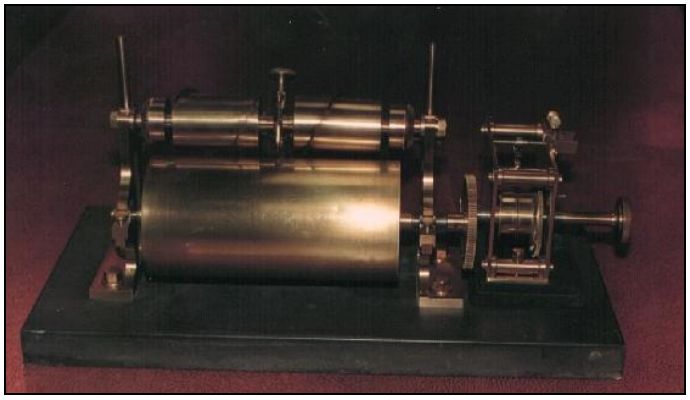
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

anemometre, İrlandalı astronom Thomas R. Robinson tarafından 1846 yılında icat edilmiştir. Şekil 3.1'de kullandığı eskizler ile beraber görülmektedir.



Şekil 3.1. Kepçe anemometrenin mucidi Thomas R. Robinson.

İlk defa çalıştığı Armagh Gözlemevi'nin çatısına geliştirdiği kepçe anemometreyi monte etmiştir. Aşağıdaki Şekil 3.2, Thomas R. Robinson'un geliştirdiği anemometreyi göstermektedir.



Şekil 3.2. Thomas R. Robinson'un icat ettiği ilk kepçe anemometre.

Şekil 3.3, farklı firmalara ait tipik 3-kepçeli anemometrelerini göstermektedir. Bu tip anemometrelerin 2 özelliği vardır: birisi yönden bağımsız (omni-directional) olması, diğeri de sadece düşey eksenine dik olarak yerleştirilmesidir. Rüzgar enerji potansiyeli belirleme amaçlı ölçümlerde çoğunlukla kepçe anemometreler kullanılmaktadır.

Şekil 3.3. Kepçe anemometreler.

Düşey eksene dik olarak yerleştirme özellikle işletme ve kullanım açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Düşey eksenine dik olarak dönen bir anemometre rotorunun rotasyonel oranı aşağıdaki eşitlikle verilir:

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

$$\tilde{s} = F(\tilde{s}, \sqrt{\tilde{u}^2 + \tilde{v}^2}, \tilde{w})$$

Eşitlikteki $\tilde{u}, \tilde{v}$ ve $\tilde{w}$ anlık yatay ve düşey rüzgar bileşenleri ve $\tilde{s}$ anemometre rotorunun anlık rotasyon hızıdır ve rad s^{-1} ile verilir. Kepçe anemometre davranışı,

$$F(\tilde{s}, \tilde{h}, \tilde{w}) = \frac{(\tilde{h} + \mu_1 \tilde{w} - \ell \tilde{s})(\tilde{h} + \mu_1 \tilde{w} \Lambda \tilde{s})}{\ell_0 (\ell + \Lambda)} + \frac{\mu_2 \tilde{w}^2}{2 \ell_0 \ell}$$

formülü ile açıklanmaktadır. Eşitlikte kullanılan ℓ, ℓ_0 ve Λ uzunluk biriminden enstrüman sabitleri; μ_1 ve μ_2 birimsiz enstrüman sabitleridir. ℓ kalibrasyon aralığı olarak verilmektedir. Sabit büyüklükteki U rüzgar hızında, anemometre rotorları arasındaki hava sütununun uzunluğudur. ℓ_0, aralık sabiti olarak adlandırılır ve yaklaşık 0.63 değerindedir. Λ, enstrüman uzunluk ölçek sabitidir. μ_1 ve μ_2, anemometre açısal reaksiyonudur.

Kepçe anemometrenin ölçümlerinin nasıl kaydettiği birkaç şekilde açıklanabilir. Rüzgar hızı sabit bile olsa, rotorun açısal hızı bir tam $\tilde{s}$ dönüşte değişebilir. Yani rotasyon oranı belli bir periyot ölçüldükten sonraki ortalama değer olarak almak gerekmektedir. Kepçe rotorunun 1 dönüşü için geçen zaman Δt olarak alınırsa, ortalama rüzgar şiddeti $2\pi\ \ell/\Delta t$ olarak bulunur. T periyodu boyunca ortalama rüzgar hızı U ise,

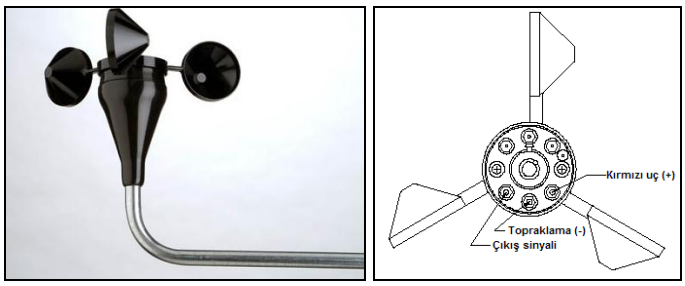
$$\mathrm{U} = \frac{N 2\pi\ell}{t} = \frac{N 2\pi\ell}{\sum_{i=1}^{N} \Delta t_i} = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{U_i} \right\}^{-1}$$

olarak bulunur.

Günümüzde birçok farklı yapıda anemometre bulunmaktadır. Firmalar farklı özelliklerde ve boyutlarda anemometreler bulunmaktadır. İzleyen sayfalarda günümüzde en çok kullanılan anemometreler ve bunlara ait teknik bilgiler verilmiştir. Kullanılan bütün bilgiler, şekil, grafik, tablo vb gerekli izin alınabilen firmalardan seçilmiştir. Özellikle herhangi bir üreticinin veya üreticilerin reklamının yapılma amacı güdülmemiştir. Üretici firmalar, ürünleri ile ilgili teknik herhangi bir değişiklik yapma haklarına sahiptir, bu yüzden yazarlar ürünler ile ilgili oluşabilecek değişiklik, doğruluk vb gibi şeylerden sorumlu tutulamaz.

3.1.1.1 NRG Systems Inc Anemometre

Merkezi Amerika'da bulunan NRG Inc Firması, birçok farklı anemometre üretmektedir. Bunlar arasında en fazla kullanılan NRG #40 Hall Effect Anemometer üzerinde durulacaktır. 1 m/s ile 96 m/s arasında ölçüm yapabilen bu anemometre, çok düşük bir atalet momentine sahiptir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. NRG #40 Hall Effect Maksimum kepçe anemometre.

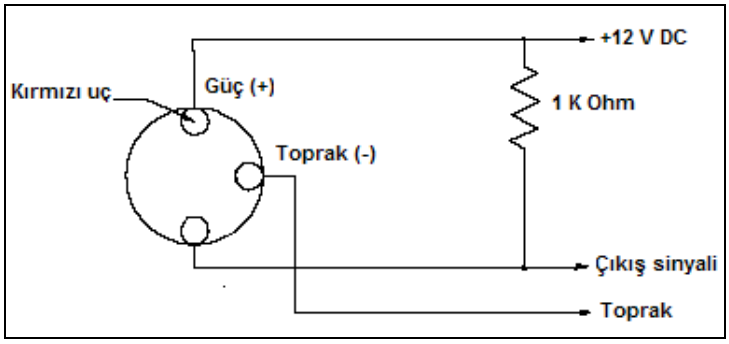
Ülkemizde de yaygın olarak kullanılan NRG Inc anemometrenin diğer önemli özellikleri Tablo 3.1 ile verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 3.1. NRG #40 Hall Effect Maksimum kepçe anemometre özellikleri.

Özellik	**Açıklama**
Sensör ölçüm aralığı	1 m/s den 96 m/s
Sinyal tipi	AC sinus dalgası, frekans rüzgar hızı ile orantılı
Doğruluk seviyesi	5 m/s – 25 m/s arasında 0.1 m/s hata payı
Çıkış sinyal aralığı	0 Hz den 125 Hz
Başlama	0.78 m/s
Atalet momenti	68 x 10^{-6} S-ft^2
Rotor süpürme çapı	190 mm
Montaj	13 mm çapında yankol üzerinde
Gerekli malzemeler	5 cm vida anahtarı, elektrik bandı
İşletme sıcaklık aralığı	-55 °C den 60 °C
İşletme bağıl nem aralığı	0 den 100% RH
Ağırlık	0.14 kg
Boyutlar	51 mm çapında 3 kepçe ve toplam yükseklik 81 mm

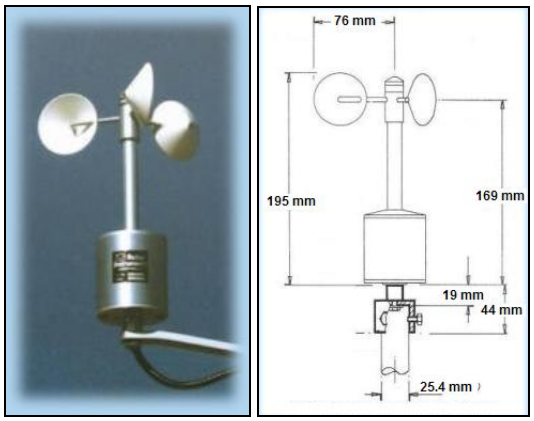
NRG #40 Hall Effect Maksimum kepçe anemometreye ait elektronik devre bağlantı şeması da Şekil 3.5 ile verilmiştir. 3 adet bağlantı terminali bulunmaktadır. (+) ve (-) uçlu terminallere bağlanmalıdır. Gerilim, 4.5 – 24 V arası değişmekle beraber anma gerilimi 12 V'tur.



Şekil 3.5. NRG #40 Hall Effect Maksimum kepçe anemometre bağlantı şeması.

3.1.1.2 Vector Instruments Inc. Anemometreleri

İngiltere'de bulunan Vector Instruments Inc. (Vector Inc.) firması, trafından geliştirilen A100L2 anemometre, paslanmaz çelik üzerine alüminyum ile anodize edilmiştir. Deniz ve çevre uygulamalarında da kullanılabilmektedir. Şekil 3.6 ile boyutlarıyla beraber görülmektedir.



Şekil 3.6. Vector Inc. A100L2 anemometre.

Tablo 3.2, A100L2 anemometreye ait önemli özellikleri vermektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 3.2. Vector Inc. A100L2 anemometre özellikleri.

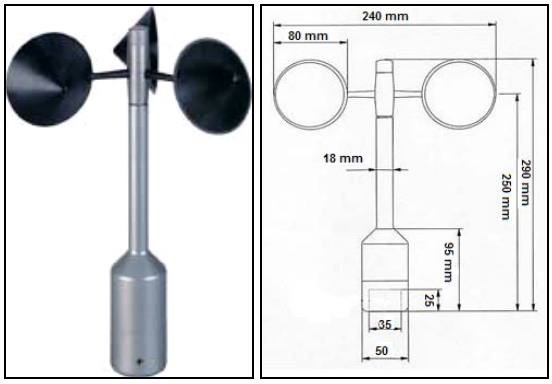
Özellikler	**Açıklama**
Ölçüme başlama hızı	0.2 m/s
Ölçüm bitim hızı	0.1 m/s
Maksimun rüzgar hızı	75 m/s
İşletme sıcaklık aralığı	-30 ile +70 °C
İşletme gerilimi	6.5..28V DC
Analog çıkış sinyali	0 ile 2.5V arası

3.1.1.3 Ammonit GmbH Anemometreleri

Almanya'da bulunan Ammonit GmbH firması da farklı bazı anemometreler üretmiştir. Bunlar arasında 3 tanesi incelenecektir.

P 6100(H) - "First class" Anemometre

Optoelektronik sisteme göre çalışan bu anemometre düşük güç tüketmektedir. 0.3 ile 75 m/s arasında ölçümleri kaydetmektedir ve 0.05 m/s çözünürlüğe sahiptir (Şekil 3.7). 3 kepçelidir ve düşük bir atalet momentine sahiptir. Rotorun yapmış olduğu rotasyonlar optoelektronik olarak alınırak sinyal dalgalarına dönüştürülür. Sinyalin frekansı, rotasyon sayısına bağlı olarak değişim gösterir. Anemometre, isteğe bağlı olarak elektronik ısıtma sistemi ile donatılarak donma engellenebilir.



Şekil 3.7. P 6100 (H) - "first class" anemometre.

P 6100 (H) anemometreye ait diğer teknik özellikler Tablo 3.3 ile verilmiştir.

Tablo 3.3. P 6100 (H) - "first class" anemometre teknik özellikleri.

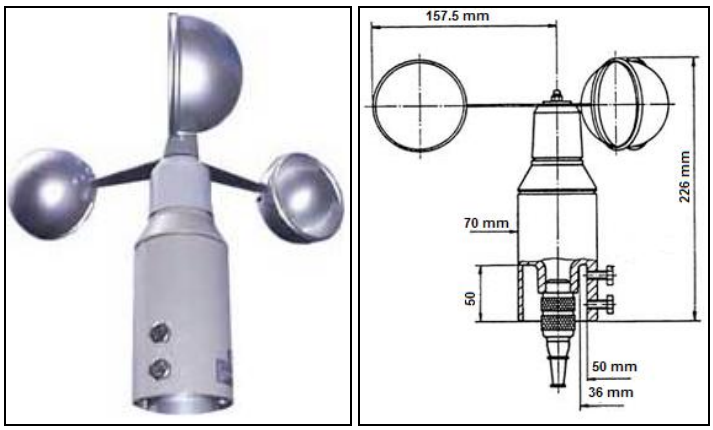
Özelikler	**Açıklama**
Ölçüm aralığı	0.3...75 m/s
Ölçüm hatası	0.3...50 m/s arası %3 hata veya < 0.3 m/s 50...75 m/s arası %6 hata
Çözünürlük	0.05 m/s
Ölçüm başlama hızı	< 0.3 m/s
Kaplama türü	Anodize alüminyum
İşletme sıcaklık aralığı	- 50...+ 80° C
Isıtma sistemi	Opsiyonel, 24 V AC/DC, 25 W
İşletme gücü	5 V DC (3.3 ... 42 V) – yaklaşık 0.3 mA
Elektrik çıkışı	Yaklaşık 1000 Hz @ 50 m/s
Ağırlık	Anemometre: 0.5 kg / Brüt ağırlık 1 kg
Recalibration	Her 24 ayda bir

P 6121 - "Classic" Anemometre

Bu anemometre, optoelektronik sisteme göre çalışmaktadır ve düşük güç tüketmektedir. 0.3 ile 50 m/s arasında ölçümleri kaydetmekte olup 0.05 m/s

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

çözünürlüğe sahiptir (Şekil 3.8). Düşük atelet momentine sahip hafif metalik kepçe yolu ile dijital sinyaller göndererek çalışmaktadır. Buzlanmayı engelleyici sistemleri de bulunmaktadır, fakat bu ek bir işlem yapılmasını gerektirmektedir. 48 mm çapında bir boru üzerine monte edilebilir.



Şekil 3.8. P 6121 - classic anemometre.

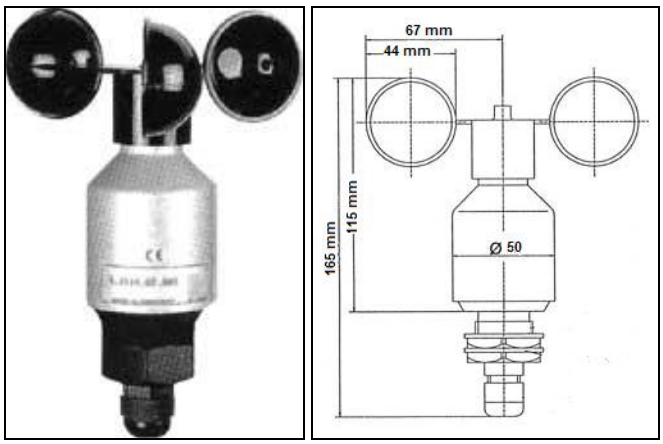
P 6121 classic anemometreye ait teknik özellikler Tablo 3.4 ile verilmiştir.

Tablo 3.4. P 6121 "classic" anemometre teknik özellikleri.

Özellik	**Açıklama**
Ölçüm aralığı	0.3 ... 50 m/s
Doğruluk	Ölçülen değerin ± %2 veya ± 0.3 m/s
Çözünürlük	< 0.05 m/s
Ölçüm başlama hızı	0.3 m/s
Maksimum dayanım hızı	60 m/s
Kaplama	Eloksalli alüminyum
İşletme sıcaklık aralığı	-35 °C ... +80 °C
İşletme gücü	5 V DC (4 ... 18 V), yaklaşık 0.3 mA
Elektrik çıkışı	0 ... 1042 Hz
Ağırlık	1 kg
Brüt ağırlık	4 kg
Recalibration	Her 24 ayda bir

P 6140 "Compact" Anemometre

Diğer 2 anemometre ile aynı özelliklere sahiptir. Farkı ise, çözünürlük değerinin 0.1 m/s olmasıdır. Montajı yapılırken dış çapı 35 mm olan bir boru kullanılmalıdır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. P 6140 compact anemometre.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

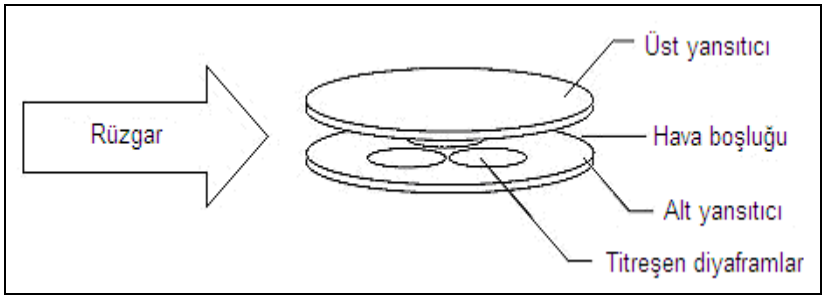
P 6140 compact anemometreye ait teknik özellikler Tablo 3.5 ile verilmiştir.

Tablo 3.5. P 6140 compact anemometre teknik özellikleri.

Özellik	**Açıklama**
Ölçüm aralığı	0.5 ... 50 m/s
Doğruluk	Ölçülen değerin ± %3 veya ± 0.5 m/s
Çözünürlük	< 0.1 m/s
Ölçüm başlama hızı	0.5 m/s
Maksimum dayanım hızı	60 m/s
Kaplama	Eloksalli alüminyum ve plastik
İşletme sıcaklık aralığı	-30 °C ... + 70 °C
İşletme gücü	24 V AC/DC maks. 20 W
Ağırlık	0.250 kg
Kalibrasyon yenileme	24 ayda bir

3.1.2. Ultrasonik Anemometre

Ultrasonik anemometre, en temel şekli ile birbirine paralel iki tabakadan oluşan ve üzerleri yansıtıcılar ile kaplı olan bir sistemdir. Yatay düzlemde hava hiçbir engelle karşılaşmadan iki tabakanın arasına girmektedir. Dikey düzlemde ise hava girişi yansıtıcılar tarafından engellenmekte ve bu düşey rüzgar hızları ölçülmemektedir. Plakaların arasından geçen rüzgar ultrasonik (ses ötesi, sesten hızlı) dalgalar yaratmaktadır. Oluşan bu dalgalar plakaların üzerinde bulunan ve ses enerjisinin yarattığı titreşimler ile çalışan elemanlarından oluşan diafram sistemi tarafından algılanmaktadırlar. Şekil 3.10'da görüldüğü gibi diyaframlar üçgen şeklinde konumlandırılmışlardır. Ultra ses, bu diaframın yüzeyinden geçerek üst yansıtıcıya çarpmakta ve burada hemen hemen kayıpsız bir yansıma olayı daha gerçekleşmektedir. Böylelikle enerji kayıplarıyla dalgalanma tamamen sönene kadar birbirini takip eden ve sayısı 200'e kadar varan yansıma gerçekleşir. Dar bir frekans bandı üzerinde yaşanan birim yansımalar faz olarak bir bütünlük oluşturarak sinyal gücünde çok büyük bir artışa sebep olurlar. Net dalga dağılımı karmaşık bir yapıya sahip olmasına rağmen dalga hareketi iki karakterli olarak yorumlanabilir. Aşağıdaki Şekil 3.10 ile ultrasonik anemometrenin temel çalışma prensibi gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Ultrasonik anemometre çalışma prensibi.

Rüzgar ölçümü hareket eden dalga davranışı temelleri üzerinde yapılmaktadır. Herhangi bir diafram çifti üzerindeki net faz değişimi aynı eksen üzerindeki rüzgar akışı için gösterge oluşturmaktadır. Üç tane diyafram çiftinden ayrı ayrı toplanan veriler ile diyaframların oluşturduğu üçgenin kenarları boyunca bileşen vektörleri belirlenir. Bu vektörlerin kombinasyonu ise toplam rüzgar yönü ve şiddetini vermektedir. Bilindiği gibi ses ve dolayısı ile rüzgar hızının ölçüm değerleri ağırlıklı olarak sıcaklık olmak üzere nem miktarı ve basınca bağlı olarak değişmektedir.

Ultrasonik anemometre ölçüm istemi, tamamen yenidir ve rüzgar hızı ile yönünün çok hassas bir şekilde ölçümünü sağlamaktadır. Yöntemin isminden de anlaşılacağı gibi bu teknik ultrasonik (akustik) bir dalganın bu amaçla özel üretilmiş bir sistem içinde rezonansa tabi tutulmasına dayanmaktadır. Mekanik aşınmaya maruz kalacak hiçbir parçanın olmaması nedeni ile tüm hava koşullarına karşı son derece güvenli ve hassas ölçüm imkanı sunmaktadır. Düşük elektrik tüketimi ve buzlanma gibi diğer klasik ölçüm sistemlerini tamamen fonksiyon dışı bırakan koşullara karşı otomatik önlem alması diğer önemli özelliklerden biridir. Ultrasonik anemometreler 2-boyutlu ve 3-boyutlu olmak üzere iki çeşittir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3.1.2.1 2-Boyutlu Ultrasonic Anemometre

Kepçe anemometrelere alternatif olan iki boyutlu ultrasonik anemometrelerde hareketli bir aksam yoktur ve atalet momentleri sıfırdır (Şekil 3.11). Dolayısıyla bu tip sensörlerde parça değişimi olmadığından bakım maliyetleri çok düşüktür. Bu sensör her bir kolda bulunan uçlardan (transducer) yayılan yüksek frekanslı (ultrasonik) ses dalgasının diğer kollar tarafından alımı sırasında geçen sürenin ölçümü prensibine göre çalışır. Eğer ortamda rüzgar hızı sıfırsa her bir koldan yayılan sinyal süreleri birbirine eşittir. Ölçüm kolları arasında bir rüzgar söz konusu ise, rüzgarın estiği yönün karşısı tarafında bulunan koldan yayılan ultrasonik ses dalgasının diğer kol tarafından alınması sırasında geçen süre artacak ve aynı şekilde esme yönü tarafında bulunan kol tarafından yayılan ultrasonik ses dalgasının karşıdaki kol tarafından alınım süresi ise kısalacaktır. Bu üç kol arasında 0.2 sn aralıklarla yapılan sürekli ölçüm süreleri bir mikroişlemci tarafından hesaplamalarda kullanılarak rüzgarın yönü %1 ve şiddet ± 0.1 m/s hassasiyetle hesaplanır. İleri teknoloji içeren bu sensörler mekanik sensörlere göre daha pahalıdır. Dönen bir parçaları olmadığından atalet momenti sıfırdır. Zıt yönde bulunan 2 ultrasonic transducer kullanımı ile rüzgarın yatay bileşenlerinin ölçümü yapılır (Şekil 3.11).

Şekil 3.11. 2-boyutlu ultrasonik anemometre.

2-boyutlu ultrasonik anemometreye ait teknik özellikler Tablo 3.6 ile verilmiştir.

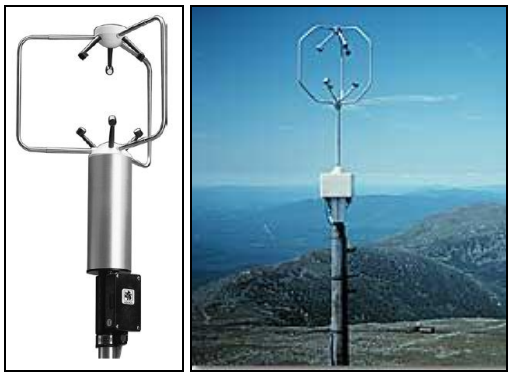
Tablo 3.6. 2-boyutlu ultrasonik anemometreye ait teknik özellikler.

Özellik	**Açıklama**
Doğruluk	0…2 m/s arası ±0.12 m/s 2…30 m/s arası ±%2 okuma hatası >30 m/s ±%3 okuma hatası
Hız rezolüsyon	< 0.1 m/s
Yön rezolüsyonu	1°
Kaplama	Eloksalli alüminyum ve plastik
İşletme sıcaklık aralığı	-50 °C ... +50 °C
İşletme gücü	9 – 16 VDC
Güç tüketimi	30 mA
Ağırlık	0.7 kg
Boyutlar	170 mm x 340 mm

3.1.2.2 3-Boyutlu Ultrasonik Anemometre

2-boyutlu anemometrelerde olduğu gibi, dönen bir parçaları olmadığından atalet momenti yoktur. Zıt yönde bulunan 3 ultrasonik transducer kullanımı ile rüzgarın yatay bileşenlerinin ölçümü yapılır (Şekil 3.12). İki boyutlu ultrasonik rüzgar hız yön sensöründeki prensibe göre çalışır ve bu sensördeki farklılık düşeyde de kollarının mevcut olmasıdır. Bu düşeydeki kollar yardımıyla yatay hız bileşenlerine ilaveten düşey rüzgar hız bileşeni (w) hesaplanır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



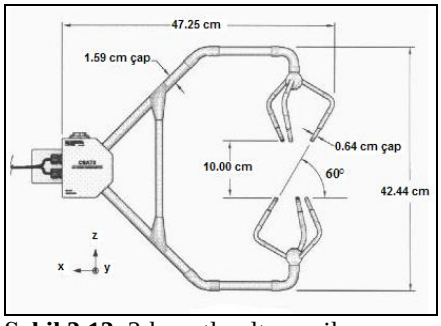
Şekil 3.12. 3-boyutlu ultrasonik anemometre.

3-boyutlu ultrasonic anemometreye ait teknik özellikler Tablo 3.7 ile verilmiştir.

Tablo 3.7. 3-boyutlu ultrasonic anemometreye ait teknik özellikler.

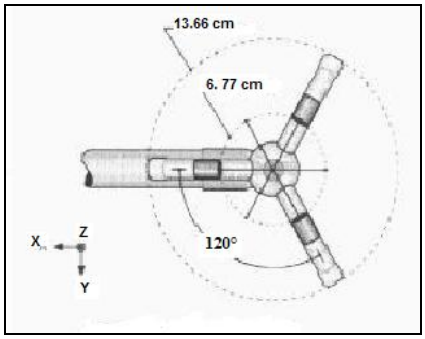
Özellik	**Açıklama**
Doğruluk	0…30 m/s arası ±%1 veya ±0.05 m/s 30…40 m/s arası ±%3 veya ±0.05 m/s
Hız rezolüsyon	< 0.01 m/s
Yön rezolüsyonu	0.1°
Kaplama	Eloksalli alüminyum, paslanmaz çelik ve plastik
İşletme sıcaklık aralığı	-50 °C ... +50 °C
İşletme gücü	12 – 30 VDC
Güç tüketimi	4 W
Ağırlık	1.7 kg
Boyutlar	340 mm x 560 mm

3-boyutlu ultrasonik anemometrenin boyutları Şekil 3.13 ile verilmiştir. Burada görülen boyutlar tipik bir ultrasonik anemometre boyutları olmasına rağmen, çeşitli firmalar çok az da olsa farklı boyutlarda üretim yapabilmektedirler.



Şekil 3.13. 3-boyutlu ultrasonik anemometre boyutları.

3-boyutlu bir ultrasonik anemometreye ait transducer boyutları da, Şekil 3.14 ile verilmiştir.



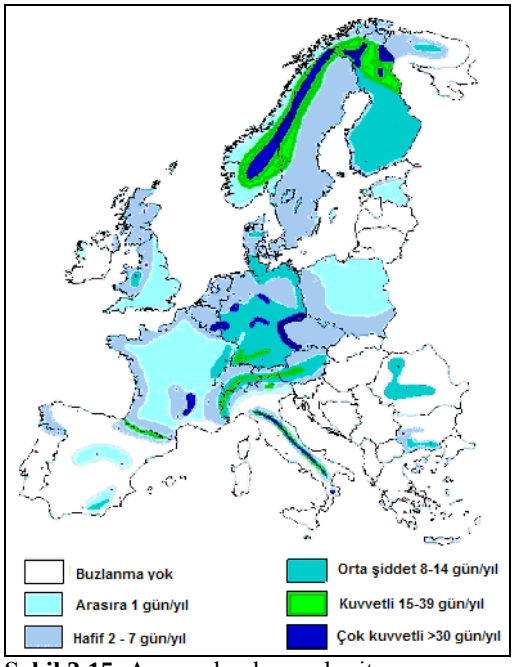
Şekil 3.14. 3-boyutlu ultrasonik anemometre transduceri.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3.1.3 Isıtmalı (Heated - Icefree) Anemometreler

Isıtmalı anemometer, buzlanma riskinin olduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Bu anemometreler ile ilgili detaylı bilgilere geçmeden önce buzlanma ile ilgili bilgiler vermek gerekmektedir. Buzlanma, rüzgar ölçümlerinde önemli bir problemdir. Özellikle yüksek bölgelerde, dağlarda sık sık karşılaşılmaktadır. Buzlanma konusu ile ilgili kısmen Avrupa Birliği tarafında fonlanan WECO "Wind Energy Production in COld Climates" isimli bir proje de bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar özellikle dağlık bölgelerin bulunduğu güney Avrupa'da yoğunlaşmaktadır. Anemometrelerin buzlanması, rüzgar enerji tahmin hesaplamalarını etkilemektedir. Anemometrelerin buzlanması sebebi ile, yıllık ve aylık enerji üretimlerinde hatalı sonuçlar bulunabilmektedir. Hataların büyüklüğü, buzlanma gün veya saatlerinin fazlalığına göre değişmektedir. Böyle bölgelerde muhakkak ısıtmalı sensörler kullanılmalıdır.

EUMETNET SWS kuruluşunun önderliğinde 100 adet meteoroloji istasyon verisi kullanılarak oluşturulan Avrupa buzlanma haritası Şekil 3.15 ile verilmiştir. Kullanılan veri 1991 – 1996 yılları arasını kapsamaktadır. Şu anda Avrupa Rüzgar Atlası ile bu harita birleştirilerek rüzgar enerjisi kullanımı için hazırlanmaktadır. Görüldüğü gibi, Finlandiya ve Almanya'nın iç kısımlarında ciddi bir buzlanma meydana gelmektedir.



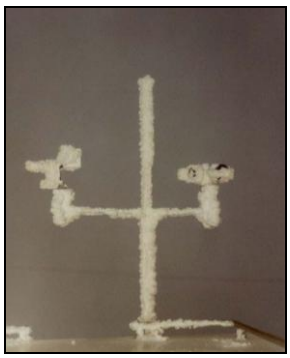
Şekil 3.15. Avrupa buzlanma haritası.

Avrupa'da bulunan firmalar Alpler, Pirenneler ve buzlanmanın muhtemel olabileceği diğer bölgeler için özel anemometreler geliştirmiştir. Bunlara genellikle "heated" veya "icefree" anemometreler denmektedir (Şekil 3.16).

Şekil 3.16. Test amaçlı kullanılan çeşitli ısıtmalı anemometreler.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

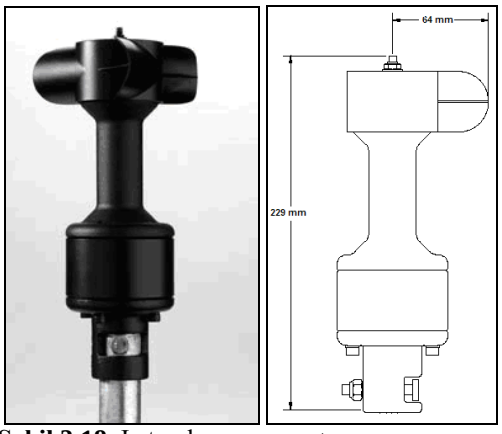
Şekil 3.17, buzlanmanın anemometre ve yön sensör üzerindeki etkilerini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi ölçüm sisteminin çalışması veya çalışsa dahi doğru bir şekilde ölçüm yapabilmesi mümkün değildir.



Şekil 3.17. Buz tutmuş ölçüm sistemi.

3.1.3.1 NRG Inc Icefree Anemometre

NRG Inc firması tarafından geliştirilen Icefree anemometre, buzlanmanın olabileceği bölgelerde kullanılmak için tasarlanmıştır. Isıtmalı anemometrenin çalışma prensibi kepçe anemometreler ile aynıdır, fakat elektrikle ısıtma yapıldığı için güç tüketimi çok yüksektir. Genellikle 90 m/s hıza kadar ölçüm yapabilmektedir. Atalet momentleri daha düşüktür (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Isıtmalı anemometre.

Gerek NRG #40 Hall Effect Maksimum ve gerekse de Icefree anemometrede de çıkış sinyalleri değişken sinüs dalgası şeklinde olmaktadır ve frekans rüzgar şiddetine göre değişir. Frekans, hassas bir anemometrede 2 Hz ile 100 Hz arasında değişim göstermektedir. Isıtmalı anemometreye ait özellikler Tablo 3.8 ile aşağıda verilmiştir.

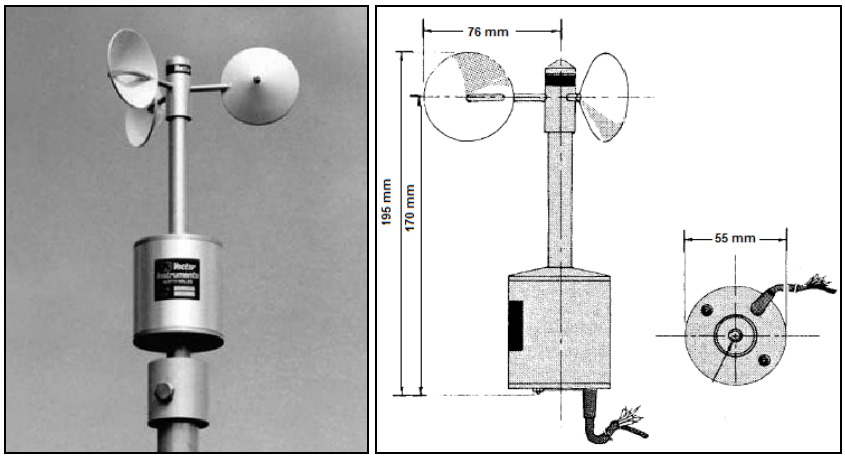
Tablo 3.8. Isıtmalı anemometreye ait teknik özellikler.

Özellik	**Açıklama**
Minimum sinyal büyüklüğü	2.2 m/s'de 0.2 V 45 m/s'de 4.0 V
Ölçüme başlama hızı	1.1 m/s
Kaplama	Eloksal kaplamalı cast alüminyum
İşletme sıcaklık aralığı	-40 °C ... +80 °C
İşletme gücü	24 V AC, 1.2 … 4.8 amper akım
Güç tüketimi	30 W … 150 W'a kadar (200 W maks.)
Ağırlık	1 kg
Boyutlar	229 mm x 64 mm
Gerilim koruma	Metal Oxide Varistor (MOV)

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3.1.3.2 Vector Inc. Firması Icefree anemometre

Şekil 3.19 ile İngiliz Vector Inc. ısıtmalı anemometre görülmektedir.



Şekil 3.19. Isıtmalı anemometre.

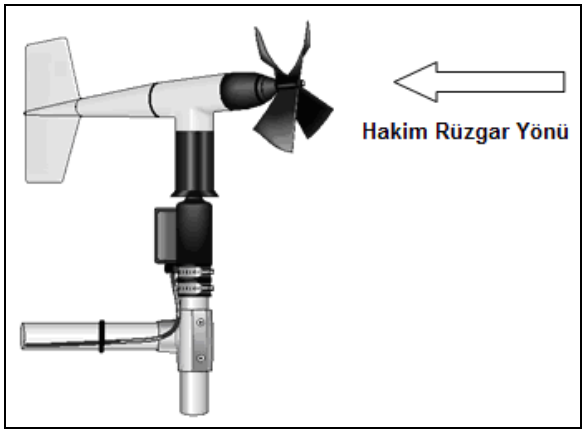
Vector Inc. ısıtmalı anemometreye ait teknik özellikler Tablo 3.9 ile verilmiştir.

Tablo 3.9. Vector Inc. ısıtmalı anemometreye ait teknik özellikler.

Özellik	**Açıklama**
Doğruluk	0.1 – 10 m/s ±0.1 m/s 10…50 m/s arası ±%1 okuma hatası
Ölçüm aralığı	0 – 75 m/s
Kaplama	Paslanmaz çelik ve plastik
İşletme sıcaklık aralığı	-50 °C ... +70 °C
İşletme gücü	10 – 30 V DC
Ağırlık	0.35 kg
Boyutlar	76 mm x 195 mm

3.1.4 Propeller Anemometre

Bu tip anemometrelerde ortalama rüzgar vektörünün (U) koordinat sistemi propeller yatay ekseni boyunca yer almaktadır. Kepçe anemometreler rüzgar vektörüne dik olarak yerleştirilirken, propeller anemometre hakim rüzgara yününe paralel olarak yerleştirilir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Propeller anemometre ve rüzgar yönü.

Böyle bir sistemde hareket denklemi

$$\tilde{s} = F(\tilde{s}, \tilde{u}\sqrt{\tilde{v}^2 + \tilde{w}^2})$$

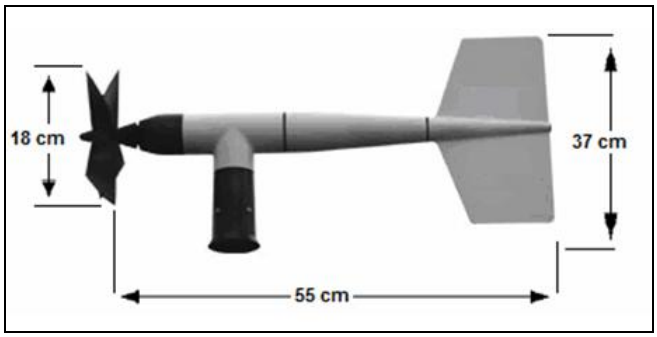
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Eşitlikteki $\tilde{u}, \tilde{v}$ ve $\tilde{w}$ anlık yatay ve düşey rüzgar bileşenleri ve $\tilde{s}$ anemometre rotorunun anlık rotasyon hızıdır ve rad s^{-1} ile verilir. Propeller anemometrenin hareket denklemi kepçe anemometrenin hareket denklemine çok benzerdir. Sadece hareket, hakim rüzgar yönüne paraleldir. Hareket denklemi:

$$F(\tilde{s}, \tilde{u}, \sqrt{\tilde{v}^2 + \tilde{w}^2}) = \frac{(\tilde{u} - \ell\tilde{s})\tilde{s}}{\ell_0} + \mu_2 \frac{v^2 + \tilde{w}^2}{2\ell_0 \ell}$$

eşitliği ile verilir. ℓ, kalibrasyon aralığı; ℓ_0 aralık sabiti; μ_2 propeller eksenine dik rüzgar bileşeninin ölçüm hassasiyet değeridir.

Propeller anemometre aslında kombine bir sensördür. Hem hız hem de yön ölçümleri yapabilmektedir. Genelde pervane kısmı aliminyumdan, kuyruk kısmı cam fiberden yapılmaktadır. Böylece hafif olması dolayısıyla rüzgar tarafından kolay hareket ettirilmesi sağlanmıştır. Bu tip anemometreler 90 m/s lik hızlara kadar ölçebilmektedirler. Boyutları ise tipik olarak, 35 – 40 cm arası yükseklik, 50-75 cm arasında uzunluk ve 15-25 cm arasında pervane çapına sahiptir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Tipik bir propeller anemometre boyutları.

Aşağıda verilen Tablo 3.10 ile propeller anemometreye ait özellikler verilmektedir.

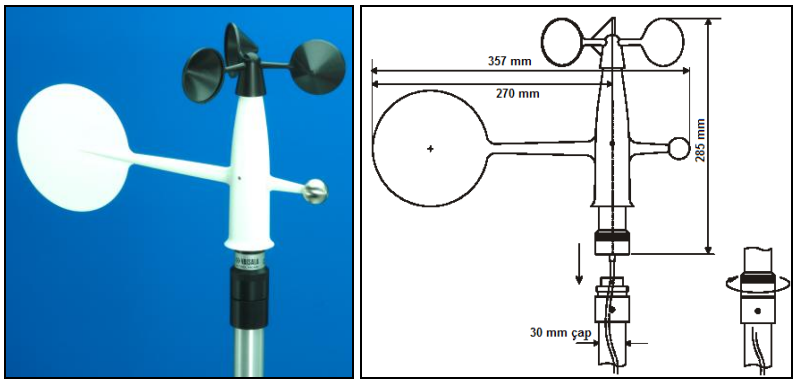
Tablo 3.10. Tipik bir propeller anemometre özellikleri.

Özellik	**Açıklama**
Doğruluk	Hız için ±0.3 m/s Yön için ±3°
Ölçüm aralığı	0 – 60 m/s
Maksimum dayanma hızı	100 m/s
Ölçüm başlama hızı	1 m/s
Kaplama	Paslanmaz çelik ve plastik
İşletme sıcaklık aralığı	-40 °C ... +50 °C
İşletme gücü	8…24V DC
Güç tüketimi	15 mA; 25 mA maksimum
Ağırlık	1.5 kg
Boyutlar	37 cm x 55 cm x 18 cm

3.1.5 Kombine Sistemler

Kombine sensörler, rüzgar hız ve yönünün tek bir düzenekte yer aldığı sistemlerdir. Vaisala Oyj firmasına ait WS 301 kombine sistemi Şekil 3.22 ile görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.22. Vaisala WS 301 kombine ölçüm sistemi.

Tablo 3.11 ile WS 301 kombine ölçüm sistemine ait özellikler verilmektedir.

Tablo 3.11. Vaisala WS 301 kombine sistem teknik özellikleri.

Özellik	**Açıklama**
Doğruluk	Hız için ≤ 10 m/s ±0.3 m/s > 10 m/s ±%2 okuma hatası Yönsensörü için ±3°
Ölçüm aralığı	0.5 – 60 m/s
Maksimum dayanma hızı	70 m/s
Ölçüm başlama hızı	0.4 m/s
Kaplama	Güçlendirilmiş karbon veya fiber glass
İşletme sıcaklık aralığı	-40 °C ... +50 °C
İşletme gücü	3…15V DC
Ağırlık	0.36 kg
Boyutlar	285 mm x 185 mm

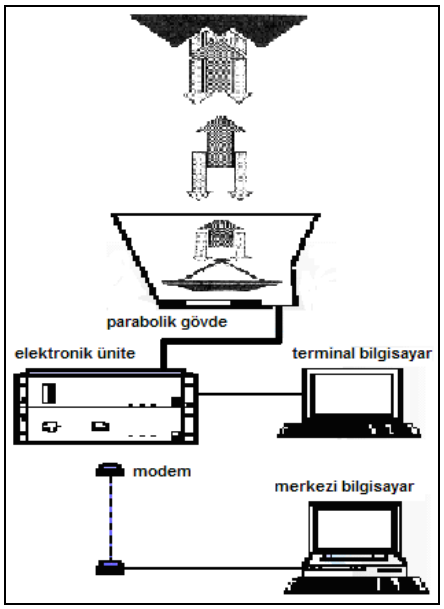
3.1.6 SODAR

SODAR kelimesi İngilizce (SOund Detection And Ranging) kelimelerinin kısaltılmış bir ifadesidir. 5 veya 10 metre çözünürlük ile 150 m yüksekliğe kadar olan rüzgar hızını ve yönünü ölçüp bölgenin rüzgar profilinin çıkarılabilmesini mümkün kılan bir sistemdir (Şekil 3.23).

Şekil 3.23. SODAR sistemi.

SODAR sisteminde parabolik yüzey içerisinde bulunan radar, gönderdiği sinyaller ve geri yansıması ile ölçüm yapılır (Şekil 3.24). Parabolik gövdeden yayılan sinyallerin yaptığı ölçümler elektronik ünite ve cihazın içerisinde bulunan bilgisayarda değerlendirilerek sonuçlar merkezi bilgisayara gönderilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.24. SODAR sistemi çalışma prensibi.

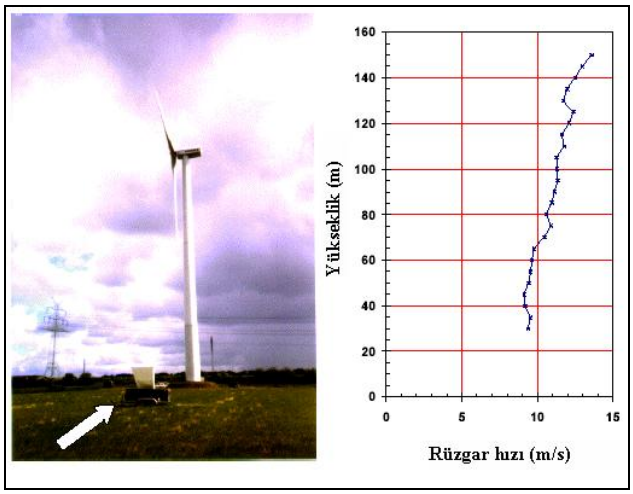
SODAR sistemi, mobil ve esnek bir sistemdir ve istenilen bölgeye kolaylıkla götürülebilmektedir (Şekil 3.25).

Şekil 3.25. SODAR sisteminin montajı.

3.1.6.1 Sodar Sisteminin Avantajları

SODAR sistemi, aynı anda rüzgarın her üç bileşenini de (u, v, ve w) ölçebilen yegane sistem olma özelliğini taşımaktadır. Kompleks arazilerde tam doğru bir şekilde ölçüm işlemini yapabilmektedir. Ayrıca normal rüzgar ölçüm direklerinde bulunan yankol, boru ve kafes direklerden meydana gelebilecek türbülans ve akış bozulması gibi parametrelerde meydana gelmez. İstenilen yükseklikteki hız ve yön verilerini doğrudan ölçebildiği için korelasyon yöntemlerinin de kullanılmasına gerek kalmaz ve bu nedenle doğabilecek hatalardan da kaçınılmış olunur. Günümüzde 200 metreye kadar ölçüm yapabilen SODAR sistemi ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar, ölçüm yüksekliğini 300 metreye çıkarmaya yöneliktir. Şekil 3.26 ile SODAR ile yapılan ölçüm sonuçlarından çizilen rüzgar profilini göstermektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.26. SODAR ölçümü ve rüzgar profili.

SODAR sistemine ait teknik özellikler Tablo 3.12 ile verilmiştir.

Tablo 3.12. Tipik bir SODAR sisteminin teknik özellikleri.

Özellik	**Açıklama**
Doğruluk	0.05 m/s
Ölçüm aralığı	0 – 100 m/s
Anten ünitesi	120 cm
Ölçüm başlama hızı	0.4 m/s
Kaplama	Güçlendirilmiş karbon veya fiber glass
İşletme sıcaklık aralığı	-40 °C ... +60 °C
İşletme gücü	220 V, 50 Hz, 300 W
Ağırlık	78 kg

3.1.7 Anemograf

Meteoroloji biliminde herhangi bir ölçüm sensörünün arkasına graf geldiğinde yazıcı olduğu anlaşılmaktadır. Rüzgar ölçümlerini sürekli kaydeden cihazlara anemograf denmektedir. Anemograflar, saatlik rüzgar hız ve yönlerini kaydeden yazıcı cihazlardır. Bu aletlerin diyagramlarının üst bölümünden saatlik ortalama yön, diğer bölümlerinden saatlik ortalama hız ve rüzgarın hamlesi ve metre kareye yaptığı basınç bulunabilir. Mekanik ve elektronik olmak üzere 2 çeşitleri bulunmaktadır. Bu kitabın diğer bütün bölümlerinde elektronik anemograf anlatıldığı için sadece mekanik anemograf üzerinde kısaca durulacaktır.

Mekanik Anemograflar: Mekanik anemograf, rüzgarın yönünü, saatte ortalama hızını ve rüzgar hızındaki dalgalanmaları, yani hamleyi yazarak ölçen bir alettir. Basınç başlığı rüzgara maruz kalacak şekilde yön de kaydedicisi üzerine monte edilir. Çok defa olduğu gibi, emme başlığı üzerine kanadın monte edilmiş olduğu dikey tüpün bir kısmını meydan getirmesi halinde, borunun bir kısmında hava akımına mani olacak ve dolayısı ile emme tesirini değiştirecek herhangi bir cismin bulunmamasına dikkat etmek gerekir. Basınç tüplü anemograflar iki tiptir. Birincisi şamandıralı tip olup, şamandıra rüzgar hızını çizgisel ölçek üzerinde vermek için özel olarak imal edilmiştir. Diğeri ise aneroid tipli olup, daha ziyade gemilerde kullanılır. Bu tiplerde rüzgar hızını çizgisel ölçekten elde etmek mümkün değildir. Şamandıralı tip anemograf daha ziyade kara istasyonlarında kullanılır. Basınç tüplü anemograflar, 1.5 m/s'lik rüzgar altındaki hızlar hariç olma üzere ± 0.05 m/s'lik bir hassasiyete sahiptirler. Mekanik anemograf, verici kısım, kepçeler, jiruet, gövde ve muhafaza kapağı, hareket çubukları ve hava boruları, mesnet borusu, alıcı kısım, saat (silindir) ve şamandıra kısımlarından oluşur (Şekil 3.27).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.27. Mekanik anemograf.

Mekanik anemograf ayarları ise, zaman ayarı, çalışma sahası ayarı, sıfır ayarı, kuzey ayarı ve zaman ayarından oluşur.

Son olarak el anemometresi çok da hassas olmayan fakat rüzgar enerji ölçüm amacı ile yapılan arazi ziyaretlerinde bulunması gereken bir cihazdır (Şekil 3.28).

Şekil 3.28. El anemometreleri.

3.1.8 Yön Sensörü

Rüzgar ölçümleri yapılırken rüzgarın hızının yanında, yönü de ölçülmesi gereken bir diğer meteorolojik parametredir. Ölçüm yapılan bölgedeki rüzgar, belirli hakim bir yönden esebileceği gibi, farklı yönlerde ve farklı yüzdelerde de esebilmektedir. Rüzgar yönlerinin değişen frekanslarını ve rüzgar hızlarının dağılımını göstermek için, rüzgar hızı ve yönünün meteorolojik gözlemleri esas alınarak, rüzgar gülü şeklinde bir çizim yapılmaktadır. Bir rüzgar gülü 8 veya 16 yöne göre olabilir, ya da Avrupa Rüzgar Atlası'nda esas alındığı gibi 12 yöne, 30'ar derecelik yön aralıklarına göre de olabilir. Aşağıda verilen Şekil 3.29, yön sensörünün hareketini göstermektedir. Rüzgarın yönü, coğrafi kuzey veya pusula yönü ile bulunarak saat yelkovanı dönüşüne göre daire ile ifade edilir. Yön sensörü, 360 derece boyunca sonsuz olarak hareket eder ve bölgenin rüzgar gülünü (wind rose) çıkartır. U, ortalama rüzgar hızı vektörü; $\tilde{h}ve\tilde{\alpha}$ anlık rüzgar hız bileşenleri vektörüdür. Sensör, ϕ açısal hızı ile U tarafından referans verilen yönde hareket eder. Yani sensör merkezi, yatay ve sensöre dik olarak ve r, sensör ekseni ile kütle merkezi arasındaki mesafe olmak üzere, $r\tilde{\phi}$ açısal hızı ile

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

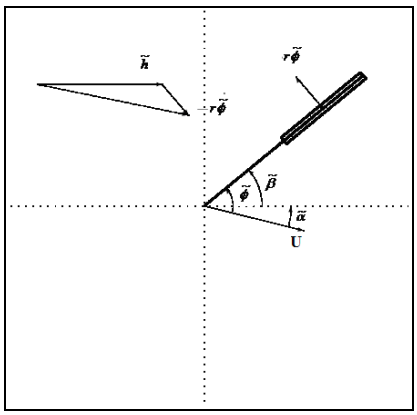
dönmektedir. Bütün açıların küçük olduğu varsayılırsa, hareket eden yön sensörü kanadının anlık yatay açısı β':

$$\beta' = \tilde{\beta} + \frac{r\tilde{\phi}}{U}$$

ile verilmektedir. Yön sensörü için hareket denklemi:

$$I\ddot{\tilde{\phi}} = -r\frac{1}{2}\rho U^2 AK\tilde{\beta}'$$

eşitliği ile hesaplanır. I, atalet momenti; A, sensör alanı ve K, birimsiz bir sabittir ve genellikle 2π olarak alınır.



Şekil 3.29. Yön sensörü hareketi.

3.1.8.1 NRG #200 P Yön Sensörü

Şekil 3.30 ile NRG Inc firmasına ait bir yön sensörü verilmiştir.

Şekil 3.30. NRG #200P yön sensörü.

Tablo 3.13 ile NRG #200P yön sensörüne ait teknik özellikler verilmiştir.

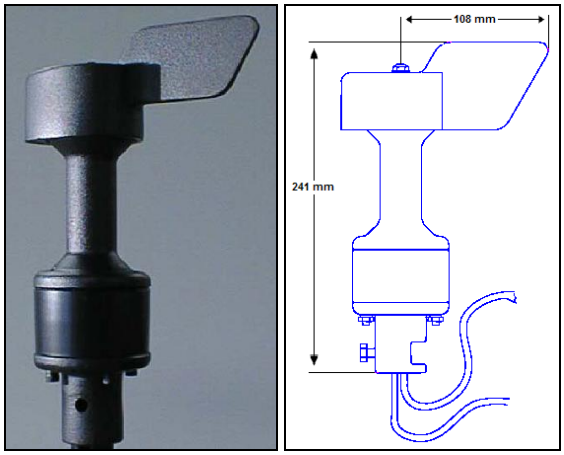
Tablo 3.13. NRG #200P yön sensörü.

Özellik	**Açıklama**
Çıkış gerilimi	1V – 15V DC
Çıkış sinyal range	0 Hz den 125 Hz
Ömür	50 milyon dönme (2-6 yıl)
Rotor süpürme çapı	27 cm
Montaj	13 mm çapında yankol üzerinde
Gerekli malzemeler	5 cm vida anahtarı, elektrik bandı

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

İşletme sıcaklık aralığı	-55 °C den 60 °C
İşletme bağıl nem aralığı	0 den 100% RH
Ağırlık	0.14 kg
Boyutlar	21 cm uzunluk, 12 cm yükseklik

NRG Inc firmasına ait ısıtmalı yön sensörü ise Şekil 3.31 ile verilmiştir.



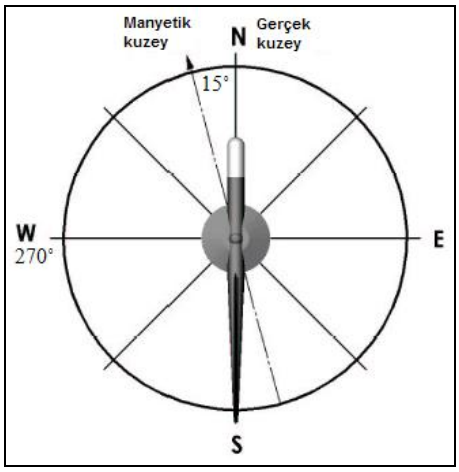
Şekil 3.31. NRG icefree yön sensörü.

Yön sensörü hareketinin daha iyi anlaşılabilmesi için manyetik denklinasyon kavramı açıklanmalıdır. Bilindiği gibi, dünyanın manyetik alanı uniform olmadığından, manyetik kutuplarla gerçek coğrafi kutuplar üst üste gelmez. Ayrıca pusula da gerçek kutbu değil, manyetik kutbu göstermektedir. Coğrafik kutup ile manyetik kutup arasındaki bölgeden bölgeye değişen bu farka "manyetik denklinasyon" denir. Yani, manyetik denklinasyon, gerçek kuzey (coğrafi kuzey) ile pusulanın gösterdiği yön olan manyetik kuzey arasındaki yatay açıdır.

Manyetik denklinasyon, pusulanın arazide gösterdiği hata açısı olarak ölçülmektedir. Gerçek kuzeyden batı ile yaptığı açı manyetik kuzeyin derecesini gösterir. Örneğin İstanbul 15 derece batı manyetik denklinasyon vardır. Yani manyetik kuzey İstanbul'da gerçek kuzeyin 15 derece batısındadır. Mersin'de manyetik kuzey 27 derece doğu da denildiğinde, manyetik denklinasyonun 27 derece doğu olduğu anlaşılmalıdır.

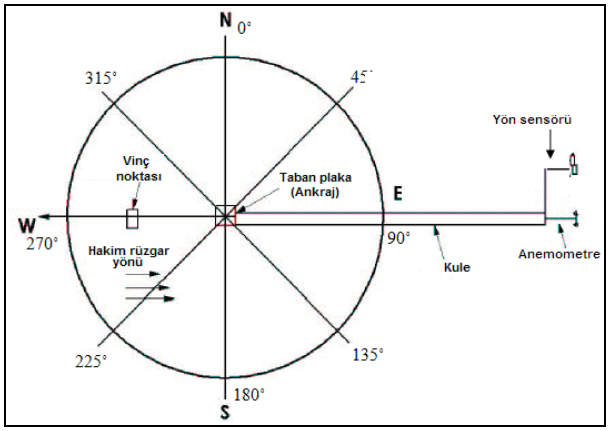
Dünyanın manyetik alanı, zamanla çok az bir değişim gösterir. Dolayısıyla ölçüm yapılan arazideki manyetik denklinasyon da zamanla değişir. Bu farklılıktan dolayı, rüzgar yön sensörünün montajını yaparken manyetik kuzeyi gösteren güncel denklinasyon haritalarından (isogonic map) yararlanılmalıdır. Daha sonra, analiz için hesaplamalar yapılırken gerektiğinde kullanılan yazılım programına yön düzeltme faktörü girilebilir. Yön sensörü montajı yapılırken pusula ile manyetik kuzey yönlerinden birisine ayarlanarak konulabilir. Genellikle manyetik yön tercih edilir. Şekil 3.32'de gerçek kuzey ve manyetik kuzey yönü gösterilmiştir. Manyetik kuzey, gerçek kuzeyin 15 derece batısındadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



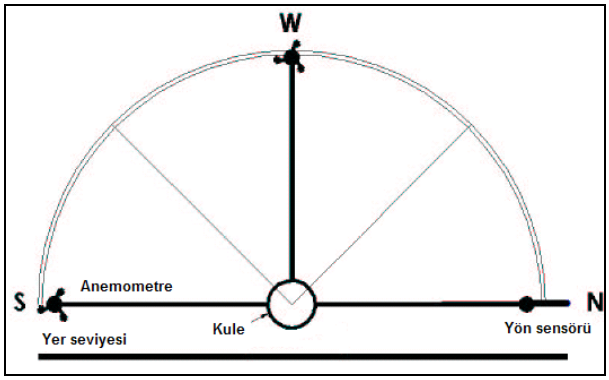
Şekil 3.32. Gerçek ve manyetik kuzey.

Ölçüm direği doğu-batı yönünde yatırıldığında, pusula ile yön sensörünün isteğe bağlı olarak manyetik kuzey veya gerçek kuzey yönünü gösterecek şekilde montajı yapılır ve anemometre de, rüzgarın hakim yönüne doğru monte edilmiştir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. Anemometre ve yön sensörü montajı.

Yön sensörünün üzerindeki kuzey işareti ile aynı konuma getirilerek sensörü tutan çelik pim takılır. Direk kaldırıldığında yön sensörü gerçek kuzeyi gösterecektir. Anemometre, ölçüm direğine dik bir şekilde, yön sensörü de yan kola monte edilmelidir (Şekil 3.34).

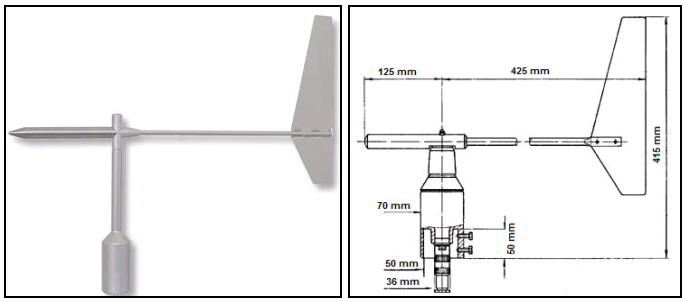


Şekil 3.34. Yan kola monte edilen yön sensörü.

3.1.8.2 Ammonit GmbH Yön Sensörü

Şekil 3.35 ile Ammonit GmbH firmasına ait bir yön sensörü verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.35. Ammonit yön sensörü.

Tablo 3.14 ile Ammonit GmbH firmasının yön sensörüne ait teknik özellikler verilmiştir.

Tablo 3.14. NRG #200P yön sensörü.

Özellik	**Açıklama**
Çıkış gerilimi	4V – 42V DC
Çıkış sinyal aralığı	0 Hz den 125 Hz
Ölçüm aralığı	0 – 360°
Doğruluk	%0.25 (1°)
İşletme sıcaklık aralığı	-50 °C den 80 °C
İşletme bağıl nem aralığı	0 den 100% RH
Ağırlık	0.70 kg
Boyutlar	55 cm uzunluk, 42 cm yükseklik

3.1.9 Diğer Sensörler

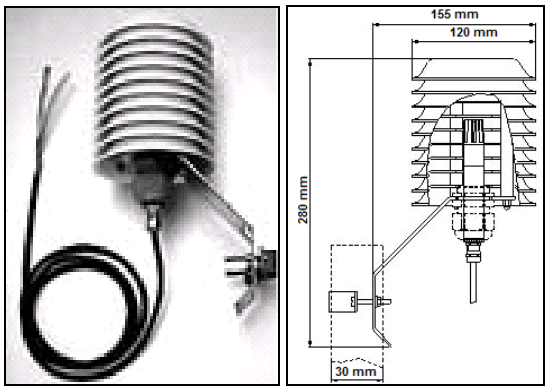
Rüzgar ölçümlerinde ana sensörler, anemometre ve yön sensörü olmakla beraber, yardımcı sensörler de bulunmaktadır. İzleyen sayfalarda bu sensörler incelenecektir.

3.1.9.1 Sıcaklık Sensörü

Termometre olarak da bilinen sıcaklık sensörü genellikle ölçüm direğinin 2 veya 3. metresine monte edilir (Şekil 3.36).

Şekil 3.36. Sıcaklık sensörü.

Amerikan NRG firmasına ait sıcaklık sensörü Şekil 3.37 ile verilmiştir. Bu sensörlerde direk güneş radyasyonundan korunacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.37. NRG marka sıcaklık sensörü.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

NRG #110S marka sıcaklık sensörüne ait özellikler Tablo 3.15 ile verilmştir.

Tablo 3.15. NRG #110S sıcaklık sensörü özellikleri.

Özellik	**Açıklama**
Sensör ölçüm aralığı	-40 °C ile 52.5 °C arasında (-40 °F - 126.5 °F)
Sinyal tipi	Lineer analog gerilim
Doğruluk seviyesi	+/- 0.33 °C
Çıkış sinyal aralığı	0 V – 2.5 VDC
Malzeme	Sensör alüminyum epoksi Radyasyon koruma UV-dayanıklı termoplastik
Ömür	10 yıl
Montaj	13 mm çapında yankol üzerinde
Gerekli malzemeler	5 cm vida anahtarı, elektrik bandı
İşletme bağıl nem aralığı	0 den 100% RH
Ağırlık	0.47 kg
Boyutlar	Sensör 30.5 mm (yükseklik) ve 12.7 mm (çap) Radyasyon koruma ile 127 mm (h) 127 mm (çap)

3.1.9.2. Nem Sensörü

Bağıl nem, verilen bir sıcaklıkta havanın içerdiği nem miktarının, aynı sıcaklıkta içerebileceği maksimum nem miktarına oranı olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle bağıl nem, havanın buhar içeriğinin kapasitesine oranıdır ve yüzde olarak ifade edilir:

Bağıl Nem (RH) = Aktüel Subuharı Miktarı / Maksimum Subuharı Miktarı * 100

Rüzgar ölçüm amaçlı kullanılan nem sensörleri, tek veya bazen de sıcaklık sensörü ile beraber kombine olabilmektedir (Şekil 3.38). Neme karşı duyarlı olan materyal karbondan yapılmış olup nem değişiminde direnci değişmektedir, bu direnç değişiminden yararlanılarak bağıl nem ölçülmektedir.

Şekil 3.38. Nem sensörü.

3.1.9.3. Basınç Sensörü (Barometre)

Basınç, meteorolojik elemanların en önemlilerindendir. Barometrik basınç bir yüzey üzerindeki, bu yüzeyden atmosferin tepesine kadar olan hava sütununun her birim alanı etkileyen kuvvettir. NRG firmasına ait #BP20 barometrik basınç sensörü Şekil 3.39 ile verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

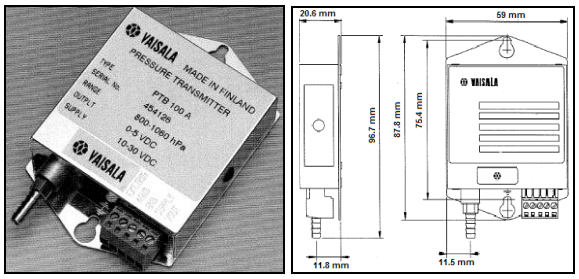
Şekil 3.39. NRG #BP20 basınç sensörü.

NRG #BP20 basınç sensörüne ait teknik özellikler Tablo 3.16 ile verilmiştir.

Tablo 3.16. NRG #BP20 basınç sensörü teknik özellikleri.

Özellik	**Açıklama**
Uygulama alanları	Rüzgar enerji uygulamaları Meteorological amaçlar Çevre amaçlı
Sinyal tipi	Lineer analog gerilim
Doğruluk	+/- 1.5 kPa
Gerekli gerilim	7 V .. 35 V DC
Gerekli akım	15 mA maksimum, 8 mA tipik
Bağlantı	Kablo renklerine göre: Kırmızı: Sensör güç kaynağı Beyaz: Çıkış sinyali Siyah: Sensör topraklaması
Kablo uzunluğu	1.5 m Kablo çapı: 4.8 mm
Ağırlık	0.1 kg
Boyutlar	57 mm çap 112 mm uzunluk

Çift silikon tabakasının arasına cam bir tabaka konularak ayrıştırılması ile yapılan Vaisala PTB 100 marka basınç sensörü Şekil 3.40 ile verilmiştir.



Şekil 3.40. Vaisala basınç sensörü.

Vaisala PTB 100 marka basınç sensörüne ait diğer teknik özellikler Tablo 3.17 ile verilmiştir.

Tablo 3.17. Vaisala basınç sensörüne ait özellikler.

Özellik	**Açıklama**
Ölçüm aralığı	0 hPa..2000 hPa
Doğruluk	± 0.3 hPa
Çözünürlük	0.1 hPa
Çalışma gerilimi	10 - 30 V DC ve 4 mA
Çalışma aralığı	-40 °C ... + 60 °C
Koruma	IP 30 / IP 65
Ağırlık	0.130 kg
Boyutlar	97 mm (yükseklik) 21 mm (kalınlık) ve 50 mm (en)
Çıkış sinyal aralığı	0..5 V DC

3.1.10 Sensörlerin Kalibrasyonu

Rüzgar enerjisi yatırımlarında rüzgar hızının doğru bir şekilde yapılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle anemometre kalibrasyonunun yapılması çok önemlidir. Proje finansman aşamasına gelindiğinde yatırımcılar bu sorunla yüz yüze gelmektedir ve kreditörler tarafından projenin değerlendirilmesi istenen bağımsız müşavir kuruluşlar da kalibrasyonlu anemometre ile ölçümlerin

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

tekrarını isteyecektir. Bu durum, yatırımcılara en az 1-1.5 yıl arasında bir kayba mal olacaktır. Bu yüzden, ölçümlere başlanırken kalibrasyonlu cihazlarla başlamak gerekmektedir.

Bilindiği üzere, rüzgar elektrik santrallarının ekonomisini yıllık üretim miktarı belirlemektedir. Doğru bir yıllık üretim tahminin yapılması ise, ancak uluslararası akredite edilmiş bir kuruluşun kalibre ettiği kepçe anemometreler ile mümkündür. Avrupa'da birçok laboratuvarda anemometre kalibrasyonu bulunmaktadır. MEASNET (MEASuring NETwork Institutes of European) 7 Kasım 1996 tarihinde 3 üye ile kurulan ve Avrupa'daki rüzgar ölçüm ve diğer teknik konularda danışmanlık yapan enstitüleri kapsayan bir akreditasyon kuruluşudur. Rüzgar enerjisi projeleri ölçüm sistemi tamamlandıktan ve gerekli izinler alındıktan sonra finansman aşamasına gelmektedir.

MEASNET, şu anda 9 asil ve 6 yedek üyeye sahiptir. Rüzgar enerjisi piyasasında bankalar, kreditörler ve proje geliştiricilerin ihtiyaç duydukları akredite işlemeleri ve teknik danışmanlık vermek üzere kurulmuştur. Uluslararası banka ve kreditörler tarafından MEASNET standartlarına göre yapılan kalibrasyon ve diğer mühendislik hizmetleri kabul görmektedir. Tablo 3.18, şu anki MEASNET üyeleri nin yaptıkları işlemleri göstermektedir.

Tablo 3.18. MEASNET'e üye olan kuruluşlar ve özellikleri.
(*: yapmaktadır, -: yapmamaktadır).

Enstitü/Kuruluş Adı	Anemometre Kalibrasyon	Güç Performansı	Gürültü Emisyonu	Güç Kalitesi
CRES	*	*	*	*
CENER	*	*	*	*
DEWI GmbH	*	*	*	*
ECN	-	*	*	-
RISØ	-	*	-	-
WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH	*	*	*	*
TRIPOD Wind Energy ApS	-	*	-	-
WINDTEST Grevenbroich GmbH	-	*	*	-
Barlovento Recursos Naturales S.L.	-	*	-	-
WIND-Consult GmbH (*)	*	*	başvuru aşamasında	-
Svend Ole Hansen ApS	*	-	-	-
Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services	*	-	-	-
Force Technology	*	-	-	-
NREL	-	-	*	*

Tablo 3.18'den de görüleceği gibi, Yunanistan'da bulunan CRES ve Almanya'da bulunan DEWI ve WINDTEST rüzgar ölçümleri ile ilgili olarak bütün işlemleri akredite kuruluşlardır.

3.1.10.1 Anemometre Kalibrasyonu İçin Gerekli Şartlar

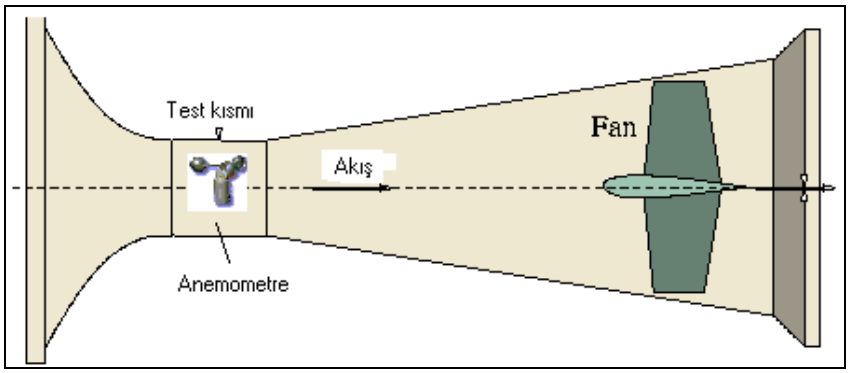
Anemometre kalibrasyonu için aşağıdaki malzemelerin kullanılması zorunludur:

1. Rüzgar tüneli,
2. Kullanılan bütün ölçüm cihazlarının kalibrasyonlarının olması,
3. ISO 3966 standartlarına uygun pitot tüpleri,
4. Her kalibrasyon öncesi kullanılan bütün cihazların hazırlanarak bunun için ilgili enstitüde kullanılan referans anemometre ile test edilmesi,
5. Akış kalite ölçümünün yapılması,
6. Kalibrasyonun birkaç kez denenmesi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Rüzgar tüneli yukarıda sayılan maddeler arasında en önemli olanıdır. Şekil 3.41, rüzgar tünelinin resmini göstermektedir. Anemometre şekilde görülen test kısmına konarak testi yapılır. Doğru bir anemometre kalibrasyonu yapabilmek için rüzgar tünelinde aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır:

1. Anemometre rüzgar tüneli içindeki akış alanından fazla etkilenmemelidir,
2. Ölçümler boyunca anemometre rüzgar tünel blokajı veya sınır etkilerine maruz kalacaktır. Blokaj oranı, anemometre rüzgar cephe alanının toplam test alanına oran olarak tanımlanır. Açık test alanında 0.1; kapalı test alanında da 0.05'i geçmemesi gerekir,
3. Anemometre önündeki akış uniform olmalıdır. Akış uniformluğu anemometre kalibrasyona başlamadan önce sağlanmalıdır.

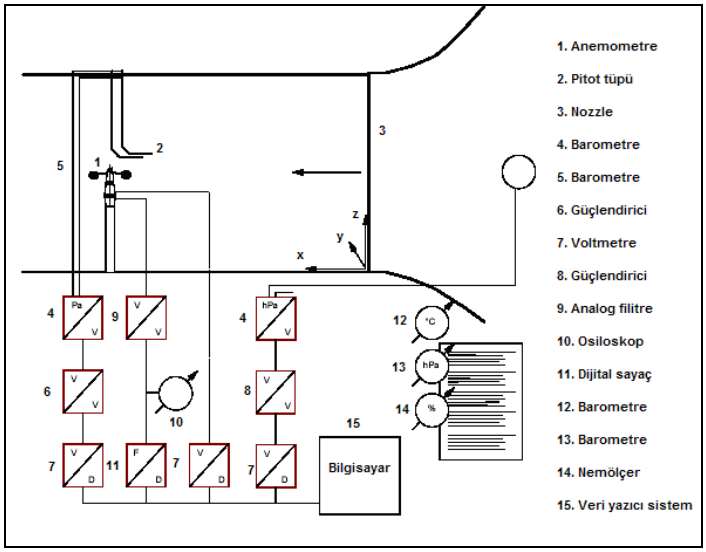


Şekil 3.41. Basit olarak rüzgar tüneli.

Akışın uniformluğu hıza duyarlı sensörler olan pitot tüpleri, Laser Doppler hızölçer ve hız profillerinin yatay ve dikey yönlerinden bulunabilir. Kepçe anemometreler, yatay rüzgar gradyanlarına karşı çok hassastır. Bu yüzden yatay rüzgar gradyanı iki adet pitot tüpü ile ile test edilmelidir. Uniform akış değeri %0.2 olmalıdır. Anemometrenin ekseni boyunca türbülans yoğunluğu %2'den aşağı olmalıdır. Rüzgar tünelindeki test her bir anemometre için 5 kez yapılmalıdır. Kalibrasyon ortalama olarak 10 m/s'de %1'lik hatayı geçmemelidir.

3.1.10.2 Kalibrasyona Başlama

Veri toplama sistemi 10 m/s aralıklarla ve 50 bitlik bir sistemden oluşmalıdır. Kalibrasyon boyunca anemometrenin akış bozulumlarından (flow distortion) etkilenmemesi için tüpün en üst kısmına monte edilir. Pitot tüpü, rüzgar tünelin test kesitine dik olarak yerleştirilir ve sapma 1° yi geçmemelidir. Anemometre test kesitine mümkün olabilecek en dik şekilde yerleştirilmelidir. Şekil 3.42, bütün enstrümantasyonu tamamlanmış kalibrasyona hazır bir sistemi göstermektedir.



Şekil 3.42. Kalibrasyona hazır bir sistem.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3.1.10.3 Kalibrasyon Prosedürü

Anemometre kalibrasyonuna başlamadan 5 dakika önce çalıştırılmaya başlanmalıdır. Kalibrasyon 4 - 16 m/s arasında 1 m/s aralıklarla kalibre edilmelidir. Örnekleme frekansı, en az 30 sn arasında ve 1 Hz frekansında olmalıdır. Zaman aralığı düşük çözünürlüklü anemometrelerde artırılabilir. Ortalama hava yoğunluğu ρ, aşağıdaki formülle bulunur:

$$\rho = \frac{1}{T}\left[\frac{B}{R_0} + \phi P_w\left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_w}\right)\right]$$

Formülde kullanılan;

B: barometrik basınç (Pa),
T: mutlak sıcaklık (°K),
R_0: kuru havanın gaz sabiti (287.05. J/kgK),
R_w: su buharının gaz sabiti (461.5 J/kgK),
P_w: buhar basıncı,
P_w: 0.0000205 exp(0.0631846 T)

Anemometredeki ortalama akış hızı, ortalama basınç diferansiyeli ΔPr_{ef} hesaplanarak aşağıdaki eşitlikle bulunur:

$$\bar{v} = k_b \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sqrt{\frac{2k_c}{c_h} - \frac{\Delta P_{ref,i}}{\rho}}$$

formülde kullanılan;

c_h: Pitot tüpü düşü katsayısı (head coefficient),
k_c: rüzgar tüneli kalibrasyon faktörü,
k_b: blokaj düzeltme faktörü,
n: örnekleme aralığındaki veri sayısı,
R_A: kuru havanın bağımsız (individual) gaz sabiti (287.05 J/kgK),

Blokaj üzeltme faktörü, genellikle Maskell Teoremi kullanılarak bulunur. Bununla beraber, genellikle kapalı rüzgar tünellerinde 1/4, açık rüzgar tünellerinde ise, 1/6 olarak alınmaktadır.

3.1.10.4 Kalibrasyon Rapor Formatı

Kalibrasyon testi yapıldıktan sonra iki türlü doküman hazırlanması gerekmektedir: Test raporu ve kalibrasyon raporu. Test raporunda en az aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır:

- Rüzgar tünelinin kısa tanıtımı,
- Rüzgar tüneli içinde bulunan pitot tüpü ve anemometrenin tam pozisyonunu gösteren düşey kesit şekiller,
- Akış kalite ölçümleri,
- Blokaj düzeltme faktörü,
- Enstrümantasyon sertifikaları,
- Ölçüm prosedürünün kısaca tanıtımı,
- Veri değerlendirme prosedürünün kısaca tanıtımı,
- Belirsizlik analizinin nasıl yapıldığı,

gibi konuların bulunması gerekmektedir.

Kalibrasyon raporunda ise,

- Kalibre yapan enstitünün adı ve adresi,
- Kalibre işlemini yapan kişilerin isim ve imzaları,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Kalibrasyonu yaptıran şirket adı ve adresi,
- Anemometre tipi ve seri numarası,
- Tüp çapı ve montaj sistemi,
- Rüzgar tünelinin adı,
- Kalibrasyon boyunca çevre şartları (hava sıcaklığı, hava yoğunluğu, basınç ve nem),
- Regresyon parametreleri,
- Kalibrasyon sistemini gösteren bir fotoğraf (Şekil 3.43),

bilgilerinin bulunması gerekmektedir.

Şekil 3.43. Kalibrasyon sistemini gösteren bir fotoğraf.

3.2 Arazi Seçimi

Rüzgar elektrik santralının kurulacağı bölge de en az 1 yıl ölçüm yapılmalıdır. Herhangi bir bölgeye rüzgar ölçüm direği dikilmeden önce arazi belirlemede dikkat edilmesi gereken bazı kriterler bulunmaktadır. Rüzgar elektrik santral yatırımının temeli, bu noktada yatmaktadır. Bu amaçla rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu aşamada ilk yapılması gereken rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerin yaklaşık olarak değerlendirilerek detaylı incelemeye tabi tutulması için planlama yapmaktır. Tahmini rüzgar hızlarının yüksek olduğu bölgelerin belirlenmesi amacı ile başvurulacak ilk kaynaklar ise, o ülke için hazırlanmış rüzgar atlası, bilimsel tezler, meteoroloji istasyon verileri veya konu ile ilgili diğer kurumların yapmış olduğu rüzgar ölçümleridir.

3.2.1 Arazi Ön Etütleri

Rüzgar elektrik santral kurulacak arazinin seçilmesi amacı ile yapılacak ölçümler için aday bölgeler belirlenir ve bu bölgelerde detaylı araştırmalar yapmak için hazırlıklara başlanmalıdır.

3.2.1.1 Keşif Gezileri

Potansiyel bölgeler belirlendikten sonra, bölgeye keşif gezileri yapılmalıdır. Yapılan ziyaretlerde yöre ahalisinden, köylülerden, çobanlardan, orman işletme şefliklerinden ve avcılardan bilgi alınabilir. Yöre halkının gözlemleri, yel değirmenleri veya eski yel değirmeni kalıntıları, rüzgar veya yel isimlerini içeren bölgeler (Esentepe, Esenşehir, Rüzgarlıbayır, Yelalan, Yeltepe vb gibi) bir nevi veri gibi kabul edilebilir.

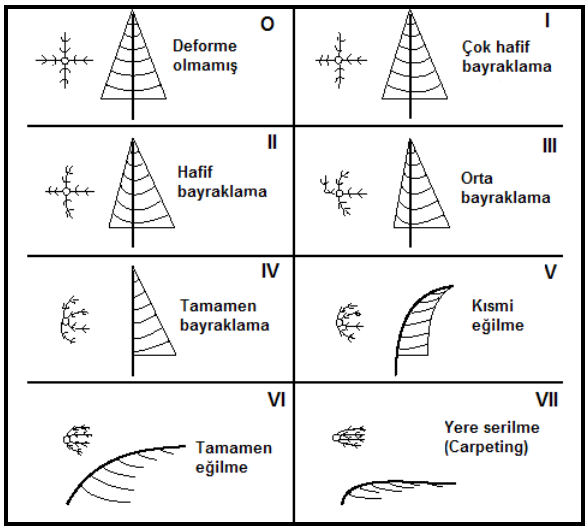
3.2.1.2 Bayraklama (Flagging)

Yörede uzun yıllardır bulunan insanlar en önemli veri kaynağıdır. Bununla beraber, doğanın kendisi de önemli bir veri kaynağı olabilmektedir. Rüzgarın bölgede bulunan ağaç, çalılık, taşlar, kayalıklar gibi doğa nesneleri üzerinde oluşturduğu etkiler de bazen çıplak göz ile görülebilmektedir. Şekil 3.44, bu etkileri göstermektedir. Özellikle küçük ağaçlar üzerindeki daha da iyi gözlemlenebilen bu etkiye bayraklama (flagging) denir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.44. Rüzgarın ağaçlar üzerindeki etkisi.

Rüzgarın ağaç ve çalılıklar üzerinde yaptığı etkileri gösteren Griggs-Putnam İndeksi olarak bilinen bir çizelgede bulunmaktadır. Bu indekse göre rüzgarın çalılar veya ağaçlar üzerinde yaptığı etki 8 sınıfa ayrılmıştır. Şekil 3.45 ve altında bulunan Tablo 3.19 incelendiğinde konu daha da iyi anlaşılacaktır.



Şekil 3.45. Griggs-Putnam indeksi.

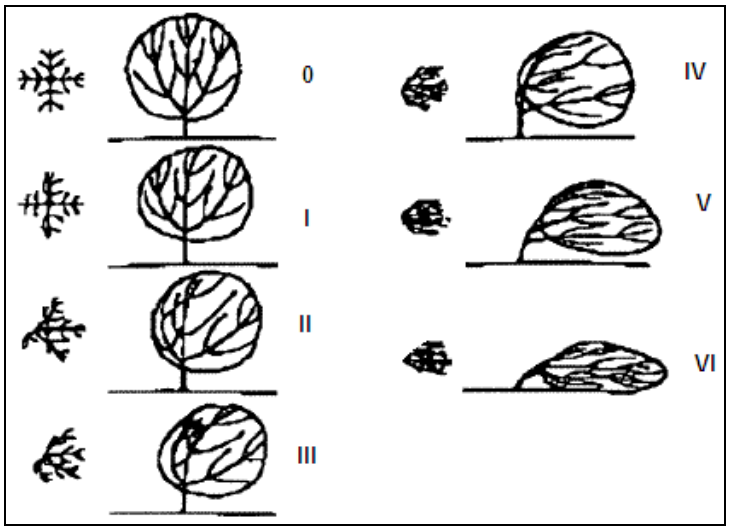
Tablo 3.19 ile, Şekil 3.45'te verilen 8 indeksin m/s cinsinden karşılıklar verilmektedir.

Tablo 3.19. Griggs-Putnam indeksinin m/s cinsinden ifadesi.

Sınıf	0	I	II	III	IV	V	VI	VII
Hız (m/s)	1-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	10+

Rüzgarın ağaç ve çalılıklar üzerinde yaptığı etkileri gösteren bir diğer indekste Alman bilim adamı Barsch tarafından geliştirilen Barsch İndeksidir. Bu indeks, 0 ile VI arasında toplam 7 sınıfta toplamıştır (Şekil 3.46).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

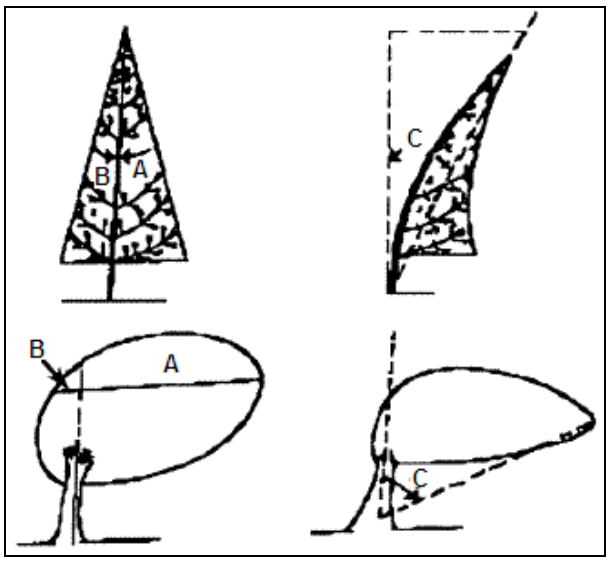


Şekil 3.46. Barsch indeksi.

Barsch indeksinde Griggs-Putnam İndeksi'nden biraz farklı olarak ağaç deformasyon oranı D tanımlanmıştır ve aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

$$D = A/B = C/45°$$

A/B oranı yani D, $1 \leq D \leq 5$ arasındadır. D =1 ise, herhangi bir deformasyon yoktur, dolayısıyla rüzgar da yoktur. A, B, ve C ile ilgili Şekil 3.47 incelenmelidir.



Şekil 3.47. Ağaç deformasyonu.

D, en büyük değeri 5 ise, hemen hemen 90 derecelik bir deformasyon vardır ve ağaç nerede ise yere paralel bir şekilde değerek uzamaktadır.

Yukarıda açıklanan noktalara dikkat edildikten sonra bölge hakkında artık bir kanaat oluşmuştur. Bununla beraber, rüzgar potansiyelinden emin olunsa bile izleyen sayfalarda verilen parametrelere de dikkat etmek gerekmektedir.

3.2.2 Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

Bölgenin incelenmesi sadece 30 veya 50 metre uzunluğunda bir rüzgar ölçüm direğinin dikilmesinden ibaret olarak değil; daha sonra kurulması düşünülen rüzgar elektrik santralının kurulacağı gerçeği de dikkate alınmalıdır. Bu amaçla aşağıdaki hususlara dikkat etmek gerekmektedir:

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Sahaya ulaşılabilirlik: Bölgeye ulaşım zor olmamalıdır. En azından bir servis yolu, stabilize veya toprak yolun bile olması yeterlidir. Daha ileriki aşamalarda bölgeye tırlarla gelecek teçhizatın, vinçlerin olacağı unutulmamalıdır.

Trafo merkezi ve enerji nakil hatları: En dikkat edilmesi gereken noktalardan birisidir. Ülkemizde rüzgar elektrik santralının trafo merkezlerine bağlantısına izin verilmektedir, doğrudan enerji nakil hatlarına girdi-çıktı (saplama) nadir olarak izin vermektedir. Trafo merkezinin kısa devre gücü de önemlidir.

Askeri veya stratejik bölgeler: Arazinin askeri veya gizli bir stratejik önemi olabilir. Bu konu da araştırılmalıdır. Bölgede bulunan en yakın askeri birliğe konu sorulmalıdır.

Milli park, muhafaza ormanı, SİT alanı: Bölge milli park, SİT alanı vb gibi ilan edilmiş veya muhafaza ormanı sınırları içerisinde kalmamalıdır. Aksi takdirde rüzgar ölçüm direği dikimi için bile izin alınamaz.

Bölgenin elektrik enerjisi talebi ve enerjinin pazarlanması: RES, mümkün mertebe enerji talebinin yüksek olduğu bölgelere yakın kurulmalıdır.

Arazinin jeolojik ve topoğrafik yapısı, eğimi ve büyüklüğü: Arazi rüzgar türbinlerinin montajı ve çalışmasına uygun bir eğim ve büyüklükte olmalıdır. Jeolojik yapı olarak da imara uygun, fazla engebeli bir yapıya sahip olmamalıdır.

Radyo-link hattı, telekom, telsiz, baz istasyonu: Saha, radyo-link hattı, vb gibi düz bir iz şeklinde ilerleyen elektromanyetik dalgaların geçiş yolu üzerinde olmamalıdır.

Arazi sahipliğinin belirlenmesi: Bölgenin sahibinin de bilinmesi çok önemlidir. Bölge, Orman Bakanlığı, Belediye Mücavir Alanı, Hazine, Milli Emlak vb gibi kurum, tüzel veya özel kişilere ait olabilir. Ülkemizdeki bölgeler genellikle Orman Bakanlığı'na aittir. Ayrıca ülkemizdeki bir çok boş alan maden sahası olarak çizilip izni önceden alınmış olabilmektedir.

3.2.2.1 Fotoğraflandırma

Yukarıda sayılan bütün hususlar araştırıldıktan sonra bölge fotoğraflandırılmalıdır. Öncelikle kurulması düşünülen rüzgar ölçüm direğinin bulunduğu bölgenin fotoğrafı çekilmelidir. Şekil 3.48 ile gösterilen noktaya dikileceği varsayılmıştır.

Şekil 3.48. Örnek saha için rüzgar ölçüm direğinin dikilecek nokta.

Rüzgar ölçüm direğinin dikileceği noktadan itibaren 30'ar derecelik aralıklarla arazi 360 derece fotoğraflanmalıdır. Ayrıca, servis yollarının ve muhtemel rüzgar türbin montajının yapacağı yerlerinde fotoğraflandırılması iyi olur, daha sonra bu fotoğraflar hazırlanacak rapora konulacaktır.

3.2.2.2 Ön Rapor Hazırlanması

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Yukarıda anlatılan konular belirlendikten sonra rüzgar ölçüm direğinin dikileceği sahayı anlatan bir ön rapor hazırlanmalıdır. Rüzgar ölçüm direği için yer bulunması amacı ile yapılan ön arazi etütlerinin sonucu bir rapor haline getirilerek konu anlatılır. Raporda yukarıda dikkat edilmesi gereken noktalarda belirtilen hususların cevabı açık bir şekilde verilmelidir. Araziden çekilen fotoğraflar da konularak görsellik kazandırılmalıdır. Ayrıca Şekil 3.49'da görüldüğü gibi bir örnek canlandırma (visualization) yapılarak, rüzgar elektrik santralındaki rüzgar türbinlerinin olası yerlerinin fotoğrafı verilmelidir.

Şekil 3.49. RES sahası RT'siz (a) ve RT yerleşimi yapıldıktan sonraki (b).

Arazi için farklı noktalardan bu canlandırma yapılabilir. Şekil 3.50, aynı sahanın farklı bir noktadan görünümü verilmektedir.

Şekil 3.50. Aynı sahanın bir başka noktadan görünümleri.

Yukarıda anlatılanlar ışığında artık bölgeye rüzgar elektrik santral kurulum amacı için rüzgar ölçüm direği dikilip dikilmeyeceğinin kararının verilmesi gerekmektedir. Eğer gerekli kriterler sağlanmıyor ise, başka bir bölge araştırılmalıdır; eğer kriterler sağlanıyorsa, rüzgar ölçüm direğinin montajı için arazi sahibinden izin alınarak montaj yapılmalıdır.

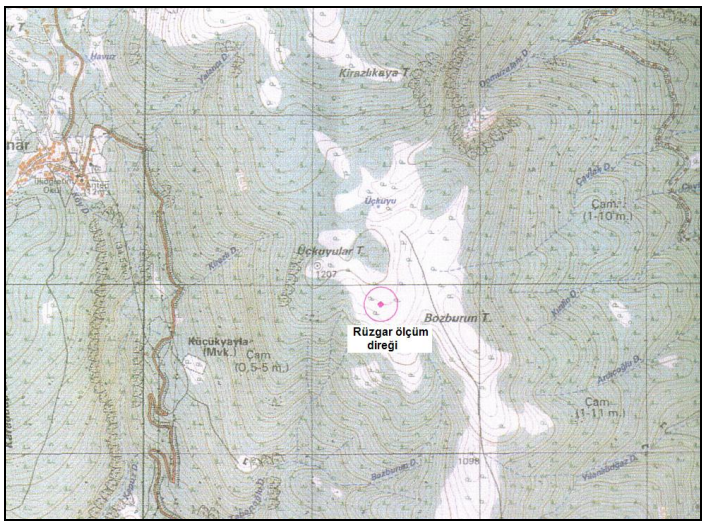
3.2.3 Ölçüm İzni Alınması

Rüzgar ölçüm direği montajı yapılacak sahanın kime ait olduğu belirlendikten sonra, ölçüm direğinin dikilebilmesi için gerek idari ve gerekse de teknik bazı evrakların hazırlanması gerekmektedir. Ülkemizdeki potansiyel rüzgar ölçüm sahaları daha çok Çevre ve Orman Bakanlığı'na aittir. Arazi kamuya ait ise, hazırlanması gereken evraklar aşağı yukarı aynıdır. Buradaki arazinin Orman Bakanlığı'na ait olduğu kabulu yapılacaktır ve ona göre hazırlanması gereken evraklar üzerinde durulacaktır. Ülkemizde Orman Teşkilatı'nın yapılanması, Orman Bölge Müdürlüğü, hemen altında Orman İşletme Müdürlüğü ve son olarak da ilgili bölgeye bakan Orman İşletme Şefliği bulunmaktadır. Ölçüm izni alınabilmesi için aşağıdaki evrakların verilmesi gerekmektedir:

- Kapak yazısı,
- 1:25000 ölçekli harita ve koordinatlar,
- Keşif özeti,
- Ölçüm direği temsili şekli,
- ÇED dışı yazısı,
- SİT dışı yazısı,
- Şirket imza sirküleri.

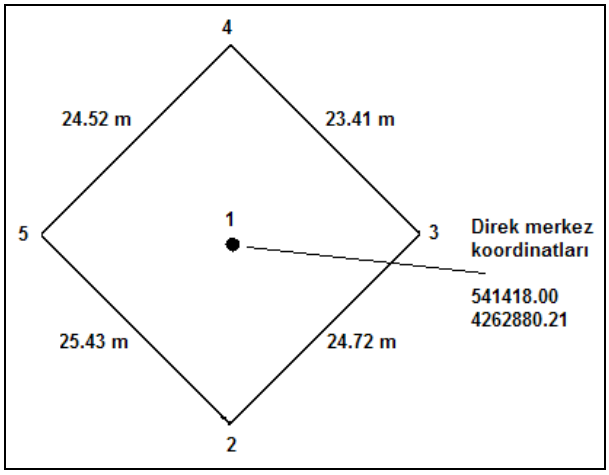
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Bölgenin temin edilen 1:25.000 ölçekli haritasının üzerinde ölçüm direğinin yeri koordinatları belirlenerek işaretlenmelidir. Ayrıca koordinat noktasından itibaren, ölçüm direğinin kazıklarının çakılacağı kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinden de koordinatlar belirlenmelidir. Kazıkların çakılacağı noktanın koordinatları halatın uzunluğuna göre belirlenebilmektedir. Bu işlem yapılmalıdır, çünkü Orman İdaresi, direğin toplam kapladığı alan üzerinden bir keşif çıkarıp yıllık kirayı belirleyecektir. Aşağıda verilen Şekil 3.51 ile, rüzgar ölçüm direği 1:25000 ölçekli haritada işaretlenmiştir.



Şekil 3.51. 1:25000 ölçekli paftada ölçüm noktasının gösterilmesi.

Ayrıca aşağıda verilen bir çizim ile de rüzgar ölçüm direğinin montajının yapılacağı nokta (1 ile gösterilmiştir) ve kazıkların çakılacağı noktalar (2, 3, 4 ve 5. noktalar) ve bu noktalara direğin merkez ekseninden olan uzaklık belirtilmelidir (Şekil 3.52).



Şekil 3.52. Rüzgar ölçüm direği ve kazık mesafeleri.

Örnekte verilen alan 601 m^2 olarak bulunmuştur. Rüzgar ölçüm direğinde kullanılacak teçhizatları ve fiyatlarını gösteren bir listedir (Tablo 3.20). Buradaki rakamlar rastgele yazılmıştır ve kullanılan ölçüm yüksekliği ve firmanın üretimine bağlı olarak bu tablo değişkenlik gösterebilir.

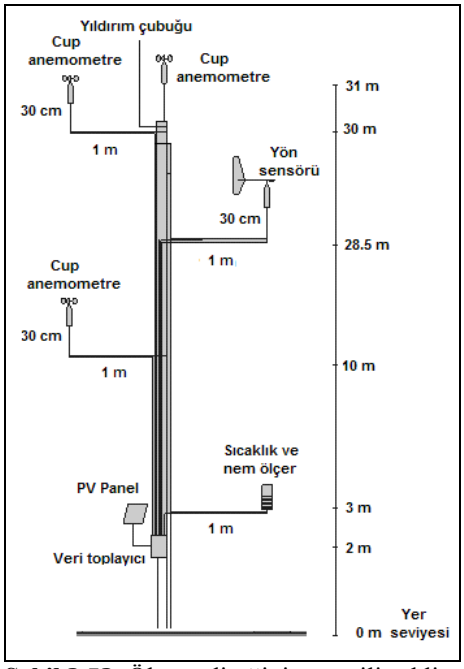
Tablo 3.20. Ölçüm teçhizat keşif listesi.

KOD	Açıklamalar	Fiyat (YTL)
9200 P	Veri toplayıcı, 2 adet veri okuma yongası	1064.-
#40 P	Kalibrasyonlu anemometre	403.-
200 P	Yön ölçüm cihazı	124.-
SM 14s	Ölçüm direği çelik konsktüksiyon aksamı	500.-
SM14Z	Z-mast yön sensörü bağlantı çubuğu	22.-

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

SMB1	Yan kol	83.-
2C 3C	Anemometre ve yöns sensör kabloları	106.-
	İşçilik	500.-
	TOPLAM	**2802.-**

Ölçüm Direği Temsili Şekli
Ölçüm direğinin temsili bir şeklinin de konması gerekmektedir. Şekil 3.53 deki bir temsili şekil konularak olay anlatılmaya çalışılır. Örnekte 30 metrelik bir ölçüm direğinin montajının yapılacağı varsayılmıştır.



Şekil 3.53. Ölçüm direğinin temsili şekli.

Montajı yapılacak direk için ÇED gerektirmediğini belirten yazı İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nden alınabilir. Ölçüm yapılmak istenen arazinin SİT dışında olduğu yazısı ise, ilgili Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu Bölge Müdürlüğü veya İl Müze Müdürlüğü'nden alınabilir. Bunlara ek olarak da başvuruyu yapan şirketin imza sirkülerinin bulunması gerekmektedir. Yukarıdaki evraklar hazırlandıktan sonra ilgili Orman Bölge Müdürlüğü'ne başvuru yapılır ve buradan da ilgili Orman İşletme Şefliği'ne havale edilerek izin işlemi başlatılmış olunur. Başvuru değerlendirildikten sonra Orman Bölge Müdürlüğü bünyesinde bir heyet oluşturulur. Saha ziyareti için oluşturulan heyette Kadastro Mülkiyet Şubesi'nden elemanlar ve arazinin bulunduğu sınırlara bakan ilgili Orman İşletme Şefi bulunur. Saha ziyaret edilerek ölçüm noktasına kadar gidilir ve konu orada da anlatılır.

Son olarak kararın müspet çıkması halinde, Orman İdaresi tarafından Saha Teslim Tesellüm Tutanağı düzenlenir ve şirket yetkilisinin gerekli evrakları imzalamasına müteakip sahada ölçüm yapabilmek için izin alınmış olunur.

3.3 Ölçüm Sistemi Seçimi
Bilindiği gibi, rüzgar ölçümleri için günümüzde bir çok sistem mevcuttur. Firmaların ürünlerine göre şekil ve çalışma prensibi değişse de genellikle bir çok özellik benzerdir. Bunlara en iyi örnek olarak ölçüm sisteminin montajının yapıldığı direklerde gözlemlenir. Bu tip sistemlerde çoğunlukla 2 çeşit direk tipi kullanılmaktadır: boru ve kafes konstrüksiyon çelik direkler. Bunlar ile ilgili özellikler ve diğer yardımcı elemanların tanıtımı ile rüzgar ölçümlerinde dikkat dilmesi gereken noktalar üzerinde durulacaktır.

3.3.1 Rüzgar Ölçüm Sistemleri
Gerek boru konstrüksiyon ve gerekse de çelik konstrüksiyon rüzgar ölçüm direklerinde iki önemli kısım vardır: mekanik ve elektronik. Mekanik kısım, taban ankraj, çelik halatlar, borular, kazıklar ve

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

diğer hırdavat malzemeler; elektronik kısım ise, anemometre, yön sensörü, veri toplayıcı, kablolar vb gibi diğer elektronik cihazlardan oluşmaktadır.

Şekil 3.54, ile boru konstrüksiyon direğe örnek olarak verilmiştir. Ülkemizde de çok tercih edilmektedir.

Şekil 3.54. Boru konstrüksiyon rüzgar ölçüm direkleri.

Boru konstrüksiyon direkler, genellikle 10 cm'lik çelik borulardan ve montajı zıvana ile birbirine geçme olarak imal edilirler. Zor arazi şartlarında dahi montajı kolay olacak şekilde yapılabilmektedir. Şekil 3.55, ile kafes konstrüksiyon direğe örnek olarak verilmiştir. Ülkemizde fazla kullanılmamakla beraber, son zamanlarda kullanımında artış gözlenmektedir.

Şekil 3.55. Kafes konstrüksiyon rüzgar ölçüm direkleri.

Başlıca avantajı, tırmanma kolaylığı olduğundan ölçüm cihazlarında herhangi bir sorun tespit edildiğinde, direk yere indirilmeden gerekli müdahalenin yapılabilmesidir. Bununla beraber, bütün modellerine tırmanılamaz. Direk taban plakası, önceden boylarına göre kesilmiş ve numaralandırılmış çelik halat takımları, halat sabitleme kazıkları ile ankraj elemanları ve montajda kullanılacak tüm gerekli parçalardan oluşmaktadır. Her iki konstrüksiyon direğin gövdeleri çelik olup tüm üzerinde yapılan kaynaklar genellikle gazaltı ile yapılmaktadır. Ayrıca kullanılan bütün malzemeler genellikle sıcak daldırma 70-85 mikron galvaniz kaplamadır. Korozyona ve paslanmaya karşı dayanıklılık esastır.

3.3.2 Rüzgar Ölçümlerinde Kullanılan Yardımcı Teçhizat

Daha önceki sayfalarda rüzgar ölçümleri yapabilmek amacı ile kullanılan meteorolojik sensörler tanıtılmıştı. Bunları hatırlamak açısından aşağıda sıralamakta yarar vardır:

1. Anemometre,
2. Yön sensörü,
3. Sıcaklık sensörü,
4. Basınç sensörü,
5. Nem sensörü.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Bununla beraber, yukarıda sayılan sensörlerin direğe montajında ve direğin dikilmesi sırasında kullanılan birçok diğer mekanik teçhizat bulunmaktadır. Bunlar izleyen sayfalarda anlatılacaktır.

3.3.2.1 Vinç

Rüzgar ölçüm direğinin montajı sırasında kulanılmaktadır (Şekil 3.56). Vincin kaldırma kapasitesi, ölçüm direğinin boyu ve kullanılan konstrüksiyon direğin et kalınlığına bağlı olarak değişir. Vinci çalıştıracak akü de dikkate alınmalıdır.

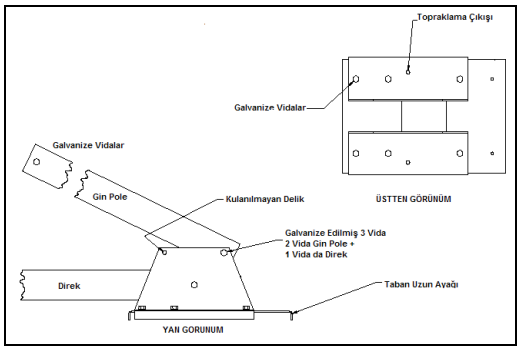
Şekil 3.56. Rüzgar ölçüm direği montajında kullanılan vinçler.

3.3.2.2 Gin Pole

Rüzgar ölçüm direğini kaldırabilmek amacı ile direğe 90 derece dik olarak monte edilen bir mekanik teçhizattır (Şekil 3.57).

Şekil 3.57. Ginpole.

Uzunluğu kullanılan rüzgar ölçüm direğinin boyuna göre değişmektedir. Şekil 3.58'de görüldüğü gibi ana direği monte edilerek ana direk olan rüzgar ölçüm direği kaldırılır.



Şekil 3.58. Ginpole'in rüzgar ölçüm direğine montajı.

3.3.2.3 Taban Ankraj

Rüzgar ölçüm direğini tutan ve temelin üzerine yerleştirilen mekanik elemandır. Aşağıdaki Şekil 3.59'da ise taban ankrajı verilmiştir. Galvanize edilmiş olarak kullanılır. Eğer toprak yumuşak bir yapıya sahipse, taban ankrajının üzerindeki yük nedeni ile toprağa batmaması için flanş veya üzerine

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

yükü yayacak diğer tertibatlar konarak emniyete alınmalıdır. Kullanılacak olan taban ankrajı seçildikten sonra uygun civata ve somunlarla ve gerektiğinde de kazıklarla sabitlenir.

Şekil 3.59. Taban ankrajı.

3.3.2.4 Kazıklar

Kazıklar, çelik ölçüm direğinin halatların bağlanarak sabitlendiği noktalardır (Şekil 3.60). Tipik olarak 40 metreye kadar kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde olmak üzere 4 adet konulurken, daha yüksek ölçüm direkleri ve bazen de arazi koşullarına göre sayısı artırılabilir.

Şekil 3.60. Kazıklar.

Genellikle vidalı, okbaşlı ve kaya kazık olarak üç çeşit tipte kullanılır. Rüzgar ölçüm direği sipariş edilmeden önce hangi tip kazığın kullanılacağı tespit edilmelidir. Aşağıda Tablo 3.21 ile toprak tipini belirlemeye yardımcı olacak bir toprak sınıflandırması verilmiştir. Bununla beraber, eğer kullanılacak kazığa karar verilemiyor ise, profesyonel bir yardım alınmalıdır. Kazık seçimi, toprak tipi, maksimum rüzgarlar ve kasırga, fırtına, tayfunlar, buzlanmalar, toprağın aniden yer değiştirmesine neden olabilecek periyodik seller ya da dağlık yerlerde çok görülen hızlı ve hamleli rüzgarlar gibi ölçüm direğini etkileyebilecek nitelikteki diğer hava durumlarını göz önüne alarak yapılmalıdır.

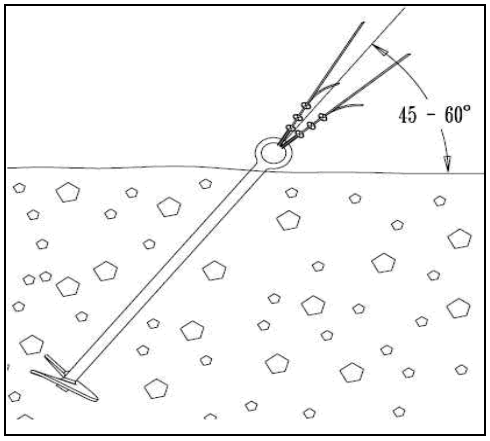
Tablo 3.21. Toprak sınıfları ve özellikleri.

Toprak sınıfı	Özellik
1A	Ağır çakıl, koyu sert tabakalı toprak ve açılı partiküllü çakıl
2A	Orta yoğunlukta topraklanmış çakıl ve çakıllı toprak, orta tabakalıdan sert tabakalıya toprak
3A	Gevşek ile orta ağırlıkta sert tabakalı toprak, orta tabakalıdan güzel toprağa
4A	Gevşek, güzel toprak ve gevşek toprak; yoğun olmayan toprak dolumu

Kazıklar, çelik halatlardan gelen yükü kaldırabilecek şekilde yerleştirilmelidir. Çelik halat yüzey ile 45° açı yapmalıdır (Şekil 3.61). Bazı arazilerde bu durum çok az da olsa değişim göstererek 60 dereceye kadar çıkabilir. Küçük bir kısmı toprak üzerinde kalacak şekilde toprağa çakılmalıdır. Çelik

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

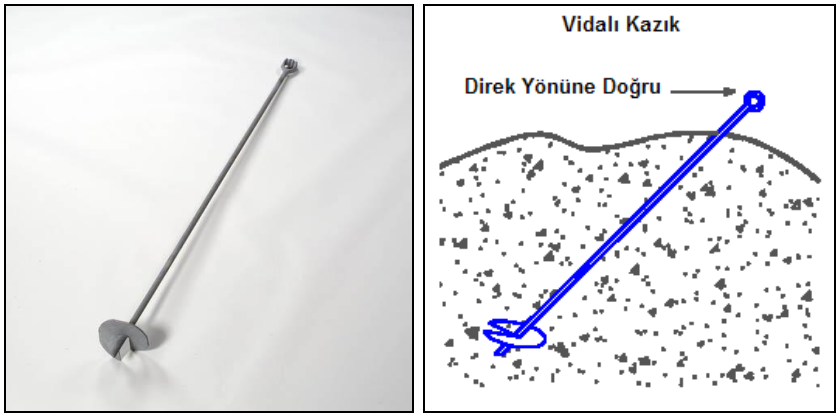
halatlar bağlandıktan sonra halatın toprak ile teması olmamalıdır. Aksi takdirde toprak çelik halatı çürüterek halatın kopmasına neden olmakta ve dolayısı ile ölçüm direğinin devrilme tehlikesi meydana gelebilmektedir.



Şekil 3.61. Genel kazık yönü.

Vidalı Kazık (Screw-in Anchor)

Vidalı kazık, kayalık olmayan normal toprak yapısında kullanılırlar. Balyoz ile çakılarak sabitlenirler. Kumlu toprak yüzeylerinin olduğu bölgelerde de kullanılabilir (Şekil 3.62).



Şekil 3.62. Vidalı kazık ve çakılışı.

Okbaşlı Kazık (Arrowhead Anchor)

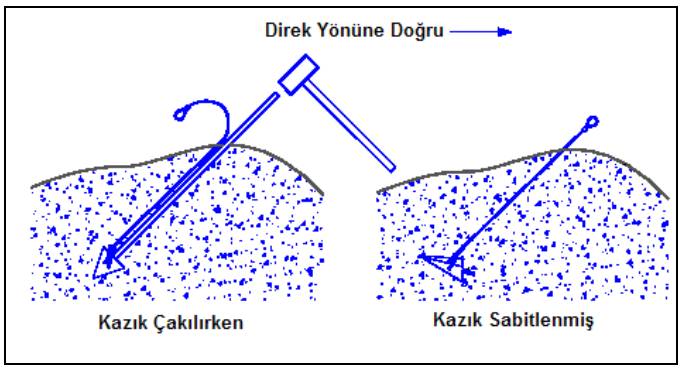
Sert ve kayalık yüzeylerde, normal geçmeli kazıkların geçemeyeceği yerlerde kullanılabilir (Şekil 3.63).

Şekil 3.63. Okbaşlı kazık.

Üçgen şeklinde ve ok ucuna benzeyen baş kısmı, sert yüzeylerde rahatlıkla ilerleyebilmektedir. Okbaşlı kazıklar, toprağa özel bir çubuk yardımı ile çakılır. Kazık yeterince çakıldıktan sonra, çubuk

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

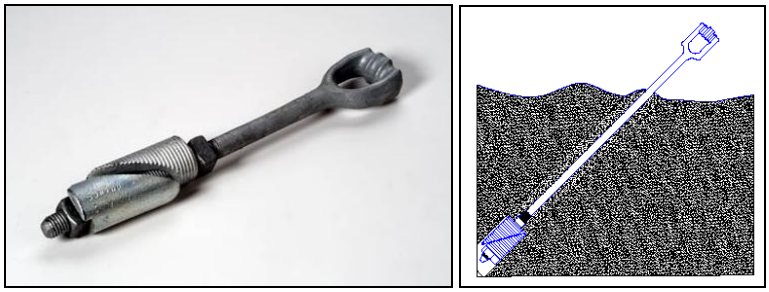
çıkarılır ve kazık sabitlenerek ok başlı ucu gerilir. Bu kazıklar her çeşit toprakta kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır ama özellikle kayalı topraklarda daha çok etkilidir. Ok başlı kazık toprağa rak ile batırılır (Şekil 3.64). Rak, kazığı toprakta bırakacak şekilde çekilir. Kazık kendi etrafında dönüp tam tutma potansiyelinin elde etmesi için çelik halata bir gerilim uygulanmalıdır.



Şekil 3.64. Okbaşlı kazık çakılışı.

Kaya Kazık (Rock Anchor)

Kaya tipi kazıklar, çok sert veya bütün yüzeyin kaya ile kaplı olduğu bölgelerde kullanılırlar. Diğer kazıklarda olduğu gibi, ölçüm direğinden gelen halatların düz bir hat boyunca yükü alması sağlanmalıdır. Kazık çakılmadan önce kayanın içerisine 40 – 50 mm çapında delik açılarak kazığın girmesi sağlanmalıdır (Şekil 3.65).



Şekil 3.65. Kaya kazık ve çakılışı.

Özel Kazıklar

Yukarıda anlatılan kazıklar standart olmasına karşın bazen montajın yapılacağı arazi için de özel kazık kullanılanabilir (Şekil 3.66). Özellikle rüzgarın karakteristiği ve kullanılan rüzgar ölçüm direğinin yüksekliği, yapısı gibi faktörler bazen özel olarak tasarlanmış kazıkların kullanımını mecbur kılabilmektedir.

Şekil 3.66. Özel yapım kazıklar.

3.3.2.5 Kelepçeler

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

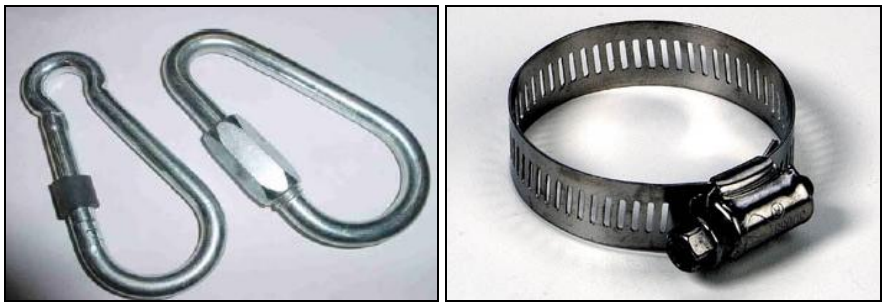
Kelepçeler, yan kol, sensör, halat, kazık ve diğer teçhizatların direği montajında kullanılan elemanlardır. Şekil 3.67 ile direğe monte edilecek sensörlerin yan kollarını tutan boru kelepçesi verilmiştir.

Şekil 3.67. Boru kelepçesi.

Halatların kazığa bağlandığı noktada ise, Şekil 3.68 ile verilen halat kelepçeleri kullanılmaktadır.

Şekil 3.68. Halat kelepçesi.

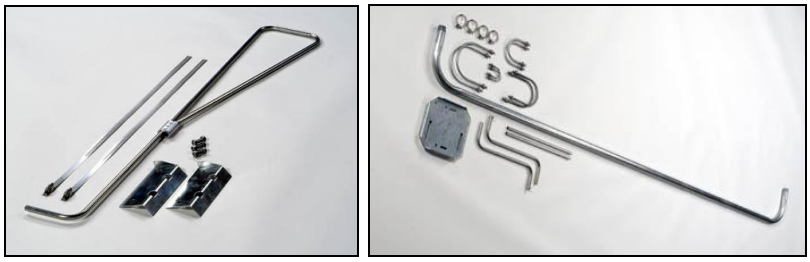
Vinç, gin pole gibi elemanların birbirine bağlantı noktasında kullanılan kelepçeler aşağıda görülmektedir (Şekil 3.69).



Şekil 3.69. Kelepçe.

3.3.2.6 Yan Kol

Yan kollar sensörler monte edilirken bazı standartlara sahip olması gerektiğinden dikkat edilmesi gereken elemanlardandır. Bazı sensörler (sıcaklık, basınç) için sensör ile beraber satılmakta iken bazı sensörler için de daha sonra yaptırılmaktadır (Şekil 3.70).

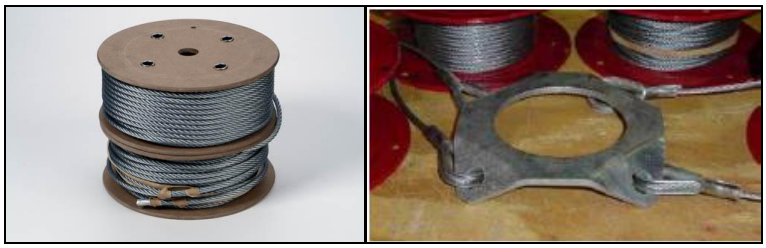


Şekil 3.70. Yankol.

3.3.2.7 Çelik Halatlar

Kulenin kazıklara bağlanabilmesi amacı için kullanılmaktadır. Rüzgar ölçüm direğinin uzunluğu ve kullanılan ölçüm direği ve malzemenin ağırlığına göre değişmektedir (Şekil 3.71).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.71. Çelik halatlar.

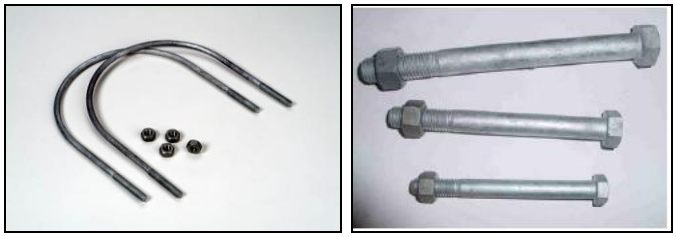
3.3.2.8 Veri Toplayıcı Muhafaza Kutusu ve Kilidi

Veri toplayıcı (data logger) ölçüm sisteminin beyni ve bütün kayıtların tutulduğu hassas bir elektronik cihazdır. Dış koşullardan etkilenmemesi için muhafaza altına alınmalıdır (Şekil 3.72).

Şekil 3.72. Veri toplayıcı muhafaza kutusu.

3.3.2.9 Vidalar, Somun ve Civata

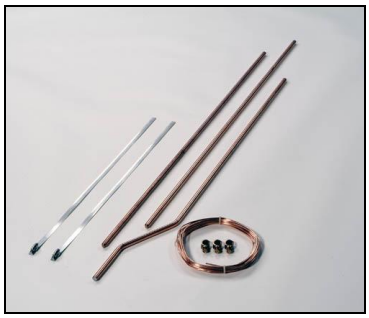
Ölçüm sisteminin çelitli yerlerinde farklı ebat ve tiplerde vida, somun ve civata bulunmaktadır (Şekil 3.73).



Şekil 3.73. Vida ve somunlar.

3.3.2.10 Yıldırım Çubuğu

Rüzgar ölçüm direkleri, arazinin çevresine göre daha yüksek bir noktasına monte edildiğinden sık sık yıldırıma maruz kalmaktadır. Bu yüzden ölçüm direği aşağıdaki Şekil 3.74'te görüldüğü gibi, yıldırım düzeneği kullanılmalıdır.



Şekil 3.74. Paratoner sistemi.

3.3.3. Elektronik Elemanlar

Sensörlerden başka birçok yardımcı teçhizat kullanılmaktadır. Bunlar izleyen sayfalarda tanıtılacaktır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3.3.3.1 Veri Toplayıcı (Data Logger)

Rüzgar ölçüm direğinde kaydı tutulan bütün verilerin elektronik olarak saklandığı ve değerlendirilmesinin yapıldığı ortamı sağlayan teçhizattır. Farklı markalar ait ve değişik dizaynlarda bulunabilirler. NRG firmasına ait 2 değişik veri toplayıcı 9200 Plus ve Symphonie Şekil 3.75 ile verilmiştir. Ayrıca Şekil de verinin saklandığı veri yongaları (data chip), piller ve nem alıcı da görülmektedir.

Şekil 3.75. Veri toplayıcılar

Veri toplayıcı, 1 veya 10 dakikalık ve saatlik olarak düzenli aralıklarla ortalama ve ekstrem verilere ek olarak standart sapma da hesaplanıp vermektedir. Muhafaza kutusu ile beraber Ammonit firmasına ait veri toplayıcı ve diğer elemanlar Şekil 3.76 ile verilmiştir.

Şekil 3.76. Ammonit veri toplayıcı.

Şekil 3.76'da verilen elemanlar aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

1. Bütün teçhizatlara ait topraklama bağlantısının yapıldığı nokta,
2. Veri toplayıcı, alüminyum plakanın üzerine monte edilmiştir,
3. Bütün teçhizatlar muhafaza kutusuna vidalı somun ile tutturulmuştur,
4. Asma kilit tutacağı,
5. Buharlaşma için küçük bir delik bırakılmıştır,
6. Diagonal terminal bağlantısı, kabloların kolayca bağlanması için düşünülmüştür,
7. Ölçüm direğinden gelen kabloların girdiği delikler,
8. Taban ankraja muhafaza kutusunun topraklamasının yapıldığı nokta,
9. GSM kullanımı halinde SIM card'ın bulunduğu nokta,
10. Kabin içindeki elektrik bağlantısını gösteren diagram.

Veri toplayıcının ölçüm direğinde hangi yükseklikte monte edilmesi gerektiğine karar verilmelidir. Veri toplayıcı Şekil 3.77'de görüldüğü yere çok yakın bir yere bağlanmamalıdır. Bunun nedenleri arasında bazen bölgede bulunanların veya bölgeden geçenlerin muhafaza kutusu içindeki malzemeyi merak etmelerinden dolayı karıştırarak veri toplayıcı ve sisteme zarar verebilmesidir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.77. Yere çok yakın bir veri toplayıcı.

Veri toplayıcı ölçüm direğine 3. metreden monte edilmelidir. Böylelikle herkesin boyunun yetemeyeceği bir yükseklik ile garanti edilmiş olur. Bölgede zincirle kilitlenerek bırakılacak bir merdiven de bırakılmalıdır (Şekil 3.78).

Şekil 3.78. Yüksek bir noktaya monte edilmiş veri toplayıcı.

3.3.3.2 Güneş Paneli

Daha önceleri isteğe göre verilen güneş panelleri, artık bir çok direkte standart olarak kullanılmaktadır. (Şekil 3.79).

Şekil 3.79. Güneş paneli.

Güneş paneli genellikle ölçüm direğinin genellikle 3. metresinde ve veri toplayıcının hemen üzerinde monte edilmektedir (Şekil 3.80).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.80. Montajı yapılmış bir güneş paneli.

Genellikle 50 metre ve üzerindeki rüzgar ölçüm direklerinde, çok büyük bir güneş paneli gerekeceğinden, yere monte edilmektedir (Şekil 3.81). Bu durumda güneş paneli emniyete alınmalıdır. Ölçüm direğini çepeçevre saran bir çit ve uyarı levhası konulmalıdır.

Şekil 3.81. Büyük güçlü güneş paneli.

3.3.3.3 Veri Okuyucu

Veri toplayıcıdan ayda bir alınan veri yongası içerisinde bulunan verinin okunup açılabilmesi amacı için kullanılan bir sistemdir (Şekil 3.82).

Şekil 3.82. NRG marka veri okuyucu.

3.3.3.4 GSM Anteni

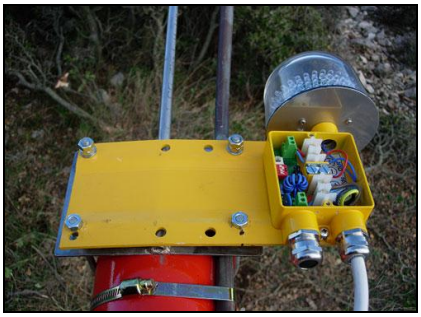
Verilerin uzaktan modem yolu ile alınabildiği ölçüm direklerinde kullanılan antendir (Şekil 3.83).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.83. GSM antenleri.

3.3.3.5 Uyarı Işığı (Flaşör)

Uyarı ışığı (aviation light) 30 metreden yüksek rüzgar ölçüm direklerinde kullanılmalıdır. Ölçüm direğinde yıldırım çubuğunun hemen altına monte edilmelidir (Şekil 3.84). Bölgede askeri veya sivil havaalanı, kaymakamlık, belediye vb gibi yerlere bildirilmelidir.



Şekil 3.84. Uyarı ışıkları.

Rüzgar ölçüm direklerinde kullanılan uyarı ışıkları, 12 saatlik enerjilerini güneşli bir havada 5 saat içerisinde depolayabilmektedir. Elektronik olarak tasarlanan cihazın ikaz devresi mikro işlemci kontrolü altındadır. Genellikle gece karanlığında elektronik sensör ile otomatik olarak yanmakta ve sabah gün ışığı ile beraber otomatik olarak kapanmaktadır.

3.3.4 Ölçüm Sistemi Seçimi

Ölçüm sisteminin seçimi aşamasına gelindiğinde, konu ile ilgili üretim yapan şirketler ile temasa geçilerek proje için en uygun sistem seçilmelidir. Fiyat, kalite, garanti, uluslararası kabul edilebilirlik gibi bazı faktörler ölçüm sisteminin seçiminde rol alsa da, ilerleyen sayfalarda anlatılanlar bütün ölçüm sistemleri için geçerlidir. Daha önce de belirtildiği gibi, rüzgar ölçümlerinin doğru bir şekilde yapılması çok önemlidir. Aşağıdaki Tablo 3.22 çok küçük bir ölçüm hatasının enerji tahmininde meydana gelecek etkilerini göstermektedir.

Tablo 3.22. Hatalı ölçümlerin enerji üretimine etkisi.

Doğru Ölçüm 10 m = 4.4 m/s 30 m = 5.3 m/s	Sonuç olarak pürüzlülük uzunluğu 0.047 m veya 78 m'de 6.08 m/s rüzgar hızı	600 kW kurulu gücünde bir rüzgar türbini için yıllı üretim: **1210 MWh**
Olası sapmalar 10 m = 4.2 m/s 30 m = 5.5 m/s	Sonuç olarak pürüzlülük uzunluğu 0.288 m veya 78 m'de 6.63 m/s rüzgar hızı	Bu küçük ölçüm hatasında 600 kW kurulu gücünde aynı rüzgar türbini için yıllı üretim: **1462 MWh**
10 m'deki ölçüm hatası: -0.2 m/s (-%4.5) 30 m'deki ölçüm hatası: 0.2 m/s (%3.8)		Enerji üretimindeki fark: **= %21**

Yukarıdaki örnek yatırımcının yanlış ölçümler yüzünden ne kadar büyük riskler aldığını göstermektedir. Ortalama enerji tarifesinin 8 €c/kWh olduğunu bir piyasa yapısında 600 kWh kurulu gücündeki bir rüzgar türbininden yıllık 20,000 € kayıp anlamına gelmektedir. Bütün bunlar yanlış ölçümlerin bir neticesidir. Orta büyüklükteki bir rüzgar elektrik santralından işletme dönemi boyunca bu rakam bir kaç milyonu bile bulabilmektedir. Buna kıyasla, en gelişmiş bir ölçüm sisteminin kullanılması bile pahalı değildir. Güvenli bir hesaplama için tahmin yapılan değerlerden daha düşük

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

bir değer alınmalıdır. Çünkü matematiksel eşitlikler ideal koşullar için geliştirilmiştir ve ortaya çıkabilecek belirsiz durumlar dikkate alınmamaktadır. Uzun yıllara dayanan tecrübeler göstermiştir ki, rüzgar ölçüm tekniklerinin doğru yapılabilmesi, başlangıçta alınması gereken önlemler yoluyla olabilmektedir. Sonuçlar daha yüksek yatırım gerektiren (kalibre edilmiş anemometreler) teçhizatlarla yapılırsa daha pahalı olur. Fakat birçok hatadan da para harcamadan da kaçınılabilir. Burada gerekli olan meteorolojik uzmanlık bilgisidir. Rüzgar ölçümleri yapılırken, uzmanlık bilgisi eksikliğinden dolayı hata oranı ölçümlerdeki hata oran %1.1 ile %9.6 arasında değişirken; enerji üretimi de buna paralel olarak %3 ile %25 arasında değişmektedir. Bu parametreler aşağıdaki Tablo 3.23 ile verilmiştir.

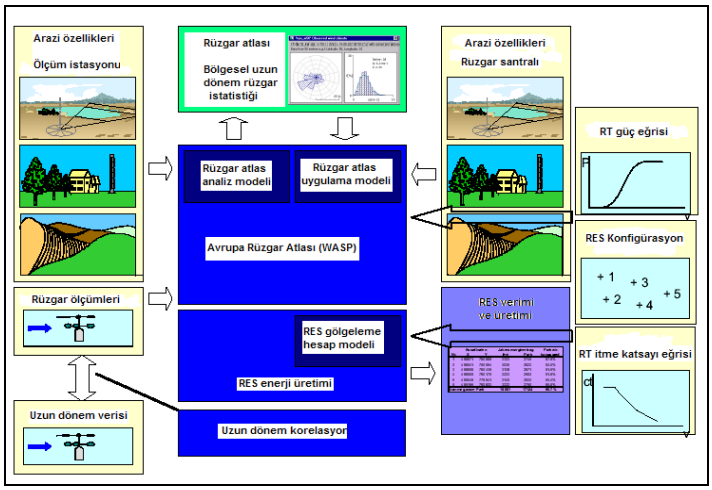
Tablo 3.23. Rüzgar ölçümlerindeki hata oranı.

Hata Kaynağı	**Hata oranı (%)**
Anemometre kalibrasyonu	0.5 – 3
Anemometre seçimi	0.5 – 4
Anemometre montajı	0.2 – 3
Arazideki direk ölçüm yeri	0.5 – 5
Ölçüm periyodu	0.3 – 3
Veri değerlendirme	01. – 0.5
Korelasyon	0.5 – 5
Toplam Hata	**1.1 – 9.6**
Enerji üretimi	**3 - 25**

Tablo 3.23, rüzgar ölçümlerinin doğru bir şekilde yapılmasının önemini göstermektedir. Sağlıklı bir ölçüm yapılabilmesi için ölçüm direğinde aşağıdaki meteorolojik değişkenlerin ölçülmesi gerekmektedir:

- Rüzgar hızı,
- Rüzgar yönü,
- Sıcaklık,
- Nem,
- Basınç.

Şekil 3.85 ile verilen parametrelerin hesaba katılması ile yıllık enerji üretimi net ve güvenli bir şekilde hesaplanabilmektedir.



Şekil 3.85. Yıllık üretim hesabına dahil olan parametreler.

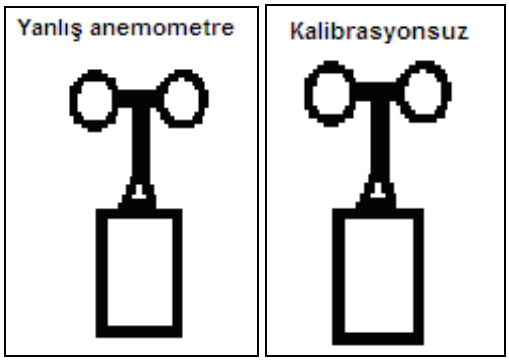
Rüzgar ölçümlerinde kullanılan en önemli sensörler olan anemometre ve yön sensörünün seçiminde ve ölçüm direğine montajında çok dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Bu noktalar:

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Anemometrenin gövdesi keskin hatlara sahip olmamalı ve küçük ve simetrik hatlara sahip olmalıdır. Aksi takdirde anemometre gövdesine gelen rüzgar, türbülans yaratarak ölçüm sonuçları üzerinde menfi etkiler yaratacaktır,
- Rüzgarın değdiği kepçeler önemlidir. Kötü dizayn edilmiş kepçe yapısı, dinamik etkileri gerekli hassasiyette dikkate almayabilir,
- Kepçe anemometreyi ana gövdeye bağlayan bilyalı yataklar mekanik sürtünmeyi en aza indirebilmek için yüksek kalitede olmalıdır,
- Ölçümlerde kullanılan anemometreler muhakkak kalibrasyon sertifikasına haiz olmalıdır,
- Ölçüm bittikten sonra anemometreler tekrar kalibre edilmelidir.

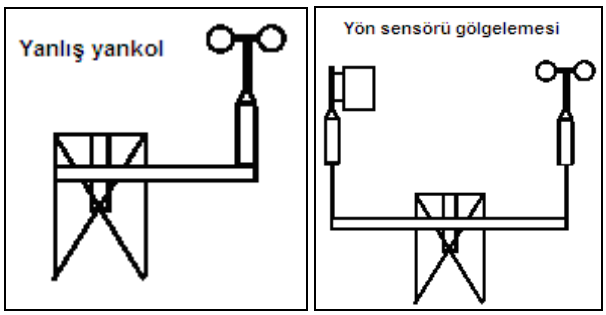
3.3.4.1 Kaçınılabilecek Hatalar

Aşağıda anemometre seçiminde yaygın olarak yapılan hatalar verilmiştir. Ölçüm sistemi ve montajını yaparken bunlardan kaçınmak gerekmektedir. Birçok farklı tip anemometre bulunmaktadır. Enerji üretimindeki önemi nedeni ile, rüzgarın yatay bileşeni ölçülür. Küçük kepçe yapısına sahip ve keskin gövdeli anemometreler direk ve yan kol kullanımı sebebi ile türbülans koşullarında problem çıkarmaktadır. Bu gibi durumlarda kalibrasyon bile bir anlam ifade etmemektedir. Yüksek teknoloji kullanılarak imal edilmiş anemometrelerde bile doğru ölçüm yapılacağı garanti edilemeyebilir. Firma tarafından tanınan tolerans aralığı hesaplamalarda büyük farklılıklara yol açabilir. Ancak bağımsız bir kuruluş tarafından rüzgar tünelinde yapılan kalibrasyondan sonra anemometre kullanılmalıdır (Şekil 3.86).



Şekil 3.86. Yanlış ve kalibrasyonsuz anemometre.

Ölçüm direğine yakın olan yankollar sürekli türbülans ve gölgeleme meydana getirirler. Bu durum ölçümler üzerinde olumsuz etki yaratır. Ölçüm direğinin boru çapına bağlı olarak yankollar minimum durmaları gereken uzunlukta olmalıdır. Aynı zamanda yankol sıkı bir şekilde sabitlenerek hareket veya sallantı meydana gelmemesi sağlanmalıdır. Anemometre, bütün yönlerdeki engellerden arınmış bir şekilde monte edilmelidir. En tepede bulunan anemometre ideal pozisyonunda monte edilmelidir. En yüksekte bulunması sonucunda elde edilen bu avantaj, rüzgar yön sensörünün yanlış monte edilmesi yüzünden tehlikeye düşmektedir (Şekil 3.87). Ölçüm direği ister boru veya kafes konstrüksiyon olsun yan kollar muhakkak kullanılacaktır. Yan kolların hatalı montajı, ölçümlerde türbülans ve sallantıdan doğabilecek etkilerin yansımasına sebebiyet verecektir.



Şekil 3.87. Yan kol ve yön sensör gölgelemesi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3.3.4.2 Ölçüm Yüksekliğinin Seçilmesi

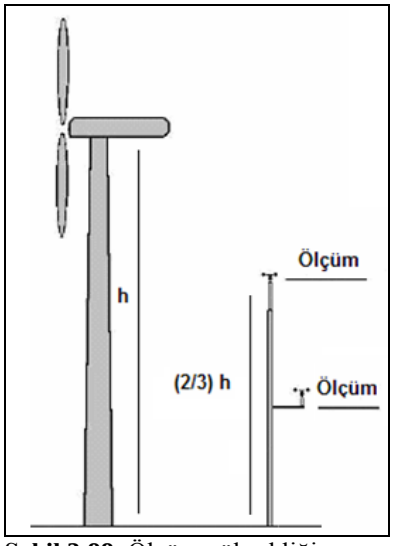
İdeal yaklaşım, kullanılan rüzgar türbininin göbek yüksekliğinde ölçüm yapılmasıdır. Bununla beraber, kullanılacak rüzgar türbininin modelinin başta bilinmediğinden göbek yüksekliği de bilinmemektedir ve ikinci olarak da yüksek ölçüm direkleri hem pahalı hem de kurulumu zordur. Bunun alternatifi daha düşük en az 2 seviyede ölçüm yapmaktır ve genellikle 10 ve 30 m yükseklikleri seçilmektedir. Yükseklik profili (pürüzlülük uzunluğu, z_0) belirlenerek ölçümü yapılan lokasyon için bulunarak diğer yüksekliklerdeki hızların bulunabilmesi için kullanılır. Yükseklik profilinin hesaplanlaması gayet zordur. Çünkü logaritmik formül, genel bir yaklaşım olarak kullanılır. Eğer temel giriş verisinde hata yapılırsa, sonuçlardaki belirsizlikler gittikçe büyür.

- Evler, ağaçlar ve diğer engeller tarafından gölgelenen anemometrelerden alınan veriler uygun değildir,
- Ölçüm direği üzerinde birbirine çok yakın iki yükseklik seviyesine monte edilmiş anemometrelerden alınan veriler yetersizdir, çünkü yükseklik seviyesi çok yakın ise, her iki sonuç arasındaki fark çok küçüktür.

Logaritmik formül ile bulunan hesaplamalar ideal koşullardaki rüzgar hızlarını verir. Ayrıca farklı yüksekliklerdeki rüzgar hızları arasındaki fark küçüktür. İdeal bir sahada (düz ve engelsiz arazi) 10 m ve 30 m yüksekliklerde 2 anemometrenin kullanılması yeterlidir. Daha kompleks arazilerdeki anemometre daha yükseğe monte edilmelidir. Minimum yükseklik mesafesinin bırakılabilmesi için ölçüm direği de, daha yüksek olmalıdır. Böyle bir lokasyonda 30, 40 ve 50 m ve daha yüksek ölçüm direkleri gerekebilir ve hatta arazinin iyi temsil edilebilmesi için ikinci bir ölçüm direği de gerekebilir.

Rüzgar yönü, lokasyonda tek sensörle yapılabilir. Yön sensörü ölçüm direğinin en üstünde bulunan anemometreden 1.5 m aşağıya monte edilerek anemometrenin etkilenmemesi sağlanmış olur. Atmosferik basınç ölçümü de uygun bir yükseklikte yapılmalıdır. Kullanılan teçhizat için ek bir koruma gerektirdiğinden veri toplayıcının da içinde bulunduğu muhafaza kutusuna konulmalıdır. Sıcaklık sensörü de, güneş radyasyonundan doğrudan etkilenmeyecek bir şekilde en az 3 m yüksekliğe monte edilerek yer radyasyonunun etkilerinden de korunmuş olur.

Ölçüm yapılacak sahanın topoğrafik ve oroğrafik koşullarına göre ölçüm yüksekliği belirlenmelidir. Eğer arazi eğimi 12˚ den büyük ise, 40 m ve üzerinde yüksekliklere sahip rüzgar ölçüm direği kullanılmalıdır. Topoğrafik olarak kompleks arazilerde ölçüm yüksekliği mümkün mertebe yüksek olmalıdır. Rüzgar ölçüm direğinin belirlenmesindeki en geçerli kural ise, kullanılması düşünülen rüzgar türbin yüksekliğinin 2/3'ü olmasıdır (Şekil 3.88).



Şekil 3.88. Ölçüm yüksekliği.

3.3.4.3 Sensörlerin Seçimi

Kepçe anemometre rüzgar enerji amaçlı çalışmalarında rüzgar hızını ölçmek için kullanılan ölçüm sistemidir. Bu sensörler kullanılırken bazı hatalar (kepçe ataleti gibi) meydana gelebilmektedir. Fakat

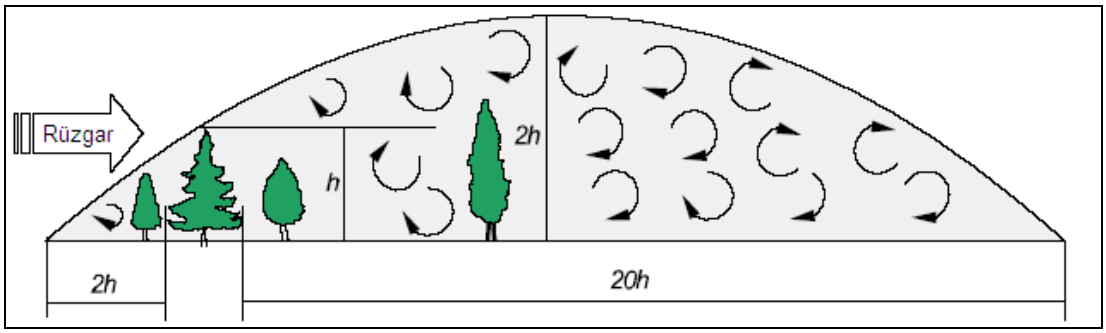
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

bunlar önemsizdir. Kepçe anemometrelerin en önemli özellikleri, elektronik sinyallerdeki lineerlikleri ile türbülans ve skew wind'e karşı daha az hassas olmalarıdır. Şaft özellikleri olarak, büyük kepçeye sahip anemometreler, küçük kepçeye sahip anemometrelerden daha fazla dayanıklıdır. Rüzgar yönünü belirlemek için, potensiyometrik (yönden bağımsız) sensörler kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Çünkü çözünürlük 1 derecedir ve çok az güç kullanmaktadırlar. Ayrıca gönderilen sinyallerin 360 derece boşluksuz olarak gönderilmesi gerektiği de akıldan çıkarılmamalıdır. Çok basit yapıda bir potansiyometreye sahip olduklarından, ucuz rüzgar yön sensörleri, çalışırken yüksek bir kuzey boşluğu bırakırlar. Bu tip ucuz sensörler, sınırlı bir çalışma ömrüne sahiptirler, çünkü imal edildikleri elektromekanik materyal dayanıklı değildir.

3.3.4.4 Sensörlerin Ölçüm Direğine Montajı

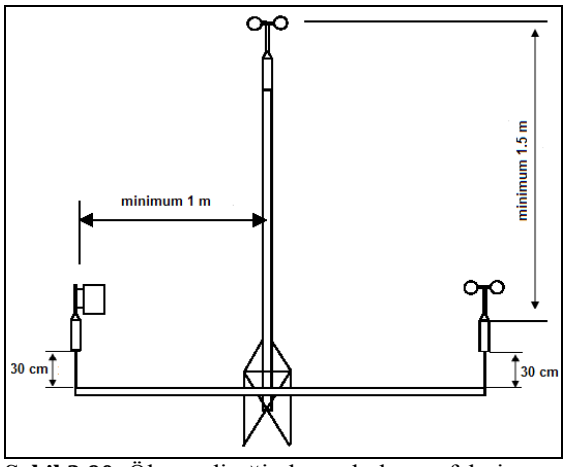
Rüzgar ölçüm direği dikilirken dikkat edilmesi gereken noktalar bulunmaktadır ve bu noktalar direk dikiminden önce hesaplanarak gerekli düzenleme ve ayarlamalar yapılarak ölçümlere başlanılmalıdır. Bu hususlar aşağıda verilmiştir:

- Rüzgar hız ve yön ölçümünde kullanılan bütün sensörler yatay olarak yerleştirilmelidir. Çok küçük gibi görünen bir eğrilik dahi ölçümlerin hassasiyetini zedeler,
- Minimum ölçüm yüksekliği 30 m olmalıdır. Bununla beraber, arazinin topoğrafik yapısına göre bu yükseklik artabilir,
- En az 2 adet anemometre kullanılmalıdır. Eğer 30 m yüksekliğinde direk kullanılıyorsa, 10 m ve 30 m de monte edilecek 2 adet anemometre yeterlidir. Tecrübeler göstermiştir ki, direğin en üst noktasında 2. bir yedek anemometre kullanımında büyük yarar vardır. Bunun nedenleri ise, yıldırım çarpması, kuş çarpması ve diğer nedenlerden dolayı 30 m de bulunan anemometrenin kolayca bozularak devre dışı kalabilmesidir. Veri kaybının önlenmesi açısından 28. metreye bir anemometre daha monte etmek ölçümlerin sürekliliği açısından önemlidir. Böylelikle 30 m de bulunan anemometre devre dışı kaldığında, yedek olan anemometre ile devam edilir ve direk indirilerek 30 m deki anemometre onarılırken bu süre zarfında veri kaybedilmemiş olunur,
- Sensörlerin monte edildiği yan kollar, türbülans etkilerinin meydana gelebileceği alanlardan mümkün mertebe uzakta olmalıdır. Bununla beraber, yan kol sıkı bir şekilde tutturulmalıdır. Aksi takdirde ölçümler doğru olmaz,
- En üstte bulunan anemometre direk ekseni üzerinde monte edilmelidir. Uygulamada bazen yan kol üzerine de monte edildiği görülmektedir. Bu yanlış bir uygulamadır. Fakat 10 m veya 28 m'deki anemometreler, uzunluğu en az 1 m olan yankollar üzerinde bulunabilir. Yankollar, hakim rüzgar yönüne doğru monte edilir,
- Sensörler, yankol üzerinde ölçüm direğine paralel olarak uzanan en az 30 cm uzunluğundaki bir çubuğun üzerine monte edilmelidir,
- En yüksekte bulunan anemometre, bütün yönlerde engellerden arındırılmış olarak monte edilmelidir. Anemometrenin yanında sadece ince yıldırım çubuğu bulunmalıdır,
- Yön sensörü, 30 m de ve yankol üzerinde monte edilmelidir. Direğin en üst noktasındaki anemometreden en az 1.5 metre aşağıda; eğer aynı seviyede monte edilecekse de anemometre ile aralarında en az 2 metre bulunmalıdır. Bunun nedeni ise, anemometrenin yön sensörünün gölgeleme ve türbülans etkilerinden uzak kalmasını sağlamaktır. Bilindiği gibi, rüzgar akışı herhangi bir cisme çarptığında cismin arkasında cismin boyunun 10 ila 15 katı mesafede türbülans meydana getirir. Dolayısı ile yön sensörüne çarpan rüzgar akışı, anemometre çok yakın ise, ölçüm kalitesini bozabilmektedir (Şekil 3.89 ve 3.90).



Şekil 3.89. Engelin rüzgar akışına etkisi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.90. Ölçüm direğinde yankol mesafeleri.

- Boru konstrüksiyon ölçüm direklerinde, yankol uzunluğu direk çapının en az 7 katı olmalıdır. Uygulamada genellikle 1 m olarak alınmaktadır,
- Yıldırım çubuğu (kalınlığı 2 cm) anemometreden en az 50 cm mesafede olmalıdır ve vibrasyondan etkilenmemelidir. Anemometrenin üzerinde bir yüksekliğe sahip olmalıdır ve direk düşey ekseni ile 60˚ açı yapmalıdır,
- Sıcaklık, basınç ve nem sensörü 3 m civarında monte edilmelidir,
- Veri toplayıcı (data logger), çok alçak veya yüksek seviyede değil, bununla beraber çalışılabilecek bir seviyeye monte edilmelidir,
- Kablolar için en güvenli olanı direğin içinden geçirilerek bağlanmasıdır. 50 m'deki kabloların oluşturacağı ağırlık nedeni ile güvenlik için bir ip ile beraber indirilerek sarılmalıdır. Eğer kablolar kulenin içerisinden geçirilemiyor ise, o takdirde 1'er metre ara ile kelepçe veya bant sarılarak aşağıya doğru indirilmelidir. Kablonun gevşeyerek rüzgara maruz kalmadığından ve keskin yüzeylere temas etmediğinden emin olunmalıdır. Kablo üzerinde meydana gelebilecek her türlü baskı uzun dönemli ölçümlerde problem yaratmaktadır,
- Montaj bittikten sonra, ölçüm direğinin tam dikey olarak durması sağlanmalıdır. Eğer kuleye tırmanılıyorsa sensörlerin ve kulenin dikeyliği gerekli ölçüm aletleri (örn. inklinometre) ile kontrol edilmelidir. İnsan gözü de küçük sapmaları rahatlıkla tespit edebilir.

Yukarıda anlatılanlar, izleyen sayfalardaki ölçüm direklerinde şekillerle gösterilmiştir.

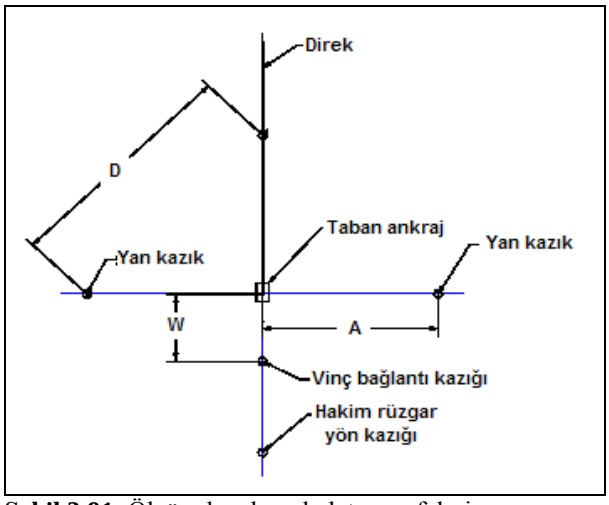
3.3.5 Rüzgar Ölçüm Direk Seçimi

Öncelikle ölçüm yüksekliği seçilmelidir. Ülkemizde rüzgar elektrik santral kurulum amaçlı ölçümler genellikle 30 metre yüksekliğinde yapılmaktadır. Bununla beraber, dünyadaki yaygın kural, daha önce de belirtildiği gibi kurulması düşünülen rüzgar türbininin boyunun 2/3'ü olarak ölçümlerin yapılması yönündedir. Günümüzde de rüzgar türbin boylarının kurulu güce göre 50 – 120 metre boyunda olacağı düşünülerek planlama yapılmalıdır. Genelikle 50 metrelik (600 kW kurulu gücünde) rüzgar türbinleri kullanılacak ise, 30 metrelik ölçüm direği seçilmelidir. 70 metrelik (1.5 MW kurulu gücünde) rüzgar türbinleri kullanılacak ise, 50 metrelik ölçüm direkleri kullanılmalıdır.

3.3.5.1 Ölçüm Direk Geometrisi

Mekaniksel olarak rüzgar ölçüm direğinin 4 ana temel elemanı bulunmaktadır: Direk, taban ankrajı, kazıklar ve çelik halatlar. Ölçüm direğinin boyuna göre bu elemanların karakteristikleri değişmektedir (Şekil 3.91). Montaj yapılırken kullanılan gin pole mesafesi de değişmektedir. Kazıklar, boyutları dikkate alınarak çakılmalıdır. Direkler, 12˚ eğimli bölgelere kadar rahatlıkla dikilebilir. Bu eğimden sonra ölçüm direği montajını yapan teknik ekip, belli bir tolerans tanıyarak kazık noktalarının uzunluğu ve yönü hakkında insiyatif kullanabilir. Dikkat edilmesi gereken nokta, kazıkların hangi yönde olursa olsun, düz bir hat boyunca ve tam karşılıklı olarak çakılmasıdır. Bütün kazıklar aynı seviyede çakılmalıdır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.91. Ölçüm kazık ve halat mesafeleri.

Şekil 3.91'e bakıldığında ökçüm direğinin genel görünüm geometrisi verilmiştir. Kazıklar tam kuzey-güney ve doğu-batı yönünde olmak üzere 4 noktadan çakılmaktadır. Kazık uzunluğu A, çelik halat uzunluğu D ve gin pole mesafesi de W ile gösterilmiştir. Ölçüm direği ve diğer teçhizat siparişi verilmeden önce arazinin toprak yapısı incelenerek doğru kazık tipi kullanılmalıdır. Şekil 3.91 ile gösterilen A, D ve W parametreleri ile borunun et kalınlığı Tablo 3.24 ile verilmiştir. Verilen mesafeler ve et kalınlıkları NRG Inc firmasına ait rüzgar ölçüm direklerinde kullanılan teorik değerlerdir. Bu değerler, bütün rüzgar ölçüm direkleri için geçerli değildir. Herhangi bir rüzgar ölçüm direği montajı yapılırken muhakkak üretici firmanın verdiği değerler alınmalıdır.

Tablo 3.24. Direk uzunluğuna göre mesafeler.

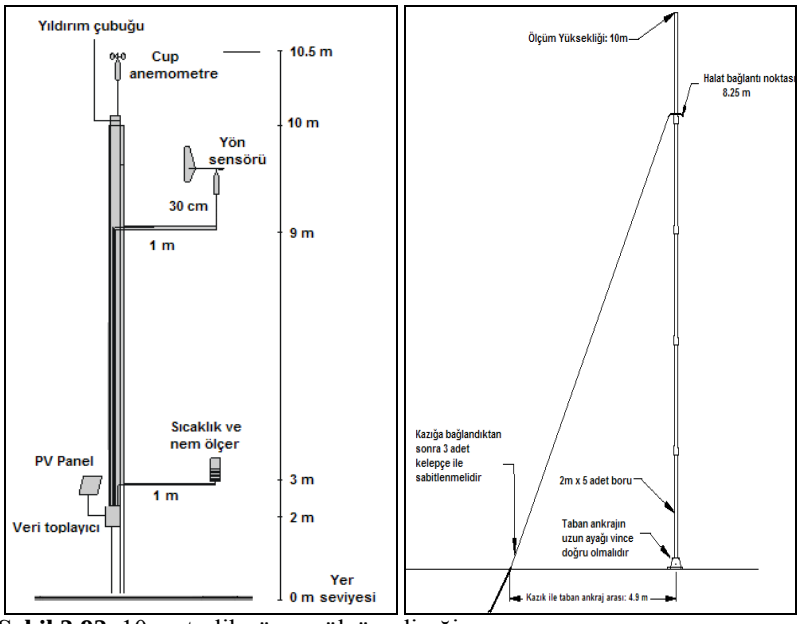
Direk Uzunluğu	A	D	W	Et Kalınlığı
10 m	4.9 m	6.9 m	6.1 m	89 mm
20 m	12.8 m	18.1 m	6.1 m	89 mm
30 m	18.3 m	25.9 m	9.1 m	114 mm
40 m	21.3 m	30.2 m	9.1 m	152 mm
50 m	30.5 m	43.1 m	12.2 m	152 mm
60 m	38.1 m	53.59 m	15.2 m	203 mm

İleriki sayfalarda anlatılmasına karşın, 10 m, 20 m, ve 30 m boyundaki ölçüm dört yönde de birer adet kazık; 40 m ve 50 m lik ölçüm direklerinde her bir yönde 2'şer kazık, 60 m ve üstü boyundaki direklerde ise dört yönde de 3'er adet kazık bulunmaktadır.

3.3.5.2 10 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği

Şekil 3.92'den de görüldüğü gibi, 10 m'lik rüzgar ölçüm direğinde 2'şer metre uzunluğunda 5 adet boru bulunmaktadır. Bazı konstrüksiyonlarda ise, 4 adet 2.5 m de bulunabilmektedir. Kazıklar direğe 4.9 m mesafede çakılarak ölçüm direğinin 8.25 metresinden gelen çelik halatlar dört yöndeki kazıklara bağlanır. Ülkemizdeki meteoroloji istasyonlarında ve rüzgar enerjisinin yaygınlaşmaya başladığı ilk günlerde gerek kamu ve gerekse de özel şirketler tarafından kullanılan 10 metrelik rüzgar ölçüm direği olmuştur.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

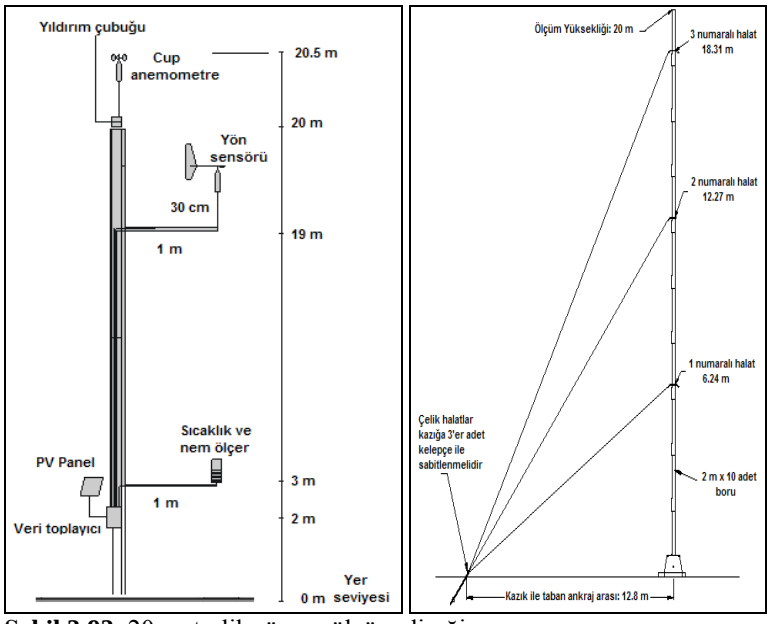


Şekil 3.92. 10 metrelik rüzgar ölçüm direği.

10 metrelik ölçüm direği en basit yapıda olan direklerdir. 1 anemometre ve yön sensörü ile veri toplayıcı bulunmaktadır. Çoğu zaman güneş paneli bulunmaz.

3.3.5.3 20 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği

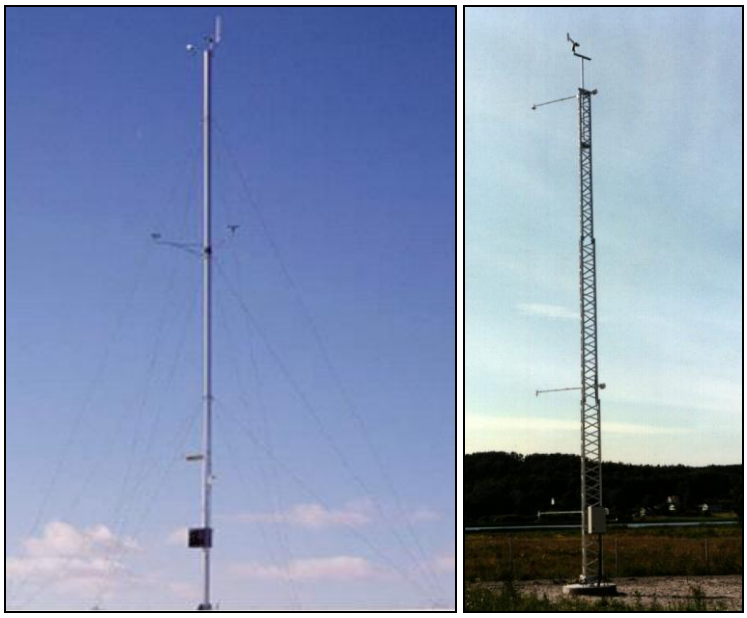
Genellikle 2 metre uzunluğunda 10 adet borudan oluşur ve kazıklar direk taban noktasından 12.8 m uzakta tutturulur. Halatlar ise, direğe 6.24 m, 12.27 m ve 18.31 m olmak üzere 3 noktadan tutturularak yerdeki kazıklara bağlanır (Şekil 3.93).



Şekil 3.93. 20 metrelik rüzgar ölçüm direği.

20 metre ölçüm direğinde, 1anemometre ve yön sensörü ile sıcaklık sensörü bulunmaktadır. İsteğe bağlı olarak güneş paneli de konulabilmektedir. Şekil 3.94 ile 20 metrelik boru konstrüksiyon ve kafes ölçüm direkleri verilmiştir.

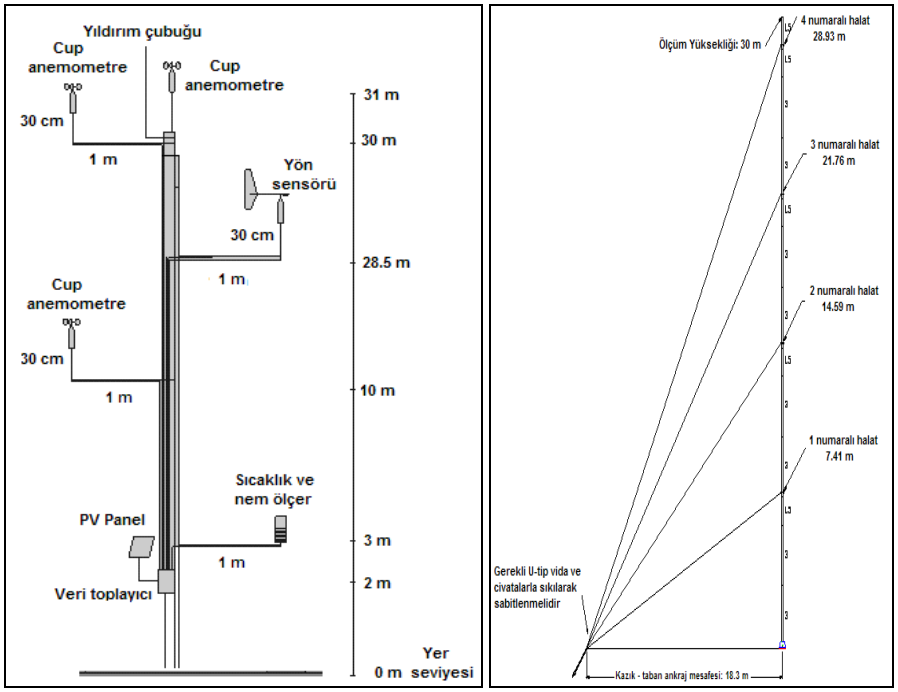
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.94. 20 metrelik rüzgar ölçüm direği.

3.3.4.5 30 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği

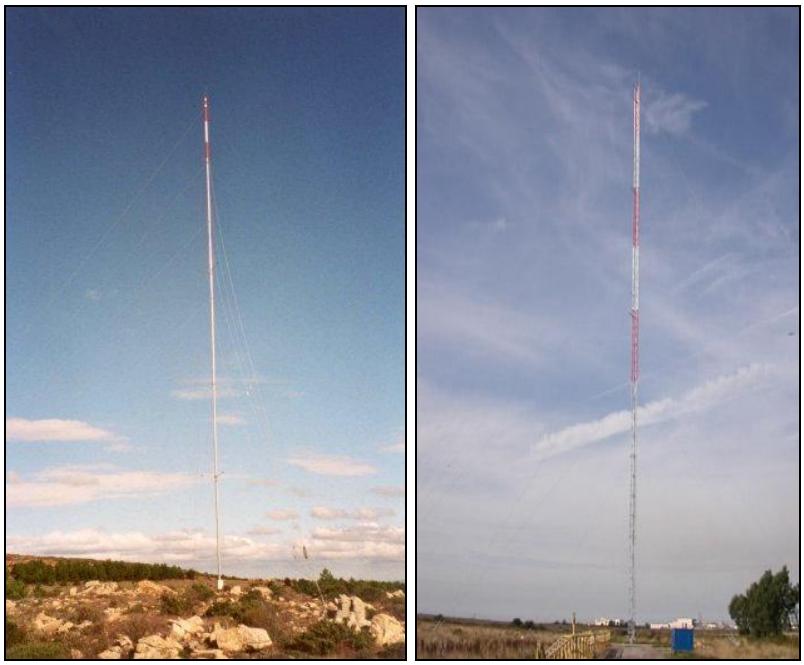
30 m uzunluğundaki ölçüm direği, taban ankrajı kazıklara 18.30 m mesafede bulunur. Ölçüm direği 7.41 m, 14.59 m, 21.76 m, ve 28.93 m olmak üzere 4 noktadan bağlanır. Boru uzunlukları 10 m ve 20 m ölçüm direklerinde olduğu gibi sabit değildir. 2 adet 3 m + 1 adet 1.5 m borular ile montajı yapılmaktadır. Genellikle 2 anemometre, 1 yön sensörü, 1 sıcaklık ölçer ve güneş paneli bulunmaktadır. Şekil 3.95'te 3 adet anemometre verilmiştir.



Şekil 3.95. 30 metrelik rüzgar ölçüm direği.

Şekil 3.96 ile 30 metrelik boru konstrüksiyon ve kafes ölçüm direkleri verilmiştir.

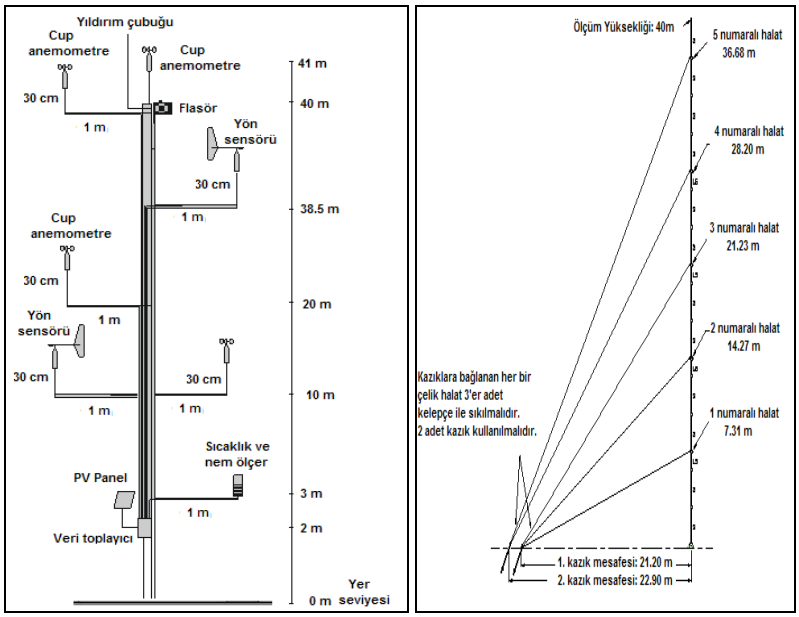
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.96. 30 metrelik rüzgar ölçüm direği.

3.3.5.5 40 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği

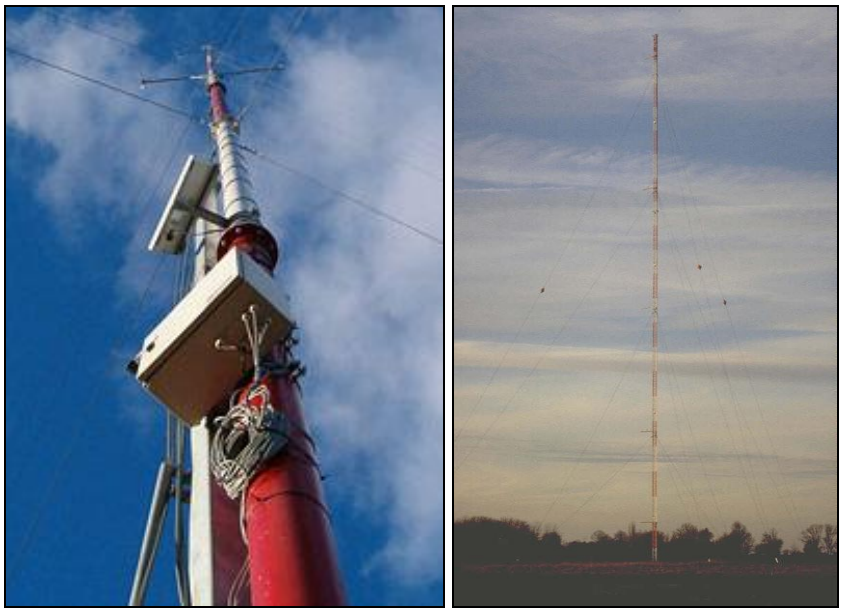
40 m ölçüm direğinde dikkat edilmesi gereken ilk nokta, her bir yönde 2 adet kazık bulunduğudur. 1. kazık direk taban ankrajından 21.30 m; 2. kazık da 22.90 m mesafede bulunmaktadır. 1. kazığa, direğin 7.31 m, 14.27 m ve 21.23 m seviyelerinden gelen çekil halatlar bağlanırken; 2. kazığa da, 28.20 m ve 36.68 m seviyelerinden gelen çelik halatlar bağlanır. Boru konstrüksiyonu da, 2 x 3 m + 1.5 m olarak uzamaktadır (Şekil 3.97).



Şekil 3.97. 40 metrelik rüzgar ölçüm direği.

Şekil 3.98 ile 40 metrelik boru konstrüksiyon ve kafes ölçüm direkleri verilmiştir.

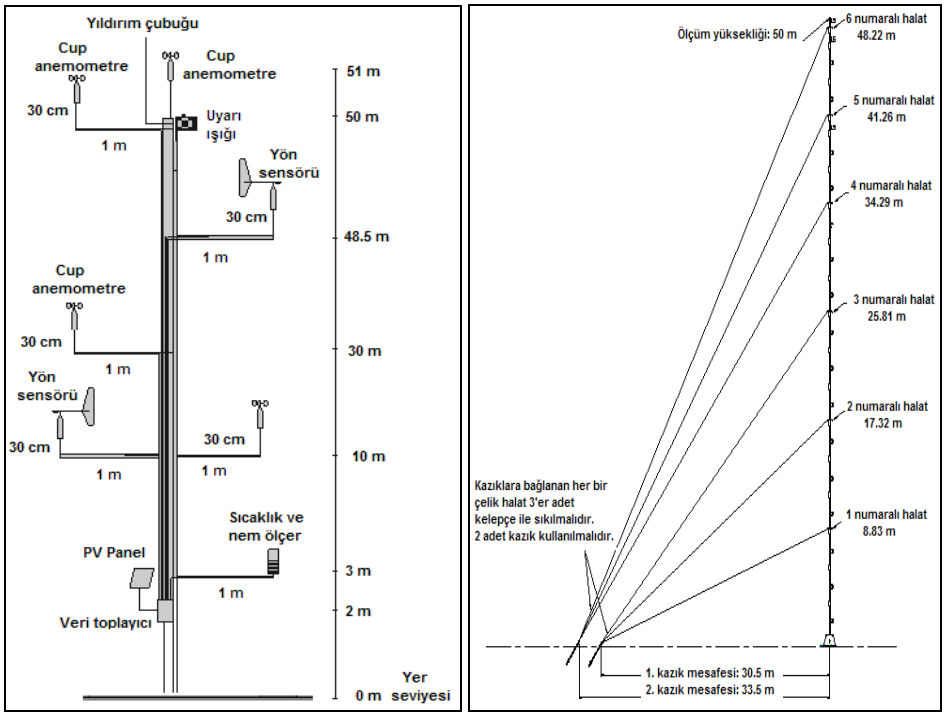
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.98. 40 metrelik rüzgar ölçüm direği.

3.3.5.6 50 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği

40 m ölçüm direğinde olduğu gibi, 50 m ölçüm direğinde de, her bir yönde 2 adet kazık bulunmaktadır. 1. kazık direk taban ankrajından 30.50 m; 2. kazık da 33.50 m mesafede bulunmaktadır. 1. kazığa, direğin 8.83 m, 17.32 m ve 25.81 m seviyelerinden gelen çekil halatlar bağlanırken; 2. kazığa da, 34.29 m, 41.26 m ve 48.22 m seviyelerinden gelen çelik halatlar bağlanır. Görüldüğü gibi, 50 m uzunluğundaki rüzgar ölçüm direği, 6 adet çelik halat tarafından tutulmaktadır. Boru konstrüksiyonu da, 42. metreye kadar 3 m, sonra da 1.5 m + 2 x 3 m olarak uzamaktadır (Şekil 3.99).

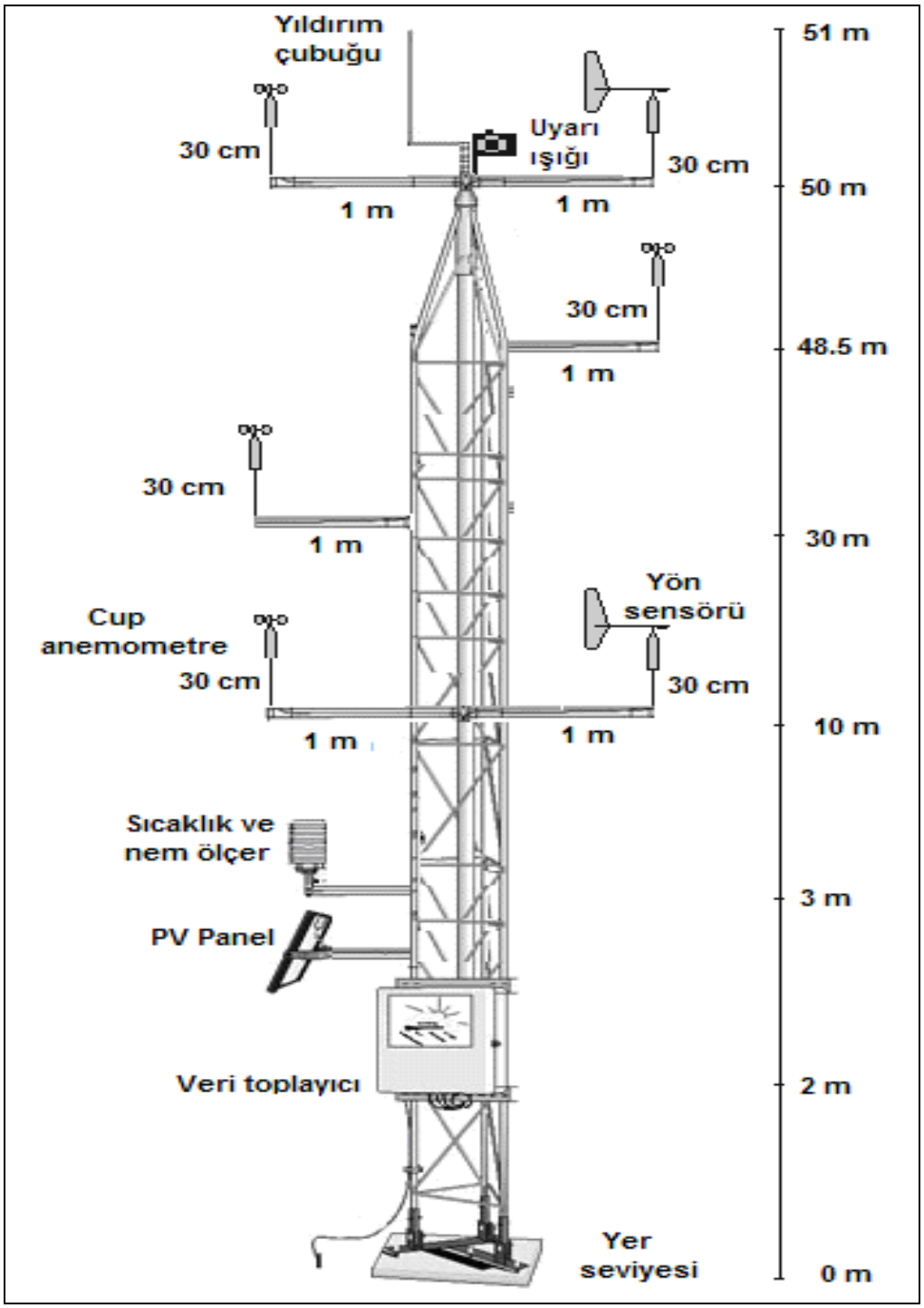


Şekil 3.99. 50 metrelik rüzgar ölçüm direği.

RT kurulu gücü arttıkça, buna paralel olarak göbek yüksekliği artmaktadır. MW sınıfı RT'ler, artık 70 metre göbek yüksekliğine sahip olduğundan 50 metre yüksekliğinde rüzgar ölçüm yüksekliğinde rüzgar ölçüm direkleri kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde kullanılan 50 metre ölçüm

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

direkleri çoğunlukla boru konstrüksiyon ölçüm direkleridir. Şekil 3.100 ile 50 metrelik kafes konstrüksiyon ölçüm direğinin resmi verilmiştir.

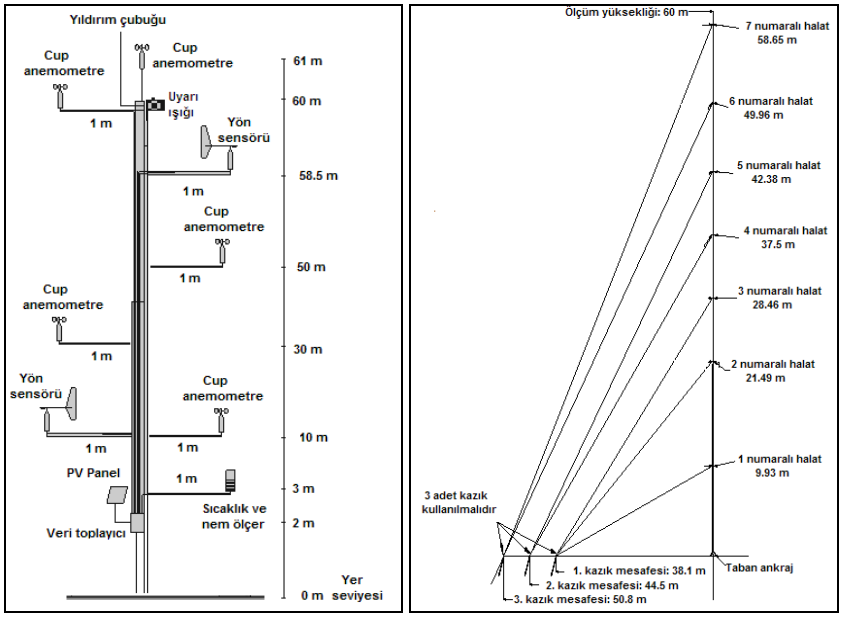


Şekil 3.100. 50 metrelik kafes konstrüksiyon rüzgar ölçüm direği.

3.3.5.7 60 Metrelik Rüzgar Ölçüm Direği

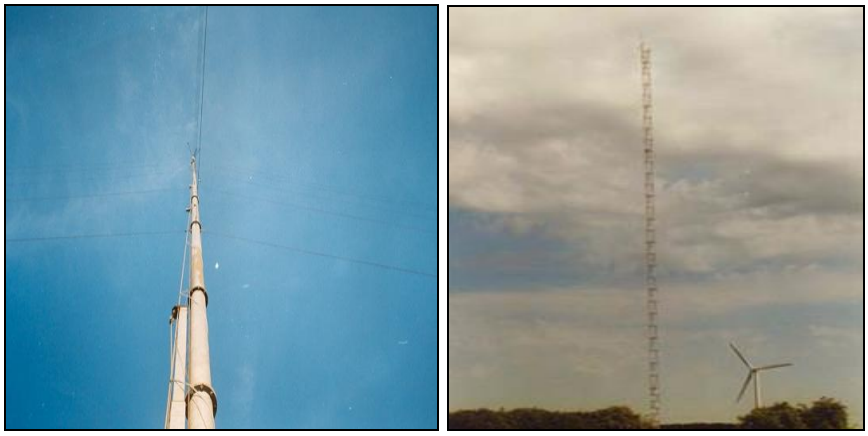
60 m ölçüm direğinde ilk göze çarpan nokta bütün yönlerdeki kazık sayısının 3 adet olmasıdır. 1. kazık direk taban ankrajından 38.10 m; 2. kazık 44.50 m; 3. kazık da 50.50 m mesafede bulunmaktadır. 1. kazığa, direğin 9.93 m, 21.49 m ve 28.46 m seviyelerinden gelen çekil halatlar bağlanırken; 2. kazığa, 37.5 m ve, 42.38 m ve son kazığa da 49.96 m ve 58.65 m seviyelerinden gelen çelik halatlar bağlanır. 60 m uzunluğundaki rüzgar ölçüm direği, 7 adet çelik halat tarafından tutulmaktadır (Şekil 3.101).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.101. 60 metrelik rüzgar ölçüm direği.

Şekil 3.102 ile 60 metrelik boru konstrüksiyon ve kafes ölçüm direkleri verilmiştir.



Şekil 3.102. 60 metrelik rüzgar ölçüm direği.

3.3.5.8 Bağlantı Seviyeleri ve Kazık Mesafeleri

Önceden de bahsedildiği gibi, halatların ölçüm direğinin kaçıncı mesafesinden bağlanacağı genellikle arazi yapısı, çelik halat kalınlığı, boru et kalınlığı ve hepsinden de önemlisi üretici firmanın tavsiyesine göre yapılmalıdır. Tablo 3.25 ile NRG Inc firmasına ait ölçüm direklerine ait bağlantı yerleri teorik olarak verilmiştir.

Tablo 3.25. Halatların ölçüm direklerindeki bağlantı seviyeleri.

Yükseklik	1. halat	2. halat	3. halat	4. halat	5. halat	6. halat	7. halat
10 m	8.25 m						
20 m	6.24 m	12.27 m	18.31 m				
30 m	7.41 m	14.59 m	21.76 m	28.93 m			
40 m	7.31 m	14.27 m	21.23 m	28.20 m	36.68 m		
50 m	8.83 m	17.32 m	25.81 m	34.29 m	41.26 m	48.22 m	
60 m	9.93 m	21.49 m	28.46 m	37.5 m	42.38 m	49.96 m	58.65 m

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Aynı şekilde, kazıkların da ölçüm direğine olan mesafesi de arazi yapısı, çelik halat kalınlığı, boru et kalınlığı ve hepsinden de önemlisi üretici firmanın tavsiyesine göre yapılmalıdır. Tablo 3.26 ile NRG Inc firmasına ait ölçüm direklerine ait kazıkların taban ankraj mesafesi verilmiştir.

Tablo 3.26. Kazıkların ölçüm direğinin taban ankrajına olan mesafesi.

Yükseklik	1. kazık	2. kazık	3. kazık
10 m	4.90 m		
20 m	12.80 m		
30 m	18.30 m		
40 m	21.20 m	22.90 m	
50 m	30.50 m	33.50 m	
60 m	38.10 m	44.50 m	50.80 m

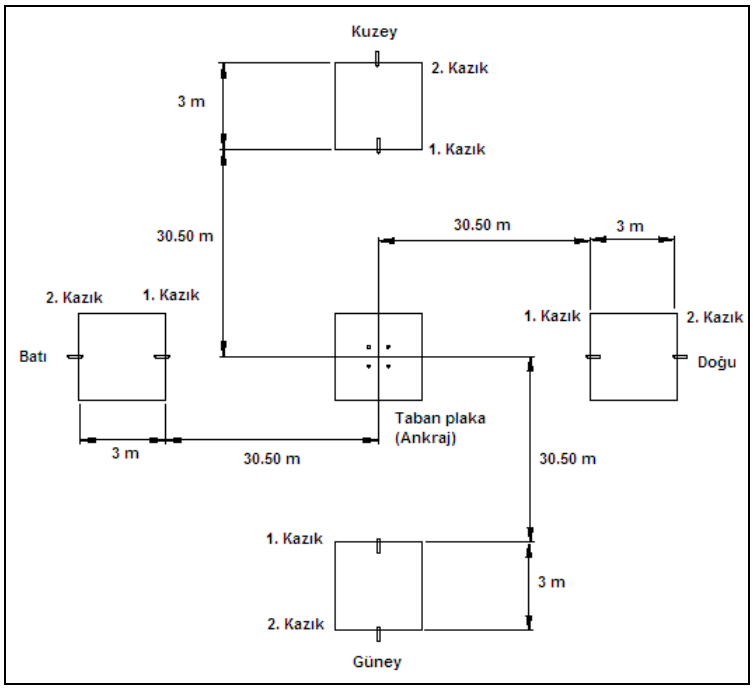
Ölçüm direği siparişi verilmeden önce toprak tipi iyice analiz edilerek doğru kazıklarla çalışılmalıdır. Kazıklar arazi yapısına göre değişir, her kazık her araziye uymayabilmektedir. Eğer uygun kazık seçimi konusunda tereddütler var ise, profesyonel yardım alınmalıdır. Aşağıdaki Tablo 3.27 ile yan kazıklar ve bunların reaksiyon değerleri verilmiştir.

Tablo 3.27. Yan kazıklar ve vinç kazıklarının reaksiyon değerleri.

Direk boyu (m)	Boru çapı (mm)	EIA-222-F rüzgar hızı[1]	Yan kazıklar reaksiyonu[2] (N)	Vinç kazık reaksiyonu[3] (N)
30 m	114	31.3 m/s	4200	5000
40 m	152	31.3 m/s	7770	11400
50 m	152	31.3 m/s	8700	12900
60 m	114-152- 203	31.3 m/s	14500	18900

1: ESA-222-F sınıfına göre 10 m'deki en yüksek rüzgar hızı
2: Maksimum yan kazık reaksiyonu
3: Maksimum vinç kazık reaksiyonu

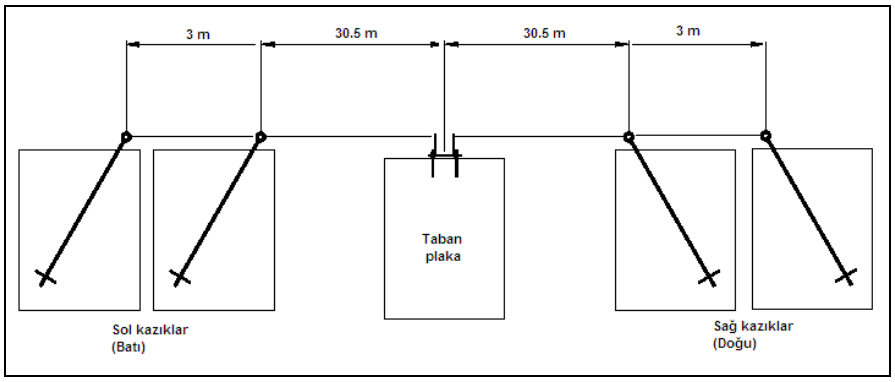
Yukarıda anlatılanların ışığı altında 50 metrelik bir rüzgar ölçüm direğine ait teknik resim Şekil 3.103 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.103. Kuşbakışı 50 metrelik rüzgar ölçüm direği ve kazık uzunlukları.

Şekil 3.104'te de taban plaka ile kazıkların teknik resmi görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.104. 50 metrelik rüzgar ölçüm direği ve kazık uzunlukları.

3.3.5.9 Ölçüm Direği Üzerine Etkiyen Kuvvetler

Ölçüm direği üzerine etkiyen kuvvetlerin hesaplanabilmesi için ANSYS Finite Element Analysis (FEA) yöntemi kullanılmaktadır. FEA, kompleks yapılar üzerine etkiyen stres, deformasyon, basınç ve reaksiyon hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. ANSYS ise, FEA'nın dünyada en çok kullanılan modelidir.

Belli bir eğimli açı ile gergin duran çelik halatlara etkiyen iki kuvvet bulunmaktadır. Bunlar sürükleme (drag) ve kaldırma (lift) kuvvetleridir.

Sürükleme (F_D) ve kaldırma (F_L) kuvvetleri aşağıdaki formüllerle verilir:

$$F_D = q_z G_H C_D d L_C$$

$$F_L = q_z G_H C_L d L_C$$

eşitliklerde kullanılan Newton birimi

G_H: 1.69 (sabit)
d: Guy strand çapı (m)
L_C: Guyun chord uzunluğu (m)

θ: Rüzgar yönünün halatın saat yönü ile yaptığı açı ($\theta \leq 180^\circ$)
C_D: 1.2 $\sin^3\theta$
C_L: 1.2 $\sin^2\theta \cos\theta$

Yatay kuvvet ise;

$$F = q_z G_H C_F dA \quad (N)$$

G_H: 1.69 (sabit, boru konstrüksiyon ve kutuplu yapılar)
C_F: 1.0 (yuvarlak ve boru yapılar)
A: Rüzgara normal yöndeki borunun alanı (m^2)

Herhangi bir yükseklikteki rüzgar hızının oluşturduğu basınç ise,

$$q_z = 0.613\, K_z V^2$$

$Kz = [z/10]^{2/z}$ (m)
V: Rüzgar hızı (m/s)
z: Yerden yükseklik (m)

3.4 Rüzgar Ölçüm Direği Montajı

Ölçüm sistemi ve direk yüksekliği seçildikten sonra artık sıra ölçüm direği ve sensörlerin montajına gelmiştir. İş akış sırasına göre rüzgar ölçüm direğinin nasıl montajının yapıldığı anlatılarak, sistemin hazır hale gelmesi üzerinde durulacaktır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Rüzgar ölçüm direğinin yüksekliği ve ölçüm sensörlerinin ilgili yüksekliklere montajının yapılacağına karar verilmeli ve hatta teknik resmi ile beraber araziye çıkılmalıdır. Ölçüm direği montajından önce muhakkak düzenli bir organizasyon yapılmalıdır. Aksi takdirde boşa zaman ve hatta gün kaybı olabilecektir. Ölçüm direğinin montajının yapıldığı bölgedeki yöre halkı ile de işbirliği yapılarak işgücü bölgeye yakın kasaba veya köylerden de temin edilebilinmektedir. Araziye çıkmadan önce, montaj için kullanılacakların listesi dikkatli bir şekilde yapılarak herhangi bir eksik ile araziye gidilmemelidir. Bu tip araziler, ülkemizde genellikle de yerleşim merkezlerine uzak olduğundan malzeme listesi yapılarak bunların alındığından emin olunmalıdır. Aksi halde arazide zor durumda kalınacaktır. Tipik olarak, rüzgar ölçüm direği montajı için, vinç, akü, balyoz, çekiç, tahta takoz, pense, yankeski, kargaburun, tornavida, kontrol kalemi, çelik testere, kablo açacağı, metre, pusula, el anemometresi, asma kilit, avometre, su terazisi, zincir, gres yağı, vazelin, 4 adet 9 V pil, boş data chip, anahtar takımı, kullanılacak teçhizata uygun yedek vida ve somunlar ile gerekebilecek diğer teçhizatlar götürülmelidir. Gereken insan gücü olarak ise, 10 ve 20 metrelik ölçüm direkleri için 3 kişi, 30, 40, ve 50 metre için 5 kişi ve 60 ile 70 metre ölçüm direkleri için de 7 kişi gerekmektedir. İş bölümü olarak:

- Montaj şefi,
- Vinç operatörü,
- 2 kişi her iki yandaki kazıklar ile ilgilenmek için,
- 2 kişi çelik halatları tutma ve germe işinde,
- 1 kişi de diğer işlerde kullanılabilir.

Ölçüm direğinin montajı konu ile ilgili bilgi sahibi ve meteoroloji bilgisi olan kişiler tarafından yapılmalıdır. Montaj için gün kararlaştırıldıktan sonra yöre halkından da yardım alınmasında yarar vardır. Montaj ekibinde muhakkak yöre halkından 1 kişi bulunmalıdır. Daha önce arazinin sahibi olan Belediye, Orman İdaresi gibi kurumlardan izin alınmış olunsa bile, ölçüm direğinin montajının yapılacağı gün durumdan haberdar edilmelidir. Son olarak da ölçüm sistemi araziye monte edilmeden önce üretim merkezinde test edilip gönderilmelidir. Bu testin yapılması zorunludur. Bazen kablolarda kopukluk, sensörlerde hatalı imalat veya sonradan oluşabilecek bir arıza gibi nedenlerden dolayı bozukluklar olabilmektedir. Ayrıca eğer mümkün olabiliyor ise, montaj ekibinin sensörlerden birer yedek götürmesinde büyük yarar vardır. Zira nakliye sırasında da bazen bozulmalar meydana gelebilmektedir. Ölçüm direği siparişi verildikten sonra kargo veya uygun bir araç ile bölgeye götürülmektedir (Şekil 3.105). Nakliye aracı ölçüm dikilecek noktaya kadar gidebiliyorsa montaj işlemi çabuk bitirilebilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, daha önce de anlatıldığı gibi, ölçüm direği ister boru konstrüksiyon olsun; ister kafes konstrüksiyon ölçüm direği olsun her halükarda parça parça geldiğinden araca yerleştirilirken özellikle geçiş yerlerinin hasar görmemesi ve eğilmemesi gerekmektedir. Aksi takdirde montaj yapılırken ve borular iç içe geçerken büyük zorluklarla karşılaşılmaktadır. Bunun için önlem olarak boruların geçiş kısımları karton veya dayanıklı plastik ile sarılarak hasar görmeleri mümkün mertebe engellenmeye çalışılmalıdır.

Şekil 3.105. Ölçüm direğinin sahaya nakliyesi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Ölçüm direğinin kaldırılması amacı için kullanılacak vinç montajını yapan firma tarafından ayarlanabileceği gibi bazen jeep, traktör gibi araçlara monte halinde vinçler de kullanılmaktadır (Şekil 3.106).

Şekil 3.106. Arabaya monte edilmiş bir vinç.

Bazı durumlarda araba ile ölçüm sahasına yakın veya uzak bir yerde kalınabilmektedir. Yakın bölgeler için elle de taşınabilir (Şekil 3.107).

Şekil 3.107. Ölçüm direğinin saha içi nakliyesi.

Ölçüm direğinin montajının yapılacağı nokta, araba ile gidilebilen yerin çok uzağında kalıyor ise, civar köylerden katır kiralanarak saha içi nakliye halledilebilir (Şekil 3.108). Her iki durumda da dikkat edilmesi gereken nokta elektronik cihazların dikkatli bir şekilde direğin dikilecek noktaya nakliyesinin yapılmasıdır.

Şekil 3.108. Ölçüm direğinin saha içi nakliyesi.

3.4.1 Direk Montajı

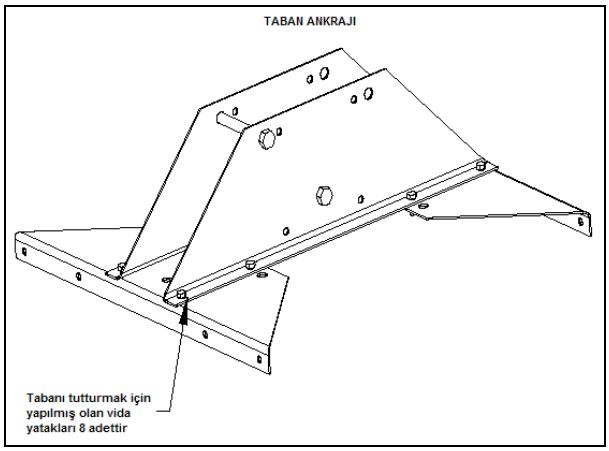
Montaj için malzemeler sahaya taşındıktan sonra, aşağıda verilen adımlara göre rüzgar ölçüm direğinin montajı yapılabilir. Bununla beraber, montaj şefi de sırayı kendine göre belirleyebilmektedir veya bazı işler paralel olarak yapılabilmektedir. İzleyen sayfalarda anlatılan işler, standart bir rüzgar

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

ölçüm direğinin montajında yapılması gereken işler anlatılmıştır. Bununla beraber, rüzgar ölçüm direğinin boyu, mekanik yapısı, kalitesi gibi parametreler bağlı olarak bazı değişiklikler olabilmektedir. Bu amaçla, montaj yapılmadan önce bu hususlar ve diğer özel konular öğrenilerek montaj yapılırken dikkate alınmalıdır.

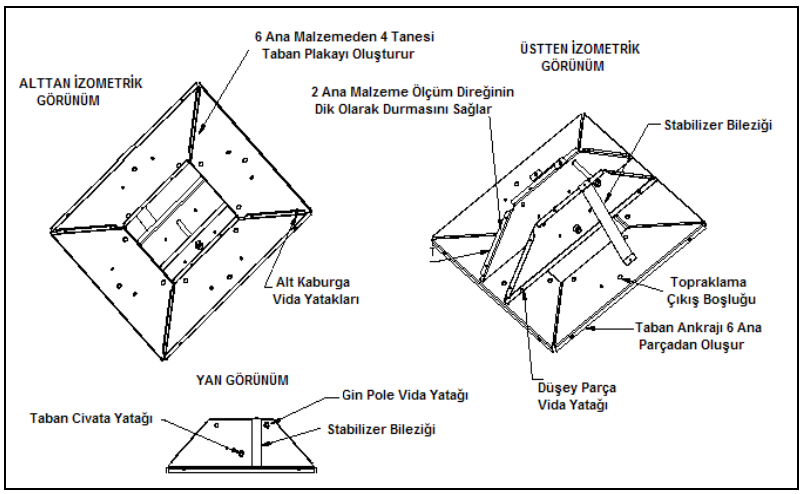
3.4.1.1 Taban Ankrajı

Taban ankrajı rüzgar ölçüm direğini tutan en önemli elemandır (Şekil 3.109). Kullanılacak olan taban ankrajı seçildikten sonra uygun civata ve somunlarla ve kazıklarla sabitlenir. Taban ankrajın boyutları ve taşıyabileceği yük değişmektedir.



Şekil 3.109. Taban ankrajı.

Taban ankrajı ölçüm direğine paralel olacak şekilde kurulmalıdır. Kavisli uçları toprağa batırılmalı ve eğer gerekliyse (hareketlenmeye karşı ekstra direnim için) iki fazladan rotu (çubuk) ana plaka üstündeki deliklere geçirilmelidir. Rotlar çakılarak taban ankraj daha da sağlamlaştırılır. Ayrıca taban ankrajın üzerindeki deliklerden bir tanesi de yıldırımdan korunmak amacı için direğin topraklanmasında kullanılır. Taban ankrajın izometrik görünümü ise Şekil 3.110 ile verilmiştir.



Şekil 3.110. Taban ankrajı izometrik görünüm.

Taban ankrajının montajı için ilk önce montajı yapılacak bölge Şekil 3.111'de görüldüğü gibi, kazılarak hazır hale getirilir. Burada amaç tabanın oturacağı yerin mümkün mertebe düz olmasıdır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.111. Taban ankrajı için kazı.

Arazi yapısına veya üretilen ölçüm direğine göre bazen de beton dökmeli taban ankraj da kullanılabilmektedir (Şekil 3.112). Beton taban ankrajın maliyeti daha yüksektir.

Şekil 3.112. Beton dökülmüş taban ankrajı.

Şekil 3.113 ile 10 metre yüksekliğinde bir rüzgar ölçüm direğine ait taban ankrajı gösterilmiştir.

Şekil 3.113. 10 metrelik taban ankrajı.

3.4.1.2 Boruların Uzatılması

Taban ankrajı çakılırken diğer yandan da borular indirilerek ölçüm yapılacak nokta boyunca serilir ve ilgili bölgelerden çelik halatlar geçiriler (Şekil 3.114). Boru parçalarını birbirine çakarken (kaydırarak) vazelin, gres yağı gibi yağlayıcı bir madde kullanarak rahat geçmeleri sağlanabilir. Ayrıca bağlantı yerlerinin hizaya getirilmesi boru parçalarının birleştirilmesini kolaylaştırır. Borular fabrika çıkışında işaretlenir ise arazide çalışırken büyük kolaylık sağlar. Hangi borunun ne sırada geçirileceği önceden bilinmelidir.

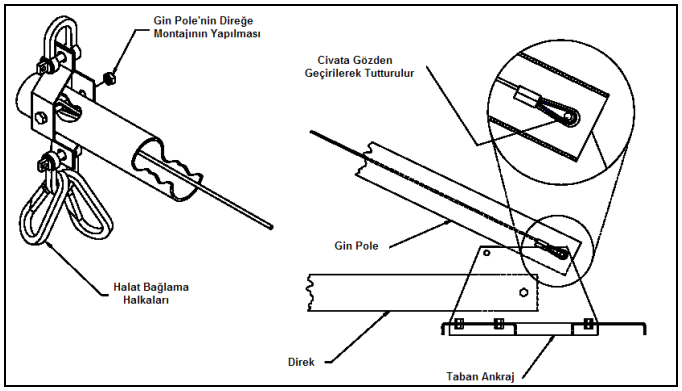
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.114. Borunun uzatılması.

Ölçüm direği, vinç, gin pole, dört yöndeki çelik halatların hattında engel olmayacak şekilde yatırmak gerekmektedir. Eğer arada ağaç, çalılık vb gibi engel var ise, temizlenmelidir. Güvenlik için direk tabanı ile enerji nakil hatları, yollar, tarlalar, binalar arasında direk uzunluğunun en az 1.5 katı uzaklık bırakılmalıdır. Ölçüm direğini dört yönde ve farklı yüksekliklerde tutan çelik halatların da kopabileceği dikkate alınarak gerekli emniyet şartları tesis edilmelidir.

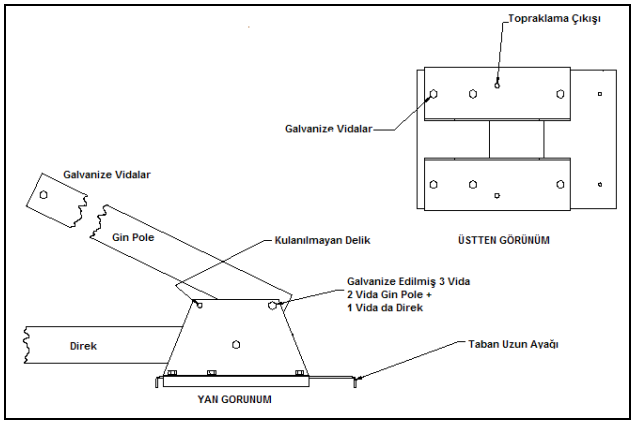
3.4.1.3 Gin Pole ve Vinç Bağlanması

Gin pole rüzgar ölçüm direğini vinç ile kaldırabilmek için gereklidir. Boyu 30 metrelik bir ölçüm direği için 10 metre, 50 metrelik için ise, 12 metredir. 50 metreden yüksek direklerde ise, 15 metre olarak alınır. Boru konstrüksiyon bir direği montajı yapılmış ve yandan görünüşü aşağıdaki Şekil 3.115 ile verilmiştir.



Şekil 3.115. Gin polün yandan görünüşü.

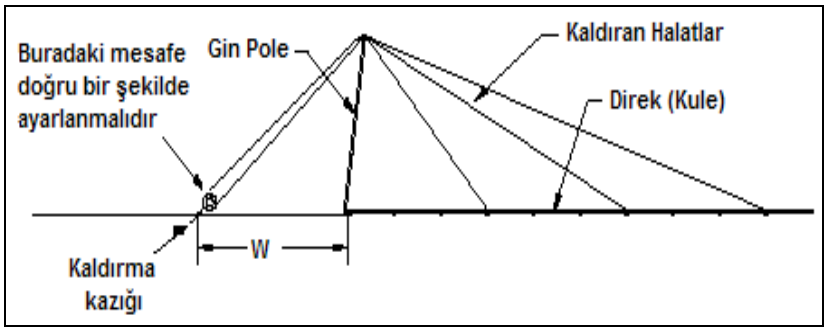
Direk ve gin pole sisteminin görünüşü Şekil 3.116 ile verilmiştir.



Şekil 3.116. Direk ve gin pole sisteminin genel görünüşü.

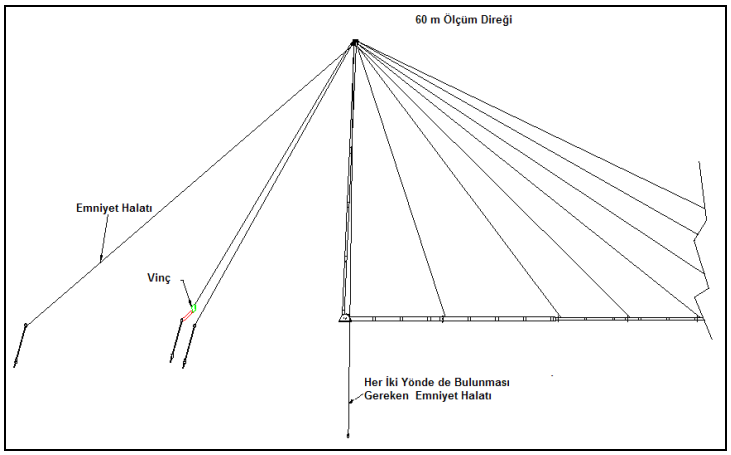
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Ölçüm direğini kaldırmak için kullanılacak vinç ve gin pole'nin ucu kaldırma kazığına bağlanmalıdır. Gin pole kaldırma kazığı, ölçüm direğinin kaldırılabilmesi için direk ile aynı düzlemde olmalıdır. Şekil de görüldüğü gibi W mesafesi, ölçüm direğinin boyuna göre değişmektedir. Direk imalatını yapan firmadan bu uzaklık öğrenilmelidir (Şekil 3.117).



Şekil 3.117. Gin pole ve vinç mesafesinin ayarlanması.

Aşağıdaki Şekil 3.118 ile 60 metre yüksekliğinde kaldırılmaya hazır bir boru konstrüksiyon rüzgar ölçüm sistemi görülmektedir.



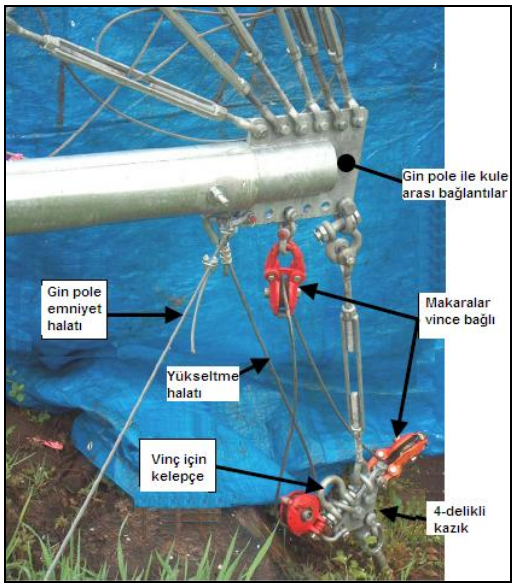
Şekil 3.118. 60 metrelik ölçüm direği.

Yere yatırılmış haldeki gin poleden çıkan çelik halatların kule ile bağlantısı Şekil 3.119 ile görülmektedir.

Şekil 3.119. Gin pole den gelen çelik halatların vinç için bağlanması.

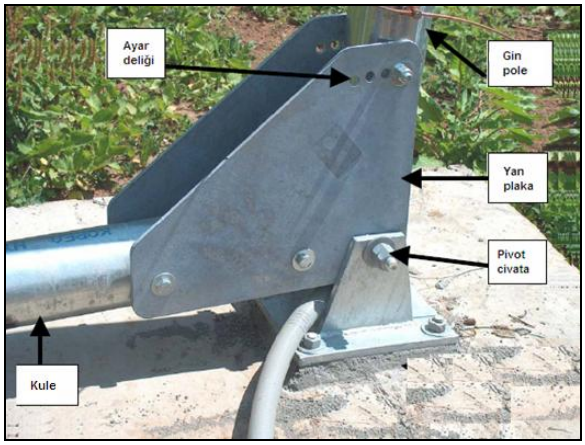
Yere yatırılmış haldeki gin poleden çıkan çelik halatların kule ile bağlantısı Şekil 3.120 ile verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.120. Gin pole yerde iken kule ile bağlanması.

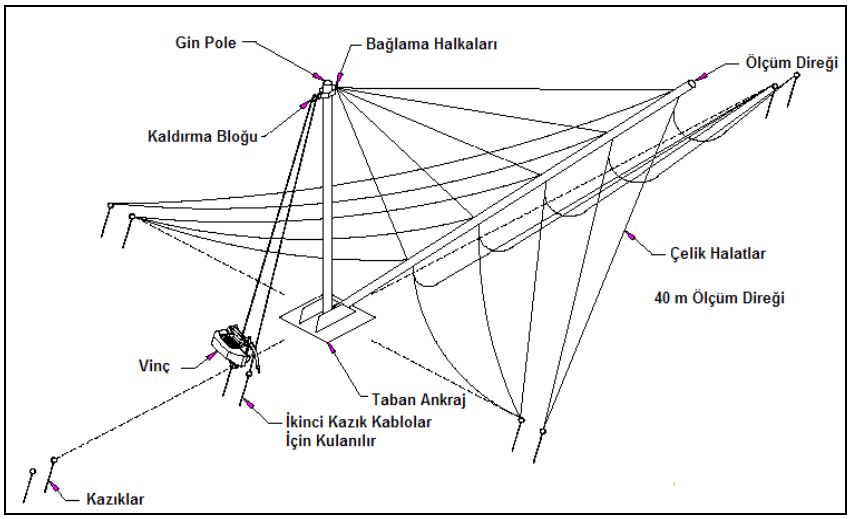
Taban plakası ile gin pole arasındaki bağlantının yapıldığı ve gin pole ile kule arasındaki açının tam 90 derece olduğu durum Şekil 3.121'de görülmektedir.



Şekil 3.121. Gin pole ile ölçüm direğinin bağlanması.

Çelik halatlar, kazıklara bağlandığı zaman ölçüm direğinin taban ankraj noktasından çelik halatların her iki taraftaki 4 yöndeki kazıklardan ve taban ankraj ekseninden geçen hatla aynı açıda olup olmadığı kontrol edilmelidir. 50 metrelik kaldırılmaya hazır bir rüzgar ölçüm sisteminin üstten görünüşü ise Şekil 3.122 ile verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.122. 50 metre ölçüm sistemi üstten görünüm.

Kulenin yükselmesi sırasında aşağıdaki hususlara dikkat etmek gerekmektedir:

- Kazıkların yerleşiminin ölçüm direğine doğru olması,
- Kazıkların aynı yükseklikte olması,
- Kazıkların taban ankrajı ile düz bir çizgi üzerinde olması.

Yukarıda sayılan hususlara dikkat edilmez ise, ölçüm direği yüksektildiğinde çelik halatların gerilimi eşit olmayacaktır. Ölçüm direği kaldırılırken, çelik halatların gerilimleri periyodik olarak kontrol edilerek ayarlanmalıdır.

Gin pole bağlantısı da yapıldıktan sonra, borular iç içe geçirilerek ilerlenir (Şekil 3.123). Unutulmaması gereken nokta ise, kullanılan rüzgar ölçüm direğinin boyuna göre çelik halatlar boyun kısımlarından borudan geçirerek sabitlenmelidir. Daha sonra 4 yönde bulunan kazıklara doğru halatlar uzatılarak dört yöndeki kazıklara bağlantısı yapılır. İlk bağlantıda çelik halata çok sıkı bir şekilde bağlanmamalıdır.

Şekil 3.123. Borunun uzatılıp çelik halatların geçirilmesi

3.4.2 Sensörlerin Bağlanması

Ölçüm direği 10^o – 15^o kaldırılarak halatlar ve kazıklar gözlenmelidir. Eğer alan düzlük değilse gerilme meydana gelebilecektir. Direği yan destek sağlamak için halatların boşluğu alınmalıdır. Çelik halatlarda gözle görülebilen bir gevşeklik olmalıdır. Eğer herhangi bir gevşeklik görülemiyorsa gerilim çok fazla demektir ve halatlar gevşetilmelidir. Fazla gerilim çelik halatların kopmasına veya kazıkların yerlerinden çıkmasına sebebiyet verebilir. Direk kaldırılırken yavaş ve sakin bir şekilde çalışılarak ani ve beklenmedik hızlı hareketlerden kaçınmak gerekmektedir (Şekil 3.124).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.124. Borunun uzatılması.

Ölçüm yüksekliği ne olursa olsun yerden 10^o – 15^o kaldırıldıktan sonra ölçüm direği üzerinde monte edilmesi gereken sensörler ve kabloların montajı yapılabilir. Ölçüm direğinin en yüksek noktasına çok fazla yük bineceğinden ve ayrıca rahat çalışılmasının temini amacı ile en uç noktaya yakın bir bölgeye Şekil 3.125'te görüldüğü gibi tahta veya demir bir takoz konulmalıdır.

Şekil 3.125. Takoz ile sabitleştirme.

Bu aşamadan sonra öncelikle kullanılacak olan yan kolların ve kabloların montajı yapılmalıdır (Şekil 3.126). Ölçüm direğinin hangi yüksekliklerine hangi sensörlerin monte edileceği daha önceden karar verildiğinden metre ile bunlar direğin üzerine işaretlenmelidir.

Şekil 3.126. Yan kol montajı.

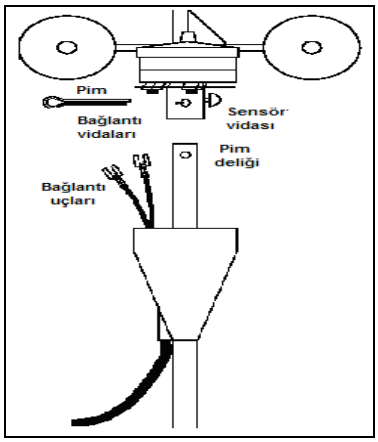
Yan kollar, gerekli standartlara haiz olarak seçilmeli ve en az 2 adet boru kelepçesi ile Şekil de görüldüğü gibi sıkıca direğe tutturulmalıdır. Yan kol tutturulduktan sonra daha önce belirlenen yüksekliklerde montaja başlanabilir. İlk önce en yüksek seviyeden montaja başlanmalıdır. Veri toplayıcıya gelen kablo, Şekil 3.127'den de görüldüğü gibi, kıvrımlar yaparak yön sensöre

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

bağlanmalıdır. Bunun nedeni ise, rüzgardan veya diğer meteorolojik şartlardan dolayı kablonun sarkmasından sensöre herhangi bir yük bindirilmesinin önüne geçmektir.

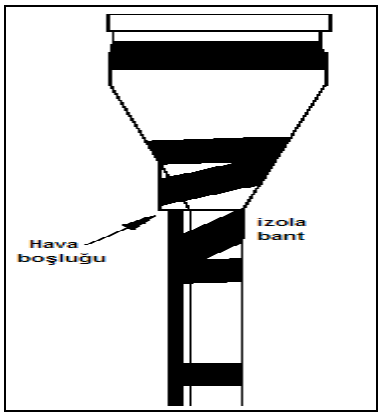
Şekil 3.127. Kabloların yan kola sarılması.

Sensör bağlantısı yapılırken, kullanılan markaya göre değişmekle beraber, aşağı yukarı mantığı aynıdır. İzleyen Şekil 3.128 ile NRG Inc firmasına ait sensörlerin bağlantı mantığı verilmiştir. Görüldüğü gibi, veri toplayıcıdan gelen bağlantı uçları sensörün yanında bulunan delikten geçirilerek sensörde bulunan bağlantı vidalarına monte edilir. Yan kolun üzerinde 30 cm yüksekliğindeki bir çubuğa geçirilerek sensörün sabitlenmesi sağlanır, daha sonra da pim ve sensör tespit vidası ile sağlamlaştırılır.



Şekil 3.128. Sensör elektrik bağlantısı.

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise, pimin veya tespit vidasının herhangi bir elektrik aksamı ile temas etmemesinin sağlanmasıdır. Nemlenmeye karşı ise, küçük bir boşluk bırakılmaktadır. Yağmur damlalarının girmeyeceği bir şekilde alt tarafta olan bu delikten nem çıkmaktadır. Son olarak da sensor izola bant ile bantlanarak hem kablo ile hem de yan kol üzerindeki bağlantı çubuğuna sabitlenir (Şekil 3.129).



Şekil 3.129. Bağlantıları yapılmış bir sensör.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kablolar, ister boru konstrüksiyon ölçüm direği isterse de kafes konstrüksiyon ölçüm direği olsun, sarılarak veri toplayıcıya kadar getirilmelidir. Şekil 3.130'dan da görüldüğü gibi, sarkık ve gevşek bir şekilde bırakılmamalıdır.

Şekil 3.130. Kabloların sarkması.

İdeal bir sensör bağlantısı Şekil 3.131 ile verilmiştir.

Şekil 3.131. Sensörlerin bağlanması.

Kablolar sarıldıktan sonra en az her 2 metrede bir plastik veya çelik boru kelepçesi ile sarılarak sabitlenmelidir (Şekil 3.132). Kablolar dışarıda bulunduğundan ağır hava koşullarına maruz kalmaktadırlar. Yazın sıcak havadan dolayı genleşme; kışın da soğuk hava yüzünden büzüşme yapabilmektedirler.

Şekil 3.132. Kabloların sarılması.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

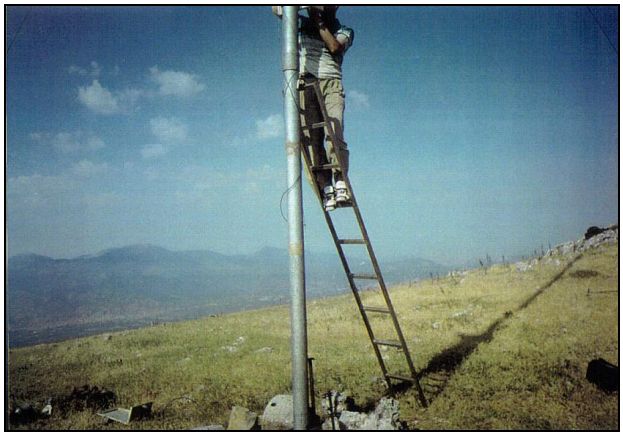
Kullanılan rüzgar ölçüm direğinin yüksekliğine göre montajı yapılması gereken yüksekliklere sensörlerin montajı yapıldıktan sonra sıra veri toplayıcının montajına gelmiştir (Şekil 3.133).

Şekil 3.133. Diğer yükseklikteki sensörlerin montajı.

Veri toplayıcı, ölçüm direğinde kullanılan en pahalı cihazdır ve koruma altına alınmalıdır. Bu bir kaç türlü olabilmektedir. Birinci yol, veri toplayıcıyı alçak bir noktaya değil de biraz yüksekçe yapmaktır. Şekil 3.134'te çok alçağa yerleştirilmiş bir veri toplayıcı gösterilmiştir. Böyle bir durumda veri toplayıcı zincirle sarılıp kilitlenmelidir. Ayrıca üzerine bir uyarı levhası da asılabilir.

Şekil 3.134. Alçağa monte edilmiş veri toplayıcı.

Şekil 3.135 ile de yerden 3 metre yükseğe monte ediliş bir veri toplayıcı gösterilmiştir. Direğin altına zincirlenebilen bir merdiven konulabilir. Araziye kontrol ve bakım amaçlı ziyaretlerde bu merdiven kullanılabilir.



Şekil 3.135. Yere 3. metrede monte edilen bir veri toplayıcı.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3.4.3 Ölçüm Direğinin Kaldırılması

Sensörler, kablolar ve veri toplayıcı ile güneş panelinin montajı yapıldıktan sonra direğin kaldırılma işlemine devam edebilir. Ölçüm direği yavaşça kaldırılmaya devam edilirken 15˚ aralıklarla durularak halatların gerginliği kontrol edilmelidir. Gergin olan halatlar gevşetilebilir veya çok gevşek halatlar gerilerek boşluğu alınabilir (Şekil 3.136).

Şekil 3.136. Borunun uzatılması.

Direğin taban ankraj noktasında görünümü ise aşağıdaki Şekil 3.137'deki gibi olacaktır.

Şekil 3.137. Taban noktasından görünüm.

3.4.4 Kazıkların Çakılması

Kazıklar çakılırken ölçüm direğinin taban ankraj plakası yönünde hazırlanmalıdır. Eğer olmaları gereken yerde ve şekilde yerleştirilemiyorsa, o zaman kazıklar çizginin dışına (maksimum 2 metre) olacak şekilde yerleştirilmeye çalışılmalıdır. Kullanılacak kazığın tipi, çelik halatların sayısı, direk uzunluğu, arazi yapısı gibi parametrelere göre değiştiği daha önceki bölümlerde de belirtilmişti. Örneğin Şekil 3.138 ile 10 metre ölçüm direğine ait bir kazık verilmiştir.

Şekil 3.138. 10 metrelik direğe ait bir kazık.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

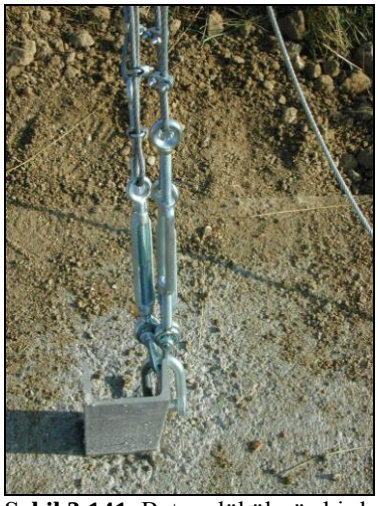
Aşağıdaki Şekil 3.139 ile 70 metre yüksekliğindeki rüzgar ölçüm direklerine ait kazıklar gösterilmiştir. Burada da görüldüğü gibi, gerek kazıklar ve gerekse de halatların yapısı değişiktir.

Şekil 3.139. Farklı kazık tipleri.

Şekil 3.140 ile 30 metre yüksekliğinde bir rüzgar ölçüm direğine ait bir kazık verilmiştir. Bölge çok rüzgarlı olduğundan dolayı kazıkların sökülmesini önlemek için ayrıca kazık bir plakanın üzerinden çakılarak üzerine her biri 50 kg olan adet beton dökme kalıplar ve civarda bulunan taşlar kazığın civarına yerleştirilmiştir.

Şekil 3.140. Özel üretim bir kazık.

Bazı kazıklarda ise, beton dökülebilmektedir. Şekil 3.141 ile 50 metre yüksekliğinde kafes konstrüksiyon rüzgar ölçüm direğine ait bir kazık görülmektedir. Böyle bir durum rüzgar ölçüm direğinin kurulum maliyetini de arttırmaktadır.



Şekil 3.141. Beton dökülmüş bir kazık.

3.4.5 Direğin Dikilmesi

Ölçüm direği 70^o ile 75^o (neredeyse dik) oluncaya kadar kaldırılır ve çelik halatlar tekrar kontrol edilir (Şekil 3.142).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.142. 75 derece kaldırılmış bir direk.

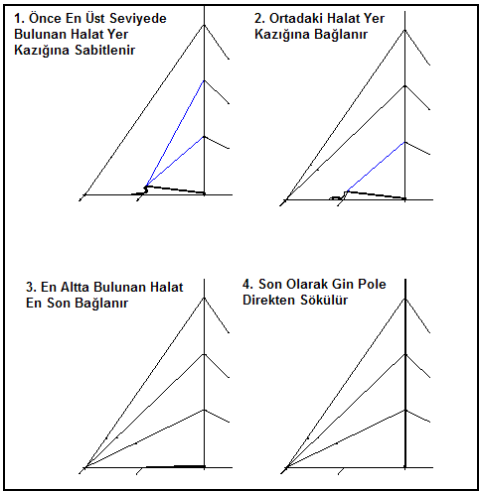
Direk dikey duruma geldiği zaman bir kişiyi karşı kazıktaki çelik halat setindeki gerilimin sabitleşmesi amacı için görevlendirilir.

3.4.6 Veri Toplayıcı ve Kabloların Bağlanması

Ölçüm direği 10° - 15° kaldırıldığında sensör montajı ve direğin farklı seviyelerindeki sensörlerden gelen kabloların bağlanarak test edilmesi gerektiği anlatılmıştı. Bu aşamada artık kabloların dışarıda kalan kısımları da veri toplayıcı muhafaza kutusu içerisinde montajı yapılır (Şekil 3.143).

Şekil 3.143. Veri toplayıcı.

Direk tam dik (90°) kaldırıldığı zaman gin poledeki halatlar orjinal bağlanması gereken kazığa bağlanmalıdır. Bu amaçla Şekil 3.144 incelenmelidir. Önce 1 numaralı en yüksekteki halat kazığa bağlanmalıdır, onu diğer halatlar izler.



Şekil 3.144. Kazıklara bağlantı.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Artık ölçüm direğinin tam düz pozisyona getirmek için 4 yöndeki kazıklara bağlanan halatlar ayarlanır (Şekil 3.145).

Şekil 3.145. Halatların gerilmesi.

Rüzgar ölçüm direğinin dikliği göz ile kontrol edilebilirse de, en sağlıklı yol su terazisi ile kontrol edilmesidir (Şekil 3.146).

Şekil 3.146. Su terazisi ile kontrol.

Kazıklar sıkıştırıldıktan sonra artan kablolar Şekil 3.147'de görüldüğü gibi dağınık bir şekilde durmamalıdır.

Şekil 3.147. Dağınık halatlar.

Artan halatlar muntazam bir şekilde sarılarak ve bant ile de sabitlenerek bırakılmalıdır (Şekil 3.148).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.148. Halatların bırakılması.

Ölçüm sistemi çalıştırılması sistemden sisteme değişmekle beraber, genelde bazı özellikler ve mantıki akış sırası aynıdır. İzleyen sayfalarda NRG Inc firmasına ait 9200 Plus veri toplayıcısının çalıştırılması anlatılacaktır.

3.4.6.1 Veri Toplayıcının Çalıştırılması

NRG Inc veri toplayıcının 5 temel fonksiyon modülü bulunmaktadır. Bunlar, rüzgar, yön, sıcaklık, tarih ve cihaz durum modülleridir. Ön panodan ayarlanabilen bu fonksiyonlar yukarı, aşağı ve sağ ok tuşları ile seçilir. Yukarı veya aşağı tuşuna her basıldığında, bir sonraki fonksiyon grubu sayısal sıraya göre seçilmektedir. Fonksiyonlar, son fonksiyonda aşağı ok tuşuna basıldığında ilk fonksiyona dönecek şekilde dairesel olarak birbirine bağlanmıştır. Bir grup içindeki fonksiyonlar ilgili fonksiyonun içinde iken sağ ok tuşu ile ayarlanabilmektedir. Kullanılabilir fonksiyonlar seçilen sensör sayısı tarafından belirlenmektedir.

Fonksiyonların Açıklaması

Fonksiyon 1.1	*Anlık Rüzgar Hızı Kanalı 1:* Genellikle en üst seviyede bulunan birinci anemometre halihazır (mevcut) rüzgar hızını cihazın anahtar konumuna bağlı olarak saatte mil veya saniyede metre olarak görüntülemektedir.
Fonksiyon 1.2	*Anlık Rüzgar Hızı Kanalı 2:* İkinci anemometrenin halihazır rüzgar hızını cihazın anahtar konumuna bağlı olarak saatte mil veya saniyede metre olarak görüntülemektedir.
Fonksiyon 1.3	*Anlık Rüzgar Hızı Kanalı 3:* Kullanılan üçüncü anemometrenin halihazır rüzgar hızını cihazın anahtar konumuna bağlı olarak saate mil veya saniyede metre olarak vermektedir.
Fonksiyon 1.1P	*Maksimum Rüzgar Hızı Kanalı 1*: En üst seviyede bulunan anemometredeki en yüksek değeri cihazın anahtar konumuna bağlı olarak saatte mil veya saniyede metre olarak görüntülemektedir.
Fonksiyon 1.2P	*Maksimum Rüzgar Hızı Kanalı 2*: İkinci anemometredeki en yüksek değeri cihazın anahtar konumuna bağlı olarak saatte mil veya saniyede metre olarak görüntülemektedir.
Fonksiyon 1.3P	*Maksimum Rüzgar Hızı Kanalı 3*: Kullanılan üçüncü anemometredeki en yüksek değeri cihazın anahtar konumuna bağlı olarak saatte mil veya saniyede metre olarak görüntülemektedir.
Fonksiyon 1.1A	*Ortalama Rüzgar Hızı Kanalı 1:* En üst seviyede bulunan ortalama rüzgar hızı cihazının anahtar konumuna bağlı olarak saatte mil veya saniyede metre olarak görüntülemektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Fonksiyon 1.2A *Ortalama Rüzgar Hızı Kanalı 2:* İkinci anemometredeki ortalama rüzgar hızı cihazının anahtar konumuna bağlı olarak saatte mil veya saniyede metre olarak görüntülemektedir.

Fonksiyon 1.3A *Ortalama Rüzgar Hızı Kanalı 3:* Kullanılan üçüncü anemometredeki ortalama rüzgar hızı cihazının anahtar konumuna bağlı olarak saatte mil veya saniyede metre olarak görüntülemektedir.

Fonksiyon 2.1 *Anlık Yön Kanalı 1:* En üst seviyede bulunan yön sensörünün bağlantısı yapılır ve halihazır rüzgar yönünü derece olarak vermektedir.

Fonksiyon 2.2 *Anlık Yön Kanalı 2:* Kullanılan ikinci yön sensörüne ait halihazır rüzgar yönünü derece olarak görüntülemektedir.

Yukarıda anlatılan bütün fonksiyonlarda rüzgar hızı her 2 saniyede bir güncelleştirilir.

Fonksiyon 2.1P *Tepe Rüzgar Hızı Kanalı 1'in Yönü:* En üst seviyede bulunan yön sensöründeki tepe anındaki rüzgar yönünü derece olarak görüntülemektedir.

Fonksiyon 2.2P *Tepe Rüzgar Hızı Kanalı 2'in Yönü:* Kullanılan ikinci yön sensörüne Bu fonksiyon Kanal 2 Rüzgar Hızının tepe anındaki rüzgar yönünü derece olarak görüntülemektedir.

Fonksiyon 2.1A *Ortalama Kanal 1'in Yönü:* En üst seviyede bulunan yön sensöründe ölçülen rüzgar yönünün ortalamasını alarak derece olarak görüntülemekte ve bir önceki ortalama alma aralığının sonunda güncelleştirilmektedir.

Fonksiyon 2.2A *Ortalama Kanal 2'in Yönü:* Kullanılan ikinci yön sensöründe ölçülen rüzgar yönünün ortalamasını alarak derece olarak görüntülenerek bir önceki ortalama alma aralığının sonunda güncelleştirilir.

Fonksiyon 3.1 *Sıcaklık Kanalı:* Bu fonksiyon NRG #110 S Sıcaklık Sensörünce ölçülen anlık sıcaklığı görüntülemektedir ve seçilen birime göre, Fahrenhayt veya Santigrat dereceyi göstermektedir.

Fonksiyon 3.2 *İlave Kanal Pironometre Durumunda:* Bu fonksiyon Li-Cor #LI-200SA Piranometre'ye ölçeklenmiş anlık ilave anolog kanalı görüntülemektedir. Rüzgar ölçümlerinde piranometre ölçümleri yapılmamaktadır.

Fonksiyon 3.3 *İlave Kanal İşlenmemiş Gerilim Durumunda:* Anlık ilave kanalı işlenmemiş (ölçeklenmemiş) formatta görüntülemektedir. 0 ile 2.55 voltun karşılığı olarak 0 ile 2.55 arasında bir değer gösterilmektedir.

Fonksiyon 4.1 *Saat:* Gerçek zaman saatini saat ve saniye olarak görüntülemektedir. Saat 00:00 ile 23:59 arasında gösterilir.

Fonksiyon 4.2. *Ay/Gün:* Veri toplayıcıdaki ölçümün yapıldığı zaman ay, gün ve yıl olarak görüntülemektedir.

Fonksiyon 4.3 *Yıl:* Bu fonksiyon 9200-PLUS'ın Gerçek Zaman Tarihini yıl olarak görüntülemektedir.

Fonksiyon 5.1 *Anahtarlar:* Bu fonksiyon üç farklı parametreyi göstermektedir. Bunlar, kullanıcı tarafından seçilen ortalama alma aralığı (orta iki basamak), seçilen birim (mil veya metre/saniye) ve seçilen sensörler (sağ basamak sensörün numarasını 1, 2 veya 3 olarak gösterir). Tüm bu ayarlar, data chiplerin altında yeralan 2 DIP anahtar çifti kullanılarak yapılır. Ortalama alma aralığını ayarlarken, sol anahtar grubun sol anahtarının 10 dakikalık ortalama için yukarı, 60 dakikalık ortalama için aşağı konuma

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

getirilmelidir. Birimler ayarlanırken; sol anahtar grubunun sağ anahtarının metrik birimler için yukarı, İngiliz Birimleri için aşağı konuma getirilmelidir. Ölçümde kullanılan sensör sayısını ayarlamak için sağ anahtar grubunu kullanılmalıdır. Üç farklı ayar konumu seçilebilir.

Ayar Konumu 1: Her iki anahtar yukarı konumda
Ayar Konumu 2: Sol anahtar yukarı, sağ anahtar aşağı konumda
Ayar Konumu 3: Sol anahtar aşağı, sağ anahtar yukarı veya her iki anahtar aşağı konumda

1=	WS1	SD1	DIR1	WS2	SD2	DIR2				
2=	WS1	SD1	DIR1	WS2	SD2	DIR2			ANLG	
3=	WS1	SD1	DIR1	WS2	SD2	DIR2	WS3	D3	ANLG	GUST1

(WS: rüzgar hızı, D: standart sapma, DIR: rüzgar yönü, ANLG: ilave analog giriş, GUST1: aralık esnasında kanal 1 üzerinde ani rüzgar).

Örneğin, "10-3" gösterimi 10 dakikalık ortalama alma aralığını, metrik birimleri ve tüm kanalların kaydının alındığını gösterir. "60-1" gösterimi ise, 60 dakikalık ortalama alma aralığını, İngiliz birimlerini, Rüzgar Hızı 1, ortalama/standart sapma ve Rüzgar Yönü 1'in kaydının alındığını gösterir.

Fonksiyon 5.2 *Ölçüm Yeri Numarası:* Bu fonksiyon ölçüm yeri numarasını görüntüler. Ölçüm Yeri Numarası program modunda girilir. Bu numara 0000 ile 9999 arasında bir rakam olabilir

Fonksiyon 5.3 *Datachip (Veri Yongası) Numarası:* Datachip numarasını görüntüler. Bu numara operatör tarafından arzu edildiği şekilde herhangi bir şekilde kullanılabilir. Örneğin müşteri numarası olarak saklanmak için kullanılabilir. Bu numara veri grubuna atanır ve bu nedenle belirli bir müşteri için toplanan verileri tanımlamak için kullanılabilir. 00 ile 99 arasında bir rakamın girilmesi gerekmektedir.

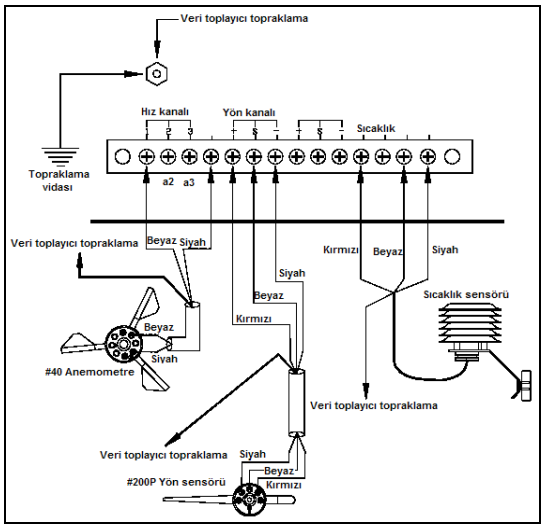
Fonksiyon 5.4 *Pil Gerilimi:* Halihazır (mevcut) pil gerilimini görüntüler. Pil gerilimi her 2 saniyede bir güncelleştirilir.

Fonksiyon 5.5 *Kalan (Kullanılabilir) Gün Sayısı:* Bu fonksiyon halihazırda takılı olan Datachip üzerindeki yerin (bellek kapasitesinin bitmesine kadar kalan kullanılabilen) gün sayısını görüntülemektedir. Bu işlem her ortalama alma aralığının sonunda hesaplanmaktadır.

3.4.6.2 Sensörlerin Veri Toplayıcıya Bağlanması

Yukarıda anlatılan ayarlamalar yapıldıktan sonra, rüzgar ölçüm direğinde kullanılan sensörlerin veri toplayıcısına bağlanması ve test işletmesi yapılması montajın son aşamasını oluşturmaktadır. Sensör bağlantı diyagramına bakılarak bu bağlantılar kolaylıkla yapılabilir. Şekil 3.149 ile örnek bir veri toplayıcının bağlantı diyagramı verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 3.149. Veri toplayıcı bağlantı diyagramı.

3.4.6.3 Veri Kayıt Cihazının Montajı

Şekil 3.150'de görüldüğü gibi, veri toplayıcı testi yerde direk kaldırılmadan yapıldıktan sonra veri toplayıcının montajı yapılmalıdır.

Şekil 3.150. Veri toplayıcı ve sensörlerin testi.

Cihazla birlikte verilen U civataları kullanılarak koruyucu kutuyu kuleye bağlanmalıdır (Şekil 3.151).

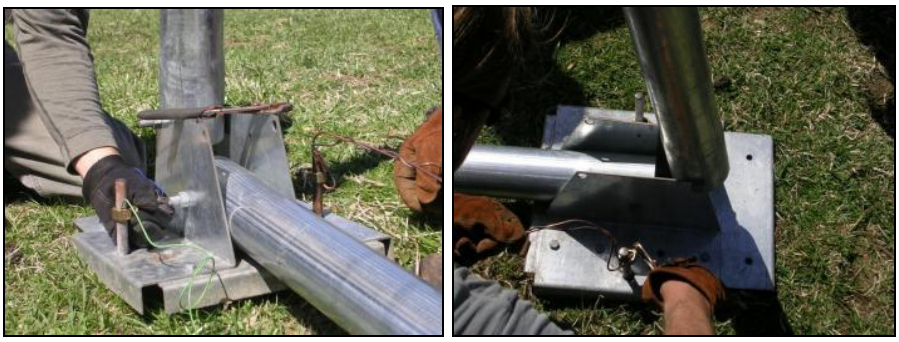
Şekil 3.151. Veri toplayıcı bağlantılarının yapılması.

Muhafaza kutusu bağlantısı yapılırken aşağıdaki adımlar takip edilmelidir:

1. Veri toplayıcıyı cihazla birlikte verilen vidaları kullanarak koruyucu kutunun arkasından bağlanmalıdır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

2. Verilen topraklama kablosu kullanılarak veri toplayıcıyı toprak çubuğuna bağlanır (Şekil 3.152).



Şekil 3.152. Topraklama çubuğunun bağlanması.

3. Yaklaşık 1 metrelik ilave uzunluk bırakarak fazla sensör kablosu kesilmelidir (Fazlalık sarılarak muhafaza kutusunun içine bırakılabilir).
4. Rüzgar hızı sensörü kablolarını veri toplayıcının terminal şeridindeki SPEED (şiddet) girişlerine bağlanmalıdır.
5. Yön sensörü kablolarını yön sensörü giriş terminallerine bağlanmalıdır (Veri toplayıcı'nın terminal şeridi üzerinde DIR CH1 ve DIR CH2 olarak etiketlenmiştir). Polaritelere dikkat edilmelidir. Kırmızı kabloyu "+", beyaz kabloyu "S" ve siyah kabloyu "-" işaretli uca bağlanmalıdır.
6. Ekranlama kablolarını GND terminaline bağlanmalıdır. "-" terminallerine bağlanmamalıdır.
7. Soketlerde data chip var ise çıkarılmalıdır.
8. Polaritelere dikkat ederek pil yuvasına yeni 9 Voltluk alkali piller takılmalıdır.

   Veri toplayıcı önce "8.888:8.8" ibaresini göstermeli, daha sonra seri numarasını ve versiyon numarasını göstermelidir.
   Not: 1'den 3'e kadar olan fonksiyonlar sadece Logging (Kayıt Alma) modunda gösterilir.

9. "P4.1" MODU: SAAT
   SET tuşunu kullanarak sadece dakikaların gösterilmesi sağlanmalıdır. Sonra yukarı ve aşağı ok tuşları kullanılarak dakika artırılıp azaltılabilir. Dakika ayarlandıktan sonra SET tuşuna tekrar basarak saatin görüntülenmesi sağlanır. Yeniden yukarı ve aşağı ok tuşlarını kullanarak saat ayarlanır. Geçerli saat girişi: 00:00 ile 23:59 arasındadır.

10. "P4.2" MODU : AY/GÜN
    Tarih ayarlarına girmek için sağ ok tuşa basılmalıdır. Mevcut ay ve daha sonra halihazır günü girmek için SET, yukarı ok aşağı ok tuşlarını yukarıda belirtildiği şekilde kullanılmalıdır.

    Geçerli tarih girişi: 0101 ile 1231 arasındadır.

11. "P4.3" MODU: YIL
    Yıl ayarlarına girmek için için sağ ok tuşuna basılmalıdır Mevcut yılı girmek için SET, yukarı ok ve aşağı ok tuşlarını yukarıda belirtildiği şekilde kullanılmalıdır.

12. "P5.1" MODU: ANAHTARLAR
    Ortalama alma aralığı fonsiyonunu sağlamak için yukarı ok veya aşağı ok tuşu kullanılmalıdır. Daha sonra datachip soketlerindeki dip anahtarlar kullanılarak aşağıdaki ayarları yapılmalıdır:
    - *Ortalama alma aralığı:* En soldaki alt anahtar aralığı ayarlar. 10 dakikayı (yukarı konumu) veya 60 dakikayı (aşağı konumu) seçilmelidir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- *Birim*: Sağa doğru bir sonraki birim anahtar birimi seçer. Birimler sadece gösterimler amacıyla seçilir ve datachiplerde saklanan verileri etkilememektedir.
- *Sensör sayısı:* Kaydı alınan sensörlerin sayısını girmek için alt sağ anahtar grubunu kullanılarak üç farklı ayar konumu seçilebilir.

Ayar Konumu 1: Her iki anahtar yukarıda
Ayar Konumu 2: Sol anahtar yukarıda, sağ anahtar aşağıda
Ayar Konumu 3: Sol anahtar aşağıda, sağ anahtar yukarıda veya her iki anahtar aşağıda

Örneğin, "10-3" ibaresi 10 dakikalık ortalama alma aralığını, metrik birimleri ve kanalların tümünün kaydının alındığını gösterir. "60-1" ibaresi ise 60 dakikalık ortalama alma aralığını, İngiliz birimlerini, Rüzgar Hızı 1 ortalama/standart sapmayı ve Rüzgar Yönü 1'in kaydının alındığını gösterir.

13. "P5.2" MODU: ÖLÇÜM YERİ NUMARASI
Ölçüm yeri numarası verebilmek için sağ ok tuşuna basınız. SET tuşunu kullanarak ölçüm yeri numarasının en sağdaki 2 basamağını ekrana getirilmelidir. Yukarı ok ve aşağı ok tuşları kullanılarak ölçüm yeri numarasının en sağdaki 2 basamağı arttırılır veya azaltılır. Numaranın sağ iki basamağı girildikten sonra, tekrar SET tuşuna basılarak ölçüm yeri numarasının soldaki iki basamağı ekrana getirilir ve yukarı ok ve aşağı ok tuşlarını kullanarak numaranın geri kalan yarısını girilir.

14. "P5.3" MODU DATACHIP NUMARASI

Datachip numarasını girmek için sağ ok tuşuna basılarak datachip numarası verilebilir. Sonra yukarı ok ve aşağı ok tuşlarını kullanılarak numarayı değiştirilir ve doğru numara girildikten sonra SET tuşuna basılmalıdır.

Yukarıdaki işlemler tamamlandıktan sonra, veri toplayıcının bütün ayarlamaları yapılmış olur. Bütün ayarlar son bir kez kontrol edildikten sonra, Datachipler takılarak veri kaydına başlanır.

3.4.7 Direk Monte Ederken Dikkat Edilecek Güvenlik Hususları

Direk dikilirken uyulması gereken bazı güvenlik kuralları bulunmaktadır. Bunun ile ilgili bilgiler izleyen sayfalarda verilmiştir.

- Montaj şefinin talimatlarına uyulmalıdır,
- Direk montajı sırasında direk veya gin pole tırmanılmamalıdır (Şekil 3.153),

Şekil 3.153. Gin pole tırmanma.

- Kesinlikle altında veya çelik halatların savrulma yörüngesinde bulunulmamalıdır,
- Halatlar gerginken yanında veya tarama alanında kesinlikle durulmamalıdır,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Direk dikimi sırasında, yabancı kişiler montaj sahasına girmemelidir,
- Kule; enerji nakil hatları, yürüyüş yolları, caddeler ve binalara uzunluğunun en az 1.5 katı kadar mesafede dikilmelidir,
- Ölçüm direğinin topraklanması yapılmalıdır,
- Kurmaya başlamadan, direğin dikilme prosedürü iyice anlaşılmalıdır,
- Montaj işlemi çok rüzgarlı günlerde yapılmamalıdır.

3.5 Rüzgar Ölçüm Direği Bakımı

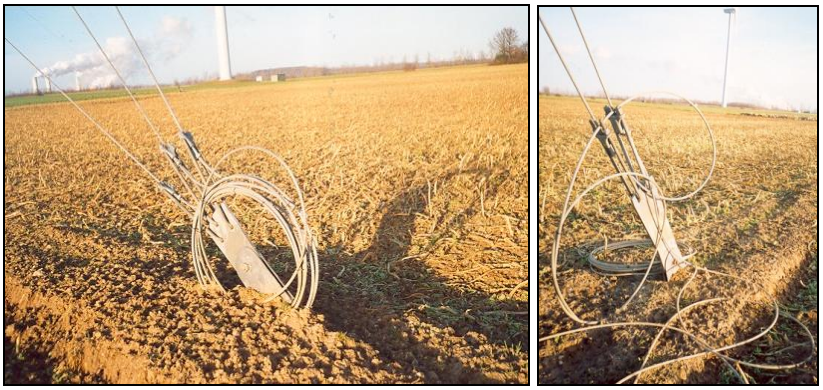
RES kurulması düşünülen bölgeye rüzgar ölçüm direği dikildikten sonra, direğin periyodik bakımları yapılmalıdır. Bakımlar, ayda 1 veya 1.5 ayda bir yapılmalıdır. Yapılacak bakımlar, elektronik ve mekanik olarak iki grupta incelenebilir.

3.5.1 Mekanik Bakım

Mekanik bakımın en önemli bileşenleri, halatlar, kazıklar, direğin eğriliği, muhafaza kutusu ve asma kilidin durumudur.

Çelik Halatlar: Dikkat edilmesi gereken, halatların sıcaktan genleşerek uzayacağı veya soğuk mevsimlerde de büzüşerek gergin olacağının hesaplanması gerekmektedir. Araziye çıkarken kazıkların bağlandığı uygun anahtarlar alınarak çelik halatların durumuna göre gevşetilir veya sıkılır.

Kazıklar: Dört yönde bulunan kazıklardaki halatları tutan kelepçeler zamanla gevşeyebilir ve hatta paslanabilir, bu amaçla kazıkların durumu da periyodik bakımlarda kontrol edilmelidir. Ayrıca, kazıklara bağlanan halatların Şekil 3.154'te görüldüğü gibi toprakla ve bitkilerle temas etmesi zamanla çelik halatın çürümesine neden olmaktadır. Çürüme nedeni ile zayıflayan halatlardan herhangi birisinin kopması durumunda direk yıkılabilmektedir. Bakım için gidildiğine, kazık etrafındaki boyu uzayan bitkiler de budanmalıdır.



Şekil 3.154. Toprak ile temas halindeki çelik halatlar.

Kelepçe ve vidalar: Kullanılan kelepçe ve vidalar kontrol edilerek çok fazla paslanmış olanlar yenisi ile değiştirilmelidir.

Taban plaka (ankraj): Direği tutan en önemli eleman olan taban ankrajı kontrol edilerek herhangi bir kayma, sapma, deformasyon, eğilme veya vidalarında gevşeme gibi istenmeyen durumların olmadığından emin olunmalıdır. Ankraj noktasına en yakın yerde durarak yukarıya doğru düzlüğü kontrol edilmelidir.

Direğin eğriliği: Direğin eğriliği de çelik halatların genleşip büzüşmesine göre değişmektedir. Bakımlarda götürülecek su terazisi ile kontrolü yapılarak eğriliği halatların durumuna göre düzeltilmelidir.

Muhafaza kutusu ve asma kilit: Muhafaza kutusuna kablo girişlerinden zamanla içeri giren sinek, arı vb gibi canlılar kutu içine yuva yapabilmektedirler. Dolayısı ile muhafaza kutusu açılırken dikkat edilmelidir. Kablo girişleri çekomastik veya silikon ile iyice sıvanarak örtülmelidir. Asma kilidin de zamanla paslanıp kilit ile açılamayacağı düşünülerek yedek bir asma kilit götürmekte yarar vardır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3.5.2 Elektronik Bakım

Periyodik olarak yapılması gereken ikinci bakım da ölçüm sisteminin elektronik bakımıdır. Bunlar, data chiplerin değiştirilmesi, pillerin değiştirilmesi, veri toplayıcının kontrolü olarak verilebilir.

Data chiplerin değiştirilmesi: Kullanılan sensör sayısına göre data chipler, veri toplayıcılarda 30 gün ile 90 gün arasında değişmektedir. Data chiplerin değişimi yapılırken aşağıdaki adımlar takip edilmelidir.

1. Pil gerilimi kontrol edilmelidir.
   Yukarı ve aşağı ok tuşlarını kullanarak pil voltmetre fonksiyonuna geçerek pil gerilimi kontrol edilmelidir.

2. Data chipler çıkarılmalıdır.
   "PL-1" veya "PL-12 ekranda görünene kadar STOP tuşuna basın ve tutun (yaklaşık olarak 3 saniye). "PL-1", soldaki data chipi,"PL-12" her iki data chipi çekmeniz gerektiğini gösterir. "

3. Yeni data chipler monte edilebilir.
   İlk olarak data chiplerin alt ucunu yerleştirilerek, daha sonra üst ucu sıkı bir şekilde sokete itilmedilir (yana doğru sallanarak). Sadece bir data chip yerleştiriliyorsa, sol sokete monte edilmelidir. Sol sokete bir data chip yerleştirilmemişse kayıt moduna girilmesine izin verilmeyecektir ve veri kayıt cihazı kendiliğinden programlama moduna iade edecektir. Kaydın yeniden başlatılması için START tuşuna birkaç saniye basılıp beklenmelidir. Ekranda daha sonra "--PP--" görünecek, bunu anahtar ayarlamaları (ortalama zaman aralığı, birimler ve seçilen kanalların sayısı), ve ardından data chiplerin dolmasından önce kalan günlerin sayısı izleyecektir. Bundan sonra kayıt cihazı, 1.1 fonksiyonunu (Rüzgar Hızı 1 anında) gösterecektir. Buradan itibaren bakılmak istenen her türlü veri için ok tuşları kullanabilir.

   "--PA--" işareti görülüyorsa, kayıt cihazı o andaki devrenin sonundan 20 saniyeden daha az bir sürede bulunmaktadır ve devre tamamlanana kadar beklemektedir. Daha sonra yukarıda tanımlandığı şekilde oturumu açacaktır. Bu durum, oturum açma işleminin başlatılmasının bir zaman aralığı sonu hesaplaması ile çakışmaması için gerçekleştirilmektedir.

Pillerin değiştirilmesi: Veri toplayıcının güç kaynağını teşkil eden piller, değiştirilirken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta veri toplayıcıdan pillerin her ikisinin de aynı anda çıkarılarak veri toplayıcının güç kesintisine uğratılmamasıdır. Pilleri değiştirmek için bir pili çıkarıp yenisi takılmalı, daha sonra diğer pil çıkarılarak yenisi takılmalıdır. Kullanılan piller kaliteli olmalıdır, alkalin piller bu iş için idealdir. Bu tip cihazlar, standart 9 voltluk pillerle de çalışabilmektedir, ancak pillerin kullanım ömrü büyük ölçüde azalacaktır. Standart piller, alkalin pillerden 2-4 kat daha az ömürlüdürler. Alkalin pillerin ömrü düşük sıcaklıklarda azalabilmektedir. Ancak -40^{o}C sıcaklık derecesine kadar güvenilir bir şekilde çalışabilmektedir.

3.5.3 Bakım Çalışmalarına Giderken Alınacak Malzemeler

Bölgeye bakım amaçlı gidilirken, eğer ölçüm direği için uzun bir mesafe yürüyüş yolu var ise, en yakın köylerden bir refakatçi alınarak gidilmelidir. Kış günlerinde yoğun kar ve hatta tipi görülmesi halinde ise, bakım başka bir zamana ertelenebilir. Bu yüzden bölgeye gitmeden önce muhakkak bölgenin meteorolojik durumu öğrenilmelidir. Ölçüm kontrol föyü hazırlanarak yapılan bakımda ölçüm sisteminden alınan değerler ile kullanılan bütün malzemeler ve özellikleri belirtilmelidir. **(Örnek bir rüzgar ölçüm kontrol föyü EK V ile verilmiştir)**. Föyün altında bakım yapan kişi, görev, ad ve soyad; kontrol yapan teknisyen/mühendis, görev, ad ve soyad yazılıp imzalanarak işlemler kayıt altına alınır ve arşivlenmelidir. Diğer gerekebilecek anahtar takımı (pense, kargaburun, yankeski, tornavida, kontrol kalemi vb) alınmalıdır. Ayrıca ölçüm sisteminin kilitlerini açacak anahtarlar da unutulmamalıdır. Bu tip araziler genellikle yerleşim yerlerine uzak olduğundan dolayı bazı malzemelerin yedeğinin de götürülmesinde yarar vardır. Yedek kilit sistemi, piller, data chipler bunlar arasında en önemlileridir. Ayrıca yürüme mesafesinin fazla olduğu bölgerlerde su ve yiyecek gibi bazı şeyler de götürülmelidir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3.5.4 Bakım Çalışmalarına Giderken Dikkat Edilecek Hususlar

Direğe her ne olursa olsun tırmanılmamalıdır. Sadece büyük kafes konstrüksiyon direklerde kullanım kılavuzunda veya üreticinin izin verdiği yüksekliğe kadar tırmanılmalıdır.

Veri toplayıcı muhafaza kutusunun kapağı açılıp çalışıldığı zaman muhakkak sabitlenmelidir. Bölgenin rüzgarlı olduğu düşünülürse, kapak devrilebilir ve bakım yapan kişinin kafasına isabet edebilir. Mümkünse, hem direk dikimi hem de bakım yapılırken koruyucu kask giyilmelidir.

Yapılan kontrollerde acil olarak yapılması gereken işlemler hemen yapılmalıdır. Bununla beraber, yapılmasında aciliyet arz etmeyen işlemler için föyün altında bir sonraki bakımda yapılması gerekenler bölümüne not düşülerek gelecek kontrolde gereği yapılmalıdır.

Tecrübeler göstermiştir ki, araba ile dağ yollarında giderken bazen lastik patlayabilmektedir. Bu yüzden, muhakkak stepne ve diğer teçhizat bulunmalıdır. Arabada belli bir miktar yedek su ve yiyecek bulundurulmalıdır. Arazi ziyaretlerinde her defasında el anemometresi ve pusula ile gidilerek rüzgar hız ve yön ölçümü yapılarak kontrol edilmelidir.

Veri toplayıcı muhafaza kutusu kullandıktan sonra, çekomastik veya silikon ile bütün boşluklar kapatılarak yağmur suyu, tozlanma ve arı, sinek gibi canlıların da yuva yapması engellenmelidir.

3.5.5 Rüzgar Ölçüm Direğinin Yıkılması

Rüzgar ölçüm direkleri, daha önce de belirtildiği gibi, yerleşim yerlerine uzak ve rüzgar alan bölgelerde kurulmaktadır. Rüzgar ölçüm direkleri, zaman zaman yıkılabilmektedir. Bunun temel nedeni aşırı hava olaylarıdır. Aşırı hava olaylarına, yıldırım, şiddetli fırtına ve buzlanmalar örnek verilebilir. Yılın bazı günlerinde büyük fırtınalar meydana gelebilmektedir. Bu fırtınalar sebebiyle direkler yıkılabilmektedir. Ölçüm direkleri belli bir hızdaki rüzgara kadar dayanabilmektedir. Bununla beraber, bazen bölgede uzun zaman hüküm süren şiddetli fırtınaların görüldüğü günlerde direkler yıkılabilmektedir. Şekil 3.15 ile İzmir Kemalpaşa İlçesi'nde 2004 Şubat ayında meydana gelen ve yaklaşık 2 gün süren şiddetli fırtınalar sonucu eğilen bir direk görülmektedir.

Şekil 3.155. Bükülmüş ölçüm direği.

Direğin kuzey yönündeki 2 numaralı halatı koptuğu için diğer bağlı halatlarla yaptığı gerilimlerden dolayı, ölçüm direğinin 10. metresinden itibaren 2 yerden eğilerek yukarıdaki görüntüyü almıştır. Şekil 3.156 ile rüzgar ölçüm direğinin yere indirildikten sonra büküm yeri görülmektedir. Bu tip bir yıkılma olayında, genellikle veri toplayıcı haricindeki diğer elektromekanik aksam büyük zarar görerek kullanılamaz hale gelmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 3.156. Direğin büküm noktası.

Buzlanma sebebi ile de ölçüm direkleri bazen yıkılabilmektedirler. Özellikle ülkemizin doğu ve iç kısımlarında veya yükseklerde kurulan rüzgar ölçüm direklerinde sıkça buzlanma görülmektedir. Buzlanma meydana geldiğinde çelik halatlar üzerinde taşıyabileceğinden fazla bir yük meydana getirmektedir. Buzlanma, çelik halatlar üzerinde bazen çok kalın bir tabaka görülebilmektedir (Şekil 3.157).

Şekil 3.157. Çelik halatın buzlanması.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

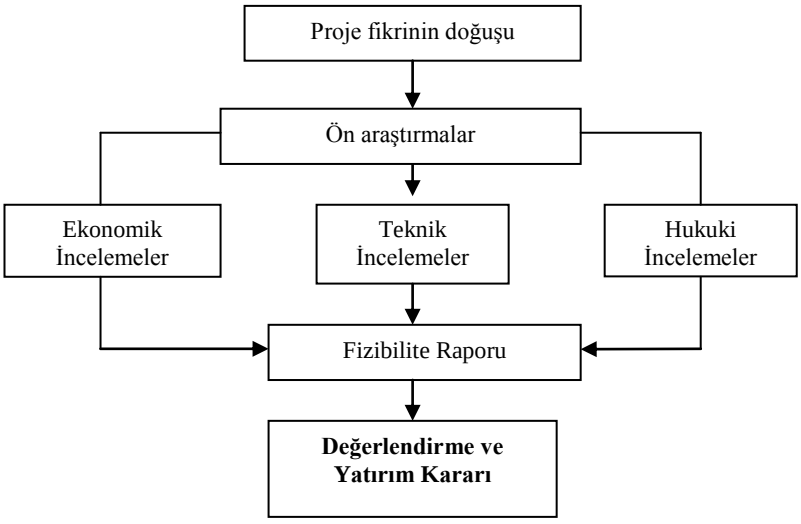
BÖLÜM 5

RÜZGAR ELEKTRİK SANTRALI PROJE PLANLAMA VE YÖNETİMİ

Bu bölümde, bir RES projesinin yapılabilmesi için yatırım kararının alınması ve müteakip olarak yapılması gerekenleri ile ülkemiz meri mevzuatına göre yol haritası verilmektedir. Sonrasında da, uluslararası bir ihale açılarak yapılması gerekenler üzerinde durulacaktır. Herhangi bir yatırım projesi, birbirini izleyen değişik aşamalardan geçerek olgunlaşır. Bu aşamalardan birinin gözden uzak tutulması tutarlı kararlar almayı güçleştirir. Ayrıca, yatırım projelerinin gerek yurt içi ve gerekse de yurt dışı kredi kurumlarına sunulabilecek nitelikte ve onların değerlendirmelerine elverecek kriterlerde olması gerekmektedir. Yatırım projesinin fikir olarak tasarlanmasından; hazırlık, eleme, seçme, yatırımın gerçekleşmesi (uygulama) ve sonunda işletme dönemine geçişe kadar süren faaliyetler bütününe proje çalışma safhaları denir. Yeni yatırım projelerinin ele alınması işletmeler için birçok güçlükler ve endişeler meydana getirir. Buna rağmen teşebbüsleri yeni projeler hazırlamaya, projeler arasında tercihler yapmaya ve sonuçta yatırım kararları almaya zorunlu kılan önemli nedenler bulunmaktadır. Ülkelerin ekonomik kalkınmasında en önemli yapıtaşı projelerdir. Özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde konu daha da önem kazanmaktadır. Zira ekonomik kaynaklar sınırlı olduğundan mevcut kaynaklar doğru bir şekilde değerlendirilmelidir.

5.1 Proje Kararının Verilmesi

Pratikte proje deyince, bir konu etrafında bir düşüncenin yoğunlaşması, bir çözüm veya çıkış yolunun aranması çabası akla gelmektedir. Herhangi bir elektrik santral projesi de, diğer projeler gibi belli aşamalardan geçerek olgunlaşır. Bir yatırım projesinin hazırlanması; ekonomistler, mühendisler, avukatlar ve diğer disiplinlerden kişilerin bir araya gelerek hazırladığı geleceğe ilişkin hesaplamalar sürecidir. Yatırım projeleri hazırlanırken, öncelikle proje fikrinin girişimci de veya iş geliştirmeden sorumlu kişilerde doğması gerekmektedir. Bu fikir, yavaş yavaş gelişir ve ön araştırmalardan sonra projenin ekonomik, teknik, hukuki ve mali yönleriyle ilgili olarak bir fizibilite raporu hazırlanır. Yönetim kademesi tarafından incelenen fizibilite raporunun sonuçlarına göre yatırım kararı alır veya vazgeçer. Alınan yatırım kararı, kesin proje haline dönüştürülür. Projenin realizasyonuna başlanır ve kontrollü bir şekilde ilerler. Projenin son aşaması da, üretim faaliyetine başlanan aşamadır (Şekil 5.1). Verilen akış diyagramı sadece elektrik santral projelerinde değil; hemen hemen bütün yatırım projelerinde geçerlidir. Öncelikle proje fikri doğmaktadır ve konu ile ilgili ön araştırmalar yapılmalıdır. Projenin ekonomik, teknik ve hukuki (mevzuat) incelemesini takiben hazırlanacak olan detaylı fizibilite raporundan sonra üst yönetim, hazırlanan fizibilite raporu değerlendirilir ve proje ile ilgili yatırıma başlama konusunda müspet veya menfi karar verilir.



Şekil 5.1. Yatırım projelerinin hazırlama safhaları.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Sanılanın aksine, rüzgar elektrik santralı (RES) projesinin yapılabilirliğini belirleyen sadece bölgenin rüzgar potansiyeli değildir. Projenin fizibilite raporunun hazırlanarak bütün yönleri ile yapılabilirliğinin araştırılması gerekmektedir. Fizibilite çalışması, projenin tarihçesi, yapılma nedeni, teknik durumu, ekonomik analizi, hukuksal yapısı, zaman planı (termin programı) vb gibi birçok şeyi içeren ve proje ile ilgili bütün verilerin ele alınıp değerlendirildiği bir çalışmadır. Fizibilite çalışmasından çıkacak sonuçlara göre projeye devam edilip edilmeyeceğine karar verilir. Diğer enerji projelerinde olduğu gibi, RES projelerinde de, enerjinin depolanamaz olması ve üretildiği anda tüketilmesi gibi nedenlerden dolayı etkin bir planlama ile beraber; proje, tesis ve işletme aşamalarında koordineli bir yapılanmayı gerektirmektedir. RES projelerinin fizibiliteleri teknik, ekonomik ve zaman olmak üzere üç yönden incelenebilir.

Teknik Yönden İnceleme

Projenin teknik değerlendirmesinde temel amaç, RES projesinin teknoloji, altyapı olanakları açısından incelenmesi, yapılacak yatırım sonucunda ulaşılabilecek kapasitenin (kurulu güç) belirlenerek yıllık enerji üretiminin hesaplanması amacını gütmektedir. Bu inceleme, projenin teknik olarak yapılabilirliğinin bakıldığı kısımdır. Fizibilite çalışmalarında teknik detayları incelenmeli ve öngörülen yıllık üretim doğru bir şekilde belirlenmelidir.

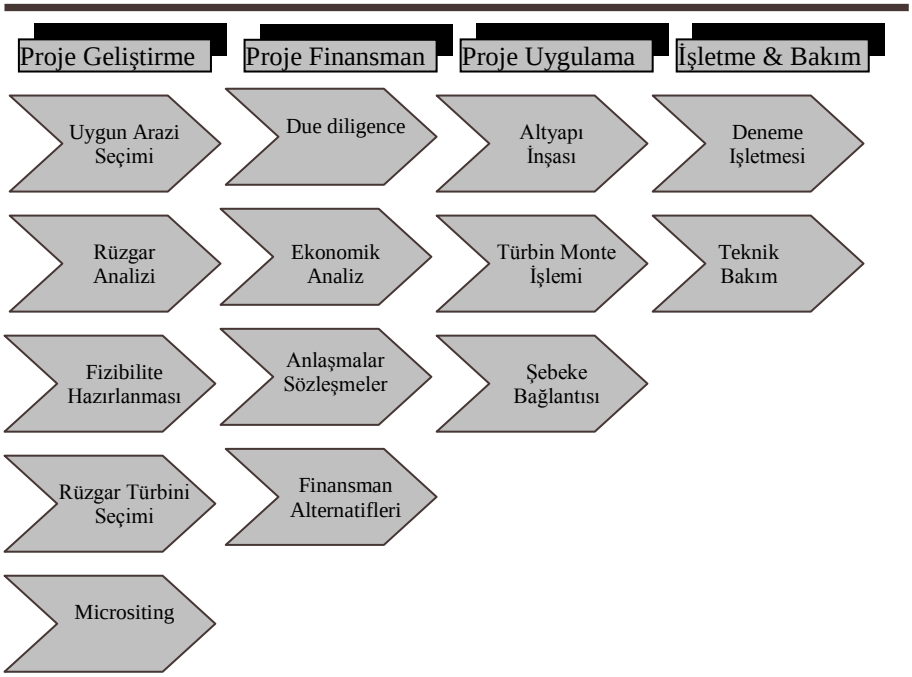
Ekonomik Yönden İnceleme

Projenin ekonomik analizindeki amaç ise, projenin sabit ve işletme sermaye yatırım tutarlarının 20-25 yıllık işletme dönemi boyunca yaratacağı nakit akışının projenin kendi kendini geri ödeyebilme ve yatırımcıya makul bir kar bırakıp bırakmayacağının kontrolünün yapılmasıdır. Ekonomik etüdün kapsamına piyasa etüdü ve talep tahmini de girmektedir. Yatırım projelerinde üretimi planlanan mal veya hizmetin toplumun talep edeceği miktarın ne kadar olacağının bilinmesi çok önemlidir. Fizibilite çalışmalarında ekonomik, teknik ve mali etütlere aynı anda başlanabilir. Ancak, ekonomik etüde önce başlanıp, proje ekonomikliğinin olmadığının anlaşılıp durdurulması, hem zaman hem de masraflardan tasarruf sağlar. Çünkü bazı projelerde teknik etütler büyük meblağlara ulaşabilmektedir.

Zaman Yönünden İnceleme

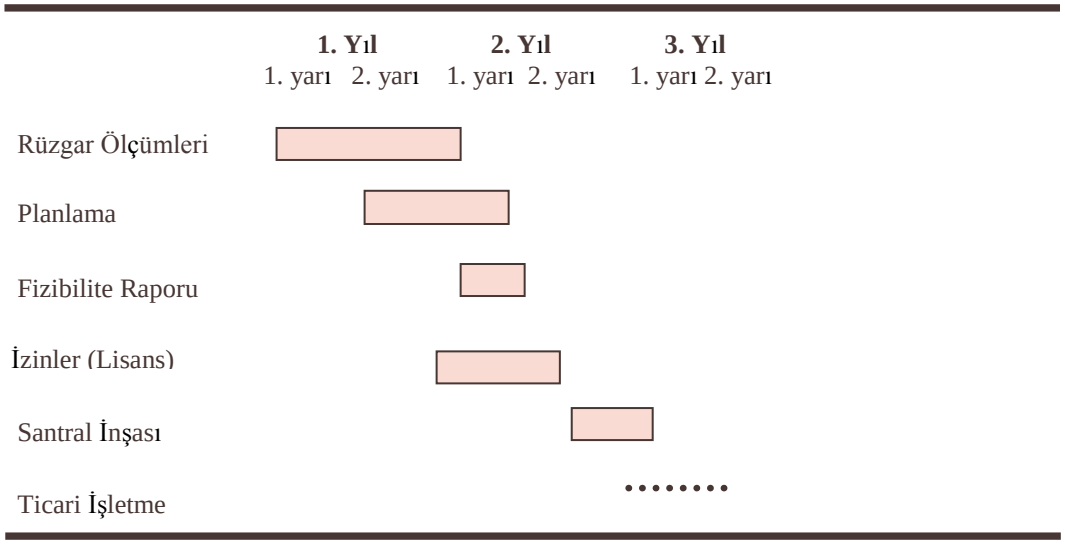
Proje yönetiminde işin gerçekleşmesi için planlanan sürelerin tahmini önemlidir. Zaman planı geliştirerek, bu planda meydana gelecek değişiklikler kontrol edilebilmelidir. Ülkemizde RES projelerinin geliştirilmesinde 4 ana aşama bulunmaktadır. Bunları proje geliştirme, proje finansman, projenin uygulanması ve işletme – bakım olarak 4 ana grupta incelenebilir. Proje geliştirme safhasında önce rüzgar santrali kurulumunun yapılacağı araziler gezilerek uygun görülen yere rüzgar ölçüm direği dikilir. 6 ay kadar ölçülerek bölge ile ilgili olarak bir fikir sahibi olunur ve 1 yıllık ölçümleri tamamlanır. Ölçümler tamamlandıktan sonra rüzgar potansiyelinin belirleneceği fizibilite raporu hazırlanır. Rüzgar türbin seçimi yapılarak arazi içerisinde rüzgar türbinlerinin optimum yerleşimi yapılır (mikrokonuşlandırılma). Böylelikle ilk aşama bitirilmiş olunur. İkinci aşamada ise, projenin finansmanı gelmektedir. Bu kısımda hesaplanan yıllık enerji üretim miktarının uluslararası uzman ve akredite kuruluşlar tarafından hesaplanarak değerlendirme raporları (due diligence report) hazırlanır. Hazırlanan raporlar ile kredi ve finans kuruluşları ile kredi aramaya başlanır. Kredi temininden önce enerji satış anlaşması (ESA, power purchase agreement) yapılır. Özellikle proje finansmanı için ESA gereklidir. Üçüncü aşama olan proje uygulamada ise, kurulacak arazinin altyapı işleri gerçekleştirilir. Türbinler daha önce belirlenen yerlere monte edilir, enerji nakil hattı ile trafo merkezi bağlantısı yapılarak santral işletmeye hazır hale getirilir. Son aşama olan işletme ve bakım aşamasında ise, öncelikle belli bir deneme süresi boyunca (genellikle 3 ay) santral çalıştırılır ve daha sonra nihai kabul aşamasına geçilir. RES artık işletmededir ve 20-25 yıl çalışacaktır (Şekil 5.2).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 5.2. Ülkemizde RES proje yönetim safhaları.

Proje geliştirilirken diğer bir önemli nokta da, zaman planlamasıdır. Ülkemizdeki RES projelerinin geliştirilebilmesi için zaman planı henüz oluşamamıştır. Bunun bir çok nedeni bulunmaktadır ve bu kitabın konusunun dışındadır. Şekil 5.3 ile ideal koşullarda olan bir planlama süresi gösterilmiştir. Rüzgar ölçümleri en az 1 yıl süre ile yapılmalıdır. Genellikle ilk 6 aydan sonra bölge ile ilgili genel bir fikir alınabilmektedir. Bu yüzden proje ile ilgili planlamalar 6 aydan sonra yapılmaya başlanabilir. Bir yıllık ölçümlerin tamamlanmasını müteakip fizibilite raporu hazırlanır. Hazırlanan fizibilite raporu sonucunun olumlu olmasından sonra, gerekli lisans, izin veya ruhsatlar alınarak projenin uygulamasına geçilir ve inşaat bittikten sonra ticari işletmeye geçilir.

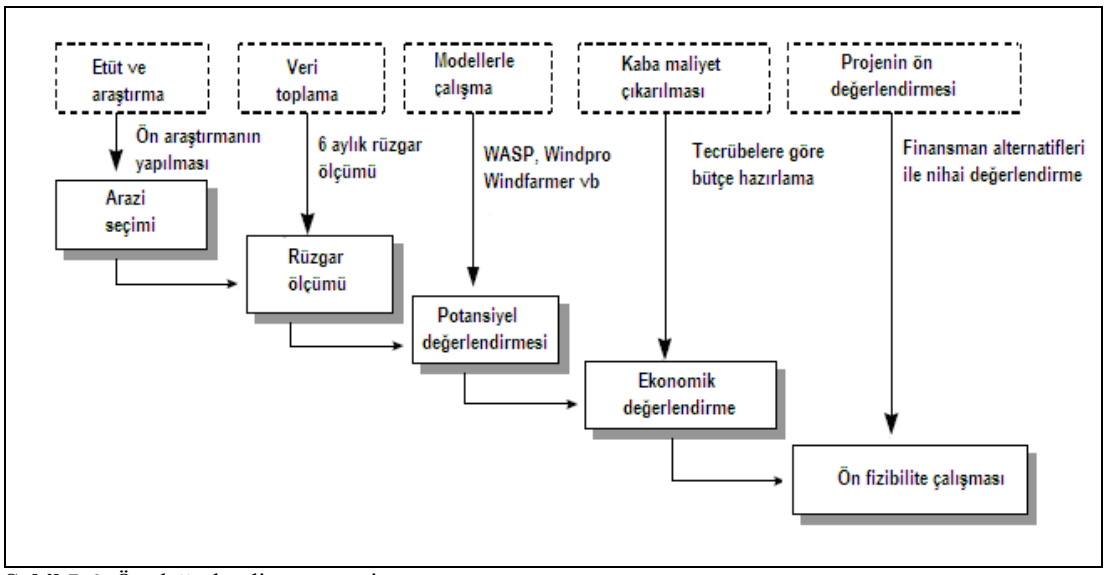


Şekil 5.3. Ülkemizde RES proje geliştirme süreci.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

5.2 RES Proje Fizibilitesinin Hazırlanması

Genel olarak RES projelerinin proje takip sırası, ön fizibilite raporunun hazırlanması, fizibilite raporu hazırlanması, gerekçe raporu, ön proje ve uygulama projesinin hazırlanması sırasını takip etmektedir. Ön fizibilite raporuna gelinceye kadar ise 4 aşamadan geçilmesi gerekmektedir. Öncelikle 6 aylık bir ölçüm alınır ve bu ölçümler modellerle değerlendirilerek bölgenin kabaca potansiyeli çıkarılmış olunur. Bunun ışığında yapılan bir ön ekonomik değerlendirme ile ön fizibilite çalışması bitirilir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Ön değerlendirme süreci.

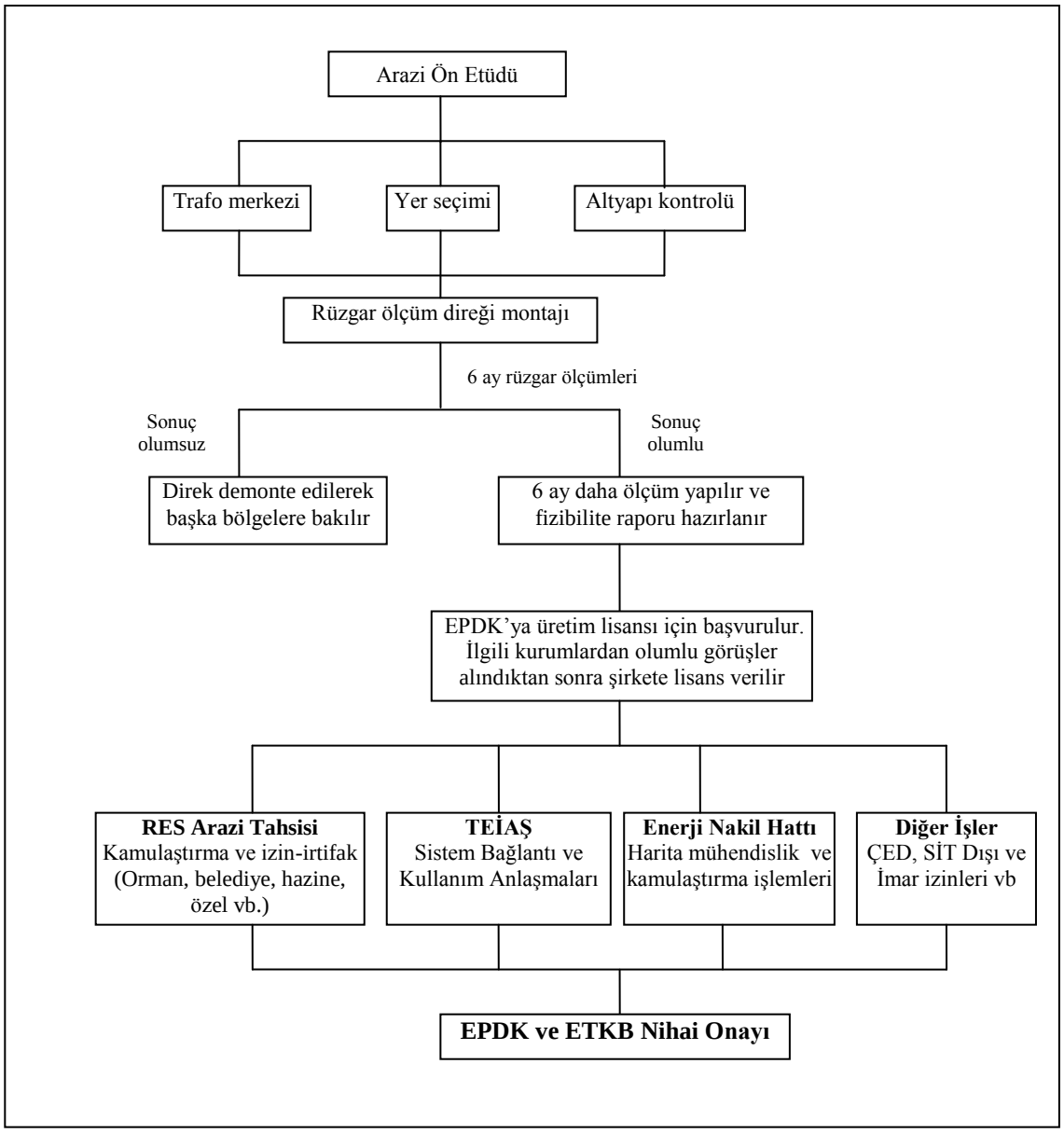
5.2.1 Türkiye Yol Haritası

Daha önce de belirtildiği gibi, ülkemizde rüzgar enerjisi projelerinin lisans almak için başvurulan otorite Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'dur (EPDK). EPDK, aralarında Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) veya bölgesel dağıtım şirketi gibi bazı Kurumların görüşlerini de alarak gerekli prosedürleri yerine getirmektedir.

5.2.2 Ülkemizde Enerji Pazarına Giriş

Ülkemizde enerji pazarına giriş, meri mevzuat hükümlerine göre lisans alma yoluyla olmaktadır. Lisans, bir tüzel kişinin piyasada faaliyet gösterebilmek için EPDK'dan almak zorunda olduğu bir yetki belgesini ifade etmektedir. Alınan lisans, hiçbir şekilde devredilememektedir. Ancak, lisans sahibi tüzel kişiye bankalar ve/veya finans kuruluşları tarafından sınırlı veya gayri kabili rücu proje finansmanı (non recourse) sağlanması halinde, kredi sözleşmesi hükümleri gereği, bankalar ve/veya finans kuruluşları EPDK'ya gerekçeli olarak bildirimde bulunarak, Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'nin öngördüğü şartlar çerçevesinde önerecekleri bir başka tüzel kişiye lisans sahibi tüzel kişinin lisansı kapsamındaki tüm yükümlülüklerini üstlenmek şartıyla lisans verilmesini talep edebilir. Önerilen tüzel kişiye, bu EPDK'nın çıkarttığı mevzuat kapsamındaki yükümlülükleri yerine getirmesi kaydıyla lisans verilebilmektedir. Şekil 5.5 ile ülkemizdeki RES projelerinin yol haritası verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 5.5. RES proje yol haritası.

Üretim lisansı sahibi tüzel kişiler; üretim tesisi kurulması, işletmeye alınması, elektrik enerjisi üretimi, ürettikleri elektrik enerjisinin ve/veya kapasitenin müşterilere satışı ile iştigal edebilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinde üretim yapan üretim lisansı sahibi tüzel kişiler, bir takvim yılında, lisanslarında yer alan öngörülen ortalama yıllık üretim miktarını geçmemek kaydıyla özel sektör toptan satış şirketlerinden elektrik enerjisi satın alabilirler. Üretim lisansı bir defada en az on, en çok kırkdokuz yıl için verilmektedir.

Üretim Lisans Başvurularında Sunulması Gereken Bilgiler
Aşağıdaki bilgi ve belgeler tedarik edilmelidir. Bununla beraber, EPDK bazı ek bilgiler isteyebilmektedir.

1) Başvuru Dilekçesi,

2) Taahhütname,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3) Tüzel kişiyi temsil ve ilzama yetkili şahıs/şahısların "Yetki Belgeleri" nin aslı veya noter onaylı suretleri,

4) Tüzel kişilik anasözleşmesinin, tüm tadiller işlenmiş son halinin, Ticaret Sicili Memurluğunca tasdiklenmiş bir nüshası veya tüzel kişilik anasözleşmesinin ve tadillerinin ilan edildiği Türkiye Ticaret Sicili Gazetelerinin birer nüshası,

5) Üretim Tesisine İlişkin:
a) Bilgi Formu,

b) Yatırım Termin Programı,

(İnşaat öncesi dönem, inşaat dönemi ve toplam süre olmak üzere; Lisans alma tarihinden tesis tamamlanma tarihine kadar geçen süreyi kapsayacak şekilde hazırlanır).

c) Tek Hat Şeması,

d) Tesisinin Yerini Gösteren 1/25.000 Ölçekli Harita**,**

e) Tesisinin Yerleşim Yeri Projesi**,**

(Üretim tesisinin kurulacağı saha için kamulaştırma ve/veya arazi tahsisinin gerekli olduğu durumlarda verilecektir. Mülkiyet dağılımının gösterildiği 1/5.000 ölçekli kadastral pafta üzerinde, üretim tesisine ait tüm tesislerin yerleşim yerleri ve sınırları çizilerek gösterilmelidir)

6) Üretim Tesisinde yerli doğal kaynak kullanılması halinde (kaynağın türüne göre);

a) Devlet Su İşleri (DSİ) ile yapılmış Su Kullanım Hakkı Anlaşması'nın veya Su Kullanım Hakkı Anlaşması İmzalayabilmeye Hak Kazanıldığına Dair Belge'nin aslı veya DSİ tarafından aslına uygunluğu tasdiklenmiş bir örneği,

b) Yurt içinde çıkan linyit, taş kömürü, asfaltit, bitümlü şist gibi katı fosil yakıtlar ile biyokütle, biyogaz, doğal gaz ve jeotermal kaynakların kullanım haklarına ilişkin olarak; yetkili kurum ve kuruluşlar ve/veya özel kişilerle yapılmış yakıt teminine ilişkin anlaşmaların veya kullanım haklarının edinilmiş olduğunu ya da edinileceğinin taahhüt edilmiş olduğunu gösteren belge veya belgelerin aslı veya sözleşmenin tarafı kurum tarafından aslına uygunluğu tasdiklenmiş bir örneği ya da noter onaylı sureti,

c) Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesislerini ilgilendiren arazinin özel mülkiyete konu olması halinde arazinin mülkiyeti ya da diğer ayni haklarının edinilmiş olduğunu ya da edinileceğinin mülkiyet sahibi kişi tarafından taahhüt edilmiş olduğunu gösterir belgelerin aslı veya noter onaylı birer sureti,

7) Elektrik piyasasına ilişkin faaliyetler kapsamında; Tüzel kişilik ve/veya Tüzel kişilikte yüzde on ve üzerinde (halka açık şirketlerde yüzde beş ve üzerinde) doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan ortaklarına ilişkin olarak, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan veya yapılmakta olan herhangi bir işlemin olup olmadığına dair beyan,

8) Tüzel kişilikte yüzde on ve üzerinde (halka açık şirketlerde yüzde beş ve üzerinde) doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan tüzel kişilerin anasözleşmelerinin, tüm tadiller işlenmiş son halinin, Ticaret Sicili Memurluğunca tasdiklenmiş birer nüshası veya ilgili tüzel kişilerin anasözleşmelerinin ve tadillerinin ilan edildiği Türkiye Ticaret Sicili Gazetesi'nin birer nüshası,

9) Tüzel kişilikte doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan gerçek ve tüzel kişilerin, pay oran ve tutarları belirtilmek suretiyle, ortaklık yapısını ortaya koyan bilgiler,

(Bu kapsamda, gerçek kişi ortak ya da ortaklara ulaşılıncaya kadar ortaklık yapısını ortaya koyan bir şema hazırlanır. Lisans alınıncaya kadar ortaklık yapısında herhangi bir değişiklik olması durumunda, ortaklık yapısını ve pay oranlarını ortaya koyan bilgi ve belgelerle birlikte bu şemanın güncellenerek Kuruma sunulması gerekir. Halka açık şirketlerde %5 ve üzerinde, diğer şirketlerde ise %10 ve üzerinde doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan ortakların sermaye payları doğrudan ve dolaylı olmak üzere ayrı ayrı belirtilir),

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

10) Tüzel kişi ortağın yönetim ve denetimini belirleyen sermaye paylarının bir başka tüzel kişiye ait olması halinde, gerçek kişi ortak ya da ortaklara ulaşılıncaya kadar, pay oran ve tutarları ile varsa imtiyazlı paylar da belirtilmek suretiyle ortaklık yapısını ortaya koyan bilgi ve/veya belgeler,

11) Tüzel kişilikte yüzde on ve üzerinde (halka açık şirketlerde yüzde beş ve üzerinde) doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan gerçek kişiler ile yönetim kurulu üyesi, genel müdür, genel müdür yardımcısı ve denetçilere ait, son altı ay içinde alınmış, adli sicil belgeleri ile isim, unvan ve adres bilgileri,

12) Tüzel kişinin ve tüzel kişilikte yüzde on ve üzerinde (halka açık şirketlerde yüzde beş ve üzerinde) doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan gerçek ve tüzel kişilerin mali durumunu gösteren belgeler.

(Bu kapsamda istenen belgeler:

- İlgili tüzel kişiler için; bağımsız denetimden geçmiş veya vergi dairelerince tasdiklenmiş, son üç yıla ait bilanço ve gelir tabloları ile, varsa lisans başvurusunun yapıldığı yıla ait üçer aylık bilanço ve gelir tablolarının aslı veya noter onaylı suretleri (Lisans sahibi tüzel kişinin yeni kurulmuş olması halinde, kuruluş bilançosu),

- İlgili gerçek kişiler için; vergi dairelerince tasdiklenmiş son 3 yıla ait gelir vergisi beyannameleri, tapu kayıtları, banka ve aracı kurum hesap bilgileri,

biçiminde verilebilir).

13) Otoprodüktör Grubu Ortakları Bilgi Formu,

(Otoprodüktör grubu lisansı başvurularında, Kurum internet sayfasından temin edilerek her bir grup ortağı için ayrı olarak düzenlenir).

14) Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Yapılan Başvurular İçin Banka Teminat Mektubu,

EPDK'ya sunulmalıdır.

EPDK'ya sunulacak evraklar içerisinde 14. evrak olan teminat mektubu, başvuru sırasında Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinin 7 nci maddesinin dördüncü fıkrası hükmü çerçevesinde, ilgili tüzel kişilerden MW_m cinsinden beher kurulu güç (virgülden sonraki iki basamak dâhil) başına alınacak tutarın onbin YTL, bu kapsamda EPDK'ya sunulacak teminat mektubu üst sınırının bir milyon YTL olarak tespit edilmiştir.

Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinin 10 uncu maddesinin üçüncü fıkrasının (c) bendi hükmü çerçevesinde ise, üretim faaliyetleri açısından kaynak türü ve kurulu güç bazında EPDK'ya sunulması gereken banka teminat mektubu tutarlarının aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir:

Kurulu Güç (MW)	**Öngörülen Toplam Yatırım Tutarına Uygulanacak Yüzde (%)**	**Uygulanan Formül**
$0 < P \leq 10$ MW	3	P x TYT x 0,03
$10 < P \leq 100$ MW	2	TYT x [0,3 + (P – 10) x 0,02]
P > 100 MW	1	TYT x [2,1 + (P – 100) x 0,01]

Burada,
P: Kurulu Güç (MW_m cinsinden; virgülden sonraki iki basamak dâhil)
TYT: EPDK tarafından öngörülen toplam birim yatırım tutarıdır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Elektrik piyasasında üretim faaliyeti için yapılan lisans başvurularının inceleme ve değerlendirme sürecinde kullanılacak, kaynak bazındaki toplam birim yatırım tutarı tablosu (TYT):

Kaynak Türü	**Toplam Birim Yatırım Tutarı (YTL/MW_m)**
Kömür	1.250.000
Doğalgaz / LPG	1.000.000
Fuel Oil / Nafta	1.000.000
Hidro	1.600.000
Rüzgar	**2.000.000**
Jeotermal	2.100.000
Biyokütle	1.700.000
Biyogaz	1.900.000
Güneş	4.200.000
Diğerleri (Nükleer hariç)	1.400.000

Bu tablo, üretim teknolojisindeki ve piyasadaki diğer gelişmeler ile Hazine Müsteşarlığı Genel Yatırım ve Finansman Kararnamesi çerçevesinde belirlenen ABD$'ı yıl ortalaması değerindeki değişiklikler çerçevesinde EPDK tarafından güncellenmektedir.

5.2.3 RES Üretim Lisansı Genel Hükümleri

Üretim lisansında, Elektrik Piyasası Yönetmelikleri'ne belirtilen hükümlere ek olarak aşağıdaki genel hükümler yer alır:

- Üretim tesisinin, ilgili mevzuat ve diğer mevzuat hükümlerine uygun olarak faaliyet göstereceği,
- Mücbir sebepler ile yıllık programlı bakım takvimi dışında, üstlenilmiş bulunan yükümlülükler yerine getirilecek şekilde üretim tesisinin işler halde tutulacağı,
- Yıllık programlı bakım takviminin ilgili mevzuata uygun olarak TEİAŞ ve/veya üretim tesisinin bulunduğu dağıtım bölgesinde faaliyet gösteren dağıtım lisansı sahibi tüzel kişiye bildirileceği,
- Mücbir sebepler, yıllık programlı bakım takvimleri ve programsız bakımlar dışında, üretim faaliyetinin durdurulmasının talep edilmesi halinde, faaliyetin durdurulmasının talep edildiği tarihten en az yüzyirmi gün önce onay alabilmek üzere EPDK'ya yazılı olarak başvuruda bulunulacağı,
- Ulusal Yük Dağıtım Merkezinin, sistem güvenilirliği açısından üstlendiği yükümlülükleri yerine getirebilmesini teminen, daha sonra gerekçelendirilmek ve eşit taraflar arasında ayrım gözetilmeksizin uygulanmak üzere bir acil durum bildirimi ile vereceği tüm talimatlara, sözleşme şartları her ne olursa olsun uyulacağı,
- Teknik olanaklar çerçevesinde TEİAŞ veya dağıtım lisansı sahibi tüzel kişilere, maliyetin tamamını karşılayacak bedel üzerinden yan hizmetlerin teklif edileceği,
- EPDK tarafından talep edildiğinde, teklif edilmiş olan yan hizmetler ve bu hizmetlere ilişkin maliyetlerin ayrıntılarının verileceği,
- Müşterilere yapılacak elektrik enerjisi naklinde, TEİAŞ ve/veya dağıtım sistemini veya sistemlerini işleten tüzel kişilere, Elektrik Piyasası Tarifeler Yönetmeliğinde yer alan usul ve esaslara göre belirlenen iletim tarifesi ve/veya dağıtım tarifeleri üzerinden ücret ödeneceği,
- İlgili mevzuat çerçevesinde EPDK tarafından lisansa derç edilmiş bulunan tüzel kişiye ve/veya lisansa tabi faaliyete özgü diğer hükümlere uyulacağı,

gibi hükümler bulunmaktadır.

5.2.4 Rüzgar Elektrik Santral Fizibilite Raporunda Olması Gerekenler

Fizibilite (yapılabilirlik) raporu, çeşitli olanaklarla enerji sağlanması ya da üretilmesi durumlarında ekonomik ve teknik bakımından yapılabilir en uygun çözümü gösteren rapordur. Fizibilite raporu ile, RES'in işletme ve milli ekonomi açısından neden olacağı giderler, kayıplar ve sağlayacağı faydalara ilişkin veriler toplanarak değerlendirilir. Böylelikle RES'in mevcut şartlarda gerçekleştirilmesinin

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

mümkün olup olmadığı hususu açıklığa kavuşturulmuş olunur. Fizibilite raporunu takiben, hazırlanacak projenin esaslarına ilişkin açıklamaları, bu esasların kabulü için zorunlu nedenlerle teknik ve ekonomik hesapları gösteren gerekçe raporu hazırlanır. İhaleye çıkarılmasını sağlamak amacı ile bir tesis ya da inşaatın hangi tesis gereçleri ile nasıl yapılacağını gösteren açıklama, şema, plan ve resimlerle bunların düzenlenmesine dayanak olan hesap, keşif ve şartnamelerin olduğu ön proje de hazırlanarak uygulama projesine geçilir. Uygulama projesinde ise, ihaleden sonra yüklenici (yani RES'i anahtar teslim olarak yapan müteaahhit firmanın), ya da işveren tarafından hazırlanacak olan bu proje, ön projede belirtilen tesis gereçleri ve kabul edilmiş ilkelere uygun nitelikteki ayrıntılı açıklama, şema, plan ve resimlerle bunların düzenlenmesine dayanak olan hesap, keşif ve şartnamelerden oluşur.

RES fizibilite raporunda olması gereken başlıklar izleyen sayfalarda verilmiştir. Bu başlıkların işaret ettiği bütün bilgiler doldurulmalıdır. Bununla beraber, burada verilenler yazarların tecrübelerine göre hazırlanmıştır. RES proje fizibilitelerinin içeriği, projeye ve ülkelerin meri mevzuatına göre değişim gösterebilmektedir.

RES proje geliştirmek için gerekli idari prosedürden sonra RES fizibilite raporlarında bulunması gereken teknik detaylar da bulunmaktadır. Bunlar, proje ile ilgili genel bilgiler, saha tanıtımı, kurulacak tesis, ekonomik analiz ve termin programı gibi başlıklardan oluşur.

Bölüm - 1. Proje Genel Bilgiler

1.1. Genel Bilgiler

Proje ile ilgili genel özet bilgiler yer almaktadır. Proje hakkında kısa tarihçe verilir ve ülkedeki son durum hakkında genel bilgiler yer alır.

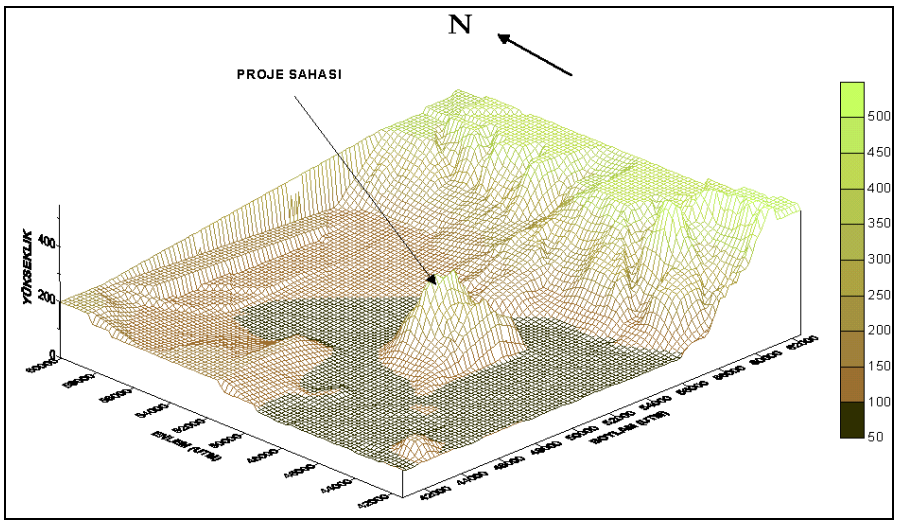
1.2. Proje Gerekçesi

Projenin neden yapılmak istendiği açıklanmalıdır, genel olarak ülke ve özellikle de bölge ekonomisine katkısı üzerinde durulur.

Bölüm - 2. Proje Sahasının Tanıtılması

2.1. Genel Saha Tanıtım

RES kurulması düşünülen saha ile igili topoğrafya, koordinatlar, genel jeoloji, deprem sınıfı ve iklimi hakkında genel bilgiler verilir. 1/25000 veya 1/5000 ölçekli haritalarda proje sahasının koordinat ve konumlarıyla beraber belirtilebilir. Sahanın en yakın olduğu il, ilçe, köy ve belde belirtilmelidir. Şekil 5.6 ile, kurulması düşünülen bir RES sahasına ait bilgisayarda yükselti haritası ve topoğrafyayı göstermektedir. Ayrıca sahanın genel görünümü ile birlikte ilgili harita, fotoğraflar eklenebilir. Proje sahasına ulaşım yolları belirtilmelidir. En yakın havaalanı, liman, otoyol, karayolu ve ne şekilde gidilebileceği belirtilmelidir. Topoğrafik olarak da çeşitli bilgiler verilebilir. Arazide bulunan bitki örtüsü, yüksekliği, eğimi gibi bilgiler de verilmelidir.



Şekil 5.6. Proje sahasının tanıtımı.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

2.2. Sosyal ve Ekonomik Durum

RES'in kurulacağı il sınırları içerisindeki nüfus, sağlık, ulaşım, tarım, ekonomi (sanayi, turizm vb), ve eğitim gibi konular hakkında hakkında genel bilgiler verilmelidir. Bu kısımdaki bilgiler, genellikle Valilik, Belediye, Devlet Planlama Teşkilatı, Ticaret Odaları veya Sivil Toplum Kuruluşları gibi kurumların hazırladığı rapor veya kitaplardan temin edilebilir.

Bölüm - 3. Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

3.1. Rüzgar Hızı ve Yönü Ölçümleri

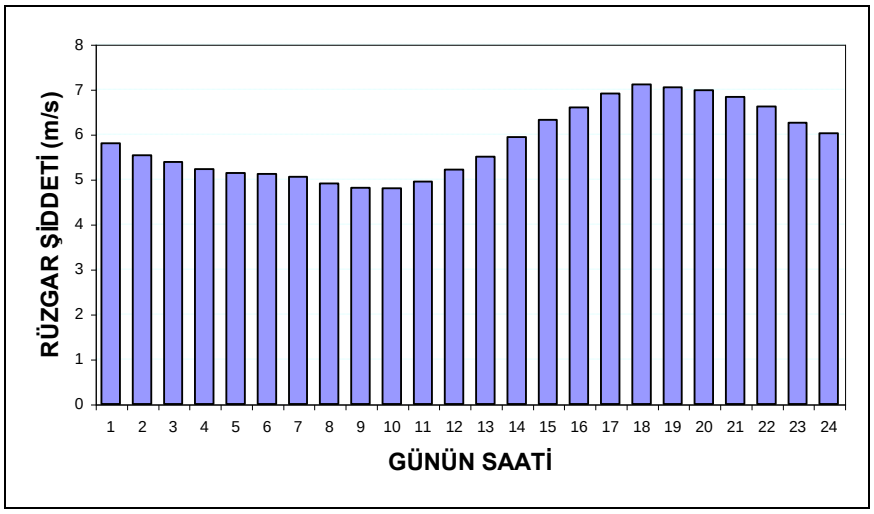
Projenin teknik fizibilitesinde bakılması gereken ilk konu, bölgenin rüzgar potansiyelidir. Bu amaçla yapılan ölçümlerin sonucu değerlendirilerek fizibiliteye konulmalıdır. Bu kısım meteorolojik uzmanlık bilgisi gerektirmektedir. Tablo 5.1 ile 1 yıllık yapılan ölçümlerin sonucu olarak elde edilen örnek bir rüzgar istatistiği verilmiştir.

Tablo 5.1. Sektörel rüzgar şiddeti frekansları, esme sayıları ve Weibull parametreleri.

Yön	Frek	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17>	A	k
0	30.6	34	43	43	43	59	81	105	107	110	204	129	39	4	8.9	2.93
30	24.5	36	48	57	55	60	69	82	86	86	200	131	57	21	9.3	2.55
60	1.1	522	286	108	32	32	14	5	2	0	0	0	0	0	1.4	1.10
90	0.8	571	237	90	52	16	14	11	7	2	0	0	0	0	1.3	0.94
120	1.6	329	257	152	132	76	30	7	8	4	5	0	0	0	2.2	1.25
150	8.6	93	98	165	160	140	12	96	58	32	26	6	2	0	4.8	1.86
180	12.3	88	209	230	172	81	46	38	37	31	39	24	4	1	3.6	1.16
210	10.8	123	217	177	108	89	58	47	32	24	45	35	26	14	4.1	1.06
240	3.8	173	172	139	120	104	66	91	73	36	21	6	0	0	4.1	1.54
270	1.8	292	194	178	142	103	65	20	5	1	0	0	0	0	2.7	1.56
300	1.6	364	268	123	83	56	38	50	15	0	2	0	0	0	2.0	1.07
330	2.4	387	282	154	84	49	23	14	5	1	1	0	0	0	1.9	1.19

Gözlem Sayısı : 11873	İhmal Edilen Gözlem : 0
Hatalı Okuma Sayısı : 0	Dahil Edilen Sakin Rüzgar Sayısı : 302
Ortalama Rüzgar Şiddeti =5.8 m/s	Ortalama Güç Yoğunluğu = 308 W/m^2 (% 0)

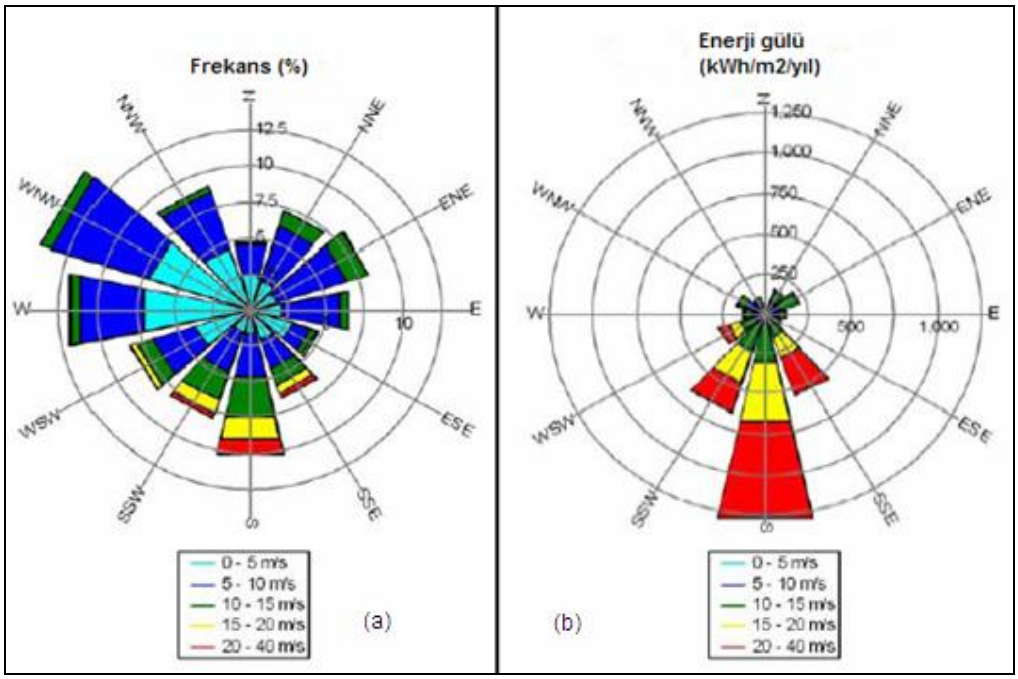
Şekil 5.7'de başka bir RES projesine ait rüzgar hızının günün saatlerine göre gösterimi verilmiştir.



Şekil 5.7. Rüzgar hızının günün saatlerine göre değişimi.

Şekil 5.8 ile örnek bir frekans (a) ve enerjinin yönlere göre değişiminin (b) grafikleri görülmektedir.

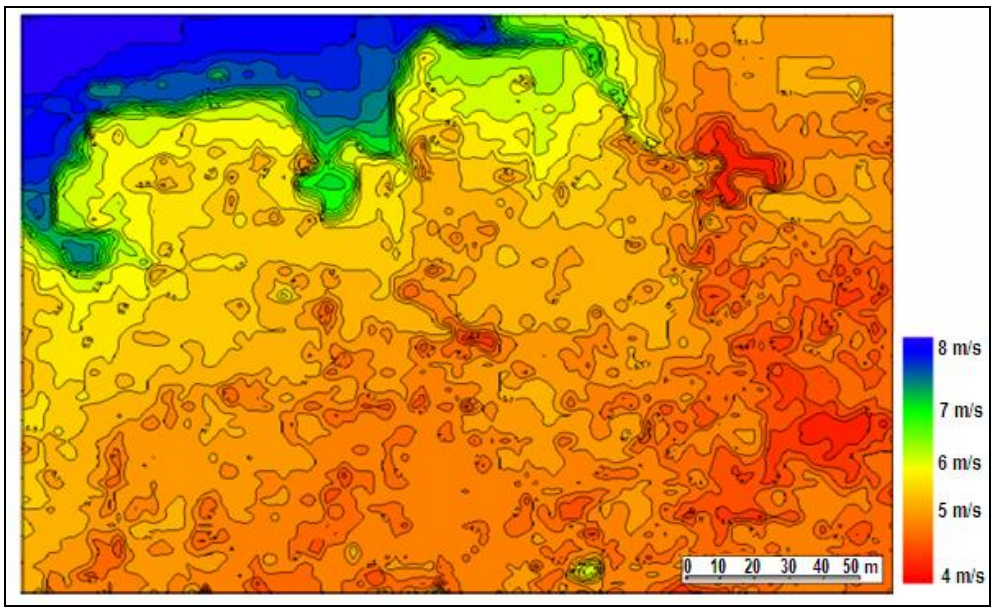
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 5.8. Frekans ve enerji gülü.

3.2. Rüzgar Hızı Grafik ve Profilleri

Bölgedeki rüzgar hızının düşey profili çıkarılmalıdır. RES'in kurulacağı bölgedeki 80 metre yükseklikte interpole edilerek bulunan potansiyel haritası Şekil 5.9 ile verilmiştir.



Şekil 5.9. 50 m yüksekteki potansiyel.

Bölüm - 4 Tesisin Kurulacağı Yer Hakkında Bilgiler

4.1. Meteorolojik Özellikler

Bölgede yapılan rüzgar ölçümleri, bölgeye en yakın meteoroloji istasyon verileri ve diğer iklim çalışmaları hakkında bilgi toparlanarak bölgenin mikro iklimi hakkında bilgi verilmelidir. Genellikle rüzgar, sıcaklık, basınç, nem ve hava yoğunlukları verilmektedir.

4.2. Temel Etütler ve Jeolojik Yapı

Kurulması planlanan RES, şalt tesisleri, kuleler vb gibi teçhizatın zeminde taşıma gücü belirlemeye yönelik olarak sondajlar sonucu elde edilen numuneler üzerinde tek eksenli basınç deneyleri yapılarak

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

bölgedeki formasyonun taşıma gücü belirlenmelidir. Arazinin jeolojik yapı ve formasyonuna ait bilgiler verilmelidir. Ayrıca RT monte edilecek noktaların tek tek jeolojik etütleri yapılmalıdır.

RES kurulması planlanan alanda yerleşim amaçlı jeolojik ve zemin etütü kapsamında yapılması planlanan jeolojik, jeofizik ve jeoteknik çalışmalarda Eurocode 7/8, ASTM, ISRM ve TS normlarında gerçekleştirilmektedir. Genellikle aşağıdaki haritalar hazırlanmakla beraber; proje sahası, ülke mevzuatı gibi faktörlere bağlı olarak ek harita ve çalışmalar gerekebilmektedir.

a) RT yerleşim alanı ve civarının 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritasının hazırlanması,
b) RT yerleşim alanının 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritasının hazırlanması,
c) Zeminlerin sismik dalga hızlarını ölçümlerinden yararlanarak RT'lerin oturacağı jeolojik birimlerin dinamik elastik parametrelerinin derinlikle değişiminin belirlenmesi,
d) RT yerleşim alanında zeminlerin elektrik özdirenç değerlerinin ölçülmesinden yararlanılarak RT'lerin oturacağı jeolojik birimlerin ve yapıların profilinin çıkarılması,
e) Farklı jeolojik birimlerden yeterli sayıda kayaç ve zemin örnekleri alınıp üzerinde kaya-zemin mekaniği deneylerinin yapılarak, kayaç ve zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi,
f) Yörenin depremselliği ile ilgili bilgilerin değerlendirilmesi ve analizi,
g) Yapılan etütlerin raporlarının hazırlanması.

Ayrıca yapılacak zemin etüt çalışmaları sonucunda, etüt alanında yer alan kayaç ve zeminlerin aşağıda belirtilen özellikleri incelenmektedir:

a) Jeolojik birimlerin yanal ve düşey dağılımları ve jeoteknik özellikleri, yamaç molozunun sınırları, kalınlığı, özellikleri ve sınıflandırılması,
b) Bölgedeki fayların konumları ve özellikleri,
c) Kayaç ve zeminlerin sertlik ve dinamik elastisite karakteristikleri,
d) Kayaç ve zeminlerin taşıma güçleri ve yataklanma katsayıları,
e) Kayaç ve zeminlerin kazılabilirlikleri,
f) Deprem sırasında zeminlerin davranışlarını belirleyen zemin hakim periyodları,
g) Önerilen RT platformlarının yerlerinin jeoteknik açıdan uygun olup olmadığı ve yeni uygun alanların nereler olabileceği ve sorunlu yerleri iyileştirmek için ne gibi önlemlerin alınması gerektiği belirlenmektedir.

Yukarıda sayılan işlerin yapılabilmesi için öncelikle RT mikrokonuşlandırmasının yapılmasının yapılması gerektiği bir kez daha hatırlatılmalıdır.

Şekil 5.10'da mikrokonuşlandırması yapılmış bir RES'e ait 3 nolu rüzgar türbinine ait jeolojik etüt gösterilmiştir.

Şekil 5.10. Jeolojik etüt.

4.3. Deprem Durumu

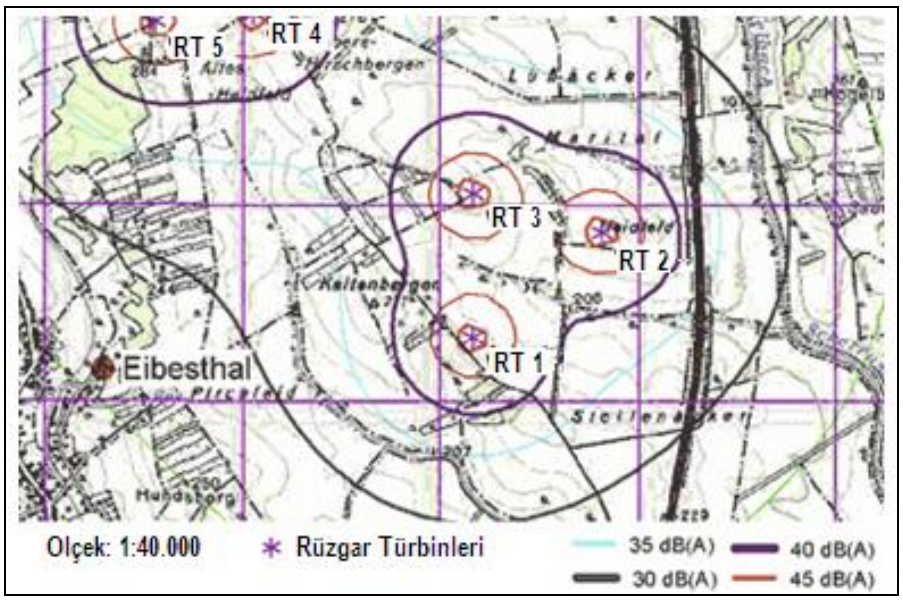
Ülkemizde yapılacak bu tip yapılarda "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" esasları uygulanmaktadır. Proje sahasının ülkemizdeki deprem sınıflandırmasına göre hangi sınıfta olduğu belirtilmelidir. Türkiye deprem haritası üzerinde bölge gösterilmelidir. Ayrıca bölgenin

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

deprem haritası mevcut ise, konulmalıdır. Temel projelendirmesi yapılırken her halükarda proje sahasının bulunduğu bölgenin deprem sınıfı dikkate alınmalıdır. Bölgenin tektonik yapısı hakkında da bilgi verilmelidir.

4.4. RES'in Çevresel Etkileri

RES'in çevrede yapacağı muhtemel çevresel etkiler anlatılmalıdır. Bunlar, ses, görüntü vb gibi etkilerdir. Genellikle RES'in gürültü haritası verilmektedir (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. RES gürültü haritası.

Bölüm - 5. Kurulacak Tesis

5.1. Kapasite Seçimi

Kurulacak RES'in kurulu gücü MW olarak yazılır ve ünite sayısı belirtilir. Kurulu gücün hangi kriterlere göre seçildiği belirtilmelidir. Kurulu güç, bir sistemi besleyen kurulu makinelerin (elektrik üreten makineler) anma güçlerinin toplamıdır.

5.2. Türbin Tipi ve Özellikleri

Bu kısımda kullanılacak RT hakkında önemli olan bilgiler verilmelidir. Bunlar arasında, jeneratör tipi ve özellikleri, kule yüksekliği ve tipi, iletim organları, dişli kutusu ve diğer mekanik aksam ile ilgili bilgiler yer almalıdır. Genellikle üretici firmanın verdiği broşür de fizibilite ekine konulmaktadır.

Genel

- Proje sahasının büyüklüğü,
- İşletme şekli,
- RT tipi,
- Hub yüksekliği,
- Hesaplanan RT ömrü,
- Kurulu güç,
- Ünite sayısı.

Güç Karakteristikleri

- Devreye giriş hızı,
- Devreden çıkış hızı,
- Nominal hız.

Pervane

- Pervane çapı,
- Pervane alanı,
- Kanat sayısı,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Kanat malzemesi.

Jeneratör
- Tipi,
- Kurulu güç,
- Gerilim,
- Frekans,
- Güç faktörü.

Kule
- Model,
- Uzunluk,
- Çap.

Ağırlıklar
- Pervane,
- Nasel,
- Kule.

5.3. RES Elektrik Sistemi

Rüzgar elektrik santrallarıda diğer geleneksel elektrik santralları gibi benzer özelliklere göre çalışmaktadır. Öncelikle bir enerji kaynağı olmalıdır. Bu kaynağı düzenleyen bir sistem ve bu sistemin düzenlediği enerjinin jeneratörlenerek elektrik üretimine uygun hale getirilmesi süreci elektrik üretim süreci olarak adlandırılabilir.

Diğer geleneksel enerji kaynakları ile rüzgar enerjisini kıyasladığımızda aşağıdaki iki konu hemen dikkati çekmelidir:

- Rüzgar santrallarında güç ayarı yük talebine göre yapılamaz yani rüzgar santralları temel güç santralı değildir.
- Şebeke gerilimi olmadıkça rüzgar santralları güç üretemez dolayısı ile ada çalışması yapamaz.

RES söz konusu olduğunda enerji kaynağı rüzgar düzenleyici sistem pervane ve dişli kutusundan oluşan sistem; jeneratör olarak RT'lerde yaygın olarak kullanılan asenkron jeneratör örnek verilebilir. Burada belki de dikkat edilmesi gereken en önemli husus, enerji kaynağı olan rüzgarın "ayarlanamaz" bir enerji kaynağı olmasıdır. Termik, hidrolik ve nükleer enerji kaynaklarında bu durum biraz daha ayarlanabilmektedir. Bilindiği gibi enerji kaynağı olan rüzgar, yıl, ay, hafta, gün ve hafta günün saatleri içerisinde bile değişim göstermektedir. Dolayısıyla RES'ten yapılan elektrik üretimi, şebekenin ihtiyaçlarına göre olamamaktadır. Diğer geleneksel enerji kaynaklarında üretim planlaması şebeke ihtiyaçlarına göre yapılabilmektedir. Tablo 5.2 ile bu kıyaslama özetlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 5.2. RES ile diğer enerji kaynaklarının kıyaslanması.

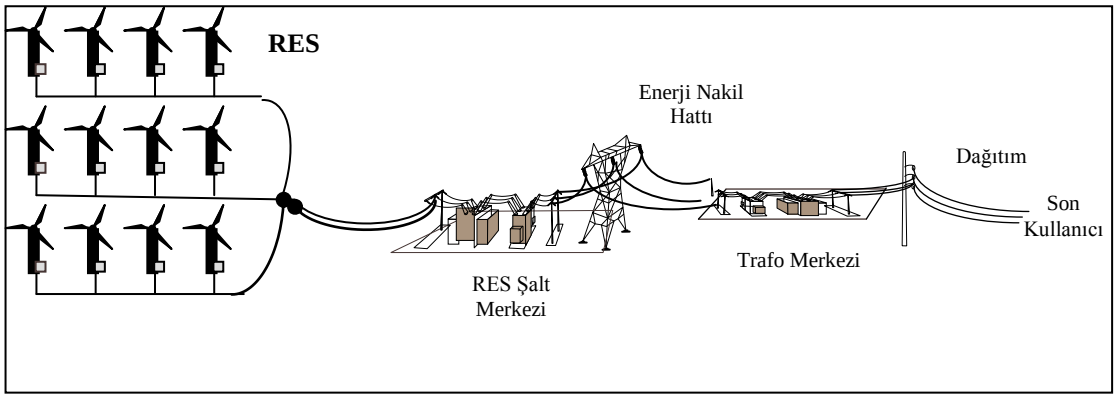
Birincil Enerji Kaynağı	**Enerji Dönüştürücü (Tahrik)**	**Senkron Makina**
Termik (Ayarlanabilir)	Buhar, gaz ve dizel türbinler	Senkron makine
Nükleer (Ayarlanabilir)	Buhar türbini	Senkron makine
Hidrolik (Ayarlanabilir)	Su türbini	Senkron makine
Güneş (Ayarlanamaz)	Güneş paneli	Güneş pili
Rüzgar (Ayarlanamaz)	**Rüzgar turbini**	Senkron veya asenkron makine

Burada, üzerinde durulması gereken husus, enerji talebinin gün ve yıl içinde değişken olması ve bu talebin ilk kaynak ile şebeke arasında bilinen ayar yöntemleri ile karşılanmasıdır. Yani, şebekedeki

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

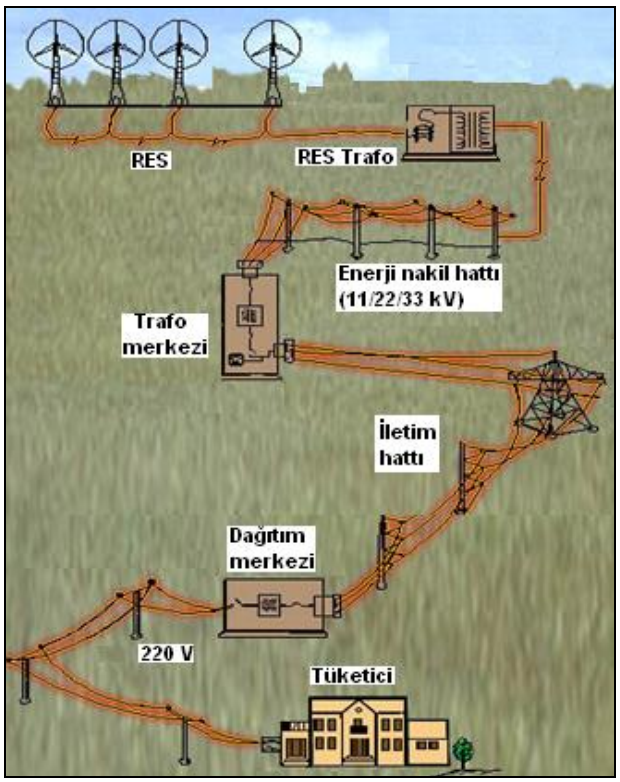
enerji talebi değişiklikleri senkron jeneratörlerin ayar düzenleri tarafından algılanmakta ve bu ayar düzenleri de tahrik makinesine komut vererek birincil kaynak miktarı üzerinde ayar yapılmaktadır. Örneğin yakıt miktarı yük talebine göre artırılıp azaltılmaktadır. Oysa konu rüzgar veya güneş olduğu zaman talep edilen enerji ile üretilen enerji arasında ayar imkanı olmamaktadır. Bunun doğrudan sonucu da rüzgar veya güneş enerjisinin, en azından şimdiki teknolojik durumları ile temel enerji kaynakları olmadıkları, ancak kullanılmaları durumunda yukarıda sözü edilen ayarlanabilir kaynaklardan önemli tasarruf sağlayacak enerji kaynakları olduklarıdır. Rüzgar ve güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanımı, en azından yakın bir gelecek için bu çerçevede değerlendirilmelidir.

Basit bir RES elektrik şeması Şekil 5.12 ile verilmiştir. Buradaki kavram şudur: RT tarafından üretilen elektrik yükseltici trafoya verilir ve burada bağlantı seviyesine yükseltilir. Daha sonra yükseltici trafodan çıkan kablolar ile diğer yükseltici trafoya gider ve en son RES içerisinde bulunan şalt sahasına gelir. Şalt sahasından bağlanacağı trafo merkezine enerji nakil hattı ile giderek ulusal şebekeye bağlantısı yapılmış olur.



Şekil 5.12. RES elektrik şeması.

Şekil 5.13 ile RES'ten üretilen elektriğin tüketiciye kadar olan yolu daha ayrıntılı görülmektedir. Burada görülen nakil hatlarının gerilim seviyeleri ülkeden ülkeye değişim gösterebilmektedir.



Şekil 5.13. RES elektrik şeması.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Herhangi bir RT tarafından üretilen maksimum güce anma gücü, türbinin rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretmeye başladığı rüzgar hızına da devreye giriş hızı (cut-in wind speed) denilir. RT'nin anma gücünü ürettiği rüzgar hızı anma rüzgar hızı (rated wind speed); belli bir rüzgar hızından sonra ise, güvenlik nedeni ile devreden çıktıkları hıza da devreden çıkış hızı (cut-out wind speed) olarak adlandırılmaktadır. RT seçimi yapılırken bu özelliklere dikkat edilmelidir. RT'lerde güç ayarı yük talebine göre yapılamamaktadır. Diğer önemli bir hususta RT'ler şebeke gerilimi olmadıkça güç üretememektedir. Şebeke ile paralel çalışan RT'lerde 4 ana süreçten bahsedilebilir.

- Rüzgar enerjisinin mekanik enerjiye dönüştüren pervane,
- Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren jeneratör,
- Şebeke ile bağlantıyı sağlayan donanım,
- Ayar, kontrol ve koruma sistemleri.

Asenkron jeneratöre sahip RT, uygun rüzgar ve şebeke koşullarında ilk önce asenkron motor olarak yol alır ve senkron hıza ulaşıncaya kadar motor olarak çalışır ve senkron hıza erişince jeneratör olarak çalışır. Senkron jeneratöre sahip RT'de ise, jeneratör şebekeden güç çekmeksizin yol alır ve uygun hıza eriştikten sonra güç üretimi başlar.

İzleyen sayfalarda 1500 kW kurulu gücünde bir RT'ye ait elektriksel özellikler anlatılmıştır. İncelenen RT, 70 m kule yüksekliğine sahiptir. 3 kanatlı pervane ve sapma mekanizmasına sahip RT'de kullanılan jeneratör, evirici yoluyla reaktif güç tüketmektedir ve slip-ring tasarımdır. Bilezikli asenkron makinadır ve motor olarak çalıştığı sürece reaktif güç tüketmektedir. RT, kontrol bilgisayarı tarafından sürekli izlenebilmektedir. Kontrol bilgisayarı aynı zamanda şebekeyi de sürekli izlemektedir. Üç faz akım ve gerilimlerini sürekli ölçmektedir. Buradan gelen bilgiler dahilinde aşağıdaki sınırlar aşıldığında jeneratör ve evirici devre dışı bırakarak RT'yi durdurmaktadır (Tablo 5.3).

Tablo 5.3. RT şebeke sınırlamaları

Açma Ölçütü	**Açma Sınırı**	**Açma Süresi**
Aşırı gerilim	1.10 Ung	78 ms
Düşük gerilim	0.80 Ung	89 ms
Aşırı frekans	51.0 Hz	68 ms
Düşük frekans	49.0 Hz	84 ms
Tekrar kapama		73 ms
Dengesiz akım		Anında

Tablodaki verilerde kullanılan açma sınırı yerel şebeke şartlarına göre bazı değişimler gösterebilir. Burada verilenler standart değerlerdir. Şebeke Yönetmeliklerine göre ayarlamalar yapılabilir.

RT Tarafından İhtiyaç Duyulan Enerji

RT, stand-by pozisyonunda iken aşağıdaki ekipmanları enerjiye ihtiyaç duymaktadır.

- Kontrol bilgisayarı,
- Sapma motorları,
- Hidrolik pompa,
- Kontrol kabini ve dişli kutusunun ısıtması,
- Pil şarj ünitesi,
- Devreye çıkış rüzgar hızında motor elektriği.

1.5 MW kurulu gücünde bir RT için toplam 20-25 kW arası bir enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Yıllık olarak orta rüzgar şiddetine sahip bir sahada 2500 kWh gerekir. Günümüzde kullanılan modern RT'lerde enerji dönüşümü 2 ana mantığa göre yapılmaktadır. Sabit hızlı ve değişken hızlı olmak üzere 2 başlıkta incelenebilir.

Sabit Hızlı RT'ler

Sabit hızlı makinelerde jeneratör şebekeye doğrudan bağlıdır. Şebeke frekansı, jeneratörün dönme hızını ve dolayısıyla pervanenin dönme hızını belirlemektedir. RT pervanesinin düşük dönme hızı

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

($n_{pervane}$), jeneratörün dönme hızına ($n_{jeneratör}$) dişli kutusu dönüşüm oranı ile çevrilmektedir. Jeneratörün hızı kutup sayısı (p) ve şebeke frekansına ($f_{şebeke}$) bağlıdır. Sabit hızlı makinelerde aşağıdaki eşitliklerden yararlanılır:

$$n_{pervane} = \frac{n_{jeneratör}}{r}$$

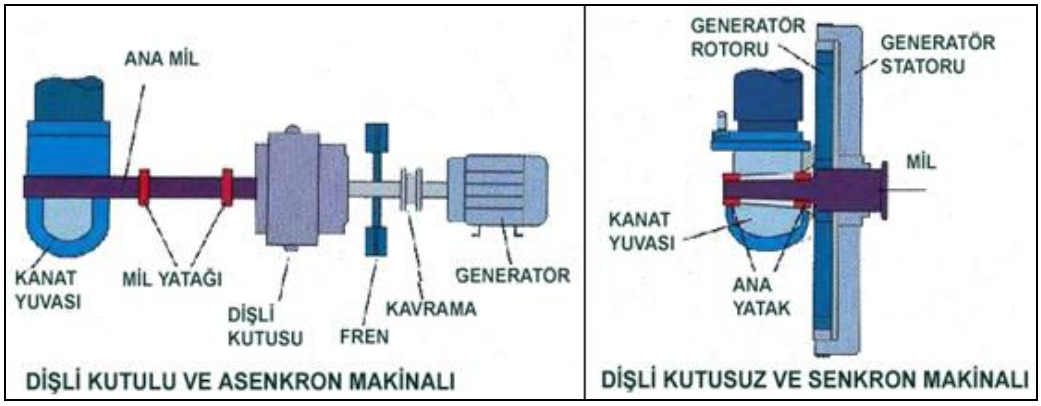
$$n_{jeneratör} = \frac{f_{şebeke}}{P}$$

$$n_{pervane} = \frac{f_{şebeke}}{r.p}$$

Bu tip RT'lerin en büyük avantajı, indüksiyon jeneratörlerle olan uygulamalarda basit yapı ve ucuz çözüm sunmasıdır. Ayrıca senkronizasyon ünitesi de gerektirmektedir. Dezavantajı ise, indüksiyon jeneratörlerin yüksek yol alma, tristör kontrolü gerektirmesi ile reaktif güce ihtiyaç duymasıdır.

Değişken Hızlı RT'ler
Bu makinelerde jeneratör, şebekeye elektronik evirici sistemi bağlanmaktadır. Eviricinin ana görevi, şebeke frekansı ile jeneratör frekansını eşitlemektir.

Asenkron jeneratörlü RT'lerde uygun rüzgar ve şebeke koşullarında makina ilk önce asenkron motor olarak yol alır ve senkron hıza yaklaşıncaya kadar motor olarak çalışır. Senkron hıza eriştikten sonra jeneratör çalışmasına geçilir. Devir ve güç ayarı için asenkron makina ile kanatlar arasındaki dişli kutusu, hidrolik düzen ve güç elektroniği birlikte kullanılır. Senkron makinalarda ise, makina şebekeden güç çekmeksizin yol alır. Uygun hıza erişince güç üretmeye başlar. Rüzgar hızının değişkenliğinden dolayı, senkron hız olması aranmaz. Şebeke ile paralel bağlanma ve frekans ayarı güç transistörlerinin tetiklenmesi ile yapılır. Bu nedenle bu makinaları türbin yerine Rüzgar Enerjisi Dönüştürücü (RED) olarak adlandırmak daha yerindedir. Bununla beraber uluslararası dilde rüzgar türbini olarak yerleştiğinden bu kitapta sürekli rüzgar türbini (RT) denilmiştir. Şekil 5.14, dişli kutulu asenkron bir RT ile dişli kutusuz senkron bir RT'yi göstermektedir.



Şekil 5.14. Dişli kutulu ve kutusuz RT.

RT'lerin ilk yol alması için aşağıdaki koşullardan her ikisinin de aynı anda gerçekleşmesi gerekir.

- Rüzgar hızının türbinin dönmesi için 2.5 m/s ile 25 m/s hız aralığında olması,
- Şebekede gerilim olması.

Bu iki şartın da gerçekleşmesi durumunda mikroişlemci 90 saniye süresince aşağıdaki büyüklükleri izler:

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Şebeke geriliminin değeri,
- Şebeke geriliminin frekansı,
- Rüzgar hızı,
- Rüzgar hızındaki dalgalanmalar.

Bütün koşulların olumlu olması durumunda yazılım, akü ve servo motorlar aracılığı ile kanat dönüş eksenini ve kanat açılarını rüzgara göre en uygun konuma getirerek dönüş izni verir. Pervane milinin ekseninin rüzgara karşı en iyi konumu alabilmesi için iki ayrı kontrol düzeneği vardır:

1- Kanatların rüzgara göre açısı: Her bir kanat rotor miline bir ayar motor ve dişli takımı ile bağlıdır. Yazılım rüzgara göre en uygun kanat açısını ayarlar.

2. Rotor mil ekseninin rüzgara göre açısı ve konumu: Verimi artırmak amacıyla kanatlardan başka rotor mili de kule eksenine göre dönerek rüzgarı en iyi karşılayacak konumu almaktadır. Kuleden aşağıya inen kabloların burulmasını önlemek amacıyla yazılım, sepetin kule eksenine göre en çok 3 tam devir (3x360°) dönüşüne izin vermektedir. 3 tam dönüş tamamlandığında, makina otomatik olarak durmakta ve kabloların burulmasının engellenmesi için sepet otomatik olarak geri döndürülmektedir.

RT jeneratörlerinin gerilim üretmesindeki yapısal özellikler şöyledir:

- *Stator*: Birbiri arasında 30^0 elektrik açı bulunan ve her birinin gücü 300 kW olan yıldız bağlı iki ayrı sargı bulundurmaktadır ve kutup sayısı 48 dir,
- *Rotor*: Bilezikli yapıda olup dıştan uyarmalıdır.

Bütün çalışma koşulları yerine geldiğinde, yazılım güç elektroniğini çalıştırarak şebekeden, rotor ikaz akımını çekmeye başlar. Örneğin 600 kW kurulu gücünde bir RT'de rotor uyarma akımı tam yükte 40 A dir. Diğer taraftan şebeke gerilimine göre daha önce ayarlanan faz açısına bağlı olarak bir reaktif enerji de şebekeye verilebilir. Jeneratör uçlarında üretilen gerilimin frekansı sabit değildir. Oysa şebeke ile paralel çalışmanın sağlanması için 50 Hz sabit frekans gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmek için, ilk önce jeneratör gerilimi doğrultulur. Güç elektroniği devresinde kullanılan transistörlerin gücü sınırlı olduğu için, jeneratörün gücü de elektroniğin güç iletim yeteneğine bağlı olarak ikiye bölünmüştür. Jeneratörün statorunda aralarında 30° elektrik açı olan iki sargı bulunmasının nedeni budur.

Güç Üretme ve Şebekeye Paralel Bağlanma

Gerilim üretmeye başlayan jeneratör ilk önce birinci sargıyı devreye sokar. Burada dikkat edilmesi gereken iki ana nokta vardır:

1. Sargının devreye sokulması kesici, kontaktör gibi alışılagelmiş bir mekanik düzen ile değil, IGBT güç transistörlerinin tetiklenmesi ile olur. Bunun sonucu olarak iletilen güç yavaş yavaş artar.

2. Güç elektroniği devresi düşünüldüğü gibi bir gerilim üretmemektedir. Jeneratör tarafından üretilen 400 V ve 20-40 Hz aralığında bir frekanstaki gerilimi önce doğrultup, daha sonra uçlarında 400 V olan trafonun üzerine, rüzgar hızına bağlı olarak, 50 Hz frekansta akım olarak iletmekte olup, uçlarında 400 V olan bir trafo üzerinden devresini tamamlayan bir akım kaynağı olarak davranmaktadır. Dolayısı ile bütün kontrol ve ayarlar, trafonun uçlarındaki 400 V gerilimin şebeke tarafından sağlanmasına ve trafo sargılarına güç elektroniğinin verdiği akıma göre yapılır. 400 V gerilim olmaması, bir diğer deyişle şebeke geriliminin kesilmesi veya herhangi bir nedenle düşmesi, transistörlerin tetiklenmesinin kesilmesine ve güç iletiminin durmasına neden olur.

Bu durumda, RT, jeneratörün uyarmasının sağlanmasında ve trafonun boşta çalışmasında, ürettiği güce bakılmaksızın, bir tüketici gibi davranmaktadır. Çalışma koşullarının uygun olması hali sürdükçe güç iletimi devam eder. İlk önce birinci sargı şebekeye 10 kW/s bir artışla güç vermeye başlar. Statordaki ikinci sargının devreye girmesi rotor hızının 18 devir/dakika olması ile gerçekleşir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Gerilim ve Frekans Ayarı

Şebeke gerilimi ve frekansı sürekli geri beslemeli olarak izlendiği için RT'ler şebekedeki dalgalanmaları her an izler ve şebekeye verilen gücü de aynı hızda ve oranda ayarlar. Başka bir deyişle, enerji talebi neyse şebekeye verilen güç de odur. Buna göre, şebekeden güç istenmediği durumlarda RT'nin durdurulmasına gerek yoktur. Şebekeye verilen güç, akım darbe modülasyonu ile yapıldığı için akım ve gerilim eğrilerinin şekli transistörlerin tetikleme hızına bağlı olarak değişir. Gerilim eğrilerinin şekli 50 Hz temel bileşen üzerinde her biri farklı frekansa karşı düşen yüksek frekanslı eğrilerin toplamıdır. Bu yüksek ve değişken frekanslı akım ve gerilimlerin değerleri yazılım tarafından sınırlanan belli aralıklar arasındadır. Güç elektroniği devresindeki uygun filtrelerden başka trafo empedansı ve şebekenin kapasiteleri, yüksek frekanslı bileşenleri bastırarak orta gerilim barasında temiz bir sinüs eğrisi elde edilmesini sağlarlar. Yüksek frekanslı bileşenler çok farklı değerlerde olduklarından rezonans veya fliker olasılığı, özellikle makina sayısı çoğaldıkça azalır.

Reaktif Güç Ayarı

Akım ve gerilim arasındaki faz açısı (cosφ) yazılıma bildirilecek bir değere ayarlanabilir. Eğer böyle bir değer bildirilmezse RT otomatik olarak kendi kendini cosφ = 1 değerine ayarlar. Bu durumda şebekeye yalnız aktif güç verilir ve cosφ değeri, 0 ile kurulu güç arasında 1 değerinde sabit tutulur. Akımın hem aktif hem de reaktif bileşeni aynı anda kontrol edildiği için güç katsayısını 0,94 endüktif ve 0.94 kapasitif arasında sabit bir değere ayarlamak mümkündür. Deneysel olarak da 1 yıl boyunca yapılan ölçüm sonuçları bu durumu doğrulamaktadır.

Devreden Çıkma

RT'nin devreden çıkması da yine güç elektroniği devresindeki IGBT transistörlerinin tetiklenmesinin kesilmesi ile olur. Her iki stator sargısı da aynı anda devreden çıkar. Burada tekrar vurgulanması gereken nokta anahtarlamanın bilinen mekanik cihazlar ile değil de, güç elektroniği aracılığı ile yapılmasıdır. Bunun sonucunda, aynen devreye girmede olduğu gibi, şebekeden ayrılma da darbesiz ve son derece yumuşak bir şekilde olur.

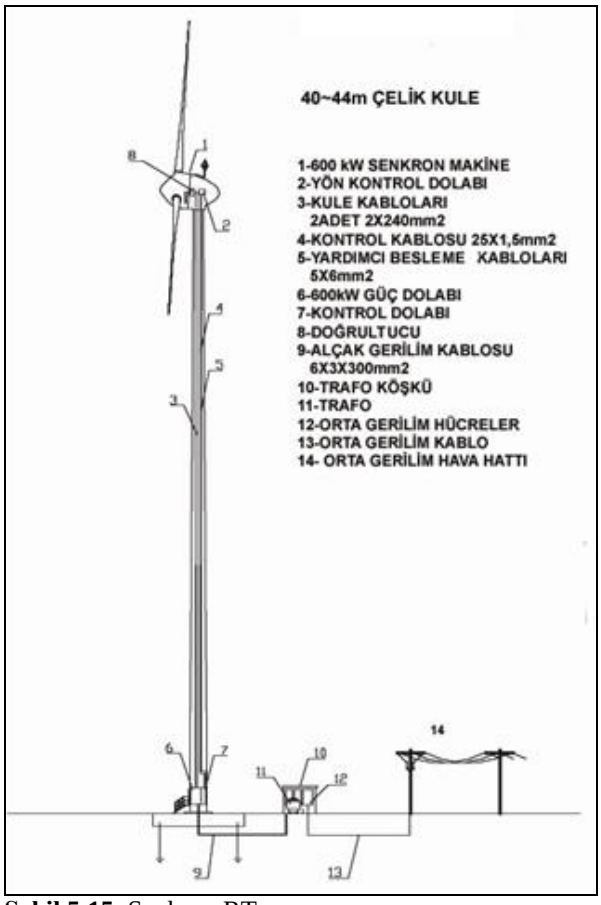
Kısa Devre

RT'nin kontrol düzeni, şebekeye verilen akımı transistörlerin ateşleme periyodu aralığı kadar sıklıkla denetlemekte ve akım, anma akımını %5 aşınca zaten sınırlamaktadır. Buna göre kısa devre durumunda en çok 10 m/s içinde transistörlerin ateşlemesi durdurularak jeneratör şebekeden ayrılmaktadır. Tetikleme sıklığı kHz mertebesinde olan transistörlerin 10 ms (= 1/2 periyot) kadar uzun süreyi beklemelerinin nedeni, akımın doğal sıfırını bekleyerek, şebekede hiç bir aşırı gerilime neden olmamaktır. 10 ms süre en uzun kesme süresidir. Kısa devrenin başlangıç anına göre bu süre 10 ms (1/2 periyot) olabilmektedir.

Şebekeye Bağlanma

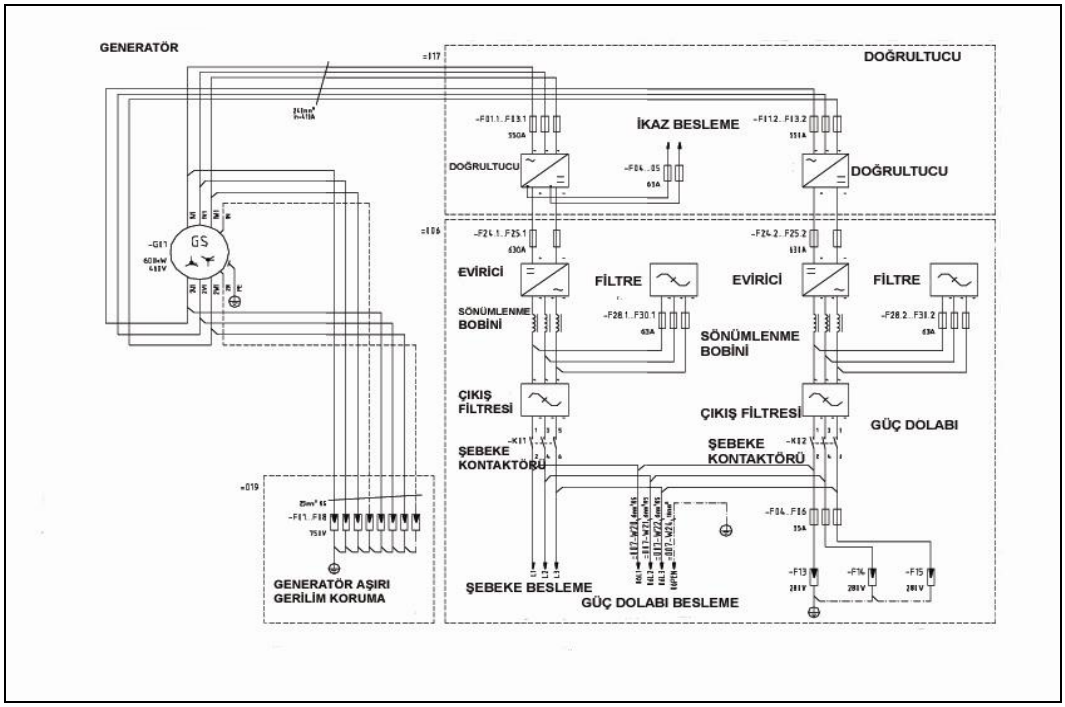
Rüzgar türbini şebekeye 33 veya 22/0.4 kV trafolar aracılığı ile bağlanmaktadır. Trafo boşta çalışma kayıpları ve bakır kayıpları göz önüne alınarak, verimli bir işletme için trafo gücü, rüzgar türbini gücünden %15 kadar fazla tercih edilmektedir. Trafo ve hat koruma, şebeke işleticisinin kurallarına uygun olarak, sekonder röle ve sigortalar ile yapılmaktadır. Bu koruma, arızanın hat tarafından beslenmesi yönünde çalışmakta ve trafoyu korumaktadır. Arızanın türbin tarafında beslenmesi yönünde, korumalar yazılım tarafından üstlenilmekte ve transistörlerin iletimi 10 ms den kısa sürelerde kesilmektedir. Bu hızda bir koruma sekonder röleli kesicili bir düzenden 10 kat daha az sürmektedir. Trafo korumada, aşırı akım, sıcaklık artışı ve Buccholz korumaları yapılmaktadır. Hat korumadan esas amaç, arızanın şebekeden beslenmesine karşıdır, çünkü rüzgar türbinine ait akım kaynağı transistörler, akımları %5 artınca iletimi kesmektedirler. Trafo korumada, aşırı akım, sıcaklık artışı ve Buccholz korumaları yapılmaktadır. Şekil 5.15 ile senkron bir RT'deki elektriksel gösterim verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 5.15. Senkron RT.

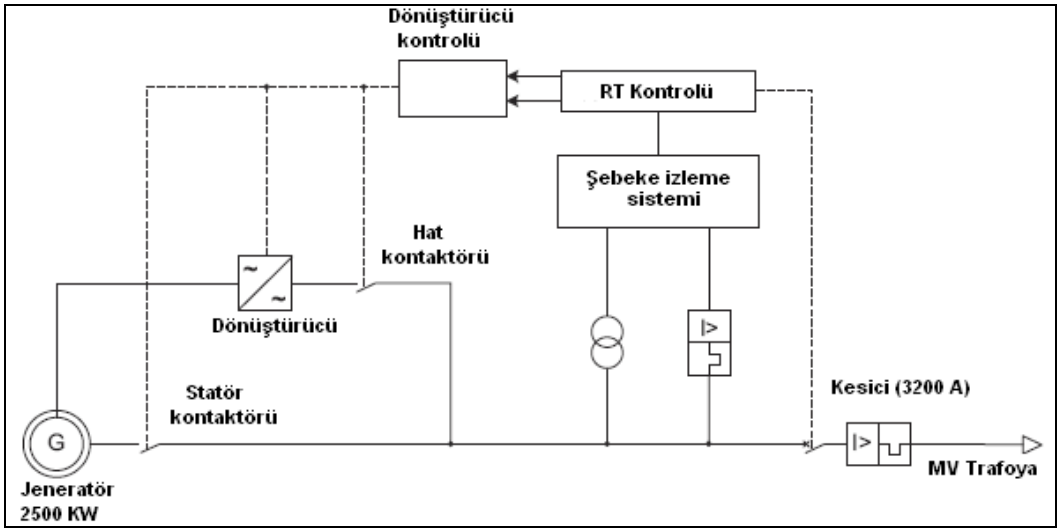
600 kW kurulu gücünde dişli kutusuz bir RT'ye ait kısa devre ve aşırı akım koruma Şekil 5.16 ile görülmektedir.



Şekil 5.16. Kısa devre ve aşırı akım koruıma.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 5.17 ile 2500 kW bir RT'ye ait koruma diyagramı görülmektedir.



Şekil 5.17. 2500 kW RT koruma diyagramı.

RES Elektrik Kayıpları

RES elektrik kayıpları aşağıdaki şekillerde meydana gelebilmektedir:

- RT'den üretilen elektrikte meydana gelen kayıplar. Bu kayıplar, kablo kayıplarından meydana gelmektedir,
- Trafonun boşta kayıpları,
- RT ile dönme trafo arasındaki alçak gerilim kablolarından meydana gelen kayıplar. Bunu azaltabilmek amacıyla RT ile dönme trafo arasındaki mesafe mümkün mertebe küçük olmalıdır,
- Enerji nakil hatlarından meydana gelen kayıplar. Orta gerilim seviyesi üzerinde yapılan nakillerde düşük akımlar nedeniyle bazı kayıplar meydana gelebilmektedir. Büyük RES'lerde ve iletim mesafenin uzun olduğu projelerde bu kayıplar önemlidir. Genellikle RES'lerden elektriksel kayıplar %1-%3 arasında değişmektedir.

RT Yüksek Sıcaklık Korunma

Birçok RT'nin işletme sıcaklık aralığı –20° C ile +30° C arasındadır. Bazı projeler için –20° C ile +40° C arasında da tasarımı yapılabilmektedir. İşletme sıcaklık aralığının artırabilmesi için 2 yöntem bulunmaktadır.

- Nasel içinde bulunan sıcaklık yaratan ekipmanların kaldırılması,
- İç havalandırma yapılması.

Bu değişimler sadece naseli etkilemektedir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda kanatlar veya kule ile ilgili herhangi bir değişiklik yapılmasının gerek olmadığını göstermiştir. Nasel ile ilgili olarak izleyen değişiklikler yapılabilmektedir.

Kapak: Kapakta bazı değişiklikler yapılarak havanın ventilasyonu sağlanabilir. Bunun için havanın girip çıkacağı bir sistem geliştirilmelidir. İç kısımda da havayı sirküle edecek bir yapı olmalıdır.

Elektrik Kabini: Göbek içindeki kabinlerde de bazı değişiklikler yapılmaktadır. Özellikle yer değiştirme veya kabinler doğru konumlandırılarak hava dolaşımının sağlanmasına olanak tanımaktadır.

Hidrolik Grup: Aşırı ısınma ve doğru hatve kontrolün yapılabilmesi için hidrolik gruba ekstra eşanjör eklenmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Dişli Kutusu: Dişli kutusunun yağ soğutucuları yenilenir veya güçlendirilerek yüksek sıcaklıkta çalışması sağlanır.

Trafo: Trafo, nasel içerisinde daha iyi yalıtılabilir. Böylelikle trafodan meydana gelebilecek ısı kayıpları da azaltılabilir.

RES'lerin Şebeke İle Etkileşimi
Modern elektrik şebeke sistemi gayet kompleks bir yapıdadır. Güç kalitesi, sistem kalitesi, kaliteli elektrik gibi terimler günümüzde sistem işleticileri tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Bütün yenilenebilir enerji kaynakları, kaynak olduğu zaman elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Yerel seviyede, RES'ler ile ilgili ana problem gerilim değişimlerinin meydana gelmesidir. Gerilim değişimlerinde statik tolerans ±%10 civarındadır. İlerleyen sayfalarda güç kalitesinin sağlanması için dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında bilgi verilmiştir.

Kısa devre Gücü
Şebekenin herhangi bir noktasındaki kısa devre gücü, şebekenin gücünün ve dolayısıyla da gerilim seviye kalitesinin gösteren bir parametredir.

Voltaj Değişimleri ve Fliker
Voltaj değişimleri, yük değişimlerinden meydana gelir ve voltaj kalitesini etkiler. Ark ocakları veya çelik sanayinin bulunduğu bölgelerde meydana daha sık gelmektedir. %10 civarında bir gerilim değişikliği şebekede bozucu etkilerde bulunmamaktadır. Bu sınırın üzerinde voltaj değişimleri meydana gelebilmektedir. %3'lük bir değişim gözle bile fark edilebilir.

Harmonik
Harmonik, şebeke voltajının sinüs eğrisindeki bozulmadan meydana gelen bir olaydır. RT'lerin güç kalitesi ile ilgili aşağıdaki standartlar kullanılmaktadır:

- IEC 61400-21-CDV: Wind Turbines Part 21: Measurement and Assessment of Power Quality Characteristics of Grid Connected Wind Turbines,
- MEASNET: Power Quality Measurement Procedure, November 2000,
- German Guideline: Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 3: Bestimmüng der Elektrischen Eigenschaften.

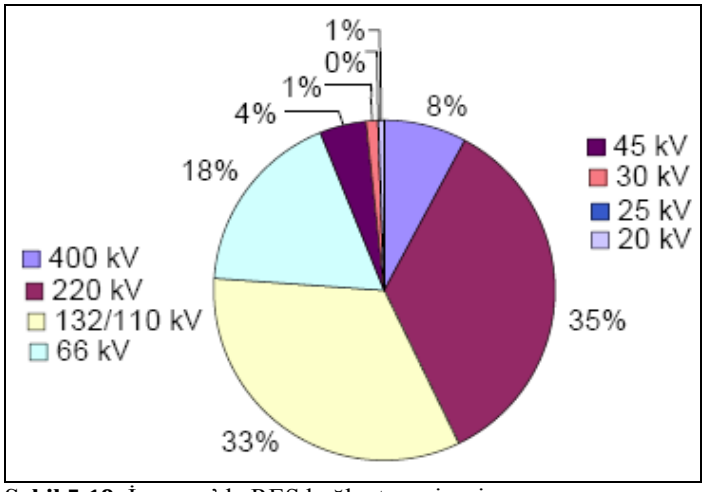
Yukarıda sayılan standartların birincisi IEC, International Electrotechnical Commission; Measnet, Avrupa ülkelerindeki bazı kuruluşlar tarafından oluşturulan bir organizasyondur. Bu organizasyonıun amacı, ölçüm prosedürlerini tek bir baza oturtmak için çalışmalar yapmaktadır. German Guideline Almanya'da kullanılan standartlardır. UCTE, Avrupa ülkelerinde faaliyet gösteren bir kuruluştur. Açılımı "Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity" olup, kuruluş amacı enerjinin arzının güvenli ve kaliteli bir şekilde UCTE'ye üye ülkelerde dağıtımını yapmaktadır. UCTE ve üyeleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilebilmesi için gerekli önlemleri ve kolaylıkları sağlamaktadır. Son yıllardaki artan küresel destek ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ve özellikle rüzgar enerjisinin iletim sistemine girişinin artması, sistemde negatif etkilere sebebiyet vermemesinin sağlanması gerekmektedir. AB Komisyonunun 25 Nisan 2002 tarih ve 2002/358/EC sayılı kararı gereği Kyoto Protokolü'nü imzalayarak yenilenebilir enerji kullanımını teşvik edeceğini taahhüt etmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde özellikle rüzgar enerjisi hemen hemen her ülkede ciddi bir artış göstermektedir. Bu yüzden özellikle RES'lerin şebekeye entegrasyonu ile ilgili bir çok çalışma yapılmaktadır. Almanya, İspanya ve Danimarka Avrupa Ülkeleri içerisinde rüzgar enerjisinde ilk üç sırayı almaktadır. Tablo 5.4 ile üç ülkede RES'lerde kullanılan jeneratörlere ait istatistiki bilgiler yüzde olarak verilmiştir.

Tablo 5.4. Yüzde olarak jeneratör tipleri.

Jeneratör Tipi	**Almanya**	**Danimarka**	**İspanya**
Sincap kafes	46	77	40.5
Woundrotor IM	-	12	-
Çift beslemeli IM	19	11	58
Senkron jeneratör	34	-	1.5

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 5.4, 2003 yılı sonu itibari ile olan yüzdeleri göstermektedir. Bağlantı seviyesi de ülkelere göre farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin Danimarka'da bulunan RES'lerin %93'ü dağıtım sistemi üzerinden gerçekleştirilmekte iken; Şekil 5.18'de görüldüğü gibi İspanya'da durum daha farklıdır.

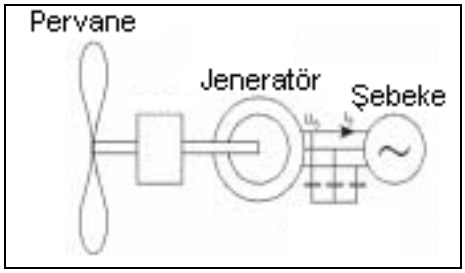


Şekil 5.18. İspanya'da RES bağlantı seviyesi.

RT'lerde çoğunlukla 3 çeşit dönüşüm sistemi (Wind Energy Converter) kullanılmaktadır. Bunlar:

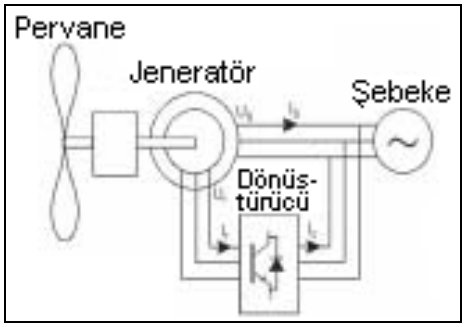
- Kafes indüksiyon jeneratör,
- Çift beslemeli indüksiyon jeneratör,
- Doğrudan sürülen senkron jeneratör.

Kafes indüksiyon jeneratör, asenkron bir makinadır ve dönen rotor ile sabit kısım statordan oluşur. RT, jeneratör ile dişli kutusu yardımıyla birleşir. Neticede sabit hızlı bir tasarımdır ve yüksek hızlarda bazen verim düşebilir. Bu tasarım için reaktif güç gerekmektedir ve voltaj seviye kontrolü için kapasitör kullanımı gerekir (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. Kafes indüksiyon jeneratör.

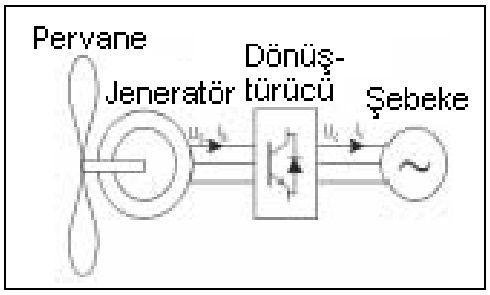
Çift beslemeli indüksiyon jeneratörler, şebekeye back-to-back voltaj kaynak dönüştürücüsü ile bağlanmıştır. Bu dönüştürücü (converter), ikaz sistemini kontrol ederek şebeke frekansı ile jeneratör frekansının uyumunu sağlar (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Çift beslemeli indüksiyon jeneratör.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Doğrudan sürülen senkron jeneratör, permanent magnet tarafından uyarılmaktadır. Bu jeneratörün diğer belirgin özelliği de şebekeden dönüştürücü yardımıyla dekuple edilmiştir. Dönüştürücü, şebeke tarafından voltaj kaynak dönüştürücüsü ve jeneratör tarafından da rektifierden oluşmuştur (Şekil 5.21).



Şekil 5.21. Doğrudan sürülen senkron jeneratör.

Güç Sistemi Etkileşimi

Sincap kafes indüksiyon jeneratörün pervane hızı, aktif güç, reaktif güç ve terminal voltaj ile karmaşık bir etkileşimi bulunmaktadır. Bu yüzden bu tip RT'de terminal voltajına göre reaktif güç çıkışının kontrolü mümkün değildir. Değişken hızlı RT'ler reaktif güç çıkışını ayarlayarak terminal voltajı kontrol edilebilmektedir. Bu kontrolün limiti ise, dönüştürücü ve kontrol ünitesinin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak belirtmek gerekir ki, eğer RES şebekesinin zayıf olduğu yerlere bağlanırsa voltaj değişim hususu dikkate alınmalıdır. İletim şebekesinde kısa devre meydana geldiğinde bütün şebeke boyunca yayılıp RES'lere ulaşabilir ve voltaj dip meydana getirebilir. Genellikle RES'ler voltaj düştüğünde devreden hızla çıkabilmektedir. RES'lerdeki en büyük sorun rüzgar enerjisinin kontrol edilememesidir. RES'ler frekans kontrolünde herhangi bir katkıda bulunmamaktadır.

Şimdiye kadar anlatılanlar Tablo 5.5'te özet olarak verilmiştir:

Tablo 5.5. Farklı RT teknolojisi ve şebeke etkileşimi.

Etkileşim	**Sabit hızlı RT**	**Çift beslemeli jeneratörlü değişken hızlı RT**	**Direkt sürücülü değişken hızlı RT**
Çıkış güç kontrolü, frekans kontrolü, kısa süreli dengeleme	RT'de switching işlemleri ve kanat kontrolü	RT'de switching işlemleri, güç elektronik dönüştürülmesi, pitch açı kontrolü	RT'de switching işlemleri, güç elektronik dönüştürücüsü, pitch açı kontrolü
Çıkış güç emre amadeliği ve kısa süreli dengeleme	Ekstra ekipman gerekir	Dönüştürücü rating yeterli ise ve doğru kontrol edilirse	Dönüştürücü rating yeterli ise ve doğru kontrol edilirse

Rüzgar türbinlerinin gerek güç ayarlarının geleneksel düşünceye aykırı olması, ve yine gerekse güç kaynağı anlamında görece olarak yeni bir kavram olan akım kaynağı olmaları beraberinde bir çok tartışmayı getirmiştir. Bu tartışmalar sonucunda ayrıntılı araştırma ve ölçümler yapılmıştır ve gerek Türkiye ve gerekse de diğer ülkelerdeki işletme tecrübesi rüzgar santrallarının herhangi bir olumsuzluk veya sakınca yaratmadığını ortaya koymaktadır.

OG Trafo ve OG Kesici

RT'nin OG şebekesine bağlanabilmesi için OG trafo ve OG kesici gerekmektedir. Şebekeye bağlantı içinde trafo merkezi üzerinden olmaktadır. OG kesici ve trafo ile ilgili konfigürasyon şebeke koşullarına göre değişim gösterebilmektedir. Standart 1.5 MW bir RT'nin trafo aşağıdaki özelliklere sahiptir:

Anma görünür güç: 1600 kVA
Yüksek voltaj rating: 20 kV
Alçak gerilim rating : 0.69 kV

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Anma frekansı: 50 Hz
Vektör grubu: Dyn 5
Yüksüz kaybı: 1700 W
Bakır kayıpları (75ºC) : 17000 W
Bağıl kısa devre voltajı (Uk): %6
Tapping : +-%5
Koruma: IP00
RT ile bağlandığı kablo: NYY – 01 x 300 mm²
Kablo sayısı: 14 (her faz için 4+2 adet nötr)

OG kesici için aşağıdaki özelliklere sahip olmakta beraber yerel OG sistem özelliklerine göre değişim gösterebilir.

Anma gerilimi : 24 kV
Anma frekansı: 50 Hz
Anma Akımı : 630 A
Kısa devre akımı: 16 kA
Kısa devre süresi: 1 s
Güç frekans voltajı: 50kV
Impuls voltajı: 125 kV

Orta Gerilim (OG) Sistemi
OG Sistemi, RT ile RES arasındaki elektrik etkileşimini düzenler. RT'nin alçak gerilim (690 V) ile şebeke etkileşimini düzenler. Herbir RT, şebekeden güvenlik ve bakım nedenleri ile izole edilerek çalıştırılmaktadır. OG Sisteminin, OG kesici, OG kablo ve güç trafosu olmak üzere 3 ana bileşeni vardır.

OG Kesici: OG Kesicisi RT'nin şebekeye bağlanması ve devreden çıkarılmasını sağlar. OG kesici aynı zamanda kısa devre korumayı da sağlar. OG kesici, RT'nin altında bulunur.

OG Kabloları: OG kabloları, güç trafosu ile OG kesici arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Aynı zamanda RT tarafından üretilen elektriğin OG sistemine iletimini sağlar.

Güç Trafosu: Güç trafosu, naselin içerisinde ve güvenlik sebebleri yüzünden kapalı bir ortamda muhafaza edilmektedir. Genellikle kuru tip kullanılmaktadır. Trafo, sıcaklık sensörü ile donatılmıştır ve doğrudan kontrol sistemi ile irtibatlandırılmıştır. Eğer trafo içerisinde sıcaklık yükselirse, kontrol sistemi RT'yi durdurur ve OG kesici açılır.
Dikkat edilmesi gereken nokta ise, trafo yüksek gerilimde çalışmaktadır ve yetkili olmayan kişilerin girmesi önlenmelidir.

Yeraltı Kablolar: Yeraltı kabloları iki adet RT arasında döşenmesi gerekmektedir (Şekil 5.22).

Şekil 5.22. Yeraltı kabloları.

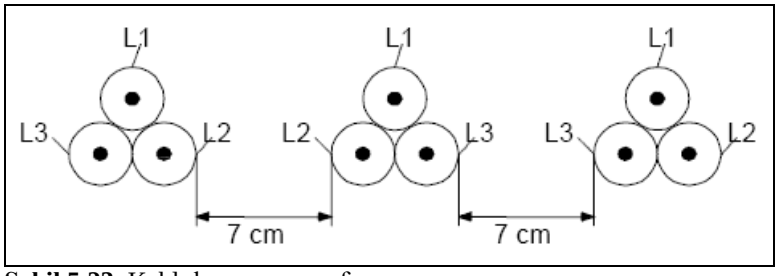
Yeraltı kablolarının belirli bir standardı bulunmaktadır. Kanal derinlikleri olarak;

- 1 kV kablolar için h= 40-50 cm,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- 1-10 kV kablolar için h= 60-70 cm,
- 10-35 kV kablolar için h=80-100 cm,

alınmaktadır. Şekil 5.23 ile geçen kablolar ile ilgili bir standart verilmektedir. Ülkedeki şebeke yönetmeliğine (grid code) göre değişmekle beraber, 3'lü grup halinde ve aralarında 7 cm olacak şekilde kanala yerleştirilmelidir.



Şekil 5.23. Kablolar arası mesafe.

Yer altı kabloları döşenirken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Döşenen kablonun mekanik tahribata maruz kalmayacak şekilde olmasına dikkat edilmelidir,
- Yapılan eklerin nem almasına engel olunmalıdır,
- Dış kılıf ve izolasyon maddesi soyulurken iletkenin damarlarına zarar verilmemesine dikkat edilmelidir,
- Kablo iletken demeti büklüm yönüne ters döndürülmemelidir,
- İrtibatı sağlayan klemenslerin ve vidaların temiz olması ve iyice sıkılmasına özen gösterilmelidir,
- İrtibatı sağlayan klemensler kablo kesitine uygun olmalıdır,
- 1 kV'tan sonraki dahili tesislerde kablo başlığı kullanılmalıdır,
- Kablo başlıklarında kablo pabucu kullanılmalı ve lehimle doldurulmalıdır.

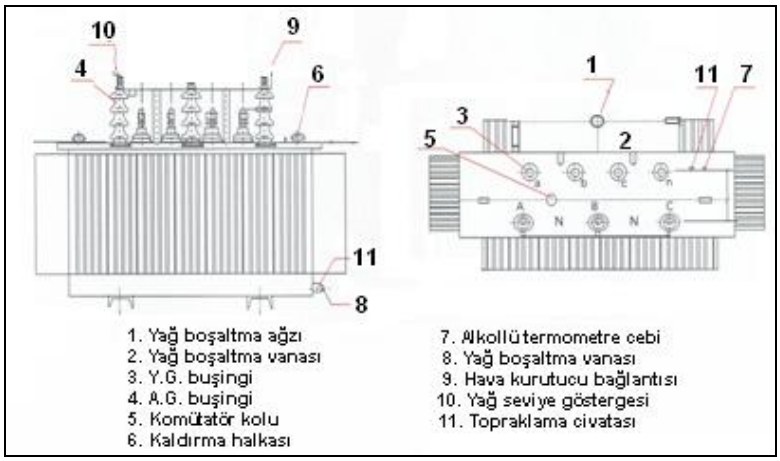
RES'ler, geleneksel elektrik santralarından birkaç yönden ayrılmaktadır. En önemli özelliklerinden bir tanesi daha küçük ünite gücüne sahip olmalarıdır. Gerek RES'in ve gerekse de RT'nin kurulu güçleri daha küçük olmaktadır. Diğer bir özellikte güç çıkışının sürekli değişim göstermesidir. Bu değişimin sonucu olarak ortaya çıkan flikerden tüketicilerin etkilenmemeleri gerekmektedir. İlk zamanlarda genel elektrik tasarımları da buhar türbinlerinde olduğu gibi senkron motorlarla olmuştur. Günümüzde ise artık indüksiyon jeneratörlerle birlikte çalışmaktadır. Bu tasarım, şebekeden reaktif güç çekmektedir. Son yıllardaki RT teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte şebeke bağlantı sorunları minimuma indirilmeye çalışılmaktadır.
RES'lerin şebekeye bağlantısı alçak gerilim, orta gerilim, yüksek gerilim ve hatta ekstra yüksek gerilim sisteminden bağlanılabilir. Günümüzde genellikle orta gerilim üzerinden RES'ler, denizüstü uygulamalarda yüksek veya ekstra yüksek gerilim üzerinden bağlanmaktadır.

Yükseltici (Step-up) Trafo
Alternatif akımda, güç sabit kalmak kaydıyla elektrik enerjisinin gerilim ve akımı değerlerini ihtiyaca göre değiştirmeye yarayan aygıtlardır. Amaçları bakımından üçe ayrılır:

- Güç (dağıtım) trafoları,
- Ölçü (akım ve gerilim) trafoları,
- Özel amaçlı trafolar.

Dağıtım trafolarında (Şekil 5.24), primer ve sekonder sargılar bulunmaktadır ve bu sargılar arasında elektriki bir bağ yoktur. Üç fazlı trafolarda da fazın sargıları arasında 120 derece faz farkı bulunmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

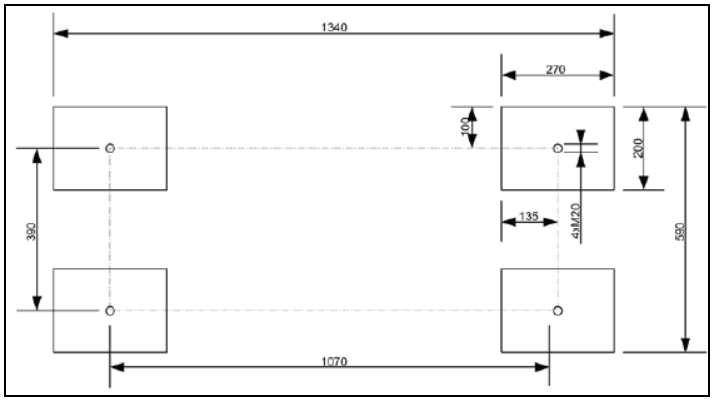


Şekil 5.24. Yükseltici (step-up) trafo.

2.5 MW ve üst sınıfta RT'nin senkron jeneratörünü şebeke ile bağlantısını sağlayan kuru tip trafo bulunmaktadır. Genellikle 3 fazdır. Bu tip tasarımlarda Autocad kullanılır ve aşağıdaki bilgiler RT üreticisi tarafından RES'i yapan firmaya tedarik edilmelidir:

- Boyutlar ve data sheetler,
- Montaj ile ilgili çizimler,
- Montaj, işletme ve bakım el kitapları,
- Kablo diyagramları, projeler, terminal bağlantı ve pozisyon planları,
- Malzeme ve yedek parça listesi,
- Sıcaklık tip testi,
- Conformity statement,
- Diğer sertifika ve kontrol dökümanları.

Bu tip trafoların ömrü en az 20 yıl olmaktadır ve MTBF (Mean Time Between Failure) 873000 saattir. Şekil 5.25'te görüldüğü gibi trafo arıza durumunda çıkarılabilmesi için RT'nin kapısından sığabilecek boyutlarda olmalıdır.



Şekil 5.25. Trafo boyutları.

Trafonun ana boyutları;
Uzunluk 2300 mm
Genişlik 800 mm
Ağırlık 5500 kg

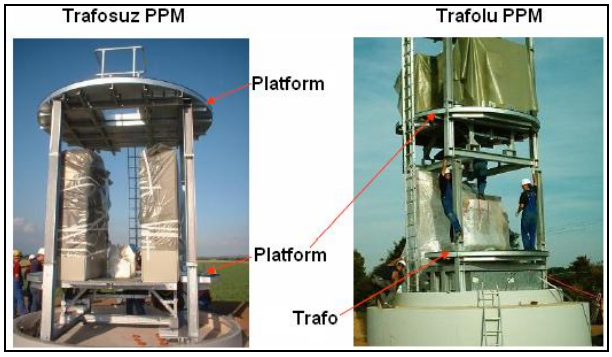
Trafo kuru tipte olduğundan, satılırken koruma tertibatı ile beraber verilmelidir. Ventilasyon için fan kullanılmakta ve hava trafonun altından ventile edilmektedir. Tipik olarak hava akışı 9000 m³/saat ve 300 Pa basınçta çalışmaktadır. 2 MW ile 3 MW arasındaki RT'lerde kullanılabilecek bir trafonun bazı elektriksel özellikleri Tablo 5.6 ile verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 5.6. Trafo karakteristikleri.

Özellik	**Açıklama**
Kurulu Güç	2500 kVA 2800 kVA 3000 kVA
Yüksek gerilim	Gride bağlı olarak +-%10
Alçak gerilim	690V +-%10
Bağlantı	(üçgen) Delta/Yıldız
Vektör grubu	Dyn 5 veya Dyn ll
Frekans	50Hz
Ses güç seviyesi	Maksimum 70 dB
Yükseklik	100 m
Sıcaklık	-10º C ile +45 º C arasında
Dayanılacak son sıcaklık	-20 º C ile +50 º C arası
Koruma	IP31
Soğutma	Doğal hava soğutma

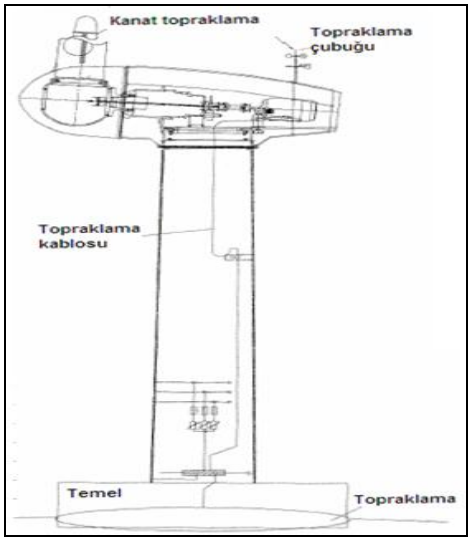
Bakımı ise genellikle yıllık dış bakım ve 2 yılda bir yapılan genel bakımdan oluşmaktadır. Yükseltici (Step-up) trafolar bazen RT'lerin içerisinde de bulunabilmektedir. Şekil 5.26 ile trafolu ve trafosuz bir RT görülmektedir. Trafo, PPM ünitesinin hemen üzerinde bir platforma konulmaktadır.



Şekil 5.26. Trafolu ve trafosuz bir RT.

RT Topraklaması

Bütün elektrik makinalarında olduğu gibi, RT'lerde de topraklama tertibatı bulunmaktadır (Şekil 5.27).



Şekil 5.27. RT topraklaması.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

RT İçindeki Kablolar

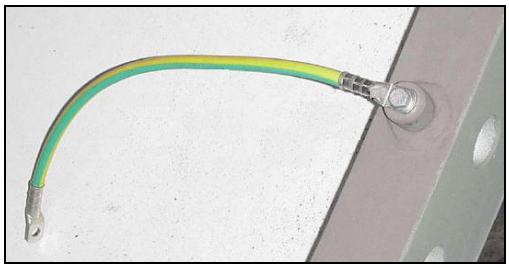
RT içerisindeki kabloları kule 3 parça olduğundan 3 kısımda incelenebilir. Bunlar 1. kule (en alttaki) 2. kule ve 3. kule kısımlarıdır.

1.Kule Kısmı (En Alt Kule)

En alttaki kule kısmına aşağıdaki kablolar gelir:

Jeneratör Stator devresi kabloları: 1X240 mm² kablolar kullanılır. Kablolar kule iç kısmından 250 mm yukarıda monte edilir. Nakliye sırasında uç kısımlarının (kule giriş ve çıkış) zarar görmemesi için dikkat edilmelidir. Bu kabloların sayısı 12 adettir.

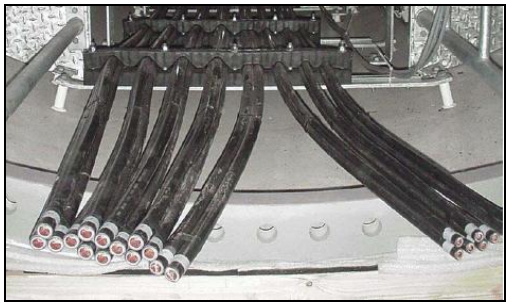
- *PE kabloları:* NYY 1x240 mm² tiptedir ve 2 adettir.
- *Basınç kabloları 1:* DIN 46235 standardında 120 mm² olup 4 adettir.
- *Basınç kabloları 2:* DIN 46235 normlarına uygun olarak 35 mm² olup 12 adettir.
- *Jeneratör rotor devresi kabloları:* Tip olarak NYY 1x95 mm² kablolardır. Kule iç kısmından 250 mm yukarıda monte edilir. 9 adet olup, nakliye sırasında güvenlik tertibatı alınarak zarar görmesi önlenir.
- *Soketler ve aydnlatma kabloları:* 230 V'luk kablolardır. YSLY-JZ 5x2.5 mm² olup 22 ile 32 adet arasında değişebilmektedir. Kullanılan aydınlatma lambaları ile soketlerin sayısına göre değişim gösterir.
- *Güvenlik aydınlatma kablosu:* Acil durum aydınlatmada kullanılır. 230V ve YSLY-JZ 4x1.5.mm² tiptedir. Genellikle 2 adettir.
- *Dış aydınlatma kablosu:* 230 V ve YSLY-JZ 3x1.5 mm² tipindedir. Dış aydınlatma ile soketlerde kullanılır.
- *Vinç kabloları:* 400 V'luk YSLY-JZ 5x2.5 mm² tipinde kule içindeki vincin (asansörün) çalıştırılmasında kullanılır. 27 adettir.
- *PE bağlantısı (kuleden topraklamaya) kablosu:* NYY 1x120 mm² (yeşik/sarı) kablolar olup topraklama için kullanılır. 2 adettir ve nakliye sırasında zarar görmemesi için dikkat edilmelidir.
- *Kulelerin flanş kablosu:* Kule parçaları arasındaki topraklama (flanş) kablolarıdır. H□7V – K 1x35 mm² (yeşil/sarı) tipte olup 3 adettir ve Şekil 5.28 ile görülmektedir.



Şekil 5.28. Kule parçasından kule parçasına giden topraklama kablosu.

2. ve 3. Kule Kısmı (Orta ve Üst Kısım):

Kulenin orta kısmında naselden kabloları aşağıya doğru inmektedir. 1. Kule kısmındaki hemen hemen bütün kablolar bulunmaktadır. Sadece basınç kabloları bulunmamaktadır. Ayrıca aydınlatma kabloları birkaç tane eksiktir. RT'deki tüm kablolar Şekil 5.29'da görülmektedir.



Şekil 5.29. RT'deki kablolar.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

RES Telefon İletişimi

RES ile modem aracılığı ile sürekli haberleşilebilmektedir. Bu haberleşme için fiber optik telefon kabloları kullanılmaktadır. Öncelikle RES sahibi tarafından aşağıdaki bilgiler RT üreticisine tedarik edilmelidir.

1) *Kablo montaj çizimleri:* RT yerleştirilmesine göre kablo montajını gösteren projelendirilmiş şekil ve çizimler verilmelidir. Bunun içinde kaç metre kablo kullanıldığı, kablo tipi, sayısı vb. gibi şeyler belirtilmelidir. Bu bilgi montajdan 3 ay önce verilmelidir.
2) *OTDR ölçümleri:* Fiber optik kablolar için OTDR ölçümleri yapılmalıdır. Ölçümler genellikle 850 nm ve 1350 nm gradyan fiberler üzerinden ve 1310 nm single mode kablolar ile yapılmaktadır.
3) *Kayıplar:* - Bağlantı kayıpları
   - Multi mode kablo 2.8 dB küçük veya eşit ve dalga boyu 850 nm olmalıdır.
   - Single mode kablo 0.36 dB'den küçük veya eşit ve dalga boyu 1310 nm olmalıdır.

Yukarıda sayılanlar RES montajı başlamadan 3 ay önce RT üreticisine sağlanmalıdır. RES'in fiber optik kablolarının yapılması için diğer yapılacak şeyler bulunmaktadır. Bunu 2 kısımda incelemek gerekir. RES sahibinin yapması gerekenler ve RT üreticisinin yapması gerekenler.

RES Sahibinin Yapması Gerekenler

- *ST/SC Dublex Jumper Kablo*: 2 m fiber optik kablo G50/125 nm multi mode kullanılır ve RT sayısının 2 katı olarak hesaplanmalıdır.
- *ST Dublex Jumper Kablo:* 1 metre fiber optik kablo G50/125 nm multi mode kullanılır.
- *Diğer Ağ Kabloları:* Fiber optik kabloların dağıtımında kullanılan 48 veya 96 splice hatlı kablolar kullanılır.

RT Üreticisi Tarafından Yapılması Gerekenler

- *Eternet Sistemi:* RES için gerekli eternet sistemi RT üreticisi tarafından sağlanmalıdır.

Eternet sisteminin genel özellikleri:

- IEEE 802.3 Standartları,
- Giriş voltajı 24V/DC,
- Güç girişi makimum 0.5 A,
- Ağırlık: 1400 g,
- Model, sertifika, onay vb gibi diğer hususlar.

- *Şebeke İletişim Sistemi:* Network kartı, LED'ler, dubleks eternet sistemi gerekmektedir.

RES Şebeke Bağlantısı

RES şebeke bağlantısı, RES projelerinde ülkemizdeki en önemli hususlardan biridir. RES'in ulusal şebekeye bağlanırken dikkat edilmesi gereken temel nokta, bağlanacak trafo merkezinin veya sisteme bağlanacak noktanın kısa devre gücünün %5'ini geçmemesidir. Yani trafo merkezinin kısa devre gücü 100 MW ise; bağlanabilecek RES ancak 5 MW'dır. Ülkemizde enerji iletim sistemi 4 kısma bölünebilir:

- Alçak gerilim (1kV'a kadar),
- Orta Gerilim (1 kV-34.5 kV),
- Yüksek gerilim (34.5 kV- 154 kV),
- Ektra yüksek gerilim (154 kV- 380 kV).

Evler gibi küçük tüketiciler alçak gerilim üzerinden, atölye daha büyük tesisler orta gerilimden ve büyük elektrik santralları yüksek gerilim üzerinden bağlanmaktadır. Tablo 5.7 ile gerilim seviyeleri ve bağlanabilecek RES kapasiteleri verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 5.7. RES ve iletim şebeke seviyesi.

Gerilim Sistemi	**Üretilebilecek Güç (MW)**
Alçak gerilim sistemi	300 kW'ye kadar
Orta gerilim fideri	2-5 MW
Orta gerilim sistemi (TM'ye bağlantı)	10-35 MW
Yüksek gerilim sistemi	100 MW'a kadar
Ekstra yüksek gerilim sistemi	500 MW'a kadar

Ayrıca, güç kalitesi ve şebeke etkileşimine de dikkate edilmelidir. Güç kalitesi ile RT'nin elektrik üretim performansı ile şebeke üzerine yapacağı etkiler kastedilmektedir. RES kurulurken zayıf şebeke ve iletim hatlarının bulunduğu bölgelerden kaçınılmalıdır. RT'nin şebekeye yapacağı etki genellikle gerilim değişimi (artış veya azalış) şeklinde kendini gösterecektir. Bu durum aşağıdaki şekillerde olabilir:

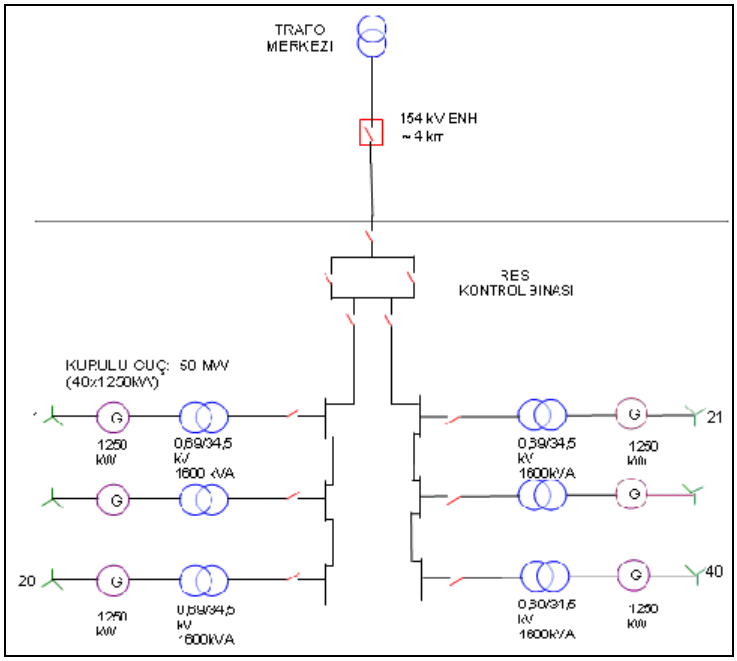
- Harmonik (750 Hz),
- Fliker (0,01 – 35 Hz),
- Gerilim artışı (0,01 Hz),
- Ani değişimler (rastgele değerler).

Gerilim değişimlerine ek olarak RT'nin şebekeden reaktif güç çekmesi de şebeke için istenmeyen bir durumdur. Güç üretimi, türbülans yoğunluğu, rüzgar kayması, arazi yapısı ve meteorolojik koşullara bağlıdır. Aktif ve reaktif gücün üretimi ve tüketimi sırasında gerilim yükselmesi ve düşmesi meydana gelebilir. Gerilim değişimlerinden meydana gelebilecek aksaklıklar Tablo 5.8'de gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Gerilimde meydana gelen değişiklikler ve neden olduğu aksaklıklar.

Parametre	**Neden olduğu aksaklık**
Gerilim yükselmesi/düşmesi	Güç üretimi
Gerilim salınımları ve fliker	Devreye giriş, kule, gölgeleme etkisi, rüzgar kayması, türbülans yoğunluğu, yörünge hatası
Harmonik	Frekans dönüştürücü
Reaktif güç tüketimi	Jeneratör işlemleri
Ani değişimler (transient)	Açılıp- kapanma (switching) işlemleri

Şekil 5.30 ile 50 MW kurulu gücünde bir RES'e ait tek hat şeması görülmektedir. RES'te 40 adet 1250 kW RT kurulması planlanmakta olup 4 km 154 kV enerji nakil hattı çekileceği varsayılmıştır.



Şekil 5.30. Tek hat şeması.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Ülkemizde RES'lerin şebeke bağlantıları için Sistem Bağlantı ve Kullanım Anlaşmaları'nın imzalanması gerekemektedir.

Sistem Bağlantı Anlaşması

RES'in iletim sistemine irtibatını teminen 4628 sayılı kanun gereği yatırımcı firma ile TEİAŞ arasında Bağlantı Anlaşması imzalanması gerekmektedir. Bağlantı Anlaşması, TEİAŞ APK Dairesi Başkanlığı Sistem Kullanım ve Bağlantı Anlaşmalar Müdürlüğü ile yatırımcı firma arasında yapılmaktadır. Bağlantı Anlaşması standart ve matbu bir anlaşmadır, sadece bazı boşluklar şirket tarafından doldurulmaktadır. Bağlantı Anlaşması'nda yer alan maddi yükümlülüklerin Şirket tarafından yerine getirilmesinden sonra anlaşma yürürlüğe girmektedir. Bağlantı Anlaşmasının eki olan Tesis Sözleşmesi'nde belirtilen işin gerçekleşme süresi doğrultusunda tesisin geçici kabulünden bir ay önce Sistem Kullanım Anlaşması'nın imzalanması gerekmektedir. Sistem Kullanım Anlaşması daha ileride detaylı olarak incelenecektir. Öncelikle Bağlantı Anlaşması incelenmelidir. Bağlantı Anlaşması'nda öncelikle Bağlantı bilgileri verilmektedir. Bağlantı bilgileri genellikle aşağıdaki hususlardan oluşmaktadır:

- Tesisin adresi,
- Trafo merkezi veya enerji iletim hattı,
- Gerilim seviyesi,
- Ölçüm noktası,
- Bağlantı için öngörülen tarih,
- Maksimum akış kapasitesi (MW),
- Maksimum veri kapasitesi (MW),
- Ölçüm sistemi tek hat şeması.

TEİAŞ'ın bağlantı noktasındaki tesisine ait bilgilerde anlaşmanın eki olarak verilmektedir. Burada bağlantının yapılacağı trafo merkezine ait elektriksel bilgiler verilmektedir. Sisteme bağlantı yapılması halinde sistem kullanımı açısından kapasitenin yetersiz olması nedeniyle genişleme yatırımı ve yeterli finansmanın mevcut olmadığı hallerde, yani yatırım TEİAŞ adına Kullanıcı yani yatırımcı firma tarafından yapılabilmektedir. Yapılan yatırım tutarı, sistem kullanım bedelinden düşülmektedir. Bu kapsamda Bağlantı Anlaşması'nın eki olmak üzere Tesis Sözleşmesi de imzalanmaktadır. Tesis Sözleşmesi'nde aşağıdaki hususlar bulunmaktadır:

- Yatırımcı firmanın izin süreci için gereken "ÇED Olumlu" ÇED Gerekli Değildir", "SİT Dışı" vb gibi bütün izinleri alması gerektiği,
- İletim tesis projeleri ve tesislerde kullanılacak olan malzemelere ait garantili karakteristiklerin TEİAŞ'a onaylatılması gerektiği,
- Kamulaştırma işlemleri ile ilgili hususlar,
- Geçici ve kesin kabullere ilişkin hususlar,
- Masrafların kimin tarafından ödeneceği,
- Tesis Sözleşmesi kapsamında Proje Tanıtım Dosyası'nın içeriği,

gibi konular Tesis Sözleşmesi'nde belirtilmektedir.

Bağlantı Anlaşması, mali yükümlülükler ile ilgili de bazı maddeler içermektedir. Buna göre, bağlantı bedeli, işletme ve bakım giderlerinin karşılanması, tazminat ve diğer çıkabilecek masrafların yatırımcı firma tarafından karşılanması beklenmektedir. Bağlantı Anlaşmasında bazı teknik konular ile ilgili hükümlerde bulunmaktadır. Bunlar veri sağlama, koruma ve ölçüm sistemi, iletim, harmonik bozulmalar ve fliker şiddeti, faz dengesizliği, kompanzasyon, tesis tasarım ve performans şartları gibi hususları kapsamaktadır. Bu hususların amacı, bağlantının yapılabilmesi için talep edilen her türlü bilgi ve belgeyi TEİAŞ'a vermesi gerektiği; uygulanacak koruma sistemi ile ilgili tasarımlarının ilgili mevzuatı uygulayacağının garanti edilmesi gerektiğinin sağlanması içindir. TEİAŞ'ın Bağlantı Anlaşması'nda üzerinde durduğu konulardan biri de iletişimdir. TEİAŞ, ilgili yük dağıtım ve sistem işletim merkezleri ile kurulacak RES arasındaki ses ve bilgi iletişimi ile koruma sinyalizasyonunun TEİAŞ'ın mevcut iletişim araç ve gereçlerine uyumlu olarak tesis edilmesini talep etmektedir. Sistem Kontrol ve veri toplama işlerinin yürütülmesi için donanım, yazılım, iletişim linki ve diğer cihazların TEİAŞ'ın standartları çerçevesinde projelendirilerek yapılması gerekmektedir. İletişim ile ilgili

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

donanımların ne zaman, ne şekilde, nereye ve nasıl tesis edileceği TEİAŞ'ın görüşleri doğrultusunda belirlenmektedir. İletişim Sistemi ile ilgili olarak Bağlantı Anlaşması'na ayrıca bir ek olarak konulmaktadır. Burada aşağıdaki hususlardan bahsedilmektedir:

Private Automatic Exchange (PAX) Sistemi:
Komşu istasyonlar ile TEİAŞ'ın Bölgesel Yük Dağıtım Merkezi (BYDM) ile haberleşmeyi sağlayacak ve TEİAŞ'ın mevcut PAX sistemine uyumlu bir PAX cihazı olmalıdır. PAX sistemi ayrıca,

- Komşu istasyonlara bağlı her bir Power Line Carrier (PLC) linki için en az 1 trunk hattı bağlantısına,
- Komşu istasyonlara fiber optik bağlantısı olması durumunda her bir fiber optik için en az 2 trunk hatlı bağlantısına,
- BYDM ile tesis arasında ulusal telekom şebekesinden sağlanacak kanal bağlantısına sahip olunmalıdır.

Ses, bilgi ve koruma sinyalizasyonu iletişiminde TEİAŞ'ın mevcut PLC alt yapısı kullanılabilecektir. Bu yapı RES kurulacak bölgede mevcut değil ise; PLC cihazları bedeli karşılığı TEİAŞ'tan temin edilecektir. Ulusal Yük Dağıtım Merkezi (UYDM) için gerekli olan bilgilerin toplanması, değerlendirilmesi ile ilgili BYDM'ye iki ayrı link/ana ve yedek) üzerinden iletilmesinde yerel ve uzak istasyonlarda kullanılacak cihazların temini ve tesisi RES yatırımcısına aittir. TEİAŞ'ın ilgili yük dağıtım merkezi ile veri iletişimi IEC 870-5.101 veri iletişim protokolü ile yapılacaktır. Buna göre toplanacak bilgiler:

- Her yüksek gerilim iletim hattının aktif güç akışı,
- Her yüksek gerilim hattının reaktif güç akışı,
- Her jeneratör ünitesinin aktif gücü (brüt ve net),
- Her jeneratör ünitesinin reaktif gücü (brüt ve net),
- Yüksek gerilim (380 kV, 220 kV ve 154 kV) ve orta gerilim (6-36 kV) baralarında gerilim,
- En az bir ana baradan şebeke frekansı,
- Yüksek gerilim iletim hatlarının kesici açtırma (trip) kontrolü,
- Jeneratör ünitelerinin orta gerilim kesici koruma bilgileri,
- Jeneratör ünitelerinin orta gerilim ayırıcı konum bilgileri,
- Trafo merkezlerindeki kesici, ayırıcı konum bilgileri,
- Yüksek gerilim iletim hatlarının çalışma durmu bilgileri,
- İletişim teçhizatı (PAX, PLC, F/O vb) alarmları,
- Jeneratör trafolarının kademe pozisyon bilgileri,
- Toprak ayırıcısı konum bilgileri,
- 380 kV ve 154 kV baraların gerilim durumu (enerjilenme durumu),
- Yük frekans kontrolü ile ilgili bilgiler,

gibi daha da detaylandırılabilecek konular talep edilmektedir. Bu detaylar tasarım aşamasında TEİAŞ ile birlikte sonuçlandırılmaktadır.

Bağlantı Anlaşması'nın özü yukarıda sayılmıştır. Şimdi de Sistem Kullanım Anlaşması'nın incelenmesinde yarar vardır.

Sistem Kullanım Anlaşması
RES'in tesisi ve işletilmesi amacı ile iletim sisteminin kullanılabilmesi için TEİAŞ APK Dairesi Başkanlığı Sistem Kullanım ve Bağlantı Anlaşması Müdürlüğü ile Sistem Kullanım Anlaşması'nın imzalanması gerekmektedir. Bu anlaşma ilgili mevzuat uyarınca iletim sisteminin kullanılabilmesi için gerekli hüküm ve şartları içermektedir. Öncelikle bağlantıyı yapacak olan kullanıcıya özgü şartlar açıklanmaktadır. Bu şartlar:

- Lisans no,
- Lisans verilme tarihi,
- Lisans süresi,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Tesis adresi,
- Dağıtım bölgesi,
- Trafo merkezi,
- Gerilim seviyesi,
- Ölçüm noktası,
- Sistem kullanım için öngörülen tarih,
- Maksimum alış/veriş kapasitesi.

Kullanmaya özgü şartlardan sonra karşılıklı yükümlülükler açıklanmaktadır. Karşılıklı yükümlülüklerde mali yükümlülükler konusu açıklığa kavuşturulmaktadır. Buna göre, iletim sistemi kullanım fiyatı ve iletim sistemi işletim fiyatı üzerinden hesaplanan bedellerin kullanıcı (yani RES sahibi) tarafından ödenmesi ile ilgili hususlar açıklanmıştır. Kullanıcı, aylık olarak, iletim sistemi kullanım fiyatı üzerinden tahakkuk ettirilen bedel ile iletim sistemi işletim fiyatı üzerinden tahakkuk ettirilen bedeli TEİAŞ'a ödemekle yükümlüdür. Bunlara ek olarak, mücbir sebep halleri, iletim sistemi kullanımının sona erdirilmesi, devir, temlik ve veriliş ile diğer cezai şartlarda belirtilmektedir. Sistem Kullanım Anlaşması'ndaki bahsedilen diğer bir hususta Anlaşma'nın ekinde verilen devreye alma testleridir. Bu ekte devreye alma programına dahil edilecek olan testleri ve kontrolleri belirler. Aşağıdaki testler yapılır:

Ölçü Trafoları Testi
Yeni ölçü trafoları devreye alınırken TEİAŞ, saha testleri ve denetlemeler ile ilgili olarak aşağıdaki hususları tespit edip kayıt altına almaktadır:

- Seri numaraları, çevirme oranı, gücü, doyma katsayısı, imal yılı, hassasiyet detayları olmak üzere üniteye ait tüm bilgiler,
- Her sekonder sargı için kullanılan çevirme oranı, polaritesi ve ölçüm teçhizatını da gösterir prensip şeması.

Ölçü Trafoları Bağlantı ve Yükleri
Tüm tesis için pratikte mümkün olduğu sürece TEİAŞ aşağıdakileri gerçekleştirir:

- Bağlantılarının doğrulanması,
- Ölçüm hassasiyetinin gerektirdiği en düşük yük değerlerinin standartlara göre (IEC 185, IEC 186) tespit edilip kayıt altına alınması.

Ölçüm Sistemi
Ölçüm sistemi için gerekenler:

- Dengeleme ve uzlaştırma yönetmeliği uyarınca gerekli olan ölçüm sistemi detay bilgilerinin kaydedilmesi,
- Varsa sayaç test terminal bloklarının sağlıklı çalıştığının tespit edilmesi,
- Kablo ve bağlantıların onaylanmış şemaya uygunluğunun tespit edilmesi,
- Sayaç bağlantısının enerjinin akış yönüne doğru yapılmış olduğunun tespiti,
- Yerel sorgulama teçhizatının doğru çalıştığının tespit edilmesi,

gibi testler ölçüm sistemi üzerinde yapılmaktadır.

Saha Testleri
Aşağıdaki testler sahada gerçekleştirilir:

- Önceden kontrolü yapılmamış olan kablo ve bağlantıların kontrolü,
- Sayaç/Yerel Veri Toplama Ünitesi'nin koordineli evrensel saate göre doğru ayarlanmış olduğunun tespiti,
- Sayaç terminallerindeki gerilim bağlantılarının ne fazların sırasının doğru olduğunun kontrolü
- Her sayaçta, güç kaynağı vasıtasıyla uygulanan yükte sayaç kaydının doğru olduğunu teyit etmek amacıyla test edilmesi,
- Sayaç alarm bilgilerinin fonksiyonlarnın kontrol edilmesi,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Sistemde yer alan tüm primer teçhizatının saha testlerinin TEİAŞ prosedürlerine göre yapılması,

hususları ile birlikte saha testleri de bitirilmiş olunur.

RES Elektrik Proje Dosyasının Hazırlanması

Ülkemizde bütün elektrik santral projelerinin elektrik etüt dosyaları uluslararası standartlara göre yapılmaktadır. Buna göre RES elektrik proje dosyasında bulunması gereken hususlar ileriki sayfalarda anlatılmaktadır. Bununla beraber, buradakilerin içeriği mevzuata, projeye ve bazen de idarenin ek taleplerine göre değişim gösterebilmektedir.

RES Proje Dosyası Başlıkları

1) Giriş
- Rüzgar enerjisi
- Proje yerinin tanıtımı
- Projenin tanıtımı
- Yatırımcı kuruluş ile ilgili bilgiler

2) İdari Kısım
- EPDK'dan alınan üretim lisansı
- Enerji Satış anlaşması
- Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Kurulu Bölge Müdürlüğü Kararı
- ÇED olumlu Raporu

3) Genel Bilgiler
- Gerekçeler
- Ulusal elektrik şebekesine bağlantı

4) Kullanılacak RT
- Kontrol, güvenlik, frenleme, ilk yol alma
- RT jeneratörü gerilim üretmesi
- Güç üretme ve şebekeye paralel bağlanma
- Gerilim ve frekans ayarı
- Reaktif güç kontrolü
- Kısa devre durumunda davranışı
- Yerleşim ve İşletme sürekliliği

5) Hesaplar
- Kısa devre hesabı
- Topraklama hesabı
- Gerilim düşümü ve kayıplar

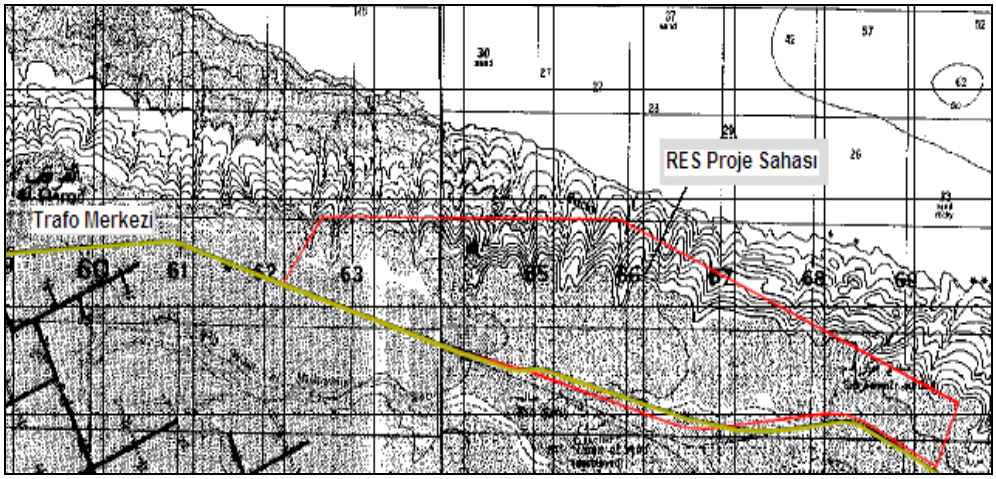
6) Yardımcı TEçhizat
- Trafolar ve köşkleri
- OG Hücreler
- Kesiciler
- Ayırıcılar
- Sigortalar
- Ölçü ve koruma akım trafoları
- Gerilim trafoları
- Enerji sayaçları
- Koruma röleleri

7) Plan ve Projeler
- Tesis tek hat şeması
- Vaziyet Planı

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- OG dağıtım projesi
- Kule ve trafo merkezi O.G. dağıtım detayı
- Şalt merkezi elektrik tesisat planı
- Hücre kesit ve trafo köşkü kesit planı
- Kablo güzergahı kesit planı
- Şalt binası mimari planı

RES içindeki elektrik yapısı hakkında bilgi verilmelidir. RT'lerde üretilen enerji, her RT'nin kendine ait trafosu ile yüksek gerilime dönüştürülmekte ve RT'nin hemen yanında bulunan trafo köşkündeki yük ayırıcısı ile trafo köşkü barasına iletilmektedir. RES'in bağlanacağı TM'nin genel bir şekli verilebilir ve ENH'nın geçiş yönü de belirtilmelidir (Şekil 5.31). Bağlanacak TM ve hat karakteristikleri belirtilebilir.



Şekil 5.31. RES ve trafo merkezi.

Trafo Köşkleri

- Marka
- Malzeme
- Kapılar
- Boyutlar
- Taban
- Yükseklik
- Toprağın gömülen kısım
- Toprak üstü net yükseklik

Trafolar

- Marka
- Anma gücü
- Dönüştürme oranı
- Bağıl kısa devre gerilimi
- Bağlantı grubu
- Soğutma
- Yağ deposu
- Yalıtım seviyesi
- Uygulanan standart

Orta Gerilim Hücreler

- Marka
- Anma gerilim
- Yalıtım seviyesi
- Kısa süreli dayanma akımı
- Darbe kısa devre akımı

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Hücre anma akımı
- Bara anma akımı
- İç ark dayanım akımı
- Topraklama bıçağı kapama yeteneği
- Koruma derecesi
- Uygulanan standart

Kesiciler

- Marka
- Anma gerilim
- Yalıtım seviyesi
- Yalıtım ortamı
- Anma akımı
- Kısa devre kesme akımı
- Akım kesme süresi
- Kapanma süresi
- İşlem dizisi
- Uygulanan standart

Döner Ayırıcılar

- Marka
- Anma gerilimi
- Yalıtım seviyesi
- Yalıtım ortamı
- Anma akımı
- Kısa devre kesme akımı
- 1 saniye süreli dayanım akımı
- Uygulanan standart

Yük Ayırıcıları

- Marka
- Anma gerilimi
- Yalıtım seviyesi
- Kapama akımı
- Anma akımı
- 1 saniye süreli dayanım akımı
- Boştaki kabloyu kesme akımı
- Boştaki trafoyu kesme akımı
- Mekanik işlem sayısı
- Uygulanan standart

Sigortalar

- Marka
- Anma gerilimi
- Anma akımı
- Varsayılı akım kesme yeteneği
- En yüksek aşırı gerilim (tepe)
- En düşük ergime akımı
- Uygulanan standart

Ölçü Akım Trafoları

- Marka
- Anma gerilimi
- Yalıtkan malzeme
- Yalıtım seviyesi
- Dönüştürme oranı

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Sürekli ısıl akım
- Kısa süreli dayanım akımı
- Darbe kısa devre akımı
- Anma gücü
- Sınıfı
- Doyma katsayısı
- Kısa süreli mekanik yük
- Uygulanan standart

Koruma Akım Trafoları
- Marka
- Anma gerilimi
- Yalıtkan malzeme
- Yalıtım seviyesi
- Dönüştürme oranı
- Kısa süreli dayanım akımı
- Darbe kısa devre akımı
- Anma gücü
- Doyma katsayısı
- Kısa süreli mekanik yük
- Uygulanan standart

Gerilim Trafoları
- Marka
- Yalıtkan malzeme
- Dönüştürme oranı
- Yalıtım seviyesi
- Sekonder ısıl yük akımı (ölçme sargısı)
- Anma gerilimi faktörü / 8 saat
- Uzun süreli anma akımı / 8 saat (toprak kaçağı argısı)

Enerji Sayaçları
- Marka
- Akım
- Gerilim
- Yalıtım seviyesi
- Ortalama güç kaybı
- Uygulanan standart

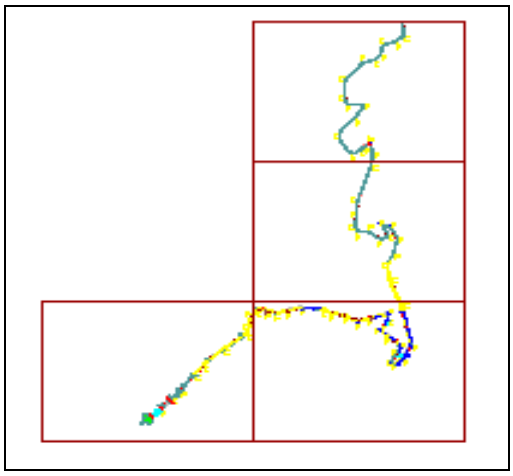
Koruma Röleleri
- Marka
- Akım
- Besleme gerilim gerilimi
- Yalıtım seviyesi
- Ampermetre
- Güç
- Uygulanan standart

Yukarıda sayılan evrak ve projeler hazırlanarak proje dosyası oluşturulur. Bunlara ek bazı proje ve evraklarda talep edilebilir.

5.4 Yol Güzergahı

Karayolundan RES'e kadar yapılacak olan yol güzergahında fizibiliteye eklenmelidir. RES'e yapılacak olan yolun güzergahı tespit edilerek projelendirilmelidir. Şekil 5.32 ile projelendirilmiş bir yol güzergahı görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 5.32. RES yol güzergahı.

Bölüm – 6. RES Yatırım Planı ve Ekonomik Değerlendirme

6.1. Toplam Yatırım Tutarı

Toplam yatırım tutarı yazılmalıdır. Toplam yatırım tutarının hangi kalemlerden oluştuğu belirtilebilir. Genellikle aşağıdaki ana kalemlerden oluşur :

- İnşaat işleri,
- Elektromekanik teçhizat,
- Montaj,
- Enerji nakil hattı,
- Mühendislik ve dizayn,
- Proje yönetimi.

6.2 Yıllık İşletme Giderleri

Yıllık işletme giderlerinin hangi kalemlerden oluştuğu ve toplam miktarı yazılmalıdır. Ülkelere ve bazen de meri mevzuatlarına göre değişen yıllık işletme giderleri, aşağıdaki ana kalemlerden oluşmaktadır :

- Yıllık bakım,
- Personel ve genel giderler,
- Sistem kullanım bedeli,
- Arazi kirası.

6.3. Finansman Planı

RES'in finansman modeli açıklanmalıdır. Finansman için kullanılan özsermaye ve kredi geri ödemelerinin nasıl olacağı anlatılmalıdır.

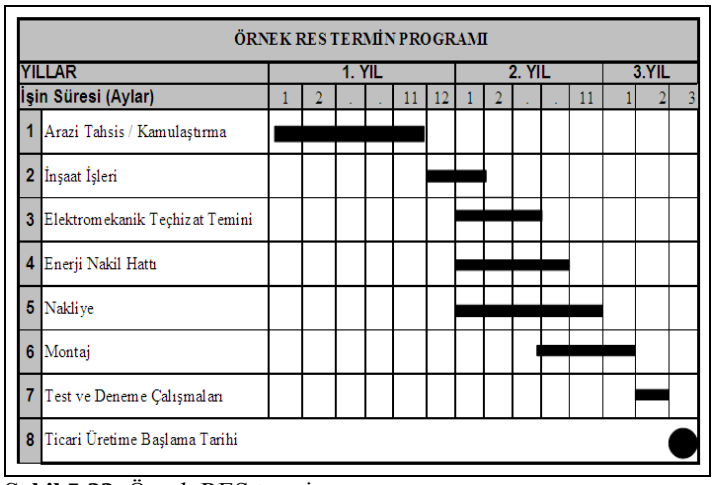
6.4. Proforma Gelir

Santralın proforma gelir gider tablosu ayrıntılı olarak belirtilmelidir.

Bölüm - 7. Projenin Gerçekleşme Süresi

RES'in tahmini veya planlanan inşaat ve işletmeye alma tarihleri ile termin programı verilmelidir. Şekil 5.33 ile örnek bir RES termin programı verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

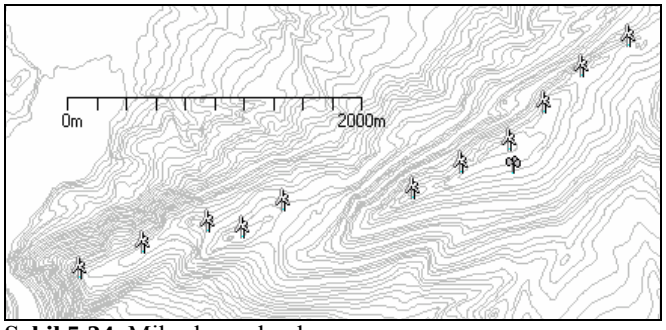


Şekil 5.33. Örnek RES termin programı.

5.2.5 Kullanılacak RT'nin Belirlenmesi

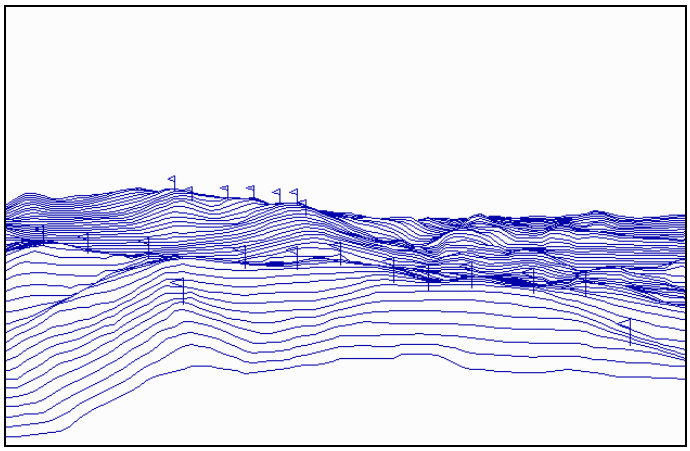
RES'te kullanılacak RT'nin belirlenmesi önemli bir kilometre taşıdır. Bu noktadan sonra bütün uygulama projeleri buna göre yapılmalıdır. Zira daha önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi, kullanılacak RT'nin kurulu gücüne göre değişen, boyu, kanat çapı, ağırlığı, temel tasarımı gibi özellikleri değişmektedir. Uygulama projeleri yapıldıktan sonra RT'nin kurulu gücü ve özelliklerinin değişimi sebebi ile yeniden uygulama projesi gerekmektedir. Bu durumda hem zaman kaybı hem de maliyetin artması anlamına gelmektedir.

Daha önceki kısımlarda mikrokonuşlandırmanın ne amaçla yapılması gerektiği belirtilmişti. Şekil 5.34 ile yapılmış bir RT yerleşimi verilmiştir. Anemometre şekli ile rüzgar ölçüm direği görülmektedir.



Şekil 5.34. Mikrokonuşlandırma.

Şekil 5.35 ile, başka bir proje için RT'lerin kuzeyden görünümü canlandırılmıştır.



Şekil 5.35. RES canlandırma.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

5.3 Üretim Lisansının Alınması

Ülkemiz elektrik piyasasında üretim şirketi olarak faaliyet gösterebilmek için üretim, otoprodüktör veya otoprodüktör grubu olarak lisans alınabilmektedir. Burada üretim lisansı anlatılacaktır. Üretim lisansına başvuracak özel hukuk hükümlerine tabi tüzel kişilerin, 6762 sayılı Türk Ticaret Kanunu hükümleri doğrultusunda anonim şirket ya da limited şirket olarak kurulmuş olmaları zorunludur. Anonim şirket olarak kurulmaları halinde, otoprodüktörler hariç olmak üzere, hisselerinin tamamının nama yazılı olması şarttır. Ancak, hisselerinin tamamı nama yazılı olmayan anonim şirketlere, lisans almalarının EPDK Kurul kararıyla uygun bulunması sonrası anasözleşme değişikliği yapmaları kaydıyla lisans verilebilir. Rüzgar ve güneş enerjisine dayalı üretim tesisinin kurulacağı sahanın, herhangi bir amaçla tahsis edilmemiş kamuya ait arazi olması veya üretim tesisinin kurulacağı saha üzerindeki mülkiyet veya diğer ayni hakların tesis edilmemiş veya bu hakların yetki sahibi gerçek veya tüzel kişilerce tesis edileceğinin taahhüt edilmemiş olması durumunda; rüzgar veya güneş enerjisine dayalı bir üretim tesisi kurmak üzere lisans almak için yapılan ilk başvurunun Resmi Gazetede yayımlanması ve EPDK ilan panosu veya resmi internet sayfasında duyurulmasını izleyen on iş günü içerisinde, aynı bölgede ve aynı kaynağı kullanmak suretiyle üretim tesisi kurmak isteyen diğer tüzel kişiler de lisans almak üzere EPDK'ya başvurabilmektedir. Bu süreden sonra yapılan başvurular kabul edilmemektedir.

5.3.1 Lisans Başvurularının İnceleme ve Değerlendirmeye Alınması

Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'nde belirtilen lisans başvuru esaslarına göre eksiksiz olarak yapıldığı tespit edilen başvuruların inceleme ve değerlendirmeye alınabilmesi için başvuru sahiplerine yazılı bildirimde bulunulur ve lisans alma bedelinin yüzde birinin, bildirim tarihinden itibaren on iş günü içerisinde EPDK hesabına yatırılması istenir. Bu RES yatırımları için de bir nevi teşviktir. Diğer enerji kaynaklarından üretim lisans bedelinin tümü başvuru sırasında istenmektedir. Bu yükümlülüğün yerine getirilmemesi halinde başvurunun reddedilmiş sayılacağı yapılan bildirimde yer alır. Lisans alma bedelinin yüzde birinin EPDK hesabına yatırıldığının ibraz edilmesini takiben lisans başvurusu inceleme ve değerlendirmeye alınır ve başvuruya ilişkin bilgiler EPDK ilan panosu ve resmi internet sayfasında duyurulur. Duyurusu yapılan başvurulara, üçüncü şahıslar tarafından on iş günü içerisinde ve sadece kişisel menfaat ihlali açısından yazılı olarak itirazda bulunulabilmektedir.

İnceleme ve değerlendirmeye alınan üretim lisansı başvuruları hakkında EPDK tarafından, kurulacak üretim tesisinin iletim ve/veya dağıtım sistemine bağlantısı ve sistem kullanımı hakkında TEİAŞ ve/veya üretim tesisinin bulunduğu dağıtım bölgesindeki dağıtım lisansı sahibi tüzel kişiden görüş istenir ve konu hakkındaki görüşler bildirim tarihinden itibaren kırkbeş gün içerisinde sonuçlandırılarak EPDK'ya sunulmaktadır. EPDK yaptığı inceleme ve değerlendirmede tüm lisanslar açısından temel olarak aşağıdaki hususları göz önünde bulundurmaktadır:

a) İlgili mevzuatta öngörülen amaçlara uygunluk,
b) Duyurusu yapılan başvurulara, belirtilen süre içerisinde yazılı olarak yapılan itirazlar hakkında oluşturulan görüşler,
c) Tüketici haklarının korunması ile rekabetin ve piyasanın gelişimine olan etki,
d) Başvuruda bulunan tüzel kişilerin; varsa, yurt içi ve yurt dışı piyasalardaki deneyim ve performansları.

Üretim, otoprodüktör ve otoprodüktör grubu lisansı başvurularının inceleme ve değerlendirilmesinde; kullanılacak yakıt tipi, yakıt tipine göre üretim tesisinin kurulacağı sahanın yer seçimi ile etkin kullanımı da dikkate alınır. Aynı bölge ve aynı kaynak için yapılan başvurularda; lisans verilebilecek tüzel kişi, "Elektrik Enerjisi Üretmek Amacıyla Aynı Bölge ve Aynı Kaynak için Yapılmış Birden Fazla Lisans Başvurusu Olması Halinde Seçim Yapılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ" hükümleri çerçevesinde belirlenir. İnceleme ve değerlendirmeye alınan lisans başvuruları, ilgili mevzuat uyarınca diğer kurum ve/veya kuruluşlardan alınması gereken uygun bulma kararına esas teşkil edecek nihai görüşün, EPDK'ya geliş tarihinden itibaren kırkbeş gün içerisinde sonuçlandırılır. Gerektiğinde bu süre, EPDK tarafından ancak EPDK Kurul kararıyla uzatılabilir ve süre uzatımı başvuru sahibi tüzel kişiye yazılı olarak bildirilir. EPDK tarafından yapılan inceleme ve değerlendirme ve lisans başvurusu EPDK Kurul kararıyla sonuçlandırılır. Lisans başvurusunun EPDK Kurul kararıyla reddedilmesi durumunda, ret gerekçeleri başvuru sahibi tüzel kişiye kararın çıkmasını müteakip on iş günü içerisinde yazılı olarak bildirilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

5.3.2 EPDK Tarafından Olumlu Değerlendirilmesi

İnceleme ve değerlendirme sonucu lisans alması EPDK Kurul kararıyla uygun bulunan başvuru sahibi tüzel kişiye;

1. Şirket anasözleşmesinde gerekli değişiklikleri yapması,
2. Lisans alma bedelinin kalan tutarının EPDK hesabına yatırıldığına ilişkin belgeyi ibraz etmesi durumunda lisans alabileceği ve bu yükümlülüklerin yapılan tebliğden itibaren doksan gün içerisinde yerine getirilmesi halinde lisansının verileceği yazılı olarak bildirilir. Anasözleşme değişiklikleri kapsamında tüzel kişilerin aşağıdaki yükümlülükleri yerine getirmeleri istenir;

    - 6762 sayılı Türk Ticaret Kanunu hükümleri doğrultusunda kurulmuş anonim şirketlerden, hamiline yazılı hisseleri olanların, hisselerinin tamamını nama yazılı hale getirmesi,
    - Teminat mektubunun tamamlanması,
    - Şirket asgari sermayesinin üretim faaliyeti lisansı başvuruları açısından, üretim tesisinin öngörülen toplam yatırım tutarının yüzde onbeşi oranına karşılık gelen miktara eşit olmasının sağlanması istenmektedir.

3. İlk kez lisans almak üzere başvuruda bulunan tüzel kişilerce birden fazla lisans talep edilmiş olması halinde; asgari sermayenin, uygun bulma kararı verilmiş her bir lisans için öngörülen sermaye miktarlarının toplanması suretiyle bulunan miktara eşit olmasının sağlanması,
4. Tüzel kişinin ikametgah adresi dışındaki anasözleşme değişikliklerinde EPDK'nın uygun görüşünün alınacağı hükmüne anasözleşmede yer verilmesi,

hususlarının anasözleşmede yer alması gerekmektedir. Yukarıdaki yükümlülükleri yerine getiren tüzel kişiye Kurul kararı ile lisans verilir, lisans sahibi tüzel kişinin ticaret ünvanı ile aldığı lisans türü ve süresi Resmi Gazete'de yayımlanır ve EPDK resmi internet sayfasında duyurulur.

Üretim, otoprodüktör ve otoprodüktör grubu lisansları için EPDK tarafından uygun bulunan tesis tamamlanma tarihi ve süresi lisanslara eklenmektedir. Tesis tamamlanma tarihinin belirlenmesine esas tesis tamamlanma süresi, diğer mevzuat gereği alınması gereken izinler ve kamulaştırma, mülkiyetin gayri ayni hak tesisi veya uzun süreli kiralama işlemleri kapsayan yerleşim yeri teminine ilişkin süreleri içeren inşaat öncesi süre ile lisans kapsamındaki üretim tesisinin niteliğine göre belirlenen inşaat süresi toplamından oluşur. Lisans sahibi tüzel kişiden kaynaklanmaması şartıyla süre uzatımına gidilmesi ihtiyacının doğması halinde, tesis tamamlanma süresini oluşturan her bir bölüm için tanınan süre sona ermeden, süre uzatımı talebinde bulunulabilir. Tüzel kişinin öne sürdüğü gerekçelerin uygun bulunması halinde, tesis tamamlanma için öngörülen süreler lisans tadili kapsamında uzatılabilir.

Üretim, iletim ve dağıtım faaliyetlerinin gerektirmesi halinde 2942 sayılı Kamulaştırma Kanununda belirtilen esaslar dahilinde kamulaştırma yapılır. Taşınmaz malın mülkiyetinin kamulaştırılması yerine, amaç için yeterli olduğu takdirde taşınmaz malın belirli kesimi, yüksekliği, derinliği veya kaynak üzerinde kamulaştırma yoluyla irtifak hakkı kurulabilir. Tüzel kişilerce, faaliyetleri ile ilgili olarak kamuya ait araziler üzerinde, mülkiyetin gayri ayni hak tesisi veya bu arazilerin kiralanmasının talep edilmesi halinde, bu istek EPDK Kurul tarafından uygun görüldüğünde; EPDK, ilgili kanunlar uyarınca ihtiyaca göre mülkiyetin gayri ayni hak tesisi veya uzun süreli kiralama yoluna gider.

5.3.4 Üretim Lisans Bedelleri

Piyasada faaliyet gösteren tüzel kişilerin EPDK hesabına yatırmak zorunda oldukları ve bir sonraki yıl için geçerli olacak lisans alma, yıllık lisans, lisans yenileme, lisans tadili ve lisans sureti çıkartma bedelleri, her yılın Ağustos ayının sonuna kadar Kurul tarafından belirlenerek Resmi Gazete'de yayımlanır ve EPDK resmi internet sayfasında duyurulur. Lisans alma bedelleri faaliyet konularına ve/veya faaliyet büyüklüğüne göre maktu olarak, yıllık lisans bedelleri ise faaliyet konularına ve üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan veya perakende satışı gerçekleştirilen elektrik enerjisi miktarına göre nispi olarak belirlenir. 2012 yılında uygulanacak olan lisans alma, yıllık lisans, lisans yenileme, lisans tadili ve lisans sureti çıkartma bedelleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir. Tablo 5.9'da üretim faaliyeti için lisans alma bedelleri verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 5.9. Üretim lisans alma bedelleri.

Kurulu güç değeri, "P(MW)"		
0 < P ≤ 10 MW	5.000	(beşbin)TL
10 < P ≤ 25 MW	10.000	(onbin)TL
25 < P ≤ 50 MW	15.000	(onbeşbin)TL
50 < P ≤ 100 MW	25.000	(yirmibeşbin)TL
100 < P ≤ 250 MW	50.000	(ellibin)TL
250 < P ≤ 500 MW	100.000	(yüzbin)TL
500 < P ≤ 1000 MW	150.000	(yüzellibin)TL
P > 1000 MW	250.000	(ikiyüzellibin)TL

(2) Yıllık lisans bedeli: Üretimi yapılan kWh başına 0,003 (sıfırtambindeüç) Kr.

(3) Lisans yenileme bedeli: Lisans alma bedelinin %50'si.

(4) Lisans Tadili: Kurulu güç artışlarında oluşan yeni kurulu güç değerinin tadil öncesi değer aralığını aşması halinde, tadil öncesi değer aralığına karşılık gelen yürürlükteki lisans alma bedeli ile yeni değer aralığına karşılık gelen lisans alma bedeli arasındaki fark kadar, değer aralığının aşılmadığı hallerde ve diğer tadillerde 5.000 (beşbin)TL (Bu hükmün yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine uygulanmasında, hesaplanan lisans tadil bedelinin % 1'i dikkate alınır. Ancak bu bedel 5.000 (beşbin)TL'den az olamaz.)

(5) Lisans Sureti Çıkartma: 1.000 (Bin)TL

5.3.5 İlerleme Raporunun Sunulması

Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinin 45'inci maddesine Lisans sahibi tüzel kişiler, ilgili mevzuat hükümlerine uygun olarak her yılın Ocak ve Temmuz aylarının sonuna kadar Kuruma sunmakla yükümlüdür.

1. İlerleme raporu sunma yükümlülüğü, lisansın verildiği tarihi itibarıyla başlamakta ve tesisin tamamlandığı tarih itibarıyla sona ermektedir,
2. Üretim faaliyeti göstermek üzere EPDK'dan lisans almış tüzel kişiler, lisanslarına derç edilen tesis tamamlanma tarihi ile uyumlu termin programı sunmakla yükümlüdür. Yetkili kişiler tarafından paraflanmak suretiyle sunulacak termin programlarında, lisans tadili yapılmak suretiyle bir değişiklik yapılması halinde, güncellenmiş termin programının da tekrar sunulması gerekmektedir,
3. İlerleme raporları, lisanslara derç edilen tesis tamamlanma tarihine göre oluşturulmuş termin programı esas alınarak hazırlanacaktır,
4. İlerleme raporlarının her sayfası yetkili kişiler tarafından paraflanmalıdır,
5. İlerleme raporları, EPDK'nın resmi internet sayfasında yayınlanan örnek ilerleme raporu formatı içeriğini kapsayacak şekilde hazırlanacaktır. İlerleme raporlarında olması gerekenler:

Bölüm I- Program

1) Lisans alma tarihinden tesis tamamlanma tarihine kadar geçen süreyi içeren ayrıntılı termin programı
2) Termin programına göre hesaplanmış aylık olarak öngörülen tesis tamamlanma yüzdeleri

Bölüm II- Gerçekleşme

1) Rapor dönemine ait aylık olarak gerçekleştirilmesi planlanan faaliyetler ve gerçekleşme durumu
2) Tüm tesise ait fiziki gerçekleşme yüzdesi

Bölüm III- Değerlendirme

1) Rapor dönemine ait planlanmış faaliyetler ile fiziki gerçekleşme arasındaki farka ilişkin değerlendirme
2) Bu farkın tesis tamamlanma tarihine olabilecek etkilerine ilişkin değerlendirme
3) EPDK'ya bilgi verilmesinde gerek görülen diğer konular

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Termin programında yer alması gereken asgari hususlar;

a) Lisans alma tarihi,
b) Kamulaştırma işlemleri,
c) Bağlantı ve sistem kullanım anlaşmalarının imzalanmasının planlandığı tarih,
d) Ünite bazında inşaat, mekanik ve elektrik montaj işleri,
e) Ünite bazında performans testlerinin başlayacağı tarih,
f) Nihai uyum raporunun sunulması planlanan tarih,
g) Tesis tamamlanma tarihi.

Bu bilgiler doldurularak projeler ilgili 6 ayda bir EPDK bilgilendirilmektedir.

5.4 Üretim Lisansı Alındıktan Sonra RES İle İlgili Yapılması Gerekenler

Proje ile ilgili olarak yapılması gerekenler, 5 safhada ve birbirine paralel olarak yapılmalıdır. Bunlar, TEİAŞ ile yapılması gereken Sistem Kullanım ve Bağlantı Anlaşmaları ve bu kapsamda beraber yapılacak ENH için kamulaştırma işlemleri, arazinin bağlı olduğu kamu idaresi veya özel şahıstan tahsisinin yapılması, kullanılacak olan rüzgar türbini seçiminin yapılması ve projenin gerçekleştirilebilmesi için finansman temini ve diğer bürokratik işlemlerdir.

5.4.1 TEİAŞ Sistem Bağlantı ve Kullanım Anlaşması'nın Yapılması

RES'in şebekeye bağlanabilmesi için TEİAŞ APK Dairesi Başkanlığı Sistem Kullanım ve Bağlantı Anlaşmalar Müdürlüğü'nce "Sistem Bağlantı ve Kullanım Anlaşmaları" yapılmalıdır. Sistem kullanım anlaşması tesisin geçici kabulünden bir ay önce olması gerektiğinden, öncelikle sistem bağlantı anlaşmasının imzalanması gerekmektedir.

ENH Kamulaştırma Planlarının Hazırlanması

ENH Kamulaştırması, Sistem Bağlantı Anlaşması'nın eki olduğundan dolayı birlikte ve birbirinin ayrılmaz bir parçası olarak yapılmaktadır.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunca alınan lüzum kararının Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca onaylandığının bildirilmesini müteakip, lisans sahibi özel hukuk tüzel kişileri tarafından kamulaştırma kararı alınması talebini belirten bir dilekçe ve ekinde aşağıdaki belgelerle birlikte Enerji Piyasası Düzenleme Kurumuna başvurulur:

- İlgili kadastro müdürlüğünce onaylanmış 3 adet kamulaştırma planı,
- Kamulaştırma planındaki tüm taşınmaz malların şerhler, beyanlar, ipotekler, hacizler vs.yi ihtiva edecek şekilde ve ilgili tapu sicil müdürlüğünce onaylı tapu kayıtları,
- Kamulaştırma ve adres listesi,
- Kadastro görmeyen yerlerde uygulama zilyetlik tutanakları,
- Kamulaştırılacak taşınmaz mal ve kaynaklar hakkında, ilgili vergi dairesinden alınacak vergi beyan ve değerleri,
- Yapılacak kamulaştırma için, ilgili lisans sahibi tüzel kişi tarafından yeterli mali kaynak ayrıldığına ve kamulaştırma bedelleri ile kamulaştırmadan doğabilecek diğer giderlerin ilgili lisans sahibi özel hukuk tüzel kişisi tarafından karşılanacağına dair taahhütname,
- Üzerinde kamulaştırılacak taşınmaz malların ve kamulaştırma sınırlarının da gösterildiği 1/5000 ölçekli 3 adet genel vaziyet planı,
- İlgili idarelerce onaylı imar planı,
- ENH için "Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumlu" kararı veya "Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir" kararı,

Yukarıdaki işlemler tamamlandıktan sonra, Kamulaştırma işlemleri ve TEİAŞ ile Sistem Kullanım ve Bağlantı Anlaşmaları imzalanabilmektedir. ENH Kamulaştırmasının yapılması, Sistem Bağlantı ve Kullanım Anlaşmaları ile beraber yürümekte ve genellikle hizmet alınan aynı firma tarafından yapılmaktadır. Kamulaştırma işlemi için öncelikle Kamulaştırma projesi hazırlanmalıdır. Bununla ilgili piyasada hizmet veren bir firma ile anlaşılarak aşağıdaki ana hatları ile verilen ve detayı ilerleyen sayfalarda anlatılan işler yaptırılmalıdır:

- Projenin nirengi poligon çalışması,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Mevcut yollar halihazır haritasının çıkarılması,
- Şeritvari ENH halihazır haritasının çıkarılması,
- Vaziyet planlarının çıkarılması,
- Mülkiyet haritalarının çıkarılması
- Tahmini kamulaştırma bedelinin çıkarılması,
- Kamulaştırma planları ile irtifak haklarının ilgili kadastro müdürlüğüne onaylatılması.

ENH'nın geçtiği bölgelerdeki mülkiyet durumuna göre, diğer bazı çalışmalar da istenebilir. RES Sistem Bağlantı Anlaşması'nın yapılabilmesi için TEİAŞ ile öncelikle Tesis Sözleşmesi imzalanmalıdır. Tesis Sözleşmesi'nin 2 kısmı bulunmaktadır. RES'in 380/154/OG bağlanacağı Trafo Merkezinde (TM) kaç adet 380/154/OG kV'luk fider donatılması ve 380/154/OG kV, kurulu güç MVA'lık ve yeterli sayıda transformatör tesisi işi ile; 380/154/OG bağlanacağı TM'den itibaren karakteristiği belli olan mesafe (km) uzunluğunda ENH'nın tesisi TEİAŞ ile yapılacak Tesis Sözleşmesi'ni oluşturmaktadır.

Tesis Sözleşmesinin yapılabilmesi için yapılacak işler ile ilgili, TEİAŞ bünyesinde bulunan Enerji İletim Hatları Proje Tesis Kamulaştırma ve Çevre Dairesi Başkanlığı yetkilidir. RES Projesinde yapılacak bütün işler için gerekli şartname ve tip projeleri TEİAŞ'tan sağlanmaktadır. İmzalanan Tesis Sözleşmesi hükümleri uyarınca aşağıdaki işler yapılmaktadır.

a. Kamulaştırma ve irtifak haklarına ilişkin işlemlere TEİAŞ tarafından başlanabilmesini teminen Tesis Sözleşmesi'nin imzalanmasını izleyen 30 gün içerisinde tesis bedelinin %20'sini nakden TEİAŞ Mali İşler ve Finansman Daire Başkanlığı'nın veznesine veya banka hesabına; kalan %80'lik kısmı için de derhal nakde çevrilebilen kesin ve süresiz teminat mektubu verilmelidir,

b. Bu işlemler ile ilgili vezne alındı makbuzu/banka dekontu ve Mali İşler ve Finans Yönetimi Dairesi Başkanlığının banka teminat mektubunun alındığına dair yazısı TEİAŞ APK Daire Başkanlığına ulaştırıldıktan sonra TEİAŞ, kuracağı komisyon marifetiyle ENH ve kamulaştırmaya başlamaktadır,

c. Öncelikle TEİAŞ Enerji İletim Hatları Proje Tesis Kamulaştırma ve Çevre Dairesi Başkanlığı tarafından 1:25 000 ölçekli haritada ENH güzergah planı çıkarılır. Bunu takiben, TEİAŞ Enerji İletim Hatları Proje Tesis Kamulaştırma ve Çevre Dairesi Başkanlığı yetkilileri, Şirket temsilcisi ve Haritacı ile arazide güzergah tesbiti yapılır,

d. Haritacı tarafından, güzergahın boy kesiti (profili) çıkarılır,

e. TEİAŞ Enerji İletim Hatları Proje Tesis Kamulaştırma ve Çevre Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan teknik şartnameleri kullanılarak RES için "ÇED Gerekli Değildir" raporu alınmalıdır.

f. TEİAŞ Enerji İletim Hatları Proje Tesis Kamulaştırma ve Çevre Dairesi Başkanlığı tarafından direk tevzi listesinin hazırlanması,

g. Santral için Şalt ve TM Bağlantı Projelerinin Hazırlanması,

h. ENH boyunca kullanılacak her bir direğin piketaj ve n-kesitlerinin çıkarılması,

i. Direkler için Kamulaştırma, nakil hattı için de irtifak planlarının hazırlanması,

Enerji nakil hatları için aşağıda listede belirtilen şeyler hazırlanmalıdır:

- 1/5000 ölçekli kamulaştırma haritası (Üzerinde idare dosya numaraları, kuzey oku, ada ve parsel numaraları, direk numaraları, ülke pafta bölüm çizgileri, ülke pafta adları, il, ilçe ve köy/mah. adları, plan numaraları, karelaj ve karelaj değerleri bulunacak ve ülke koordinat sisteminde hazırlanmış olarak),
- Köy bazında kadastro gören yerlerde kadastro paftası ölçeğinde hazırlanmış kamulaştırma haritası (kadastro görmeyen yerlerde ise 1/2000 ölçekli ülke koordinatında hazırlanmış kamulaştırma haritası),
- Nirengi, poligon ve arazi işlerine ait teknik rapor,
- Nirengi/poligon koordinat özet çizelgesi,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Nirengi/poligon hesabı,
- Nirengi rasatları,
- Dizi nirengi kenar hesabı,
- Poligon açı kenar hesabı,
- Nirengi/poligon röperleri,
- Direk orta merkezleri koordinatları,
- Direk köşe noktaları koordinatları,
- Projedeki direkler arası mesafeler ile arazide direkler arası mesafeleri gösterir liste,
- Hattın imar planı içinde kalan kısmı var ise bu kısmın imar planı ve belediye meclis kararı,
- Ülke koordinatından imar ve kadastro koordinatına dönüşüm parametreleri,
- Kutupsal alım hesabı,
- Detay ölçü krokileri,
- 1/25000 ölçekli nirengi kanavası,
- 1/10000 ölçekli poligon kanavası,
- İdarece onaylı kamulaştırma ve irtifak sınır köşe koordinatları,
- Kadastro gören yerlerde kadastro gören yerlere ait tescil bildirim beyannamesi (Kadastro görmeyen yerlerde ise kadastro görmeyen yerlere ait tescil bildirim beyannamesi),
- Kadastro gören yerlerde tapu kayıt suretleri (Kadastro görmeyen yerlerde zilyetlik tutanakları),
- Kamulaştırılacak taşınmaz listesi,
- İhdasen tescil edilecek alanlara ait alan hesapları ve ölçü krokileri,
- Ormanlık sahalara ait alan hesapları ve ölçü krokileri,
- İdarenin belirleyeceği formatta yapılan işlerin kayıtlı olduğu CD.

Trafo ve diğer tesisler için ise;

- 1/1000 ölçekli kamulaştırma haritası,
- Kadastro gören yerlerde kadastro paftası ölçeğinde kamulaştırma haritası, kadastro görmeyen yerlerde ise 1/2000 ölçekli ülke koordinatında kamulaştırma haritası,
- Nirengi, poligon ve arazi işlerine ait teknik rapor,
- Nirengi, poligon koordinat özet çizelgesi,
- Nirengi, poligon hesabı,
- Nirengi rasatları,
- Dizi nirengi kenar hesabı,
- Poligon açı kenar hesabı,
- Nirengi, poligon röperleri,
- Trafo vb binaların köşe koordinatları,
- İmar içindeki trafo vb tesislerin isabet ettiği imar paftaları ve belediye meclis kararı,
- Ülke koordinatından imar ve kadastro koordinatına dönüşüm parametreleri,
- Kutupsal alım hesabı,
- Detay ölçü krokileri,
- 1/25000 ölçekli nirengi kanavası,
- 1/10000 ölçekli poligon kanavası,
- İdarece onaylı kamulaştırma sınır köşe koordinatları,
- Kadastro gören yerlerde kadastro gören yerlere ait tescil bildirim beyannamesi (Kadastro görmeyen yerlerde ise kadastro görmeyen yerlere ait tescil bildirim beyannamesi),
- Kadastro gören yerlerde tapu kayıt suretleri (Kadastro görmeyen yerlerde zilyetlik tutanakları),
- Kamulaştırılacak taşınmaz listesi,
- İhdasen tescil edilecek alanlara ait alan hesapları ve ölçü krokileri,
- Ormanlık sahalara ait alan hesapları ve ölçü krokileri,
- İdarenin belirleyeceği formatta yapılan işlerin kayıtlı olduğu CD.

İmar uygulaması için yapılacak işler:

- 1/1000 ölçekli parselasyon haritası,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- 1/5000 ölçekli ada bölüm grafiği,
- Nirengi, poligon ve arazi işlerine ait teknik rapor,
- Nirengi, poligon koordinat özet çizelgesi,
- Dizi nirengi kenar hesabı,
- Poligon açı kenar hesabı,
- Nirengi, poligon röperleri,
- İmar içindeki trafo vb tesislerin isabet ettiği imar paftaları ve Belediye Meclis Kararı,
- Ülke koordinatından imar ve kadastro koordinatına dönüşüm parametreleri,
- Detay ölçü krokileri,
- 1/25000 ölçekli nirengi kanavası,
- 1/5000 ölçekli poligon kanavası,
- İhdas haritası, ölçü krokisi ve alan hesabı,
- İmar adaları alan hesapları,
- Tapu kayıt suretleri,
- Mal sahipleri araştırma ve özet formu,
- Tescile esas dağıtım cetveli,
- Ada dağıtım cetvelleri,
- İmar adaları listesi,
- Fen klasörü,
- İdarenin belirleyeceği formatta yapılan işlerin kayıtlı olduğu CD.

k. Hazırlanan kamulaştırma ve irtifak planlarının ilgili Kadastro Müdürlüğü'ne onaylatılması,

l. Kadastro Müdürlüğü'ne TEİAŞ Enerji İletim Hatları Proje Tesis Kamulaştırma ve Çevre Dairesi Başkanlığı'na sunularak Kamulaştırılmaya başlanılmaktadır,

m. Hazırlanan Kamulaştırma Planı, TEİAŞ APK Dairesi Başkanlığı Sistem Kullanım ve Bağlantı Anlaşmalar Müdürlüğü'ne sunulur. Özel şahıslara ait arazilerde ihtilaf çıkar ise, arazi sahibi mahkemeye başvurabilmektedir. ENH geçeceği yerlerin kamulaştırma işlemleri yaklaşık 10 ay sürmektedir, eğer özel şahıslar dava açar ise, süre 2- 3 yıla kadar uzayabilmektedir.

Tesisler yapıldıktan sonra, TEİAŞ'ın görev yetki ve sorumluluğu çerçevesinde TEİAŞ'tan kabul istenecektir. Bu kabuller sırasında 07.05.1995 tarih ve 22280 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği Hükümleri geçerli olacaktır. Geçici kabullerden önce şalt sahası ve primer/sekonder teçhizata ait testler TEİAŞ gözlemcisi nezaretinde yaptırılacak ve sonuç raporları TEİAŞ'a sunulmalıdır.

Tesis yerinin/güzergahının orman sayılan yerlere rastlayan kısımlarına ilişkin olarak ilgili orman idaresinden alınması gereken izin-irtifak hakkına yönelik yapılacak müracaat TEİAŞ tarafından gerçekleştirilecek olmakla birlikte, buna ilişkin işlemlerin takip ve sonuçlandırılması Şirket tarafından yürütülecektir.

RES Tesis Sözleşmesi kapsamında yapılacak tesislere ilişkin tüm kamulaştırma masrafları (mahkeme masrafları, tapu harçları, kadastro kontrol ve ifraz harçları, eğitime katkı payları, özel işlem vergileri, ilan giderleri v.s.) Şirket tarafından karşılanacaktır. Yapılacak tesislerin mülkiyetinde bulunmayan taşınmazlarda yer alan kısımları için tesis ve kullanım süresince yapılacak kamulaştırmalara ilişkin tüm bedeller, bedel artırımları da dahil olmak üzere Şirket tarafından karşılanacaktır.

Kamulaştırma bedelleri ve masrafları olarak Şirket tarafından TEİAŞ adına yapılan ödemeler "Tesis Yatırım Bedeline" dahil edilecek ve Şirketin yıllık olarak ödemekle yükümlü olduğu Sistem Kullanım Bedelinden düşülecektir.

5.4.2 RES Kurulacak Arazinin Tahsisinin Yapılması

Ülkemiz elektrik piyasasında rüzgar, jeotermal veya termik enerjilerden elektrik üretim faaliyetinde bulunan tüzel kişilerin EPDK'dan kamulaştırma talep etmeleri halinde öncelikle EPDK tarafından "Lüzum Kararı" gerekmektedir. Lisans başvurusu sırasında sunulması gereken bilgi ve belgeler arasında üretim tesisinin kurulacağı sahaya ait 1/5000 ölçekli kadastral pafta üzerinde mülkiyet dağılımının gösterildiği yerleşim yeri projesinin de yer alması gerekmektedir. RES'in kurulabilmesi için gerekli olan taşınmaz malların orman, maliye hazinesi, diğer kamu kurum ve kuruluşları ya da

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

özel mülkiyete ait olmaları veya mera, yaylak ve kışlak alanları olarak ayrılmış bulunmaları durumunu gösteren mülkiyet dağılımlarının sınırlandırıldığı ve bu alanlara denk gelen üretim tesisi unsurlarının gösterildiği böyle bir plan, lisanslara derç edilecek tesis tamamlanma süresinin daha doğru belirlenebilmesi için bu belgeler istenmektedir. Kamu yararı kararı yerine geçmek üzere lüzum kararı, lisans verme kararı ile birlikte EPDK tarafından eş zamanlı olarak alınacaktır. Bu itibarla, lisans başvurusu sahibi tüzel kişilerin, EPDK tarafından lisans verilmesinin uygun bulunduğunun tebliğ edilmesini takiben kamu yararı kararı yerine geçmek üzere lüzum kararı alınması talebi ile EPDK'ya başvuruda bulunmaları istenilecektir. Lisans başvurusu uygun bulunan tüzel kişilerin kuracakları tesislerin kadastro çalışmaları tamamlanmış olan yerlerde bulunması halinde, lisans verilmesinin değerlendirildiği bu süreç dahilinde, ilgili tüzel kişilerden istenen belgeler arasında tapu kütüğü kayıtlarının da yer alması gerekmektedir.

EPDK tarafından alınan lüzum kararının Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca onaylandığının bildirilmesini müteakip, lisans sahibi özel hukuk tüzel kişileri tarafından kamulaştırma kararı alınması talebini belirten bir dilekçe ve ekinde aşağıdaki belgelerle birlikte EPDK'ya başvurmalıdır:

a) İlgili Kadastro Müdürlüğünce onaylanmış 3 adet kamulaştırma planı (EPDK formatına göre hazırlanmış),
b) Kamulaştırma planındaki tüm taşınmaz malların şerhler, beyanlar, ipotekler, hacizler vs. ihtiva edecek şekilde ve ilgili Tapu Sicil Müdürlüğünce onaylı tapu kayıtları,
c) Kamulaştırma listesi (EPDK formatına göre hazırlanmış),
d) Adres listesi (EPDK formatına göre hazırlanmış),
e) Kadastro görmeyen yerlerde uygulama zilyetlik tutanakları,
f) Kamulaştırılacak taşınmaz mal ve kaynaklar hakkında, ilgili vergi dairesinden alınacak vergi beyan ve değerleri,
g) Yapılacak kamulaştırma için, ilgili lisans sahibi tüzel kişi tarafından yeterli mali kaynak ayrıldığına ve kamulaştırma bedelleri ile kamulaştırmadan doğabilecek diğer giderlerin ilgili lisans sahibi özel hukuk tüzel kişisi tarafından karşılanacağına dair EPDK formatına göre hazırlanmış taahhütname,
h) Üzerinde kamulaştırılacak taşınmaz malların ve kamulaştırma sınırlarının da gösterildiği 1/5000 ölçekli 3 adet genel vaziyet planı,
i) İlgili idarelerce onaylı imar planı,
j) "Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumlu" kararı veya "Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir" kararı,
k) Enerji Nakil Hattına ilişkin kamulaştırmalarda, sistem kullanım ve bağlantı anlaşmalarının örnekleri.

Bazı durumlarda acele kamulaştırma da gerekebilmektedir. EPDK tarafından bunun ile ilgili de bir düzenleme yapılmıştır. Buna göre, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunca Yapılacak Kamulaştırmalarda 2942 sayılı Kamulaştırma Kanununun 27 nci maddesinin uygulanması hakkında Bakanlar Kurulu Kararı ile 30 Eylül 2004 tarih ve 25599 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan ve aşağıda örneği gösterilen Bakanlar Kurulu Kararına göre, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunca Yapılacak Kamulaştırmalarda 2942 sayılı Kamulaştırma Kanununun 27 nci maddesi uygulanmaktadır. Ülkemizdeki RES proje sahaları çoğunlukla Çevre ve Orman Bakanlığı'na aittir. Orman alanlarının bedeli mukabili izin ile kullanılabilmesine dair hususlar 6831 Sayılı Orman Kanunu'nun 17. Maddesi'nin, 17.06.2004 tarih ve 5192 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan son haline göre, kamu yararı içeren faaliyetler için 49 yıla kadar süreyle bedeli karşılığında izin verilebilmektedir. İzin süresinin sonunda tüm bina ve tesisler bedelsiz olarak Orman Genel Müdürlüğü'nün tasarrufuna geçer. İzin şartlarına uygun faaliyet gösterenlerin izin süreleri, tesislerin rayiç değerine göre belirlenecek yıllık bedel ile 99 yıla kadar uzatılabilir. Bu durumda tüm bina ve tesisler bu sürenin sonunda devredilir.

Şu anda yürürlükteki mevzuata göre; izin verilmesi halinde tahsil edilecek bedeller şöyledir:

1. 05.04.1995 tarih ve 22249 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Orman Arazilerinin Tahsisi Hakkında Yönetmelik (Sekizinci Bölüm, Madde: 52, 53, 54, 57).
2. 24.03.2002 tarih ve 24705 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Orman Köylüleri, Kalkınma Hizmetlerine İlişkin Esas ve Usuller (Madde: 5/b).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3. 24.03.2002 tarih ve 24705 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Hizmetlerine İlişkin Esas ve Usuller (Madde: 4/f).

Bu kapsamda tahsil edilen bedeller yıldan yıla değişim gösterebilir, bu amaçla son bedeller öğrenilerek hesaplamalar yapılmalıdır. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'un "Arazi ihtiyacına ilişkin uygulamalar" başlığı altındaki 8. maddesi bu konuda şu düzenlemeyi yapmıştır:

Orman veya Hazinenin özel mülkiyetinde ya da Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan her türlü taşınmazın bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yapmak amacıyla kullanılması halinde, bu araziler için Çevre ve Orman Bakanlığı veya Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında izin verilir, kiralama yapılır, irtifak hakkı tesis edilir veya kullanma izni verilir. Yatırım döneminde izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine yüzde elli indirim uygulanır. Orman arazilerinde ORKÖY ve Ağaçlandırma Özel Ödenek Gelirleri alınmaz. Dolayısı ile tesis bedelinin %5'i yatırılmayacaktır. Orman İdaresi'nden yapılacak arazi tahsisi için aşağıdaki işlemler yapılmalıdır:

- Orman İdaresi'nden öncelikle ön izin alınmalıdır, bu ön iznin süresi 2 yıl olarak verilmektedir ve bir defaya mahsus olmak üzere 12 ay süre uzatılabilmektedir. Ön izin alınabilmesi için yapılacak başvuruda, üretim lisansı, 1:25000, 1:5000 ve 1:1000 ölçekle haritalarda vaziyet planı gösterilmelidir,
- Tesis bedelinin hesaplanabilmesi için Orman İdaresine tesis ile ilgili alınan bütün proforma faturalar sunulur ve Orman İdaresi bedeli çıkarır,
- Ön izin alınabilmesi için Orman Takip ve Kontrol Heyeti kurulur. Bu Heyet, Kadastro ve Mülkiyet Şube Müdürü veya Şubesinden görevlendirilecek bir teknik eleman başkanlığında ilgili Orman İşletme Müdür Yardımcısı veya bir teknik, İlgili Orman İşletme Şefi ile yeteri kadar memur, işçi, gerektiğinde muhtar, ihtiyar heyeti üyesi veya bilirkişiden oluşmaktadır. Pratikte genellikle 3 kişilik heyet katılmaktadır (İlgili Orman İşletme Şefi, Kadastro ve Mülkiyet Şube Müdürlüğü'nden bir uzman ve ilgili Orman Bölge Müdürlüğü'nden bir uzman),
- Yol, proje, keşif ve keşif özetlerinin orman yüksek mühendisi veya orman mühendisi, şerit, hızar ve orman ürünlerini birinci el olarak işleyen fabrika tesislerinin yerleşim planı ve fizibilite raporları, orman yüksek mühendisi, ve orman endüstri mühendisi tarafından düzenlenerek imzalanıp Orman Mühendisleri odasına onaylattırılması,
- Orman İdaresi'ne aşağıdaki bedellerin yatırılarak kesin tahsisin yaptırılması.

    - Tesis bedelinin 5/1000'i oranında yıllık kira bedeli ödenir. İlk yıl yatırım dönemi olduğu için kiranın sadece yarısı yani 2.5/1000'i oranındaki bedel ödenir.
    - Hektar başına bir sefere mahsus belirlenen değer (YTL) ağaçlandırma bedeli ödenerek Orman İdare'sinden metre kare esasına göre kesin tahsis yapılır.

5.4.3 Diğer İşlemlerin Yapılması

Yukarıdakiler ile beraber, paralel olarak yapılması gerekli diğer prosedürler aşağıda verilmiştir. Bununla beraber, projeye müdahil olduktan sonra ortaya çıkabilecek durumlar ile ilgili yapılması gerekebilecek prosedürler daha sonra eklenecektir.

İmar İzninin Alınması

Orman İdaresi'nden ön iznin alınmasını müteakip ilgili Belediye veya ilgili Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü'nden imar izni alınır.

ÇED Gerekli Değildir Raporunun Alınması

Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Genel Müdürlüğü Altyapı Yatırımları ÇED Dairesi Başkanlığı Enerji Yatırımları Şube Müdürlüğü'nden santralın kurulacağı saha için "ÇED Gerekli Geğildir" raporu alınmalıdır.

SİT Dışı Raporunun Alınması

Kurulacak RES'in bulunduğu bölgesinin bağlı bulunduğu Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'ndan RES'in kurulduğu arazinin "SİT Dışı" olduğuna dair yazının alınması gerekmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Bunun için ilgili Anıtlar Yüksek Kurulu'na resmi yazı yazılarak proje sahası için Komisyon oluşturmaları arz edilir. Başvurulurken aşağıdaki evraklar sunulmalıdır:

- EPDK Üretim Lisansı,
- Genel vaziyet planı,
- Yapılacak işi kısaca tarifleyen bir yazı.

Oluşturulan Komisyon Şirket yetkilileri ile saha gezdirilerek proje hakkında yerinde bilgi verilir ve proje sahası SİT Dışı ise, Kurul tarafından bunun onayı alınır.

Bölgede Bulunabilecek Radyo Link ve Verici İstasyonları
RES kurulacak arazilerde genellikle verisi istasyonlar bulunmaktadır. Bunlar; Türk Telekom'a ait iletişimi sağlayan Radyo Link istasyonları, Belediye'nin acil durumlarda kullandığı telsiz istasyonu ve bazen de cep telefonları şirketlerine ait roamingi sağlayan baz istasyonlar bulunabilmektedir. Mevzuat gereği, bu tip istasyonların etrafında kurulacak herhangi bir tesis için en az 400 metre mesafe koşulu vardır. Bölgede rüzgar türbinlerinin mikrokonuşlandırılması yapılırken bu kurala uyulmalıdır. Bununla beraber, adı geçen kurumlar ile temasa geçilerek proje hakkında olumlu görüş almak gerekebilmektedir.

5.5 Finansman Temini
Herhangi bir yatırım projesindeki en önemli konudur. Ülkemizde projelerin en zorlu aşamasını finansman aşaması oluşturmaktadır. Sermayenin pahalı ve bankaların uzun dönemli kredi vermeye pek sıcak bakmamaları dolayısı ile yatırımcılar, yurtdışından proje finansmanı arayışına girmektedirler. Yurtdışı proje finansmanı, uluslararası kuruluşlar, bankalar ve diğer finans kurumlarından sağlanan krediler olarak bilinmektedir. RES projelerinin uzun dönemli ve düşük faizli krediler gerektirmektedir. 1950 ve 1960'lı yıllarda geliştirilen proje kredisi büyük yatırım tutarları gerektiren enerji ve madencilik sektörlerindeki projelerin finansmanında kullanılmıştır. Projenin kendisinin garanti olması önemli bazı kolaylıklar getirmektedir. Sendikasyon kredisi de, yüksek maliyetli yatırımlar için kullanılan diğer bir finansman yöntemidir. Projelerin finansmanı için birçok farklı model bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak İhraç Kredisi, Eximbank Kredisi, Sendikasyon Kredisi, Ticari Kredi, Proje Kredisi vb gibi birçok model verilebilir. Fakat RES projeleri için en iyi yöntem, Proje Kredisi ve Sendikasyon Kredisidir. Özellikle proje kredisinde yatırımcının herhangi bir öz varlığını ipotek veya garanti olarak vermesi gerekmemektedir, zira projenin kendisi teminattır. Proje finansmanında 4 ana risk bulunmaktadır:

a) *Proje Realizasyon Öncesi Risk (Pre-Completion Risk*): Burada projeyi finanse eden kuruluş, projenin yapılabilir olup olmadığına bakmaktadır. Bu amaçla bağımsız müşavir kuruluşlardan yararlanılır. Projenin teknik açıdan öngörülen hedeflere ulaşıp ulaşmayacağının kontrol edilmesi amacı ile genel bir durum değerlendirmesi yapılır (due diligence). RES projelerinde buna en iyi örnek olarak tahmini yıllık üretimin tutup tutmayacağı örnek verilebilir.

b) *Proje Realizasyon Sonrası Risk (Post-Completion Risk)*: Bu safhada finansman kuruluşu, projede işlerin yolunda gittiğini görmek için kontroller yaptırmaktadır. RES içindeki ekipmanların bakım ve onarımının zamanında yapılıp yapılmadığı örnek verilebilir.

c) *Finansal Risk*: Aslında proje riski dendiği zaman akla ilk gelen risktir. Projenin mali analiz ve nakit akış tablolarına bakılarak proje ile ilgili karar verilebilir. Proje kredi ve faizini ödedikten sonra kabul edilebilir bir kar bırakmıyor ise, finansör için tatmin edici bulunmaz. Finansal risklerin içerisinde öngörülmeyen maliyetler, döviz kur riski, faiz oranı değişimleri ve ülkenin enflasyon durumu da bulunmaktadır.

d) *Politik Risk*: Finansörler tarafından dikkate alınan diğer bir önemli risk unsurudur. Ülkenin politik bakımdan istikrarlı bir yapıda olması beklenmektedir.

Proje Kredisi
Proje kredisi, finansmanı sağlayan kuruluşun, kredi geri ödemelerini proje gelirleriyle ve nakit akışıyla sağlayabileceğine inanması ile mümkündür. Burada teminat projenin kendisidir. Herhangi bir projenin finanse edilebilmesi için iki temel kural bulunmaktadır:

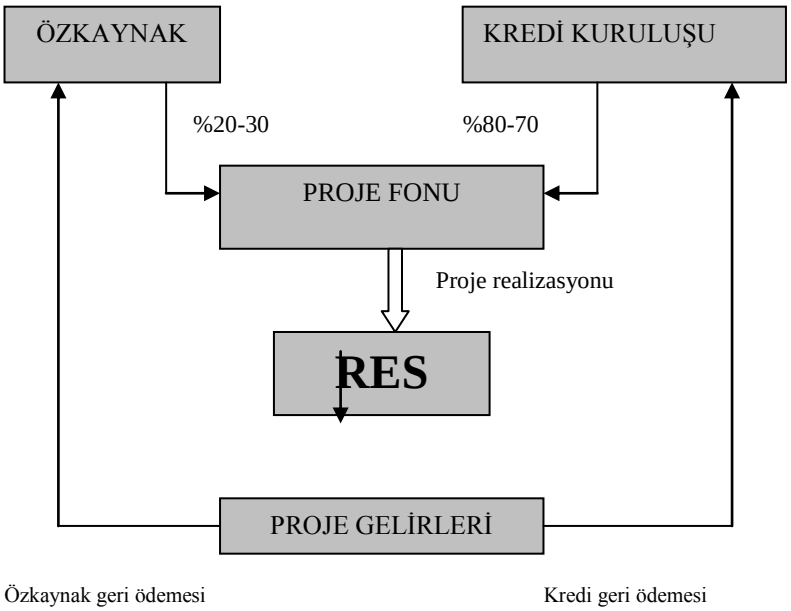
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Proje bağımsız olarak borcunu ödeyip yatırımcıya makul bir temettü (dividend) sağlıyorsa,
- Proje teknik olarak yapılabilir,

ise, proje kendini geri ödeyebilmektedir. Enerji projelerinde sıkça kullanılan proje kredisi yöntemi, diğer finansman yöntemlerinden daha avantajlıdır. Bunları aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz:

- Teminatın kendisi projedir, yatırımcıdan ek taahhütler gerektirmez,
- Kredi/özkaynak oranı daha büyüktür,
- Ülke ve politik risklerin azaltılması amacı ile yatırımcılar yabancı ortaklarla işbirliğine girerek (joint venture) finansman bulabilirler,
- Yatırımcının kendisinin kredi bulamadığı bir ortamda proje için bulunabilir.

Aşağıdaki Şekil 8.17, çok basit olarak RES proje finansmanının işleyişini göstermektedir. Yatırımcı, %20-30 civarında öz kaynak koymakta, dolayısıyla geriye kalan %80-70 finansör kuruluştan gelmektedir. Proje gerçekleştirilmeden önce fon kurularak, para fonda toplanmaktadır ve proje gerçekleştirildikten sonra da, oluşan proje gelirlerinden öz kaynak ve kredi geri ödemeleri yapılmaktadır.



Şekil 8.17. RES proje kredisi finansmanı.

Proje kredisi veren birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Bunları bölgesel ve küresel olarak ikiye ayırmak mümkündür. Özellikle kalkınma bankaları altyapı projelerini finanse etmektedirler. Tablo 5.11, uluslararası projelere destek veren bazı yarı kamu yarı özel kuruluşları göstermektedir.

Tablo 5.11. Küresel ve bölgesel olarak projelere kredi veren bazı kuruluşlar.

Küresel	**Bölgesel**
International Bank for Reconstruction and Development (IBDR)	European Development Fund (EDF)
World Bank	European Investment Bank (EIB)
International Finance Corporation (IFC)	Inter American Development Bank (IADB)
Multilateral Investment Guarantee Agency	Asian Development Bank (ADB)

Sendikasyon Kredisi

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

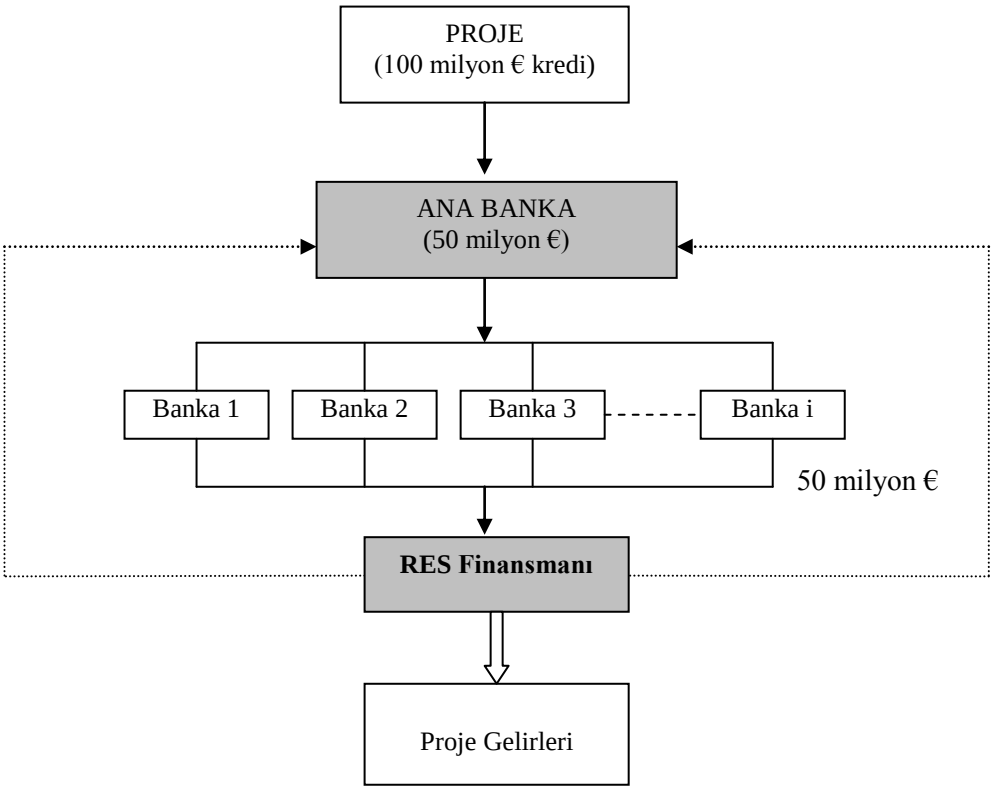
Riskin bölüşülebilmesi için yüksek yatırım tutarı gerektiren altyapı projelerinin finanse edilebilmesi için geliştirilmiş bir finansman modeldir. Genellikle 3 ana katılan bulunur: Ödünç alan (borrower), ana banka (lead manager) ve küçük katılımcılar (participants). Süreleri genellikle 15 yıl olup LIBOR (London Interbank Offered Rate) + ... veya US Prime Rate + ... şeklinde faizlendirilerek kullandırılan bir kredi şeklidir. Genellikle 4 tip sendikasyon kredisi kullandırılmaktadır. Bunlar:

1. *Geleneksel sendikasyon kredisi-değişken faizli (Traditional syndicated loans-floating rate):* Kredi bir defada çekilir ve belirlenen sürede geri ödemesi yapılır. Genellikle ödemenin yapılmayacağı belli bir süre belirlenir (grace period). Tek bir banka tarafından müzakereleri yapılarak sonuçlandırılarak ve diğer bankalarla sendikasyona gidilir. Faiz değişkendir.
2. *Sendikasyon banka kredisi–sabit faiz (Syndicated bank loan-fixed rate):* Geleneksel sendikasyon kredisinin aynısı olup sadece faiz sabittir.
3. *Dönen krediler (Revolving credit)*: Para belirlenen program dahilinde belli aralıklarla çekilir.
4. *Standby kredisi (Standby facility):* Geleneksel sendikasyon kredileri genellikle belirlenen programa göre verilmekte iken stanby kredilerinde alıcı istediği zaman krediyi belli miktarlarda çekebilmektedir.
5. *Çok seçenekli kredi (Multi-option facilities):* Orta vadeli bir kredi türü olup esnek yapıdadır ve kredi maliyetleri ucuzdur.

Sendikasyon kredilerinin prosedüründe belli adımlar vardır ve onlar takip edilmelidir. Her adım kedi veren kuruluşu tatmin edecek şekilde olmalıdır. Kredi sağlayan kuruluş, müşteri ve ana banka arasında tam mutabakat olmalıdır ve aşağıdaki hususların çözülmesi gerekmektedir:

- Sendikasyona girecek banka sayısı ve oranları,
- Kredi koşulları ve ne zaman hangi program dahilinde kullandırılacağı,

Şekil 5.36, tipik bir sendikasyon kredisi işlemlerinin nasıl gerçekleştirildiğini anlatmaktadır.



Şekil 5.36. RES için sendikasyon kredisi yapısı.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

5.6 İhale Açılması

Proje planlama ve yönetim aşamasının son safhası ise, kurulması düşünülen RES için ihale açarak tekliflerin toplanması ve en uygun olan teklife işin verilmesidir. Bu amaçla gerek ülkemizdeki mevzuata göre ve gerekse de uluslararası bir şartnamede olması gerekenler üzerinde durulacaktır. Burada ülkemizde anahtar teslim (turnkey) ve uluslararası dilde "*EPC-Engineering Procurement and Construction"* olarak bilinen modele göre projenin yapılabilmesi amacı ile şartnamede olması gerekenler anlatılacaktır. Bu kitapta EPC yerine, MTİ (Mühendislik Tedarik ve İnşaat) kullanılacaktır.

İşveren tarafından RES'in yapımı için açılan ihalede; açık ihale usulü, belli isteklıler arasında ihale usulü veya pazarlık usulü gibi yöntemler kullanılır. Belli istekliler arasında ihale usulü, yapılacak ön yeterlik değerlendirmesi sonucunda idarece davet edilen isteklilerin teklif verebildiği usuldür. İşin özelliğinin uzmanlık veya yüksek teknoloji gerektirmesi nedeniyle açık ihale usulünün uygulanamadığı mal veya hizmet alımları ile yapım işlerinin ihalesi bu usule göre yaptırılabilir. Teklif veren istekli sayısının az olması nedeniyle ihalenin iptal edilmesi durumunda, ihale dokümanı gözden geçirilerek varsa hatalar ve eksiklikler giderilmek suretiyle, ön yeterliği tespit edilen bütün isteklıler tekrar davet edilerek ihale sonuçlandırılabilir. Açık ihale usulü veya belli istekliler arasında ihale usulü ile yapılan ihale sonucunda teklif çıkmaması sonucunda yapılmakla beraber, pazarlık usulü ile de ihale yapılabilir.

İlan yapılacak hallerde, ilanda ihale konusu alanda faaliyet gösteren ve işverence yeterliği tespit edilen adaylar ile görüşme yapılacağı belirtilir. Gerek ilan yapılan ve gerekse de ilan yapılmayan hallerde, sadece işveren tarafından belirlenen ve ihale dokümanında belirtilen değerlendirme kriterlerine göre yeterliği tespit edilenler ile görüşme yapılır. Yüklenici RES kurulumu için öncelikle ihale konusu işin teknik detayları ve gerçekleştirme yöntemleri gibi hususlarda fiyatı içermeyen ilk tekliflerini sunar. İdarenin ihtiyaçlarını en uygun şekilde karşılayacak yöntem ve çözümler üzerine ihale komisyonu her bir istekli ile görüşür. Teknik görüşmeler sonucunda şartların netleşmesi üzerine bu şartları karşılayabilecek isteklilerden, gözden geçirilerek şartları netleştirilmiş teknik şartnameye dayalı olarak fiyat tekliflerini de içerecek şekilde son tekliflerini vermeleri istenir.

5.6.1 İhaleye Katılacaklara Ön Yeterlik Verilmesi

İşveren çoğu zaman ihale açtığı zaman ihaleye katılmaya istekli adaylar arasında bir öne eleme yaparak, ihaleye katılacaklar için bir ön yeterlik vermektedir. Ön yeterlikte genellikle, yüklenicinin daha önce benzer işler yapıp yapmadığına, projeyi yapabilmek için yeterli finansal kaynak ve personele sahip olup olmadığı gibi konulara bakılmaktadır. RES için yapılan ihale ilanlarında genellikle aşağıdaki hususlar belirtilmektedir:

a) İşverenin adı, adresi, telefon ve faks numarası,
b) Kurulacak RES ihalesinin adı, niteliği, türü ve miktarı,
c) İhale konusu işe başlama ve işi bitirme tarihi,
d) RES için uygulanacak ihale usulü, ihaleye katılabilme şartları ve istenilen belgelerin neler olduğu,
e) Yeterlik değerlendirmesinde uygulanacak kriterler,
f) RES ihale dokümanının nerede alınabileceği ve varsa hangi bedelle alınacağı,
g) Tekliflerin veriş yeri ve saati,
h) Teklifin geçerlilik süresi.

5.6.2 Tekliflerin Hazırlanması ve Sunulması

Teklif mektubu ve geçici teminat da dahil olmak üzere ihaleye katılabilme şartı olarak istenilen bütün belgeler bir zarfa konularak yüklenicinin adı, soyadı veya ticaret unvanı, tebligata esas açık adresi, teklifin hangi işe ait olduğu ve ihaleyi yapan işverenin açık adresi yazılır. Zarfın yapıştırılan yeri istekli tarafından imzalanır ve mühürlenir. Teklif mektupları yazılı ve imzalı olarak sunulur. Teklif mektubunda ihale dokümanının tamamen okunup kabul edildiğinin belirtilmesi, teklif edilen bedelin rakam ve yazı ile birbirine uygun olarak açıkça yazılması, üzerinde kazıntı, silinti, düzeltme bulunmaması ve teklif mektubunun ad, soyad veya ticaret unvanı yazılmak suretiyle yetkili kişilerce imzalanmış olması zorunludur. Teklifler ihale dokümanında belirtilen ihale saatine kadar sıra numaralı alındılar karşılığında idareye verilir. Bu saatten sonra verilen teklifler kabul edilmez ve açılmaksızın iade edilir. Teklifler iadeli taahhütlü olarak da gönderilebilir. Posta ile gönderilecek tekliflerin ihale

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

dokümanında belirtilen ihale saatine kadar idareye ulaşması şarttır. Postadaki gecikme nedeniyle işleme konulmayacak olan tekliflerin alınış zamanı bir tutanakla tespit edilir.

Tekliflerin geçerlilik süresi ihale dokümanında belirtilir. İşveren, ihtiyaç duyulması halinde bu süreyi teklif ve sözleşme koşulları değiştirilmemek ve isteklinin kabulü kaydıyla, en fazla ihale dokümanında belirtilen teklif geçerlilik süresi kadar uzatılabilir. İhalelerde, teklif edilen bedelin %3'ünden az olmamak üzere, işveren tarafından yükleniciden geçici teminat alınır.

Son yıllarda yatırım projelerinde, işverenler nihai fiyatın ve çoğu halde de işin bitiş tarihin kesin olarak belirtildiği sözleşme tipi plan MTİ modeline göre işlerini yaptırma eğilimi göstermeye başlamıştır. Ülkemizde de buna paralel olarak bir MTİ kültürü oluşmaya başlamıştır. İşverenler, bunun karşılığında, üzerinden anlaşmaya varılmış nihai bedelin aşılmayacağından daha çok emin olabildiklerinden, MTİ projeler ile ilgili olarak kendi fizibilite analizlerine göre hesapladıkları toplam yatırım tutarından daha fazla para ödemeyi göze alabilmektedir.

Böyle projelerde yüklenicinin kullanılmakta olan bazı risklerden sorumlu olması gerekir. Nihai bedel için daha fazla kesinlik sağlayabilmek üzere, yükleniciden çoğu zaman, zayıf ve öngörülmeyen zemin şartları gibi riskleri, işveren (RES ihalesi açan proje sahibi) tarafından hazırlanmış isteklerin gercekte de istenilen amaçlara yol açması gibi hususları üstlenmesi talep edilir. Eğer yüklenici bu gibi riskleri üzerine alacaksa, işveren de kendisinden, sabit sözleşme bedeli üzerinden sözleme imzalanmasını istemeden önce, yükleniciye, ilgili tüm bilgileri toplayıp inceleme olanağını tanımak durumundadır.

MTİ projelerin sözleşmelerinde en belirgin koşullar; fiyat ve süre konusunda kesinlik bulunmasıdır. Yüklenicinin, işverenin küçük bir katkısıyla projenin tasarlanarak ve yürütülmesi için için bütün sorumluluğu, yani riskleri aldığı bir sürecin veya RES'in anahtar teslimi şeklinde yapılmasıdır. Yüklenici, anahtar teslim bir tesisi yapabilmesi için bütün mühendislik, tedarik (satın alma) ve inşaat işlerini yürütmesi gerekmektedir. Bu amaçla işveren potansiyel yükleniciler arasında en uygununu seçmek amacı ile ihale açmaktadır. İzleyen sayfalarda tipik bir RES ihale şartnamesinde bulunması gerekenler üzerinde durulacaktır. Öncelikle, bütün şartnamelerde bulunması gereken genel hükümlerden bahsetmek gerekir.

Genel Hükümler
İşveren ile yüklenici arasında RES anahtar teslim proje için yapılacak anlaşma da yer alacak genel ve özel şartlar yer almaktadır.

Para Birimi ve Dil
Genellikle USD veya EURO istenmekle beraber, bazen yerel kur ile de istenebilmektedir. Kurulacak RES için açılan ihalenin hangi dilde olacağı belirtilmelidir. Eğer ihale uluslararası ise, çoğunlukla İngilizce olmaktadır.

İhalenin Başvuru Süresi: Şartname alındıktan sonra ihaleye başvurabilmek için belli bir süre verilmektedir. RES projelerinde genellikle 3 ay süre verilmektedir ve teklifin hazırlanması için yeterli bir süredir.

Değişiklikler: İhale ile ilgili olarak yapılacak teknik veya idari değişikliklerin yöntemini anlatmaktadır. Yüklenicinin yapacağı değişiklik veya teklifini geri çekme hakkı ile ilgili şartlar bulunmaktadır. Ayrıca daha sonra İşveren de bazı değişikliklere gidebileceği hakkının saklı olduğu belirtilmektedir.

İstenen Teminatlar: Yükleniciden istenen banka teminatları belirtilmelidir. Genellikle teminat mektubu (bid bond) ve iş alındıktan sonra kati teminat (performance bond) mektubunun alınacağı belirtilir. Teminat mektubu, genellikle ihale verilirken verilir ve ihale alınamaz ise, işveren tarafından yükleniciye iade edilmektedir. Kati teminat mektubu, ihaleyi kazanan firmadan istenir ve iş bitimine kadar işveren tarafından tutulur. Kati teminat mektubu, sözleşme fiyatının %5'ine kadar olabilmektedir.

İhalenin Sonuçlarının Açıklanması: İhale sonucunun ne şekilde bildirileceği belirtilmelidir. Teklif, genellikle elden verilmesi gerekmektedir. İşveren reddeceği teklifler ile ilgili hiçbir sorumluluk almayacağını da açıklanmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Uluslararası bir rüzgar elektrik santralı MTİ şartnamesinde aşağıdaki başlıklar bulunabilmektedir. Bununla beraber, bu başlıklar RES'in yapıldığı ülke mevzuatı ve işverere göre değişim gösterebilmektedir.

1. Tanımlar
2. İşveren
3. Yüklenici
4. Personel ve İşçiler
5. Tesis, Malzemeler ve İşçilik
6. İşe Başlama, Gecikmeler ve Askıya Alma
7. Tamamlama Testleri
8. İşverenin İşi Teslim Alması
9. Tamamlama Sonrası Testler
10. Değişiklikler ve Düzeltmeler
11. Sözleşme Bedeli ve Ödemeler
12. Sigortalar
13. Zorunlu Haller (Force Majeure)
14. İddialar, Talepler, Uyuşmazlıklar ve Tahkim

Tanımlar

Bu kısımda RES ihale şartnamesinde ifade edilen terimlerin ne anlama geldiği yazılmaktadır. Tanımlarda, kişiler, taraflar, tarihler, süreler, işler vb gibi sözcüklerin tanımı yapılmaktadır. İzleyen sayfalarda tanımlar ve bu tanımların ne anlama geldiği anlatılmıştır.

Başlangıç Günü: Yüklenicinin teklifi kazandıktan sonraki ilk gündür.

Belgelerin Öncelik Sırası: Bu tip sözleşmeler, ticari, teknik vb gibi farklı adlarla verilebilirler. Bunların önem sırası belirtilmelidir. Sözleşmeyi oluşturan belgelerin karşılıklı olarak birbirlerini açıklıyor diye kabul edilmelidirler. Yorumlama bakımından ise, söz konusu belgelerin öncelik sırası çoğunlukla aşağıdaki sıraya göredir:

a) Yazılı Sözleşme,
b) Genel Şartlar Metni,
c) Özel Şartlar Metni,
d) İşverenin İstekleri Metni,
e) Teklif ve Sözleşme bütününü oluşturan diğer belgeler.

Belgelerin Sağlanması ve Saklanması: İşveren ve yüklenici arasında sirküle olan yazışmaların saklanması konularını içermektedir. Yüklenicinin belgeleri, işveren tarafından alınanlar dışında yüklenicinin kendi sorumluluğu ve koruması altındadır.

Değişiklikler: İşverenin isteği üzerine veya gereken durumlarda, işveren veya yüklenici tarafından yapılacak olan işlerde yapılan değişiklikler anlamındadır.

*Geçici İşler/Tesisler***:** İşlerin tamamlanması ve hataların giderilmesi için şantiyede gerekli her türlü geçici işler ve tesislerdir.

Gizlilik: Hem yüklenici, hem de işveren, sözleşmenin ayrıntılarını ve sözleşme uyarınca kendi üzerlerinde olan yükümlülükleri yerine getirme, veya ilgili yasalara uyma gereği dışında; özel ve gizli olarak kabul etmektedir. Gizlilik hususu anlaşmaların vazgeçilmez konuları arasındadır.

*Hataları İhbar Süresi***:** RES'in yapımı sırasında veya yapıldıktan sonra ortaya çıkan hataların ihbar edilmesi gereken süredir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

İletişim: Bu şartlar metni gereğince herhangi bir onayın, sertifikanın, iznin belirlenmesi, ihbarın ve talimatın verilmesi veya alınması gerektiğinde, bunlar ile ilgili yapılacak tebligatlar için tarafların açık adresi yazılarak, proje ile ilgili veya sözleşme kapsamındaki yapılacak işler ile ilgili her türlü iletişim, tebligat vb gibi şeylerin yapılacağı adresler ayrıntılı bir şekilde belirtilir.

İşe Başlama Günü: Yazılı sözleşmede işveren tarafından belirtilen işin başlanması gereken gündür.

İşveren: Yazılı sözleşmede işveren olarak belirtilen kişi ve bu kişinin yasal olarak yerine geçen kişidir.

İşverenin İstekleri: İşverenin, yükleniciden olan özel isteklerininin belirtildiği kısımdır.

İşveren Temsilcisi: İşveren tarafından sözleşmede belirtilen, yüklenicinin ve işveren tarafından yetki verilerek adına hareket eden kişi veya firma anlamındadır.

İşyeri (Şantiye): Daimi nitelikli işlerin yapılacağı, tesis ve malzemelerin teslim edileceği yerdir.

Sözleşme: Yazılı sözleşmeden, isteklerinden, tekliften ve yazılı sözleşmede belirtilen diğer belgelerden oluşan bütün döküman anlamındadır.

Sözleşme Bedeli: Yazılı sözleşmede belirtilen ve işin tasarımı, gerçekleştirilmesi, tamamlanması ile hata ve arızaların giderilmelerini de kapsayan, sözleşme hükümleri uyarınca ayarlanacak olan, üzerinde anlaşmaya varılmış tutardır. Yani MTİ bedelidir.

Tamamlanma Süresi: İşe başlama gününden itibaren hesaplanan ve yüklenici tarafından alınan uzatmalar da dahil olmak üzere işin tamamlanması için geçen süredir.

Tamamlama Sonrası Testleri: Sözleşmede belirtilen ve işin, işveren tarafından teslim alınmasından sonra uygulanacak testlerdir.

Tamamlama Testleri: Sözleşmede belirtilen veya her iki tarafça da kararlaştırılan ya da değişiklik olarak bildirilen ve işin, işveren tarafından teslim alınmasından önce yapılan testlerdir.

Taraf: Metnin anlamına göre işveren veya yüklenici anlamındadır.

Taşeron: Sözleşmede alt yüklenici olarak belirtilen kişiler ile işin bir bölümü için taşeron olarak görevlendirilen kişiler ve bunların yasal olarak yerlerine geçenlerdir.

Teklif: Yüklenicinin yapılacak iş ile ilgili imzalı önerisi ve sözleşmede belirtildiği gibi bu öneri ile birlikte sunulan tüm diğer belgeler anlamındadır.

Tesis: Daimi işleri oluşturan veya oluşturacak olan cihaz, makina ve taşıtlar anlamındadır. Yani rüzgar elektrik santralıdır.

Teslim Alma Sertifikası: İşverenin işi teslim alması ile iglili olarak verilen belge demektir.

Yasa: Sözleşmenin ve proje ile ilgili diğer işlerin uygulanması sırasında veya sonrasında anlaşmazlığa düşülmesi durumunda geçerli olan hukuki düzenlemedir.

Yazılı Sözleşme: Ek memorandumlar da dahil olmak üzere, yazılı sözleşme anlamındadır.

Yüklenici: Yazılı sözleşmede RES'in anahtar teslim yapacağını taahhüt eden firmadır.

Yüklenicinin Belgeleri: Sözleşme hükümlerine göre yüklenici tarafından sağlanan hesaplar, bilgisayar programları ve diğer yazılımlar, çizimler, el kitapları, modeller, sertifikalar ve teknik nitelik taşıyan diğer raporlardır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Yüklenicinin Ekipmanları: İşin tamamlanması ve hataların giderilmesi için gerekli cihazlar makineler, taşıtlar ve benzerleridir. Ancak, yüklenicinin ekipmanları kapsamına, geçici işler, işverenin ekipmanları (eğer mevcutsa) ve bu özellikteki kalemler girmez.

Yüklenicinin Temsilcisi: Yüklenici tarafından sözleşmede belirtilen ve yüklenici tarafından yetki verilerek adına hareket eden kişi veya firma demektir.

Zorunlu Haller (Mücbir Sebepler, Force Majeure): Zorunlu haller, herhangi tarafın elinde olmayan (kontrolü dışında gerçekleşen) olaylardır.

İşveren

Tanımlar bittikten sonra genel şartlara geçilebilir. Bu kısım, işverenin yükleniciden taahhütlerinin açıklandığı kısımdır.

İşyerine Erişim Hakkı: İşverenin işin yapım süreesi boyunca, yükleniciye, işyerinin tüm bölümlerine erişim ve kullanım hakkını tanıyacaktır.

İzinler, Ruhsatlar veya Onaylar: İşveren (kendisi bunları yapabilecek durumda ise), yüklenicinin talebi üzerine;

i) Gümrük işlemleri de dahil malları almak,
ii) İşin tasarım, yapılması ve tamamlanması ile hatalarını gidermek,
iii) İşyerinden çıkarılan yüklenici ekipmanlarını yeniden ihraç etmek için izin, ruhsat veya onay,

başvurularına yardımcı olmaktadır.

Talimatlar: İşveren, hepsini de sözleşme hükümleri olması kaydı ile, yükleniciye işin yapılması, hata ve eksiklerin giderilmesi için gerekli talimatları verebilir. Yüklenici, talimatları işverenden veya işveren temsilcisinden alabilir.

Yüklenici

Yüklenicinin, işverene karşı olan taahhütleri yer alır.

Yüklenicinin Genel Yükümlülükleri: Yüklenici, işlerin tasarımını sözleşme hükümlerine uygun olarak hazırlar, işi yapar, tamamlar ve daha sonra da ortaya çıkabilecek hata ve eksikleri giderir. İş tamamlandığında, sözleşmede belirtildiği şekilde öngörülen amaca uygun nitelikte olacaktır. Yüklenici, sözleşmede belirtilen tesis ve yüklenici belgeleri ile tasarım, yapım, tamamlama ve hata ve eksikliklerin giderilmesi için gerekli tüm yüklenici personelini, malları, tüketim malzemelerini diğer şeyleri ve hizmetleri, bunların daimi veya geçici olmalarına bakılmaksızın sağlamaktadır. Yüklenici, işyerindeki faaliyetlerin yeterliğinden, güvenliğinden, uygunluğundan, uygulanan tüm inşaat yöntemlerinden ve işten sorumludur.

Yüklenici, işveren tarafından her istenildiğinde, işin yapılması ile ilgili olarak uygulamayı önerdiği yöntem ve düzenlemelerin ayrıntılarını işverene verecektir. İşverene daha önce ihbarda bulunulmadan bu yöntem ve düzenlemelerde önemli değişiklikler yapamamaktadır.

Kati Teminat: Yüklenici, özel şartlar metninde belirtilen miktarda ve oranda yazılı para cinslerinden olmak üzere kati teminat sağlayacaktır. Kati teminat, genellikle yüklenicinin işi tamamlamasına ve hatalar ile eksiklikleri gidermesine kadar geçerli olmaktadır.

Taşeron (Alt yüklenici): Yüklenici, işin özelliği nedeniyle ihtiyaç görülmesi halinde işin bazı kısımlarını taşeronlara verebilir. İşveren, yüklenicinin alt yüklenicilere yaptırmayı düşündükleri işleri belirtmeleri, sözleşme imzalamadan önce de alt yüklenicilerin listesini kendi onayına sunmaları istenebilir. Ancak bu durumda, alt yüklenicilerin yaptıkları işlerle ilgili sorumluluğu yüklenicinin sorumluluğunu ortadan kaldırmaz. Yüklenici, taşeronların, onların temsilci ve elemanlarının eylem ve işlemlerinden, bu eylem ve işlemler kendisinin eylem ve işlemleriymiş gibi sorumlu olacaktır. Yüklenici, işverene İşin herhangi bir bölümü için atamayı öngördüğü taşeronu, işin ilgili bölümü

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

konusundaki deneyimi de dahil olmak üzere, nitelikleri ve her bir taşeronun ilgileneceği işe başlaması öngörülen tarihleri bildirmekle yükümlüdür.

Öngörülemeyen Güçlükler: Yüklenicinin; riskler, beklenmeyen durumlar, diğer benzeri şartlar gibi işi etkileyebilecek her türlü bilgileri elde etmiş olduğu varsayılır. Sözleşmeyi imzalaması ile yüklenici, işin başarılı bir şekilde tamamlanmasına ilişkin tüm güçlükleri ve harcamaları öngörme sorumluluğunu da üstlenmiş olur. Aksi sözleşmede belirtilmiş olmadıkça, öngörülmemiş güçlükler veya harcamalardan dolayı sözleşme bedelinde değişiklik ve ayarlama yapılmaz. Bu durum, MTİ sözleşmelerinin en belirgin özelliğidir.

Geçit Hakları ve Tesisler: Yüklenici, saha erişim yolu da dahil olmak üzere, alacağı özel veya geçici geçit haklarına ilişkin tüm harcamaları kendisi üstlenecektir. Yüklenici ayrıca, işin yapılması ile ilgili olarak işyeri dışında da ihtiyaç duyabileceği ilave bir takım tesise, masraf ve risklerini kendisi üstlenerek sağlayabilir.

Elektrik, Su ve Gaz: Aşağıda yazılı durumlar hariç olmak üzere yüklenici, kendisi için istediği tüm elektrik, su ve diğer hizmetleri sağlamaktan kendisi sorumludur.

İlerleme Raporları: Aksi kararlaştırılmadıkça, genellikle aylık ilerleme raporları yüklenici tarafından hazırlanarak işverene sunulmaktadır. Bu rapor sunma işlemi, işin teslim alma sertifikasında yazılı tamamlama tarihi itibariyle tamamlanmamış olduğu bilinen tüm işler yüklenici tarafından tamamlanıncaya kadar devam eder. Her raporda;

a) Tasarımın her bir aşaması, yüklenici belgeleri, tedarik, imalat, işyerine teslimler, inşaat, montaj, test, işletmeye alma ve deneme çalıştırması konuları da dahil olmak üzere şemalar ve ilerlemenin ayrıntılı olarak açıklanması,
b) İmalatın durumunu ve işyerindeki işerlemeleri gösteren fotoğraflar,
c) Tesisler ve malzemelerin her biri önemli parçasının imalatı ile ilgili olarak imalatçının adı/ünvanı, imalat yeri, imalatın ilerleme yüzdesi,
d) Kalite garantisi belgelerini, test sonuçlarının ve malzeme sertifikalarının kopyaları,
e) Tehlike yaratan olaylar ile çevresel konular ve halkla ilişkiler konularının ayrıntıları da dahil olmak üzere güvenli istatistikleri,
f) İşin, sözleşme hükümlerine uygun olarak bitirilmesini tehlikeye sokan olayların ayrıntıları ile birlikte ilerleme programı ve fiili ilerlemenini karşılaştırılması; gecikmeleri gidermek üzere alınmış (veya alınacak) önlemler,

konuları bulunmaktadır.

Teknik Standartlar ve Kurallar: İşverenin istekleri belgesinde aksi belirtilmiş olmadıkça tasarım, yüklenici belgeleri, işin yapımı ve tamamlanmış iş; ülkenin teknik standartlarına, bina, inşaat ve çevre yasalarına, işten üretilecek ürünler uygulanacak yasalara, işverenin istekleri belgesinde belirtilen ve iş uygulanacak veya ilgili yasalarla belirlenen diğer standartlara uygun olacaktır.

İşletme ve Bakım Kılavuzları: Tamamlama testlerine başlamadan önce yüklenici, işverene işletme ve bakım kılavuzlarını (el kitaplarını) ve işverenin istekleri belgesinde belirtilen diğer kılavuz kitapları verecektir. Bunlar, işverenin tesisi işletmesini, bakımını, sökülmesini, yeniden montajını, ayarlamasını ve bakımını sağlayacak şekilde ayrıntılı olacaktır.

Tasarım Hataları: Yüklenicinin belgelerinde hatalar bulunduğu saptanırsa, gerek bu belgeler ve gerese iş bu madde hükümlerine göre verilmiş izin ve onaylara bakılmaksızın, masrafları da yüklenici tarafından karşılanmak üzere düzeltilecektir.

Personel ve İşçiler

Yüklenicinin personeli hakkında yapılması gerekenler verilmelidir.

Personel ve İşçilerin Sağlanması: İşverenin istekleri belgesinde aksi belirtilmiş olmadıkça, yüklenici mahallinden veya başka yerlerden olmak üzere tüm personelini ve işçilerini; bunların ücretlerini, barınmalarını, beslenmelerini ve ulaşımlarını sağlamak için gerekli düzenlemeleri yapacaktır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Sağlık ve Güvenlik: Yüklenici, kendi personelinin sağlık ve güvenlikleri için gerekli makul önlemleri her zaman alacaktır. Yüklenici, mahalli sağlık kuruluşları ile işbirliği yaparak, gerek işyerinde ve gerekse kendisinin ve işveren personelinin barınma yerlerinde her zaman için tıbbi personel, ilk yardım tesisleri, revir ve ambulans bulunmasını sağlayacak; salgın hastalıkların çıkmasını önleyecek gerekli sosyal ve sağlık koruma önlemlerini de alacaktır.
Yüklenici herhangi bir kazanın meydana gelmesinden sonra, mümkün olan en erken zamanda, kazanın ayrıntılarını işverene bildirecektir. Yüklenici, kişilerin güvenlik ve sağlıklarını, mala gelen zararları belirten kayıtları tutma ve raporları hazırlama işlemlerini, işverenin makul ölçüler içinde belirteceği isteklerine uygun olarak yerine getirecektir.

Disiplinsizce Davranışlar: Yüklenici, her zaman için kendi personeli arasında veya onların başlatmaları ile yasa dışı, kargaşa nitelikli veya disiplinsizce tutum ve davranışların olmasını önlemek, işyeri içinde ve yanında bulunan kişilerin ve malların huzur ve korunmalarını sağlamak için gerekli önlemleri alacaktır.

İşin Yerel Firmalarca Yapılacak Kısmı: Uluslararası ihalelerde (özellikle kamu ihalelerinde) yüksek teknoloji gerektirmeyen yapılacak bazı işlerin yerel firmalar tarafından yapılması şart koşulabilmektedir.

Tesis, Malzemeler ve İşçilik
Bu kısımda projenin genel bilgileri verilir. Kısa bir tarihçeden sonra, projenin neden yapılmak istendiği, proje danışmanı ve projenin adresi verilir. İşveren ve eğer var ise, danışman firma hakkında bilgiler yeralır. Projenin ülke ekonomisine katkısı üzerinde durulur.

Projenin yeri: Projenin bulunduğu bölge detaylı olarak anlatılarak, denizden yükseklik, koordinatlar, ulaşım yolu, liman, havaalanı gibi bilgiler verilir.

Arazi erişim ve izinler: İşveren tarafından sahanın kullanımı ile ilgili izin, lisans vb gibi proseslerin halledilmesi gerekmektedir.

Şebeke bağlantısı: Kurulması düşünülen RES'in şebeke bağlantısı ile ilgili gerekli bütün izinler İşveren tarafından alınmış olmalıdır. Ayrıca, enerji nakil hattının geçtiği yerler ile ilgili de izin irtifak ve kamulaştırmaların yapılmış olması gerekmektedir.

Toprak koşulları: Toprak koşulları ve arazinin jeolojik etüdünün yapılmış olması gerekmektedir.

İklim koşulları: RES kurulması düşünülen bölgenin iklim verileri işveren tarafından sağlanmalıdır veya yüklenicinin erişebilmesi mümkün kılınmalıdır.

İşin kaspamında yapılacak işler, işveren tarafından açık bir şekilde anlatılmalıdır. Ayrıca tesis edilecek RES için gerekli bütün ekipman listesi yapılır. Tipik olarak aşağıdakilerden oluşur:

- Rüzgar türbinleri,
- Rüzgar türbinlerinin montajı,
- RES korunması,
- İnşaat işleri,
- Sahanın jeoteknik etüdü,
- Temeller,
- Step-up (ünite) trafoları,
- Vinç sahası,
- RES'in devreye alınması,
- Test işletmesi.

İşin tanımı yapıldıktan sonra yapılacak işlerin detay özellikleri belirtilmelidir.

Standartlar: Yapılacak iş ve tedarik ile ilgili kullanılacak uluslararası standart ve normlar belirtilir. Genellikle;

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

IEC : International Electromechanical Organization
ISO : International Standard Organization
EN : European Norm
DIN VDE: Standards of the German Association of Electrical Engineers

Rüzgar türbini: Kullanılacak RT hakkında bilgiler yer alır.

- Kurulu güç,
- Göbek yüksekliği,
- Pervane çapı,
- Kule yapısı (tüp, çelik kafes, beton vb),
- Sertifikalar.

Jeolojik etüt: RT'lerin dikileceği noktaların jeolojik etüdleri yapılmalıdır. Bu etüdler, RT üreticisinin vereceği temel dizaynlarına göre yapılmalıdır.

Trafolar: Step-up (ünite) trafosu ile ilgili bütün özellikler belirtilmelidir. Kullanılacak bölge ve RT tipine göre trafonun içinde mi yoksa dışarda mı olacağı belirtilmelidir.

Ulaşım yolları: Yapılacak olan ulaşım yolarının planı ve güzergahı açıklanmalıdır.

Vinç çalışma sahası: RT montajı ve daha sonrasında yapılacak bakımlar için kullanılacak olan vinç çalışma sahasının detayları belirtilmelidir.

Elektrik toplama sistemi: Santralın hangi voltaj seviyesinde bağlanacağı ve şebekeye giriş yaptığı TM'nin özellikleri belirtilmelidir.

Kontrol binası: RES'te üretilen enerjinin enerji nakil hattına verilmeden önce toplandığı yerdir. Kontrol binası, aynı zamanda santraldaki koruma için görevli bekçi ve teknisyenin bulunduğu binadır.

Uygulama Biçimi: Yüklenici; tesisin, malzemelerin ve işin yapımının uygulaması hakkında hükümler yer almaktadır. Genellikler:

a) İşverenin istekleri belgesindeki şekilde,
b) Genel kabul görmüş ve uygun işçilik ve özenle,
c) Uygun ekipmanlarla ve sözleşmede aksi belirtilmemişse zararsız/tehlikesiz malzemelerle gerçekleştirecektir.

Denetim: İşverenin personeli, makul ölçüler içinde olmak kaydı ile her zaman için;

a) İşyerinin her tarafına ve doğal malzemelerin sağlandığı yerlere girmek için tam yetkiye sahip olacaklar,
b) Üretim, imalat ve inşaat aşamaları devam ederken, malzemeleri inceleme, denetleme, ölçme, teste tabi tutma ile imalatın gidişini, malzemelerin üretim ve imalatlarını kontrol etme hakkına sahip bulunacaklardır.

Yüklenici, işverenin personeline, erişim, testler, izinler ve güvenlik ekipmanları sağlamak da dahil olmak üzere, yukarıda belirtilen faaliyetlerde bulunmaları gerekli tüm olanakları verecektir. Ancak bunları yerine getirmesi, yükleniciyi herhangi bir sorumluluğundan ve yükümlülüğünden kurtarmaz.

Şantiye tesisleri teftişi: İşveren, işin yapıldığı mahali (şantiye) istediği zaman denetleme yetkisine sahiptir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Testler: Yüklenici, söz konusu testlerin verimli bir şekilde uygulanabilmeleri için gereken cihazları, yardımı, belgeleri, bilgileri, elektrik enerjisini, ekipmanları, yakıtı, tüketim malzemelerini, aletleri, laboratuvar malzemelerini ve uygun nitelikli ve deneyimli personeli sağlayacaktır. Yüklenici, tesisin, malzemelerin ve işin diğer kısımlarının belirlenmiş testlere tabi tutulmaları ile ilgili olarak zaman ve yer üzerinde işverenle anlaşmaya varmalıdır.

Reddetme: Eğer inceleme, denetleme, ölçme veya teste tabi tutma sonucunda işveren herhangi bir tesisin, malzemenin, tasarımın veya işçiliğin hatalı olduğunu saptarsa; bu gibi durumlarda işveren, nedenlerini de belirteceği bir ihbarı yükleniciye göndererek bu gibi tesisleri, malzemeleri, tasarımları ve işçiliği reddedebilir. Buna karşılık yüklenici derhal hatayı giderir ve reddedilen işlerin sözleşme hükümlerine uygunluğunu sağlar.

İşe Başlama, Gecikmeler ve Askıya Alma

Yazılı sözleşmede aksi belirtilmemiş ise; işveren en az 7 gün öncesinden olmak kaydı ile işe başlama gününü ihbar edecek; ve yüklenici, işe başlama gününden sonra mümkün olabilen en erken zamanda tasarım işleri ile işin yapımına girişecek, bundan sonra da gerekli hızı göstererek ve gecikmelere neden olmayacak şekilde işin yapımını yürütecektir. Yüklenici, işe başlama gününden sonraki belirlenen gün içinde işverene ayrıntılı bir program sunacaktır. Ayrıca, bu program fiili ilerleme veya yüklenicinin yükümlülükleri ile tutarsız duruma düşmüşse, bu durumda yüklenici revize bir program hazırlayıp sunacaktır. Her programda; tasarımın her aşaması, yüklenicinin belgelerinin hazırlanması, tedarik, imalat, denetim, işyerine teslim, inşaat, montaj, test uygulanması, işletmeye alma ve deneme çalıştırması dönemi de dahil olmak üzere yüklenicinin işin yürütülmesinde öngördüğü aşamalar bulunmalıdır.

İşverenin, böyle bir programı aldıktan belli bir süre sonra bu programın uymayan özellik ve yerlerini de belirterek sözleşmeye aykırı olduğunu ihbar etmezse yüklenici, sözleşmeden doğan diğer yükümlülükleri devam etmek üzere, programa göre işi yürütecektir. İşverenin personeli de, kendi faaliyetlerini planlarken bu programa dayanma hakkına sahip olacaktır.

Yüklenici, işin yapımını olumsuz etkileyebilecek veya geciktirebilecek olayları derhal işverene bildirecektir. Ayrıca yüklenici, işverene revize bir program sunmalıdır. İşe yeniden başlama izin veya talimatı verildikten sonra, taraflar birlikte olmak üzere, askıya alınma durumunda etkilenmiş işler, tesisler ve malzemeleri incelerler. Yüklenici, askıya alınma süresi içerisinde işte, tesiste ve malzemelerde meydana gelmiş kayıpları, bozulmaları onaracaktır.

Tamamlama Testleri

Yüklenici, kendisinin tamamlama testlerini yapmaya hazır olduğu günden sonra, işverene genellikle 21 günlük bir ihbarda bulunur. Aksi taraflarca kararlaştırılmamışsa, tamamlama testleri, bu tarihten sonra işverenin belirteceği tarihte yapılır.

Özel şartlar metninde aksi belirtilmiş değilse, tamamlama testleri;

a) Gerekli denetimleri ve tesisin bütün bölümlerinde emniyetle ikinci aşamanın uygulanabileceğini göstermek üzere fonksiyonel çalıştırmalarını da içeren işletmeye alma öncesi testleri,
b) İşin veya ilgili kısımlarının her türlü işletme şartlarında istenilen şekilde ve emniyetle çalışabileceklerini gösteren çalıştırma testlerini de içeren işletmeye alma testleri,
c) İşin veya ilgili kısımlarının sözleşme hükümlerine uygun ve güvenilir bir şekilde performans göstereceğini gösteren deneme çalıştırması,

sırası ile uygulanır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Testlerin Gecikmesi: Tamamlama testleri, gereksiz yere yüklenici tarafından geciktirilirse, işveren yükleniciye ihbarda bulunarak, testlerin, ihbarı aldıktan sonraki belirlenen gün içinde uygulanmasını yükleniciden talep eder. Bunun üzerine yüklenici, bu süre içinde kendisinin saptayacağı bir (veya birkaç) günde testleri uygular; testler için saptadığı tarihleri de önceden işverene duyurur.
Yüklenici, kendisine tanınan süre içerisinde tamamlama testlerini uygulamazsa, bu durumda işverenin personeli, risk ve masrafları yükleniciye ait olmak üzere testleri uygular. Uygulanan bu testlerin yüklenicinin hazır bulunması ile yapılmış ve sonuçlarının da doğru ve geçerli olduğu varsayılır.

İşverenin İşi Teslim Alması
Yüklenici, kendi görüşüne göre işin teslim alınma yönünden tamamlanmış olacağını öngördüğü tarihten itibaren en çok 14 gün önceden işverene ihbarda bulunarak teslim alma sertifikasını talep eder. Eğer iş kısımlara ayrılmışsa, yüklenici aynı şekilde her kısım ile ilgili olarak teslim alma sertifikası için başvuruda bulunur.

Hataların ve Arızaların Giderilmemesi: Yüklenici herhangi bir eksikliği veya hatayı makul bir süre içinde gidermezse, işveren tarafından (veya onun adına) bu hata ve eksikliğin giderilmesi için bir tarih saptanır; Yükleniciye de makul bir süre öncesinden bu tarih ihbar edilir. Eğer yüklenici, söz konusu hata ve eksikliği ihbarda bildirilmiş bu tarihe kadar da gidermez ise bu durumda işveren;

a) Makul bir şekilde ve risk ve masrafları yükleniciye ait olmak üzere işi kendisi yapar veya yaptırır; yüklenici bu iş ile ilgili olarak herhangi bir sorumluluk üstlenmez,
b) Eğer söz konusu hata ve eksiklik işverenin işin bütünü veya bazı kısımlarının tüm yararını elde etmesini önemli ölçüde engelliyorsa; bu durumda sözleşmeyi tamamen veya İşin kullanılamayan kısımları yönünden sona erdirir. İşverenin sözleşmeden veya başka belgelerden/kaynaklardan doğan hakları saklı kalmak kaydı ile kendisi, bu sona erdirmeden sonra (duruma göre) işin tamamı ve hatalı/eksik kısımları için yaptığı bütün ödemelerle birlikte, finansman masrafları ve hatalı işlerin sökülmesi, işyerinin temizlenmesi, tesis ve malzemeleri yükleniciye iade masraflarını geri alma hakkını elde eder.

Hatalı İşlerin Götürülmesi: Eğer herhangi bir hata ve eksiklik çabuk bir şekilde işyerinden giderilemiyorsa ve işveren de izin verirse, yüklenici tesisin hatalı ve eksik parçalarını onarma amacı ile işyerinden götürebilir. Bu izinden dolayı yüklenicinin, kati teminatını söz konusu kalemlerin yenilenmesi maliyeti kadar arttırması veya başka bir uygun teminat vermesi gerekebilir.

İlave Testler: Herhangi bir hata ve kusurun giderilmesi işin performansını etkileyecek nitelikte ise bu durumda işveren, tamamlama testleri veya tamamlama sonrası testler de dahil olmak üzere sözleşmede belirtilen testlerden bazılarının tekrar edilmesini isteyebilir.

Performans Sertifikası: Yüklenicinin yükümlülüklerinin yerine getirilmiş olması, işverenin kabul edeceği şekilde yüklenicinin bu yükümlülüklerini yerine getirmiş olduğu tarihi de taşıyan performans sertifikası işveren tarafından verilmeden tamamlanmış sayılmaz.

Yerine Getirilmemiş Yükümlülükler: Performans sertifikasının verilmesinden sonra da taraflar, o tarih itibariyle yerine getirmedikleri yükümlülüklerini yerine getirmek bakımından sorumlu olmaya devam ederler. Bu yerine getirilmemiş yükümlülüklerin nitelik ve kapsamlarının belirlenmesi yönünden de sözleşmenin yürürlük ve geçerliliği devam eder.

Tamamlama Sonrası Testler
Özellikle yüklenicinin işi bitirmesinden sonra yapması gerekenler anlatılmaktadır. Tamamlama sonrası testleri ile ilgili işlemler:

a) İşveren, gerekli tüm elektrik enerjisini, yakıtı, malzemeleri sağlayacak, kendi personelini ve tesisini hazır bulunduracak,
b) Yüklenici, tamamlama sonrası testlerinin gerekli şekilde uygulanması için diğer tesisleri, ekipmanları, uygun nitelik ve deneyime sahip elemanları sağlayacak,
c) Yüklenici, taraflardan herhangi birisinin makul ölçülerdeki taleplerine uygun olarak tamamlama sonrası testlerini işverenin ve kendi personelinin hazır bulunmaları ile gerçekleştirecektir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tamamlama sonrası testleri, işin işveren tarafından teslim alındıktan sonra mümkün olan en kısa zamanda gerçekleştirilmelidir. Bu konu ile ilgili olarak işveren, yükleniciye önceden belirlenen bir süreli bir ihbar göndererek sürenin bitiminden sonraki belirlenen günde veya işverenin belirleyeceği ir diğer günde testler yapılmaktadır.

Tamamlama sonrası testlerinin sonuçları yüklenici tarafından derlenip ayrıntılı bir rapor haline getirilerek işverene sunulmalıdır.

Testlerin Gecikmesi: Yüklenici, tamamlama sonrası testlerin işveren tarafından makul olmayan nedenlerle geciktirilmesinden dolayı herhangi bir masraf yapmak zorunda kalmışsa bunu işverene ihbar ederek makul bir kar payı ilavesi ile sözleşme bedeline ekleyerek almaya hak kazanır.

Testlerin Yenilenmesi: Eğer iş veya işin herhangi bir kısmı için tamamlama sonrası testlerinden olumsuz sonuç alınırsa, taraflardan herhangi birisi, ilgili iş için uygulanan ve olumsuz sonuç veren testler ile tamamlama sonrası testlerinin aynı şartlar altında tekrar edilmelerini isteyebilir.

Tamamlama sonrası testlerin olumsuz sonuç vermesi durumunda:

a) İş için uygulanan tamamlama sonrası testlerinin herhangi birisi veya hepsi olumsuz sonuç vermişse,
b) Bu olumsuzluğa bağlı olarak performansa uygunsuzluk tazminatı için ödenecek tutar sözleşmede belirtilmişse,
c) Yüklenici de bu tutarı hataları ihbar süresi içinde işverene ödemişse,

bu durumda iş için yapılan tamamlama sonrası testleri olumlu sonuç vermiş varsayılır. Eğer iş için uygulanan tamamlama sonrası testleri olumsuz çıkar ve yüklenici işin üzerinde değişiklik ve düzeltme yapmayı önerdiği takdirde yükleniciye, işveren tarafından bu değişiklik ve düzeltmelerin işverenin uygun göreceği zamana kadar yapılamayacağı bildirilebilir. Bu durumda yüklenicinin söz konusu değişiklik ve düzeltmeleri yapma ve testten olumlu sonuç elde etme sorumluluğu işveren tarafından bildirilecek makul bir süre boyunca devam eder. Ancak yüklenici, konuya ilişkin olan hata ihbar süresi içinde bu bildiriyi almazsa, sorumluluğu ortadan kalkarak iş için yapılan tamamlama sonrası testinden olumlu olarak geçmiş sayılır.

Değişiklikler ve Düzeltmeler
İşin yapılması sırasında ortaya çıkabilecek bazı değişikliklerin nasıl olacağı anlatılmaktadır. Değişiklikler, iş için teslim alma sertifikasının verilmesinden önce olmak kaydı ile, her zaman için, işveren tarafından yükleniciye verilecek talimat veya yükleniciden bir önerinin gelmesinden sonra başlamaktadır. Değişiklikler, başkaları tarafından yürütülecek işleri iptal edemez. Yüklenici, her değişikliği uygulamak ile zorunludur, ancak işverene gerekçeleri ve kanıtları ile birlikte ihbarda bulunup istenilen değişiklik için gerekli malları hemen tedarik edemediğini veya söz konusu değişikliğin işin emniyetini veya yararını düşüreceğini bildirebilir. Bu ihbarı alan işveren, talimatını teyid, iptal veya tadil edebilir. İşveren, herhangi bir değişikliğin talimatını veya onayını vermedikçe yüklenici iş üzerinde herhangi bir değişiklik veya düzeltme yapamaz.

Sözleşme Bedeli ve Ödemeler
İşin yapılması için üzerinde taraflarca mutabık kalınan sözleşme bedeli ve bu bedelin nasıl ödeneceği açıklanmalıdır. Çeşitli para cinslerinden olmak üzere yapılacak ödemeler, Sözleşmede (ilgili para cinsleri için belirtilen) ödemelerin yapılacağı kaydedilen ülkelerde yüklenici tarafından belirtilen banka hesaplarına yapılır.

İşveren tarafından işi yüklenici firmaya ödemenin nasıl yapılacağı anlatılır. Genellikle aşağıdaki yapıya benzer bir plan sunulmaktadır:

- % X; ön ödeme,
- % Y; teçhizat yola çıkmadan önce,
- % Z; geçici kabulden sonra,
- % W; nihai kabulden sonra

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

olmak üzere X+Y+Z+W=100 şeklinde bir ödeme planı sunulmaktadır.

Nihai Ödeme: İşveren, daha önce ödenmiş tüm tutarlar işverenin iddia ve talepleri paragrafı hükümleri uyarınca kesilmesi gereken tutarlar çıktıktan sonra son kalan tutarı yükleniciye öder.

*Masun Tutma (Zararlarını Karşılama)**:*** Yüklenici; kendi tasarım, uygulama, tamamlama, kusurları giderme faaliyetleri de dahil olmak üzere, işten veya işin sonucundan doğan tüm iddialara, taleplere, zararlara ve (hukuki masrafları, avukatlık ücretlerini de kapsayacak şekilde) masraflara karşı işvereni, işverenin temsilcisini, bunların personel ve temsilcilerini masun tutacak ve gerekirse bu konularda yaptıkları masrafları karşılayacaktır. Bu masun tutma yükümlülüğü, yüklenicinin personelinin uğrayabilecekleri kaza ve yaralanma durumları hariç olmak üzere, fiziksel yaralanmaların, hastalıkların, ölümlerin, dolaylı kayıplar da dahil (işin kendisi dışındaki) mal/mülk kayıp ve hasarları sonucu olan ve yüklenicinin doğrudan veya dolaylı olarak çalıştırdığı herhangi bir kimsenin veya yüklenicinin herhangi bir şekilde sorumlu olduğu kişilerin sözleşme hükümlerini ihlallerinden, ihmallerinden, dava konusu olabilecek hatalarından ileri gelen iddialar, talepler, hasarlar, zararlar veya masraflar ile sınırlıdır.

Yüklenicinin İşi Koruması: Yüklenici, başlangıç gününden itibaren, işin korunması sorumluluğunun işverene geçeceği teslim alma sertifikasının verildiği güne kadar, işin ve malların korunması ile ilgili tüm sorumluluğu üstlenecektir. İşin herhangi bir kısmı için teslim alma sertifikası verildiğinde, bu kısmın korunması sorumluluğu da işverene geçmiş olur.

Sigortalar

Yüklenicinin sigortayı yaptıracak taraf olduğu durumlarda, her sigorta işverenin onaylayacağı şartlarla ve yine onun onaylayacağı sigortacılardan yaptırılır. Söz konusu şartlar, yazılı olarak yapılan sözleşmenin imzalanmasından önce tarafların arasında anlaşıp kabul ettikleri şartlarla uyumlu olmalıdır. Tarafların üzerinde anlaştıkları bu şartlar, bu paragraf hükümlerine göre öncelikli olarak kabul edilecektir. İşverenin sigortayı yaptıracak olduğu durumlarda ise, her sigorta ayrıntılı açıklamalara uygun şartlarla ve yine bu açıklamalara uygun sigortacılardan yaptırılır. Eğer herhangi bir poliçenin, ortak sigortalıları masun tutması (zararlarını karşılaması) isteniyorsa; poliçenin kuveri ortak sigortalıların her birisini ayrı ayrı ortak sigortalıların her birisi için ayrı poliçeler verilmiş gibi kapsayacak şekilde olacaktır. Eğer herhangi bir poliçe bu maddede belirtilen sigortalılardan başka ilave bir ortak sigortalıyı da koruyacaksa, yüklenici, bu poliçe yönünden söz konusu ilave ortak sigortalılar adına eylem ve işlemlerde bulunur. Ayrıca bu ilave ortak sigortalılar, sigortacıdan doğrudan doğruya para alamazlar ve sigortacı ile doğrudan iş ilişkisi kuramazlar. Sigortayı yaptıran taraf, ilave ortak sigortalılıların hepsinden, poliçede yazılı hüküm ve şartlara uymalarını isteyebilir. Hasar ve kayıplara karşı yaptırılan sigorta poliçelerinde, ödemelerin bu hasar ve kayıpları gidermekte kullanılacak para cinsinden yapılacağı belirtilmiş olmalıdır.

Taraflar, her sigortanın poliçesinde belirtilen hüküm ve şartlara uyacaktır. Sigortaları yaptıran taraf, işin yürütülmesinde meydana gelen konu ile ilgili değişiklikleri sigortacılara bildirir; ayrıca sigortanın da bu madde hükümlerine uygun olarak devam etmesini sağlar. Taraflardan hiç birisi, diğerinin önceden onayını almadan sigortaların şartlarında maddi nitelikli değişiklikler yapamaz. Eğer herhangi bir sigortacı herhangi bir değişiklik yaparsa, bu konuda sigortacının ihbarını ilk alan taraf, diğer tarafa derhal durumu ihbar etmelidir. Eğer sigorta yaptıran taraf, sözleşme hükümleri uyarınca yaptırması ve devam ettirmesi gereken sigortaları yaptırmaz ve geçerliliklerini devam ettirmezse; veya bu paragraf hükümlerine göre bunlara ilişkin kanıtları ve poliçe kopyalarını vermezse; bu durumda diğer taraf söz konusu kuvere ilişkin sigortayı yaptırır gerekli primleri öder. Sigortayı yaptırması gereken taraf, diğer tarafa bu prim bedellerini öder ve sözleşme bedeli de buna göre yeniden ayarlanabilir.

İşin ve Yüklenicinin Ekipmanlarının Sigortası: Sigortayı yaptıracak taraf; işi, tesisi, malzemeleri ve yüklenicinin belgelerini, yıkma, yıkıntıları kaldırma, mesleki ücretler ve kar da dahil olmak üzere komple eski hale getirme maliyetinden az olmayan bir tutar üzerinden sigorta ettirecektir.
Sigortayı yaptıracak taraf bunlara ek olarak, yüklenicinin ekipmanlarını, işyerine teslimine kadar olan maliyetleri de dahil olmak üzere komple yenileme değerleri üzerinden sigorta ettirecektir. Yüklenicinin ekipmanları içindeki her bir kalem için sigorta, işyerine nakledilirken yürürlüğe girmiş olacak ve işyerinde veya işyeri yanında bulunduğu süre içerisinde yürürlükte kalacaktır. Yapılacak sigortalar, tarafların ortaklaşa olarak isimlerine olacak sigortalar ile ilgili sigortacılardan ortaklaşa para

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

alabilme hakkına sahip bulunacaklar; kendileri alacakları veya paylaşacakları paralar sadece hasar veya zararı gidermede kullanabilmektedir.

Kişilerin Uğrayacakları Kazalara, Mallara/Mülklere Verilecek Hasarlara Karşı Sigortalar: Sigortayı yaptıran taraf, performans sertifikasının verilmesinden önce yüklenicinin sözleşme hükümlerini yerine getirme faaliyetlerine bağlı olarak mallara gelebilecek hasar ve kayıplardan doğacak sorumlulukara karşı tarafları sigorta ettirecektir. Bu sigortanın her bir olay ile ilgili limiti, üzerinde anlaşılan tutardan az olmayacak; olay sayısı ile ilgili bir sınırlama bulunmayacaktır.

İşçilere İlişkin Sigorta: Yüklenici, kendi personelinin veya kendisi tarafından istihdam edilen kişilerin ölüm veya yaralanmalarından doğacak iddia ve taleplere bağlı sorumluluklara karşı da sigorta yaptıracak ve bu sigortanın geçerliliğini devam ettirecektir. İşverenin veya işverenin personelinin eylem veya ihmallerinden kaynaklanan kayıp ve iddialar hariç tutulabilmek kaydı ile, bu sigorta poliçesi işvereni de masun tutacaktır.

Zorunlu Haller (Mücbir Sebepler, Force Majeure)
Zorunlu haller, herhangi tarafın kontrolü dışında gelişen, ilgili tarafın sözleşmeyi imzalamadan önce önlemini alamayacağı ve ortaya çıktıktan sonra da etkilenen tarafın engelleyemeyeceği gibi; büyük ölçüde de diğer tarafın neden olmadığı bir olay veya durumdur. Zorunlu haller kapsamında;

a) Savaş, kargaşa, işgal, yabancı düşmanlarının faaliyetleri,
b) İsyan, terör, ihtilal, askeri veya zorbaca hareketler, iç savaş,
c) Karışıklık, başkaldırma, yüklenicinin, taşeronların personel ve işçileri dışındaki kişiler ile ilgili grev veya lokavtlar,
d) Yüklenicinin kullandığı radyasyon ve radyoaktivite işleri hariç, iyonlaştırıcı radyasyon veya radyoaltif kirlenme,
e) Yer sarsıntısı, tayfun, yıldırım, hortum, volkan patlaması gibi doğal afetler, ve
f) Sözleşmenin yasal olarak yürürlüğe girmesinden sonra ülke yasalarında veya bu yasaların hukuki ve idari yorumlarında meydana gelen değişiklikler de vardır.

Zorunlu Hallerin İhbarı: Taraflardan herhangi birisi sözleşmeye bağlı yükümlülüklerinden birini bir zorunlu halden dolayı yerine getiremiyor veya getiremeyecekse, karşı tarafa ihbarda bulunarak bu zorunlu hali oluşturan olay ve şartları, yerine getirmesinin engellendiği veya engelleneceği yükümlülükleri belirtir. Zorunlu halden etkilenen taraf, bu ihbarı yaptıktan sonra, zorunlu halin devam ettiği süre içerisinde bu yükümlülüklerini yerine getirmekten muaf tutulur.

İddialar, Talepler, Uyuşmazlıklar ve Tahkim
İşveren ve yüklenici firmanın herhangi bir konuda anlaşmazlığa düşmesi durumunda uyuşmazlığın çözüleceği yer belirtilmelidir. Uluslararası tahkimin uygulandığı ülkelerde genellikle İsviçre seçilirken; tahkim uygulanmasının bulunmadığı ülkelerde işveren kendi ülke kanunlarının ve mahkemelerinin geçerli olduğunu belirtmektedir.

Yüklenicinin İddia ve Talepleri: Yüklenici, tamamlama süresinin uzatılması veya kendisine ilave ödeme yapılması hakkına sahip olduğu kanısına varırsa; bunu mümkün olan en erken zamanda ve bu iddia ve talebe sebep olan olay veya durumun ortaya çıkışından sonraki belirlenen süreden daha geç olmamak üzere işverene ihbar eder. Bu konu ile ilgili olarak yüklenici sözleşmede belirtilmiş ve yapılması gerekli diğer ihbarları da yapar, ayrıca söz konusu durum veya olay ile ilgili ve iddiayı/talebi destekleyip bilgi ve belgeleri de işverene iletir. Ayrıca, yüklenici, bu gibi iddia ve talepleri kanıtlamak için gerekli kayıtları, güncel durumda da bulundurmak kaydı ile işyerinde veya işverenin kabul edeceği bir başka yerde tutar. Bu paragraf hükümleri uyarınca kendisine gönderilen bir ihbarı alan işveren, herhangi bir sorumluluk üstlenmeksizin kayıt tutma işlemlerini izler ve yükleniciye ilave güncel kayıtlar tutma talimatı verir. Yüklenici de işverenin bütün bu kayıtları denetlemesine müsaade eder ve istendiğinde kopyalarını da işverene vermekle yükümlüdür.

5.7 Alınan Tekliflerin Değerlendirilmesi

RES için alınan tekliflerin değerlendirilmesinde, öncelikle belgeleri eksik olduğu veya teklif mektubu ile geçici teminatı usulüne uygun olmadığına bakılmaktadır. Ancak, teklifin esasını değiştirecek nitelikte olmaması kaydıyla, belgelerin eksik olması veya belgelerde önemsiz bilgi eksikliği bulunması halinde, işveren belirlenen sürede isteklilerden bu eksik belge veya bilgilerin

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

tamamlanması yazılı olarak istemektedir. Belirlenen sürede eksik belge veya bilgileri tamamlamayan istekliler değerlendirme dışı bırakılır. Bu ilk değerlendirme ve işlemler sonucunda belgeleri eksiksiz ve teklif mektubu ile geçici teminatı usulüne uygun olan isteklilerin tekliflerinin ayrıntılı değerlendirilmesine geçilir. Bu aşamada, isteklilerin ihale konusu işi yapabilme kapasitelerini belirleyen yeterlik kriterlerine ve tekliflerin ihale dokümanında belirtilen şartlara uygun olup olmadığı incelenir. Uygun olmadığı belirlenen isteklilerin teklifleri değerlendirme dışı bırakılır. En son aşamada, isteklilerin teklif mektubu eki cetvellerinde aritmetik hata bulunup bulunmadığı kontrol edilir. Teklif edilen fiyatları gösteren teklif mektubu eki cetvelde çarpım ve toplamlarda aritmetik hata bulunması halinde, isteklilerce teklif edilen birim fiyatlar esas alınmak kaydıyla, aritmetik hatalar ihale komisyonu tarafından re'sen düzeltilir. Yapılan bu düzeltme sonucu bulunan teklif isteklinin esas teklifi olarak kabul edilir ve bu durum hemen istekliye yazı ile bildirilir. İstekli düzeltilmiş teklifi kabul edip etmediğini tebliğ tarihini izleyen beş gün içinde yazılı olarak bildirmek zorundadır. İsteklinin düzeltilmiş teklifi kabul etmediğini süresinde bildirmesi veya bu süre içinde herhangi bir cevap vermemesi halinde, teklifi değerlendirme dışı bırakılır ve geçici teminatı gelir kaydedilir.

Yapılan değerlendirme sonucunda RES ihalesi, genellikle ekonomik açıdan en avantajlı teklifi veren isteklinin üzerinde bırakılmaktadır. Ekonomik açıdan en avantajlı teklifin sadece en düşük fiyat esasına göre belirlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda; işletme ve bakım maliyeti, maliyet etkinliği, verimlilik, kalite ve teknik değer gibi fiyat dışındaki unsurlar dikkate alınarak ekonomik açıdan en avantajlı teklif belirlenebilektedir. En düşük fiyatın ekonomik açıdan en avantajlı teklif olarak değerlendirildiği ihalelerde, birden fazla istekli tarafından aynı fiyatın teklif edildiği ve bunların da ekonomik açıdan en avantajlı teklif olduğu anlaşıldığı takdirde, ikinci fıkrada belirtilen fiyat dışındaki unsurlar dikkate alınmak suretiyle ekonomik açıdan en avantajlı teklif belirlenerek ihale sonuçlandırılmaktadır. İhale sonucu, ihale kararlarının ihale yetkilisi tarafından onaylandığı günü izleyen en geç üç gün içinde, ihale üzerinde bırakılan dahil ihaleye teklif veren bütün isteklilere imza karşılığı tebliğ edilir veya iadeli taahhütlü mektup ile tebligat adresine postalanmak suretiyle bildirilir. İhaleye katılan isteklilerden teklifi değerlendirmeye alınmayan veya uygun görülmeyenlerin tebliğ tarihini izleyen beş gün içinde yazılı talepte bulunmaları halinde, işveren talep tarihini izleyen beş gün içinde yazı ile gerekçelerini bildirmek zorundadır. İhale kararlarının ihale yetkilisi tarafından iptal edilmesi durumunda da isteklilere aynı şekilde bildirim yapılır. Artık RES için uygulamaya geçilebilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

BÖLÜM 6

RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL PROJE UYGULAMASI

RES santral ihalesi sonuçlandıktan sonra veya firmanın kendisi RES'i kurmak isterse yapılması gerekenler bu bölümde anlatılacaktır. RES kurulumu için yapılacak işler, genellikle 7 sınıfa ayrılabilir. Bunlar, RT teklifinin alınması, siparişinin verilmesi, inşaat, nakliye, montaj, elektrik işleri ile devreye alma ve testler olarak incelenebilir. İlerleyen sayfalarda bunlar detaylı olarak incelenmiştir.

6.1 RT Teklifinin Alınması

RES uygulama safhasında ilk adım RT teklifinin alınarak RT modelinin belirlenmesidir. RT fiyatı, RES proje maliyetinin hemen hemen %70-80 arasında bir oranını oluşturmakta olduğu daha önceki bölümlerde de anlatılmıştı. Bu yüzden RT alımı, projede dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisidir. Bu yüzden RT teklifi alındığında dikkatli bir şekilde incelenmeli ve işin uzmanlarına danışılmalıdır. Ayrıca RT üreticisi ile anlaşıldıktan sonra yapılacak olan satış sözleşmesi ile bakım ve servis anlaşması yapılırken de konuya hakim kişiler ile çalışılmalıdır. Aksi taktirde ileride birçok sıkıntı yaşanabilmektedir. Burada öncelikle uluslararası bir RT fiyat teklifinde bulunması gerekenler anlatılacaktır. Herhangi bir RT üreticisinden proje için bütçe RT teklifi (budgetary proposal), istenildiği varsayılacaktır. Uluslararası dilde "firm proposal" olarak bilinen nihai teklifte bütçe teklifine zaten çok yakındır.

6.1.1 Bütçe RT Teklifi

Öncelikle hangi marka RT alınacak veya birkaç alternatif üzerinden gidilecek ise karar verilerek şartname hazırlanır ve RT üreticisi ile temasa geçilebilir. Bu amaçla RT üreticisine asgari aşağıdaki teknik bilgiler gönderilmelidir:

1) Projenin yeri, açık adresi,
2) Rüzgar ve meteorolojik veriler,
3) Bölge ile ilgili sayısallaştırılmış topografik haritalar,
4) Projenin gerçekçi başlama tarihi,
5) Yatırımı yapan grup ile ilgili bazı finansal veriler,
6) Yatırımın yapılacağı ülkenin rüzgar sektörü hakkında bilgiler,
7) RT üreticisinin talep ettiği diğer bilgiler.

Bunlara ilave olarak RT üreticisi sahayı görmek için teknik ekibinden bazı kimseleri de gönderebilir. Rüzgar türbin üreticisi yıllık enerji üretim garantisi vereceğinden bazı ek veriler talep edebilir. Bu veriler kendilerine gizlilik anlaşması çerçevesinde de verilebilir. Bu safhalar geçildikten sonra RT üreticisinden teklif alınabilir. Bu arada RT üreticisi de kendi iç değerlendirmesini yaparak projeye teklif verip veremeyeceğine karar verecektir. RT üreticisi, kendi üretim hattını ve elindeki iş yükünü dikkate alarak bu teklifi vermektedir. Teklifin verilmesi, RT üreticisini taahhüt altına alacağından dolayı RT üreticisi açısından da ciddi bir değerlendirme sürecini gerektirmektedir.

6.1.2 Bütçe RT Teklifinde Olması Gerekenler

Standart bir bütçe RT teklifinde olması gereken asgari hususlar:

1) Giriş,
2) Tedarik Kapsamı (Scope of Supply),
3) Fiyat ve Ödeme Koşulları,
4) Alıcının Sorumlulukları,
5) Teslim Süresi,
6) Garantiler,
7) Diğer Şartlar.

Bu hususları biraz daha fazla detaylı incelemek gerekmektedir.

Giriş

RT bütçe teklifinin giriş kısmında RT üreticisinin kendi hakkında bazı global bilgiler verir. Teklif hakkında da genel bazı bilgiler bulunabilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tedarik Kapsamı

Tedarik kapsamı (scope of supply) verilen teklifte RT üreticisinin neleri vereceğini yani alıcıya karşı olan taahhüdünü içermektedir. Genellikle aşağıdakiler tedarik kapsamındadır:

a) Teçhizat,
b) Teknik Danışmanlık Servisi,
c) Eğitim,

Teçhizat ile RT üreticisi tarafından satılacak RT'nin kurulu gücü, göbek yüksekliği, adedi, RT ile verilecek diğer ara teçhizat listesi verilir. Aşağıdaki Tablo 6.1'e benzer bir format kullanılabilir.

Tablo 6.1. Tedarik kapsam listesi.

Teçhizat	**Açıklama**
Nasel	Glasfiber ile güçlendirilmiş
Aydınlatma	Nasel ve kule içinde aydınlatma
Kule	Yüksekliği …m ve konik şeklinde çelik kule
Kapı	Kule girişinde çelik kapı
Tırmanma	Kule içinde merdiven sistemi
Pervane	3-kanatlı ve …m çapında pervane
Pervane fren sistemi	3 adet birbirinden bağımsız aerodinamik fren
Dişli kutusu	Planeter ve gürültü azaltıcı sistemli
Jeneratör	Çift beslemeli 3 fazlı asenkron motor
Dönüştürücü	IGBT dönüştürücü
Yazılım	RT'yi uzaktan izleyebilen yazılım
Rüzgar sensörleri	Rüzgar hız ve sensörleri

Tablo 6.1 ile verilen teçhizat listesi uzatılabilir. Burada sadece ana teçhizatlar verilmiştir.

Teknik Danışmanlık Servisi, RT üreticilerinin montaj ve devreye alma (commissioning) faaliyetleri ile ilgili olarak danışmanlık servisi vermesini ifade etmektedir. Projelerin sorunsuz bir şekilde yapılabilmesi için RT üreticisi tecrübe ve bilgisini proje sahibine vermektedir. Fakat bu hizmet içinde bir bedel bulunmaktadır. Bazen bu bedel ayrı olarak teklifte görüşülebildiği gibi RT fiyatının içine de dahil edilebilmektedir. Montaj Teknik Uzmanı (Installation Technical Advisor), projenin montajı sırasında RT üreticisi tarafından bir montaj uzmanı görevlendirilebilir. Montaj uzmanı, montaj faaliyetleri sırasında süpervizörlük görevini yerine getirmektedir. Devreye Alma Uzmanı (Commissioning Advisor), RES'in montajı bitirildikten sonra devreye alma ve diğer testleri süpervize etmektedir.

Eğitim, RT üreticisinin projenin sahibi yatırımcı firmanın personelini eğitmesidir. Bu hizmet için de kişi başına bir bedel ödenmesi gerekmektedir. Bu fiyat, genellikle seyahat ve konaklama bedellerini hariç tutmaktadır.

Diğer Hususlar (miscellaneous), RES yatırımcısı ile RT üreticisi arasındaki diğer bazı hususları kapsamaktadır.

Fiyat ve Ödeme Koşulları

RT üreticisinin tedarik kapsamı açıklandıktan sonra RT üreticisinin bu kapsam için teklif ettiği fiyat ve bu fiyatın nasıl ödeneceği ile ilgili şartların belirtilmesi gerekmektedir. Fiyatın hangi kur üzerinden teklif edildiği ve teknik danışmanlığın da bu fiyata dahil olup olmadığı belirtilmelidir. Verilen fiyatın belirli bir geçerlilik süresi bulunmaktadır. Bu süre de açıkça ifade edilir. Fiyatın ve bu fiyata nelerin dahil olduğu açık bir şekilde belirtildikten sonra sıra bu fiyatın nasıl ödeneceğine gelmiştir. Ödeme koşulları da aşağıdaki gibi olabilmektedir:

Alım anlaşması imzalanması sonrası : %...
RT'lerin gemiye bindirilmesinden önce : %...
RES'in devreye alınmasından sonra : %....
Geçici kabulden hemen sonra : %....
Toplam : % 100

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Alıcının Sorumlulukları

Projenin yapımı sırasında RT üreticisinin yatırımcı firmadan bazı beklentileri bulunmaktadır. Bunlar RT üreticisinin işini daha güvenli bir şekilde yapabilmesi için konulmaktadır. Genellikle aşağıdaki konular alıcının sorumlulukları arasındadır:

1) RT Üreticisi tarafından işini gereğince yapabilmesi için gerekli arazi verileri. Bu veriler, saha ile ilgili haritalar, RT yerleri, servis yolları, ulaşım yolunun haritada işlenmiş hali gibi hususları içermektedir. RES içinde yapılması planlanan step-up trafo, şalt sahası, trafo merkezi, kontrol binası vb. gibi şeylerin yerleri haritada gösterilmektedir.

2) Destek personeli. RT alıcısı, RES devreye alınması sırasında start-up, devreye alma testleri gibi konusunda yetkin kişiler ile çalışmalıdır ve bu kişiler RT teknik personeli ile koordineli bir şekilde çalışmalıdır.

3) Sahaya erişim. RES yatırımcı firma, RT üretici firmanın teknik ve idari personeline sahaya ulaşım, vince, ve diğer ekipmanlara erişim ile ilgili her türlü kolaylığı göstermelidir.

4) Toprak analizi, temel tasarım dökümanları. Alıcı, RES kurulacak sahanın genel toprak analizi ve her bir RT'nin temeli için yapılan çalışmalara ait analiz ve teknik dökümanlar RT üreticisine sunmalıdır.

5) Şebeke bağlantısı. RES yatırımcı firma RES'in devreye alınması sırasında şebekeden elektrik alınması (backfeed power), şebeke bağlantısı, gibi hususları çözmelidir ve gerekli izinlerin alınıp RT üreticisine de bir kopyasının verilmesi gereklidir.

6) Mekanik montaj. RES yatırımcısı RT montajını kendi bulduğu bir başka taşerona yaptırsa dahi RT üreticisinin teknik personelinin uyarılarını dikkate almak zorundadır.

7) İzinler. RES yatırımcısı projenin yapılabilmesi için gerekli bütün izin, ruhsat, lisans ve onayları kendi başına almakla yükümlüdür. Gerektiğinde bunların bir kopyasını RT üreticisine verebilmelidir. Yukarıda anlatılan hususlar genel olarak RT üreticisinin yatırımcı firmadan beklentilerini anlatmaktadır. Proje yapısı veya ülkeye göre bu hususlar değişiklik gösterebilir.

Teslim Süresi ve Şartları

Kitabın yazıldığı tarihlerde RT teslim süresi müzakere edilmesi gereken en önemli konudur. Rüzgar enerjisine olan talepte büyük bir patlama yaşandığından RT üreticileri teslimatta büyük sıkıntılar yaşamaktadır. Genellikle 1.5 hatta 2 yıl sonraya teslim süresi vermektedirler. Teslim süresinde RT üreticisi türbinleri ne zaman RES yatırımcısının emrine vereceğini açık bir şekilde belirtmelidir. Aynı zamanda teslimatın nerede yapılacağı da açık bir şekilde yazılmaktadır. Uluslararası ticaret dilinde Incoterms olarak bilinen şartlara göre teslimat yapılır.

Garantiler

RT teklifinde dikkat edilecek en önemli noktalardan birisidir. Verilen garantiler, RT fiyatına dahil edilebileceği gibi, ayrı olarak da verilebilmektedir. Bu garanti süresi boyunca; RES'in işletme, bakım ve servis hizmetlerinden RT üreticisi sorumlu olmaktadır. Genellikle %95-%97 arasında emre amadelik garantisi (availability guarantee); %95 civarında da güç eğrisi (power curve) garantisi verilmektedir.

Diğer şartlar

Her teklifin sonunda bulunan genel şartlar bu kısımda bulunmaktadır. Gizlilik hususu vb. gibi konular burada yer alabilir.

6.2 RT Siparişinin Verilmesi

İşe başlamadan önce yapılması gereken ilk nokta daha önceden karar verilen RT üreticisi ile temasa geçilerek siparişin verilmesidir. Genellikle sipariş tarihinden 6 - 8 ay sonrası gibi bir zamana teslimat verilmektedir. RES proje uygulama aşamasının satınalma safhasının (procurement) en önemli kısmı RT'lerin satın alınmasıdır. RES proje bütçesinin yaklaşık %70-80 civarında bir kısmını oluşturmaktadır. Bu aşamada RT tipi ve markası seçilmelidir. RT tipi kurulu güç olarak ve marka

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

olarak da seçildikten sonra RT üreticisi ile çeşitli anlaşmalar yapılmalıdır. Bu anlaşmaların içeriği, kapsamı, süresi gibi konular çok önemlidir ve RES yatırımcısının dikkat etmesi gereken birçok husus bulunmaktadır. Herhangi bir RES projesinde tipik olarak aşağıdaki anlaşmalar yapılmaktadır:

- Satış Anlaşması (Sale and Purchase Agreement),
- Bakım ve Servis Anlaşması (Maintenance and Service Agreement).

6.2.1 RT Satış Anlaşması

RT Satış Anlaşması (Wind Turbine Sale and Purchase Agreement), RES yatırımcısı ile RT üreticisinin yaptığı en önemli anlaşmadır. RT üreticisi ve bazen de projenin gereksinimlerine göre RT Satış Anlaşması'nın içeriği ve ekleri değişim gösterebilmektedir. Aşağıda böyle bir anlaşma da bulunabilecek maddeler verilmiştir:

1- Tanımlar (Definitions),
2- Öncelikli koşullar (Conditions Precedent),
3- Tedarik kapsamı ve iş (Scope of Supply and Work),
4- Teslimat takvimi (Delivery Schedule),
5- Satıcının yükümlülükleri (Obligations of Seller),
6- Alıcının yükümlülükleri (Obligations of Buyer),
7- Mekanik montaj, tamamlama ve nihai kabul (Mechanical Erection, Substantial completion and final acceptance),
8- Sözleşme fiyatı ve ödeme koşulları (Contract Price and Payment),
9- Değişen siparişler (Change Orders),
10- Delay liquidated damages,
11- Representations and Warranties,
12- Mesuliyet (liability),
13- Mücbir sebep (Force Majeure),
14- Kayıp riski (Risk of Loss; Transfer of Title),
15- Sigorta (Insurance),
16- Default and Termination,
17- Intellectual Property Rights,
18- Gizlilik (Confidentiality),
19- Atama (Assignment),
20- Notices,
21- Anlaşmazlıkların çözümü ve yeri (Dispute Resolution and Place of Jurisdiction),
22- Diğer hususlar (Miscellaneous).

İzleyen sayfalarda yukarıdaki hususlar, ayrıntılı bir şekilde anlatılacaktır. Bu hususlara geçmeden önce bu tip uluslararası anlaşmalarda yer alan ve "Preamble" olarak adlandırılan husus üzerinde durmakta yarar bulunmaktadır. Preamble başlığı altında bütün anlaşmanın özeti verilmektedir. Alıcının (RES yatırımcısı) RT almak istediği ve hangi yerde kullanılacağı hakkında bilgi verilir. Satıcının (RT üreticisi) ise alıcıya kaç adet RT satmak istediği, RT'lerin montajı, süpervizyonu, devreye alınması gibi hususlarda satıcının alıcıya yardım edeceği gibi konular da yer almaktadır. Son olark da tarafların imzaladıkları anlaşma koşullarına sonuna kadar uyacakları belirtilmektedir. Preamble kısmı bitirildikten sonra anlaşmanın ana başlıklarına geçilir.

Tanımlar

Tanımlar, yapılan anlaşmada baş harfleri büyük olarak yazılan ve anlaşmada sık sık geçen terimlerdir. Tanımlanan her bir terim ile ne anlatılmak istendiği açıkça yazılmaktadır. Bu tip bir uluslararası RT Satış Anlaşması'nın Tanımlar kısmında aşağıdaki terimler bulunabilir. Uluslararası iş lisanı İngilizce olduğundan Tanımların yanına ingilizceleri yazılmıştır.

Sözleşme (Agreement): Sözleşme, bütün ekleri ile beraber alıcı ve satıcı arasındaki iş akdini kastetmektedir.

As-built drawing: İnşaat, elektrik ve var ise mekanik şekil, çizim ve resimlerdir.

Takvim Günü (Calender Day): Genellikle tatil günleri de dahil yılın günleridir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Değişen Siparişler (Changer Order): Tedarik kapsamındaki (Scope of Supply) yapılacak herhangi bir değişikliktir. Bunu anlaşma tarafından herhangi birisi talep edebilir.

Mekanik Montaj (Mechanical Erection): Proje sahasında RT'lerin mekanik montaj işlemidir.

Mekanik Montaj Sertifikası (Mechanical Erection Certificate): Satıcının, alıcıya yazılı olarak verdiği ve içerik olarak sahadaki bütün RT'lerin montajının yapıldığı ve şebekeye bağlanmaya hazır olduğunu belirten sertifikadır.

Anlaşma Fiyatı (Contract Price): RT ve diğer hizmetler ile ilgili olarak anlaşılan fiyattır.

Teslimat Takvimi (Delivery Schedule): RT üreticisinin yani satıcının, alıcıya RT'leri teslim etme takvimidir.

Event of Default: Sözleşmeden doğan yükümlülüklerin taraflardan birisinin ihlal etmesi durumudur.

Nihai Kabül (Final Acceptance): RES yatırımcı firmanın RES'i emre amade şekilde teslim almasıdır.

Nihai Kabül Sertifikası (Final Acceptance Certificate): Alıcının yazılı olarak RES'I kabul ettiğini belirten sertifikadır.

Mücbir Sebep Olayı (Force Majeure Event): Sözleşmede belirlenen olaylardır.

ICC Kuralları (ICC Rules): Uluslararası Ticaret Mahkemeleri'nin kurallarıdır (The Arbitration Rules of the International Chamber of Commerce). Tahkim uygulamasının bulunduğu ülklelerde vardır.

Intellectual Property: Satıcı tarafından belirlenen lisanslı materyaller, patentler, trademarks vb gibi entellektüel eserlerdir.

Lisanslı Materyaller (Licensed Materials): Yazılım, çizim, dökümantasyon ve diğer lisanslı materyallerdir.

Bakım ve Servis Anlaşması (Maintenance and Service Agreement): Satıcı ve alıcı arasındaki RT'lerin bakım ve hizmet anlaşmasıdır.

İşletme ve Bakım El Kitabı (O&M Manual): RT üreticisi tarafından tedarik edilen ve RES'in işletme ve bakım kurallarının yazılı olduğu el kitapçığıdır.

Kısmi Tamamlama (Substantial Completion): Kısmi tamamlama ihtiyaçlarına göre RES'in büyük bir kısmının bitirilmesidir.

Warranty and Defects Liability Period: Satanın teknik ve diğer belirlenen hususlar konusunda bütün sorumlulukları aldığı periyottur.

Rüzgar Türbin Jeneratörü (Wind Turbine Generator): Rüzgar türbinidir. Bu tanıma, pervane, nasel, kanatlar, jeneratör, kule dahildir ve satıcı tarafından sağlanır.

Tanımlar kısmı, yapılan anlaşmanın niteliğine göre değişebilmekle beraber, yukarıda açıklanan kısımlar çoğunlukla bulunmaktadır.

Öncelikli Koşullar (Conditions Precedent)
Bu tip sözleşmelerde aşağıdaki hususlar öncelik taşıyabilir:

- Sözleşme bedelinin belirli bir yüzdesinin önceden (down payment) ödenmesi,
- Sözleşme bedelinin belirli bir yüzdesi üzerinden gayri kabili rücü akreditif açılması (irrevocable bank letter of credit),
- Sözleşme koşullarına göre bakım ve servis anlaşmasının imzalanması.

Yukarıdakilere ek olarak sözleşmenin tarafları önemli gördüğü diğer önemli hususları da ekleyebilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tedarik Kapsamı ve İş (Scope of Supply and Work)
Bu kısımda RT üreticisinin (yani satıcının) neleri tedarik edeceği açık bir şekilde yazılmaktadır. Satıcı tarafından sağlanacak, şekil, teknik döküman vb gibi şeyler açıklanır.

Teslimat Takvimi (Delivery Schedule)
Satıcının alıcıya RT ve anlaşılan diğer teçhizatın teslim tarihi ile ilgili programı açıkladığı maddedir. Bu kısımda teslimatın söz verilen tarihe kadar gerçekleşmemesi durumda cezai koşul konulabilir.

Satıcının Yükümlülükleri (Obligations of Seller)
Satıcının alıcıya karşı yükümlülüklerinden bu maddede bahsedilir. Genel olarak;

- RT üreticisinin RT ile ilgili vermesi gereken bütün teknik bilgi, veri, rapor, sertifika vb gibi dökümanları alıcıya tedarik etmekle yükümlüdür,
- Satıcının projeyi koordine edecek bir proje müdürü atayacağı belirtilir,
- Satıcının alıcı tarafından alınan bütün izin onay vb gibi hususlara dikkat edeceği ifade edilir.,
- Satıcının proje sahasındaki bütün kurallara uyacağı belirtilir,
- Eğer kanunen gerekiyorsa satıcının proje sahasında güvenlikten sorumlu birisini istihdam etmesi gereklidir. Satıcı aynı zamanda taşeronlarından da sorumludur,
- Satıcı, saha içinde kendisinden doğabilecek her türlü çöp, atık, nakliye, gibi konulardan kendisi sorumludur.

Alıcının Yükümlülükleri (Obligations of Buyer)
Alıcının yani proje sahibinin satıcıya karşı olan sorumlulukları da alıcının yükümlülükleri olarak ayrı bir maddede belirtilir. Genel olarak aşağıdaki yükümlülüklerdir:

- İşin kapsamı sadece alıcı tarafından yapılır ve ödenir,
- Alıcı, satıcıya proje sahasına giriş ve çıkış için alınması gereken her türlü resmi izin, onay vb gibi şeyleri sağlar,
- Alıcı, saha ile ilgili gerekebilecek her türlü harita, döküman vb gibi dökümanları satıcıya tedarik eder,
- Alıcı, satıcı ile bütün yazışma, iletişim gibi şeyleri koordine edecek bir proje müdürü atamalıdır,
- Alıcı, bütün izin, ruhsat, onay gibi şeyleri satıcıya gerektiğinde sunabilmelidir,
- Alıcı, şebeke ile RES bağlantısından sorumludur. Ayrıca enerji satış anlaşmasını da alıcının sorumluluğundadır. Alıcı, şebeke işleticisi ile yapılacak her türlü işlemden de sorumludur,
- Alıcı, bütün zemin, jeoloji, toprakaltı koşullarından sorumludur,
- Alıcı, satıcıya proje için kullanılan diğer taşeronlar hakkında bilgi vermelidir,
- Alıcı, satıcının ihtiyacına göre yeterli depo tesislerin sağlamakla yükümlüdür.

Mekanik Montaj, Kısmi Tamamlama ve Nihai Kabül (Mechanical Erection, Substantial Completion and Final Acceptance)
Öncelikle mekanik montajı incelenmelidir.

Mekanik Montaj: Proje sahasında RT'lerin mekanik montajı tamamlandıktan sonra, satıcı Mekanik Montaj Sertifikası imzalayarak alıcıya verir.

Kısmi Tamamlama (Substantial Completion): RT'lerin mekanik, montajı tamamlandıktan sonra satıcı RT'lerin testine başlamaktadır. Satıcı, alıcının RES'i devreye almasından en az 1 hafta önce bütün test prosedürünü bitirmelidir. Kısmi tamamlama tek tek RT bazında olabileceği gibi bütün RES tamamlandıktan sonra da yapılabilir.

Nihai Kabül (Final Acceptance): RT'lerin nihai kabulü genellikle aşağıdaki kriterler sağlandığında yapılmaktadır.

- Kısmi tamamlama sertifikası hem satıcı, hemde alıcı tarafından imzalandığında,
- Satıcı tarafından verilen to-do-list'in alıcı tarafından yapıldığında,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Satıcı ve satıcının taşeronlarının personel, teçhizat, geçici tesisler vb gibi şeylerin proje sahasından alındığında,

nihai kabül yapılabilir.

Sözleşme Fiyatı ve Ödeme Koşulları
Sözleşme fiyatı, genellikle aşağıdaki kalemlerden oluşur:

- RT fiyatı,
- RT nakliye bedeli,
- RT montaj fiyatı (eğer RT üreticisi tarafından yapılacaksa),
- RT personelinin süpervizyon ücreti.

Satıcı ile alıcı arasındaki sözleşmenin fiyatını belirleyen ana kalemler yukarıda verilmiştir. RT fiyatı ile süpervizyon bedeli RT üreticisi tarafından kesinlikle verilmektedir. Günümüzdeki birçok uygulamada RT montajı RT üretici firma tarafından değil de; büyük kapasiteli vinçlere sahip olan montaj firmaları tarafından; nakliye işlemi de aynı şekilde RT üreticisinin anlaştığı nakliye firması değil de RES yatırımcısının anlaştığı nakliye firmaları tarafından yapılmaktadır. Sözleşme fiyatının belirli bir geçerlilik süresi olmaktadır. Sözleşme fiyatı, ancak değişen siparişler (change order) olduğunda tekrar müzakere edilerek değişebilmektedir. Genellikle geçerli olan sözleşme fiyatı için belirli bir süre konulur. Yani, sözleşme bedeli şu tarihe kadar geçerlidir denilmektedir. Ödeme koşulları olarak, öncelikle satıcının bütün banka bilgileri yazılır. Bunlar arasında banka adı, şube kodu, swift kodu ve hesap numarası sayılabilir. Ödemenin koşulları ile ilgili genellikle sözleşme ekine konan bir anlaşmada yer almaktadır. İki kişi arasında yapılan bir sözleşme olduğundan ödeme koşulları değişim gösterebilmektedir.

Değişen Siparişler (Change Orders)
Satıcı ve alıcı, işin süresi boyunca siparişi verilen teçhizatta bazı değişiklikler yapılabilir. Bu tip değişen siparişler, her iki tarafında yazılı onayı alınarak yapılmaktadır. Satıcı, alıcıdan değişen siparişleri aldıktan 10 gün içerisinde alıcıya teklif ettiği değişikliğin fiyat ve iş programına etkisini yazılı olarak bildirmektedir. Değişen siparişler her iki tarafça da onaylandıktan sonra, teslimat tarihi, projenin iş programı yeniden revize edilir. Eğer taraflar böyle bir sipariş değişimini, fiyat üzerindeki etkisi konusunda anlaşamazlar ise, alıcı tarafından satıcıya değişiklikleri dikte ettirebilir. Satıcı, alıcıdan gelecek değişen siparişlere göre, sözleşme fiyatını ve iş programını revize etme hakkını saklı tutmaktadır.

Delay Liquidated Damages
RES için gerekli RT'lerin satıcı tarafından zamanında yetiştirilemediği durumda, alıcının bazı zararları doğacaktır. Bu zararlar, satıcı tarafından karşılanmalıdır. Bu tip gecikmelerden alıcı sorumlu ise, satıcı herhangi bir tazminat ödemeyecektir. Satıcı tarafından ödenecek cezai bedel için genellikle bir yüzde konulmaktadır. Alıcı, satıcıdan Kısmi Tamamlama (Substantial Completion) tarihine kadar iş planına uyulmasını istemektedir ve bu tarihe kadar satıcının yükümlülüklerini mutlaka yerine getirmesi gerekmektedir.

Representations and Warranties
Bilindiği gibi RT'lerin 20-25 yıllık ömürleri bulunmaktadır. RT üreticileri genellikle 2 yıllık garantiler vermektedirler. Satıcıdan kaynaklanmayan gecikmeler nedeni ile Kısmi Tamamlama süresinde gecikme olur ise bu süre en fazla 30 aya kadar uzatılmaktadır. Bu süre, "Warranty and Defects Liability Period" olarak adlandırılmaktadır. Satıcı bu maddede, garantinin kendisinin tarafından verileceğini açık bir şekilde belirtmektedir. Satıcı, kendi kapsamında yapılacak bütün işin dirayetli bir şekilde yapılacağını belirterek bütün iş süreçlerinin rüzgar enerji sektöründeki klasik uygulamalara göre olacağını garanti etmektedir. Satıcı, aşağıdaki koşullardan dolayı doğacak arızaların garantisini vermemektedir:

- RT'nin normal işletmesi sonucu meydana gelen yorulmalar,
- Satıcının RT teknik özelliklerinde belirttiğinden yüksek olan hava şartları,
- RT üretücisi tarafından onaylanmamış kişilerin yaptığı, tamir, parça değişimi vb. gibi hususlardan ortaya çıkan arızalar,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Satıcının veya onun yetkili kıldığı taşeronların dışında malzeme, ekipman vb gibi şeylerin kullanılmasından meydana gelecek arızalar,
- Alıcının, satıcının verdiği kurallara uymadan işletme ve bakım yapması.

Mesuliyet (Liability)
Satıcının ve satıcının taşeron, tedarikçi, temsilci ve kendi çalışanlarının herhangi bir hatasından doğabiliecek hasarlar ile ilgili olarak satıcı, alıcıya yapılan sözleşme bedelinin belirli bir yüzdesine kadar sorumlu olduğunu belirtmektedir. Bu oran, %20-30 arasında değişebilmekle beraber; taraflar arasındaki mutabakata bağlı olarak değişim gösterir.

Mücbir Sebep (Force Majeure)
Mücbir sebep, her iki tarafında kontrolü altında olmayan, Acts of God, istimlak, el koyma, savaş, isyan, sabotaj, yangın, sel, deprem, patlama, ayaklanma, grev, yıldırım, nakliyedeki gecikmeler (örneğin okyanusta geminin batması), proje sahasında rüzgar hızının iş yapılırken 10m/s'yi (göbek yüksekliği) aşması gibi nedenler sayılabilir. Mücbir sebepler yukarıda sayılan halleri içermekle beraber, sadece bunlarla sınırlı değildir. Eğer satıcı veya alıcı, Mücbir Sebep nedeni ile yükümlülüklerden herhangi birisini (ödeme haricinde) tamamen veya kısmen yerine getiremez ise aşağıdaki yerine getirilmesi gerekir:

- Yükümlülüğünü yerine getiremeyen taraf, Mücbir sebep olayından sonraki 21 gün içinde (veya taraflara kararlaştırılan gün) yazılı olarak bilgi vermek zorundadır. Ayrıca olay hakkında ve doğabilecek sonuçlar ile ilgili detaylı bilgi verilmelidir,
- Mücbir sebep olayından etkilenen taraf, yükümlülüğünü yerine getirebilmek için elinden gelen çabayı göstermelidir,
- Mücbir sebep olayının etkisi geçtikten sonra olaydan etkilenmemiş olan taraf, derhal karşı tarafı bilgilendirerek devam ettiğini belirtmelidir,
- Mücbir sebep, RT üreticisinin fiyatında herhangi bir değişikliğe ve Kısmi Tamamlama Tarihi'nde herhangi bir gecikmeye neden olur ise, Değişen Siparişler'de bu durum belirtilmektedir,
- Mücbir sebepten etkilenen tarafı bu durumun karşı tarafa az zarar vermesi için elinden gelen gayreti göstermelidir.

Son olarak, Mücbir Sebep'ten etkilenen taraf, eğer yükümlülüklerini 6 ay yerine getiremeyecek durumda olur ise tarafların anlaşmayı fesih etme hakları bulunmaktadır. Proje büyük ise 6 ay süresi bazen 1 yıla kadar uzatılabilmektedir.

Kayıp Riski (Risk of Loss; Transfer of Title)
Bu maddede, RT üreticisinin yani satıcının alıcıdan ödemeler ile ilgili durum belirtilir. Sözleşme bedelinin satıcının banka hesabına yatırılması gerektiği belirlenir. Proje sahasının güvenliği ve sahadaki teçhizatın korunarak gözetilmesinden kimin sorumlu olacağı belirtilir. Genellikle bu konuda sorumluluk alıcıya aittir.

Sigorta (Insurance)
Sigorta, satıcı ile yapılacak anlaşmaya bağlı bir hususdur. Eğer, RES yatırımcısı RES'I kendisi yaptırıyor ise farklı bir sigorta uygulaması; eğer RES yatırımcısı RES'i anahtar teslim olarak bir ana müteahhide yaptırıyorsa sigortanın kapsamı değişim gösterir. Eğer satıcı RT'leri sahada teslim ediyor ise, sahaya kadar olan nakliye sigortası satıcının kapsamındadır. Bundan sonrası RES yatırımcı veya ana müteahhidin kapsamına girmektedir. Satıcı, fabrika teslim olarak verir ise, artık nakliye de RES yatırımcısı veya ana müteahhidin kapsamına dahildir. Bu hususlardan hangisinin olacağı RT Satış Sözleşmesi'nde açıkça belirtilmelidir.

Default and Termination
Uluslararası dilde "Default and Termination" (yükümlülüğü yerine getirememe ve sonlandırma) olarak bilinen olay, anlaşma taraflarından herhangi birisinin yükümlülüklerini yerine getirememe ve bunun neticesinde de sözleşmenin sonlandırılması anlamını taşımaktadır.

Satıcının Default Durumu Düşmesi: Aşağıdaki durumlarda satıcı default duruma düşebilir:

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Satıcıya, alıcı tarafından yapılması gereken ödemeler yapılmadığında,
- Satıcı, iflas, konkordato, borçlarını ödeyememe (insolvency), moratoryum vb gibi durumlara düştüğünde,
- Satıcının mallarının yanlış, sahte olduğu durumda Satıcı default olmaktadır.

Alıcının Default Duruma Düşmesi: Satıcı gibi, alıcı da default durumuna düşebilir. Aşağıdaki koşullar gerçekleştiğinde:

- Alıcı, satıcıya yapması gereken ödemeleri yapamaz ise,
- Alıcı, diğer hizmet aldığı taşeronlara ödemelerini yapamaz ise,
- Alıcının kendi isteği ile iflasını istemesi, insolvency, moratoryum veya buna benzer durumlara düşmesi,
- Alıcı tarafından hizmeti verilen şeyleri sahte olması, durumlarında Alıcı da default durumuna düşmektedir.

Intellectual Property Rights
Bu tip sözleşmelerde Intellectual Property Rights ile ilgili 2 husus bulunmaktadır. Lisanslı Materyaller ve Trademarks.

Lisanslı Materyaller: Lisanslı Materyaller, genellikle RT üreticisinin verdiği materyallerdir. Aşağıda bazı örnek Lisanslı Materyal verilmiştir:

- RT tasarım ve teknik dökümanları,
- İletişim sistemi, SCADA, sistem yazılımı, RT firma yazılımı,
- Eğitim bilgileri ve metodu,
- İşletme ve bakım el kitapları,
- Diğer know-how.

RT üreticisi, RT'yi satarken yukarıdaki verilen Lisanslı Materyalleri satmamaktadır. Daha ziyade lisanslı olarak alıcıya vermektedir. Alıcı da Lisanslı Materyalleri, 3. Şahıslara Satıcı'nın izni olmadan verememektedir.

Trademarks: Satıcı, alıcıya vermiş olduğu Lisanslı Materyallerin üzerinde kendi ismi, logosu gibi şeyleri bulundurmak istemektedir. RT üzerine bazen Alıcı firmada kendi ismini yazabilmek isteyebilir. Böyle bir durum da karşılıklı olarak müzakere edilmelidir.

Gizlilik (Confidentiality)
Sözleşmelerin temel maddelerinden olan gizlilik koşulu burada da karşımıza çıkmaktadır. Gerek Satıcı ve gerekse de Alıcı, aralarında Gizlilik Şartı olan bilgileri 3. Şahıslara vermemektedir.

Atama (Assignment)
Bu tip sözleşmelerde Alıcı ve Satıcının ileride yerine geçebilecek şirketlerin de yapılan sözleşmenin bağlayıcı olduğu konusunda mutabık kalınmalıdır. Şirketin yerine geçecek kişilik (assignee), sözleşme maddelerini kabul ettiğini yazılı olarak vermelidir. Aksi takdirde yapılan sözleşme geçerliliğini yitirmektedir.

Notices
Tarafların yapacakları her türlü yazışma için adresler verilmektedir. Adres değişikliği, hemen karşı tarafa bildirilmelidir.

Anlaşmazlıkların Çözümü ve Yeri
Satıcı ve Alıcı arasında herhangi bir nedenden dolayı anlaşmazlık çıkarsa, anlaşmazlığın nerede çözüleceği de belirtilmelidir. RT üreticinin kendi bulunduğu şehri ve kendi ülke yasalarının geçerli olmasını isteyebilir.

Diğer Hususlar (Miscellaneous)
Sözleşmelerin son maddesi olan diğer hususlar, aşağıdaki konuları kapsayabilmektedir:

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Sözleşme dilinin İngilizce olduğu ve sözleşme kapsamında yapılacak her türlü yazışmanın ve sair işlemin ingilizce olarak yapılacağı,
- Sözleşmenin ve sözleşmede atıfta bulunulan bütün eklerin, sözleşmenin ayrılmaz bir parçası olduğu,
- Sözleşmenin her iki tarafça hazırlandığı,
- Sözleşmede yapılacak herhangi bir değişikliğin ancak tarafların yazılı onayına haiz olması gerektiği,

gibi hususlar yer almaktadır.

Sözleşme Ekleri

Şimdiye kadar anlatılanlar RT üreticisi ile RES yatırımcısı arasında yapılan sözleşme içeriğine yöneliktir. Bu tip sözleşmelerde birçok ekler bulunmaktadır. Bu ekler arasında ilk akla gelenler:

- Bakım ve Servis Anlaşması (Maintenance and Service Agreement),
- Mekanik Montaj Serifikası (Mechanical Erection Certificate),
- Kısmi Tamamlama Sertifikası (Substantial Completion Certificate),
- Emre amadelik Garantisi (Availability Warranty),
- Güç Eğrisi Garantisi (Power Curve Warranty),
- Gürültü Emisyon Garantisi (Noise Emission Warranty),

olarak sayılabilir. Bunlar ek olabileceği gibi, ayrı ayrı da yapılabilir. Anlaşmalar arasında en önemlilerinden olan Bakım ve Servis Anlaşması ile başlanmalıdır.

6.2.2 Bakım ve Servis Anlaşması

Bakım ve Servis Anlaşması, Satış Sözleşmesi'nden sonra RT üreticisi (Satıcı) ile RES yatırımcısı (Alıcı) arasındaki en kapsamlı anlaşmadır. İçerik olarak Satış Sözleşmesi'ne benzerdir. Bu yüzden aralarında Tanımlar, Mücbir Sebepler, Atama, Uygulanacak Hukuk gibi başlıklar burada verilmeyecektir. Bakım ve Servis Anlaşması aşağıdaki maddelerden oluşabilir:

- İşin Kapsamı,
- İşin Süresi (Term),
- Bakım Şirketi'nin Yükümlülükleri,
- RES Sahibinin Yükümlülükleri,
- Bakım Şirketi'nin İşinin Kabulü.

İşin Kapsamı

İşin kapsamı, RT üreticisinin, RES yatırımcısına karşı olan sorumluluklarını anlatmaktadır. Sadece RT üreticisi değil de; bakım işi ile iştigal eden başka bir şirket ile de olabilir. Bu yüzden burada kısaca "Bakım Şirketi" olarak anılacaktır. İşin kapsamında Bakım Şirketi, düzenli bakım ve servis hizmeti vererek RT üreticisinin verdiği el kitabına göre gereğini yapmalıdır. İşin kapsamı ana başlıklar olarak;

- Kule de dahil bütün ekipmanların kontrolü,
- Vidaların tork kontrolü ve gerekiyor ise vidaların sıkılması,
- Yağ seviyelerinin kontrolü,
- Yılda bir kez yağ seviyesi kontrolü yapılması,
- Gerekli yağlamanın yapılması,
- Frenlerin kontrolü,
- Bütün emniyet sistemlerinin kontrolü,
- Yıldırım koruma, topraklama kontrolü.

İzleme (Monitoring)

Bakım şirketi, her bir RT'yi sürekli izlemelidir. İzleme için RES sahibi şirketten izin veya onay gereklidir. Bakım şirketi ile RT'ye ait verileri 3. şahıslarla paylaşmamalıdır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Raporlama
Bakım şirketi genellikle RES sahibi için aylık ve üç aylık raporlar hazırlamaktadır. Her bir RT için ayrı ayrı rapor hazırlanarak yapılan bakım veya değiştirilen parça var ise belirtilmelidir. Özellikle 3 aylık raporlar kapsamlı ve her bir RT için durum bilgisi belirtilmelidir. Herhangi bir ana teçhizat bakımı veya değişimi yapılmadan 7 gün önce RES sahibine bildirilmelidir. Genellikle her bir RT için ayrı bir logbook (seyir defteri) tutulur. Logbook, her bir RT'nin içindeki kulede muhafaza edilir.

İşin Süresi (Term)
Bakım ve servis anlaşmasının belirli bir süresi bulunmaktadır. Kitabın yazıldığı 2006 yılında RT üreticileri genellikle 2 yıl bakım garantisi vermektedir. Bu madde ile anlaşmanın ne kadar süresi ile geçerli olacağı belirtilir.

Bakım Şirketinin Yükümlülükleri
Bakım Şirketi'nin RES yatırımcısına karşı olan yükümlülüklerinin açıklandığı bu maddede genellikle aşağıdaki hususlar bulunmaktadır:

- Bakım Şirketi, RES sahibi istediği zaman gerekli bilgi, rapor, vb. gibi şeyleri vermelidir,
- Bakım Şirketi, RES sahibinin isteği üzerine gerekli bilgileri 3. şahıslara verebilir,
- Bakım Şirketi, RES sahibine 24 saat erişebileceği bir hotline tedarik etmelidir,
- Bakım Şirketi, proje sahasında, RES sahibinin koyduğu her türlü kurala uymalıdır,
- Bakım Şirketi, bakım sırasında RES'in verimli çalışabilmesi için azami gayreti gösterecektir,
- Bakım Şirketi, proje sahasında gerekli bakımları ve çalışmaları yaptıktan sonra geride herhangi bir çöp, artık vb. bırakmayarak sahayı temiz bırakmalıdır.

RES Sahibinin Yükümlülükleri
Bakım Şirketi'nin yükümlülükleri olduğu gibi, RES Sahibi'nin de bazı yükümlülükleri bulunmaktadır:

- RES Sahibi, RT'ler ile ilgili her türlü bilgiyi Bakım Şirketi'ne vermelidir,
- RES Sahibi, Bakım Şirketi'ne proje sahasına girebilmesi için her türlü izni ve kolaylığı sağlamalıdır,
- RES Sahibi, Bakım Şirketi'ne her bir RT'yi uzaktan takip edebilmesi için gerekli erişim koşullarını sağlamalıdır,
- RES Sahibi, RES kurulumu ve işletimi ile ilgili her türlü izin ve onayı almakla yükümlüdür. Gerektiğinde bunların bir kopyası Bakım Şirketine verilmelidir,
- RES Sahibi, RES'in işletimi sırasında Bakım Şirketi'nin işini engellemeyecek ve gerekli gayreti gösterecektir.

Bakım Şirketi'nin İşi Kabulü
Bakım Şirketi işi yapıp bitirdikten sonra durumu rapor ile RES Sahibi'ne vermektedir. 15 gün içerisinde RES Sahibi'nden herhangi bir itiraz gelmez ise, işin kabul edildiği varsayılmaktadır. RES Sahibi, ilgili raporu aldıktan sonra yapılan iş ile ilgili eksiklik ve aksaklıkları 15 gün içerisinde Bakım Şirketi'ne bildirerek gerekli düzeltmeleri isteyebilir. RES Sahibi ile Bakım Şirketi eksiklikler ile ilgili anlaşamaz ise, konu ile ilgili uluslararası akreditasyona sahip bir firmanın hakemliğine başvurabilir.

Mekanik Montaj Sertifikası
Mekanik montaj sertifikasında, RT üreticisinin Alıcıyı RT'nin montajının yapıldığını belirtmektedir. Format olarak aşağıdaki gibidir:

Proje Adı :
Proje Yeri :
RT No :
Montaj Tarihi :

Kısmi Tamamlama Sertifikası
Kısmi tamamlama sertifikasını ise Alıcı onaylamaktadır. Alıcı, Kısmi Tamamlama'nın bittiğini kabul etmektedir. Aşağıdaki hususları içermektedir.

Proje Adı :

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Proje Yeri :
Kısmi Tamamlama Tarihi :

Emreamadelik Garantisi (Availability Warranty)
Emre amadelik, RT üreticisi tarafından verilen RT'den alınabilecek teknik çıkış olarak tanımlanabilir. Herbir RT'den alınacak emreamadelik, toplamda RES'in emreamadeliğini oluşturmaktadır. Emreamadelik, RES Sahibi tarafından muhakkak sözleşme yolu ile RT üreticisinden talep edilmektedir. RT üreticisinin garanti süresi boyunca RES'in emreamadeliği ile ilgili olarak A(wp) tanımlanır ve örnek olarak aşağıdaki Tablo 6.2 incelenebilir.

Tablo 6.2. Emreamadelik.

Kısmi Tamamlamadan Sonraki Gün	**Emreamadelik (%)**
1-30	80
31-60	85
61-90	90
91	95

Emreamadelik, genellikle Kısmi Tamamlama Sertifikası'nın verilmesinden sonra başlamaktadır ve aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır. Formüldeki değişkenler için gerekli veri, kontrol ünitesinden alınır. Herbir RT için teknik emreamadelik;

$$A(wtg) = (T_{total} - T_{stop})/T_{total} * \%100$$

Eşitlikte kullanılan;

A(wtg): Yüzde olarak RT'nin teknik emreamadeliği
T_{total}: Ölçüm periyodu boyunca toplam saat
T_{stop}: RT'nin çalışmadığı toplam saati ifade etmektedir.

Tstop, aşağıdaki sebepler yüzünden meydana gelebilir:

- Mücbir sebep olayı meydana gelebilir,
- RT'nin fiziksel hasar görmesi sebebi ile,
- RES sahibi tarafından acil durum dışında durdurulması,
- Önceden planlanmış bakım,
- Buzlanma sebebi ile durma,
- Gölgeleme etkisi yüzünden durma,
- Çalışma sıcaklığının aşılması,
- Yıldırım koruma sisteminin düzenli çalışmasına rağmen yıldırım nedeniyle durma,
- İdari veya hukuksal sebepler ile RT'nin durdurulması,
- Şebeke işleticisi tarafından RT'nin durdurulması,
- Şebekede oluşan sorunlar nedeni ile RT'nin çalışmaması,
- RT ile iletişimin kesilerek RT'nin durması.

RES'in Teknik Emreamadeliğinin Hesaplanması
Teknik emreamadelik, RES içinde bulunan her bir RT'nin kontrol ünitesi tarafından izlenerek toplanan verilere göre hesaplanmaktadır. RES'ten alınacak toplam emreamadelik olan A(wp), aşağıdaki eşitlikte bulunmaktadır:

$$A(wp) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} A(wtg_i)$$

Eşitlikte kullanılan parametreler:

A(wp): RES'ten yüzde olarak alınan ortalama teknik emreamadelik
A(wtgi): i.nci RT'den alınan teknik emreamadelik

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

N: RES'teki toplam RT sayısını ifade etmektedir.

RT üreticisinin RT'nin üretim garantisi ile ilgili olarak A(wp)'nin A(gwp)'ye eşit veya ondan büyük olması gerekmektedir. Eğer A(wp)<A(gwp) ise, satıcı alıcıya tazminat veya ceza ödemek zorunda kalmaktadır.

Cezanın (Liquidated Damage) Hesaplanması

RT'den alınması gereken teknik emreamadeliğin alınmaması halinde RT üreticisinin RES sahibine ödeyeceği ceza ile ilgili olarak farklı yöntemler bulunmaktadır. Uluslararası dilde "Liquidated Damages" olarak bilinen ve genellikle RT üreticisi tarafından önerilen bazı formüllerle hesaplanmaktadır. Burada 2002 yılında İtalya'da bulunan bir proje için RT üreticisi tarafından önerilen formül aşağıda verilmiştir:

$$LD= \{ [E \times A(gwp)] – [E \times A(wp)] \} \times Ep$$

LD: Ödenecek tazminat (para birimi)
A(gwp): RES'ten garanti edilen alınacak teknik emreamadelik (yüzde)
A(wp): RES'ten ortalama olarak alınan teknik emreamadelik (yüzde)
E: RES'ten üretilen ölçüm periyodu boyunca olan enerji (kWh)
EP: Enerjinin birim fiyatı (para birimi/kWh)

RT üreticisi ödenecek cezai meblağın, sözleşme bedelinin belirli bir yüzdesini geçemeyeceği (genellikle %5) ile ilgili bir madde de koyabilmektedir.

Güç Eğrisi Garantisi (Power Curve Warranty)

Bilindiği gibi, güç eğrisi herhangi bir RT'nin verilen rüzgar hızına karşı gelen kWh cinsinden üretim değerleridir. Güç eğrisi değerleri RT üreticisi tarafından verilmekte ve garanti edilmektedir. Yani rüzgarın esiş hızına göre RT'nin o hıza karşılık gelen kWh'ı üretiminin garanti edilmesi gerekmektedir. RT üreticisinin güç eğrisi belirleme ve hesaplama yöntemi ise, "IEC 61400-12 Wind Turbine Generator Systems, Part 12: Wind Turbines Power Performance Testing" prosedürüne göre yapılmaktadır. RT üreticisi güç eğrisi garantisini ise, ancak kanatlar temiz ise vermektedir. Garanti süresi boyunca, RT üreticisi güç eğrisi garantisi kapsamından hesaplanmış (calculated) güç eğrisi değerlerini vererek üretim garantisi vermektedir. RT'nin Power Performance Testing prosedürü uluslar arası akredite ve bağımsız kuruluşlara yaptırmaktadır. Bu tip kuruluşlar, anlaşmanın her iki tarafınca da kabul edilmelidir. RES için bir RT seçilerek performans testi yapılır ve bütün RES için geçerli olduğu varsayılır.

Kabul Kriteri

Her RT'nin teorik bir güç eğrisi vardır ve RT broşürlerinde bile bulunabilir. Tablo 6.3 ile ise projeye özel bir güç eğrisi değerleri verilmiştir. Buna ölçülmüş (measured) güç eğrisi de denilmektedir.

Tablo 6.3. Ölçülmüş güç eğrisi.

Rüzgar hızı (m/s)	**Güç (kW)**
4	29
5	73
6	131
7	241
8	376
9	536
10	704
11	871
12	1016
13	1124
14	1247
15	1301
16	1344
17	1364
18	1322

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

19	1319
20	1314
21	1312
22	1307
23	1299
24	1292
23	1292

Görüldüğü gibi, 4 m/s'den başlayıp 25 m/s'ye kadar elektrik üretimi yapılmaktadır. Buradaki değerler projeye özel değil sadece genel yani teorik güç eğrisidir. Bununla beraber, projeye özel verilerden yola çıkılarak hazırlanan rüzgar dağılımı Tablo 6.4 ile verilmiştir. Tablodaki değerler RES yatırımcısından gelen rüzgar verisine göre hazırlanmaktadır (calculated).

Tablo 6.4. Proje özel güç eğrisi.

Rüzgar hız aralığı (m/s)	**Zaman (saat)**
0 - 0.5	15
0.5 - 1.5	86
1.5 - 2.5	277
2.5 - 3.5	523
3.5 - 4.5	716
4.5 - 5.5	904
5.5 - 6.5	1070
6.5 - 7.5	1142
7.5 - 8.5	1146
8.5 - 9.8	1054
9.5 - 10.5	763
10.5 - 11.5	413
11.5 - 12.5	236
12.5 - 13.5	156
13.5 - 14.5	94
14.5 - 15.5	63
15.5 - 16.5	48
16.5 - 17.5	31
17.5 - 18.5	11
18.5 - 19.5	5
19.5 - 20.5	4
20.5 - 21.5	2
21.5 - 22.5	1
22.5	1
Toplam	**8760**

Teorik enerji üretimi için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır:

$$E_{(gpc)} = \sum_{v} P_g(v) x T(v)$$

$$E_{(mpc)} = \sum_{v} P_m(v) x T(v)$$

Eşitliklerde kullanılan;

E(gpc): Garanti edilen güç eğrisi için kWh olarak teorik yıllık enerji çıkışı (kW),
E(mpc): Ölçülen güç eğrisi için kWh olarak teorik yıllık enerji çıkışı (kW),
Pg(V): Garanti edilen güç eğrisine göre v rüzgar hızında RT tarafından üretilen elektrik (kW),
Pm(v): Ölçülen güç eğrisine göre v rüzgar hızında RT tarafından üretilen elektrik (kW),
T(v): Verilen v rüzgar hızında, rüzgarın estiği saatler.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Aşağıda verilen eşitlik RT üreticisi tarafından garanti edilmektedir:

$$E(mpc) / E(gpc) >= 0.95$$

Cezai Durum
Eğer RT üreticisi tarafından verilen güç eğrisi garanti şartları gerçekleşmez ise, RES sahibinin RT üreticisinden uğradığı zararı tazmin etmesi gerekir. Garanti süresi boyunca aşağıdaki formül uygulanır:

$$LD = \{80,95 \times E(gpc) – E(mpc) \} \times EP$$

Eşitlikte kullanılan değişkenler;

LD: Para birimi olarak cezai meblağ,
E(gpc): Garanti edilen güç eğrisi için teorik yıllık enerji çıkışı (kWh),
E(mpc): Ölçülen güç eğrisi için teorik yıllık enerji çıkışı (kWh),
EP: Enerjinin birim fiyatı (örn. YTL/kWh).

Burada dikkat edilebilecek husus olarak (RT üreticisi açısından) enerji birim fiyatına üst limit koyabilmesidir. Güç eğrisi nedeni ile ödenecek cezai meblağ, Sözleşme Bedeli'nin %5'ini geçmemektedir.

Performans Ödülü (Performance Reward)
RT üreticisi gerek işletmeden dolayı teknik emreamadelik ile güç eğrisi sebebi ile ceza ödeyebilmekte iken; garanti verdiğinden fazla bir üretim olur ise, RES sahibinden performans ödülü almak isteyebilmektedir. Bunun ile ilgili meblağ taraflar arasındaki anlaşmaya bağlıdır. Anlaşmalar imzalandıktan sonra artık RES ile ilgili uygulama işlerine geçilebilir.

RES projelerinde uygulama safhasında yapılacak işler 5 kısımda incelenebilir. Bunlar aşağıda sıralanmıştır:

- İnşaat işleri,
- Nakliye işleri,
- Montaj işleri,
- Elektrik işleri,
- Devreye alma ve testler.

İlerleyen sayfalarda bunlar detaylı olarak anlatılacaktır.

6.3 İnşaat İşleri

RES proje uygulamasında birçok iş aynı anda paralel olarak yapılabilir. Burada yazarların tecrübesine göre bir iş akışı oluşturulmuştur ve bu iş akışının ilk safhası inşaat işleridir. İnşaat işlerinde alt sınıflandırma ise aşağıdaki şekilde yapılabilir:

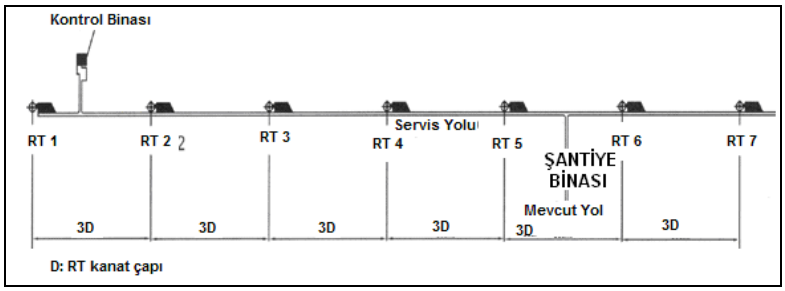
- Saha mobilizasyonu,
- Ulaşım yolu,
- Santral içi yollar (servis yolu),
- RT temellerinin hazırlanması,
- Step-up (ünite) trafo temelinin hazırlanması,
- Kablo kanallarının hazırlanması,
- Vinç çalışma sahasının (crane pad veya crane hardstanding) hazırlanması,
- Şalt sahasının hazırlanması,
- Kontrol binasının hazırlanması,
- Diğer inşaat işleri.

6.3.1 Saha Mobilizasyon

Saha mobilizasyonu, inşaat işini alan taşeron firmanın veya RES'i kendi yapmak isteyen ana yüklenici firmanın sahada şantiye yerini belirlemesi, gerekli şantiye ve hizmet binalarının (çoğunlukla

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

prefabrik) yapılmasıdır. RES inşaat işleri, diğer elektrik santral projelerine kıyasla daha çabuk bitirilmektedir. Aslında saha mobilizasyonu ile RES inşaat işlerini yapan firma veya ana yüklenicinin şantiye kurabilmek için yer seçimini ifade etmektedir. Bu amaçla, proje müdürü ve şantiye şefi RES kurulacak sahaya giderek uygun bir yerde şantiye binası seçmelidir. Genellikle mevcut yolun üzerine bir yere yapılmaktadır (Şekil 6.1).



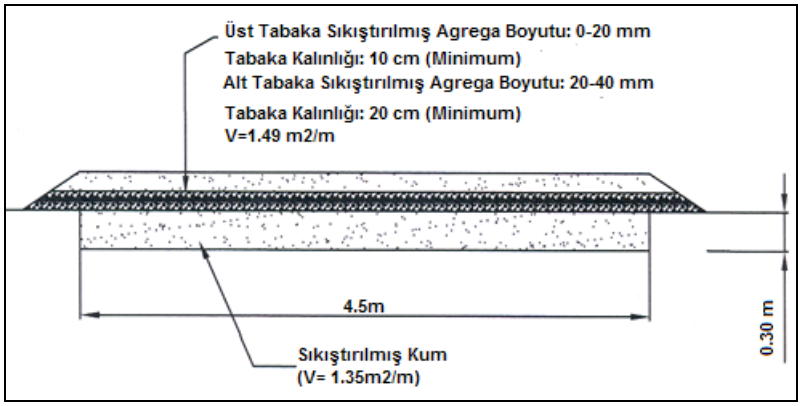
Şekil 6.1. Saha mobilizasyonu.

Saha mobilizasyonu için şantiyede kullanılma amacı ile prefabrik binalar kurulur (Şekil 6.2).

Şekil 6.2. Prefabrik bina için hazırlık.

6.3.2 Ulaşım Yolu (Anayol-RES Arası Yol)

İngilizce "access road" olarak bilinen ulaşım yolu, anayol ile RES'in kurulmak istendiği saha arasındaki yoldur. Ulaşım yolu ile kastedilen şey, en yakın karayolu veya otoyol ile RES sahası girişi arasındaki yoldur. RES projelerinde bazı sahalarda ulaşım yolu düzgündür ve nakliye işleri için uygundur. Özellikle Almanya'da ulaşım yollarında fazla bir düzeltmeye ihtiyaç duyulmamaktadır. Ülkemiz gibi dağlık arazilerin bol olduğu ülkelerde de ulaşım yolu için genellikle bazı düzenleme ve genişletme gerekebilmektedir. Ulaşım yolunun düzenlenmesi sadece nakliye için değil, santrale gidiş-geliş ve bakım aktiviteleri gibi durumlarda da kullanılmaktadır. Genellikle belirli bir noktaya kadar otoyol veya karayolu mevcut olmakla beraber, belirli bir bölgeden sonra artık yol düzgün olmayabilir ve bu tip yollar için düzeltme yapılmalıdır. Bu düzeltme için de belli bir yol standardı bulunmaktadır. Bu standartlara örnek olarak Şekil 6.3 verilmiştir. Görüldüğü gibi, ulaşım yolu genellikle 4.5 m eninde olmaktadır. En alttaki tabakada dolgu malzemesi kullanılmaktadır. En üst tabakada sıkıştırılmış agrega (yaklaşık 20 mm), en alt tabakada bulunan dolgu malzemesinin hemen üzerindeki tabakada da 20-40 mm kalındığında bir agrega olmalıdır.



Şekil 6.3. Ulaşım yol standardı.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.3 ile verilen standartlar en ideal şartlar için verilmiştir. Almanya Erkelenz bölgesine ait bir RES'ten bu standartlara uygun bir ulaşım yolu Şekil 6.4 ile görülmektedir.

Şekil 6.4. Almanya'dan örnek bir ulaşım yolu.

Bazen bu standartlara tam olarak uyulmayabilir. Şekil 6.5 ile standartlara uymayan bir yol görünmektedir.

Şekil 6.5. Standartlara uymayan bir ulaşım yolu.

Bu yolun yapımı için öncelikle yolun planlaması yapılır ve Şekil 6.6'da görüldüğü gibi, yol kazılarak dolguya hazır hale getirilir.

Şekil 6.6. Ulaşım yolunun kazılması.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kazılıp dolguya hazır hale getirildikten sonra dolgu malzemesi ile doldurulur ve üzerinden silindir geçirilerek yol düzlenir (Şekil 6.7).

Şekil 6.7. Ulaşım yolunun silindir ile düzeltilmesi.

Bütün bu işlemler yapıldıktan sonra yol çeşitli defalar sulanır ve hazır hale getirilir (Şekil 6.8).

Şekil 6.8. Hazır bir ulaşım yolu.

Ulaşım yolu için öncelikle güzergah etüdü yapılmalıdır. Genelikle kötü de olsa mevcut bir stabilize veya toprak yol RES sahasına kadar bulunmaktadır ve bu yol düzeltilmektedir. Dikkat edilmesi gereken hususlar ise, ulaşım yolu üzerinde köprü, geçit vb gibi yapıların belirli bir yükseklik, genişlik ve dayanım kapasitesine sahip olmalıdır. Ayrıca keskin dönüşlere de dikkat edilmelidir. Bu tip keskin dönüşlü yerlerde bazen yol genişletme çalışması gerekebilir. Bu tip keskin dönüş devlet veya karayolunda ise, ilgili bölge karayolu idaresinden yol genişletme için gerekli izinler alınmalıdır. Konu ile ilgili diğer bir yol da alternatif bir yol güzergahı bulunmasıdır. Bununla ilgili standartlar nakliye işleri kısmında verilecektir. Ulaşım yolunun yapılmasının veya hazırlanmasının proje zaman planı ve bu zaman planına uyulması bakımından büyük önem taşımaktadır.

6.3.3 RT Arasındaki Servis Yolları (Service Roads)

RT'ler arasındaki servis yolları da bir RT'den diğer RT'ye gidebilmek için yani santral içi kullanılan bir yoldur. Servis yolunun yapılabilmesi için RES'teki RT'lerin yerleşim planının yani mikrokonuşlandırmanın bilinmesi gerekmektedir. Ulaşım yolu ile aynı standartlara sahiptir. Şekil 6.9 ile ülkemizdeki Bandırma'da bulunan Bares'e ait bir servis yolu görülmektedir.

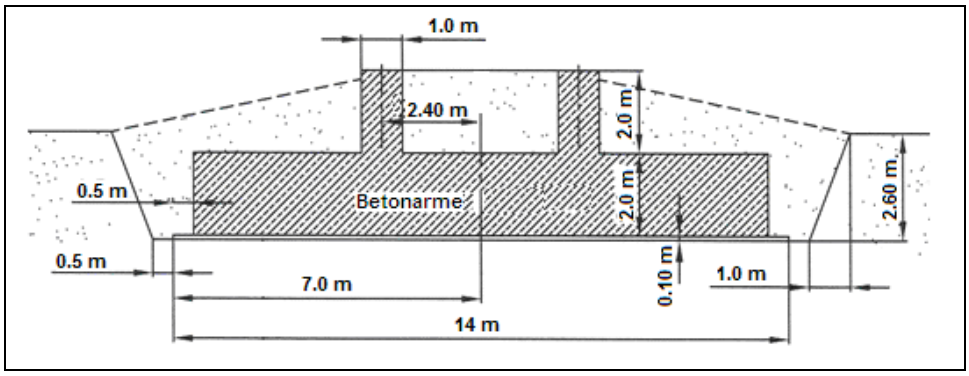
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.9. Hazır bir servis yolu.

Servis yollarının yapımı da ulaşım yolu ile aynı süreci kapsamaktadır.

6.3.4 RT Temellerinin Hazırlanması

Servis yolları hazırlandıktan sonra RT temelleri hazırlanmaktadır. RT temeli için gerekli tasarım projesi, RT üreticisi ile saha toprak yapısı, zemin etüdü ve temel projelerini hazırlayan mühendislik şirketi tarafından yapılmaktadır. RT üreticisi, gerekli çizim ve diğer teknik verileri sağlamalıdır. Bu teknik verilere göre gerekli hesaplamalar yapılır. Aşağıdaki Şekil 6.10 ile 1.5 MW kurulu gücünde bir RT'ye ait temel boyutları verilmiştir.



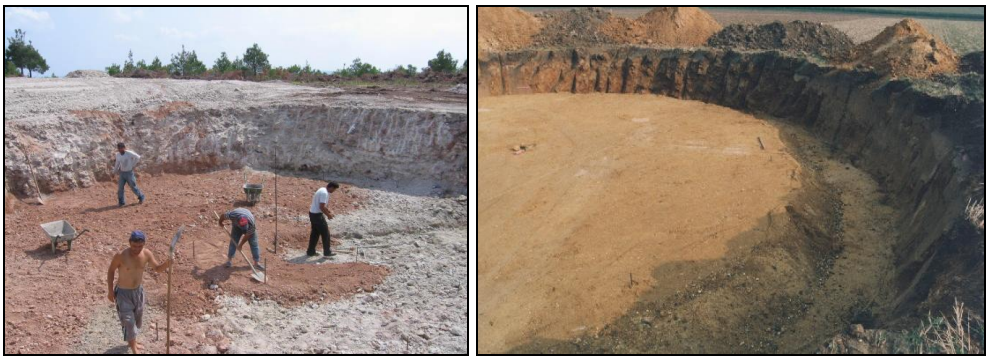
Şekil 6.10. 1.5 MW RT temel boyutları.

RT temeli için öncelikle belirlenen yerde kazı işlemi yapılır Zemin özellikleri bölgeden bölgeye ve hatta RES kurulacak arazi içerisinde bile türbin yerinden yerine değişim gösterebilmektedir. Şekil 6.11 ile aynı sahada iki farklı temel görülmektedir.

Şekil 6.11. RT temel kazı işlemi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

RT temeli için yapılan kazı bittikten sonra son düzenleme işlemleri yapılır (Şekil 6.12).



Şekil 6.12. RT temel düzenleme işlemleri.

Daha sonra ise, step-up trafo ile RT arasındaki kabloların geçeceği kabloların içerisinden geçeceği boruların montajı yapılmalıdır (Şekil 6.13).

Şekil 6.13. RT ile step-up trafo arasındaki kablo borusu.

Kazı işlemi bitirildikten sonra temele ilk beton dökülme işlemi yapılır (Şekil 6.14).

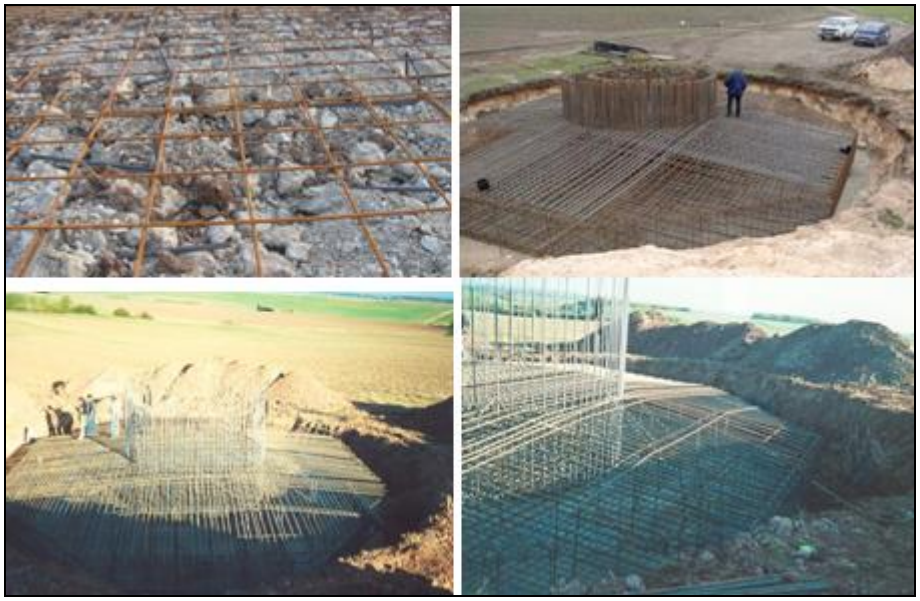
Şekil 6.14. Kule temeline ilk beton dökümü.

Beton kuruduktan sonra demir işlerine başlanır (Şekil 6.15).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.15. Demir işlerine başlama.

Demir işlemleri ile ilgili diğer şekiller aşağıda görülmektedir (Şekil 6.16).



Şekil 6.16. RT temeli demir işlemleri.

RT temel demir işlemleri bitirildikten sonra kule temel parçası (foundation template veya anchor) montajı yapılır. Taban ankrajı RT'lerden önce sahaya gelmektedir (Şekil 6.17).

Şekil 6.17. RT kule temel parçası.

Demir işleri bitirildikten sonra kule temel parçaları montajı yapılarak temelin üzerine oturtulur (Şekil 6.18).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.18. RT taban ankrajı.

Kule temel parçasının montajının akabinde de RT temeline beton dökülür (Şekil 6.19).

Şekil 6.19. RT temeli demir işlemleri.

Kele temel parçası monte edilip ankrajı tutacak beton döküldükten sonra, bütün temeli tutacak olan hazır beton dökülmelidir. Dökülecek beton miktarı da RT'nin kurulu gücü, sahanın toprak yapısı ve bölgenin deprem durumu gibi parametrelerin dikkate alınarak hazırlanan projeye göre belirlenmektedir (Şekil 6.20).

Şekil 6.20. RT temel betonunun dökülmesi.

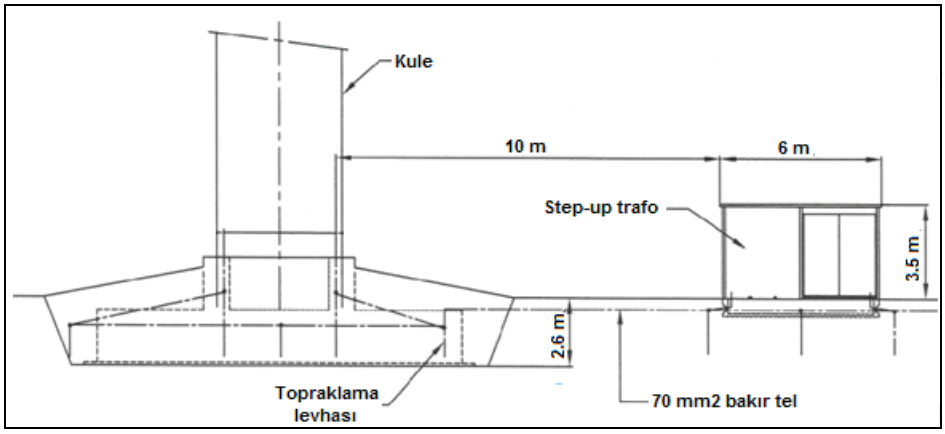
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Beton döküldükten sonra kuruma süresi olan 28 gün beklenilmelidir. Şekil 6.21 ile 600 kW ve 2000 kW RT'lerin bitirilmiş temelleri görülmektedir.

Şekil 6.21. 600 kW ve 2000 kW RT temelleri.

6.3.5 Yükseltici (Step-up) Trafo Temelinin Hazırlanması

RT'den çıkan alçak gerilimi, orta gerilime çevirmek için kullanılan step-up trafo, RT'ye genellikle 7-10 metre mesafede bulunur (Şekil 6.22).



Şekil 6.22. Step-up trafo ve RT.

Step-up trafo temelinin de yapılması gerekmektedir (Şekil 6.23).

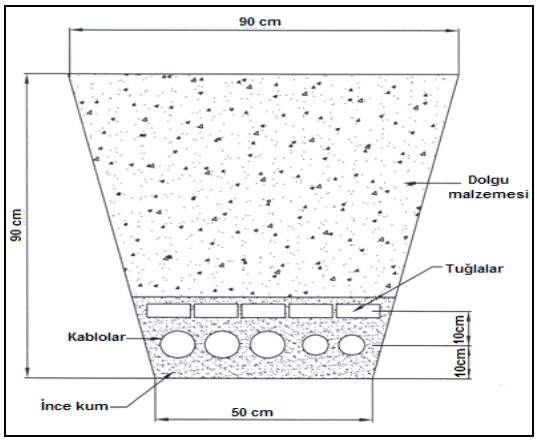
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.23. RT step-up trafo temel hazırlanması.

Step-up trafosunun da temel boyutları RT kurulu gücüne göre değişim göstermektedir.

6.3.6 Kablo Kanal İnşaatının Hazırlanması

Bilindiği gibi, RT'ler arasında kablolar döşenmektedir ve bu kablolar yeraltından yapılmaktadır. Kablonun yeraltından döşenebilmesi için kablo kanal hazırlanmalıdır. Bu kablo kanalının belli standartları bulunmaktadır. Toprak ve arazi yapısına göre değişim gösterebilse de Şekil 6.24 ile verilen standartta yapılabilir. Bu standart ülkeden ülkeye pek az değişim göstermektedir. Bu standardı RT üreticisi tedarik etmektedir.



Şekil 6.24. Kablo kanal standardı.

Şekil 6.25 ile Almanya Erkelenz civarında bir RES'e ait inşaat işleri için kablo kanal kazı işleri için kullanılan bir iş makinası görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

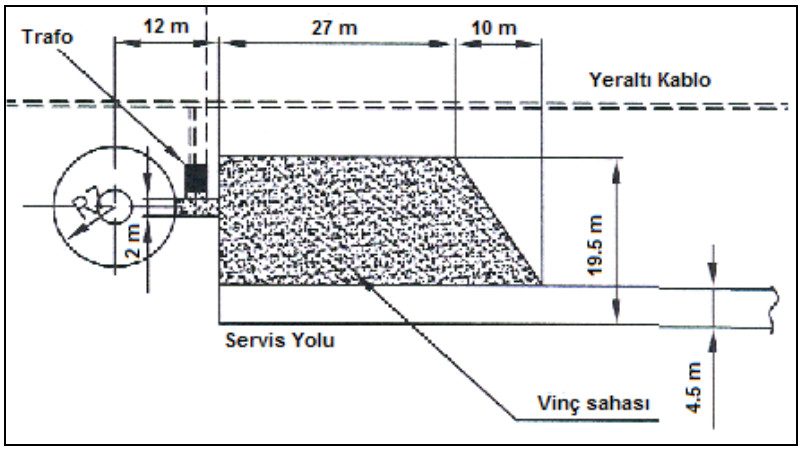
Şekil 6.25. Kablo kanal kazılması.

Aynı projede kablo kanal kazı işlemi bittikten sonraki durum Şekil 6.26 ile görülmektedir.

Şekil 6.26. Kablo kanal kazısı bitmiş hali.

6.3.7 Vinç Çalışma Sahasının Hazırlanması

Rüzgar türbin montajı için kullanılacak vincin çalışabilmesi için vinç sahası gerekmektedir. Boyutları genellikle 20 m x 35 m civarındadır (Şekil 6.27).



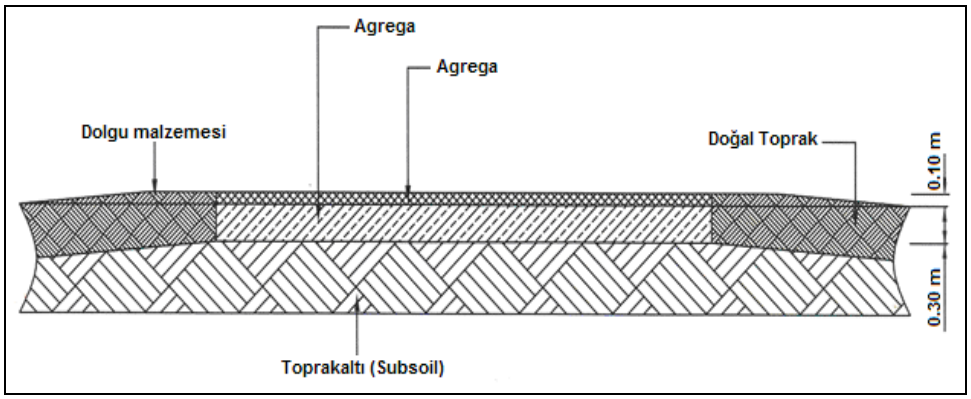
Şekil 6.27. Vinç çalışma sahası standardı.

Vinç çalışma sahasının kuşbakışı resimleri Şekil 6.28 ile görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.28. Vinç çalışma sahası kuşbakışı görünüşü.

Vinç sahası malzeme olarak asfalt olmak zorunda değildir. Şekil 6.29'da da görüldüğü gibi, dolgu, çakıl, agrega gibi malzemelerden de olabilir.



Şekil 6.29. Vinç sahasının malzemesi.

Ülkemizde Bandırma'da bulunan Bares'e ait vinç sahası Şekil 6.30'da görülmektedir.

Şekil 6.30. Vinç çalışma sahasının görünüşü.

6.3.8 Şalt Sahasının Temelinin Hazırlanması

RES şebeke bağlantısı için yapılacak olan şalt sahası, genellikle şebekeye veya trafo merkezine yakın bir bölgede düşünülmelidir. Şalt sahası projesi hazırlandıktan sonra temel boyutları belli olacağından gerekli temel kazı işlemlerine başlanır (Şekil 6.31).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.31. Şalt sahası temel kazısı.

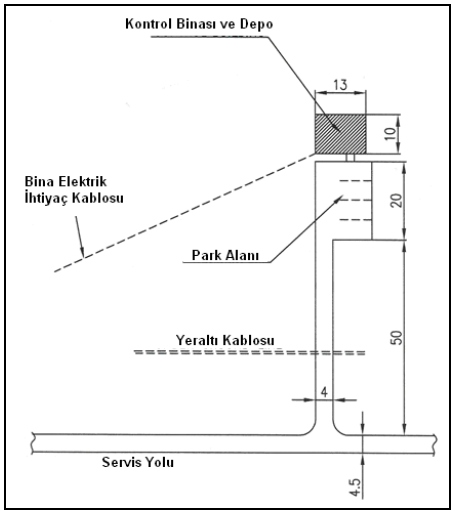
Şalt sahası temeli kazıldıktan sonra demir işlerine başlanır ve demir işleri bitirilir (Şekil 6.32).

Şekil 6.32. Şalt sahası demir işleri.

Demir işleri bitirildikten sonra beton dökülerek betonun kuruması beklenir. Şalt sahası da bitirilerek kontrol binasının hazırlanmasına başlanılır.

6.3.9 Kontrol Binasının Hazırlanması

Kontrol binası, RES içerisindeki aktivitelerin bilgisayarlar ile incelendiği bir binadır. Bu bina içerisinde RES'in güvenliğinden sorumlu güvenlik görevlileri, elektrik teknisyenleri ve santral müdürü de bulunmaktadır. Özellikle Almanya'daki RES'lerde kontrol binası bulunmamaktadır. Bununla beraber, birçok ülkedeki RES'lerde bu tip binaların bulunması elzemdir (Şekil 6.33). Kontrol binası, genellikle küçük olmaktadır. Büyük bir binaya ihtiyaç duyulmamaktadır.



Şekil 6.33. Kontrol binası kuşbakışı görünüşü.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

6.3.10 Diğer İnşaat İşleri

Şimdiye kadar anlatılanlar standart bir RES inşaatında yapılması gereken işlerdir. Bazı projelerde ise, proje, saha ve hatta ülke şartlarına ve mevzuatına göre de bazı işler çıkabilmektedir. Örneğin santral sahasının yakınlarında bulunan bir köprü üzerinden nakliye gerekebilir. Söz konusu köprünün malzemeleri taşıyacak kapasitede olmamasından dolayı köprüyü güçlendirme çalışmaları yapılabilir. Ayrıca bazı tünel, altgeçit gibi yapılar, gerekli yüksekliğe haiz olmayabilir. Bu amaçla buralarda bazı düzenlemelere gidilebilir.

6.4 Nakliye İşleri

RES proje uygulama safhasında en kritik işlerden birisini nakliye işleri oluşturmaktadır. Proje sahası seçilirken bile nakliyeyi düşünerek karar verilebilmektedir. Zira bazen çok dik bir tepe veya arazilere bu malzemeleri çıkarmak neredeyse imkansızdır. Bu yüzden, nakliye konusunda proje başlamadan önce birkaç alternatif yol güzergahı belirlenmelidir. Bu amaçla nakliyeyi üstlenen firma yetkilileri ile proje mühendisleri konuyu enine boyuna araştırmalıdırlar. Nakliye güzergahı bulunduktan sonra RT üreticisi, proje sorumluları ve nakliyeyi üstlenen firma nakliyesi yapılacak malzemelerin zaman planlamasını yapmalıdır. Nakliye zaman planlaması montaj ve devreye alma açısından son derece önemlidir. Örneğin temel kafes nakliyesi geciktiği takdirde temel betonunun atılması gecikebilir. Kulelerin veya kanatlardaki herhangi bir gecikme, RT montajını geciktirebilir. Bu durum birçok istenmeyen yeni masraflara yol açabilir. Bunlar arasında, RES'in devreye almasının gecikmesinden dolayı kayıp ve montajı üstlenen firmanın günlük vinç ücretinin gecikmeden dolayı artması sayılabilir. Ayrıca malzemelerin vaktinden önce gelmesi de pek istenen bir durum değildir. Bu sefer de malzemeler sahada yerde kalacaktır. Bu yüzden nakliye planlaması diğer işler ile koordineli olarak yapılmalıdır. Nakliye işleri, temel kafes, kule, nasel, göbek, kanatlar, step-up trafo ve köşkleri ile şalt sahası elektromekanik malzemelerinin nakliyelerinden oluşmaktadır.

6.4.1 Temel Kafes (Ankraj) Nakliyesi

RT temelinin içerisine kafes konulmaktadır. Bu kafesin üzerinde bulunan civataların üzerine kule oturtulmaktadır. Temel kafes (ankraj) plakası Şekil 6.34'te görülmektedir.

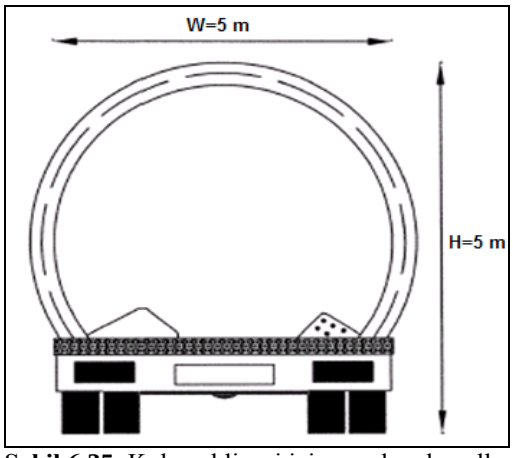
Şekil 6.34. Temel kafes ankraj nakliyesi.

Temel kafesin boyutları, kurulu güç ve temel proje durumuna göre değişim gösterebilmektedir. Bir tıra birden fazla kafes sığabilir.

6.4.2 Kule Nakliyesi

Kule nakliyesi, temel betonları dökülüp kuruduktan sonra yani montaja hazır olduğunda yapılmaya başlanmaktadır. Kule nakliyesi için Şekil 6.35'de görüldüğü gibi bir standart dikkate alınmalıdır. Şekilde görülen standart MW sınıfı için geçerli olup özellikle 2 MW ve üstü için kullanılmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 6.35. Kule nakliyesi için gereken koşullar.

Şekilden de görüldüğü gibi, nakliyesi yapılacak tırın üzerine bindirildikten sonra yüksekliği ve genişliği 5 metreyi bulabilmektedir. Birçok ülkede bulunan üstgeçit ve tünel boyu bazen 5 metrenin altında kalabilmektedir. Hatta ülkemizde bile bunu sıklıkla görebilmekteyiz. Bu yüzden çoğunlukla kule nakliyesi sırasında düşük dorse (low bed) kullanılmaktadır (Şekil 6.36).

Şekil 6.36. Düşük dorse.

Temel kafes nakliyesinde genellikle nakliyeyi yapan araç konvoyunun önünde ve arkasında "uzun ve geniş araç" yazılı eskortlar bulunmazken; kule nakliyesinde bu durum bir zorunluluk teşkil etmektedir. Kule nakliyesi tek parça halinde yapılmamaktadır. Günümüzdeki RT kurulu güçleri dikkate alındığında kule boyutları 60-80 m arasındadır. Bu yüzden tek bir RT için 3 adet kule parçası bulunmaktadır. Dolayısıyla bir RT kule nakliyesi için 3 adet araç gerekmektedir.

6.4.3 Nasel Nakliyesi

Kulelerin nakliyesinden sonra nasellerin nakliyesinin yapılması gerekir. Naselin boyutları da RT kurulu gücüne göre değişim gösterebilmektedir (Şekil 6.37).

Şekil 6.37. 1.5 MW nasel nakliyesi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Nasel ile ilgili gerekli çizim ve şekiller RT üreticisi tarafından tedarik edilmektedir. Herbir turda ancak tek nasel taşınabilmektedir.

6.4.4 Göbek Nakliyesi

Pervanelerin nasel ile bağlantısını sağlayan göbek, pervane kanatlarından hemen önce sahaya gelmelidir. Göbek tek bir parçadan oluşur ve bir tırda ancak bir adet taşınabilir (Şekil 6.38).

Şekil 6.38. Göbek nakliyesi.

6.4.5 Kanatların Nakliyesi

Kanatların nakliyesi, RT parçaları arasında nakliyesi en zor iştir. Buradaki temel zorluk pervane kanatlarının kule gibi 2 veya 3 parça olarak değil tek parça olarak nakliyesinin yapılmasından dolayıdır. Günümüzde 1.5 MW kurulu gücünde bir RT pervanesinin 35-40 metre uzunluğunda olduğu düşünülürse konunun zorluğu daha da iyi anlaşılabilir. Daha önceki bölümlerde RT kanat yapısının nasıl olduğu da hatırlanmalıdır. Kanat nakliyesi ile ilgili bazı fotoğraflar ilerleyen sayfalarda verilmiştir. Şekil 6.39 ile kanadın üretildiği fabrikadan nakliyeye hazır hali getirilişi görülmektedir.

Şekil 6.39. Kanatların nakliyeye hazır hale getirilmesi.

Depodan alındıktan sonra limanda gemiye yüklenmesi için özel konteynerlere yüklenir (Şekil 6.40).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.40. Kanatların limanda gemiye yüklenmesi.

Daha sonra da, gemiye bindirilir (Şekil 6.41).

Şekil 6.41. Gemide kanat nakliyesi.

Şekil 6.42 ile ise, tırlara yüklendikten sonra proje sahasına getirilişi görülmektedir.

Şekil 6.42. Karada kanat nakliyesi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Bilindiği gibi günümüzde kullanılan ticari RT'ler 3 kanatlı olarak tasarlanmaktadır. Kanadın çoğunlukla tek bir tır ile 1 adet olarak nakliyatının yapıldığı düşünüldüğünde bir RT kanadı için 3 nakliye gerekmektedir. Bazı projelerde 1 adet tıra 2 kanat konulabilmektedir (Şekil 6.43).

Şekil 6.43. Bir tırda 2 kanat nakliyesi.

Bazen 1 adet tıra 3 kanat konulabilmektedir (Şekil 6.44).

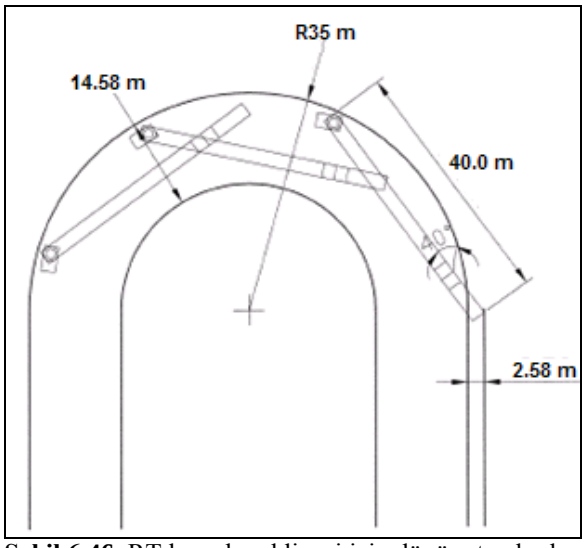
Şekil 6.44. Bir tırda 3 kanat nakliyesi.

RT kanadının nakliyesinde daha uzun römork kullanılmaktadır. Bu durum özellikle dönüşlerde ve virajlarda önem taşımaktadır ve bazı keskin dönüşlerde ve virajlarda sıkıntılar yaşanmaktadır (Şekil 6.45).

Şekil 6.45. RT kanadı nakliyesinde keskin dönüş.

Kanat nakliyesi sırasında eskort araçlar kullanılması bir zorunluluktur. Ayrıca dönüşlerin belirli bir eğrilik yarıçapı gerekmektedir (Şekil 6.46). Bu standartlar RT üreticisi tarafından tedarik edilmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 6.46. RT kanadı nakliyesi için dönüş standardı.

Kanatlar veya diğer RT aksamı bazen helikopterler ile de taşınabilmektedir. Şekil 6.47 ile Avusturya Alplerinde bulunan bir projede helikopter tarafından kanat nakliyesini göstermektedir.

Şekil 6.47. Helikopter ile RT kanat nakliyesi.

6.4.6 Yükseltici (Step-up) Trafo ve Köşklerin Nakliyesi

Bilindiği gibi yükseltici (step-up veya ünite trafoları) RT'den çıkan alçak gerilimi bağlantı seviyesi olan orta gerilime yükseltmek için gereklidir. Genellikle elektrik taşeronunun kapsamında bulunur. Yükseltici trafoun nakliyesi yapılırken dikkat edilmesi gereken husus, trafoların paketlenmesi düzgün yapılmalıdır. Zira bir tır veya kamyon üzerinde 6-7 adet trafo nakliyesi yapılabilmektedir. RES proje sahasına trafolar getirildikten sonra vinç yardımı ile indirilir (Şekil 6.48).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.48. Step-up trafonun indirilmesi.

Bilindiği gibi, step-up trafo ve diğer teçhizat (kablo vb.) trafo köşkü olarak bilinen küçük bir bina içerisinde muhafaza edilmektedir. Trafo köşkleri çoğunlukla fabrikada yapılır ve tek bir parça olarak kamyon veya tıra yüklemesi yapılarak proje sahasına nakledilir (Şekil 6.49).

Şekil 6.49. Köşkün indirilmesi.

Şalt sahası teçhizatının nakliyesi yapıldıktan sonra RES projesindeki nakliye işleri hemen hemen bitirilmiştir. Bu teçhizatlar, baralar, kesiciler, izalatörler, kablolar, trafo, kumanda cihazları vb. gibi teçhizatlardan oluşmaktadır. Nakliyesi için özel bir durum yoktur, sadece nakliyeler dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.

6.5 Montaj İşleri

RES projesi kapsamında yapılan montaj işleri, toplam yatırım tutarı içerisinde büyük bir maliyet tutmamasına karşın; mühendislik olarak çok önemlidir. Kule, göbek, kanat, step-up trafo köşkü ve şalt sahası montajları yapılmaktadır.

6.5.1 Montaj Öncesi İşler

RT montajından önce, RT üreticisinin proje ekibi sahayı görmek isteyecektir. Eğer montaj başka bir taşeron firma tarafından yapılacaksa yine aynı durum geçerlidir. Saha ile ilgili ciddi bir etüt yapmak gerekmektedir. Bu etütler arasında sahanın topografik yapısı, yolların durumu, hava koşulları en önemlilerdendir. Kulenin montajı, 8 m/s'den daha yüksek hızlarda yapılmaz. Nasel ve pervane montajı ise, 15 m/s hızlara kadar yapılabilir. Montaj için sadece yetkili ve işinin ehli kimselerle çalışmak gerekir.

Şahsi Koruma Teçhizatı

Montaj işlemine başlamadan önce bazı güvenlik gereçleri kullanılmalıdır. Şahsi koruma gereçleri, herhangi bir kaza riskini minimize ettiği gibi, kaza vuku bulması durumunda zararları en aza indirmektedir. Aşağıda bu gereçler verilmiştir:

- Emniyet yeleği,
- Emniyet kaskı,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Emniyet eldiveni,
- Emniyet ayakkabısı,
- Koruyucu gözlük.

Emniyet Yeleği

Emniyet yeleği, düşme alanının veya tehlikesinin bulunduğu yerlerde mutlaka kullanılmalıdır. Emniyet yeleği ile ilgili aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Asit veya kimyasal maddelere maruz kalmamalıdır,
- Keskin veya sivri yerlerden uzak tutulmalıdır,
- Doğrudan güneş ışığına maruz kalan yerlerde tutulmamalıdır.

Emniyet yeleği ile ilgili şekiller aşağıda verilmiştir. Şekil 6.50 ile emniyet yeleği gösterilmiştir.

Şekil 6.50. Emniyet yeleği ve sağlamlaştırma.

Emniyet yeleği takıldıktan sonra kanca ve göğüs tarafına konulan emniyet sürgüsü takılmalıdır (Şekil 6.51).

Şekil 6.51. Kanca ve sürgünün takılması.

Vinç Operatörü İle İletişim

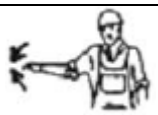
Bilindiği gibi vinçlerin yardımıyla çok ağır makineler ve aksamları kaldırılarak montaj yapılabilir. Montaj sırasında vinç operatörü ile montaj ekibi (baksmen) arasındaki iletişim büyük önem taşımaktadır. Böyle bir iletişim öncelikle tek bir kişi ile vinç operatörü arasında yapılmalıdır. Yani vinç operatörüne gidecek gerek telsiz ile veya gerekse de işaret dili ile mesaj tek bir kişi tarafından yerine getirilmelidir. Vinç operatörü ile yerden iletişimi sağlayan montaj ekibine mensup şahıs, operatör ile aşağıdaki şekillerde anlaşabilir.

- Konuşarak (eğer mesafe kısa ve ortam gürültüsüz ise),
- Walkie-talkies (telsiz).
- İşaret dili ile.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Konuşarak ve walkie-talkie ile yapılan iletişimler 2 kişi arasında yapılan görüşme olduğundan herhangi bir standardı bulunmamaktadır. İşaret dili ile ilgili bütün dünyada kullanılan bazı standart hareketler bulunmaktadır. Bu standartlardan bazlarının belirtilmesinde yarar bulunmaktadır. İşaret dili ile iletişim; temel hareketler, dikey ve yatay hareketleri için iletişim olmak üzere üçe ayrılabilir. Burada anlatılacaklar uluslararası genel işaretlerdir. Her halukarda vinç operatörü ile yerdeki montaj ekibinde bulunan iletişimci montaj öncesinde işaretler ile öndeğerlendirme yapıp mutabık kalmaları gerekmektedir. Öncelikle temel kullanılan işaretleri incelemek gerekir. Tablo 6.5 ile bunlar gösterilmiştir. Tabloda hareketin adı, anlamı, açıklama, imaj gösterimi ile basitleştirilmiş gösterimi bulunmaktadır.

Tablo 6.5. Temel iletişim hareketleri ve anlamları.

Adı	**Anlamı**	**Açıklama**	**Gösterim**	**Basitleştirilmiş Gösterim**
Dikkat	Dikkati toplama ve bir nevi uyarı	Sağ el kaldırılarak yüze göre döndürülür.		
Dur	Hareketi durdurur	El her iki yana doğru açılır.		
Dur Tehlike	Hareket derhal durdurulmalıdır	Eller iki yana doğru açıldıktan sonra tekrar göğüs hizasına getirilir.		
Yavaşça	Yapılan hareket yavaşlamalıdır.	Sağ el uzatılarak aşağı yukarı yavaşça hareket ettirilir.		

Temel iletişim hareketlerinin yanında dikey ve yatay iletişim hareketleri de bulunmaktadır. Dikey iletişim hareketleri ve anlamları Tablo 6.6 ile görülmektedir.

Tablo 6.6. Dikey iletişim hareketleri ve anlamları.

Adı	**Anlamı**	**Açıklama**	**Gösterim**	**Basitleştirilmiş Gösterim**
Yukarı	Yukarı yönlü açarak dönerek ve yukarıda yönlü hareket	Avuç içini açarak yukarıya doğru çevirerek hareket ettirme		
Aşağı	Aşağı yönlü açarak dönerek ve aşağı yönlü hareket	Avuç içini açarak aşağıya doğru çevirerek hareket ettirme		
Yavaşça yukarı	Yukarı yönlü yavaş dikey hareket	Sağ kol yatay olarak uzatılır ve avuç içi yukarıya bakacak şekilde hareket		
Yavaşça aşağı	Aşağı yönlü yavaş dikey hareket	Sağ kol yatay olarak uzatılır ve avuç içi aşağıya bakacak şekilde hareket		

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Yatay iletişim hareketleri ve anlamları da Tablo 6.7 ile görülmektedir.

Tablo 6.7. Yatay iletişim hareketleri ve anlamları.

Adı	**Anlamı**	**Açıklama**	**Gösterim**	**Basitleştirilmiş Gösterim**
Başlama	Yüklemeye başlama	Avuç içi açılarak öne doğru aşağı yukarı yönlü hareket		
Yönsel bilgi	Hareketin başlama yönünü gösterir	El hareket yönüne doğru açılarak avuç ileri geri hareket yaptırılır		
Yaklaşma	İletişimi yaparsa doğru yaklaşma	Her iki el 90° periyodunda gövdeden akış yönünde hareket		
Uzaklaşma	İletişimi yapandan uzaklaşma	Her iki el 90° seviyesinde gövdeden aksi yönde hareket		

Bu anlam ve hareketler uluslararası kullanılan standartlara göre verilmiştir.

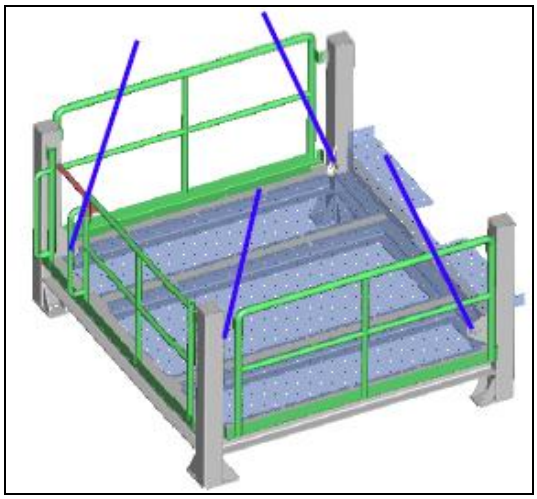
6.5.2 PPM Montajı

PPM (Pre-Assembled Power Module, RT'nin en alt kısmında bulunan ve step-up trafo ile orta gerilim kesiciyi birbirine bağlayan modüldür (Şekil 6.52).

Şekil 6.52. PPM (Pre-assembled Power Module).

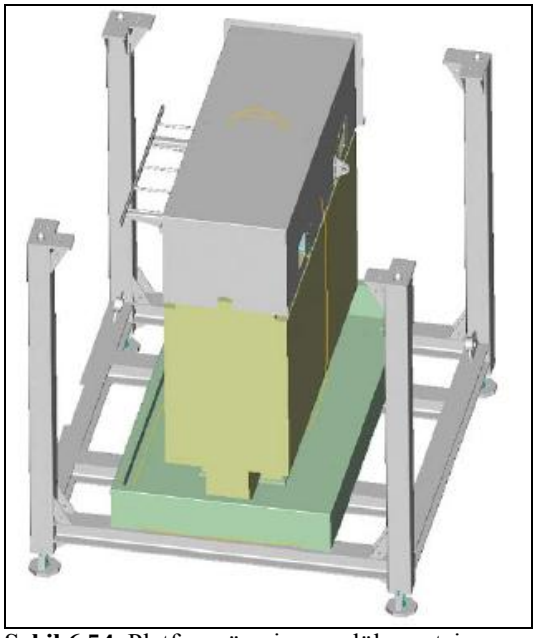
PPM montajı için öncelikle PPM'nin üzerine konulan platformun montajı yapılmalıdır. Platform montajı için Şekil 6.48'de görülen yerlerden zincirle tutularak öncelikle platform yerine yerleştirilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 6.53. PPM platform montajı.

İkinci olarak RT jeneratör çevirici (converter) montajı yapılmaktadır. Şekil 6.54'te görülen flanşlardan tutularak çevirici PPM platformuna indirilir. Daha sonra flanşlar vidalar ile sağlamlaştırılmalıdır. Üçüncü olarak ana kontrol kabini, orta gerilim kesici ve alçak gerilim dağıtım ünitelerinin montajı yapılmalıdır.



Şekil 6.54. Platform üzerine modül montajı.

Montajı yapılıp ve vidalar ile sıkılarak montaj işlemi bitirilir. PPM'deki son montaj işi de trafonun montajıdır.

6.5.3 Kule Montajı

RES projelerinde öncelikle kule montajı yapılmaktadır. Kule montajı bitirildikten sonra üzerine nasel ve pervane montajı yapılmaktadır. Kule montajı için taşeron vinç firması ile anlaşılır ve kulenin kaldırılabilmesi için gerekli kaldırma tonaj kapasiteli vinç proje sahasına getirilir. Mobil veya bazen paletli vinç kullanılmaktadır. 1.5 MW kurulu gücündeki RT'ler için genellikle 500 ton ve üstü vinç ile 100 tonluk bir kuyruk vinci gerekmektedir (Şekil 6.55).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.55. Mobil vinç.

Şekil 6.56 ile paletli vinç görülmektedir.

Şekil 6.56. Paletli vinç.

Kule montajı için hazırlanan vinç, kendisi için hazırlanan sahada yerini alır (Şekil 6.57).

Şekil 6.57. Vincin montaj sahasında konuşlanması.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kule montajı, RES kurulum içerisinde montajı dikkat edilmesi gereken en önemli ekipmanlardan birisidir. Özellikle montaj için nakliye şirketi ile montaj şirketi çok iyi koordinasyon yaparak çalışmalıdır. Kuleyi getiren tır sahaya geldiğinde kulenin indirilebilmesi için kaldırma tutacaklar (bow) kuleye Şekil 6.58'de görüldüğü gibi takılarak vincin çelik halatlar yardımıyla kaldırırken kuleye zarar vermemesi ve vida yerlerini aşındırmaması temin edilmiş olur. Bu tutacaklardan RT kurulu gücü, kule yüksekliği ve ağırlığına göre 4-8 arasında takılmaktadır.

Şekil 6.58. Tutacakların (bow) takılması.

Tutacaklar takılıp vinçten gelen çelik halatlar takılarak kulenin nakliye aracından indirilmesine başlanır (Şekil 6.59). Ana ve yardımcı vinç kullanılarak kulenin her iki tarafında bulunan tutacaklar yardımıyla kule nakliye aracından indirilir ve daha sonra dikey pozisyona getirilir.

Şekil 6.59. Kulenin indirilmesi.

Burada dikkat edilecek en önemli nokta kulenin üst tarafında karşılıklı olarak yani 2x4 kadar tutacak konulurken kulenin alt kısmında sadece tek taraflı ve 4 adet tutacak konularak kulenin nakliye aracından indirilerek dikey pozisyona getirilmesi için kulenin altındaki 4 tutacak sokulur ve kule dik pozisyona gelebilir. En alt kulenin montajı yapılırken dikkat edilmesi gereken husus ise, kule içindeki kabloların dikkatle tutularak kulenin altında kalmaması ve taban ankraj ile kulenin 1. Kısmı üst üste oturtulmadan önce kule flanşın üzerine nemin girmemesini sağlayacak silikon, çekomastik vb gibi bir koruyucu madde ile flanş kaplanarak dışarıdan nem girmesinin engellenmesidir. Kulenin en alttaki kısmı artık montaja hazırdır ve yavaşça kaldırılarak PPM'e dikkat edilip flanşın üzerine doğru indirilmelidir (Şekil 6.60).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.60. Kulenin montajı ve PPM.

Kulenin konulacağı temel önceden hazırlandığından kulenin birinci parçası vinç ile kaldırılarak montajı yapılır (Şekil 6.61).

Şekil 6.61. Kulenin ilk parçası.

Montaj yapılırken vinç operatörü ile sahada bulunan montaj şefi sürekli diyalog halinde olarak koordineli bir çalışma yürütmek zorundadır. Birinci parça yerine oturtulmadan önce yapılması gereken şey ise, RT tabanında bulunan kesici ve gerekli pano, kumanda sistemi, bilgisayar vb. gibi teçhizatların konulmasıdır (Şekil 6.62).

Şekil 6.62. Kesici ve kumanda sistemi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Burada özellikle kapının konumuna dikkat edilmelidir. Flanş, indirilirken kuledeki vidalar ile flanş üzerindeki deliklerin üst üste gelmesi sağlanmalıdır (Şekil 6.63).

Şekil 6.63. Kule ile flanş birleşimi.

Kule ile flanş birleşiminden sonra vidalar, somun ile elektrikli sıkıştırma makinası yardımıyla sıkıştırılarak kulenin en alt kısmının (1. kısım) montajı bitirilmiş olunur (Şekil 6.64).

Şekil 6.64. Vidaların sıkılaştırılması.

Kulenin ilk parçasının montajı sırasında dikkat edilecek diğer bir husus ise, kapının konumudur. Kapının konumu merdivenin durumu dikkate alınarak kule ilk kısmının montajı yapılmalıdır (Şekil 6.65).

Şekil 6.65. Kulenin giriş kapısı ve merdiven.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

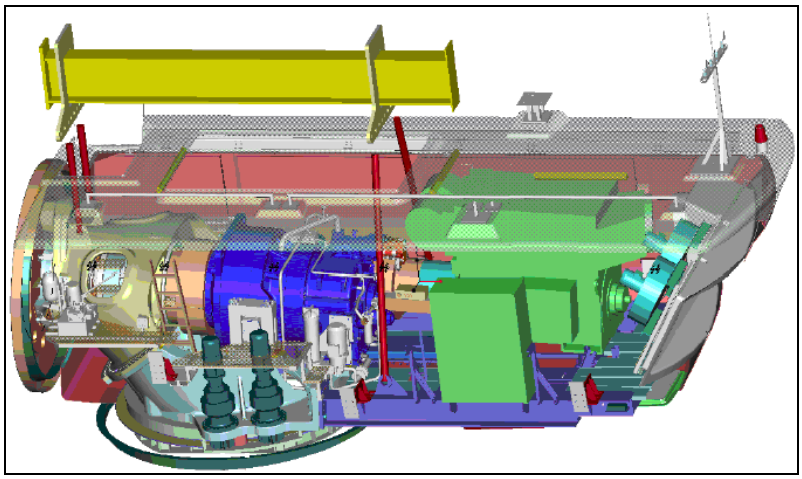
Kulenin ilk kısmının montajından sonra, kulenin ikinci kısmının montajı yapılmalıdır. Kulenin ikinci kısmı da birinci kısmının üzerine oturtularak vida ve cıvata yardımı ile sabitlenir. Kulenin ikinci kısmının montajı yapılırken montaj görevlileri 1. kısmın en üst noktasının üzerinde bir platformda bekleyerek vinç operatörü ile sürekli iletişim halindedir ve 2. parçanın montajının yapılmasını sağlar. Ayrıca nasel ile RT'nin tabanında bulunan kumanda panoları arasındaki bağlantıyı sağlayan kabloların da kuleler arasında kalmamasına dikkat edilmelidir (Şekil 6.66).

Şekil 6.66. Kulenin ikinci kısmının montajı.

İkinci kısmın montajı bitirildikten sonra son kısım olan 3. kısmın montajı bitirilerek, kule montajı bitirilmiş olunur.

6.5.4 Nasel Montajı

Kule montajı bitirildikten sonra nasel montajına geçilmektedir. Nasel, montajı yapılan en ağır parçadır. İçerisinde jeneratör, dişli kutusu, yataklar gibi ağır teçhizatları barındırmaktadır. Nasel tek parça halinde RT'deki en ağır teçhizattır. RT kurulu gücüne göre 30t-80t arasında değişir. 1.5 MW kurulu gücünde bir RT için 50t'dur. Nasel montajı için öncelikle naselin üzerine vinçten gelen çelik halatların tutturulacağı kaldırma tertibatı (lifting gear) kurulmalıdır. Kaldırma tertibatı Şekil 6.67 ile görülmektedir.



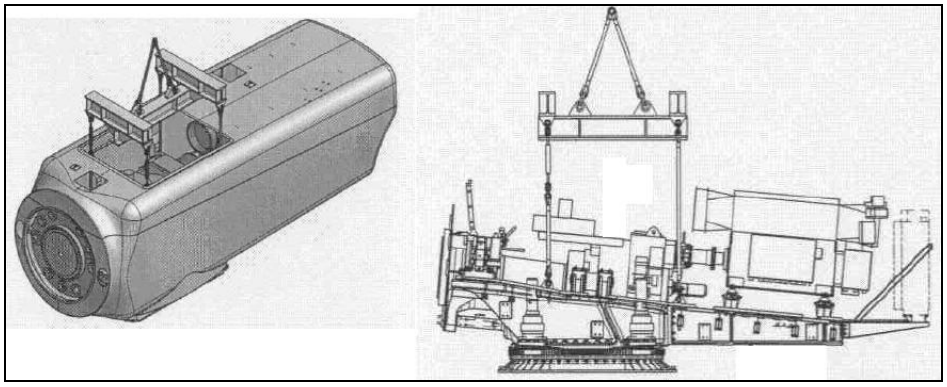
Şekil 6.67. Nasel kaldırma düzeneği.

Kaldırma düzeneği naselin dışında bir noktadan değilde Şekil 6.68'de görüldüğü gibi naselin içinde bulunan ana yataktan (main bearing) tutulmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.68. Kaldırma düzeneği bağlantı yeri.

Şekil 6.69 ile nasel kaldırma düzeneğinin teknik resmi verilmiştir.



Şekil 6.69. Kaldırma düzeneği teknik resmi.

Nasel montajı yapılırken en az 2 adet halatla bağlanarak yüksekteki rüzgar hızına karşı yerdeki montaj ekibinden 2 kişi tarafından tutulur. Bir nevi denge işlemi yerine getirilir (Şekil 6.70).

Şekil 6.70. Nasel montajı.

Genellikle kuyruk vinci yardımı ile kaldırılıp yerine konulmaktadır (Şekil 6.71).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.71. Naselin kaldırılması.

Nasel montajı yapılırken de 3. kulenin en üst noktasında bulunan montaj görevlisi vinç operatörünü sürekli yönlendirmelidir. Daha sonra da montajın kuleye bağlantısı yapılarak naselin montajı bitirilmiş olunur (Şekil 6.72).

Şekil 6.72. Naselin montajı.

Nasel doğru bir şekilde yerleştirildikten sonra vidaları somunlarla sıkılarak montajı bitirilmelidir (Şekil 6.73).

Şekil 6.73. Naseli tutan vidaların sıkılması.

6.5.5 Göbek Montajı

Kanatların ve dolayısıyla pervanenin nasel ile bağlantısını sağlayan göbek montajı için 2 yol bulunmaktadır. Birincisi önce göbek montajının yapılıp daha sonra kanatların teker teker göbeğe montajının yapılması; diğeri de kanatların yerde göbeğe bağlantısının yapılarak pervane şeklinde kaldırılıp nasele montajının yapılmasıdır. Pervane olarak nasele montaj kanatların montajında

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

anlatılacaktır. Göbek için öncelikle bunun kısmı (nose cone) çıkarılır ve Şekil 6.74'te görüldüğü gibi bağlanır ve kaldırılır.

Şekil 6.74. Göbeğe halat bağlanması.

Göbek, kaldırılacak noktalardan tutularak yukarı kaldırılır ve montajı yapılır (Şekil 6.75).

Şekil 6.75. Göbeğin yukarı kaldırılması ve montajının bitmiş hali.

6.5.6 Kanat Montajı

RT kanatlarının montajının yapılma işlemi, RT montajının en kritik işlemidir. Pervane kanatlarının montajı iki türlü yapılmaktadır. Birincisi, göbek montajı nasele yapıldıktan sonra kanatların teker teker kaldırılarak göbeğe montajı; ikincisi de kanatların yerde göbeğe montajı yapılarak pervane şeklinde kaldırılıp montajın yapılmasıdır. İlk yöntemde öncelikle göbek montajı yapılmalıdır. Daha sonra, kanatlar yerden kaldırılarak nasele montajı yapılan göbeğe kanatlar tutturulur. Kanatlar, nakliye aracından indirilmeden önce kanatlar iki taraftan bağlanarak dengeli bir şekilde kaldırılması sağlanır. Kanat filesi (blade bag) yardımı ile kaldırılır (Şekil 6.76).

Şekil 6.76. Kanadın kaldırma için hazırlanması.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kanat kaldırılarak göbek seviyesine getirilir. Aynı şekilde 1 adet halat ile dengesi sağlanmalıdır (Şekil 6.77).

Şekil 6.77. Kanadın kaldırılması.

Göbek montajını müteakip ilk kanat tırdan indirilir veya daha önceden yere indirilmiş olan kanat, kaldırılmaya hazır hale getirilir. Kanat yerde iken dikkat edilecek şey kanat montajının göbeğe tutturulduğu vida ve civataların zarar görmemesidir. Bu amaçla kanadın göbeğe bağlandığı kısımda Şekil 6.78'de görülen düzenek kullanılır.

Şekil 6.78. Kanadın yerde iken korunması.

Kanat kaldırılırken tek vinç ile değil de; 2 adet vinç ile kaldırılmaktadır. Bir adet ana vinç ile beraber 1 adette kuyruk vinci bulunmaktadır. Kanadın uç kısmı ve göbeğe bağlandığı dirsek kısmı 2 halat ile bağlanır. Kanadı tutacak halatlar bağlanarak vince bağlantısı yapılmaktadır. Vince bağlantı yapıldıktan sonra yerdeki montaj ekibi ile vinç operatörünün koordineli çalışması ile beraber kanat yavaş yavaş kaldırılır ve göbeğe montajına başlanır (Şekil 6.79).

Şekil 6.79. Kanadın kaldırılmaya başlanması.

Kanat kaldırılırken bazen kanada bağlanan iplerle birlikte yerdeki montaj ekibi de denge görevi görebilmektedir (Şekil 6.80).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.80. Yerdeki montaj ekibinin dengeyi tutması.

Montaj işlemi için rüzgar hızınında belli bir limitin üstünü aşmaması gerekmektedir. Genellikle 50 m'de 8 m/s üzerindeki rüzgar hızlarında montaj yapılmamaktadır. Kanat kaldırılıp nasel seviyesine getirilip göbekte bulunan vida deliklerinden geçirilerek civatalarla tutturulur (Şekil 6.81).

Şekil 6.81. Kanadın naseldeki göbeğe yaklaştırılması.

Daha sonra üçüncü kanat tutturulur ve montaj işlemi bitirilmiş olunur (Şekil 6.82).

Şekil 6.82. Üçüncü kanadın nasele tutturulması.

Şimdiye kadar anlatılan yöntem, nasele göbek montajını müteakip her bir RT kanadının teker teker göbeğe montajı yapılarak pervanenin nasel yüksekliğinde oluşturulması yöntemi idi. Kanat montajının diğer bir yöntemi ise, daha öncede belirtildiği gibi, göbek ile kanatların yerde montajı yapılarak pervane halinde getirilip nasele montajının yapılmasıdır. Bu amaçla kanat aynı şekilde kaldırılarak göbeğe tutturulur (Şekil 6.83).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.83. Kanadın göbeğe tutturulması

İlk kanat bitirildikten sonra diğer 2 kanadın da montajı yapılarak kanat montajı bitirilmiş olunur. Göbeğe tutturulan kanat, aynı şekilde cıvata ile sabitlenir ve diğer 2 kanadın da göbeğe montajı yapılarak yerde pervane bitirilmiş olunur (Şekil 6.84).

Şekil 6.84. Kanadın göbeğe tutturulması.

Kanat göbeğe doğru yaklaşırken vinç operatörü ve montaj ekibinin diğer elemanları kanadın hareketini sürekli izleyerek, kanadın montaj yörüngesinden sapmamasını ve herhangi bir kaza veya hasara neden olmamasını sağlamalıdır. Kanat göbeğe doğru bir şekilde yani vidalar tam vida boşluklarına denk gelecek şekilde montajı yapılarak Şekil 6.85'te görüldüğü gibi somunlar ile sabitlenmelidir.

Şekil 6.85. Kanadın göbeğe montajı ve sabitlenmesi

Yukarıda anlatılan işlem diğer 2 kanat için de yapılarak 3 kanadın montajı bitirilmiş olunur. Göbek ve kanatların montajı bitirildikten sonra göbeğin burun kısmının (nose cone) montajı yapılmalıdır. Burun montajı için vinçten gelen çelik halatlar Şekil 6.86'da Almanya'da bir RES projesinde görüldüğü gibi burun kısmına bağlanarak kaldırılır ve montajı yapılır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.86. Göbek burun kısmının montajı.

Burun montajı da yapıldıktan sonra pervane montajı bitirilmiş olur. Şimdi de göbek, kanatlar ve burnun yerde montajı yapıldıktan sonra tek seferde pervane montajının yapılması üzerinde durmak gerekmektedir. Şekil 6.87 artık kaldırılmaya hazır bir pervaneyi göstermektedir.

Şekil 6.87. Yerde kaldırılmaya hazır pervane.

Şekil 6.88'de görüldüğü gibi pervane, yerden gerekli noktalardan vince bağlantısı yapıldıktan sonra yavaşça kaldırılmaya başlanır.

Şekil 6.88. Pervanenin kaldırılması için diğer bir bağlantı şekli.

Pervane, ana vinç ve kuyruk vinçlerinin de yardımı ile nasel seviyesine kadar kaldırılır (Şekil 6.89).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.89. Pervanenin nasel seviyesine getirilmesi.

Pervanenin nasele tutturulması için artık hassas an gelmiştir. Bu amaçla ana ve kuyruk vinçleri yanında, yerde iplerle dengeyi sağlayan montaj ekibinin de yardımı ile nasele tutturulur. (Şekil 6.90).

Şekil 6.90. Pervanenin nasele tututurulması.

Bu işlemlerden sonra RT montaj işlemi bitirilmiş olunur. Şekil 6.91'de görüldüğü gibi vidalar deliklerden içeri geçirilerek somun ile tutturulmalıdır. Bu aşamada vinç operatörü ile montaj ekibi arasındaki iletişim büyük önem taşımaktadır.

Şekil 6.91. Pervanenin nasele tututurulması.

Somunlar sıkıştırılırken doğru tork ve sıkıştırma yöntemleri kullanılmalıdır. Bu tip işlemlerde genellikle elektrikli sıkıştırma cihazları kullanılmaktadır.

6.5.7 Yükseltici (Step-up) Trafo Montajı

RT montajı bitirildikten sonra, RT'ye 7-10 m mesafede bulunan trafo ve köşkünün montajı yapılmaktadır. Daha önce hazırlanan step-up trafo temelinin üzerinde trafo oturtulur. Trafo köşkü

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

oturtulduktan sonra açık olan tavanından step-up trafonun kendisi de indirilir. Daha sonra trafo köşkünün tavan kısmının köşk üzerine yerleştirilmesi yapılır (Şekil 6.92).

Şekil 6.92. Trafo köşk tavanının yerleştirilmesi.

Tavanı da oturtulduktan sonra step-up trafo da hazırlanmış olur. Bazı uygulamalarda da step-up trafo köşkü ile beraber montajı yapılmaktadır (Şekil 6.93).

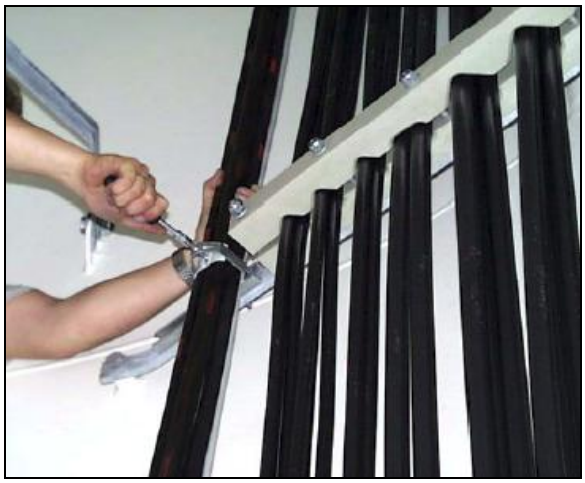
Şekil 6.93. Step-up trafonun köşk ile beraber montajı.

Bazen trafo köşkü sahada da imal edilebilir.

Diğer Kalan İşler

Kule, göbek, pervane ve burun montajları yapıldıktan sonra sıra diğer kalan basit fakat önem arz eden işlere gelmiştir. Öncelikle kabloların kule kısımlarında bağlantıları yapılarak, naselden kule tabanına kadar RT ana bağlantıları yapılmış olur. Hidrolik pres yapılarak kabloların sağlamlaştırılır. Nihai kontrol açısından bütün vidaların tork kontrolü yapılır ve gevşek somun veya vidalar sıkıştırılır. Paslanmaya karşı bütün flanş, vida ve somunlar boyanır. Ayrıca montaj sırasında herhangi bir şekilde hasar gören vida, somun vb. gibi teçhizatların onarılması yapılır. Somunlar ile ilgili son tork kontrolü yapılarak vida veya somunların sıkı bir şekilde yapıldığından emin olunmalıdır. Kabloların kuleden aşağı doğru gelmesi sırasında sarkmaması için her 1.5-2 m'de bir kablo tutacağı ile sabitlenmelidir (Şekil 6.94).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 6.94. Kabloların sağlamlaştırılması.

6.5.8 Şalt Sahasının Montajı

Birçok RES'te diğer elektrik santrallarındakine benzer büyüklükte şalt sahaları bulunmamaktadır. Şalt sahasında bulunan trafo, izalatör, kesici ve ayırıcılar gibi teçhizatların montajı yapılarak şalt sahasının çevresi çit ile çevrilir (Şekil 6.95).

Şekil 6.95. Şalt sahası.

6.6 Elektrik İşleri

RES projelerinin nihai amacı olan elektrik üretimi için inşaat ve montaj işlerini müteakip bazı elektrik işleri bulunmaktadır. Bu işler, RT elektrik, step-up trafo, kablo döşeme, kablo bağlantıları, şalt sahası, enerji nakil hattı ve trafo merkezi bağlantısı olarak sınıflanabilir.

6.6.1 RT Elektrik İşleri

RT elektrik işleri olarak yapılması gereken bazı şeyler bulunmaktadır. Bunlar arasında RT'nin nasel ve kulelerin içerisindeki bağlantılar bulunmaktadır. Naseldeki elektrik kablolarının bağlanmasından sonra, naseldeki aydınlatmaya bakılır. Aydınlatmada yapıldıktan sonra aşağıya doğru inilerek 3 parça olarak monte edilen kulenin bağlantı kısımlarındaki kabloların bağlantısı yapılır (Şekil 6.96).

Şekil 6.96. Nasel elektrik bağlantıları.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kablo bağlantıları yapılarak aşağı doğru inilir ve inilirken çeşitli yüksekliklerde bulunan aydınlatma lambalarının çalıştığı da garanti altına alınır. Kulenin en alt kısmında ise, RT'deki kumanda panosunun bağlantıları yapılmaktadır. Bunlar yapılırken konu ile ilgili ehliyet sahibi kişiler ile çalışılmalıdır. Topraklama konusu, dikkat edilmesi gereken diğer bir noktadır. RT temeli sırasında Şekil 6.97'de görüldüğü gibi kule temeli sırasında hazırlanmalıdır.

Şekil 6.97. RT topraklaması.

6.6.2 Step-up Trafo Elektrik İşleri

Step-up trafolar ile ilgili de bazı bağlantılar ve testler yapılmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, RT'den gelen kabloların step-up trafoya bağlanması gerekir. Ayrıca çıkış olarak da kablolar bulunmaktadır ve bu kablolar diğer RT'nin step-up trafosuna gitmektedir (Şekil 6.98).

Şekil 6.98. Step-up trafo bağlantısı.

Step-up trafonun da topraklama sistemi bulunmaktadır ve bunun ile ilgili de işler yapılmalıdır.

6.6.3 Kablo Döşeme ve Kablo Bağlantıları

Bilindiği gibi RT'ler arasında kablo kanalları bulunmaktadır. Bu kanalların arasından giden kablolar RT step-up trafolarını birbirine bağlamaktadır. Kablo kanalına kablolar, Şekil 6.99'da görülen iş makinesi ile veya bazen daha değişik makineler yardımı ile döşenmektedir.

Şekil 6.99. Kablo döşenmesi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kablolar döşendikten sonra ise aşağıdaki Şekil 6.100'de görülen hale gelir ve bağlantılar artık yapılabilir.

Şekil 6.100. Kablolar döşenmiş olarak görünüm.

Kablo bağlantıları, RES projesinin birçok farklı kısımlarında bulunmaktadır. Kablo bağlantılarından kasıt, RT'den çıkan ve step-up trafoya giden kabloların bağlantısı, step-up trafodan çıkan ve kablo kanalından geçen kabloların öteki step-up trafoya giden bağlantıları kastedilmektedir.

6.6.4 Şalt Sahası

RES şalt sahaları da diğer santrallar gibi aşağıdaki hususlardan oluşur:

- Proje yönetimi ve sistem entegrasyonu,
- Topografik ve jeolojik etüdler,
- Elektriksel tasarım,
- Yerleşim ve fiziksel projelendirme,
- İnşaat projelendirmesi,
- Malzeme ve teçhizat temini,
- Çelik konstrüksiyon imalatı,
- İnşaat işleri,
- Montaj işleri,
- Kablaj,
- Kabul ve Testler,
- İşletmeye alma.

Etüd, projelendirme, sistem entegrasyonu ve tüm yapım çalışmaları diğer santrallar ile aynıdır (Şekil 6.101).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 6.101. Şalt sahası.

6.6.5 Enerji Nakil Hattı

Enerji nakil hattı, RES'in ulusal veya bölgesel elektrik işlemine girmesi için gerekli olan hattır. RES'den bağlanacağı trafo merkezi veya iletim hattına kadar çekilir (Şekil 6.102).

Şekil 6.102. Enerji nakil hattı çekilmesi.

6.7 Devreye Alma ve Testler

RES'in geçici ve kesin kabul işlemleri, tesisin yetkili kurumlarca onaylı projesi, sözleşmesi, yürürlükteki ilgili tüzük, yönetmelik ve Türk Standartları geçerlidir. Onaylı projesi bulunmayan tesislerin kabul işlemleri yapılmamaktadır.

6.7.1 Kabuller için Ön Hazırlık ve Başvuru

Tesisin geçici veya kesin kabule hazır olduğu, yüklenicinin işverene yazılı başvurusu üzerine tesis sahibi, yüklenici veya onun bulunmaması durumunda vekilinin katılması ile tesisin durumu incelenecek kabule hazır olup olmadığı, hazır ise duruma en son hangi tarihte getirildiği tutanakla saptanır. Geçici kabul önerisinin yapılabilmesi için özürlü ve eksik işlerin işletmeye ve yapılan işten güvenle yararlanmayı kesinlikle engellememesi, özürlü ve eksik işlerin ihale fiyatları ile hesaplanacak tutarının toplam ihale bedelinin üzerinde anlaşılan yüzdeyi aşmaması gereklidir. Tesisin kabule hazır olduğu belirtildikten sonra, durum işverene bildirilerek kabulün yapılması istenir. Bununla ilgili istek yazısında kabul kuruluna katılması istenilen elemanların listesi de eklenebilir.

6.7.2 Kabul Kurulu

İşveren ve yüklenici, tesisin kabulunu yaparak onaylayan bir kurul oluşturur. Bu kurula kabul kurulu denmektedir. Kabul kurulunda yer alacak kişilerden birisi, başkan olarak görevlendirilir. Kabul kurulu listesi ve kabul tarihi önceden taraflara yazılı olarak bildirilir. Kabul kurulunun toplanma tarihi işveren tarafından belirlenir. Kabul kurulunda görev alan başkan ve üyeler belirtilen toplanma tarihinde kabulü yapılacak tesis yerinde bulunmak zorundadır. Kabul kurulu, yaptığı incelemeler ve muayeneler sonunda kabulün yapılabileceği veya yapılamayacağı konusuna karar verebilir. Kurul, kabulün

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

yapılabileceği kanısında ise, örnek formlara uygun olarak ve kabulle ilgili belirlenen sayıda kabul tutanağı düzenlenir ve kabul kurulu üyelerince imza edilir. Kabul kurulu, kabulün yapılamayacağı kanısında ise, bir tutanak düzenler ve bu tutanakta kabulün reddedilme nedenleri açıklanır. Kabul kurulunun kabulü çoğunlukla reddetmesi durumunda onay makamı olan işveren, gerekli gördüğü taktirde işi yeniden inceletebilir. Yüklenici, giderleri kendisine ait olmak koşulu ile yeni bir kabul kurulunun görevlendirilmesini isteyebilir. İşveren genellikle yeni bir kurul oluşturabileceği gibi, eski kurulu da görevlendirmekte serbesttir.

Kabul tutanakları, kabul kurulu başkanı tarafından işverene bir yazı ile sunulur. Kabul tutanakları işveren tarafından incelenerek onaylanır veya reddedilir. Kabul reddedilmişse, durum işveren tarafından yükleniciye yazı ile bildirilir.

6.7.3 Geçici Kabulün Yapılması

16 Aralık 2009 tarih ve 27434 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği" ile RES projelerinde geçici kabul işlemleri T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Madde 14 ile RES proje klasöründe aşağıdaki belgelerin bulunması gerekmektedir:

MADDE 14 – (1) Rüzgar elektrik santralı ve yardımcı tesisleri proje onayı için sunulan elektrik klasörlerinde olması gerekenler şunlardır;

a) Belgeler;

1) EİE'den alınan uygunluk yazısı.

b) Hesaplar;

1) İç ihtiyaç transformatör güç hesapları,

2) Transformatör anma güçlerine göre kompanzasyon tesisi hesapları,

3) Kısa devre hesapları,

4) Gerilim düşümü, akım taşıma ve kısa devre kontrolünü gösterir YG ve AG Kablo hesapları,

5) Aydınlatma ve acil aydınlatma hesapları,

6) Topraklama ve paratoner tesisi hesapları.

c) Proje Paftaları;

1) Genel yerleşim vaziyet planı,

2) YG ve AG tek hat şemaları,

3) YG ve AG güç dağıtım vaziyet planları,

4) Aydınlatma ve acil aydınlatma tesisatları planları,

5) Topraklama ve paratoner tesisatı planları,

6) Kablo bağlantıları ile birlikte üst, ön ve yan görünüşleri isimlendirilip ölçülendirilmiş yükseltici ve iç ihtiyaç transformatörlerinin genel görünüş ve kesit detayları,

7) YG Metal-Glad hücrelerin genel görünüş ve kesit detayları,

8) TM ve DM'lerdeki üretim tesisi ile ilgili fider hücrelerinin, gerilim seviyelerine göre ilgili kuruluşlarca yapılan koordinasyon anlaşmalarına uygun donatılacak onaylanmış projeleri,

9) Yangın algılama ve söndürme sistemi planları.

(2) Rüzgar elektrik santralı ve yardımcı tesisleri proje onayı için sunulan makina klasörlerinde olması gerekenler şunlardır;

a) Belgeler;

1) EİE'den alınan uygunluk yazısı.

b) Proje Paftaları;

1) Ölçekli genel vaziyet planı,

2) Ölçekli komple montaj ve üç görünüş resimleri,

3) Ölçekli kule montaj ve üç görünüş resimleri,

4) İmdat ve/veya black-start dizel generatör üç görünüş montaj resimleri.

c) Bilgi için;

1) Mukavemet hesapları, gürültüyü önleme sistemi,

2) Rüzgar türbinindeki işçi sağlığı ve iş güvenliği sistemi,

3) Filtrelerinin kesit resimleri,

4) Yangın tüpü Yangın hidrandı ve/veya köpüklü olan kısım için yangın söndürme sistemi,

5) Ünite yatak yağlama, basınçlı hava ve/veya enstrüman havası, soğutma-havalandırma sistemi, generatör soğutma, hidrolik sistemleri P&I'ları,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

6) P&I'larda yer alan sembol ve kodlamaların çözüm anahtarı.

(3) Rüzgar elektrik santralı ve yardımcı tesisleri proje onayı için sunulan inşaat klasörlerinde olması gerekenler şunlardır;

a) Belgeler;

1) EİE'den alınan uygunluk yazısı.

b) Hesaplar;

1) Yapılara, temele, kuleye ait statik, betonarme, çelik hesapları,

2) Jeoteknik, jeolojik, sismik, depremsellik, jeofizik ve benzeri raporlar ile zemin etüt raporları, zemin iyileştirmesi çalışmaları ile ilgili hesaplar.

c) Proje paftaları;

1) Santralin Türkiye'deki yerini gösterir harita paftası,

2) Tesisin 1/25.000'lik harita üzerine işlenmiş paftası,

3) Genel vaziyet ve türbinlerin yerleşim koordinatlı planları,

4) İşletme binası ve diğer yapılara ait projeler,

5) Alt yapı projeleri,

6) Yapıların mimari kesit görünüş projeleri, planları, detayları,

7) Kazı planları, temel ve ankraj projeleri,

8) Şalt sahası inşaat ve trafo binası mimari projeleri.

ç) Bilgi için;

1) Teknik şartnameler,

2) Ulaşım yolları projeleri.

Tesise Gerilim Uygulanması

RES'e geçici kabulden önce kabul ön hazırlıkları sırasında tesis sahibi kuruluşun yazılı istekte bulunması durumunda ilgili kuruluş (TEİAŞ, TEDAŞ, görevli şirketi, otoprodüktör grubu veya üretim şirketi benzeri) tesise gerilim uygulamak zorundadır. Geçici kabul işlemi sırasında yapılan muayene ve incelemeden sonra tesise gerilim uygulanmaktadır. Geçici kabul kurulu başkanının yazılı isteği üzerine enerji sağlayan kuruluş elektrik tesisine gerilim uygulamak zorundadır.

Eksik ve Özürlü İşler

İşletmeyi ve tesisattan güvenlikle yararlanmayı hiçbir şekilde engellememesi koşulu ile, bazı önemsiz eksik ve özürlerin geçici kabul ile kesin kabul arasında düzeltilmesine ve tamamlanmasına izin verilebilir. Bu eksik ve özürlü işlerin, ihale fiyatları ile hesaplanacak tutarın, kesinlikle işin toplam ihale tutarının belirlenen yüzdesini geçmemelidir. Geçici kabul kurulunun saptadığı eksikler ve özürler yüklenici tatafından kesin kabule kadar tamamlanır ve düzeltilir.

Geçici Kabul Tutanağındaki Bilgiler

Geçici kabul tutanaklarında aşağıdaki bilgilerin ve açıklamaların bulunması gerekir;

a) Yapılan işin niteliği (elektrik enerjisi üretim tesisi, kuvvet santralı tesisi, dönüştürme tesisi, iletim tesisi, dağıtım tesisi vb),
b) Tesisatın türü (su santralı, buhar santralı, nükleer santral, gaz türbinli santral, jeotermal santral, dizel santralı; anahtarlama-şalt-tesisi, transformatör merkezi veya trafo postası, hava hattı tesisi, yer altı kablo tesisi; AG dağıtım şebekesi, YG dağıtım şebekesi ve benzeri),
c) Keşif tutarı, ihale tutarı, eksiltme oranı ve keşfe ek ve değişiklikler varsa miktarı,
d) Projenin işveren veya yetkili kuruluşça onay tarih ve sayısı,
e) Sözleşme ile belirli olan inşaat süresi, süre uzatımı varsa, bunu tarihi ile kararın tarih ve sayısı, inşaatın tamamlandığı tarih,
f) İşi yapanın ve yaptıranın adı,
g) Geçici kabul ile kesin kabul arasında tamamlanması veya düzeltilmesi gereken eksik ve özürler ile bunların ihale tutarına göre yüzde olarak miktarı.

Geçici Kabulün Reddedilmesi

Kabulün yapılmasını engelleyen hususlar varsa, kabul yapılmaz ve bir tutanak düzenlenerek kabulün yapılmasına engel olan hususlar, nedenleri belirtilerek açıklanır. Yüklenici, geçici kabul isteğini tesis sahibine bildirdikten sonra bir ay içerisinde kabul işlemine başlanır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

6.7.4 Tesisin Ticari İşletmeye Açılması

Tesisin tümünün veya kısmi kabulü yapılan bölümlerin teknik ve idari bakımından ticari işletmeye açılmasında sakınca görülmemesi durumunda, kabul kurulunun kararı kurul başkanınca uygun bir yazı ile mahallin en büyük mülki amirine bildirilir. Bu bildirim üzerine tesis geçici olarak ticari işletmeye açılabilir. Geçici işletme durumu, geçici kabul tutanakları onaylanıncaya kadar devam eder. Onay işlemi bir ay içinde sonuçlandırılmalıdır. Onaydan sonra tesis sürekli olarak işletilebilir. Tutanaklar onaylanmaz ve kabul reddedilirse geçici ticari işletmeye son verilir.

Kesin kabul, geçici kabul tutanağında yazılı olan eksik ve özürlerin giderilip giderilmediğinin belirlenmesi amacı için yapılır. Kesin kabul zamanı geldiğinde, yüklenicinin yazılı başvurusu üzerine tesis sahibi tesisatın genel durumunu gözden geçirir. Geçici kabulde saptanmış olan eksik ve özürlü işlerin tamamlanmış ve düzeltilmiş olması durumunda kesin kabul işlemlerinin yapılması için durumu işveren veya yetkili kuruluşa bildirir. İşveren veya yetkili kuruluş kesin kabul kurulunun belirler. Kurulun oluşturulması ve yapacağı görevler geçici kabule ilişkin hükümlere göre yapılır. Kesin kabul kurulu gerekli gördüğü muayene, ölçme ve deneylerin yapılmasını sağlayarak tesisin kesin kabule uygun olup olmadığını saptar. Kesin kabulün yapılabilmesi için eksilecek bedeller dışında hiçbir eksiğin bulunmaması gerekir. Ancak onarılması veya düzeltilmesi gereken az fakat çnemli eksikler varsa tamamlatma bedelleri saptanır, bunların tamamlanmasından sonra tutanakların onaylanması koşulu ile kabul yapılabilir.

Enerji Nakil Hatları

Hava hatlarının projesine ve teknik şartnamelere ve ilgili yönetmeliklere uygun olup olmadığı denetlenmelidir. Bunun için direklerin onaylanmış projelerdeki tiplere uygun olup olmadığı, yerlerine dikilip dikilmediği, temelleri, kaynakları, civataları, korkuluk ve ölüm levhalarının bulunup bulunmadığı, boyları ve köşebentlerinin boyutları, numaralanmış olup olmadığı denetlenir. Direk açıklıkları ve yükseklikleri, iletkenlerin türleri, kesitleri, sargıları (sehimleri) ve en alttaki iletkenin yere en yakın uzaklığı, iletkenler arasındaki açıklık, iletkenlerin yapılara ve diğer engellere yatay ve düşey uzaklıkları, atlamalarda yapılan güvenlik tesisatının montaj şekli, izolatörlerin çatlak veya kırık olup olmadıkları, izolatör demirine, izolatör demirinin traverse, iletkenlerin izolatörlere ve birbirine bağlantı durumları, sigorta, parafodur, topraklama düzeni ve atlama (camper) bağlantılarının uygun kesitte olup olmadığı ve yapılış şekli, topraklama, çubuk, levha ve iletkenlerinin boyutları ve gömülme derinlikleri ile bütün tesisin can ve mal güvenliği bakımından durumu incelenir, topraklama direnci ölçülür, gerektiğinde hattın gerilim düşümü ölçülür. Ayrıca gerekli görülen diğer inceleme, muayene ve boyut denetimleri yapılır.

Yeraltı hatlarının projesine, teknik şartnamelere ve ilgili yönetmeliklere uygun olup olmadığı denetlenmelidir. Yeraltı kablolarının tesis şekli, derinliği, ek yerlerinin ve kablo başlıklarının durumu, diğer kablo, su, doğal gaz, havagazı, kanalizasyon ve benzeri tesislerle kesişme noktalarında alınan güvenlik önlemleri incelenmeli hatlardaki gerilim düşümü ölçülerek denetlenmeli ve gerekli inceleme, muayene ve denetimleri yapılmalıdır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

BÖLÜM 7

RES İŞLETME VE BAKIM

RES yatırımı yapmak aslında geri dönüşü uzun yılları kapsayan bir yatırımdır. 20 yıllık ömür boyunca ilk 5-8 yıl herhangi bir yüksek kar marjı getirmemektedir. Bu yüzden RT'lerin arıza olmadan kesintisiz bir işletme yönetimi ile verimli bir şekilde çalıştırılması gerekmektedir. Bu amaçla yatırımcı, RES için sadece yatırım sırasında değil; RES işletmesinde de önemli bir karar vererek RES işletme ve bakım için doğru firmalarla çalışmalıdır. Günümüzde rüzgar enerji sektörü, artık olgun bir sektör sayılabilir. Birçok türbin üreticisinin uzun yıllara dayalı performans veri tabanları ve işletme tecrübeleri bulunmaktadır. Fakat sektörün ticari ve pazar mekanizmasına dayalı olmasından dolayı işletme performans ve maliyet verilerinin elde edilmesi kolay olmamaktadır. Bu bilgiler çoğunlukla işletmeciler tarafından gizli tutulmaktadır. Danimarka ve Almanya'da işletme tecrübelerinin yayınlanma geleneği bulunmaktadır. Tahmin edileceği gibi, türbinler yeni iken bakım onarım maliyetleri daha düşük yani işletme maliyetleri daha azdır; fakat türbinler yaşlandıkça maliyetler artmaktadır. Rüzgar türbinlerinin ömrü genel olarak 20-25 yıl arasında değişim göstermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, rüzgar diğer enerji kaynaklarından farklı olarak depolanamadığı için kaynağın var olduğu zamanlarda türbinlerin hazır olması ve üretim yapması gerekmektedir. Türbinlerin hazır olması emreamadelik (availability) kavramını ortaya çıkarmaktadır. Emreamadelik, rüzgarın varolduğu süreler içinde türbinin enerji üretebilir durumda olmasını ifade etmektedir. Rüzgar santral işletmecileri diğer işletmecilerden farklı değildir. Amaçları minimum gider ile maksimum verime ulaşmaktır. Rüzgar ölçüm aşamasında hesaplanan rüzgar üretim değerine ulaşılması santralın ekonomikliği için önemlidir. Bu amaçla türbinlerin emreamadeliğinin yüksek olması yani tesiste sürekliliğin sağlanması gereklidir. Rüzgarın maksimum enerji üretilebilecek seviyelerde estiği zamanlarda uzun süreli arızaların oluşması ve üretim kayıplarına yol açması istenmeyen bir durumdur. Bu durumu önlemek için işletmeciler ve türbin üreticileri ciddi çalışmalar yapmaktadırlar. Emreamadeliğin yüksek oranlarda tutulabilmesi için;

- Bakımların zamanında ve eksiksiz yapılması,
- RT'lerin sürekli izlenmesi,
- RT'lerin düzenli kontrol edilmesi,

gibi hususlara dikkat edilmektedir. Bu bölümde RT'lerin devreye alınması, santralın izlenmesi, bakımlarının yapılması üzerinde durulacaktır.

7.1 RT'lerin Devreye Alınması (Start-Up)

RT'lerin montajı yapıldıktan sonra devreye alınarak elektrik üretimine başlanmaktadır. Diğer elektrik santrallarında santralın montajı, elektrik/mekanik vb işleri bütünü ile bitirildikten sonra devreye alınırken, RES'lerde bir RT'nin montajı bitirildiğinde hemen devreye alınabilir ve daha sonra da diğer RT'lerin montajına devam edilebilir. Bu kısımda 2 MW kurulu gücünde bir RT'nin devreye alınması için gerekli prosedürler anlatılacaktır. Devreye alma prosedürü ve daha birçok özellik kullanılan RT markası veya kurulu güce göre değişim gösterebilir. Burada sadece standart bazı işlemler anlatılacaktır. Herbir RT devreye alımı için ilgili RT üreticisinden gerekli manuel, standart ve eğitimler alınarak RT devreye alınmalıdır. RT'ler devreye alınırken RT üreticileri tarafından tedarik edilen RES Güvenlik Kuralları (Wind Farm Safety Procedures) prosedürlerine göre yapılmalıdır. Bu prosedür zaten RT'nin devreye alınmasının konu ile ilgili gerekli eğitime sahip deneyimli kişiler tarafından yapılması gerektiğini belirtmektedir. Devreye alım ekibi, işlemleri yaparken gerekli emniyet elbise ve teçhizatını kullanmalıdır. RT üreticilerinin devreye alma ile ilgili standart prosedürleri ve dolayısıyla da bu standart prosedürleri açıklayan teknik el kitapları bulunmaktadır. Devreye alma ile ilgili gerekli el kitaplarından bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- Bakım El Kitabı (Maintenance Manual),
- Display Operation Manual,
- Start-Up Inspection Register,
- Checks Prior to Energization,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Security Manual,
- Mounting Manual,
- Wind Farm Safety Procedures.

Yukarıdaki liste RT üreticisine göre daha da uzatılabilir.

Devreye Alma Parametreleri

Devreye alma testlerine başlamadan önce bazı parametrelerin kontrol edilmesi gerekmektedir. Parametre ayarlaması yapılırken; değiştirilen her parametreden sonra teyit "confirmation" seçeneği seçilerek işleme devam edilmelidir. Genellikle aşağıdaki parametrelerin testi yapılır:

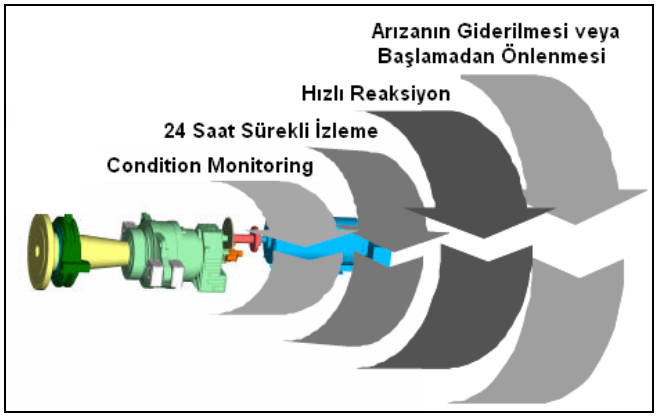
- Yükleme tipi (Load type),
- Kule yüksekliği (Tower height),
- Dişli kutusu tipi (Gearbox type),
- RT seri no (Wind turbine serial no),
- RES kimlik kodu (Wind Farm Identity Code),
- Pervane çapı (Rotor diameter),
- Sapma sistemi,
- Şebeke frekansı (Grid frequency),
- Kurulu güç (Rated power),
- Sıcaklık seçici (Temperature selector).

Devreye alma, RT üreticisinin RT için belirlediği rüzgar hız aralığındaki günlerde yapılmaktadır. Güvenlik gereği, bütün devreye alma işlemi boyunca en az 3 kişi hazır bulunmaktadır. Nasel içi, yağ, yedek parça, teçhizat, takım sandığı vb gibi şeylerden arındırılmalıdır. RT içindeki elektrik aksamınında sistemi acil durumlar için durduran düğmeler vardır. Genellikle sarı zemin üzerinde kırmızı renktedirler. Bu acil durum düğmelerinden birisine basıldığında sistem acil durum moduna geçer. Sistemdeki voltaj kesilir ve fren sistemi çalışmaya başlayarak pervaneyi durdurur. Eğer RT içerisinde asansör var ise, asansör çalışmaya devam eder. RT acil durum sistemi, asansörü etkilememektedir. Bazı RT'lerde ters fren logic (inverse brake logic) sistemi bulunmaktadır.

RT devreye alımı için öncelikle RT'ye ilgili şartname ve standartlar gereği elektrik verilmelidir (energization) ve daha sonra gerekli idari ve teknik prosedürler yapılarak devreye alma işlemi bitirilmiş olunur.

7.2 Condition Monitoring System (CMS)

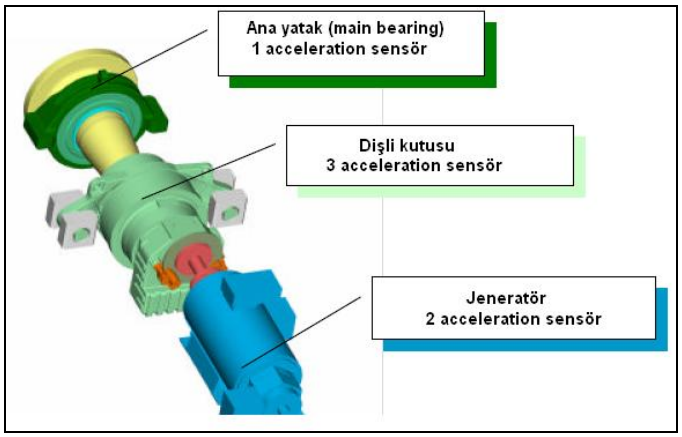
RES işletmesinin doğru ve verimli bir şekilde yapılması yatırımcı açısından en önemli husustur. Yıllık üretim için rüzgar potansiyeli ve RT'nin güç eğrisinin yanında RES'in iyi bir şekilde işletilerek enerji kayıplarının minimuma indirilmesi gerekmektedir. Condition Monitoring Sistemi (CMS), bir nevi erken uyarı sistemidir. RT'nin sorunsuz çalışmasını ve arızaya neden olmadan müdahale edilebilmesini sağlar. Şekil 7.1 ile CMS şematik olarak görülmektedir. Burada CMS yardımı ile, RT'nin 24 saat sürekli izlendiği ve herhangi bir arıza durumunda veya arıza başlamadan önce sisteme müdahele edilerek önleyici olarak çalışılacağı anlatılmaya çalışılmıştır.



Şekil 7.1. Condition Monitoring System.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

RT üreticinin bakım paketi içerisinde kalan CMS bütün ana teçhizatların yorulmaya maruz kalması dolayısıyla vibrasyon yardımıyla çalışan bir sistemdir. Bu ana teçhizatlar, ana yatak (main bearing), dişli kutusu ve jeneratörden oluşmaktadır. Bu yüzden CMS sensörleri (acceleration sensor) bu makinalar üzerine konulmaktadır. Herbir CMS ünitesi diğerinden bağımsız olarak çalışmaktadır. Genellikle ana yatak üzerinde 1, dişli kutusunda 3 ve jeneratörde de 2 adet CMS sensörü bulunmaktadır (Şekil 7.2). CMS'nin temel çalışma prensibi, ekipmanlardan meydana gelen vibrasyon ölçümlerinin kayıdı esasına dayanır. Bu sinyaller, her bir ekipmanın üzerine monte edilen CMS sensörleri yoluyla alınır.



Şekil 7.2. Sensörlerin yeri ve sayısı.

CMS için nasel içerisine 6 ile 8 arasında vibrasyon ölçüm sensörü (accelerometer) konulmaktadır. Kule üzerine de 2 adet konulmaktadır. Şekil 7.3 ile vibrasyon ölçüm sensörü görülmektedir. Vibrasyon ölçüm sensörleri genel kullanım ve düşük frekanslı kullanım olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Düşük frekanslı sensör kule üzerine monte edilirken genel amaçlı sensörler de nasel içerisindeki ana makinaların üzerine konulmaktadır.

Şekil 7.3. Genel amaçlı ve düşük frekanslı vibrasyon ölçüm sensörü (acceloremeter).

Tablo 7.1 ile bu tip sensörler hakkında genel bir bilgi verilmiştir.

Tablo 7.1. Sensör karakteristikleri.

Özellik	**Genel Amaçlı**	**Düşük Frekans**
Duyarlılık	100 mV/g	500 mV/g
Güç tüketimi	24 V (tüketim 4 mA)	24V (tüketim 4 mA)
Çıkış	+/-5 V	+/-5 V
Kablolar	100 °C'ye kadar duyarlı. Her sensörde 3 adet (sinyal, referans ve toprak)	100 °C'ye kadar duyarlı. Her sensörde 3 adet (sinyal, referans ve toprak)

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Yorulmaya maruz kalacak bütün ekipmanlar sürekli izleyip, arşivlenir ve akustik frekansları ölçülür. Bu yöntemle, öngörülmeyen bazı arızalar ve yorulmalar önlenebilmektedir. CMS'nin avantajları:

- Servis operasyonları önceden planlanabilir,
- Bozulma ve meydana gelebilecek hasarlar önlenebilir,
- Değişecek herhangi bir ekipman için zaman planlaması yapılabilir,
- Bakım ve kontrol evreleri ayarlanabilir.

CMS sistemi aşağıdaki tecrübe evrelerinden sonra geliştirilmiştir:

- RT'lerdeki sürücü, servis ve diagnostik tecrübeler,
- RT işletme tecrübeleri.

RT'nin ilk üç aydaki (start-up periyodu) vibrasyon kayıtları alınarak bir nevi kalibrasyonu yapılmaktadır. Daha sonraki aylarda ise, RT işletmede iken sürekli kaydı yapılır. Bu kayıtlar RES işletmecisi tarafından sürekli görülebilir ve ayrıca RT içinde bulunan kara kutuya kaydı yapılır. İşletme sırasında herhangi bir aksamında limitlerin aşılması durumunda sistem otomatik uyarı mesajı gönderir. CMS verisinin arşivlenmesi, RES işleticisi, RT üreticisi ve sigorta şirketi açısından önemlidir. Böylelikle RT ile ilgili tarihsel veri kayıt altına alınır ve RT'nin performansı da gözlenmiş olunur. RT'lerde CMS için aşağıdaki parametreler incelenebilir:

- Vibrasyon analizi,
- Yağ analizi,
- Termografi (Thermography),
- Akustik ölçümler,
- Malzemelerin fiziksel durumu,
- Elektriksel etkiler,
- Performans gözlemleme.

Yukarıda sayılan hususlar ilerleyen sayfalarda daha detaylı açıklanmaktadır.

Vibrasyon Analizi
CMS'de vibrasyon analizi en önemli bileşendir. Hareket eden aksamlarda ölçümü yapılmaktadır. Kullanılan sensörler frekans durumuna göre değişim gösterebilmektedir. Frekans durumuna göre aşağıdaki sensörler kullanılmaktadır:

- Düşük frekanslarda position transducer,
- Orta frekanslarda hız sensörleri,
- Yüksek frekanslarda accelerometre,
- Çok yüksek frekanslarda SEE (Special Emitted Energy) sensörleri,
- Şaft, yataklar, dişli kutusu, kompresör, motor, türbin ve pompalar en tipik kullanım yerleridir.

Yağ Analizi
Yağ analizinin 2 amacı vardır. Birincisi yağın kalitesini korumak; ikincisi de yağın kullanıldığı makinaları korumaktır. Yağ analizi geleneksel olarak yağ örneği alınarak yapılmaktadır. Bununla beraber, son yıllarda on-line olarak sensörler yardımı ile sürekli izlenerek kontrol edilmektedir. Yağ genellikle kirlenebilmektedir veya nemi artabilmektedir. Bu durumun önlenmesi gerekmektedir.

Termografi (Thermography)
Termografi, elektrik ve elektronik cihazların izlenmesi ve arızanın belirlenmesi amacı için kullanılan bir sistemdir.

Malzemelerin Fiziksel Durumu
Bu tip izleme, temel olarak çizilme, aşınma ile bunların gelişerek büyümesi sonucu meydana gelebilecek hasarların izlenmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntem devrede olmayan RT'de kullanılmaktadır. Bazı istisnai durum olarak devredeki RT'lerde kanat ve akustik izleme de kullanılabilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Akustik Ölçümler
Akustik izlemenin, vibrasyon izleme ile yakın ilişkisi vardır. Bununla beraber, temelde bir fark bulunmaktadır. Vibrasyon sensörleri, ölçümünü yaptığı ekipmanın üzerine monte edilerek yapılmakta iken; akustik sensörler ekipmanı dinleyebilecekleri bir yere monte edilmektedir. Genellikle esnek bir yapışkan ile dinledikleri ekipmana tutturulurlar. Bu sensörler dişli kutusu ve yataklarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Elektriksel Etkiler
Elektrik ile çalışan cihazların izlenmesi MCA (Machine Current Analysis) sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Aküler için sadece empedans ölçümü yapılmaktadır. Orta ve yüksek gerilim şebekeleri için aşağıdaki ölçüm ve analizler yapılmaktadır:

- Deşarj (discharge) ölçümleri,
- Kesiciler için hız ölçümü,
- Kesiciler için temas güç (contact force) ölçümü,
- Trafolar için yağ analizi.

Performans Gözlemleme
RT genel performansının gözlenmesi çok basit bazı sistemlere dayanmaktadır. RT koruması için güç, rüzgar hızı, pervane hızı ve kanat açısı arasında normalden büyük sapmalar olur ise, alarm çalmaktadır.

RT'lerdeki Bazı CMS Uygulamaları
Pervane'de CMS kullanımı tam olarak geliştirilememiştir. Kanatlarda akustik emisyon kullanılabilmektedir. Aşağıda verilen ekipmanlarda aktif olarak kullanılmaktadır.

Nasel
Dişli kutusu ve ana yataklarda yaygın olarak CMS kullanılmaktadır. Özellikle dişli kutularında CMS kullanımı elzemdir. Dişli kutularında aşağıdaki bölgelerde kullanılır:

- Vibrasyon analizi (farklı sensörler),
- Akustik emisyon,
- Yağ analizi

Vibrasyon analizi için farklı sensörler kullanılmaktadır. En çok kullanılan acceleration sensörlerdir. Yerdeğiştirme (displacement) sensörleri de kullanılabilmektedir. Yer değiştirme sensörü, düşük hızlardaki ana yatakta kullanılır. Akustik emisyon tekniği, yüksek frekanstaki sesleri ölçen bir tekniktir. Vibrasyon analizinde ekipmanların rotasyonel hızlarının frekansı ölçülürken; akustik emisyon ölçümünde yüksek frekans ölçümü söz kunusudur.

Jeneratör
Jeneratör yatağına da dişli kutusuna benzer olarak vibrasyon analizi tekniği uygulanmaktadır. Bunun yanında, jeneratörün rotor ve stator kısımları da sıcaklıklarına göre izlenmektedir.

Hidrolik sistem
Hatve açısı ayarlaması için hidrolik sistem çok önemlidir. Diğer uygulamalara benzer şekilde CMS ile izlenir.

İzleme ve Değerlendirme Ünitesi
İzleme ve değerlendirme ünitesi, nasel içerisindeki kontrol kabininde bulunmaktadır. Şekil 7.4 ile görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

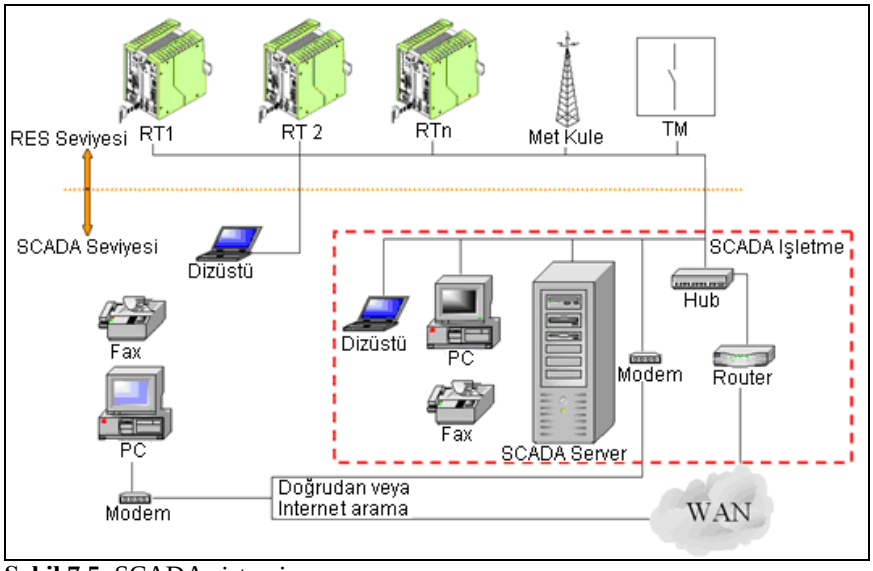
Şekil 7.4. İzleme ve değerlendirme ünitesi.

Boyutları genellikle 25x20x10 cm civarında olup, ağırlıklı olarak 3 kg'yi geçmemektedir. 24 V ve 0.6 A güce gereksinim duyar ve 0°C – 60°C arasında çalışır. İzleme ve değerlendirme ünitelerinin diğer özellikleri ise aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- RT'nin kritik ekipmanların sürekli izlenebilmesi için PLC'ye (Programming Logic Controller) bağlıdır ve bu durum sensörlerden gelen sinyalleri sürekli alarak göndermesini mümkün kılar,
- Sensörler tarafından alınan veriler kaydedilmekte ve vibrasyon kontrolü için kullanılmaktadır.

7.3 SCADA Sistemi

SCADA'nın açılımı "Supervisory Control and Data Acquisition" yani kelime anlamından anlaşılacağı gibi, kontrol sistemi ve verinin temin edilme işlemlerini yapmaktadır. Her RT'nin kendine has kontrol ünitesi vardır ve SCADA'dan tamamı ile bağımsız olarak faaliyet göstermektedir. SCADA sistemi, yüksek teknolojiye sahip Programming Logic Controller (PLC), PC, modem benzeri "track ball" denen cihazlardan oluşur. RES tarafında da trafo merkezi, meteorolojik ölçümlerin yapıldığı ölçüm istasyonu (met tower), server, hub ve routerden meydana gelir. Sistem RT'nin içerisinde kontrol kabinine monte edilmiştir. RT'nin kapısı açıldığında hemen kontrol kabininde görülen ekran ve hemen altındaki klavye SCADA sisteminin elemanlarıdır. Şekil 7.5 ile SCADA sisteminin RES'te bulunan RT'den evdeki dizüstü bilgisayarına kadar olan bütün elemanları görülmektedir.



Şekil 7.5. SCADA sistemi.

Şekil 7.6 ile SCADA ekranı görülmektedir. Her RT üreticisinin kendine ait bağımsız bir SCADA yazılımı olacağından ekran konfigürasyonu bazı değişimler gösterebilir, fakat kontrolü yapılan ve sürekli izlenen parametreler aşağı yukarı aynıdır. Ekranda bütün RT'ler aynı anda görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

RT'lerin yanındaki kutunun alt tarafında ise, RT'deki rüzgar hızı, üretim, emreamadelik ve RT'de herhangi bir sorun olmadığını gösteren "OK" görülmektedir. Ekranın en sağındaki kutuda aktüel üretim, ortalama rüzgar hızı ve yönü, emreamadelik (availability) ve civar sıcaklık görülmektedir. Trafo merkezi ile ilgili bilgi de sağ alt köşede verilmiştir.

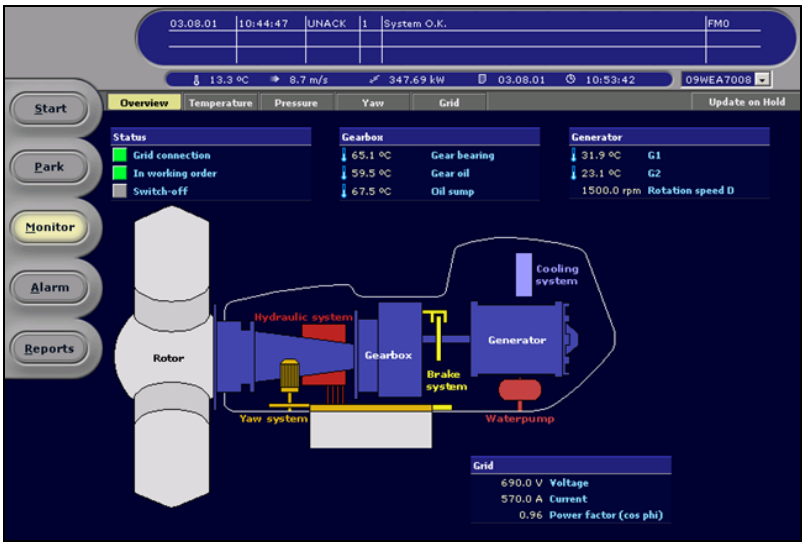
Şekil 7.6. SCADA sistemi.

RT'de herhangi bir arıza meydana geldiğinde ise, Şekil 7.7'de görülen uyarı, servis veya arıza olduğunu belirten mesaj (error) meydana gelir. Burada 5 nolu RT'de uyarı, 6 nolu RT'de ise hata mesajı görülmektedir.

Şekil 7.7. SCADA sistemi.

Şekil 7.8 ile de seçilen herhangi bir RT'deki bazı özellikler görülebilmektedir. Burada dişli kutusuna ait yatak ve dişli yağ sıcaklıkları; jeneratöre ait sıcaklık ve rotasyonel hız (rpm) verileri ve şebekeye ait bazı elektriksel veriler görülmektedir. Dişli kutusu ve jeneratör sıcaklıklarının normal çalışma sıcaklık aralığında olduğu kontrol edilebilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 7.8. SCADA sistemi.

SCADA sistemindeki tutulan kayıtların ve istenilen raporların görüntülenebileceği ekran Şekil 7.9'da görülmektedir. Burada seçilen bir tarih için aşağıdaki bilgilere ulaşılabilmektedir:

- Günlük istatistikler,
- Aylık istatistikler,
- RES ve RT performans raporu,
- Aktif güç istatistikleri,
- Reaktif güç istatistikleri,
- Güç eğrisi ve dağılımı,
- RT 10 dk verileri,
- Met kule 10 dk verileri,
- Şalt sahası 10 dk verileri,
- RT bakım raporu.

Şekil 7.9. SCADA sistemi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

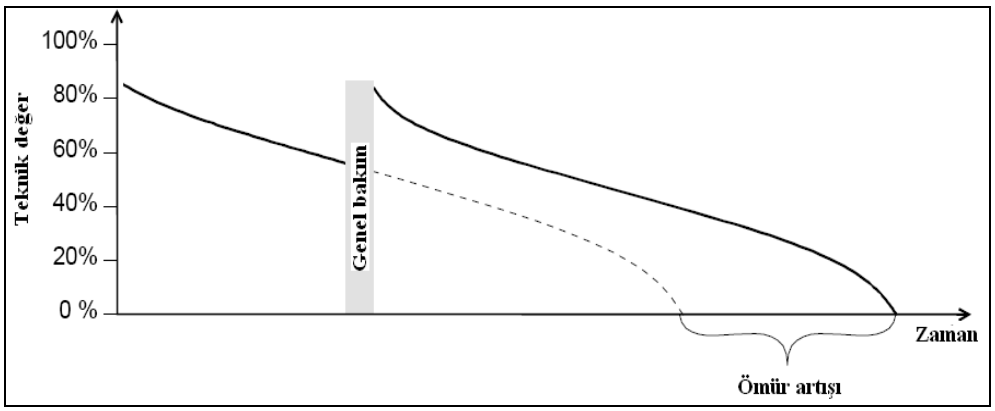
7.4 RES'te Yapılan Bakımlar

Rüzgar elektrik sanrallarının bakım ve onarım sürecinde türbin üreticilerinin, projenin sahibinin, bölgenin elektrik kurumunun ve bakım ekibinin koordineli çalışmaları gerekmektedir. Bakım ve onarım faaliyetlerinin başarılı sürdürülebilmesi için uygun personelin ve ekipmanın sağlanması, etkili bir bakım stratejisinin uygulanması ve düzgün güvenlik prosedürlerinin oluşturarak uygulanmasını gerekmektedir. Bir rüzgar santralının işletilmesi süreci genel hatlarıyla, türbinlerin performanslarının takip edilmesi, türbinlerin çalışmalarının izlenmesi, önleyici ve planlı bakımlar veya arıza durumlarında bakım ekibinin sahaya ulaşmasının sağlanması faaliyetlerini içerir. İşletmeci sahada kendi teknik personeli ve satıcının verdiği destek ve garantilerle bakım ve onarımı gerçekleştirebilir. Tam zamanlı olarak sahada bulunacak personelin sayısı türbinlerin sayısı ve idari yapıya göre belirlenmelidir. İşletme ve bakımdan sorumlu personel, iş planlaması, koruyucu bakımların düzenlenmesi, geçmiş bakım ve onarım bilgilerinin depolanması ve analizi, yedek parça yönetimi, satınalma planlaması, ölçüm değerlerinin değerlendirilmesi doğrultusundaki çalışmalarını yapar. Söz konusu personele imalatçı tarafından birkaç haftalık teorik ve pratik kapsamlı eğitimler verilir. Eğitim alacak personelin iyi seçilmesi gerekir. Eğitim sırasından mekanik ve elektriksel teknik altyapı gerekmektedir. Verilen eğitim mekanik ve elektriksel teknik uzmanlık, bilgisayar bilgisi, stok yönetimi, iş ve teçhizat planlama, performans kayıt bilgilerinin saklanması, istatistiksel trend analizi ile veri inceleme süreci gibi kapsamlı konuları içerir. Bakım;

- Periyodik bakım,
- Önleyici bakım (Preventive maintenance),
- Arıza bakımı,

şeklinde sınıflandırılabilir.

DEWI tarafından yapılan 2002 yılındaki bir çalışma sonuçlarına göre, RT'ler 8 – 10 yaşına geldiğinde genel bir bakıma ihtiyaç duymaktadır. Şekil 7.10 ile görüldüğü gibi, bu genel bakım yapıldığında RT'nin ömrü uzamaktadır.



Şekil 7.10. RT'de genel bakımı.

Bu genel bakım ile anlatılmak istenen şey ise, RT'nin herhangi bir aksamındaki arızanın bütün sistemi çalışamaz duruma getirdiğidir. Örneğin dişli kutusundaki veya jeneratördeki bir arıza bütün sistemi etkileyebilir. Alman Rüzgar Enerjisi Enstitüsü (DEWI) araştırmasına göre bulunan sonuçlar Tablo 7.2 ile görülmektedir. Tabloda RT'deki her bir aksam için genel arıza zamanı, bakım maliyeti, ve yeniden değişim yapıldığında kW başına maliyet görülmektedir. Burada özellikle dişli kutusu ve kanatlara dikkat edilmelidir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 7.2. DEWI 2002 çalışma sonuçları.

Teçhizat	Genel bakım zamanı (yıl)	Yenisi ile değiştirildiğinde bakım maliyeti (%)	Yenisi ile değiştirildğinde maliyet (€/kW)
Frenler	5 – 10	4 – 29	12 – 27
Temel	15 – 20	4 – 9	30 – 40
Jeneratör	7 – 10	20 – 30	45 – 55
Dişli kutusu	5 – 8	15 – 35	60 – 120
Ana yatak	6 – 10	10 – 30	15 – 35
Hidrolik sistem	5 – 10	10 – 20	10 – 20
Pitch mekanizması	8 – 12	17 – 42	20 – 30
Kanatlar	4 – 10	25 – 50	107 – 152
Kontrol sistemi	5 – 10	15 – 30	12 – 27
Trafo	10 – 20	4 – 9	22 – 37
Kule	15 – 20	10 – 20	70 – 90
Şaft	5 – 15	5 – 15	35 – 45
Rüzgar sensörleri	7 – 11	4 – 19	35 – 45

7.4.1 Yağlama

Bütün yağ kontrolleri düzenli yapılan bakımlarda incelenmekte ve eğer gerekirse yağ takviyesi yapılmaktadır. RT içinde yağ için herhangi bir depo yoktur. Yağ kontrolü için bazen anlık (spot) kontrollerde numune alınarak laboratuvarda analizi yapılmaktadır.

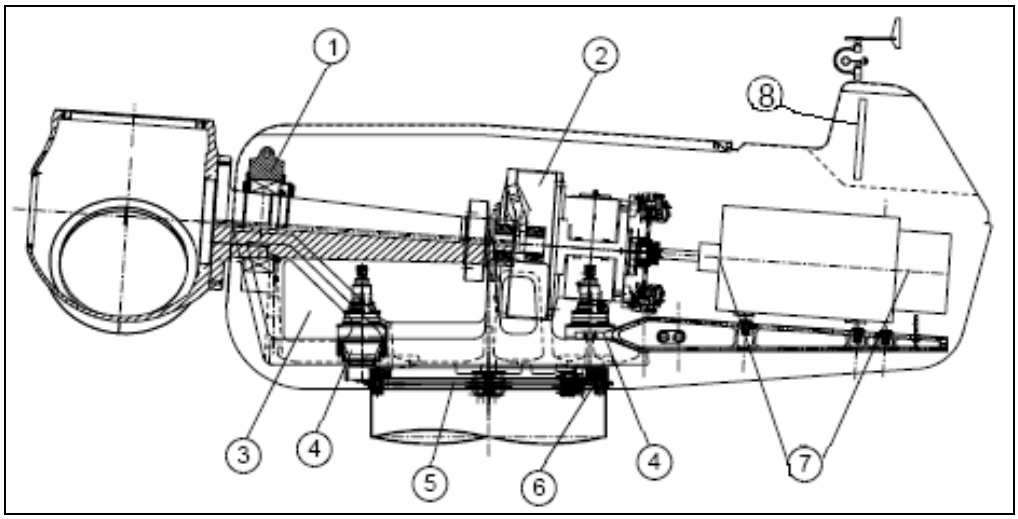
Yağlama, makina ömrüne doğrudan etki eden en önemli faktörlerdendir ve yüksek miktarda statik ve dinamik yüklere maruz kalan ana yatak, dişli kutusu, kanat, jeneratör, absorber ve kaplin bağlantılarının uygun yağlayıcılarla, uygun miktarda, uygun periyotlarla yağlanması, hidrolik ünitenin ve dişli kutusunun yağlarının belirli periyotlarla analizlerinin yapılması ve zamanında değiştirilmesi işlemlerini kapsar. Yağlama sorunu nedeniyle sistemde meydana gelebilecek en küçük arızanın giderilme süresi bir kaç saat yerine bir kaç gün ve hatta bir kaç hafta olarak ifade edilebilir. Yağ analizinin iki amacı olabilir:

- Yağ kalitesini korumak (parçalar tarafından oluşturulan kirlenme, rutubet),
- Yağlanan parçaların korunması (parçaların nitelendirilmesi).

Yağlama işleminde, yağların zamanında değiştirilmesi dışında diğer önemli konu ise, yağlayıcıları doğru miktarda kullanmaktır. Yağ analizi çoğunlukla makina çalışmıyorken yağ örneği alınmak suretiyle yapılır. Bununla birlikte yağ kalitesini korumak için yapılan online (çevrim içi) sensör uygulamaları da artmaktadır. Günümüzde sensörlerin hem temini kolaylaşmış hem de fiyatları makul seviyelere inmiştir. Yağ filtrelerinin durumunun korunması (filtre üzerindeki basıncın azalması) yağlama yağları dışında hidrolik yağlar içinde uygulanmaktadır. Aşırı filtre kirliliği, yağ kirliliği yada parça karakteristiğinde değişiklik durumları parçaların çok fazla aşındığının göstergesi olabilir. Rutin yağ değişimi ise 48-60 ay arasında değişen zamanlarda yapılır. RT'lerin içerisindeki mekanik aksamda çeşitli yağlar kullanılmaktadır. Kullanılan yağın tipi ve miltarı fazla değişim göstermemekle beraber, RT kurulu gücü ve ekipman üreticisine bağlı olarak değişiklikler görülebilir.

Şekil 7.11 ile 600 kW kurulu gücünde bir RT'de yağlanan noktalar görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



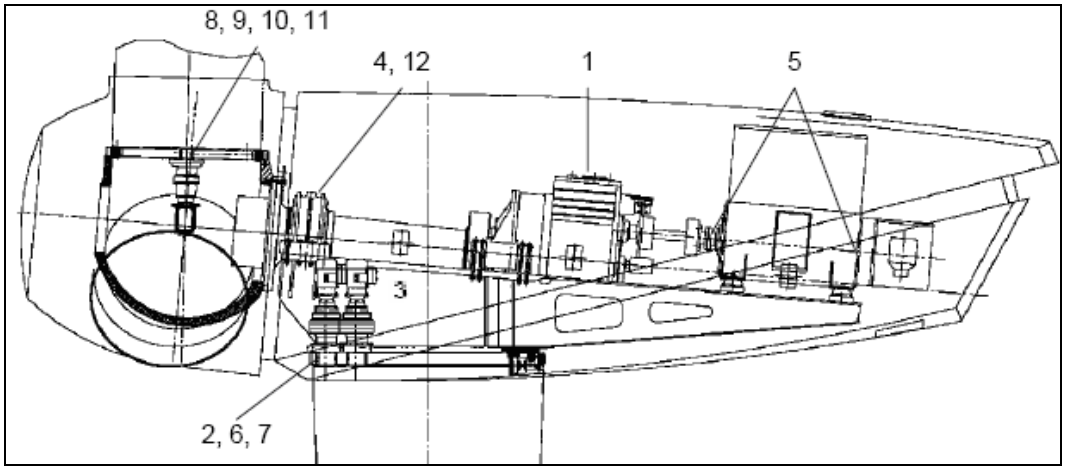
Şekil 7.11. 600 kW RT'de yağlanan bölgeler.

Tablo 7.3 ile de Şekil 7.11'de verilen cihazlara ait yağ cinsleri ve miktarları belirtilmektedir.

Tablo 7.3. 600 kW RT yağ cins ve miktarları.

Numara	**Teçhizat Adı**	**Açıklama**	**Yağ Tipi**	**Miktar**
1	Ana yatak	Mobilith SCH 460	Gres	23 kg
2	Dişli kutusu	Mobilgear XMP 320	Mineral yağ	280 lt
3	Hidrolik sistem	Mobil DTE 24	Mineral yağ	75 lt
4	Sapma dişli kutusu	Mobil SHC 629	Sentetik yağ	3 x 30 lt
	Sapma yatakları			
5	- Yatak	Mobilith SHC 460	Gres	1.8 kg
6	- Toothing	Ceplattyn BL	Gres	0.5 kg
7	Jeneratör yatağı	Mobilith SHC 100	Gres	0.2 kg
8	Soğutma sistemi	Varidos FSK 45	Soğutma yağı	100 lt

Şekil 7.12 ile 1.5 MW kurulu gücünde bir RT'de yağlanan noktalar görülmektedir.



Şekil 7.12. 1500 kW RT'de yağlanan bölgeler.

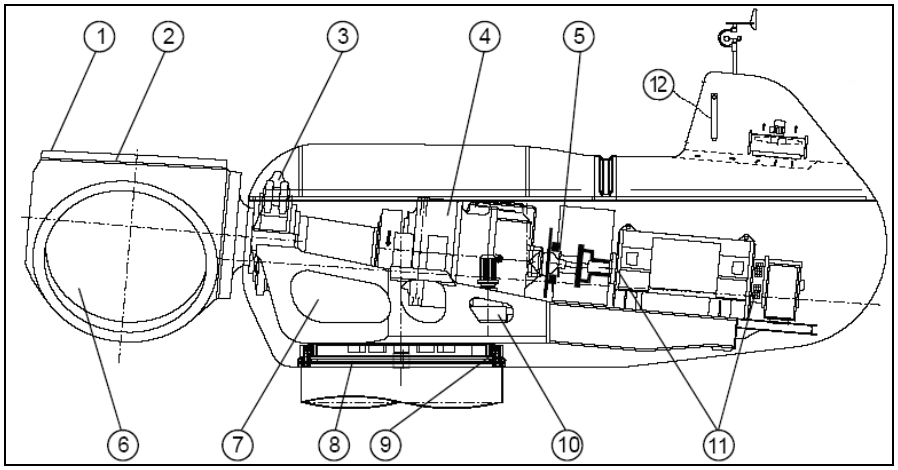
Tablo 7.4 ile de Şekil 7.12'de verilen cihazlara ait yağ cinsleri ve miktarları belirtilmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 7.4. 1500 kW RT yağ cins ve miktarları.

Numara	Teçhizat Adı	Açıklama	Yağ Tipi	Miktar
1	Dişli kutusu	Mobilgear XMP 320	Mineral yağ	< 400 lt
2	Sapma sürücü	Mobil SHC XMP 320	Sentetik yağ	20 lt
3	Hidrolik sistem	Mobil DTE 24	Hidrolik yağ	12 lt
4	Ana yatak	SKF LPEG 2	Gres	15 kg
5	Jeneratör yatağı	Mobilith SHC 100	Gres	0.2 kg
	Kanat yatakları			
6	- Yatak	Molykote Longterm 2	Gres	1.4 kg
7	- Toothing	Ceplattyn BL	Gres	0.5 kg
	Sapma yatakları			
8	- Yatak	Molykote Longterm 2	Gres	3 x 2 kg
9	- Toothing	Ceplattyn BL	Gres	0.5 kg
10	Hatve sürücü	Mobil SHC XMP 320	Sentetik yağ	3 x 5.5 lt
11	Sapma dişli kutusu	SKF LGWM 1	Gres	0.2 kg
12	Pervane kilit sistemi	SKF LGWM 1	Gres	0.1 kg

Şekil 7.13 ile 2.5 MW kurulu gücünde bir RT'de yağlanan noktalar görülmektedir.



Şekil 7.13. 2500 kW RT'de yağlanan bölgeler.

Tablo 7.5 ile de Şekil 7.13'te verilen cihazlara ait yağ cinsleri ve miktarları belirtilmektedir.

Tablo 7.5. Yağ cins ve miktarları.

Numara	Teçhizat Adı	Açıklama	Yağ Tipi	Miktar
	Hatve yatağı			
1	- Raceway	Mobilith SCH 40	Gres	3 x 5 kg
2	- Toothing	Ceplattyn BL	Gres	0.5 kg
3	Ana yatak	Mobilith SCH 460	Gres	30 kg
4	Dişli kutusu	Mobilgear XMP 320	Mineral yağ	360 lt
5	Emniyet kuplajı	Mobil DTE 24	Mineral yağ	0.5 lt
6	Kanat pitch dişli kutusu	Mobil SHC 629	Sentetik yağ	3 x 11 lt
7	Hidrolik sistem	Mobil DTE 24	Mineral yağ	45 lt
	Sapma yatakları			
8	- Yatak	Mobilith SHC 460	Gres	3.8 kg
9	- Toothing	Ceplattyn BL	Gres	0.5 kg
10	Sapma dişli kutusu	Mobil SHC 100	Sentetik yağ	2 x 30 lt

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

11	Jeneratör yatağı	Mobilith SHC 100	Gres	0.3 kg
12	Soğutma sistemi	Varidos FSK 45	Soğutma yağı	100 lt

RT'lerde yağlama yapılırken Şekil 7.14'de görüldüğü gibi bir araç yaklaşır ve hortumu nasele kadar uzatarak yağı yukarı pompalar.

Şekil 7.14. RT'de yağlamanın yapılması.

RT'lerde kullanılan yağların kaza ile kirlenmesi ve akmaması için bazı önlemler alınmaktadır. Bu önlemler:

Kanat pitching dişli kutusu: Kanat pitch dişli kutuları hub içindedir ve pervane ile döner. Çift kapaklama sistemi ile yağın dışarı akması veya yağın kirlenmesi önlenmiştir.

Kanat pitch yatakları: Gres yağı ile yağlanan yatak kanalı da aynı şekilde kapatılmıştır. Kanal yüksek vizkoziteye sahip yağ ile yağlandığından akması çok zordur.

Ana yatak mili: Ana yatak milinde de gres yağı kullanılmaktadır.

RES normal yıllık işletmesi sırasında, 24 saat izleme, 6 aylık servis ve bakım gerekir. Bunlar detaylandırılırsa:

- 24 saat izleme,
- Bütün ekipmanların kontrolü,
- Kulenin kontrolü,
- Vidaların tork kontrolü ve gevşeyen vidaların sıkılması,
- Yağ seviyelerinin kontrolü,
- Yılda düzenli olarak 2 kez yağ örneği alarak analiz etmek,
- Rastgele yağ kontrolü yapmak,
- Gerektiğinde yağ değişiminin yapılması,
- Fren sisteminin kontrolü ve ayarlanması,
- Olay ile ilgili rapor hazırlanması.

7.4.2 Kanatlar

RT kanatları, dişli kutusu ile beraber en fazla yıpranan aksamdır. Bu yüzden kanat bakımı son derece önemlidir. Sürekli dış ortamda bulunduğundan gerek atmosfer koşulları ve gerekse de aerodinamik çalışma şartlarından dolayı yorulabilmektedir. Nem, sıcaklık, yıldırım gibi doğa olaylarına maruz

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

kaldığından hem yıllık olarak; hem de 10 yıl sonra genel bir bakımdan geçirilmelidir. Şekil 7.15 ile yıldırım düşmesi sonucu hasar görmüş bir kanat görülmektedir.

Şekil 7.15. Yıldırım düşmesinden dolayı hasar görmüş bir kanat.

Ayrıca kanatların yılda 1 kez temizlenmesi gerekmektedir. Kanat temizliği, kanada çarpan sinekler, nem, sıcaklık, toz, vb gibi olaylar sonucu elzemdir (Şekil 7.16).

Şekil 7.16. RT kanadının temizlenmesi.

Kanatlarda bulunan ana yatakların da bakımının yapılması gerekmektedir.

Ana yatak kontrolü: Pervane yavaş hızda dönerken yatak sesi veya vibrasyon dinlenerek anormal gürültüsü veya şaftın normal dışı çalışması durumunda ana yatakların içindeki temizlik yapılmaktadır.

Ana yatak yağlanması: Ana yatak gres yağı ile yağlanır. Kullanılan yağ miktarı RT tipine göre değişiklik gösterebilmektedir. Yağlama bittikten sonra pervane 2/3 rpm'e kadar çalıştırılarak yağın yataklara iyice nüfuz etmesi sağlanır.

7.4.3 Dişli Kutusu

Yapılan tüm araştırmalara ve çalışmalara rağmen rüzgar türbinlerinde hala sıklıkla dişli kutusu arızaları görülmektedir. Dişli kutularının değişimi maliyetli olduğu için arızaları önlemek (condition monitoring) ya da önceden tesbit edebilmek çok önemlidir. Bunun için uygulanan teknikler;

- Vibrasyon analizi,
- Akustik emisyon,
- Yağ analizidir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Dişli kutularında bulunan yağlar en az 45 °C sıcaklığa getirildikten sonra test yapılmaktadır. Bunun için RT nominal hızda çalıştırılarak gelmesi gereken sıcaklığa getirilir. Pervane rpm'i gerekli dönüşe eriştiğinde de manometre ile basınç ölçümleri yapılır (Şekil 7.17).

Yağ seviye kontrolu: Dişli kutusu yağ kontrolu durdurulduktan en az 10 dk sonra yapılmalıdır.

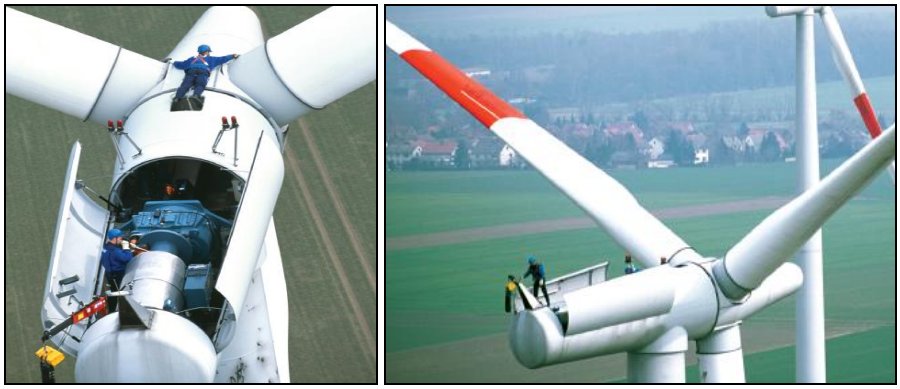
Sızma kontrolü: Bağlantı yerleri ve kapakları yağ sızıntısına karşı kontrol edilmelidir.

Yağ örneği alma: RT durdurularak şişe içerisinde yağ örneği alınır.

Yağ değişimi: Yağ değişimi yapılan analiz sonucuna göre yapılır. Yağ örneği her kontrolde analiz için laboratuvara götürülür.

Dişli kutusu kontrolü: Dişli kutusunun içi de kontrol edilir. Yüksek sıcaklığa maruz kalan kısımların boya ve deformasyon kontrolü yapılmalıdır. Eğer gerekli ise, dişli çarkları da çevrilerek kontrol yapılmalıdır. Bu kontrol yapılırken çok dikkat edilmelidir. Dişli kutusunun fren sisteminin kontrolünün de yapılması gerekmektedir.

Yağ soğutucuları: Yağ soğutucuların boruları doğru bir şekilde yerleştirilip sızıntının olmadığının kontrolü yapılmalıdır.



Şekil 7.17. Naselde bakım işlemi.

7.4.4 Fren

RT'deki en önemli sistemlerden biri olan fren sisteminin de bakımı büyük önem arz etmektedir.

Dişli yağ sistemi: Dişli yağ sistemine herhangi bir yağlama yapıldıktan sonra, meydana gelen çöp talaş vb gibi artıklar temizlenmelidir.

Dişli yağı filtresi: Dişli yağ filtresi her 6 ayda bir değiştirilebilir veya;

- Yağ değişimi yapılırken,
- Kontrol ünitesi yüksek basıncı işaret ettiğinde (2,2 bardan yüksek olduğu durumlarda),
- Dişli yağ filtresi için elektronik gösterge çalışmakta ve sıcaklık 35 C'yi geçtiğinde,

sistem hata mesajı vermektedir. Yağ filtresinin kirlenmelere karşı bakımı ve kontrolü yapılmalıdır.

7.4.5 Jeneratör

Jeneratör çalıştırılarak sesi dinlenir ve normal olmayan gürültü olup olmadığına bakılır. Jeneratör yatağında dişli kutusu gibi vibrasyon analiz teknikleriyle denetlenebilir. Rotor ve stator sargılarının durumu ayrıca sıcaklık ile de denetlenebilir. Verimlilik ve güvenlik açısından, şebekeye enerji ileten enerji nakil hatlarının düzenli bakım ve kontrollerinin yapılması şarttır. Ayrıca TEİAŞ/TEDAŞ'ın şartnamelerine uygun olup olmadığı da kontrol edilmiş olmalıdır. Aynı şekilde enerji iletiminde aktif rol oynayan transformatörlerin mevcut ekipmanlarının bakım ve kontrollerinin düzenli ve titiz bir şekilde yaptırılması gerekmektedir (kesici bakımları, trafo yağı değişimi vb).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Rüzgar santralı dahilinde bulunan; rüzgar türbinlerine ulaşımı sağlayan santral içi ve santral dışı yolların kontrolu ve problem dahilinde onarımı verimli bir işletme açısından oldukça gereklidir. Güvenlik açısından santral sahasında bulunan aydınlatma elemanları (yol aydınlatmaları, trafo aydınlatmaları vb.) düzenli olarak kontrol edilmeli ve karşılaşılan aksaklıklar zamanında giderilmelidir. Yağışlı havalarda oluşabilecek su yükünün düzenli bir şekilde tesisten uzaklaştırılması ve beraberinde oluşan su yükünün yeraltı enerji kablolarına zarar vermesini önlemek amacıyla mevcuttaki drenaj kanalları yılın uygun zamanlarında kontrollerden geçirilmelidir. Önleyici bakım çalışmaları kapsamında yapılan bir diğer işte kanat temizliğidir. Kanatlar üzerinde oluşan kir ve tozun enerji üretimini azaltıcı etkisi çok güçlüdür. Bu etki trend analizi ile de görülebilir. Önleyici bakım kapsamında ayrıca periyodik testler yapılmalıdır. Sistem testlerinin yanında vibrasyon analizi ve yağ analizi uygulanan belli başlı testlerdir.

Sistem testleri, sistemi kontol eden ekipmanların sağlıklı çalıştığının kontrolu için yapılan testleri kapsar. Hidrolik sistem, hatve bağlantıları, pervane-kanat kontrol mekanizmaları ve elektriksel testler bunlara örnektir. Sistemin kontrolunu sağlayan bu ekipmanlarda yapılacak kontroller; bağlantı elemanlarının kontrolu, sıcaklık sensörlerinin kontrolu, ısıtıcı- soğutucu kontrolleri, basınç kontrolleri, hız ve yön kontrolleri, yaklaşım açıları (offset) kontrolleri, kapasitör kontrolleri, hız koruma sistemleri kontrolü, acil durum duruş butonlarının kontrolu gibi sağlıklı çalışmayı sağlayacak tüm teçhizatların işlevlerini test etme işlemidir. Periyodik bakımlarda tamamı kontrol ve test edilen bu işlevlerini test etme işlemidir. Periyodik bakımlarda tamamı kontrol ve test edilen bu sistemlerden bazıları olası arıza bakımlarında türbine çıkıldığı zaman görsel olarak kontrol edilmelidir. Bağlantı yerleri kontrol edilmelidir. Kabloların kuru olduğu ve vanaların açık olduğuna bakılmalıdır. Hidrolik sistemden nasele herhangi bir sızma olup olmadığı kontrol edilmelidir.

7.4.6 Temizlik

Çalışan bir sistemde zamanla toz ve yağ birikimleri olması normal olmakla birlikte, bu kirliliğin mümkün olduğunca azaltılması için çaba harcanması gerekir. Söz konusu toz ve yağ birikmeleri yağ kaçağı gibi durumların tespitini zorlaştırır.

7.4.7 Vida Bakımları

Bilindiği gibi RT, çelik bir yapı olup temele vidalar ile tutturulmuştur. Bu vidaların da tork kontrolleri yapılmalıdır (Şekil 7.18).

Şekil 7.18. RT'de vida bakımı.

7.5 RES'te Yapılan Kontroller

Her türbin düzenli olarak kontrol edilmelidir. Kontrollar sırasında kullanılan kontrol listesi ve bakım periyodları üretici firma tarafından belirlenir. Kontrol listesi ana hatlarıyla;

- Dişli kutusu ve hidrolik sistem yağ seviyelerinin kontrol edilmesi,
- Yağ sızıntısı olup olmadığının denetlenmesi,
- Naselden aşağı sarkan enerji iletim kablolarının durumu ve destek sistemlerinin kontrolu,
- Makinalar çalışırken herhangi anormal vibrasyon olup olmadığının incelenmesi,
- Fren diskinin kontrolu,
- Acil kaçış donanımının kontrolü,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

gibi konuları içerir. Bakım ekibi, çalışma alanını terk etmeden önce sahada yeterli ve sağlam alet ve malzeme olup olmadığını kontrol etmelidir. Bu kontroller:

- Koruyucu kıyafet,
- Emniyet kemeri,
- Uzman emniyet donanımı,
- Halat ve kanca durumu,
- Türbinin geçmiş durumu,
- Yedek parçalar,
- Test donanımı,
- İletişim ekipmanını içermektedir.

Bakım ve onarım çalışmaları sırasında kullanılan teçhizatların üretici firma tavsiyeleri göz önüne alınarak, mutlaka kullanıma hazır şekilde bulundurulması gerekmektedir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biri, kullanılan ölçü aletlerinin kalibrasyonlu olması ve özenle korunmasıdır. Arıza ve bakım çalışmalarının aksamaması için yedek parça stok yönetimi üzerinde durulması gereken bir husustur. Stokta tutulacak malzemeler belirlenirken üretici firmanın tavsiyeleri göz önüne alınır. Zamanla kazanılacak tecrübeler ışığında stok malzemelerinin cins ve miktarlarında değişiklik yapılmalıdır. Stoktan kullanılan malzemeler en kısa süre içerisinde tedarik edilmeli, malzemeler yurtdışından temin edilecekse temin süreleri dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda yerel tedarik imkanları da araştırılmalıdır. Arıza ve/veya periyodik bakım esnasında değiştirilen malzemeler seri no'ları ile beraber kayıt edilmelidir. Böylelikle sık arızalanan parçalar belirlenebilir.

Altı Aylık Kontroller

Nasel içerisinde çalışırken rüzgar hızı dikkate alınmalıdır ve kulaklık kullanılmalıdır. Altı aylık aşağıdaki kontroller yapılmaktadır:

Vida Torku

RT montajı bitip işletmeye geçtikten sonra ilk 3 aylık süre boyunca daha sıkılmalıdır. Eğer tek bir vida sıkıştırılırsa, diğer vidalarda sıkıştırılmalıdır. Eğer vida gevşemiş veya sonsuz dönüşe girmiş ise yenisi ile değiştirilmelidir.

Temizlik ve Yataklarda Yorulma

RT yaşlandıkça ve yüksek türbülanslı rüzgar rejiminin bulunduğu bölgelerde yatak temizliği ve yorulma hususlarına dikkat edilmelidir.

Jeneratör Kontrolü

Jeneratör içindeki bütün fırçaların kontrolü yapılmalıdır. Fırçaların jeneratöre temas mesafesi kontrol edilmelidir. Jeneratöre fırçaların temas ettiği yüzeyin pürüzsüz, temiz, tozsuz olduğuna dikkat edilmelidir.

Voltaj Ölçümü

Voltaj ölçümüne başlamadan önce, bütün kesiciler açılmalıdır. Bütün güç tedarik voltajı ve faz açılarının doğruluğu kontrol edilmelidir.

Hidrolik Pompa Testi

Hidrolik sistem için öncelikle herhangi bir sızma olmadığından emin olunmalıdır. Gerek nasel ve gerekse de pervanede herhangi bir sızma olmamalıdır. Hidrolik basıncın erişmesi gereken seviyede olup olmadığına bakılmalıdır.

Sapma Sistemi Kontrolü

RT'lerde bulunan yaw sistemi ve fren teçhizatı da devreye alma öncesinde kontrol edilmelidir. Aşağıdaki kontroller yapılmalıdır:

- Dijital manometreyi fren sistemine bağlanarak basıncı ölçülür,
- Fren sisteminde herhangi bir sızıntının olmamasına dikkat edilir,
- Sapma sisteminin sensörü olan 2. Sensör'ün çalıştığı kontrol edilmelidir,
- Sapma ring gres yağı ile yağlanmalıdır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Fiber Optik Bağlantısı
Fiber optik bağlantı kablolarının bütün dünyaca kabul edilmiş bazı renkleri ve bu renklere göre ne işe yaradıkları belirtilmiştir. Kırmızı ve siyah renk kablolar görüntü için yeşil ve mavi renk kablolar uzaktan kumanda için; sarı ve turuncu renk kablolarda programların yüklenebilmesi için kullanılmaktadır.

Program İletim ve İletişim Testi
Genel bir kural olarak, RT'lerde kullanılan program fabrikada yüklenmektedir. RT devreye alınmadan önce RT üreticisinin verdiği PLC program kontrolü yapılarak, üreticinin verdiği doğru PLC'nin yüklenmiş olduğu kontrol edilmelidir. Eğer PLC programları birbirini tutmuyor ise, doğru PLC programı yüklenmelidir.

Nihai Genel Kontrol
Şimdiye kadar anlatılan bütün kontroller yapıldıktan sonra, son bir genel kontrol yapılmaktadır. Devreye alma sırasında bir sorunla karşılaşmamak için bu tip bir nihai kontrol bütün RT'lerde yapılmalıdır. Ayrıca gerek nasel içinde ve gerekse de platformlarda, kulenin altında hiçbir yabancı madde veya yetkili olmayan şahıslar bulunmamalıdır. RT çevresi güvenli bir şekilde kordon altına alınarak yabancıların santral sahasına girmelerine izin verilmemelidir.

7.6 İşletme ve Emniyet Stratejisi
RT'lerde genellikle 3 işletme modu bulunmaktadır. Bunlar; normal, servis ve test modlarıdır. Normal mod RT için en alışılmış yani işletmede olduğu zamandaki moddur. Servis personeli RT içinde iken servis modu olur ve servis modundan da test moduna geçilebilir. Konuya detaylı olarak girmeden önce aşağıdaki kısaltmalar bilinmelidir:

PLC : Programmable Logic Controller
WTC : Wind Turbine Controller
TTO : Touch Terminal Operator
CCU : Control Converter Unit
OPST : Operational State

Herbir işletme modu için (test modu hariç) RT aşağıdaki durumlardan birini alabilir:

- Acil durum (Emergency),
- Durma (Stop),
- Duraklama (Pause),
- Çalışma (Run).

Bütün RT'lerdeki emniyet sistemi öncelikle insan emniyeti sonra RT emniyeti ve son olarak da enerji üretim emniyetini dikkate alır.

Tahmin Edilebilir Bakım Sistemi (Predictive Maintanace System)
Son yıllarda bazı RT üreticileri Tahmin Edilebilir Bakım (Predictive Maintenance System) Sistemi geliştirmişlerdir. Bu yöntemler, teçhizatlarda oluşabilecek arıza veya yorulmaların, vibrasyon ölçümleri yolu ile bulunmaya çalışılması esasına dayanmaktadır. Bu sistemin RT'ye avantajları:

- Ara bakımların azalması,
- RT'nin bütün cihazlarının korunması,
- RT'nin servis ömrünün artması ve iyileştirilmiş işletmedir.

Böyle bir önleyici bakım sisteminin geliştirilmesinin nedenleri:

- RT başına bir adet sensör konularak, geniş bir veri tabanı oluşturarak arızaların önceden tahmin edilebilmesi,
- Bakımların basitleştirilerek masrafların azaltılması,
- RT'nin kritik öneme haiz ekipmanlarının sürekli izlenme gerekliliğidir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Bu tip sistemler, genellikle 2 üniteden oluşurlar. Birincisi, izleme ve değerlendirme ünitesi; ikincisi de sensörlerdir (accelerometer). RT'nin çalışma anında herhangi bir fonksiyonları yoktur. Yani RT'yi durdurma, duraklatma, başlatma vb gibi işlevleri yoktur. Vibrasyon ölçümleri yaparak gerekli uyarıları yapabilen bir sistemdir. RT içinde bulunan PLC ünitesi, sıcaklık düşüşü tespit ederse, nasel içerisinde bulunan ısıtma ünitesi devreye girmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

BÖLÜM 8

RES EKONOMİ VE SİGORTA

Projelerin karşılaştırılabilmesi ve yatırım kararının verilebilmesi için, karşılaştırma yapmadan önce her alternatifin çıktılarının ifade edilmesinde ortak birimlerin kullanılması gerekir. Parasal birimler en yaygın kullanılan birimlerdir. Bugünkü çıktıların değeri gelecekte elde edilecek çıktı/gelir ile aynı değerde değildir. Proje sahipleri ve bankacılar değerlendirme aşamasında farklı bakış açısına sahiptirler. Projenin sahibi sadece özsermaye geri dönüşü ile ilgilenirken, bankacı hem özsermaye hem de borç geri ödemesini göz önünde tutar. Proje sahibi esasen nakit akışı ile ilgilenir ve proje gelirlerini olumlu (pozitif) ve proje giderlerini de olumsuz (negatif) sayar. Yatırımlarının (özsermaye) karşılaştırılmasında net fayda ve net bugünkü değerler ile ilgilenirler. Bankacıların bakış açısı proje sahiplerinden farklıdır. Bankacı, projeyi borçlanma faktörüne göre tahlil eder. Tüm yatırımın (özsermaye artı borç) geri dönüşünü değerlendirir ve tüm yatırımın karlılığını göz önünde tutar. Farklı bakış açılarına rağmen, tüm taraflar için önemli olan projenin, beklenen randımana erişmek için en az (asgari) maliyetli seçenek olmasıdır. Bir projenin karlı ve getireceği karın sermayenin fırsat maliyetinden (opportunity cost of capital) yüksek olmasının sağlanması gereklidir. En düşük maliyet çözümü, tüm gerçekçi seçeneklerin karar vermeden önce finansal ve ekonomik olarak değerlendirilmesini amaçlar. En düşük maliyet çözümünün amacı kurum için teknik ve ekonomik açıdan en uygun seçeneği bulmaktır. Çoğu elektriksel mühendislik kararında istenen sonuca ulaşmak için birden fazla seçenek vardır. En düşük maliyet çözümü bütün bu seçenekleri göz önünde tutarak değerlendirir. En düşük maliyet çözümünde seçim yaparken seçeneklerin maliyetlerinin bugünkü değerleri ile ilgilenilir. Birçok durumda, her seçeneğin çıktısı aynı olur, sonuç olarak proje amaçlarının karşılanmasına bakılır. Fakat rüzgar enerjisi projelerinde, aynı kapasitedeki farklı rüzgar türbinlerinin çıktısı türbinlerin teknik nedenlerden ötürü farklı olur. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi ekonomik olarak da tercih edilmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi de rüzgar için herhangi bir bedel ödenmemektedir. RES'ten elektrik üretimi ve elektriğin satışı diğer işlerden farklı değildir. Ticaret açısından alması gereken ise, birim kWh üretim maliyetinin satış fiyatından düşük olması gerektiğidir. RES projelerinin maliyeti birçok parametreye bağlıdır. Bunlar; projenin toplam yatırım bedeli, işletme ve bakım giderleri, amortisman süresi ve kredi faiz oranlarıdır. Ayrıca saha kalitesine bağlı olan enerji üretimi, türbinlerin teknik emre amadeliği ve bakım ekibinin güvenilirliği faktörlerinin rüzgar projesinin ekonomik gelişmesi üzerinde büyük etkisi vardır. Elektrik üretim sektörü son derece sermaye yoğun bir sektördür. O nedenle, projelerin planlanması ile uygun finansal ve ekonomik değerlendirmelerinin yapılması, yatırımı akla yatkın hale getirmek ve ekonomik verimliliği başarmak için önemlidir. Ekonomik parametreler ve önemli finansal değerlendirme konuları bu bölümde açıklanmaktadır.

8.1 RES Tesis Maliyet Hesabı

Elektrik üretimi, maliyet olarak aşağıdaki 3 ana parametreden meydana gelir:

1) Sermaye maliyetleri: Bu maliyetler, santralın anahtar teslim inşasını kapsar.
2) İşletme maliyetleri: Bunlar, hammadde maliyeti ve işletme giderleri kapsamaktadır.
3) Finansman maliyetleri: Sermaye maliyetlerinin nasıl yapılacağının masraflarıdır.

Rüzgar enerjisindeki üretim maliyetleri aşağıdaki parametrelerle belirlenmektedir:

- Rüzgar türbin maliyeti,
- Üretim, nakliye ve kurulum maliyetlerinden meydana gelen toplam yatırım maliyeti, proje hazırlık masrafları (izinler), arazi bedeli, altyapı maliyetleri,
- İşletme ve bakım maliyeti,
- Söz konusu sahadaki rüzgar potansiyeli,
- Emreamadelik (availability),
- Teknik ömür,
- Amortisman süresi,
- Faiz oranı.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

RES projelerinde toplam yatıım tutarının maliyet taksiminde (cost breakdown structure) 4 ana kalem bulunmaktadır. Aşağıda bu kalemler anlatılmıştır ve Şekil 8.2 ile de grafikte gösterilmiştir.

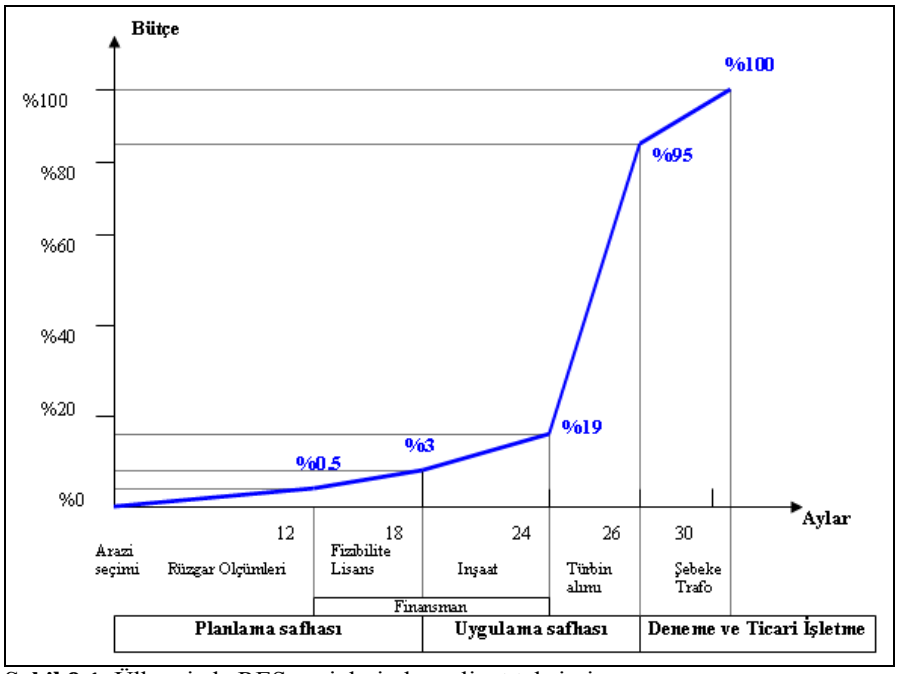
Proje geliştirme: Proje için yapılan arazi keşfinden gerekli izin ve lisansların alınmasına kadar yapılan harcamalardır. Projenin toplam yatırım tutarının (proje bütçesi) yaklaşık %5'ini içermektedir.

Rüzgar türbini: Proje bütçesinin %75-80 kısmını oluşturmaktadır ve en fazla tutan kalemdir.

İnşaat kalemi: Genellikle projenin yapıldığı arazi koşullarına göre değişmekle beraber, ülkemiz koşullarında %10-15 gibi bir oranı oluşturmaktadır.

Enerji nakil hattı ve şalt sahası: RES'ten üretilen elektriğin en yakın trafo merkezine iletimi amacı ile yapılan masraflarıdır. Bazı büyük projelerde ek olarak RES'in içinde de şalt sahası istenebilmektedir. Proje bütçesindeki payı %2-3 civarındadır.

Şekil 8.1'den de görüleceği gibi, proje geliştirme aşamasındaki ilk 18 ay fazla bir masraf gerekmemekte, proje toplam yatırım tutarının %3'ü civarında harcanmaktadır. Harcama kalemi içerisinde en büyük payı, elektromekanik teçhizat olduğu görülmektedir. Toplam yatırım tutarının %70-80'ine kadar çıkabilmektedir.



Şekil 8.1. Ülkemizde RES projelerinde maliyet taksimi.

İhtiyaç duyulan sermaye maliyeti, aşağıdaki öğeleri içermektedir:

1- Fizibilite çalışması (toplam proje maliyetinin % 1'i - %10'u civarında):
- Saha incelemesi,
- Rüzgar kaynağının değerlendirilmesi,
- Çevresel değerlendirme,
- Ön proje,
- Ayrıntılı maliyet tahmini,
- Rapor hazırlığı,
- Proje yönetimi,
- Seyahat ve konaklama masraflarını içerir.

2- Geliştirme (toplam proje maliyetinin % 1'i - %10'u civarında):
- Enerji Satış Anlaşması (PPA) görüşmeleri,
- İzinler ve onaylar,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Arazi hakkı & arazi incelemesi,
- Finansman,
- Proje yönetimi,
- Seyahat ve konaklama masraflarını içerir.

3- Mühendislik (toplam proje maliyetinin % 1'i - %10'u civarında):
- Mikrokonuşlandırma,
- Mekanik proje,
- Elektriksel proje,
- İnşaat projesi,
- İhale ve sözleşme,
- İnşaat denetim maliyetlerini içerir.

4- Yenilenebilir enerji gereçleri (toplam proje maliyetinin % 60'ı - %80'i civarında):
- Rüzgar türbinleri,
- Yedek parçalar.

5- BoP-Balance of Plant- (toplam proje maliyetinin % 10'u - %20'si civarında):
- RT temelleri,
- RT montajı,
- Yol inşaatı,
- Enerji nakil hattı ve şalt merkezi,
- İşletme ve bakım binalarının inşaatı,
- Nakliye ve montaj maliyetlerini içerir.

6- Muhtelif (toplam proje maliyetinin % 1'i - %10'u civarında):
- İhtiyat,
- Personel eğitimi vs.,
- İnşaat aşamasında faiz,
- İşletmeye alma maliyetlerini içerir.

7-Rüzgar türbinlerinin işletilmesi ile ilgili olarak oluşan yıllık maliyet kalemleri:
- Yedek parça,
- İşletme & Bakım (O&M),
- Sistem kullanım bedeli,
- Arazi kirası,
- Sigorta primleri,
- İletim hattı bakımı,
- Seyahat ve konaklama,
- Genel ve yönetimsel giderlerdir.

8.2.1 Maliyeti Etkileyen Faktörler

RES projesinin ekonomisi aslında rüzgar türbini fiyatı ve enerji üretimine bağlıdır. Ayrıca, diğer sermaye masrafları, yatırım indirimi, ödemeler ve rüzgar türbinlerinin yapısal parametreleri de enerji üretim maliyetlerini etkileyen ilave değişkenlerdir. Maliyete etkileyen faktörleri teknik ve ekonomik faktörler olarak 2 kısımda inceleyebiliriz.

Teknik Faktörler

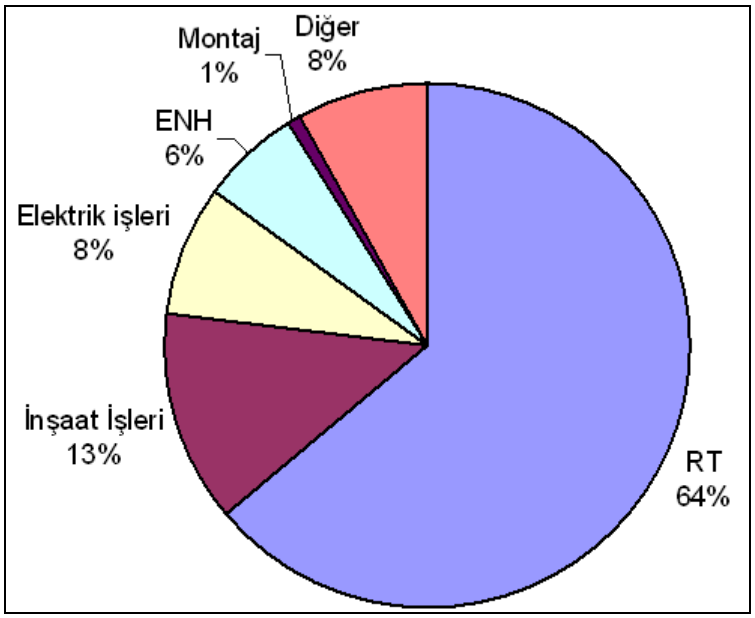
Teknik faktörler, kendi içinde 2 temel hususa göre değişmektedir. Bunlar, bölgenin rüzgar potansiyeli ve RT. Rüzgar potansiyeli, daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi en önemli girdi parametresidir. Ufak gibi görünen bir hız farkının bile yıllık enerji üretiminde ne kadar önemli olduğu bilinmektedir. Üretimin anlamı da gelir olduğundan, yıllık üretim mümkün mertebe yüksek olmalıdır. İkinci teknik faktör olan RT'nin ise, emreamadeliği (availability) yüksek olmalıdır. RT'lerin emre amadeliği genellikle %95 civarındadır. RT'lerin saha içerisindeki yerleştirilmesi de (mikrokonuşlandırma) uzman kişiler tarafından ve en yüksek enerji üretimi alınacak şekilde yerleştirilmelidir.

Ekonomik Faktörler

Ekonomik faktörler, projenin iç karlılık oranı, geri ödeme süresi, kredi faizi, özkaynak/kredi oranı gibi faktörlerdir. RES maliyetleri ülkeden ülkeye ve hatta ülke mevzuatı gibi bazı faktörlere bağlı olarak

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

değişse de, gittikçe ucuzladığı bir gerçektir. Teknolojisi ilerledikçe ve yeni RT firmaları pazara girerek rekabeti artırdıkça bu durum devam edecektir. Finansman maliyetleri de, gittikçe düşüş göstermektedir. Finans kuruluşlarının rüzgar enerjisi teknolojisini gittikçe tanımaya başlaması ve bunun yanında rüzgar enerjisi teknolojisinin de kendini ispatlamış bir teknoloji (proven technology) olması bunda büyük rol oynamaktadır. Avrupa'daki RES'ler ile ilgili tipik bir maliyet dağılım grafiği Şekil 8.2 ile verilmiştir. Bu maliyet dağılımında RT'ler %64, inşaat işleri %13, elektrik işleri %8, enerji nakil hattı %6 tutarak toplam yatırım tutarının %91'ini oluşturmaktadır. Geriye kalan %9'u ise, proje yönetimi, montaj, sigorta, hukuki masraflar, banka komisyonları, proje geliştirme maliyeti gibi kalemleri kapsamaktadır.



Şekil 8.2. Avrupa'da RES yatırımının maliyet dağılımı.

Şekil 8.2 ile verilen grafik, yazarların Avrupa ülkelerindeki tecrübelerine göre ortalama rakamları vermektedir. Bu rakamlar projeye göre ve ülkeye göre değişim gösterebilir. Bazı projelerde ise, büyük güçlü RT'leri maliyetleri ile küçük güçlü RT maliyetlerinin inşaat, montaj, elektrik işleri gibi maliyet kalemleri kıyaslandığında pek büyük bir fark görülmemektedir. Örneğin 1.5 MW kurulu gücünde bir RT ile 2 MW kurulu güç RT'nin temel, montaj, step-up trafo ve diğer elektrik teçhizatlarının maliyetlerine bakıldığında pekte büyük bir fark olmadığı görülmektedir. Bu maliyetlerdeki değişim daha çok proje sahasının durumu ile ilişkilendirmek gerekir. Ulaşımı zor olan veya karmaşık bir topoğrafyaya sahip sahalarda bu maliyetler artmaktadır.

8.2 RES Ekonomisi

RES ekonomisi olarak 2 ana başlık altında incelenebilir. Bunlar gelirler ve giderlerdir. Gelirler, sadece elektrik satışından gelen meblağdır. Birim kWh tarife ile elektrik üretim miktarının çarpımı ile bulunur. Giderler ise, bazı kalemlerden oluşmaktadır ve bunu detaylı olarak incelemek gerekmektedir.

8.2.1 RES Proje Aşamasındaki Maliyetler

RES'in yapımı için gereken maliyet kalemleri aşağıdaki gibi verilebilir:

1) Proje geliştirme masrafları
- Banka komisyonları,
- Hukuk masrafları,
- Bağımsız müşavir masrafları,
- Çeşitli teminat masrafları.

2) RT maliyeti

3) RES inşaat masrafları
- Saha mobilizasyonu,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Ulaşım yolunun onarımı,
- RT temelleri,
- RT'ler arasındaki servis yolları,
- Step-up trafo temeli,
- Vinç çalışma sahası,
- Kablo kanal inşaatı,
- Şalt sahası inşaatı.

4) Diğer elektrik teçhizatları
- Enerji nakil hattı,
- Step-up trafolar,
- Kablolar,
- Devreye alma ve testler
- Şalt sahası ekipmanları (kesiciler, trafo vb.).

5) Proje yönetim masrafları
- Teknik danışmanlık (technical advisory) masrafları,
- Proje yönetim giderleri,
- Teknik rapor hazırlatma giderleri.

6) Montaj masrafları
- RT montajı,
- Step-up trafo montajı,
- Şalt sahası montajı.

7) Diğer masraflar
- İnşaat sırasında sigorta masrafları.

Yukarıda sayılan gider veya masraflar RES yapılana kadar olanlardır. RES devreye alındıktan sonra ise işletme giderleri olmaktadır.

8.2.2 RES İşletme Maliyetleri (Giderler)

İşletme maliyetleri ülkeden ülkeye ve santraldan santrala değişir. Başlıca öğeler; bakım, onarım, sigorta, yönetim, saha kirası olarak sayılabilir. Danimarka ve Almanya tecrübeleri, 500 kW – 1500 kW aralığındaki, yeni şebeke bağlantılı rüzgar türbinlerin yıllık işletme ve bakım maliyetlerinin yaklaşık 0.5-0.9 USDc/kWh olduğunu göstermektedir. 10 yıldan eski olan türbinlerde işletme maliyeti 1.3-1.7 USDc/kWh seviyelerine kadar yükselebilmektedir. Emreamadelik ve bu yüzden enerji üretimi, türbinlerin güvenilirliği ve türbinlere ulaşılabilirliğe bağlıdır. Özellikle, denizüstüne ve dağlık bölgelere kurulmuş olan türbinler yükselen işletme ve bakım maliyetleri ile emre amadelik kayıpları yüzünden yüksek maliyetlere sahip olma potansiyeline sahiptir. Bu bakımdan, erken arıza bulma sistemleri ve makine durumunun izlenmesi sistemlerinin geliştirilmesini hızlandırmak gerekmektedir. Bu sistemler, bakımlar için planlama sistemleri ile birbirine bağlanabilir ve elde edilen veriler rüzgar türbinleri tasarımında güvenilirliği geliştirmek için kullanılabilir. İşletme ve bakım maliyeti; bakım, sarf malzeme (consumable), onarım, sigorta, yönetim, arazi kirası gibi şeyleri kapsar. Yıllık işletme bakım maliyeti genellikle rüzgar türbinlerinin ex works maliyetinin %3'ü olarak alınabilmektedir. Avrupa makinelerinin teknik ömrü yada tasarım ömrü genellikle 20 yıldır. Bazı parçalar değiştirilebilir veya daha kısa zaman aralıklarında yenilenebilir. Dişli kutusundaki yağ, fren balataları gibi sarf malzemeler genellikle 1 ila 3 yıl arasında değiştirilir. Sapma sistemindeki parçalar 5 yılda bir değiştirilir. Yorulma (fatigue load) yüklerine maruz kalan ana yatak, dişli kutusundaki yataklar ve generatör gibi hayati parçalar toplam tasarım ömürlerinin yarısında değiştirilebilirler.

İşletme ve bakım maliyetleri RT'nin rutin çalışması sırasında meydana gelmektedir. Bu maliyetler aşağıda sıralanmıştır:

- Vergiler,
- Arazi kirası,
- Sigorta,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- İşletme giderleri,
- İletim bedeli,
- Reaktif elektrik bedeli.

Bilindiği gibi, günümüzde bütün dünya ülkeleri enerji sektörlerini serbestleştirme (liberalleşme) yoluna gitmektedirler. Bunun neticesinde de enerji sektörleri rekabetçi bir hal almaktadır. Bu tip bir piyasaya yapısında rüzgar enerjisinin yer edinmesi, hiçte kolay değildir. Diğer enerji kaynakları ile rekabet edebilmesi için gerek teknik açıdan fizibl ve mali açıdan da ekonomik olmak zorundadır. Rüzgar enerjisindeki finansman yapısı 2 ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar, RES'in yapılması için gerekli finansman ve RES'in işletilmesi için gereken finansmandır.

RES projelerinin ekonomisini aşağıdaki parametreler belirlemektedir:

- Yatırım maliyetleri,
- İşletme ve bakım giderleri,
- Elektrik üretimi,
- RT hayatı,
- İskonto oranı.

İşletme sırasında en önemli parametre ise elektrik üretimidir. RES'in tek gelir kalemi olan elektrik üretiminin optimum olması gereklidir. Bunun için en önemli şey ise, bölgenin rüzgar potansiyeli ve türbin yerleşimidir. Geçtiğimiz yıllarda RT'ler ile ilgili aşağıdaki gelişmeler gözlenmiştir:

- RT kurulu gücü sürekli artış göstermiştir,
- RT verimi sürekli artmıştır,
- RT maliyeti artış trendine girmiştir.

Bilindiği gibi, yıllık enerji üretimini belirleyen ana faktörler rüzgar potansiyeli, RT göbek yüksekliği, RT güç eğrisi, RT pervane çapı, RT yerleşiminin optimum yapılması olarak sayılabilir. Son yıllarda RT teknolojisindeki gelişmeler yıllık üretim miktarının artmasına neden olmaktadır. 1990'lı yıllardan sonraki RT'ler genel verimi (overall efficiency), yıllık %2-3 civarında bir artış göstermektedir. Tablo 8.1 ile Almanya, Danimarka ve İspanya'daki projeleri temsil eden bir RES maliyet yapısı görülmektedir. 850 kW-1500 kW arasındaki RT'lerden oluşan karadaki bir RES'e ait rakamlardır.

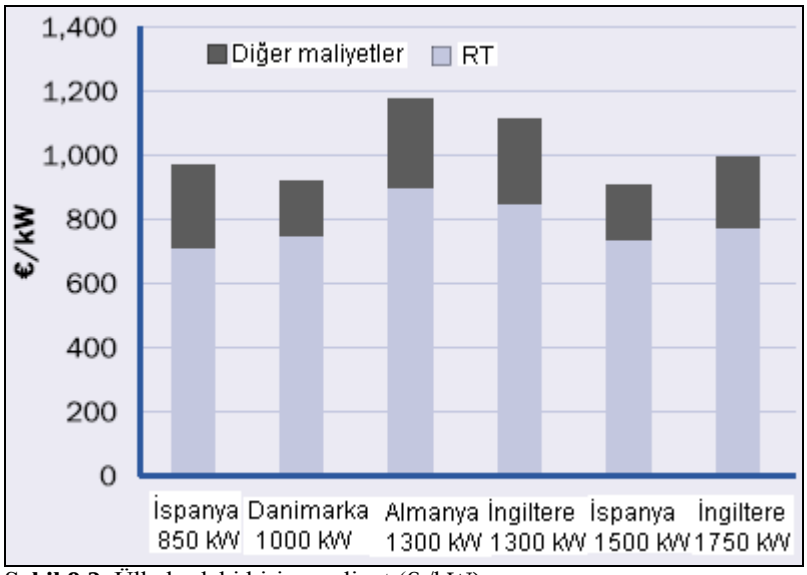
Tablo 8.1. RES maliyet yapısı.

Maliyet Kalemi	**Maliyet Yüzdesi**
RT (ex-works, fabrika teslim)	74-82
Temel	3-7
Elektrik Montaj	3-8
Şebeke bağlantı	2-9
Proje Yönetimi	1-3
Arazi Kira	1-3
Finansal Maliyetler	1-5
Yol yapımı	1-5

Tablodaki rakamlar birçok parametreye göre değişim gösterir. Örneğin, şebeke bağlantısı için enerji nakil hattı uzunluğu, proje sahasının yerine bağlı olarak nakliye masrafları, ülkeye özel ortaya çıkabilecek diğer bazı masraflar bunlara örnektir.

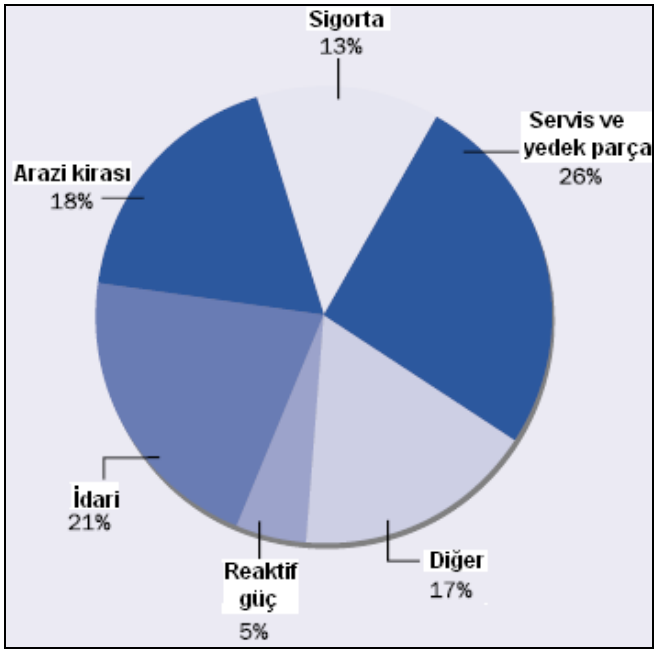
kW başına yapılan toplam yatırım ile ilgili olarak İspanya, Danimarka, Almanya ve İngiltere'de yapılan çalışma sonuçları Şekil 8.2 ile görülmektedir. Şekil 8.5 EWEA tarafından yapılan genel bir etüdün sonucunda ve biraz kısıtlı bir veriye göredir. RT maliyeti ve diğer olarak ikiye ayrılmıştır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 8.2. Ülkelerdeki birim maliyet (€ /kW).

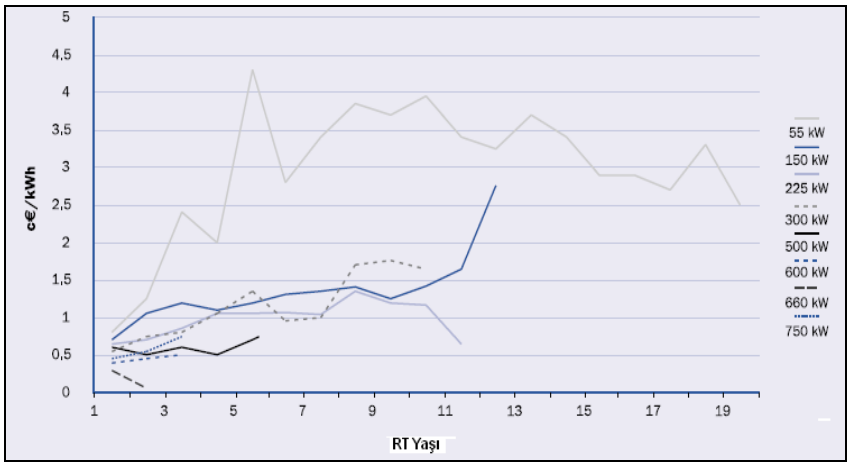
RES işletme maliyetlerinden olan sigorta, düzenli bakım, idari ve saha kirası gibi maliyetler kolaylıkla tahmin edilir ve tahmin edilenden büyük bir sapma göstermez. Onarım ve yedek parça maliyetleri ancak arıza veya bozulma meydana geldiğinde bilinebileceğinden önceden tahmin edilmeleri de mümkün değildir. Özellikle MW sınıfı RT'ler çok yeni olduğundan 10 yaşını ancak bulmuşlardır. Almanya, İspanya, İngiltere ve Danimarka'daki tecrübelerden işletme ve bakım maliyetleri 1.2 – 1.5 €c/kWh civarındadır. Bu değer RT'nin bütün ömrü boyunca olan ortalama değerdir. İspanya'da bu değerin %60'ı yedek parça ve idari ile öngörülmeyenlere; %40'ı arazi kirası ve sigorta maliyetleri olarak gerçekleşmektedir. Almanya'da DEWI'nin 2002 yılında yaptığı çalışmad çok kapsamlı olup, Almanya'daki RES'lerin işletme ve bakım maliyetleri ile ilgili güzel bir çalışmadır. İlk 2 yıl RT üreticisi tarafından garanti altında olduğundan herhangi ciddi bir masraf yoktur. Bu yüzden ilk 2 yıl için işletme ve bakım maliyetleri yatırım tutarının %2-%3'ü civarında olup birim elektrik fiyatında da 0.3 - 0.4 €c/kWh olmaktadır. Altı yıl sonra işletme ve bakım maliyetleri yatırım tutarının %5'i yani 0.6 - 0.7 €c/ kWh kadar olmaktadır. Şekil 8.3 ile 1997-2001 yıllarını kapsayan RES işletme ve bakım giderlerini 6 ana başlıkta inceleyen bir grafik görülmektedir. Burada sigorta %13, arazi kirası %18, idari %21, reaktif güç için ödenen %5, servis ve yedek parça %26 ve diğer %17 olarak görülmektedir.



Şekil 8.3. Almanya'daki işletme ve bakım giderleri.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 8.4, Danimarka'daki RT yaşına göre işletme ve bakım maliyetlerini göstermektedir. 1980'lerden bu yana olan RT'ler için geçerli veri tabanı kullanılarak bu sonuçlar elde edilmiştir. Görüldüğü gibi 55 kW kurulu güçlü RT 20 yaşına yaklaşmışken işletme ve bakım maliyeti gittikçe artmıştır. Şekil dikkatli incelendiğinde MW sınıfı RT'lerde işletme ve bakım maliyetlerinin gittikçe düştüğünü göstermektedir. 50 kW RT'lerdeki işletme ve bakım masrafının artışı dikkat çekicidir. 500 kW ve üzerindeki RT'lerde maliyet 1 €c/kWh altındadır.



Şekil 8.4. Bazı RT'lerin işletme ve bakım maliyeti.

RES'in işletme ve bakım maliyeti RT'nin yaşına göre değişim göstermektedir.

8.3 RES Ekonomik Analiz Yöntemleri

Benzer değerlendirme prosedürlerine göre NPV (NBD), IRR ve BCR daha kesin yaklaşımlar işaret ederken, PBP dizininin hesaplanması hızlı ve uygun bir ekonomik yapılabilirlik sisteminin sağlanabilmesi bakımından açısından yararlıdır. Bir yatırım projesinin uygun bir şekilde değerlendirilmesi için, değerlendirmeyi yapan kişinin RES'in başlangıçtaki tüm maliyet kalemlerini ve ayrıca işletme sırasındaki harcama ve gelirleri hesaba katması gerekir. Rüzgar yatırımının finansal faydasının tespit edilmesi için çeşitli yöntemler kullanılabilir.

8.3.1 Net Bugünkü Değer (NBD, NPV)

Net Bugünkü Değer tanımından önce "Paranın zaman değeri" ve "iskonto oranı" kavramlarının anlaşılması gerekir.

Paranın zaman değeri (Time Value of Money)

Enerji endüstrisi yatırımlarının ömrü uzundur. Geleneksel bir enerji santralının normal ömrü 25-30 yıl, hidro elektrik santralların 40-50 yıl ve RES'lerin ise yaklaşık 20-25 yıldır. Enerji üretim projeleri için çoğu harcama ve gelir kuruluştan sonra oluşur. Bu gibi gelecek finansal akışlar zamana ve koşullara göre değişmektedir. Buna karşılık, bu akışların proje değerlendirme esnasında olan akıştan farklı bir finansal değeri olacaktır. Bu nedenle, elektrik endüstrisi gibi sermaye yoğun uzun ömürlü projelerde paranın zaman değeri çok önemlidir.

İskonto Oranı

Genel olarak, finansal akış kuruluştan sonra meydana gelir, proje değerlendirme sırasında meydana gelmez. Değerlendirme aşamasında, projeyi geliştirenler ve karar vericiler projenin yapılabilir olup olmadığını bilmek zorundadırlar. Bu nedenle nakit akış tabloları projeyi geliştirenlerin karar vermesinde önemlidir. Fakat bir yıl sonraki bir dolar bugünkü bir dolardan farklı olduğu için farklı zamanlarda meydana gelen nakit akışlar toplanmaya hazır değildir. Bu nedenle, farklı zamanlarda gerçekleşen finansal nakit akış hareketleriyle ilgili bir yorum yapmadan önce, bu değerlerin temel yıla göre ayarlanması (indirgenmesi) gerekir. Proje değerlendirmede dikkate alınması gereken önemli bir faktör de paranın zaman değeridir. Paranın zaman değeri, bugün elimizde olan bir doların gelecekte bir zamanda elimizde olacak bir dolardan daha değerli olduğunu ifade eder. Bunun risk, enflasyon, alternatif maliyet gibi nedenleri bulunmaktadır. Enflasyon, gelecekteki gelirler enflasyon tarafından aşındırılmaktadır. Riskin var olması bugün oluşan gelir veya gider kesin bir miktardır, gelecekteki gelir veya gider ise tahmin edilen değerlerden farklı olabilir. Enflasyon, risk alma ve gerçek kazanç

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

beklentisi faktörlerine izin vererek, bir girişimci yatırımı karşılığında bir ödül kazanmayı bekler. Bu da, parasını geri kazanmak, pazar ile ve üç faktör ile ilgili tahminlerine uyan ilave kazanç elde etmek. Bugün sahip olunan para, enflasyon yok sayılsa yada hesaba katılsa bile, risk ve bugünkü harcamalardan vazgeçmenin ödülü olarak gelecekte sahip olunacak paradan daha değerlidir. Yatırımcı bakış açısından, bugünkü bir dolar yarınki bir dolardan daha değerlidir çünkü hemen yatırım yatırılabilir ve enflasyondan daha yüksek bir gelir kazandırabilir. Bugünkü doların değeri, gelecekteki dolar artı reel bir değerdir. Bugünkü değere indirgeme, (present valuing- discounting) sürecin finansal ve ekonomik merkezidir. Gelirler gibi, çoğu proje maliyeti de gelecekte oluşur. Bu nedenle, uygun değerlendirmenin yapılabilmesi için bu değerlerin bugünkü değere indirgenmeleri gerekir. Bugünkü değer (PV) formülü;

$$PV = F_n \frac{1}{(1+r)^n}$$

eşitlikte kullanılan

F_n: Gelecekteki değer
r: İskonto oranını ifade etmektedir.

İskonto oranı, yatırımcıların gecikmiş ödemeyi kabul etmek için talep ettikleri ödüldür. Bir başka deyişle geri dönüş oranı veya sermayenin alternatif maliyetidir. İskonto oranı;

$$\frac{1}{(1+r)^n}$$

olarak verilir. Evrenseldir, gelecek yıllar için n pozitif ve tüm geçmiş yıllar için negatif (-n) ve başlangıç yılı için n=0'dır. İlk yıl beklenen gelir, asıl yatırıma eklenir ve daha sonra aynı faiz ile tekrar yatırılır. Bu sadece asıl yatırım için faiz ödenen basit kazançtan (basit faiz) farklıdır.

Net Bugünkü Değer Hesaplaması

Net bugünkü değer, gelir ve giderlere parasal değerler vererek, uygun iskonto oranını kullanarak gelecek gelir ve gider değerlerini indirgeyerek ve indirgenmiş gelirler toplamından indirgenmiş giderleri çıkararak hesaplanır. Gelirleri ve giderleri indirgemek, farklı zamanlarda oluşan kazançları ve kayıpları ortak bir ölçü birimine dönüştürmeyi sağlar. Pozitif net bugünkü değer, değeri olan projeler toplumsal kaynakları arttırır ve genellikle tercih edilir. Bugünkü değer (BD) yöntemi, projenin tüm masrafları ve kazançlarını veya akışlarını (karlarını) başlangıç yılında belirli bir güne indirgemeyi amaçlar. Bu durumda, başlangıç yılından önceki veya sonraki yıllardaki tüm nakit akışları iskonto faktörü olan

$$\left[1 \div (1+r)^n\right]$$

ile çarpılarak indirgenmiş olur. Başlangıç yılından önceki yıllar için n değeri negatiftir. Tüm değerler yıl sonunda oluşmuş sayılır. Maliyet (C) ve Gelir (B) projenin ömrü boyunca kullanılan iki finansal kalemdir. Gelir kalemi projenin faydalı ömrü süresinde tahmin edilen bütün kazancı kapsaması gerekir. Bugünkü değer, her dönem sonunda yapılan eşit ödemelerin 0. yıldaki değeridir.

$$P_v = A_n \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

P_v: Bugünkü değer
i: Faiz oranı
A_n: Dönem sonu seri ödemeleri
n: Dönem

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Ekonomik seçenekler, her bir seçeneğin bugünkü değeri hesaplanarak karşılaştırılabilir. Maliyet akışı, dışarıya doğru nakit akışı sayılır ve negatiftir. İki akış arasındaki fark net nakit akıştır. Net nakit akışın değeri, inşaat ve projenin işletmeye ilk girdiği yıllarda negatif olabilir. Net kazanç akışlarını bugünkü değere indirgemek için her yılın net kazancı, örneğin proje geliri eksi proje gideri, o yılın indirme faktörü ile çarpılır ve bu değer projenin net bugünkü değerini (NBD) temsil eder. Dışarıya nakit akışları (masraflar) negatiftir ve içeriye nakit akışlar (gelir) pozitiftir. Eğer net sonuç sıfırdan büyükse, proje iskonto oranından daha yüksek gelir elde edecek demektir ve yatırım/proje kabul edilmeye değer demektir. NBD yöntemi projelerin varlıklarını bağımsız olarak sürdürebileceklerini gösteren güçlü bir göstergedir. Bununla birlikte, kazanılan net gelir ile sermaye yatırımı arasında bağlantı kurmaz. Fakat, tam (doğru) proje gereksinimlerini yerine getirdiği ve daha yüksek NBD'i olduğu için en düşük maliyet yöntemine göre daha yararlı bir yöntemdir.

$$NPV = \sum_{N} (B_n - C_n)/(1+r)^n$$

NPV: Net Bugünkü Değer

B_n : Kazanç

C_n : Maliyet

N: dönem

r: iskonto (indirim) oranı

NBD yönteminin bir üstünlüğü de paranın zaman değerini hesaba katmasıdır. NBD yöntemi projenin zaman süresince değerini bugünkü dolara göre tespit eder. NBD değeri ne kadar büyük olursa olsun proje o kadar daha karlı olur. Bu yöntem, birkaç rekabet eden projenin karlılığının karşılaştırılması ve değerlendirilmesi için kullanılabilir. Genellikle, kabul edilen projeler pozitif net bugünkü değerleri olan projelerdir. Kazancı (getirisi), iskonto oranından -ki bu sermayenin fırsat maliyetidir- ve yüksektir. Net bugünkü değerin hesaplanması proje değerlendirmenin en önemli yönüdür ve bir projenin üstlenilmesinden önce belirtilen iskonto oranında yapılan pozitif bir tahmin gereklidir. İncelenen kaynaklara göre bir projenin hayat devresi (life cycle) ve ekonomikliği 3 faktöre bağlıdır. Bunlar; yatırım maliyeti, işletme giderleri ve kullanılan iskonto oranıdır. Söz konusu oran, bir projenin bütün ekonomikliğini ve karar vermeyi fazlasıyla etkiler. Bu nedenle, karar sürecinde çok önemlidir. Yüksek bir iskonto oranı durumunda yüksek işletme giderli düşük sermaye maliyetli proje seçenekleri tercih edilir. Düşük iskonto oranı durumunda ise, yüksek sermaye maliyeti ve düşük işletme maliyetli seçeneği lehine eğilim değişir.

8.3.2 İç Karlılık Oranı (IRR)

Proje değerlendirmede, iç karlılığın hesaplanması popüler ve geniş kullanım alanı olan bir yöntemdir. İç karlılık oranı (IRR-Internal Rate of Return) maliyet akışlarıyla gelir akışlarını eşitleyen iskonto oranıdır. Ayrıca projenin NBD'ini sıfıra eşit yapan değer de sözü edilen r değeridir. İç Karlılık Oranı, Net Bugünkü Değeri sıfırlayan indirim oranıdır. Aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$\sum [C_n/(1+r)^n] = \sum [B_n/(1+r)^n]$$

Burada kullanılan

C_n : Maliyetler

B_n : Gelirler

r: iskonto (indirim) oranı

n: dönem olarak ifade edilmektedir.

Eğer özel sektör projeleri yada kamu projeleri (devlet tarafından belirlenmiş) için hesaplanan IRR, fırsat maliyetine eşit veya üstündeyse, proje üstlenilmesi faydalı (zaman harcamaya değer) sayılır. Kamu kuruluşları, hükümetler ve geliştirme fonları, sermayenin fırsat maliyeti ve fon sağlarken dikkate alınmayan toplumsal iskonto oranı için kendi kıstaslarını kendileri koyarlar. Böyle bir ölçüt istenen fonun miktarına ve elde edilebilirliğine bağlıdır. Kriter ayrıca diğer sektörlerdeki alternatif

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

projelerin beklenen kazançlarına, piyasa faiz oranlarına ve risklerine de bağlıdır. IRR'ın başlıca (temel) değeri proje değerlendirmenin bir niteliği olmasıdır. Hesaplanmasında iskonto oranının tahmini gerekmediği için değerlendirici can sıkıcı analizlerden kurtulmuş olur. İskonto oranı olarak yararlanılan NBD'in maksimizasyonunda sermayenin fırsat maliyeti proje değerlendirmede yol gösteren bir prensiptir. Yatırım kararı vermek için projenin değerlendirilme aşamasında tek ölçüt İç Karlılık Oranı değildir. İskonto oranı sermayenin gerçek fırsat maliyetini yansıttığında, uygun iskonto oranı ile hesaplanan NBD bir değerlendirme kriteridir.

8.3.3 Basit Geri Ödeme Yöntemi (Simple Payback Method)

Bir yatırımın ekonomik değerini hesaplamanın yaygın ve basit yolu geri ödeme süresini, veya başa baş zamanını hesaplamaktır. Geri ödeme zamanı, ilk yatırım maliyeti miktarını geri almak için geçen yıl sayısıdır. Geri ödemeyi tespit etmek için, yatırımcı ilk önce ilk yatırım maliyetini, yıllık enerji tasarrufunu ve yıllık işletme giderlerini tahmin eder. Toplam ilk yatırım maliyetini yıllık enerji tasarrufu ile yıllık işletme gider arasındaki farka bölerek geri ödeme süresi bulunmuş olunur. Geri ödeme zamanı, bir fırsatı değerlendirirken ilk yatırım miktarını geri alma süresidir (genellikle yıl olarak ölçülür). Eğer yıllık nakit akışlar eşitse, geri ödeme süresi ilk yatırımın yıllık tasarruf miktarına bölünmesi ile bulunur.

$$Geriödemesüresi: \frac{İlkyatırımmaliyeti}{Yıllıkişl\ tmetasarrufu}$$

Yıllık İşletme Tasarrufu= Yıllık Enerji Maliyeti Tasarrufu – Yıllık İşletme Giderleri

Yıllık elektrik tasarrufu, elektriği elektrik şirketinden almış olmak yerine rüzgar sisteminden aldığın perakende elektriğin değeridir. Elektrik faturanızda verilen elektriğin perakende maliyetinin (satış fiyatının) bir rüzgar türbininin tipik bir yılda üreteceği kilowatt - saat ile çarpılması ile tespit edilir.

8.4 RES Sigortası

Diğer bütün endüstriyel faaliyetlerde olduğu gibi, RES'in sigorta ile teminat altına alınması gerekmektedir. Sigorta hususu da 2 farklı şekilde incelenebilir. RES'in inşaatı sırasında yapılması gereken sigortalar ile RES işletmede iken yapılması gereken sigortalar. Rüzgar santrallarının işletme aşamasında bakım onarım maliyetlerinin yanında diğer önemli bir kalem de santralın sigorta maliyetidir. Maliyetlerinin yüksekliği ve Türkiye'de rüzgar santrallarının yaygın olmamasından kaynaklanan sorunlarla karşılaşılabilmektedir. Sigorta hususu çok kapsamlı bir konudur ve burada sadece genel bilgi verilmiştir. 2001 yılından önceki YİD kapsamındaki santrallarda sigorta kapsamları ülkemizde Ernerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından belirlenmişken, yeni kanun kapsamındaki santralların sigorta kapsamları işletmeci firmalar tarafından belirlenmektedir. ETKB tarafından Makina Kırılması, Makina Kırılması Kar Kaybı, Yangın, Yangın Kar Kaybı ve 3. Şahıs Mali Mesuliyet sigortalarının yaptırılması istenmekteydi. Yapılan sigorta poliçelerinin ve Zeyilnamelerinin kopyaları da işletmeci tarafından ETKB'na ulaştırılmaktaydı. Bu klasik sigorta poliçelerinin kapsamının rüzgar enerji santrallarına ne kadar uyduğuna işletmeciler ve sigorta şirketleri karar vermektedirler. Prim ödemelerinin yüksek olması ve kapsam dışı hasarlardan oluşabilecek maliyetlerin büyük olması nedeniyle sigorta kapsamı çok büyük önem taşımaktadır. Rüzgar türbinlerinin sigortası ülkemiz için yeni bir konudur fakat sektör büyüdükçe ihtiyaca daha uygun sigorta seçenekleri artmakta, işletmeciye daha uygun seçenekler ortaya çıkmaktadır. İşletmecilerin işletme yönetiminde tecrübe kazanmaları ile birlikte bakım onarım faaliyetlerinin önemi daha fazla anlaşılmakta bununla birlikte işletme stratejileri gelişmektedir. Bir çok uygulamada, operatörler planlı bakım faaliyetlerini düşük rüzgar dönemlerine gelecek şekilde planlamaktadırlar. Böylelikle duruş süresinin enerji üretimine etkisini azaltmış olurlar. Proje sahibi, teknolojiyi daha iyi tanıdıkça, teknik ekibin ve imalatçının görev ve sorumluluklarını daha iyi belirleyebilir ve gelecekte meydana gelebilecek garanti kapsamında olmayan durumlar için planlama yapabilir.

8.4.1 İnşaat Döneminde Yapılan Sigortalar

Projenin inşaat süresi boyunca yapılan sigortalardır. İnşaatın bütün safhalarını kapsadığı gibi; devreye alma sürecini de kapsar. İnşaat dönemi sigortasına sigortacılık dilinde CAR (Construction All Risks) adı verilmektedir. İnşaat sigortasının içerisine montaj ile ilgili şartlarda konulabilmektedir. Bu şartlar, uluslar arası literatürde "clause" veya "endorsement" olarak bilinmektedir ve ülkemizde de "kloz" olarak kullanılmaktadır. Bazen bu sigorta Montaj Sigortası (Erection All Risks – EAR) olarak da

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

kullanılmaktadır. Burada önemli olan poliçeye hangi klozların dahil ettirildiğidir. Dolayısı ile herhangi bir inşaat projesinde sigorta teklifi alınırken montaj ile ilgili şartlar veya klozlar, CAR (Construction All Risks) poliçesinde belirtilebileceği gibi; inşaat ile ilgili şartlar veya klozlar EAR (Erection All Risks) poliçesinde de belirtilerek tek poliçe kesilebilir. Bunun yanında her iki faaliyet için ayrı ayrı teklif alınarak da değerlendirilebilir.

8.4.1.1 Montaj ve İnşaat Sigortalarının Genel Şartları

Sigorta şirketleri, aşağıda sayılan rizikoların gerçekleşmesi sonucu oluşacak hasar, kayıp ve zararlar için sigorta ettirene tazminat ödememektedir.

- Harp, istila, dış düşmen tarafından yöneltilen hasmane hareketler (harp ilan edilmiş olsun veya olmasın) çatışma, iç harp, ihtilal, isyan, ayaklanma ve bunların gerektirdiği askeri ve inzibati hareketler, nümayiş, grev, lokavt, halk hareketleri, kötü niyetli hareketler, politik bir örgüt adına veya onlarla ilişkili olarak yürütülen kötü niyetli hareketler, başkaldırma, el koyma, ele geçirme, yasal veya yasal olmayan kamu ve sivil güç odaklarınca veya onlar adına yapılan tahribat,
- Nükleer reaksiyon, radyasyon ve radyoaktif kirlenmeler,
- Sigorta ettirenin kendisinin veya yasal temsilcilerinin kasıt ve ağır ihmalleri,
- Montaj işlerinin kısmen veya tamamen durması.

Sigortaların teminat süresi, poliçe listesinde başka bir tarih belirlenmemiş ise, doğrudan doğruya montaj işlemleri ile birlikte veya poliçenin ekindeki listedeki kıymetlerin şantiye mahalline boşaltılması anından itibaren başlar ve işlerin işvereren tarafından teslim alınması ile, ilk tecrübe devresinin sona ermesini veya tesisin devreye sokulmasını takip eden tarihlerden hangisi daha önce ise ve en geç aksine sözleşmede yazılı bir hüküm yoksa tecrübe devresini izleyen 4. haftanın sonunda biter. Sigorta şirketleri, ikinci el ve kullanılmış makine ve tesisler üzerindeki teminatı da tecrübe devresinin başlaması ile sona erdirmektedirler. Sigorta şirketlerinin genel diğer şartları da aşağıdaki maddelerde açıklanmıştır:

- Sigorta ettirenin poliçe hükümlerine uyması, yapılan sözleşmeden doğan yükümlülüklerini yerine getirmesi, listede ve teklifnamede yer alan beyanlarının soru formunda verdiği yanıtların doğru olması, sigortayı yapan şirketlerin yükümlülüklerinin önşartıdır,
- Yapılan poliçenin bölümleri ve ekli listesi, sigorta poliçesinin ayrılmaz parçasıdır. Poliçe kelimesi, ekleri, bölümleri ve listeyi içine almaktadır,
- Sigorta ettiren, giderlerini kendisi karşılamak kaydıyla, hasar, kayıp ve sorumlulukları önlemek için gerekli her türlü önlemleri almakla yükümlü olmakla beraber, yasal görevleri yerine getirmek, makine ve aksamı üreticilerinin kullanım koşullarına uymak zorundadır,
- Sigortacıların temsilcileri her makul zamanda rizikoyu teftiş ederek değerlendirmek hakkına sahiptirler. Sigorta ettiren, rizikonun değerlendirilebilmesi için gerekli bilgi ve belgeleri sigortacıların temsilcilerine vermekle yükümlüdür,
- Sigorta ettiren, rizikonun mahiyetindeki değişiklikleri anında sigortayı yapan şirkete bildirmek ve giderlerini kendisi karşılamak kaydıyla, durumun gerektirdiği ek hasar önleyici tedbirleri almakla yükümlüdür. Bu gibi durumlarda teminatın kapsamı ve fiyatı yeni duruma göre ayarlanabilmektedir,
- Hasarı izleyen 14 gün içerisinde sigorta ettiren tarafından bildirim yapılmamışsa, sigortacıların hasar ve kayıplar üzerinde tazminat ve mali sorumluluk yükümlülüğü her koşulda ortadan kalkmaktadır.

Yukarıda anlatılan hususlar, poliçenin konusu ve kapsamı ne olursa olsun standart hususlardır: Sigortayı yaptıran müteahhit veya yatırımcı firma tarafından bilinmelidir. Bunlara ek olarak RES yatırımı veya anahtar teslim müteahhitlik işini yüklenen firma sigorta yaptırırken aşağıdaki hususlara dikkat etmelidir:

- Sigortayı yapan firmaya doğru ve tam bilgi verilmelidir. Bilindiği gibi, sigorta sözleşmeleri sigorta ettirenin beyanına göre yapılmaktadır. Sigortayı yaptıran firma, sigortayı yapan firmaya sigorta poliçesinin ihtiyaçlarını tam olarak karşılayacak şekilde bildirimde bulunmalıdır. Aksi takdirde, sigortayı yapan şirket sigorta poliçesini iptal etme hakkını saklı tutmaktadır,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Sigorta poliçesi dikkatli bir şekilde incelenip genel şartlar iyice anlaşılmalıdır,
- Sigorta poliçesi, sigortayı yaptıran ile yapan arasındaki bir sözleşme olup, her iki tarafı da bağlayan hükümler içermektedir. Özellikle sigorta teminatının kapsamı dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Sigorta poliçesi tarafından sağlanan teminatların kapsamı ile sigortayı yaptırana sağlanan güvencelerin neler olduğu konusunda tereddütte kalınmamalıdır,
- Sigorta poliçesinde yer alan özel şartların da dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Sigortayı yapan şirketler tarafından genel şartlara ve eklerine aykırı düşmeyerek sigorta ettirenin aleyhine olmamak ve genel şartların teminatlarını daraltmayacak şekilde özel şartlar düzenlenmektedir,
- Konu ile ilgili uzman görüşlerine de başvurulmalıdır. Ülkemizde RES projeleri yeni olduğundan dolayı gerek sigorta yapan ve gerekse de sigortayı yaptıranların gözden kaçırabileceği noktalar bulunabilir.

Bütün bu anlatıların ışığında örnek bir RES projesinin inşaat ve montajı sırasında yapılması gereken sigorta poliçesini incelemek gerekmektedir. Bunun için sigorta şirketine asgari olarak aşağıda belirtilen bilgiler verilmesi gerektiği gibi; sigortayı yapacak olan firmanın talep edebileceği diğer bilgilerde verilmelidir. Yukarıdaki bilgiler ile ilgili olarak hayali örnek bir proje verilmiştir. Manisa İli Akhisar İlçesi'nde 1.5 MW kurulu gücünde 10 adet RT yani 15 MW kurulu gücünde bir RES'in montajı ve inşaat işleri ile ilgili olarak sigorta şirketinden gelecek olan teklif aşağıdaki madde ve şartlardan oluşabilmektedir.

1. Başlık
Sigorta teklifinin başlığı olarak "İnşaat ve Montaj All Risks Sigortası" görülebilir.

2.Sigortayı Yapan Şirket
Burada sigortayı yapan şirketin açık adresi ve tüzel kişilik bilgileri bulunmaktadır.

3. Sigortayı Yaptıran Şirket
sigortayı yaptıran şirketin bilgileri bulunmaktadır. Aynı zamanda işveren veya yatırımcı hakkında da bilgiler bulunabilir.

4. Proje Konusu
Yapılan projenin ne olduğu açık bir şekilde yazılır. Örnek projemizde 10 adet 1,5 MW kurulu gücünde rüzgar türbinlerinin montajı, inşaatı için gereken işler, elektrik kapsamındaki işler vb.

5) Proje (Riziko) Adresi
Proje yerinin adresi belirtilmelidir.

6) Sigorta Süresi
İnşaat ve montaj başlangıç tarihi=
İnşaat ve Montaj Bitiş Tarihi=
Test Süresi=
Bakım Süresi=

7) Sigorta Teminat ve Limitleri
İnşaat ve Montaj Bedelleri
İnşaat ve Montaj İşleri =
Enkaz kaldırma =
Toplam=

III. Şahıs Mali Mesuliyet
Olay başı maddi / bedeni limit=
Proje süresi boyunca toplam limit=

8) Şart ve Klozlar
Bu kısımda genellikle daha önce anlatılan Montaj All Risks Genel Şartları ve ekli Münich Re Montaj Sigortaları Genel Şartları ve Klozları yazılmaktadır. Klozlar ile ilgili bilgi ilerleyen sayfalarda detaylı olarak verileceğinden burada yazarların tecrübelerine göre olan klozlar yazılacaktır. Montaj Genel

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şartları'na ek olarak aşağıdaki klozlar RES inşaat ve montajı sırasında sigorta şirketi tarafından verilebilir:

Kloz 001: Grev-Lokavt, Kargaşalık, Halk Hareketleri ve Terör
Kloz 002: Çapraz Sorumluluk Ek Teminatı
Kloz 004: Genişletilmiş Bakım Devresi Teminatı
Kloz 008: Deprem Bölgesindeki Yapılarla İlgili Yüklerin Garantisi
Kloz 111: Toprak Kayması Sonucu Enkaz Kaldırma Giderleri Teminatı
Kloz 121: Temel ve İstinat Duvarları Kolonlarına İlişkin Özel Şartlar
Kloz 203: Kullanılmış Makineler İçin İstisna Klozu
Kloz 206: Yangın Söndürme ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Özel Koşullar
Kloz 208: Yer Altı Kablo ve Borularına İlişkin Garanti Klozu
Kloz 209: Ekinlere, Ormanlara ve Her Türlü Dikili Kültür Bitkilerine Gelebilecek Kayıp ve Hasarlar
Kloz 217: Boru Hatları, Kablolar ve Benzeri Tesisat Döşenmesi Amacıyla Açılan Kanallar ve Hendekler Teminatı
Kloz 218: Borular Döşenmesi Sırasında Sızıntı ve Çatlakların Saptanma ve Giderilme Teminatı
Kloz 221: Kar, Yağmur, Sel ve Su Taşkınlarına Karşı Alınacak Önlemler

Yukarıda verilen klozlar, tipik bir RES inşaatı sırasında meydana gelebilecek hasar ve kayıpları teminat altına alabilen klozlardır. Buna benzer birçok kloz eklenebilir. Fakat her yeni kloz, yeni teminat olduğundan poliçe bedelini artıracaktır.

9) Muafiyetler
Poliçe kapsamına girmeyen teminatlar, muafiyetler kısmında açık bir şekilde yazılmaktadır. Muafiyetler, aynı zamanda hangi miktar bedele kadar teminat altına alındığını da belirtmektedir. Örnek poliçede aşağıdaki muafiyetler olabilir:

- Deprem hasarlarında,
- Grev, lokavt, kargaşalık, halk hareketleri ve terör hasarında,
- Diğer Tabiat olayları / bakım ve test hasarlarında,
- Üçüncü şahız mali mesuliyet maddi hasarlarında.

10) Fiyat / Prim
Bu kısımda sigorta için tespit edilen fiyat yazılmaktadır.

CAR/TPL
CAR/TPL Net Prim
Toplam Net Prim
Gider Vergisi
Brüt Prim

11) Özel Şartlar
Daha önceden belirtildiği gibi poliçede bazı özel şartlar bulunabilmektedir. Bu özel şartlar poliçenin ne kadar süre ile geçerli olduğu ile başlamaktadır. Sonrasında ise aşağıdaki hususlara yer verilebilir:

- Teklifin poliçe kesildikten sonra meydana gelen hasar ve kayıpları teminat kapsamına aldığı ve poliçe kesim tarihinden önce meydana gelen hasar ve kayıpların poliçe teminat kapsamı dışında kaldığı,
- Teklifte kullanılan klozların Münich RE Montaj Sigortaları Genel Şartları kapsamında olduğu,
- Dinamit kullanımı veya patlatılması neticesine oluşabilecek hasar kayıpların teminat haricinde olduğu,

gibi takım şartları içerebilmektedir.

Bir RES projesinin inşaat ve montajı sırasında sigorta poliçesinde bulunması gerekenler anlatılmıştır. Bu tip sigorta poliçelerinin bazen ekine konulan ve bazende ayrı olarak yapılan bazı sigortalar bulunmaktadır. İzleyen kısımlarda bu sigorta poliçeleri anlatılmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

8.4.1.2 Klozlar

Klozlar, poliçenin bir bölümü veya poliçeye ekli özel şarttır ve taraflar arasındaki sözleşmenin gerçek sınırlarını belirlemektedir.

END.OO1 – GREV-LOKAVT, KARGAŞALIK VE HALK HAREKETLERİ

Poliçede veya ekinde yer alan hüküm, istisna ve şartlara tabi olmak ve ek prim ödemesi kaydıyla, bu poliçe grev, kargaşalık, ve halk hareketleri hasarlarının kapsayacak şekilde genişletilecektir. Bu hasarlar iş bu ek yönünden her zaman aşağıdaki özel şartlara tabi olmak kaydıyla yine aşağıdakileri ifade edecektir.

1. Herhangi bir şahsın diğerleri ile birlikte hareket ederek kamu huzurunu bozması (grey veya lokavt ile ilgili olsun olmasın),

2. Bu şekilde oluşan kargaşalığı bastırmak veya bastırmaya teşebbüs etmek veya söz konusu karışıklığın neticelerini azaltmak üzere sürdürdüğü kasıtlı hareketler,

3. Grevci veya lokavta uğramış bir işçinin grevi desteklemek veya lokavta direnmek üzere kanunen yetkili herhangi bir merciin hareketi,

4. Kanunen yetkili herhangi bir merciin bu hareketleri önlemesi veya önlemeye teşebbüs etmesi veya bunların neticelerini azaltmaya yönelik hareketleri.

Poliçenin tüm hüküm, istisna ve şartları; bunların aşağıdaki özel şartlarla değiştirilmesi dışında, bu genişletilmiş teminat ile verilen sigortaya her yönü uygulanacak olup, poliçenin metninde zarar veya hasarla ilgili olarak herhangi bir atıf yapılması burada sigortalanan rizikoları dahil edecek anlamına gelecektir.

Aşağıdaki özel şartlar sadece bu genişletilmiş teminatla verilen sigortaya uygulanacak ve poliçenin metni bu ek yokmuşçasına işbu poliçe ile verilen sigortaya tüm yönleri ile uygulanacaktır.

ÖZEL ŞARTLAR

1. Bu sigorta aşağıdakileri temin etmez:

a) İşin tamamen veya kısmen durması veya herhangi bir işlem veya faaliyetin gecikmesi veya intikali veya durmasından ileri gelen zarar veya hasar,

b) Kanunen yetkili herhangi bir mercinin el koyması, müsaderesi veya harp tekalifi nedeniyle mal veya mülkün daimi veya geçici olarak elden çıkartılması (zaptedilmesi) neticesinde ileri gelen zarar veya hasar,

c) Herhangi bir şahsın bir binayı kanunsuz iştigalinden dolayı binanın daimi veya geçici olarak elden çıkmasından ileri gelen zarar veya hasar,

Elden çıkmadan önceki veya geçici olarak elden çıkarma sırasında sigortalı mala vaki maddi zararla ilgili olarak sigortacılar sigortalıya karşı yukarıda b ve c maddeleri tahtındaki herhangi bir sorumluluktan kurtulamayacaklardır,

a) Harp, istila, yabancı düşman harekatı, düşmanlık veya harbe benzer hareket (harp ilan edilmiş olsun olmasın) iç savaş,

b) İsyan, halk ayaklanmasının bir kısmını oluşturan veya ona neden olan kargaşalık, askeri ayaklanma, başkaldırma, ihtilaf, askeri veya gaspedici kuvvet,

c) Hükümetçe "de jure veya de facto" (hukuki veya hükmi) olarak zor kullanmak suretiyle indirmeye veya terör veya şiddet yoluyla etkilemeye yönelik herhangi bir örgütle ilişkili olan veya bu örgütün namına hareket eden herhangi bir şahsın eylemi,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

2. Sigortalıların bu şartla öngörülenler sebebiyle herhangi bir zarar veya hasarın bu sigorta teminatına girmediğini iddia ettiği herhangi bir hukuk davasında veya diğer kanuni muamelede bu zarar veya hasarın teminata dahil olduğunu ispat mükellefiyeti Sigortalıya düşer,

3. Bu sigorta Sigortalının bilinen en son adresine ihbarda bulunmak suretiyle sigortacılar tarafından herhangi bir zamanda sona erdirilebilir. Bu durumda Sigortacılar hitam tarihinden itibaren işlemeyen süreye ait primin oransal bir bölümünü Sigortalılara ödeyeceklerdir,

4. Aşağıda belirtildiği üzere olay başına tazminat limiti, birbirini izleyen 168 saat içinde bu ek ile temin bütün zarar veya hasarlara ait tazminatı sınırlayan limit anlamına gelecektir.

Poliçe teminatı süresi içinde sigortacıların toplam sorumluluğu, olay başına tazminat limitinin iki katı ile sınırlı olacaktır.

END.002 – ÇAPRAZ SORUMLULUK EK TEMİNATI (CROSS LIABILITY)
Poliçede veya ekinde yer alan hüküm, istisna ve şartlara tabi olmak ye Sigortalının ek prim ödemesi kaydıyla, poliçenin üçüncü şahıs sorumluluğuna ait teminat, poliçede belirtilen sigortalı taraflara, herbir sigortalı taraf için ayrı bir poliçe düzenlenmişçesine uygulanacaktır. Ancak şu şartla ki; Sigortacılar bu ek teminata sigortalıyı aşağıdakilerle ilgili sorumluluklar konusunda tazmin etmeyeceklerdir.

1. Herhangi bir limitin aşılmasından dolayı istirdat edilemese dahi, poliçede yazılı sigortalı kalemlerin uğradığı zarar veya hasar,

2. İşçi tazminatı ve/veya işveren mali mesuliyet sorumluluk sigortası ile sigortalanmış memur veya işçilerin ölümcül veya ölümcül olmayan yaralanması veya hastalığı.

Ancak, Sigortacıların sigortalı taraflarla ilgili toplam sorumluluğu, tek bir olaydan ileri gelen kaza veya kazalar serisinde toplam olarak poliçede belirtilen tazminat limitini aşmayacaktır.

END.004 - GENİŞLETİLMİŞ BAKIM TEMİNATI
Poliçede veya ekinde yer alan hüküm, istisna ve şartlara tabi olmak ve sigortalının ek prim ödemesi kaydıyla, bu sigorta; mukavele işlerinin uğradığı ve aşağıdaki durumlarda oluşan zarar veya hasarı temin etmek üzere poliçede belirtilen bakım süresini kapsayacak şekilde genişletilebilir.

Mukavelenin bakım hükümlerinde değinilen yükümlülüklerin yerine getirilmesi amacıyla yapılan işler sırasında, sigortalının müteahhidinin yol açtığı zarar,

Bakım devresinde meydana gelen zarar, ancak şu şartla ki; her zarar veya hasar, hasara veya zarara uğrayan bölümün tamamlanmasından önce inşaat devresinde sahada meydana gelmiş olmalıdır.

END.008 - DEPREM BÖLGESİNDEKİ YAPILARLA İLGİLİ YÜKLENİM GARANTİSİ KLOZU
Poliçede veya ekinde yer alan hüküm, istisna ve şartlara tabi olmak kaydıyla sigortacılar depremden ileri gelen zarar, hasar veya sorumluluğu tazmin edeceklerdir. Ancak şu şartla ki; sigortalı, söz konusu bölge için geçerli bina yönetmeliklerine göre projede (tasarımda) deprem riskini hesaba katmış olmalı ve malzeme ve işçilik kalitesi ile hesaplarda esas alınan boyutlara uymuş olmalıdır.

DEPREM TEMİNATI ..... TL İLE SINIRLANDIRILMIŞTIR.

END.111 - TOPRAK KAYMASI SONUCU ENKAZ KALDIRMA GİDERLERİ TEMİNATI
Poliçede veya ekinde yer alan hüküm, istisna ve şartlara tabi olmak kaydıyla sigortacılar aşağıdakilerle ilgili olarak sigortalıyı tazmin etmeyeceklerdir.

- Yer kaymasının yol açtığı enkazın kaldırılması için yapılan ve bu yer kaymasından etkilenen alandan esas malzemenin kazma masraflarını aşan masraflar.

Sigortalının gereken önlemleri almamış olması veya bunları zamanla almaması durumunda, erozyona uğramış meyillerin veya eğimli alanların onarımı için yapılan masraflar.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

END.121 - TEMEL VE İSTİNAT KOLONLARINA İLİŞKİN ÖZEL ŞARTLAR
Poliçe ve zeyilnamelerde yer alan diğer hükümler aynen saklı kalmak şartıyla, taraflar aşağıda belirtilen olaylardan ileri gelen giderlerin teminat kapsamına girmeyeceği hususunda anlaşmışlardır:

1. a İnşaat sırasında yanlış yerleştirilmiş, yanlış dizilmiş veya sıkışmış,
   b Zemine veya toprağa çakma veya çıkarma sırasında hasarlanmış, kaybolmuş veya terkedilmiş,
   c Sıkışmış veya hasarlanmış kazık çakma ekipmanı ya da muhafazaları (Casing) nedeniyle hasara uğramış kazık ve istinat duvarları elemanlarının değiştirilmeleri veya düzeltilmeleri amacıyla yapılan masraflar,
2. Birbirinden ayrılmış veya sökülmüş palplanşların düzeltilmeleri amacıyla yapılan masraflar,
3. Herhangi bir malzemenin sızma veya kaçağını ortadan kaldırmak için yapılan masraflar,
4. Boşlukların doldurulması veya kayıp betonitin yenilenmesi için yapılan masraflar,
5. Herhangi bir kazığın veya temele ait elemanların taşıma kapasitesi testinde başarısız olması veya amaçlanan taşıma kapasitesine ulaşamaması nedeniyle meydana gelen masraflar,
6. Profil veya diğer ölçüleri boyutları eski haline getirmek amacıyla yapılan masraflar.

Bu kloz, doğal tehlikelerden meydana gelen kayıp ve zararı kapsamaz. Bu nitelikteki hasarların teminat kapsamında olduğunu ispat yükümlülüğü sigorta ettirene aittir.

END.203 – KULLANILMIŞ MAKİNALAR İÇİN İSTİSNA KLOZU
Taraflar, işbu poliçe ve ekli zeyilnamelerde yer alan diğer hükümler aynen geçerli kalmak şartıyla kullanılmış makinaların aşağıda belirtilen nedenlerle:

- Önceki çalışmalar sonucu,
- Aksine sigorta sözleşmesine hüküm eklenmemişse, söküm işlemleri sonucu,
- Madeni olmayan parça ve aksamlara gelecek hasar ve kayıpların tazminat konusu olmayacağını kararlaştırmışlardır.

END.206 – YANGIN SÖNDÜRME VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİNE İLİŞKİN ÖZEL KOŞULLAR
Taraflar işbu poliçede ve ekli zeyilnamelerde yeralan diğer hükümler aynen geçerli kalmak şartıyla;

İnfilak ve/veya yangının dolaylı veya dolaysız etkileri nedeniyle meydana gelecek kayıp ve zararların ancak sigortalı tarafından aşağıda belirtilen önlemlerin alınmış olması koşuluyla temin edileceği hususunda anlaşmışlardır.

1. İşyerinde her zaman yeterli sayıda ve nitelikte yangınla mücadele ekipmanı, yeterli miktarda yangın söndürücü malzeme çalışır ve hazır halde bulundurulacaktır,
2. Bu tip ekipmanların kullanımıyla ilgili yeterli sayıda eleman yetiştirilmiş olarak şantiye sahasında, ani bir müdahale için her zaman hazır bulundurulacaktır,
3. İnşaat/Montaj malzemesinin şantiyede ve işyerinde depolanmasının gerektiği durumlarda, her bir depo, tek her ünite için ……TL'lik limiti aşmayacak şekilde alt depolama ünitelerine ayrılmalıdır. Her bir ünite diğerinden en az 50 m mesafede kurulacak veya yangına dayanıklı duvar ile birbirinden ayrılmış olacaktır. Tüm alev alıcı/yanıcı, parlayıcı malzeme, özellikle yanıcı sıvı gazlar, ambalaj malzemesi ve çöpler, yapı sözleşmesi konusu inşaat/montaj mahalinden ve sıcak işlerden uzak alanlarda toplanacaktır,
4. Yanıcı maddelerin olduğu yerlerde kaynak, lehim veya açık alevli cihazların kullanımı ancak yangın söndürücülerle donatılmış ve yangınla mücadele konusunda eğitilmiş en az bir işçinin gözetiminde gerçekleştirilecektir,
5. Test/deneme süresi başlamadan önce tesisin işletimi ile ilgili olarak dizayn edilmiş olan tüm yangın söndürme cihazları yerleştirilmiş ve hizmete hazır durumda bulundurulacaktır.

END.208 – YERALTI KABLO VE BORULARINA İLİŞKİN GARANTİ KLOZU
Bu kloz ile taraflar poliçe şartlarında ve ekli zeyilnamelerde yer alan diğer hükümler saklı kalmak kaydıyla ve ancak işlerin başlamasından önce sigorta ettirenin ilgili yetkilerle bağlantı kurarak, yeraltındaki mevcut kablo, boru ve benzer donanımların yerlerinin tam olarak saptanması ve bunların hasarlanmasını önlemek üzere gerekli önlemleri alması koşuluyla, bu tür kablo, boru ve donanımlara gelecek kayıp ve zararların teminata ekleneceği hususunda anlaşmışlardır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Herhalde ödenecek tazminat, bu tür yeraltı kablo, boru ve donanımların onarım masrafları ile sınırlı olup, her tür netice hasarları ile cüzi nitelikteki ödemeler teminat haricidir.

END.209 – EKİNLERE, ORMANLARA VE HER TÜRLÜ DİKİLİ KÜLTÜR BİTKİLERİNE GELEBİLECEK KAYIP VE HASARLAR
Taraflar işbu poliçede ve ekli zeyilnamelerde yer alan diğer hükümler aynen geçerli kalmak şartıyla; inşaat sözleşmesinden doğan yükümlülüklerin yerine getirilmesi sırasında, ekinlere, ormanlara ve/veya dikili arazilerde yer alan her türlü bitkiye doğrudan veya dolaylı olarak gelebilecek kayıp ve hasarlar ile bunların sonucunda oluşabilecek hukuki sorumluluklar için Sigortacının Sigortalıya tazminat ödemeyeceği hususunda anlaşmışlardır.

END. 217 – BORU HATLARI, KABLOLAR VE BENZERİ TESİSAT DÖŞENMESİ AMACIYLA AÇILAN KANALLAR VE HENDEKLER TEMİNATI
Taraflar işbu poliçe ve ekli zeyilnamelerde yer alan diğer hükümler aynen geçerli kalmak şartıyla sigortacının; fırtına, yağmur, sel, seylap, kumların ve çamurların inşaat alanını kaplaması, erozyon toprak çökmesi gibi nedenlerle boru hatlarını kısmen veya tamamen açılması, döşeme hatlarının bozulması ve bu kanallara yerleştirilmiş boru ve benzeri tesisatın her bir hasarda km'ye kadar hasarlanmasına karşı tazminat ödeyeceğini kararlaştırmışlardır.

Sigorta ettiren, boru ağızlarını su baskınları set ve seylapta kapatacak ve içlerine çalışmaların durdurulduğu gece ve tatil günleri gibi zamanlarda su girmesini engelleyecek tapaları bulundurmakla yükümlüdür.

END.218 – BORULARIN DÖŞENMESİ SIRASINDA SIZINTI VE ÇATLAKLARIN SAPTANMA VE GİDERİLME TEMİNATI
Taraflar işbu poliçe ve ekli zeyilnamelerde yer alan diğer hükümler aynen geçerli kalmak şartıyla, aşağıda belirtilen hususların tazminat kapsamına gireceğini kararlaştırmışlardır.

a. Hidrostatik test ile sızıntı araştırma masrafları (test işlemleri için kiralanan ve kullanılan makina, işçilik ve nakliye masraflan dahil)
b. Kanal ve su yollarında görülmediği halde sızıntı, araştırma ve çatlakların saptanması çalışmaları için yapılması zorunlu olan toprak hafriyat ileri (örn. kazı işleri, döşenmiş boru hattının üzerinin açılması, dolgu vs.)

Ancak bu masraflar;

1. Tazmin edilebilir bir nedenle veya montaj sözlemesi kapsamında ya da hatalı yürütülmüş olan işe bağlı olarak meydana gelmiş olmalı,
2. Tüm kaynak bağlantılarının X ışınları ile kontrol edilmiş ve bir bölümünün saptanan hatalarını gerektiği şekilde düzeltilmiş olması koşulları altında ödenecektir.

Hatalı onarım ya da hatalı kaynaklama nedeniyle meydana gelecek giderler teminatın dışındadır.

Bu kloz ile tazmin edilebilecek giderler, her denemeye alınan bölümde en çok……. TL'ye kadar sınırlandırılmışlardır.

END.221 – KAR, YAĞMUR, SEL VE SU TAŞKINLARINA KARŞI ALINACAK ÖNLEMLER
Taraflar işbu poliçe ve ekli zeyilnamelerde yer alan diğer hükümler aynen geçerli kalmak şartıyla kar, yağmur, sel ve su taşkınlarının doğrudan veya dolaylı olarak sebebiyet vereceği maddi ve sorumluluk kayıp ve zararlarının, ancak plan ve projede yeterli önlemlerin alınmış olması ön şartıyla teminat kapsamı içine alınmasını kararlaştırmışlardır.

Önlemden kasıt, kuvvetli kar, yağmur, sel ve su taşkınlarının bölgesel meteoroloji yetkilileri tarafından en çok 20 yıla kadar uzanan dönüşüm sürelerini ve teminat süresi açısından önemli olacak istatistik verileri plan ve proje aşamasında dikkate alınmaktadır.

Sigorta ettiren tarafından şantiye içindeki su kanalları, akış menfezlerini su olsa da, olmasa da tıkayan

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

(kum, inşaat malzemeleri, ağaçlar gibi) nesnelerin zamanında uzaklaştırılmasından dolayı meydana gelecek kayıp ve hasarlar teminat dışıdır.

8.4.1.3 İki Müteahhidin Birbirlerine Karşı Sorumluluk Sigortası (Cross Liability)
Herhangi bir inşaat sahasında birden fazla müteahhit çeşitli işlerin yapımını üstlenmişler ise; bu taktirde bu şahısların yaptıkları faaliyetler nedeniyle birbirlerinin yaptığı işe zarar vermeleri tehlikesi doğabilmektedir. Örneğin RES projelerinde montaj taşeronu ile inşaat veya elektrik taşeronunun birbirlerinin yaptığı işe zarar vermesi buna en iyi örnek olabilir. Böyle bir durumda her taşeron veya yüklenicinin ayrı bir sigorta şirketine yaptığı işi sigortalatması yerine; işi alan ana yüklenici firmanın aynı sigorta şirketi nezninde sigortalanmaları tercih edilmektedir. Bütün müteahhitler aynı sigorta şirketine sigorta edildiği taktirde; birbirlerine rücu etmeleri ihtimalini bertaraf etmek için, çok cüzi bir primle sigorta teminatına önceden belirtilmiş bir sigorta bedeli ile "Cross Liability" yani karşılıklı sorumluluk teminatı maddesi eklenir. Bu kloz veya ayrı olarak yapıldığında sigorta edilmiş ve sigorta edilebilir kısımlarda meydana gelen zararlar ile müteahhitlerin çalıştırdığı işçilerin birbirlerinin kusurundan doğmak kayıt ve şartı ile uğrayacakları ölüm dahil her türlü bedeni zarar ve iş hastalıklarını teminat altına almaktadır. Ancak teminatın işleyebilmesi için bu işçilerin İşveren Mali Mesuliyet Sigortası (Employers Liability) ile ayrıca aynı limitlerle sigorta ettirilmiş olması şarttır. Sigortacının, sigortalanmış mallar üzerindeki sorumluluğu, ister tek bir sebepten ileri gelmiş olsun veya isterse bir seri kazalar sonucu meydana gelsin hiçbir şekilde önceden tayin edilmiş sigorta bedelini ve teminat limitini aşmamaktadır.

8.4.1.4 İşveren Mali Mesuliyet Sigortası
Uluslararası literatürde "Employers Liability" olarak adlandırılan İşveren Mali Mesuliyet Sigortası'nın temel amacı işverenin çalıştırdığı işçiyi sigortalı yapmasıdır. Bu mecburi sigorta ülkemizde Sosyal Sigortalar Kurumu tarafından verilmektedir. Sosyal Sigortalar Kurumu gibi kurumların bulunmadığı ülkelerde sigorta müteahhit tarafından ayrı olarak yapılmaktadır ve buna "Workmen Compensation Cover" denmektedir. Bununla beraber, işverenin mali sorumluluğu bununla bitmemektedir. Eğer herhangi bir işçi veya memur işyerinden veya işyerinde geçtiği sayılan nakil vasıtaları ile taşınmaları esnasında bir kaza sonucu ölür veya herhangi bir bedeni maluliyete uğrayacak olursa, Sosyal Sigortalarının ödeyeceği tazminat dışında, yargı mercilerinin vereceği karar ile işveren yüklü bir tazminata mahkum edilebileceği gibi, Sosyal Sigortaların rücu davası ile de karşı karşıya kalabilir. Bu gibi durumları bertaraf etmek için inşaat ve montaj sigortalarında İşveren Mal Mesuliyet sigorta teminatı satın alınması artık günümüzdeki projelerde genel bir durum halini almıştır. İşveren sorumluluğu, işçi ücretlerinin senelik toplamı üzerinden primi hesaplanan, tamamen ayrı bir sigorta sözleşmesinde ayrıca eklenen bir teminat şeklinde de verilebilmektedir.

8.4.2 Sigorta Yaptırırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar
RES ile ilgili herhangi bir konuda sigorta yaptırırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir

1. Sigorta sözleşmeleri, sigorta ettirenin/sigortalının beyan esasına göre düzenlenmektedir. Sigorta ettiren/sigortalı, poliçenin ihtiyaçlarını tam olarak karşılayacak şekilde sigorta şirketine bildirimde bulunmalıdır. Aksi takdirde, sigorta ettirenin beyanının gerçeğe aykırı veya eksik olması halinde, sigorta şirketi, sözleşmeyi daha ağır şartlarla yapabileceği gibi sigorta poliçesini de iptal etme hakkına sahiptir,

2. Sigorta poliçesi, sigorta ettiren/sigortalı ile sigorta şirketi arasında yapılan bir sözleşme olup, her iki tarafı da bağlayan hükümler içermektedir. Bu nedenle, tarafların yükümlülüklerinin öğrenilmesi için poliçe ve eklerinin mutlaka incelenmesi gerekmektedir,

3. Sigorta genel şartları, söz konusu sigorta ile temin edilen haller ve sigorta teminatı dışında kalan haller ile sigorta şirketine ve sigorta ettirene düşen görevler gibi temel konulara ilişkin düzenlemeleri açıklayan mevzuat olup, sigorta şirketleri tarafından sigorta ettirene verilmektedir. Satın alınan ürün hakkında ayrıntılı bilgi edinilmesi, sigorta yaptırılmadan önce ya da sigorta yaptırıldığı zaman söz konusu genel şartların, ileride karşılaşılabilecek sorunları en aza indirmek amacıyla sigorta ettiren tarafından çok iyi okunması gerekmektedir,

4. Sigorta poliçesi tarafından sağlanan teminatların kapsamı ile sigorta ettirene sağlanan güvencelerin neler olduğu konusunda tereddüte yer vermeyecek şekilde sigorta ettiren tarafından bilgi edinilmelidir,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

5. Sigorta şirketleri tarafından söz konusu genel şartlara ve varsa eklerine aykırı düşmemek, sigorta ettirenin aleyhine olmamak ve genel şartların teminatlarını daraltmayacak şekilde özel şartlar düzenlenmektedir. Dolayısıyla, özel şartlar hakkında sigorta ettiren tarafından bilgi sahibi olmak, ileride karşılaşılabilecek sorunları önlemek amacıyla büyük önem taşımaktadır,

6. Sigorta ettiren tarafından poliçe ve eklerinde yer alan tüm hükümler tamamıyla okunduğu halde, anlaşılmayan hususlar var ise, sigorta ettiren tarafından sigorta poliçesini düzenleyen kişilere sorulmalı, yeterince bilgi alınamadığı durumlarda ise, sigorta konusunda uzman bir avukata danışılmalıdır,

7. Sigorta teminatı, sigorta ücretinin tamamının veya taksitle ödenmesi kararlaştırılmış ise, ilk taksidin ödenmesiyle başlamaktadır. Sigorta teminatının başlayabilmesi için sigorta şirketine poliçede belirtilen prim tutarının, mutlaka sigorta ettiren tarafından ödenmesi gerekeceğinden poliçe teslimine rağmen prim ödenmemişse sigortacının sorumluluğu başlamamaktadır. Dolayısıyla, sigorta priminin sigorta ettiren tarafından zamanında yatırılması ve makbuzun saklanması gerekmektedir,

8. Sigorta şirketi ile sigorta ettiren, tesbit olunan bir miktara veya sigorta bedelinin belli bir yüzdesine kadar olan hasarların ya da hasarın belli bir yüzdesinin sigortacı tarafından tazmin edilmeyeceğini genel şartlara göre düzenleyebilmektedirler. Sigorta şirketi tarafından hasarın belli bir kısmının, sigorta ettirene paylaştırılmasına karşılık sigorta ettirenin ödeyeceği primden de indirim yapılmaktadır. Dolayısıyla, sigorta ettirenin hasar anında alacağı tazminat miktarını etkileyecek muafiyet ve müşterek sigorta uygulamasının avantaj ve dezavantajlarının sigorta ettiren tarafından çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

BÖLÜM 9

RES ÇEVRE ETKİLERİ

Sürdürülebilir gelişme, dünyadaki birçok ülkenin önemli hedeflerinden birisidir. 1987'de Brundtland Komisyonu tarafından gündeme getirilen bu kavram (sustainable development), ülkemizde de büyük yankı uyandırmıştır. Bilindiği gibi, fosil yakıtlı kaynakların atmosfere verdiği karbondioksit, sürdürülebilir gelişme için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Rüzgar enerjisinden herhangi bir emisyon atmosfere verilmemektedir. Rüzgar enerjisinin ekonomik analizi yapıldığında, sermaye masrafları, işletme giderleri, sigorta, teçhizat vb gibi kalemler toplanır ve maliyet hesaplanarak birim kWh elekrik tarifesi bulunur. Bu durumda rüzgar veya diğer yenilenebilir kaynaklar diğer enerji kaynakları ile rekabet edemez gibi görülebilir. Fakat yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye olan etkileri gözardı edilmemelidir. Normalde bu olumlu etkiler elektrik tarifesini yansıtmamaktadır. Uluslararası literatürde görünmeyen bu maliyetlere "externalities of energy generation" denmektedir. Türkçe dışsal maliyetler olarak çevrilebilecek bu maliyetler, 3. şahıslar yani gelecek nesiller tarafından ödenecektir. Dışsal maliyetler, elektrik tarifesinde hiçbir zaman görünmemektedir. Dışsal maliyetler, çevresel ve çevresel olmayan olarak 2 kısma ayrılabilir. Çevresel maliyetler, insan sağlığı, iş hastalığı, estetik huzursuzluk, ekolojik etkenler ve iklim değişikliği olarak; çevresel olmayan maliyetlere ise, sübvansiyonlar, teşvikler, Ar-Ge maliyetleri örnek verilebilir. Bu bölümde rüzgar türbinleri ve rüzgar elektrik santrallarının çevre üzerindeki etkilerinden bahsedilecektir.

9.1 Gürültü

Rüzgar türbinleri, farklı aerodinamik ve mekanik sebeplerden dolayı gürültü çıkarır. Gürültü konusu, rüzgar enerjisi mühendisliğinin en önemli konularından birisidir. Gürültü, istenmeyen ses olarak tanımlanmaktadır. Gürültünün insanlar üzerinde ise 3 türlü etkisi bulunmaktadır. Bunlar:

- Telaş, sıkıntı veya hoşnutsuzluk,
- Uyku, konuşma ve öğrenme gibi aktivitelerin bozulması,
- Duyma bozukluğu gibi fizyolojik etkilerdir.

Sesler, büyüklük ve frekansları ile ölçülmektedirler. Düşük şiddette fakat yüksek frekansta veya yüksek şiddette ama düşük frekansta da olabilir. İnsan kulağı geniş bir aralıktaki şiddet ve frekanstaki sesi duyabilir. Ses dalgaları büyüklük (dalgaboyu, λ) ve frekans (f) ve hız (v) ile karakterize edilir.

$$V=f\lambda$$

Sesin hızı, ilerleyişini yaptığı ortama bağlı olarak da değişmektedir. Yoğun ortamlarda daha hızlı hareket etmektedir. Ses, istenmediği zaman gürültü halini alır. Sesin güç seviyesi ve basınç seviyesi vardır. Sesin güç seviyesi, sesin kaynağıdır ve kaynak tarafından yayılan toplam akustik güçtür. Ses basıncı ise, sesin özelliğidir. Kaynağın güç seviyesi (L_w), desibel (dB) birimindedir ve

$$L_w= 10\log_{10}(P/P_0)$$

ile verilmektedir. P, kaynağın ses gücüdür ve P_0 referans ses gücüdür (ve genellikle 10^{-12} Watt olarak alınır). Ses basınç seviyesi, Lp, (dB) birimindedir ve

$$L_p= 20\log_{10}(P/P_0)$$

eşitliği ile verilmektedir. P, efektif ses basıncıdır, P_0 referans ses basıncıdır (20×10^5 Pa olarak alınır). Normalde, RES'lerden meydana gelen gürültü diğer elektrik santrallarından meydana gelen gürültü ile kıyaslanmayacak durumdadır; ancak insanların doğrudan üretim yapan üniteye (rüzgar türbini) karşı karşıya muhatap olduklarından bu gürültü onlar tarafından rahatlıkla. RT teknolojisi geliştikçe, daha sessiz çalışmaktadır ve kanat profili daha verimli hale getirilerek hem rotasyonel enerjinin daha fazla rüzgar enerjisine çevrilmesi, hem de gürültünün azalmasına doğru gidilmektedir.

9.1.1 RT'lerin Gürültü Kaynakları

RT'ler çok küçük kurulu güçlerden yüksek kurulu güçlere kadar çeşitli boyutlarda elektrik üretimi yapmaktadır. Birçok RES yerleşim bölgelerine uzak yerlere yapılırken; Avrupa'daki bazı RES'ler

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

yerleşim bölgelerine yakın yerlerdedir. Bu tip RES'lerde gürültü duyulabilir. Bununla beraber son yıllardaki RES'lerde gürültü problemi çözülmüştür ve rüzgar türbinleri oldukça sessiz çalışmaktadır. RT'den genellikle gürültü çıkaran 4 türlü bileşen vardır. Bunlar tonal, genişbant (broadband), düşük frekans ve darbeli (impulsive).

Tonal: Farklı frekanslardaki gürültüler için kullanılan bu terim RT'lerde aerodinamik olmayan bozulumların kanat yüzeyi ile yaptığı etkileşimden dolayı meydana gelir.

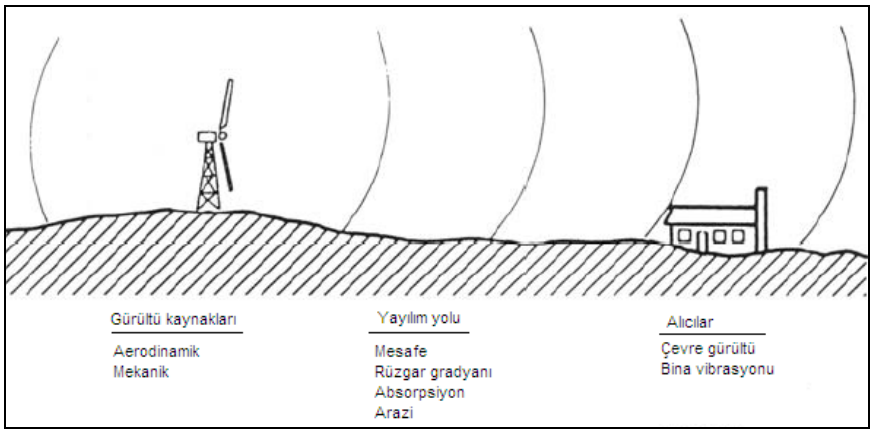
Genişbant: Ses basıncının 100 Hz frekansından büyük olarak sürekli dağılımından meydana gelir. RT kanatlarının atmosferik türbülans ile etkileşimden meydana gelir.

Düşük frekans: Gürültü frekansları 20 ile 100 Hz arasında değişen RT'lerin kule etrafındaki hava akışı nedeniyle oluşan gürültüdür.

Darbeli (Impulsive): Zamanla değişen ve ani olarak meydana gelen gürültüdür. Genellikle hamleli ve ani rüzgar akışlarında meydana gelir.

RT'lerden meydana gelen gürültünün temelde 2 kaynağı bulunmaktadır, aerodinamik ve mekanik. Mekanik gürültünün temel kaynakları dişli kutusu ve jenetatör iken; aerodinamik gürültü kaynağı ise, hava akışı ve kanatlar arası etkileşimdir. Mekanik ve aerodinamik gürültü kaynakları izleyen sayfalarda açıklanmıştır.

RT'lerden oluşan gürültünün çevreye etkileri ile ilgili olarak Şekil 9.1'e bakmak gerekmektedir. İnsanlar, RES'lerden gelen gürültü üç parametreye bağlıdır. Bunlar, gürültü kaynakları, propagasyon (yayılma) ve alıcılar olarak sınıflandırılabilir..



Şekil 9.1. RT gürültü kaynakları.

RT'nin gürültü emisyon karakteristikleri olarak tonalite, oktav, spektrum ve ses güç seviyesi sayılabilir. 2.5 MW kurulu gücünde bir RT'ye ait ses güç seviyesi Tablo 9.1 ile verilmiştir. Burada hub yüksekliği 100 m olarak kabul edilmiştir.

Tablo 9.1. Hub yüksekliği ve dB cinsinden değerler.

Hub yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s)	**Lwa (dB)**
<4	<96
4	<96
5	<96
6	96,3
7	99,6
8	102,5
≥ 9	105,0

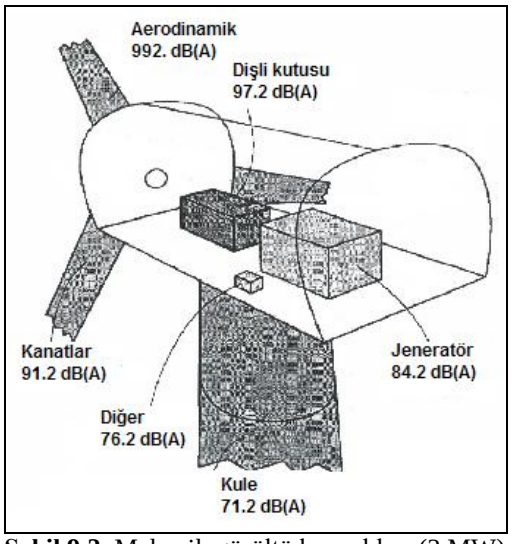
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

100 metre yükseklikteki gürültünün 10 m yükseklikten duyulabilme formülü aşağıda verilmiştir. Burada logaritmik rüzgar profil kabulu yapılmıştır ve yüzey pürüzlülüğü z_o=0.03 m olarak alınmıştır.

$$V1_{0m} = V_{hub} \frac{\ln(10m / z_0)}{\ln(Hubyüksekliği / z_0)}$$

Mekanik Gürültü

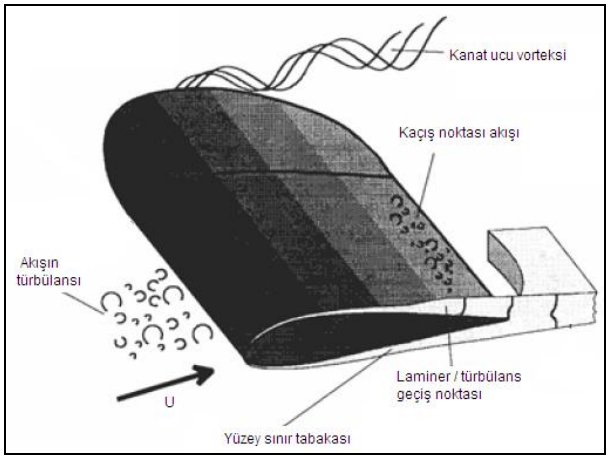
Mekanik gürültü, mekanik aksamın hareketinden meydana gelmektedir. RT'lerde bunlar dişli kutusu, jeneratör, sapma sistemi, soğutma fan motorları ve hidrolik motorlarıdır. Kule, göbek ve pervanede hoparlör gibi davranarak oluşan mekanik gürültüyü yayabilmektedir. Gürültünün iletim işlemi sırasında hem havadan hem de yapı yoluyla olabilmektedir. Hava yolu ile iletim, gürültünün ekipman yüzeyinden doğrudan havaya karışması ile meydana gelmektedir. Yapı yolu ile gürültünün iletimde ise, gürültü havaya iletiminden önce kule, nasel gibi yapıların üzerinden ilerlemektedir. Şekil 9.2 ile 2 MW kurulu gücünde bir RT'den meydana gelen mekanik gürültünün kaynakları gösterilmektedir.



Şekil 9.2. Mekanik gürültü kaynakları (2 MW).

Aerodinamik Gürültü

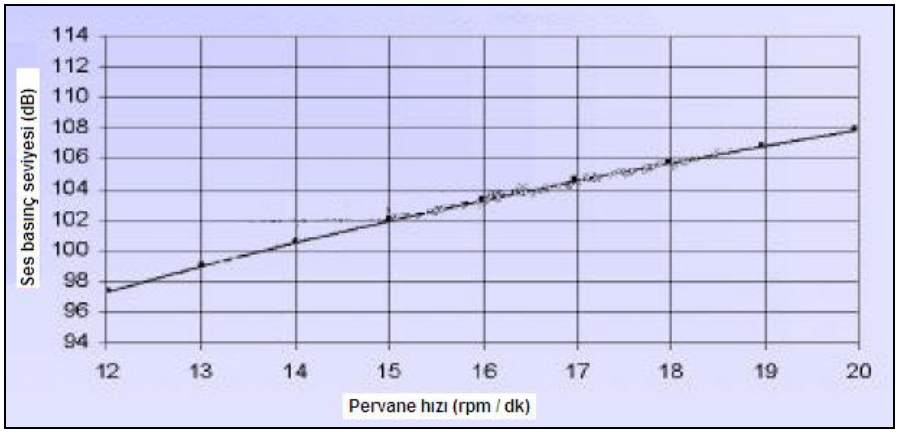
Aerodinamik gürültünün kaynağı, kanadın etrafındaki hava akışıdır. RT kanadının etrafında oldukça kompleks hava akışları meydana gelir. Aerodinamik gürültü, pervane hızının artışı ile doğru orantı göstermektedir ve insanların duyduğu RT'den meydana gelen gürültünün kaynağını teşkil etmektedir. Şekil 9.3 ile aerodinamik gürültü kaynakları gösterilmiştir.



Şekil 9.3. Aerodinamik gürültü kaynakları.

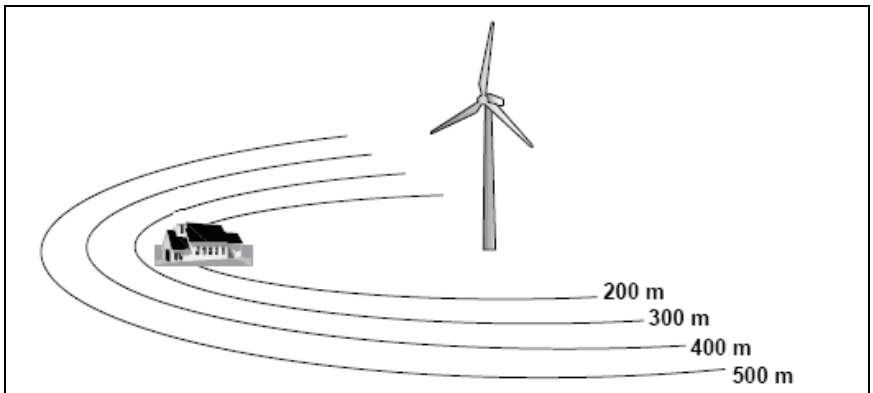
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kanat gürültüsü (impulsive blade noise), RT'den aerodinamik ana gürültü kaynağıdır. Şekil 9.4 ile 3 MW kurulu gücünde bir RT'ye ait pervane dönüş hızı ile ses basınç seviyesi ve dolayısıyla gürültü arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 9.4. Pervane dönüş hızı ve gürültü.

Şekil 9.5 ile 600 kW ve 2 MW kurulu güçlerinde 2 adet RT'ye ait mesafe ve bu mesafede duyulan gürültünün desibel cinsinden seviyeleri görülmektedir. Şeklin altındaki tablodan da görüleceği gibi, 600 kW ile 2 MW RT'den gelen gürültü seviyesi arasında çok az bir fark bulunmaktadır. RT tekkolojisindeki gelişim burada da kendini göstermektedir.

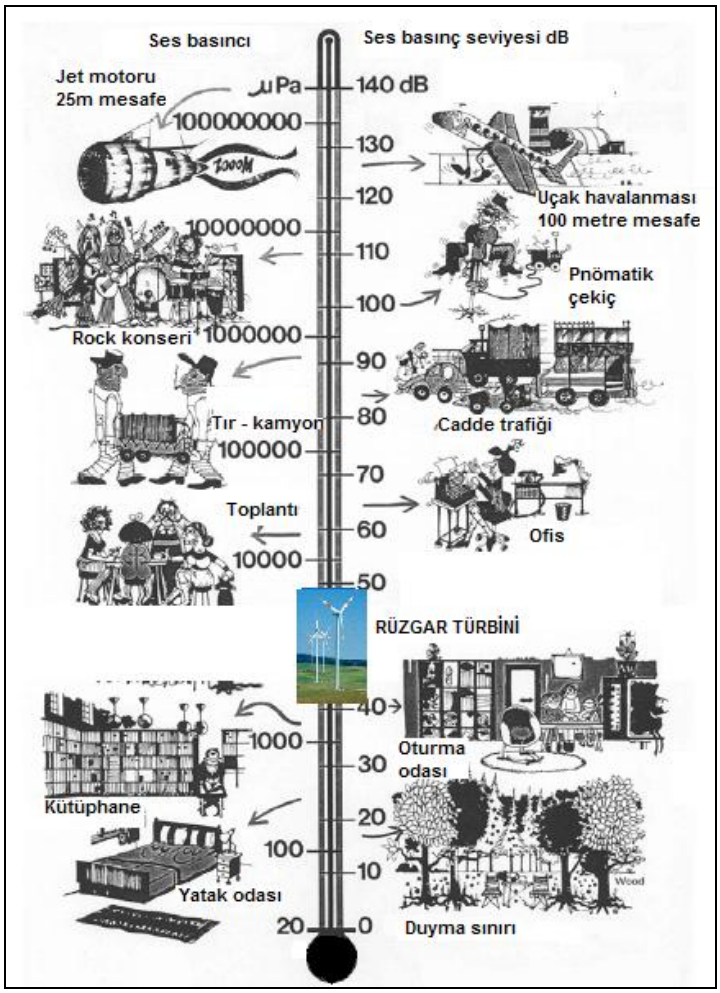


Rüzgar Türbini	200 m	250 m	300 m	500 m
600 kW	46.5	44.4	42.7	37.4
2 MW	47.0	44.9	43.2	37.9

Şekil 9.5. Farklı RT mesafe ve gürültü seviyesi.

RT'den meydana gelen gürültünün kıyaslanabilmesi için Şekil 9.6 incelenmelidir. Duyma sınırından başlayarak en üst sınır olan jet motoruna 25 metre mesafe arasındaki skalada hem desibel hem de basınç seviyeleri görülmektedir. RT'den gelen gürültü ev oturma odasından biraz yüksek olmakla beraber, normal bir ofis gürültüsünden daha aşağıdadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 9.6. Çeşitli kaynakların gürültü seviyeleri.

Tablo 9.2'de benzer bir sınıflandırmayı göstermektedir.

Tablo 9.2. Gürültü seviyeleri.

Gürültü Kaynağı	**Kaynaktan Olan Mesafe (m)**	**Gürültü Seviyesi (dB)**	**Çevresel Kıyaslama**	**Etki**
Sivil savunma sireni	140			Çok güçlü gürültü
Jet kalkışı	61	120		Çok güçlü gürültü
Cankurtaran sireni	31	90	Rock Konseri	Fazla gürültü
Nakliye treni	15	80	Baskı makinası	Gürültülü
Pnömatik matkap	15	80	Baskı makinası	Gürültülü
Otoyol trafiği	31	70		Gürültülü
Vakum temizleyici	31	60	Kalabalık ofis	Daha az gürültülü
Hafif trafik	31	50	Küçük Ofis	Gürültü
RT< 1MW	**200**	**49**		**Hafif gürültü**
RT> 1 MW	**300**	**45**		**Hafif gürültü**
Büyük trafo	61	40		Hafif gürültü
Fısıldama	2	30		Hafif gürültü

Tablo 12.2'den de görüleceği gibi, 1 MW'tan büyük bir RT için 200-300 m mesafe gürültü için yeterlidir. 1 MW'tan büyük bir RT 8 m/s'de, 100 dB civarında bir gürültü seviyesine sahiptir. Desibel skalası, RT'ler yanyana yerleştirilirken dikkat edilmelidir. 1 MW kurulu gücünde bir RT'de 100 dB ise, ikinci RT'yi monte edildiğinde gürültü seviyesi sadece 3 dB artacaktır. Gürültünün bağlı olduğu diğer bir faktörde zamandır. Rüzgarın esmesine göre gürültü de değişebilmektedir. Çok iyi rüzgar

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

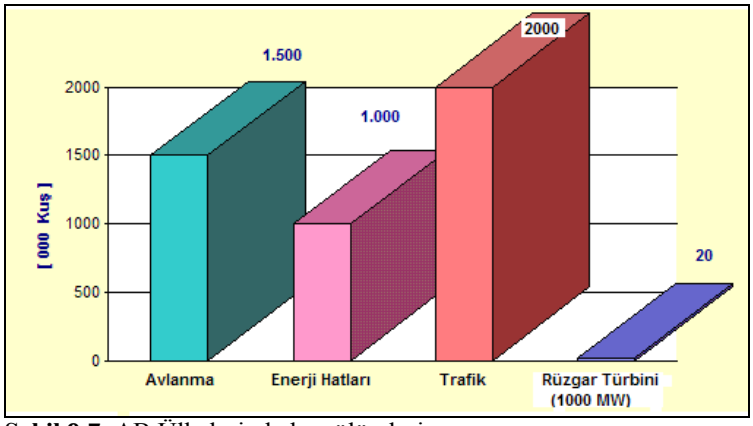
potansiyeline sahip bir sahanın, %40 kapasite faktörü veya yılda 3000 saat işletmeye denk geldiği göz önüne alınmalıdır.

9.2 Kuş Zaiyatı

Rüzgar türbinlerinin eleştirilen olumsuz çevre etkilerinden birisi de, kuş ölümlerine sebebiyet vermesidir. Bununla beraber yapılan araştırmalar, rüzgar kaynaklı enerji üretiminde çevredeki yabani ve evcil hayvanlar için iddia edildiği gibi bir olumsuz etki yaratmadığı saptanmıştır. RT'ler yüzünden meydana gelen kuş ölümleri, kuşların RT kule ve özellikle de kanadına çarparak meydana gelmektedir. Bird Life isimli kuruluşun 2003 yılında yaptığı bir araştırmaya göre, RT'lere 600 m kala civardaki kuşların sayısında azalma meydana gelmektedir.

9.2.1 AB Ülkelerinde Kuş Zaiyatı

Çevre bilincinin oldukça yüksek olduğu AB Ülkelerinde kuş ölümleri ile ilgili hassasiyet yüksektir. İspanya La Tarifa'daki RES'tede akbaba ölümleri görülmüştür. Bu saha, kuşların göç yolu üzerinde bulunmaktadır. Bu örnek aslında RT'lerin kötü yerleşimi ve çevre planlamasındaki hataları işaret etmektedir. Almanya ve Danimarka'daki RES'ler bu durum için en iyi örnektir. Doğru planlama ve RT yerleşimi sayesinde çok fazla kuş ölümü görülmemektedir. AB Ülkelerinde yapılan bir araştırma sonuçları Şekil 9.7 ile verilmiştir.

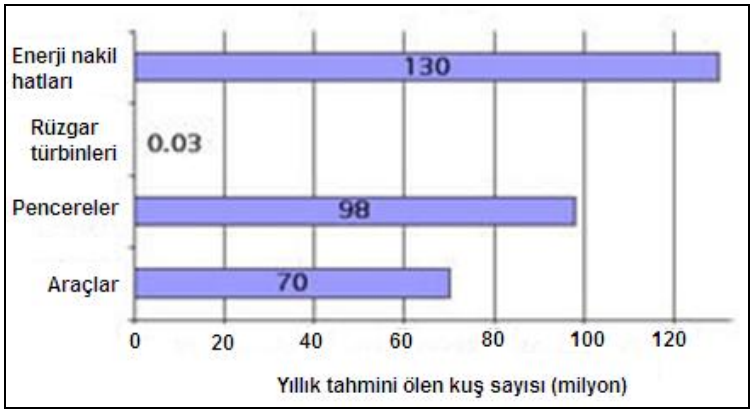


Şekil 9.7. AB Ülkelerinde kuş ölümleri.

Şekil 9.7'den de görüldüğü gibi, RT'lerden meydana gelen kuş ölümleri, trafik ve avlanma sebebi ile meydana gelen kuş ölümleri ile kıyaslanmayacak derecededir.

9.2.2 ABD'de Kuş Zaiyatı

ABD'de kuş ölümleri ile ilgili bilinen en dramatik olaylar California Altamont Pass'ta bulunan RES'lerde meydana gelmiştir. 1984-1988 arasında California'da 99 kuş ölümü gerçekleşmiştir. Altamont Pass'ta bulunan RES dünyadaki en yoğun şekilde sıralanmış RT'lerin bulunduğu santraldır. Ayrıca bu RES'te farklı kurulu güç ve dolayısıyla boylarda RT'ler bulunmaktadır. Şekil 9.8 ile ABD'de meydana gelen kuş ölümlerinin nedenleri görülmektedir.



Şekil 9.8. Amerika'da kuş ölümleri.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

9.3 Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı açısından sahaya RES yapıldığında sahanın mevcut ve gelecekteki kullanımının nasıl etkileneceğine de dikkat edilmelidir. RES proje geliştiricisi saha kullanımı ile ilgili hususlara çok dikkat etmelidir. RES sahası, tarım, hayvancılık (mera olarak kullanım) gibi hususlara açıktır. RES sahasının mera ile birlikte kullanımı Şekil 9.9 ile verilmiştir.

Şekil 9.9. RES'in mera ile beraber kullanımı

Özellikle Almanya ve Hollanda'daki RES sahalarının çoğu çiftçilere aittir ve RT'nin altında rahatlıkla tarım faaliyetlerini sürdürebilmektedirler (Şekil 9.10).

Şekil 9.10. Tarım ile RES ile beraber kullanımı.

RES sahasında ağaçlandırma faaliyetlerine de devam edilebilir (Şekil 9.11).

Şekil 9.11. Ağaçlandırma ile RES ile beraber kullanımı.

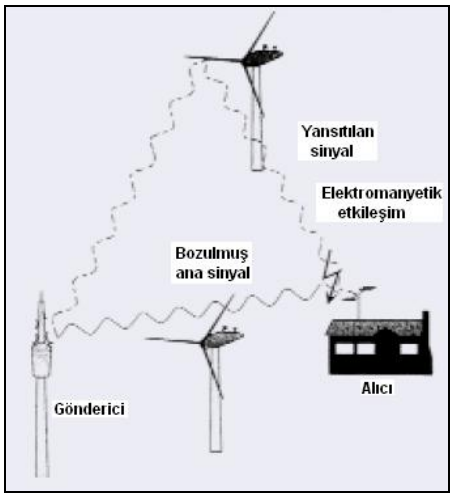
RES proje sahasının bütünü düşünüldüğünde aslında sahanın %4-%5 civarı kullanıldığı görülür. Yani sahanın geri kalan %96-%95 kısmı diğer aktivitelere açıktır. Avrupa'daki birçok RES proje sahası yerleşim yerlerine yakındır. Özellikle Almanya ve Hollanda'da bunun örnekleri sıklıkla görülmektedir. Bu iki ülke nüfusu, bir bölgede yoğunlaşma yerine ülkeye homojen bir şekilde yayılarak yerleşim merkezleri oluşturmuştur. Bu yüzden bazı Avrupa Ülkeleri'nde arazi kullanımı ve gürültü ile ilgili kurallar çok sıkıdır. Ülkemiz gibi, nüfusun belirli bölgelerde yoğunlaştığı ülkelerde arazi kullanımı ve gürültü büyük bir sorun teşkil etmemektedir. Şekil 9.12 ile Hollanda'da yerleşime oldukça yakın bir RT görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 9.12. Yerleşime oldukça yakın bir RT.

9.4 Elektromanyetik Etkileşim

Alıcı veya verici gibi elektromanyetik dalga ile çalışan sistemlerin yakınında ister hareketli olsun, isterse de hareketsiz büyük bir yapı bulunduğunda etkileşim söz konusu olabilmektedir. RT'ler elektromanyetik dalga yayan iletişim sistemlerinde bazı etkilerde bulunabilirler. Bu etki, RT kanadı yüzünden meydana gelmektedir. RT kanadı döndüğünden gelen sinyallere çarparak yönünün değişimine sebep olmaktadır (Şekil 9.13).



Şekil 9.13. Elektromanyetik etkileşim.

Bununla beraber uygulamaya bakıldığında özellikle Almanya'da RT'lerin gerek evlere ve gerekse de havaalanı, radyo link istasyonu gibi yerlere yakın olduğu dikkati çekmektedir ve herhangi bir sorun görülmemektedir.

9.5 Toplumun Rüzgar Enerjisine Bakışı

Rüzgar enerjisi, toplum tarafından çoğunlukla pozitif olarak görülmektedir. Toplum genel olarak çevre ile dost teknolojilere daha sıcak bakmaktadır. İklim değişimi gerçeği, enerjide dışa bağımlılığın azalması ve bedava hammadde rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına olan sempatiyi artırmaktadır. Geleneksel enerji üretim ve tüketiminin çevre üzerinde yerel, bölgesel ve hatta küresel ölçekte olumsuz etkilere neden olması toplum tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi ve sempatiyi artırmaktadır.

RES proje gelişimi süresinde de yerel ahaliyi aktif olarak katılımının sağlanması aşağıdaki açılardan büyük önem taşımaktadır:

- Yerel ahali tarafından bilgi paylaşımı olur ve bilgi paylaşımı önemli geri beslemelere neden olarak proje için önemli kazanımlar sağlar,
- İzin ve onay prosedürü hızlanır,
- Bölgede yaşayanların projeye inanması ve merak duyması halkın çevre bilincinin oluşmasında olumlu etki yapar.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Enerjinin toplum tarafından algılanması ile ilgili AB Araştırma Direktörlüğü tarafından Nisan 2002 yılında bir çalışma yaptırılmıştır. Bu çalışma da 16000 kişi ile görüşülmüştür. AB-15 ülkede yapılan bu çalışma özellikle rüzgar enerjisi için yapılmamıştır fakat çok çarpıcı sonuçlar bulunmuştur. Bu sonuçlar Tablo 9.3 ile gösterilmiştir.

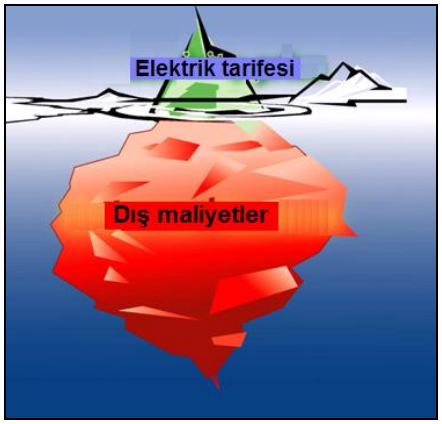
Tablo 9.3. AB ülkeleri anket sonuçları.

AB ülkelerinin enerjisinin %50'den fazlası kömürden karşılanmaktadır.	
Evet biliyorum	%21
Hayır sanmıyorum	%49
Fikrim yok	%31
AB ülkelerinin enerjisinin %15'ten fazlası nükleerden karşılanmaktadır.	
Evet biliyorum	%55
Hayır sanmıyorum	%16
Fikrim yok	%29
AB Ülkelerinin enerjisinin %15'ten fazlası rüzgar, hidroelektrik ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan gelmektedir.	
Evet biliyorum	%30
Hayır sanmıyorum	%43
Fikrim yok	%27

Bu araştırma göstermiştir ki AB ülke vatandaşlarının, %49'u enerji üretimini %50'sinden fazlasının kömürden üretildiğini bilememiştir. Bununla beraber %55'i nükleer enerji konusunda haklı çıkmıştır.

9.6 Enerjinin Sosyal Maliyeti

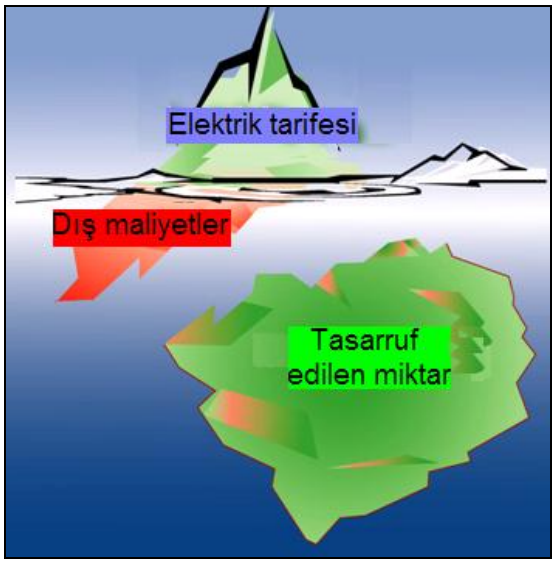
RES yatırımlarına verilen teşvikler, bazen tartışmalara yol açabilmektedir. Diğer enerji kaynaklarından daha yüksek tarifeye sahip olması RES elektriğinin pahalı olduğu kuşkusunu uyandırmaktadır. Bununla beraber, elektrik tarife fiyatının üzerinde toplumsal maliyetler dahil edilmemektedir. Bu tip maliyetler, sağlık, vergi ve çevresel maliyetler de kendini göstermektedir. Rüzgar enerjisi, gittikçe geleneksel enerji kaynakları ile rekabet edebilir hale gelmektedir. Aslında fosil yakıtlı enerji kaynaklarından üretrilen elektrik tarife içerisindeki dışsal maliyetler görünmemektedir (Şekil 9.14). Buzdağının görünen kısmı sadece elektrik tarifesidir, sosyal ve çevre etkileri ihmal edilmektedir.



Şekil 9.14. Tarife ve görünmeyen dışsal maliyetler.

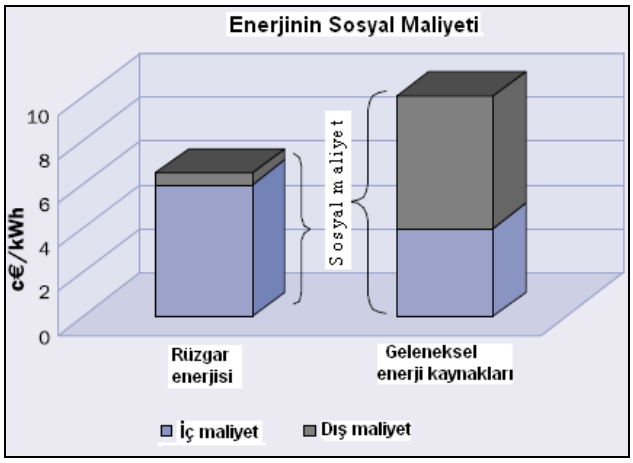
Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik santrallarında ise, dışsal maliyetler çok düşük olduğundan tasarruf edilen miktar oldukça yüksektir. Fakat bu durum da elektrik tarifesi üzerinde görülmediğinden göz ardı edilmektedir (Şekil 9.15).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



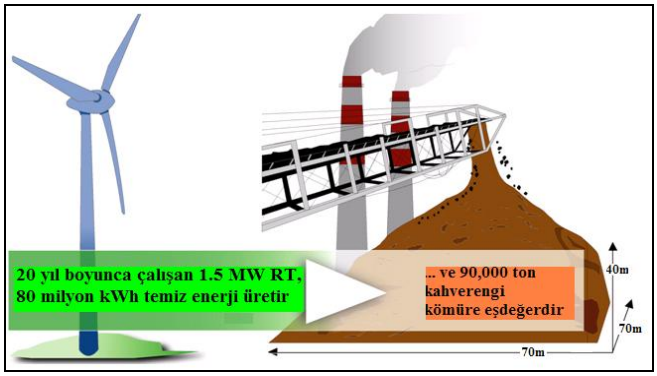
Şekil 9.15. Rüzgar enerji tarifesi ve tasarruf edilen miktar.

AB Ülkelerinde yapılan bir çalışmada geleneksel enerji kaynakları ile rüzgar enerjisinin sosyal maliyeti konularak gerçek maliyet hesaplanmış ve Şekil 9.16 ile görülen sonuç bulunmuştur.



Şekil 9.16. Enerji üretiminin sosyal maliyeti.

1.5 MW kurulu gücünde bir RT'den ekonomik ömrü olan 20 yıl boyunca 80 milyon kWh temiz enerji üretilebilmektedir ve Şekil 9.17'den de görüldüğü gibi, bu rakam 90000 ton kahverengi kömüre eşdeğerdir.



Şekil 9.17. RT üretimi ve eşdeğer kömür miktarı.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

9.7 Emisyonlar

Geleneksel enerji kaynaklarını kullanarak elektrik üretimi yapılan santrallardan atmosfere verilen en önemli emisyonlar CO_2, NO_x, SO_2 ve PM10'dur (10 mikronluk küçük partiküller). Emisyonlar, genellikle kullanılan yakıta göre değişmektedir. CO_2 emisyonları karbon içeren yakıtlarda; SO_2 sülfür içeren yakıtlarda, NO_x ise, yakıttan ziyade havanın yanması sürecinde oluşan nitrojenden oluşmaktadır. CO_2 emisyonu filitreleme veya herhangi diğer bir yöntemle azaltılamamaktadır. SO2, sülfürizasyon ünitesi veya filtresi kullanılarak azaltılabilmekte iken; NO_x ancak düşük sıcaklıkta yanma veya denitrifikasyon ünitesi kullanımı ile azaltılabilmektedir. Rüzgar enerjisinin çevre açısından en önemli avantajı herhangi bir emisyon yaymasıdır. Amerika Rüzgar Enerjisi Birliği tarafından yapılan bir çalışmada global iklim değişimindeki en önemli kirleticiler olan CO_2, SO_2 ve NO_x emisyonları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Tablo 9.4, bu çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 9.4. Birim kWh başına emisyon miktarı.

Yakıt	**CO_2 (pound)**	**SO_2 (pound)**	**NO_x (pound)**
Kömür	2.13	0.0134	0.0076
Doğalgaz	1.03	0.000007	0.0012
Fuel-oil	1.56	0.0112	0.0021
Rüzgar	0	0	0

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

BÖLÜM 10

RÜZGAR ENERJİSİ DİĞER UYGULAMALAR

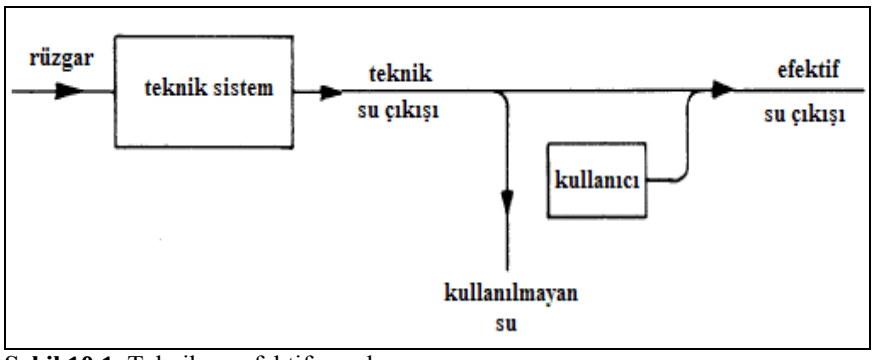
Bu kitabın konusu, daha çok büyük güçlü elektrik santrallarından olan üretime yönelik modern rüzgar türbinleri ile yapılan üretim olmasına karşın; rüzgar enerjisinin diğer kullanım alanlarından da bahsetmek gerektiği düşünülerek bu bölüm hazırlanmıştır. Bu bölümde, rüzgar enerjisinden su çekme amaçlı kullanılan sistemler, küçük güçlü elektrik üretimi ve ada elektrik üretim (stand alone system) amaçlı kullanılan küçük sistemler, güneş, dizel ile birlikte kullanılan hibrid sistemler üzerinde durulacaktır.

10.1 Rüzgar Su Çekme Sistemi (Windpumping)

İngilizce "wind pumping" olarak bilinen bu sistemler bu kitapta rüzgar-su çekme sistemi olarak; windmill olarak bilinen ve tahıl öğüten sistemler ise yel değirmeni olarak anılacaktır. Asya'da en az 1500 yıldır, Avrupa'da 500 yıldır ve Amerika'da 19. yüzyıldan bu yana su çekme amacına yönelik sayısız yel değirmeni kullanılmıştır. Günümüzde de bu tip sistemlerin kullanımı çok yaygındır.

Rüzgar su çekme sistemleri planlanırken önemli olan ne kadar suya ihtiyaç olduğu ve bunu müteakip gerekli pervanenin tasarlanmasıdır. Rüzgarın değişken bir meteorolojik parametre olduğu düşünülürse, güç ve talebin ayarlanmasının pek de kolay olmadığı anlaşılır. Örneğin, güçlü rüzgarlarda su tankını taşıracak kadar su çekebilirken; zayıf rüzgarlarda çiftçi için az su gelebilmektedir, ayrıca çiftçinin su ihtiyacı da mevsimler ve bitkinin gelişimi gibi nedenlerden dolayı değişkendir.

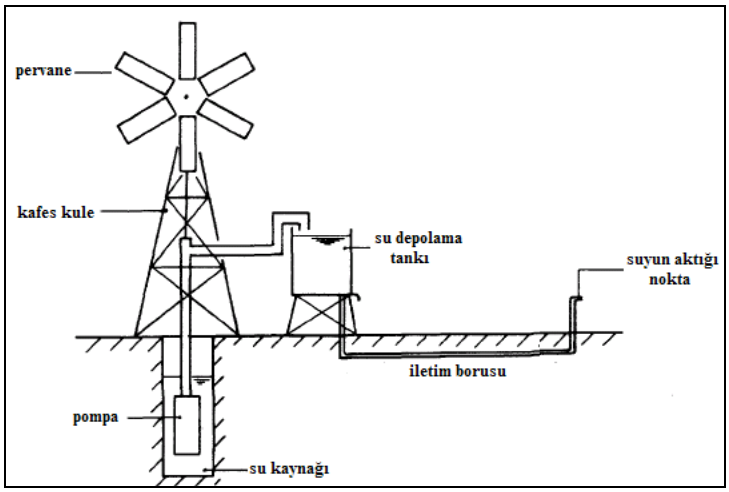
Herhangi bir bölgenin rüzgar potansiyeli biliniyorsa, verilen yel değirmeninin teknik çıkışı hesaplanabilir. Teknik çıkıştan kasıt, rüzgarın yerin altından çıkarabileceği su miktarıdır. Efektif çıkış (effective output) ise çiftçinin kullandığı su miktarıdır ve çiftçinin su ihtiyacına bağlı olarak değişim göstermektedir. Örneğin çiftçi hasat dönemi boyunca suya gereksinim duymayabilir. Teknik ve efektif su çıkışı arasındaki ilişki Şekil 10.1 ile verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, rüzgar su çekme sisteminin ilk girdisi, rüzgardır. Rüzgarın sistemden (pervane+dişli kutusu+borular+piston) çıkardığı teknik su çıkışının belli bir miktarı kullanılmayabilir. Kullanıcı (çiftçi) tarafından toplama havuzundan alarak tarlasının sulamasında kullandığı su ise, efektif su çıkışıdır.



Şekil 10.1. Teknik ve efektif su çıkışı.

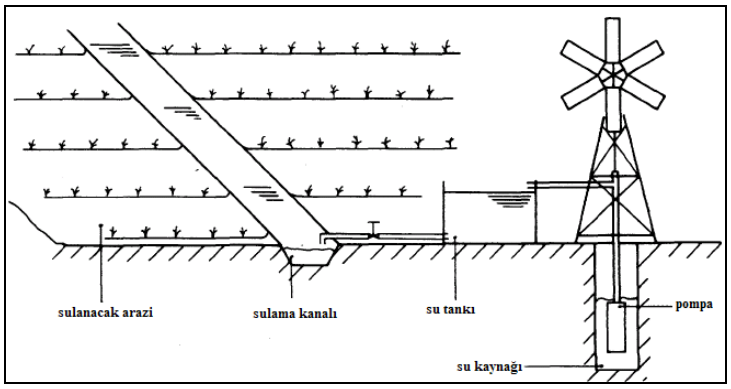
Efektif su çıkışı, yerel şartlar ve su değirmeninin kullanış amacına göre değişmektedir. Rüzgar su çekme sistemi dendiğinde, sadece görünen mekanik aksam (yel değirmeni) akla gelmemelidir. Yel değirmeninden başka su kaynağı, suyu çekmek için kullanılan pompa ve pistonlar, su depolama tankı, suyun dağıtımını sağlayan dağıtım borusu ve sulanan bölge kastedilmektedir (Şekil 10.2).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 10.2. Rüzgar-su çekme sistemi.

Şekil 10.3 ile rüzgar su çekme sistemi, sulama yapılan kanal ve sulanacak alan ile beraber daha genel olarak görülmektedir. Sistem bir bütün olarak tasarlanmalıdır ve sistemin ekonomik olabilmesi için dikkatli bir tasarım yapılmalıdır.



Şekil 10.3. Sistemin genel görünüşü.

Bu tip sistemlerde planlanması gereken ilk şey, ihtiyaç duyulan su miktarının belirlenmesidir. Sistemin yatırım tutarı ve enerji üretimi (suyun istenilen yüksekliğe çıkarılabilmesi için gerekli enerji miktarı) pervane alanının büyüklüğüne göre değişmektedir. Efektif su çıkışı belirlendikten sonra, gereken su miktarı da belirlenir. Belirlenen hacimdeki suyun çıkarılabilmesi için gerekli enerji miktarının belirlenmesi gerekmektedir. H yüksekliğindeki bir yerden suyu çıkarabilmek için gerekli enerji miktarı aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

$$E = \rho g H Q \text{ (Joule)}$$

Eşitlikte kullanılan parametreler aşağıda açıklanmıştır:

E: Gerekli hidrolik enerji (Joule),
ρ: Suyun yoğunluğu (1 kg/m^3),
g: Yerşekimi kuvveti (9.81 m/s^2),
H: Toplam yükseklik (m),
Q: Su miktarıdır (m^3).

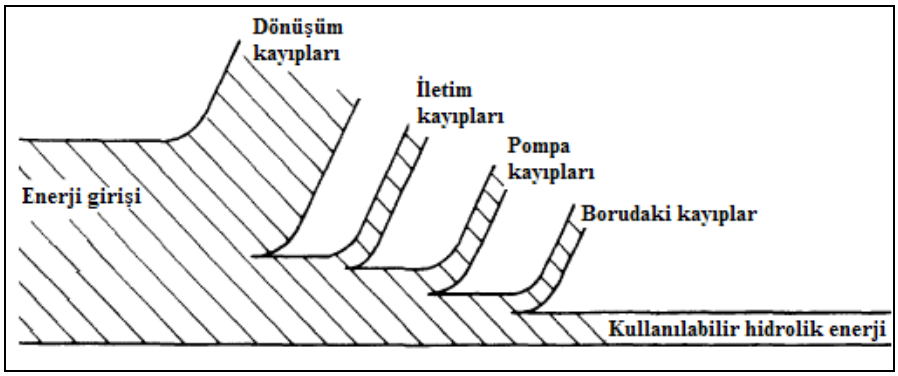
Eşitlikten de anlaşılacağı gibi, su hacmi 2 katına çıktığında, gerekli enerji miktarı da 2 katına çıkacaktır. Rüzgar su çekme sisteminde kWh ile MJ birimleri birbirine eşittir. Eğer özellikle hidrolik enerji göz önüne alınıyorsa, h alt indisi kullanılmaktadır ve kWh_h olur.

$$1 \text{ kWh} = 367 \text{ m}^4$$

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

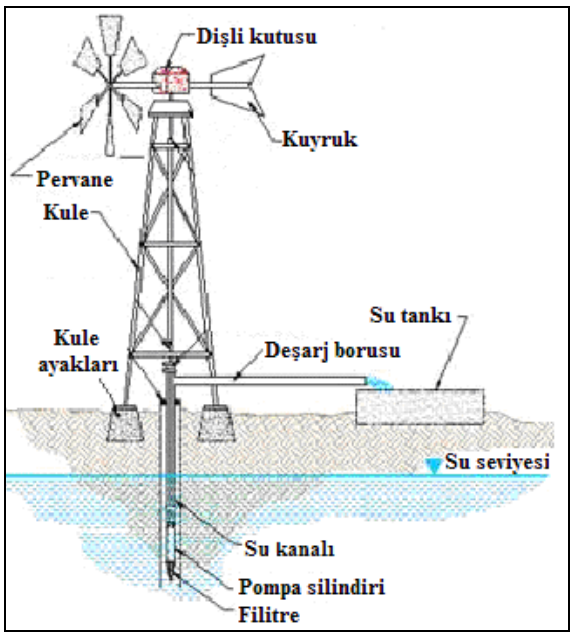
Yukarıdaki eşitlik bize, 1 metre yükseklikten 367 m^3 hacim su çekilişini veya 10 metre yüksekten 36.7 m^3 veya 100 metre yükseklikten 3.67 m^3 su çıkarılması demektir (1 kWh = 3.6 MJ).

Pratikte yukarıda yazılan enerji miktarından daha büyük enerji gerekmektedir. Şekil 10.4 ile rüzgar su çekme sistemindeki enerji kayıpları görülmektedir. Giriş enerjisi, gerekli hidrolik enerjiye dönüşmeden önce bazı kayıplara uğramaktadır. Bu kayıplar, dönüşüm kayıpları, iletim kayıpları, pompa kayıpları ve borudaki kayıplardır. Özellikle dönüşüm nedeniyle meydana gelen kayıplar, rüzgar su çekme sisteminin en büyük kayıplarını oluşturmaktadır. Bu yüzden, enerji girişi ile kullanılacak yararlı hidrolik enerji arasında bir fark oluşmaktadır.



Şekil 10.4. Sistemdeki enerji kayıpları.

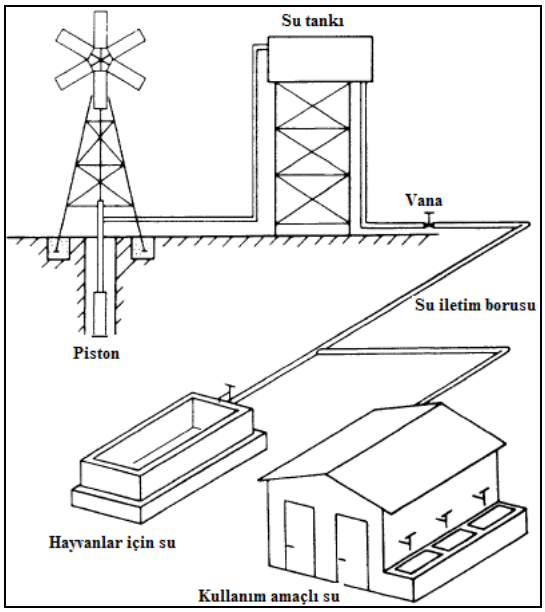
Rüzgar su çekme sistemindeki, yel değirmeni kısmının genel sistem tasarımı Şekil 10.5 ile görülmektedir.



Şekil 10.5. Rüzgar su çekme sistemdeki genel dizayn.

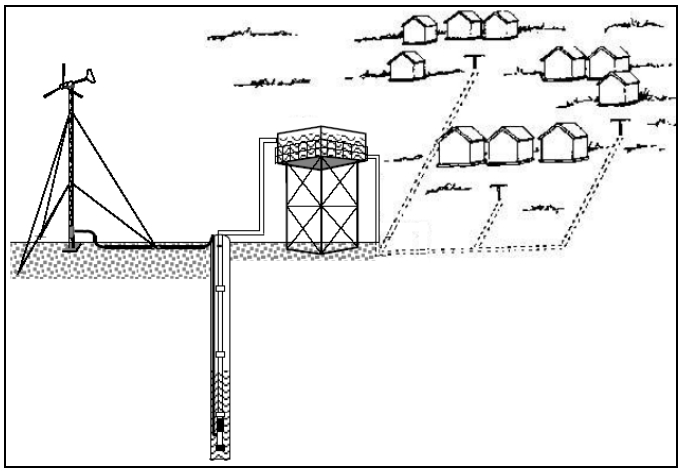
Rüzgar su çekme sistemi sadece sulama amaçlı değil hayvancılıkta da kullanılabilmektedir. Şekil 10.6, rüzgar su çekme sisteminin hayvancılık ve sulama amaçlı kullanımını göstermektedir. Böyle bir sistem tasarımı yapmadan önce bölgedeki suyun analizi de yapılmalı ve canlıların içmesinde herhangi bir sakıncasının olmadığından emin olunmalıdır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 10.6. Sulama ve hayvanlar için su ihtiyacını giderme.

Rüzgar su çekme sisteminin civarındaki evlerde kullanılan sistem tasarımı da Şekil 10.7 ile verilmiştir. Bu tasarım özellikle yerleşime uzak bölgelerde ve orman yangınlarının söndürülmesinde kullanılacak su ihtiyacı için kullanılabilmektedir.



Şekil 10.7. Civar evler için su ihtiyacını giderme.

Rüzgar Su Çekme Sistemi Tasarım Adımları

Rüzgar su çekme sisteminin tasarlanabilmesi için bazı hususlara dikkat etmek gerekmektedir. Burada bu 7 adım belirtilecektir.

Adım 1: Su İhtiyacının Belirlenmesi

Daha önce de belirtildiği gibi, bu tip sistemlerin tasarımının ilk adımı, ihtiyaç olan suyun belirlenmesidir. Bu amaçla gereken enerji ihtiyacı da belirlenecektir. Ortalama günlük su tüketimi (m^3/gün), bütün yıl boyunca hesaplanmalıdır ve ancak arazideki verilerden yola çıkılarak bulunabilir. Su tüketimi hesaplanırken, ev, hayvanlar ve sulama amaçlı bütün parametrelerin yanında; pompalama yüksekliği, statik yükseklik ve dinamik kayıplar da dikkate alınarak su ihtiyacı belirlenmelidir. Su ihtiyacının belirlenmesinde en basit yol, sistemi kuran kişinin tecrübelerine göre yaptığı hesaplamalardır. Sistemi kurduracak kişi bütün ihtiyaçlarını belirleyerek gereken suyu hesaplayabilir. Su ihtiyacı belirlendikten sonra toplam pompalama yüksekliği belirlenir. Bu çalışmalar yapılırken, sistemi kuracak kişiden de gerekli destek alınabilir.

Adım 2: Rüzgar Potansiyelinin Belirlenmesi

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Rüzgar su çekme sisteminin kurulacağı arazinin rüzgar potansiyelinin belirlenmesi önemli bir aşamadır. En sağlıklı yol, sistemin kurulması düşünülen arazide 10 m (kurulacak sisteme göre bu yükseklik azalıp artırılabilir) yükseklikte bir yıllık rüzgar hız ve yön ölçümlerinin yapılmasıdır. Ancak bu yol böyle bir sistemin kurulması için çok pahalıdır ve ayrıca kırsal bir bölgede pek de kolay değildir. En azından en yakındaki meteoroloji istasyon verileri alınarak arazi için korelasyon yöntemiyle yaklaşık bir değer bulunabilir. Pürüzlülük uzunluğu (z_0) değerleri ile ilgili olarak Tablo 10.1 incelenmelidir.

Tablo 10.1. Yüzey pürüzlülük uzunluğu.

Arazi	**Özellikler**	**z_0 değeri (m)**
Düz	Kumsal, buz, kar, okyanus	0.005
Açık	Kısa çim, havaalanı, boş tarla	0.03
Pürüzlü	Uzun çalı, kısa ağaç	0.10
Çok pürüzlü	Ormanlık, meyve ağaçları	0.50
Aşırı pürüzlü	Köy, kasaba	1-3

Rüzgar hızı ve pürüzlülük uzunluğu bulunduktan sonra;

$$Vz = Vzr \frac{\ln(60/z_{0r})\ln(z/z_0)}{\ln(60/z_0)\ln(z_r/z_{0r})}$$

eşitlikte kullanılan

V_z: Sistemin kurulacağı yerdeki yükseklikteki hız (m/s),
V_{zr}: Referans anemometre rüzgar hızı (m/s),
z: Kurulacak sistem boyu (m),
z_0: Sistemin kurulacağı yerin pürüzlülük uzunluğu (m),
z_{0r}: Referans ölçümün yapıldığı yerin pürüzlülük uzunluğudur (m).

Yukarıda verilen eşitlikten bölgenin rüzgar potansiyeli bulunabilir. Açıkça görüleceği gibi, sistemin tasarımını yapan kişi, z yüksekliği ile bu yükskelikteki V_z rüzgar hızını hesaplamalıdır. Bu adımdan sonra, bölgedeki aylık ortalama rüzgar hızı bulunmuş olunur. Bir sonraki adım, ortalama aylık rüzgar gücü hesaplanmalıdır. Aşağıda verilen eşitlik ile,

$$P = \frac{\rho V_z^3 (EPF)}{2}$$

kullanılan

P: Ortalama aylık rüzgar gücü (w/m^3),
ρ: Arazideki hava yoğunluğu,
V_z: Arazideki aylık ortalama rüzgar hızı (m/s
EPF: Enerji patern faktörüdür.

Hava yoğunluğunun nasıl hesaplandığı ile ilgili gerekli bilgiler Bölüm 4'te detaylı olarak verilmiştir. Bununla beraber, Tablo 10.2 ile iki farklı sıcaklık ve denizden olan yüksekliğe göre hava yoğunluğu değerleri verilmiştir.

Tablo 10.2. Hava yoğunluğu değerleri.

Denizden yükseklik (m)	**20 °C hava yoğunluğu**	**30 °C hava yoğunluğu**
0	1.204	1.166
500	1.134	1.098
1000	1.068	1.034
1500	1.005	0.974
2000	0.945	0.915
2500	0.887	0.859

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3000	0.781	0.807

Enerji patern faktörü, rüzgar hızındaki enerji miktarını belirlemek için kullanılan bir katsayıdır ve Weibull dağılımını oluşturan k şekil faktörüne bağlıdır. Şekil faktörü, genellikle 1.5 ile 3 arasında değişim göstermektedir. Genelde, yüksek değişkenliğe sahip rüzgarların (kara ve deniz meltemi veya gündüz ve gece rüzgarları) olduğu bölgelerde k değeri düşüktür ve enerji patern faktörü yüksektir. Düzenli rüzgarların (örneğin ticaret rüzgarları) bulunduğu bölgelerde k değeri yüksek; buna mukabil enerji patern faktörü düşüktür. Tablo 10.3 ile farklı k değerlerine göre enerji patern faktörleri görülmektedir.

Tablo 10.3. k ve enerji patern faktörü.

k değeri	**Enerji patern faktörü**
1.2	3.99
1.4	3.03
1.6	2.48
1.8	2.14
2.0	1.91
2.2	1.75
2.4	1.63
2.6	1.53
2.8	1.46
3.0	1.40
3.2	1.36
3.5	1.30
4.0	1.23
5.0	1.15

Adım 3: Ön Fizibilite Yapılması

Üçüncü adım, rüzgar türbininin boyutlarının belirlenmesidir. Ayrıca toplam su ihtiyacı ve aylık tasarım rüzgar hızının hesaplanarak ön fizibilite hazırlanmalıdır. Ön fizibilitenin yapılmasındaki en önemli adımlardan birisi de, pervane boyutunun belirlenmesidir. Sistemin ekonomikliği ve verimi açısından en önemli tasarımdır. Pervane çapı için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır:

$$D^2 = \frac{QH9.81}{86.4(\pi/4)\eta(1/2\rho V^3)(EPF)}$$

eşitlikte kullanılan

D: Pervane çapı (m),
H: Toplam pompa yüksekliği (m),
ρ: Arazinin hava yoğunluğu (km/m^3),
EPF: Enerji patern faktörü,
Q: Su ihtiyacı (m^3/gün) ,
η: Toplam sistem verimi,
V: Tasarım rüzgar hızıdır (m/s).

Yukarıdaki eşitlikaşağıdaki gibi de basitleştirilebilir:

$$D = \sqrt{\frac{CQH}{V^3}}$$

eşitlikteki C sistemin geri kalanı için sonra açıklanacak olan sistem katsayısıdır ve genellikle 0.97 alınmaktadır. Tablo 10.4 ile toplam su ihtiyacı (QH), hava yoğunluğu (1.225 kg/m^3), EPF: 1.91, C: 0.97 ve sistem verimi η: %12 olarak kabul edilip farklı rüzgar hızlarında pervane çapları verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 10.4.Rüzgar su çekme sistemi çin pervane çapı.

	Rüzgar hızları (m/s)								
QH	**2.5**	**3.0**	**3.5**	**4.0**	**4.5**	**5.0**	**5.5**	**6.0**	**6.5**
250	3.9	3.0	2.4	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	0.9
500	5.6	4.2	3.4	2.8	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3
750	6.8	5.2	4.1	3.4	2.8	2.4	2.1	1.8	1.6
1000	7.9	6.0	4.8	3.9	3.3	2.8	2.4	2.1	1.9
1250	8.8	6.7	5.3	4.4	3.6	3.1	2.7	2.4	2.1
1500	9.7	7.3	5.8	4.8	4.0	3.4	3.0	2.6	2.3
1750	10.4	7.9	6.3	5.2	4.3	3.7	3.2	2.8	2.5
2000	11.1	8.5	6.7	5.5	4.6	3.9	3.4	3.0	2.7
2500	12.5	9.5	7.5	6.2	5.2	4.4	3.8	3.4	3.0
3000	13.7	10.4	8.2	6.7	5.7	4.8	4.2	3.7	3.3
3500	14.7	11.2	8.9	7.3	6.1	5.2	4.5	4.0	3.5
4000	15.8	12.0	9.5	7.8	6.5	5.6	4.8	4.2	3.8
4500	16.7	12.7	10.1	8.3	6.9	5.9	5.1	4.5	4.0
5000	17.6	13.4	10.6	8.7	7.3	6.2	5.4	4.7	4.2
5500	18.5	14.1	11.2	9.1	7.7	6.5	5.7	5.0	4.4
6000	19.3	14.7	11.7	9.5	8.0	6.8	5.9	5.2	4.6
6500	20.1	15.3	12.1	9.9	8.3	7.1	6.2	5.4	4.8
7000	20.9	15.9	12.6	10.3	8.6	7.4	6.4	5.6	5.0

Adım 4: Teçhicat Seçimi

Kaba da olsa bir tasarım yapıldıktan sonra, temel fizibilite ortaya çıkmış olup, bu sistem için kullanılacak teçhizatların seçimi yapılmalıdır. Seçimler, rüzgar türbini, kule, pompa, kontrol sistemi, ve depolama için kullanılacak teçhiatlardır. Buradaki seçim, maliyet ve sistem çıkışa göre yapılmaktadır. Rüzgar su çekme sisteminin ana teçhizat listesi aşağıda verilmiştir:

- Rüzgar türbini,
- Kule,
- Pompa,
- Depo,
- Kontrol sistemi.

Adım 5: Sistem Çıkış Tahmini

Kulanılacak teçhizatlar seçildikten sonra, sistemin çıkışı hesaplanmalıdır. Sistem çıkışı, sistemi oluşturan bütün teçhizatlar dikkate alınarak yapılmalıdır. Üçüncü adımda verilen ve pervane çapının belirlenmesi için kullanılan eşitlikten sistem çıkışı aşağıdaki gibi verilebilir:

$$Q = \frac{86.4(\pi/4)D^2\eta(1/2\rho V^3)(EPF)}{H9.81}$$

Yukarıdaki eşitlik, verim η: %12, hava yoğunluğu 1.225 kg/m^3 ve EPF: 1.91 alınır ise, aşağıdaki gibi basitleştirilebilir:

$$Q = \frac{CD^2V^3}{H}$$

eşitlikte C: 0.97 olarak alınmıştır.

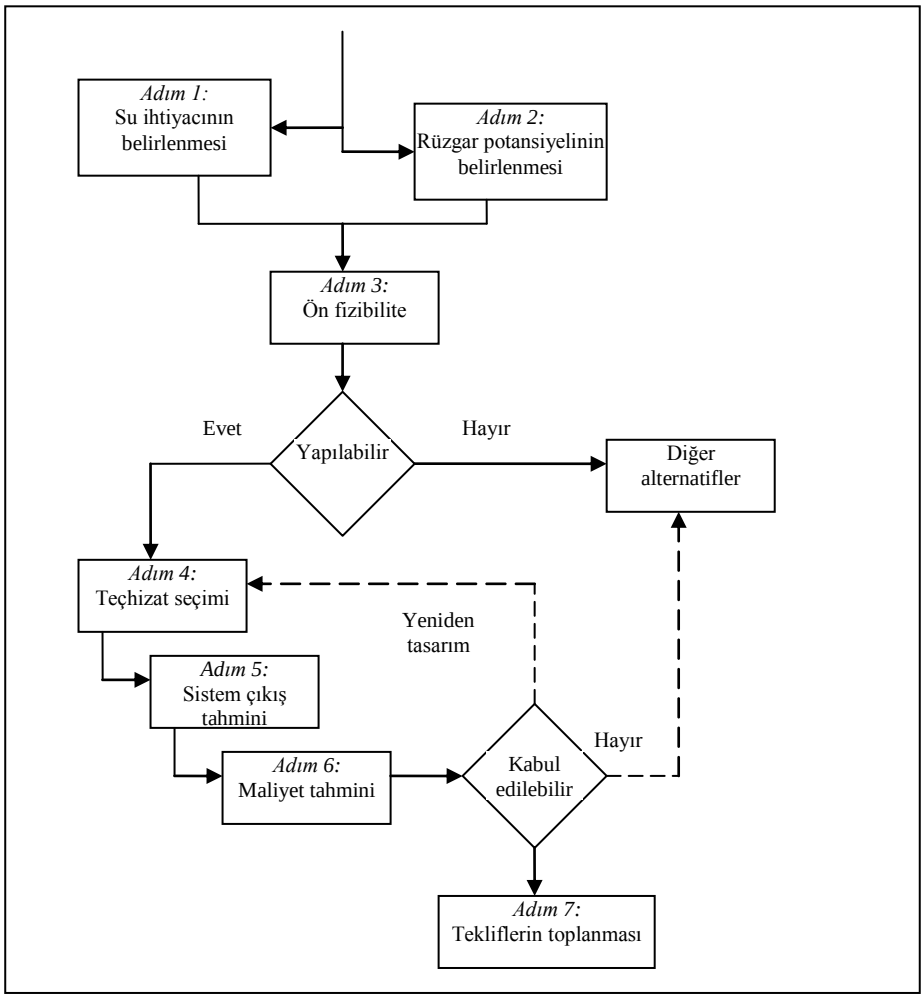
Adım 6: Maliyet Tahmini

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

En önemli adımdır. Kullanılacak teçhizatlar seçildikten sonra ve önceki adımda yapılan ön fizibiliteye istinaden teçhizat fiyatları ve sistemin çıkışı arasında gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra sistemin kurulması ile ilgili nihai karar verilir.

Adım 7:Tekliflerin Toplanması

Son olarak sistemin tasarım, ön fizibilite ve maliyet yapısı çıkarıldıktan sonra, farklı üreticilerden çeşitli teklifler toplanarak iş için en uygun teklife iş verilir ve sistemin montajına başlanır. Yukarıda anlatılan 7 adım ile ilgili Şekil 10.8 verilmiştir.



Şekil 10.8. Rüzgar su çekme sistemi yapım süreci.

10.1.1 Rüzgar Su Çekme Sistemi Elemanları

Rüzgar su çekme sisteminde temel elemanlar, pervane, iletim sistemi, güvenlik sistemi ve kule olmak üzere 4 alt başlıkta bakılabilir.

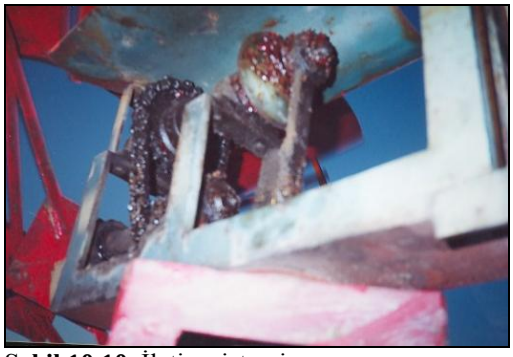
Pervane

Pervane, rüzgar enerjisini kullanılacak mekanik enerjiye çeviren elemandır. Genellikle çelik kanatlardan oluşur ve klasik Amerikan rüzgar su çekme sistemi amaçlı yel değirmenlerinde 15 ile 36 arasında değişir. Şekil 10.9 ile pervane görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 10.9. Pervane

İletim Sistemi (Transmission System)
Pervaneden aldığı enerjiyi mekanik olarak çeviren ekipmandır, dişli kutusu olarak da bilinir (Şekil 10.10).



Şekil 10.10. İletim sistemi.

Genellikle yılda bir yağlama gerektirir ve dişli kutu oranı 1:3'tür; %70-%90 arası verim ile çalışabilmektedir.

Güvenlik Sistemi (Safety System)
Rüzgar su çekme amacına yönelik olarak kullanılan yel değirmenleri de, rüzgar türbinleri gibi hamleli ve yüksek hızlı rüzgarlardan korunması gerekmektedir. Sadece elle çalışan kontrol sistemi yeterli değildir. Çünkü, fırtına aniden meydana gelebilir veya geceleyin oluşabilir. Düşük hızlarda pervane geldiği yöne doğru yönelmişken, rüzgar hızı arttıkça, pervane rüzgarın geldiği yönden saparak kendini korumaya alır. Aslında bu sistem pervane üzerine etkiyen aerodinamik kuvvetlerin dengesine dayanır. Mekanik fren sistemi, fırtına koşullarında çalışmadan ziyade, suya ihtiyaç olmadığı zaman yel değirmeninin durdurulması için çalışır. Güvenlik sisteminin 2 özelliği;

1) Anma rüzgar hızı (V_r: rated wind speed) ve su çekme oranının maksimuma ulaştığı yani maksimum suyun geldiği rüzgar hızıdır. Rüzgar hızı arttıkça, rotasyonel hız otomatik güvenlik sistemi tarafından dereceli olarak düşürülür, V_r genellikle 6-8 m/s arasında değişmektedir.
2) Yel değirmeni, belirli bir rüzgar hızının üzerinde çalışmamaktadır ve bu hız genellikle 15-20 m/s arasındadır.

Kule (Tower)
Yukarıda açıklanan pervane, iletim ve güvenlik sistemleri kule üzerine monte edilerek çalıştırılmaktadır. Amerikan rüzgar su çekme sistemleri, genellikle çelik kafes konstrüksiyon kulelerden oluşmaktadır (Şekil 10.11).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 10.11. Çelik kafes konstrüksiyon kule.

Rüzgar su çekme amacı için kullanılan rüzgar türbinleri, elektrik üretim amaçlı rüzgar türbinlerden daha hafif olduğundan dolayı, ağır olmayan ve basitçe tasarlanmış kulelerin üzerinde monte edilmektedir. Kule boyları 5 – 20 m arasında değişmektedir.

10.1.2 Yeldeğirmeni Karakteristikleri

Bu tip sistemlerde özellikle aşağıda açıklanan aerodinamik parametreler çok önemlidir.

Uç hız oranı (tip speed ratio): Bu oran, kanadın uç hızının rüzgar hızına oranlanması ile bulunur ve aşağıdaki eşitlikle açıklanır:

$$\lambda = \frac{\Omega R}{V}$$

Tipik bir Amerikan yel değirmeninde uç hız oranı 1'e eşittir. Daha modern yel değirmenlerinde 1.5 ile 2 arasında değişmektedir.

Güç katsayısı (power coefficient): 0.3 ile 0.4 arasında değişmektedir ve;

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2}\rho A V^3}$$

eşitliği ile verilmektedir.

Tork katsayısı (torque coefficient): Pervane torkunun, rüzgar torkuna oranıdır.

$$C_Q = \frac{Q}{\frac{1}{2}\rho A V^2 R}$$

eşitliği ile verilmektedir.

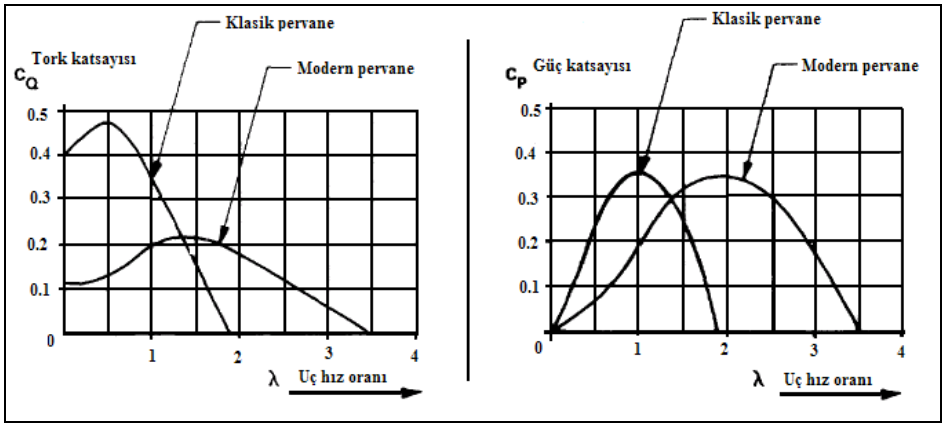
Yukarıdaki üç eşitlikte verilen parametrelerin açıklanması ise;

A: Pervane alanı (m^2),
C: Katsayı,
P: Güç (W),

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

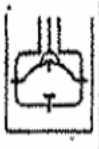
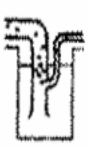
Q: Tork (Nm),
R: Pervane çapı (m),
V: Rüzgar hızı (m/s),
ρ: Hava yoğunluğu (kg/m^3 ≅ 1.225),
Ω: Rotasyonel hızdır (rad/s = 2πn, n: rpm).

Şekil 10.12 ile birimsiz olarak tork-hız ve güç-hız diyagramları verilmiştir. Modern yel değirmenleri, daha hafiftir ve daha hızlı döndüğünden yüksek rpm'e sahiptir. Güç çıkışı ise aşağı yukarı aynıdır, sadece başlangıç torku daha düşüktür.



Şekil 10.12. Birimsiz tork-hız ve güç-hız diyagramları.

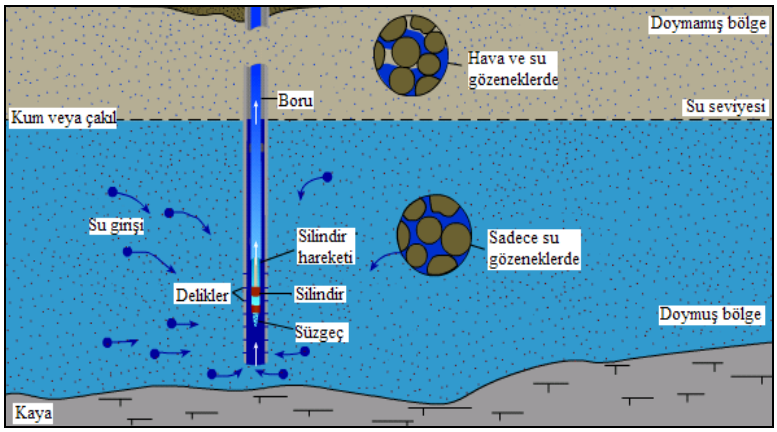
Rüzgar su çekme sisteminde, suyun yukarıya pompalanması için bir çok farklı pompa tipi bulunmaktadır. Bazı pompa tasarımları, örneğim piston pompalar çok yaygın kullanılırken, eksentrik pompalar yaygın bir şekilde kullanılmamaktadır. Şekil 10.13 ile pompa tasarımları gösterilmektedir. Bu pompalar piyasada bulunabilecek pompa tasarımlarıdır.

Çalışma prensibi	Yerdeğiştirme			Akış		Yükseğe çekme		Kaldırma
Tasarım tipi	Piston pompası	Diaphragm pompası	Eksentrik pompa	Tek aşamalı	Çok aşamalı	Arşimed vidası	Zincir pompa	Mammoth pompa
Harflendirme	A	B	C	D	E	F	G	H
Görünüşü								

Şekil 10.13. Pompa tasarımları.

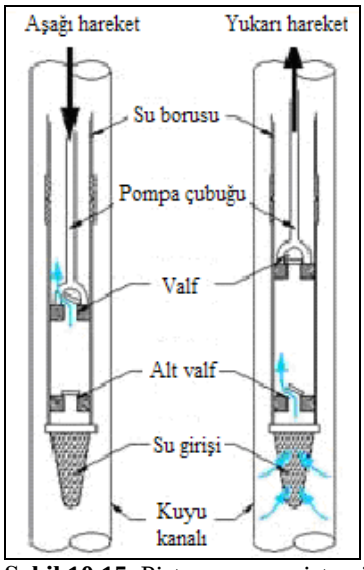
Bunlar içerisinde A ile gösterilen piston pompa çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu pompa yer değiştirme prensibine göre çalışmaktadır. Kullanılan rüzgar su çekme sisteminde genellikle tek yönlü pompalar kullanılmaktadır. Şekil 10.14 ile öncelikle rüzgar su çekme sisteminin suyun topraktan çekildiği kısımda piston pompasının şekli görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 10.14. Rüzgar su çekme sisteminin toprak altındaki bölümü.

Piston pompasının toprak içinde kalan bölümünün yakından gösterildiği Şekil 10.15 incelendiğinde sistemin nasıl çalıştığı daha iyi anlaşılır. Piston aşağı doğru hareket ettiğinde alt valf kapanır ve su içeri girer, pistonun yukarı hareketinde ise, alt valf açılır ve su pompalanarak yukarı doğru çıkarılmaktadır.



Şekil 10.15. Piston pompa sistemi.

Şekil 10.16'da diğer pompa tasarımları görülmektedir. Eksentrik vida pompasının (eccentric screw pump) gösterildiği C ise, gerek tasarım ve gerekse de pompalama yüksekliği olarak piston pompaya benzerdir. Bu yüzden borehole için uygundur. Bu pompanın en büyük avantajı ise, sistem üzerinde osilasyon kuvveti meydana getirmemesidir.

D ile gösterilen tek aşamalı santrifüj pompa (single stage centrifugal pump), radyal bir yapıya sahiptir ve daha çok kuyu ve yeraltındaki su birikintilerinden su çekme amacı için kullanılabildiği gibi, elektrik üretim amaçlı kullanıma da uygundur. Genelde uygulamada kullanılan boru çapının kalın olması dolayısıyla kirli veya küçük tozlu suyun da toprak altından çıkarılabilmesini mümkün kılmaktadır.

Çok aşamalı santrifüj pompanın (multi stage centrifugal pump) gösterildiği E, tek aşamalı pompa gibi boru çapı kalındır ve kirli veya küçük tozlu suyun da toprak altından çıkarılabilmesine olanak sağlar. Su çıkarma derinliği daha büyüktür.

Bölüm 1'de anlatılan Arşimed vidası (F), Hollanda, Çin ve Tayland'da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sadece su çekme amacı için kullanılabilir. Arşimed vidasının geometrik yapısı nedeniyle pompalama yüksekliği 3 metreyi geçememektedir.

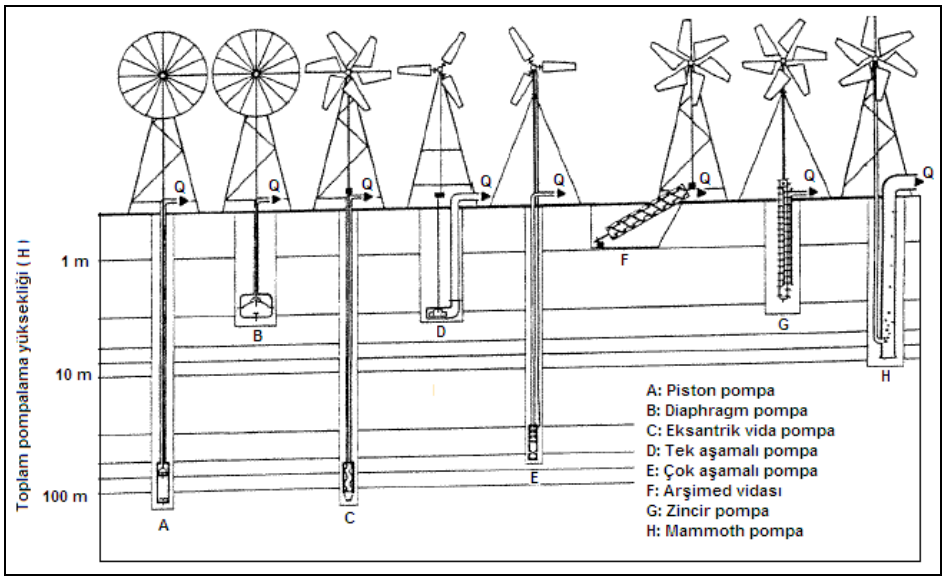
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

G ile gösterilen ve zincir pompa (chain pump) olarak adlandırılan tasarım özellile Çin ve Tayland'da kullanılmaktadır. Kompleks tasarım yapısı nedeniyle pompalama yüksekliği sınırlıdır ve her türlü arazi yapısına uymamaktadır.

Son tasarım olan H ile mammoth pompa (mammoth pump) verilmiştir. Güç iletimini yel değirmeni tarafından meydana getirilen basınç vasıtası ile yapmaktadır. Bu sistem, suların çok kirli olduğu bölgelerde kullanılır. Hareketli bir parçası bulunmadığından diğer tasarımlara göre daha dayanıklıdır. Dezavantajı ise, düşük sistem verimidir. Bu tip sistemler aşağıdaki iki kavramı de bilmeyi gerektirir.

Emme Pompaları (Suction pumps): Yer seviyesinin hemen altında bulunan kuyuların olduğu bölgelerde kullanılır. Maksimum 6 metre derinlikten su çıkarılabilmektedir. Çapı ise, 35 cm'ye kadar çıkabilmektedir.

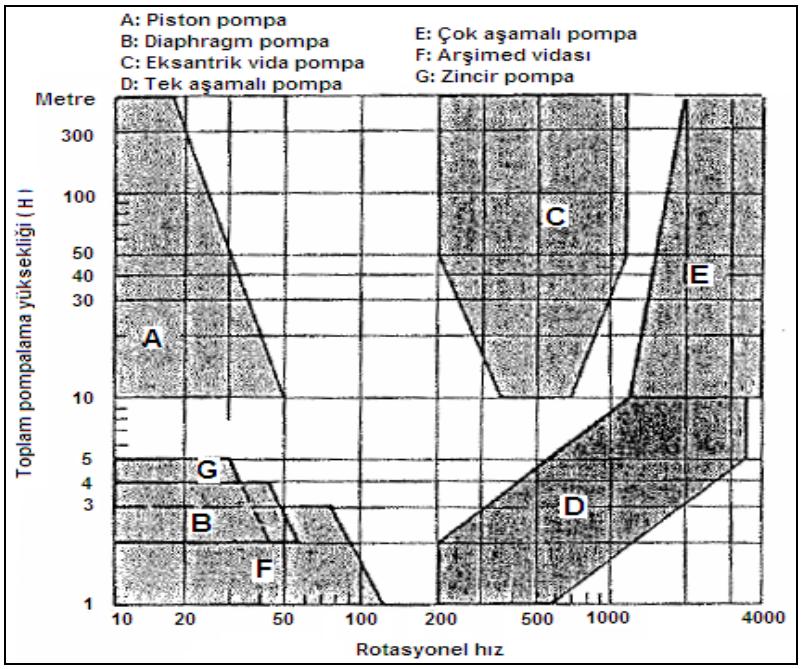
Derin Kuyu Pompaları (Deep well pumps): Yer seviyesinin daha altında bulunan kuyulardan su çıkarmak için kullanılmaktadır. Pompa çapı, 10-20 cm arasında değişmektedir. Maksimum su derinliği 100 ile 200 metre arasında değişmektedir.



Şekil 10.16. Farklı pompa tasarımları.

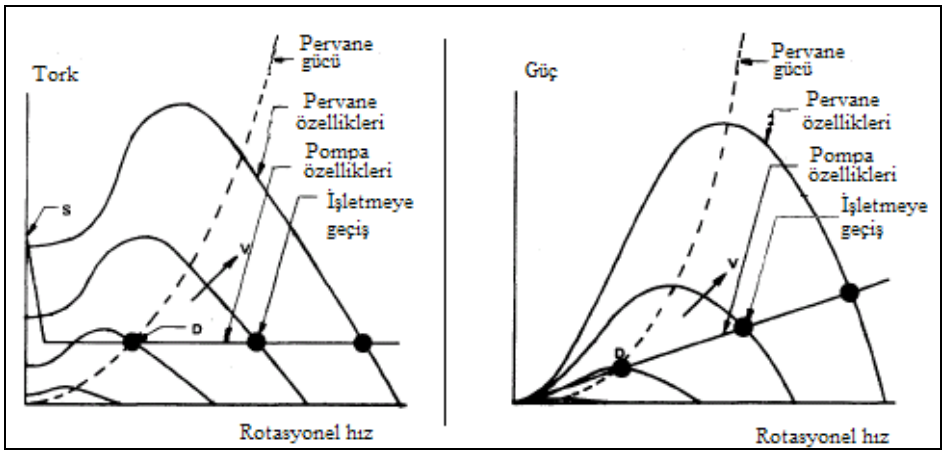
Daha önce de belirtildiği gibi, hangi sistemin seçileceği aralarında, fiziksel, teknik ve ekonomik bir dizi kriterlerin bulunduğu değerlendirme sürecinden sonra ortaya çıkar. Pompalama sistemine göre toplam pompalama yüksekliği ile rotasyonel hızın grafiği Şekil 10.17 ile verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 10.17. Pompalama yüksekliğine göre pompa seçimi.

Bu sistemlerde iki farklı verim bulunmaktadır: mekanik ve hidrolik verim. Mekanik verim ($\eta_{mekanik}$), hidrolik güç çıkışının pompanın mekanik güç girişine oranıdır ve %100'den daha düşüktür, çünkü akışın direnci nedeniyle enerji kaybı meydana gelir. Volumetrik verim (η_{vol}), %60 - %80 arasında değişir ve gerçek akışın ideal akışa oranıdır. Düşük hızlarda %100'den küçük değerlerde olur. Yüksek hızlarda ise, atalet nedeniyle %100'ü geçebilmektedir. Genellikle %80 - %98 arasında değişir. Yel değirmeni ile piston pompa arasındaki ilişki Şekil 10.18 ile verilmiştir.



Şekil 10.18. Piston pompa ve yel değirmeni arasındaki ilişki.

Yüksek piston pompası seçimi, yüksek çıkış demektir fakat verim (emreamadelik) azalır. Küçük piston pompası da verimliliği artırırken çıkışı düşürür. Bu yüzden, optimum verimlilik ve piston pompası seçilmelidir. Rüzgar su çekme sistemi, yel değirmeni eğrisi ve pompa eğrisinin kesiştiği yerde ve pompanın torkunun pervane torkuna eşit olduğu anda işletmeye geçer. Artık tasarım hızının hesaplanmasına gelinmiştir. Tanım olarak hidrolik güç çıkışının emreamade rüzgar hızına oranlanmasıdır ve V_d ile gösterilir. Rüzgar su çekme sistemlerinin en önemli noktalarından birisi de, piston pompasının harekete başlamasıdır. Yel değirmenin pompa torkunu yenebilmesi için yüksek rüzgar hızına gerek duymaktadır. Devreye girebilmesi için gerekli hıza $V_{başlangıç}$ denmektedir. Dizayn rüzgar hızından (V_d) daha büyüktür. Bu sorun özellikle derin kuyulardan su çekileceği zaman önem kazanır, çünkü yel değirmeni sadece suyu yukarı çekmekle değil; pompa çubuklarının da ağırlığını taşımaktadır. Yel değirmeni çalışmaya başladığında ataletin yardımıyla pompa tarafından gerekli olan torku yenecektir; fakat pompa çubuğunun ağırlığını kaldıramayabilecektir. Rüzgar hızı azaldıkça yel

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

değirmeni $V_{duruş}$ hızında durur. Burada kullanılan $V_{başlangıç}$ ve $V_{duruş}$ hızları; rüzgar türbinlerinde kullanılan devreye giriş hızı (V_{cut-in}) ve devreden çıkış hızı ($V_{cut-out}$) ile aynı değildir. $V_{başlangıç}$ ve $V_{duruş}$ hızları, yel değirmenin suyu çektiği veya çekmeyi bıraktığı rüzgar hızlarıdır.

10.1.3 Suyun Depolanması ve Dağıtımı

Rüzgar su çekme sisteminde çıkarılan suyun depolandıktan sonra asıl amacı sulaması yapılmak istenen araziye dağıtımının yapılmasıdır. Depolama ve dağıtım sisteminin verimi, pompalama sisteminin boyutu ile orantılıdır. Eğer suyun yüksek depolama ve dağıtım verimi isteniyorsa, küçük bir rüzgar su çekme sistemi kullanılmalıdır. Depolama tankının statik yüksekliği ve dağıtım sistemindeki basınç kayıpları pompa sisteminin tasarımı için önemlidir.

Suyun Depolanması

Suyun depolanmasının 2 amacı bulunmaktadır. Birincisi, suyun belli bir yerde toplanarak daha sonra dağıtımının potansiyel enerji yoluyla yapılması; ikincisi de, su tankı içerisinde suyun bir miktar depo edilerek rüzgar olmadığı zamanda da kullanılmasıdır.

Su depolanması için bazı tanklar kullanılmaktadır. Şekil 10.19 ile bu tanka bir örnek verilmiştir. Kullanılacak su tankının boyutları civar özellikler ve amaca göre değişmektedir. Örneğin geçirgenliği zayıf bir toprak yapısında genellikle çok basit ve ucuz bir su tankı gerekirken; dağıtım sistemi için yüksek basınç gerekiyorsa yükseğe kurulu bir su tankı gerekmektedir. Fakat bu durum maliyeti de arttırmaktadır. Genellikle 20 ile 200 m^3 arasında değişen boyutlarda yapılmaktadır.

Şekil 10.19. Su tankı.

Kırsal Su Tedariki

Sulama sisteminde tipik olarak 2 bileşen bulunur: Su dağıtım (çekme) sistemi ve arazi içi su dağıtım sistemi. Rüzgar su çekme sisteminde 3 farklı alternatif sulama yöntemi bulunmaktadır. Bunlar, kanal, havza ve damla sulamadır.

Kanal sulama: Bu tip sulamada su açık kanal içinde gider ve kayıplar, buharlaşma ve sızmadan dolayı meydana gelir. Tipik olarak 0.5-1 m yükseklikte ve uygulamada da %50-80 verim ile çalışmaktadır.

Havza sulama: Burada da açık havada bulunan kanallardan sulama olur. Arazi verimi %60-80 arasında olup, yükseklik 1 m civarındadır.

Damla sulama: Tipik yükseklik 10 metredir ve saha verimi %85'e kadar çıkabilir.

Rüzgar Su Çekme Sisteminde Boyutlandırma

Herhangi bir bölgede montajı yapılacak rüzgar su çekme sisteminin boyutunu aşağıdaki parametreler belirlemektedir:

- İhtiyaç duyulan su miktarı,
- Hidrolik güç miktarı,
- Rüzgar potansiyeli,
- Dizayn ayları,

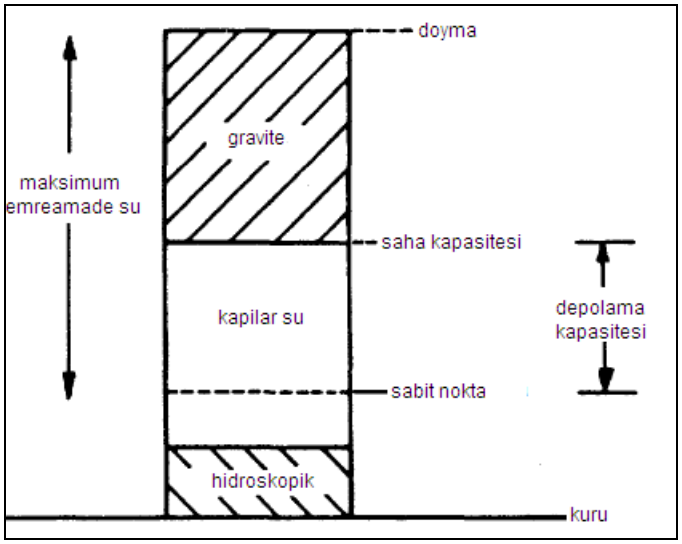
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Pompanın özellikleri.

Sulama için çıkarılacak su bazı faktörlere bağlıdır. Bunlar:

- Bitkinin gelişimi ve çeşidi,
- İklim koşulları,
- Toprak tipi,
- Arazinin topoğrafik yapısı,
- İletim sistem verimi,
- Arazi uygulama verimi,
- Su kalitesi.

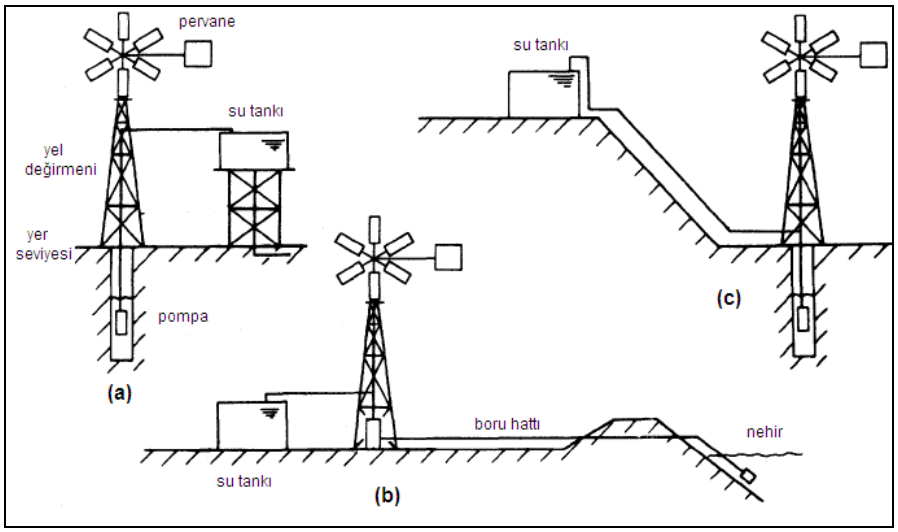
Bütün bu faktörler, sulama amaçlı yel değirmeni tasarımı için çok önemlidir. Rüzgar su çekme sisteminin topraktan çektiği su ile ilgili olarak toprak nem yapısı Şekil 10.20 ile verilmiştir.



Şekil 10.20. Toprak nemi.

Özellikle su deposunun yeri arazi koşulları ve yapılacak sulamanın şekline göre değişmektedir. Şekil 10.21ile, su tankının farklı yerleştirilmesine göre olan rüzgar su çekme sistemi gösterilmiştir. Şekil 10.21a'da görülen tasarım genellikle düz bir arazi için uygulanır. Su tankı biraz yükseğe monte edilerek potansiyel enerji kazandırılır ve arazi sulanır. Amerika'da birçok rüzgar su çekme sisteminde bu tasarım kullanılmaktadır. Şekil 10.21b, nehir yakınlarında kullanılan bir sisteme örnektir. Nehiren çekilen su, boru hattı ile su tankına verilir ve arazi sulanır. Şekil 10.21c'de gösterilen tasarım eğimin farklı olduğu bölgelerde kullanılmaktadır.

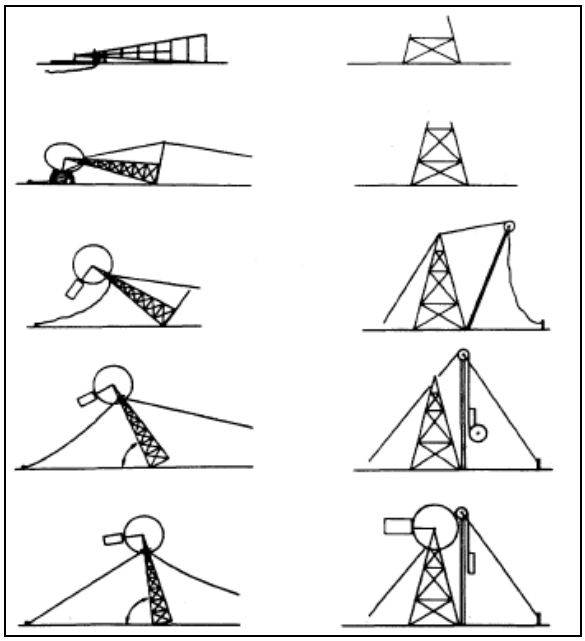
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 10.21. Su tankının araziye göre dizaynı.

10.1.4 Montaj

Rüzgar su çekme sisteminin işletmeye başlamasından önceki son aşama montajdır. Montaj yapılırken muhakkak profesyonel bir firmadan yardım alınmalı veya montaj doğrudan üretici firmaya yaptırılmalıdır. Çünkü bu yapı, sürekli rüzgar yükü altında çalışacağından ehil olmayan kişilere yaptırılmamalıdır. Şekil 10.22 ile montaj adımları gösterilmiştir. Bu tip bir yapının montajı Bölüm 5'te verilen rüzgar ölçüm direğinin montajına benzerdir.



Şekil 10.22. Montaj işleminin safhaları.

10.1.5 İşletme ve Bakım

Rüzgar su çekme işletmesi yapılırken aşağıdaki konulara dikkat edilmelidir:

- Yel değirmeninin insan veya hayvanların vereceği zararlardan korunması,
- Su tankı dolduğunda yel değirmeninin durması.

Bakım ise, 2 türlü yapılabilir. Birincisi, yel değirmeninin sahibinin yapabileceği bakımlar; diğeri de, profesyonel yardım alarak yapılacak bakımlar. Sahibin yapacağı bakımlar arasında;

- Hareketli parçaları gres yağı veya diğer makina yağları ile bakım (örn. ayda bir),

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Bazı parçaların temizlenmesi,
- Korozyona karışı önlem sayılabilir.

Profesyonel bakım için ise;

- Dişli kutusu yağının değişimi (yılda bir),
- Vida, civata ve diğer mekanik aksamın bakımı (genellikle yılda bir),
- Bozulan parçaların onarımı ve değişimi,
- Korozyon koruma için boyama verilebilir.

10.1.6 Ülkemizde Kullanım

Rüzgar su çekme sistemleri ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle İzmir, Manisa, Bursa, Balıkesir civarında bir çok yel değirmeni bulunmaktadır. İzmir ve Manisa'da bu tip sistemleri üreten işletmeler bulunmaktadır. Şekil 10.23 ile Manisa Akhisar İlçesi'nde bulunan bir rüzgar su çekme sistem ve sisteme ait suyun boşaldığı tulumba görülmektedir.

Şekil 10.23. Akhisar bölgesinden bir rüzgar su çekme sistemi.

10.2 Küçük Güçlü Rüzgar Türbinlerinden Elektrik Üretimi

Rüzgardan su çekme amaçlı kullanımdan bahsettikten sonra, küçük güçlü rüzgar elektrik üretim sistemlerinden bahsetmek gerekmektedir. Bu tip sistemler, şebeke ile paralel çalışan veya şebekeden bağımsız çalışan sistemler olarak iki genel grupta incelenebilir. Şebekeden bağımsız çalışanlara ada sistemler (stand alone systems) denmektedir. Sadece tek bir kaynaktan (güneş, rüzgar veya hibrid) çalışan sistemlerdir. Ada sistemi, genellikle elektrik enerjisi üreten ve depolayan bir sistemdir. Depolama işlemi akülerde olur. Birden fazla enerji kaynağı ile elektrik üretimi gerçekleştiren sistemler ise hibrid sistemler olarak bilinmektedir. Rüzgar enerjisi uygulamalarında genellikle güneş enerjisi ve dizel jeneratörler ile beraber kullanılır. Bu tip sistemler, rüzgar olmadığı zamanlarda da enerjinin sürekliliği için gerekli bir sistemdir fakat maliyeti daha yüksektir. Küçük güçlü rüzgar elektrik üretim sistemleri, kurulu güçlerine göre ise üç ana başlıkta incelenebilir. Bunlar 0-1000 W arası mikro, 1kW – 10 kW arası mini ve 10 kW – 50 kW arası küçük sistemlerdir.

10.2.1 Mikro Sistemler (0-1000 W)

Bu tip sistemler genellikle aşağıdaki yerlerde kullanılır:

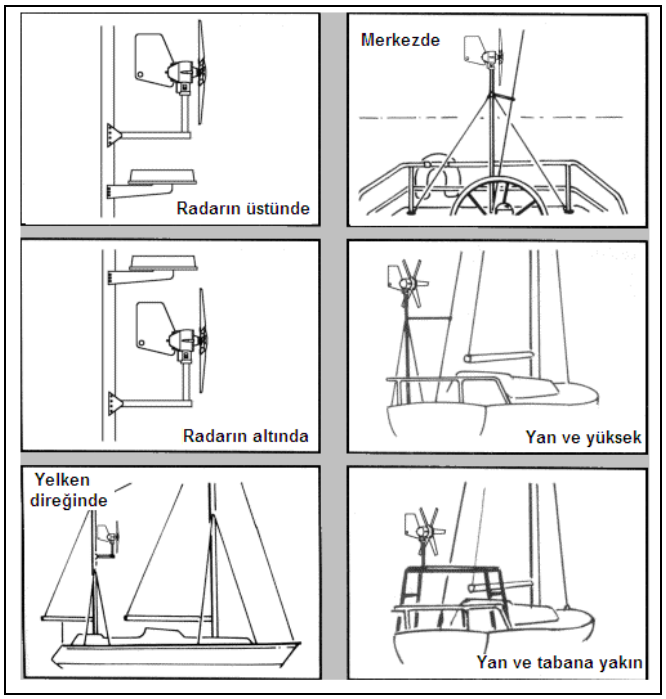
- Çok küçük güç gerektiren yerler,
- Yatlar,
- Elektrikli çitler,
- Uzak bölge aydınlatması,
- Fener ışıklandırması,
- Küçük güçlü iletişim sistemleri.

Mikro sistemler, genellikle 12 V / 24 V akü sistemleri ile beraber özellikle yatlarda çok yaygın olarak kullanılır (Şekil 10.24) Enerji, sabit (permanent) magnet alternatör tarafından üretilmektedir. 3 – 6 kanatlı olarak dizayn edilen pervane yapısına sahiptir. Sürekli denizde olduğundan nemli ve tuzlu hava ortamında çalışmaktadır ve bu yüzden paslanma ve korozyonu önleyici alüminyum alaşım, paslanmaz çelik ve plastik kullanılmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 10.24. Rüzgar enerjisinin yatlarda kullanım.

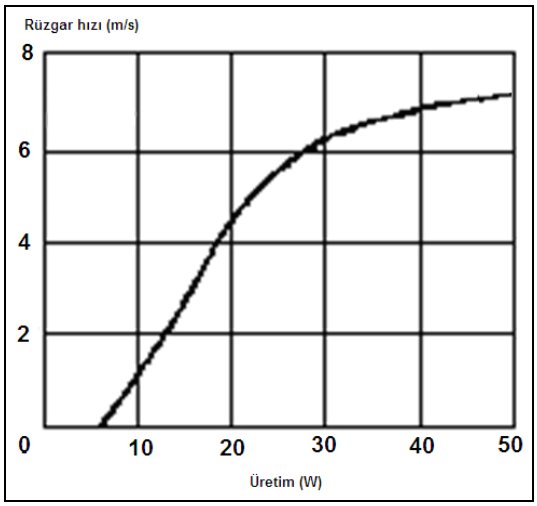
Yatlarda kullanılırken, yatın tipi ve kullanılan rüzgar türbin modeline göre montajı farklı noktalara yapılabilir (Şekil 10.25).



Şekil 10.25. Rüzgar türbininin yatlarda farklı noktalara montajı.

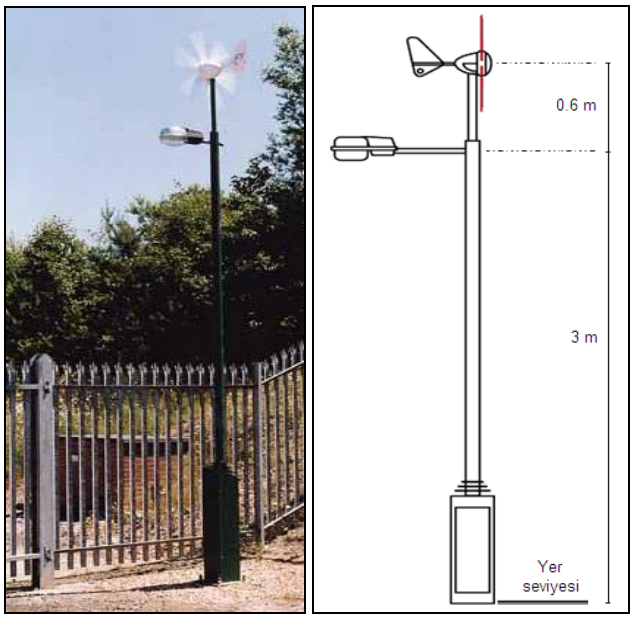
Bütün rüzgar türbinlerinde olduğu gibi, bu sistemlerde de her türbinin kendine has güç eğrisi bulunmaktadır. Şekil 10.26, 50 Watt kurulu gücünde bir rüzgar türbinine ait tipik güç eğrisini göstermektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 10.26. Güç eğrisi.

Bazı uygulamalarda Şekil 10.27'de görüldüğü gibi, sokak aydınlatmalarında da kulanılmaktadır. Yaklaşık 4 metre olarak tasarlanmış bu sokak lambası, İspanya'nın kuzey bölgelerinde kullanılmaktadır.



Şekil 10.27. Sokak lambasında kullanım.

Ağırlıkları 50 kg'ye kadar çıkabilen bu tip türbinlerin boyutları model ve kurulu güce göre değişmekle beraber, 100, 240 ve 500 Wattlık kurulu güçlere sahip mikro rüzgar türbinlerine ait özellikler Tablo 10.5'te gösterilmiştir.

Tablo 10.5. Farklı kurulu güçlerdeki mikro türbinlerin kıyaslaması.

Kurulu Güç	**100 W**	**240 W**	**500 W**
Jenerator	18-kutup	18-kutup	16-kutup
Voltaj	12/24 V	12/24 V	12/24 V
Nominal hız	9 m/s	9 m/s	9 m/s
Devreye giriş hızı	3 m/s	3 m/s	3 m/s
Devir sayısı	700 rpm	700 rpm	600 rpm
Kanat sayısı	5	3	3
Pervane çapı	120 cm	165 cm	240 cm
Süpürme alanı	1,13m²	2,14m²	4,50 m²

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Ağırlık	17 kg	19 kg	41 kg

10.2.2 Mini Sistemler (1 kW – 10 kW)

Mini sistemler genellikle aşağıdaki yerlerde kullanılır:

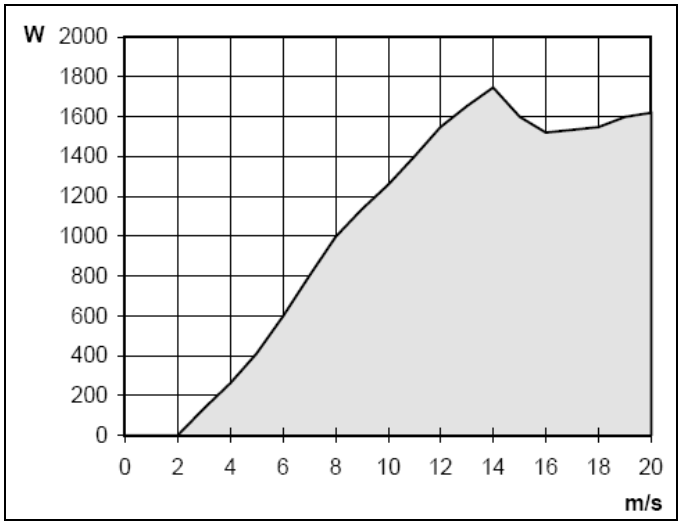
- Tarımda sulama amacına yönelik olarak,
- Telekominikasyon sistemlerinde,
- Belirli bir bölge aydınlatmasında,
- Alarm sistemlerinde,
- Yerleşime uzak bölgelerde.

Ağırlıkları 150 kg'ye kadar çıkabilen mini sistemlere örnek olarak Tablo 10.6 ile verilen özellikler incelenebilir.

Tablo 10.6. Farklı kurulu güçlerdeki mini türbinlerin kıyaslaması.

Kurulu Güç	**1500 W**	**3000 W**
Jenerator	3 fazlı permanent magnet	3 fazlı permanent magnet
Voltaj	24,48,120 ve 220V	24,48,120 ve 220V
Nominal hız	12	12
Devreye giriş hızı	3 m/s	3.5 m/s
Kanat sayısı	2	2
Pervane çapı	2.86	4
Ağırlık	42 kg	125 kg

Şekil 10.28 ile 1600 W (1.6 kW) kurulu gücünde bir rüzgar türbinine ait güç eğrisi verilmiştir.



Şekil 10.28. 1.6 kW rüzgar türbinine ait güç eğrisi.

10.2.3 Küçük Sistemler (10 kW– 50 kW)

Büyük güçlü çiftlik, yoğunluklu yerleşim bölgesi gibi uygulamalarda kullanılır. Bazen site, ada ve büyük gemilerde de kullanılabilmektedir. Tablo 10.7, 30 kW ve 50 kW kurulu güçlerindeki rüzgar türbinleri ile ilgili özellikleri vermektedir.

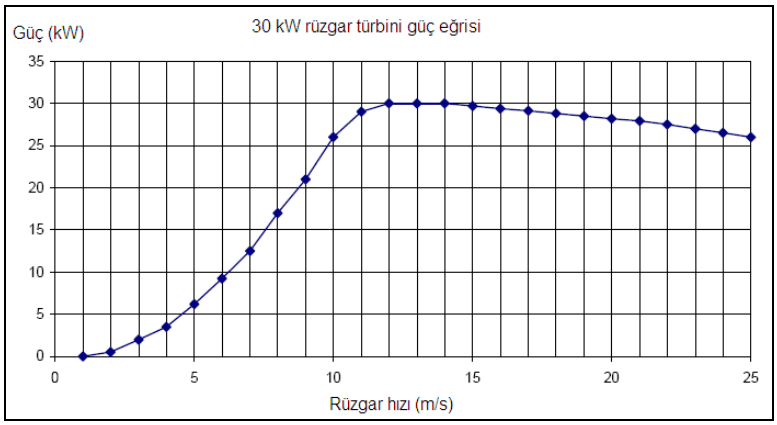
Tablo 10.7. Farklı kurulu güçlerdeki küçük türbinlerin kıyaslaması.

Kurulu Güç	**30 kW**	**50 kW**
Jenerator	Permanen magnet	Permanen magnet
Pervane Çapı	14 m	15 m
Kanat uzunluğu	7 m	7.5 m
Süpürme alanı	154 m^2	177 m^2
Hub yüksekliği	30 m	25 m

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kanat sayısı	2	3
Ağırlık	1950 kg	5310 kg

Şekil 10.29 ile 30 kW kurulu güçlü bir rüzgar türbinine ait güç eğrisi verilmiştir.

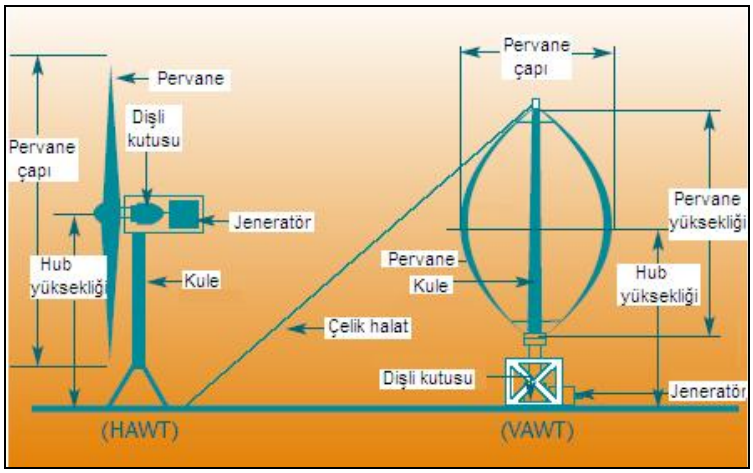


Şekil 10.29. 30 kW rüzgar türbini güç eğrisi.

Küçük güçlü rüzgar türbinlerinde kullanılan elemanlar izleyen sayfalarda açıklanmıştır.

Türbinler

Küçük rüzgar türbinlerinin en açık şekilde görülebilen yerleri pervane ve yönlendirici kısımlarıdır. Bu tip sistemlerde en çok yatay eksenli (Horizontal Axis Wind Turbine-HAWT) pervanelerin kullanıldığı türbinlerdir. Pervane ana ekseni yere ve dolayısıyla rüzgar yönüne paraleldir. Günümüzde pek kullanılmayan düşey eksenli (Vertical Axis Wind Turbine-VAWT) rüzgar türbinleri ise, pervane ana ekseni yere ve dolayısıyla rüzgar akış yönüne diktir. Düşey eksenli rüzgar türbinlerinde üretim ünitesi aşağıda iken; yatay eksenli rüzgar türbinlerinde üretim ünitesi yukarıda bulunmaktadır. Genelikle 20 yıllık ömre sahip olan bu sistemler, dışarda doğal ortamda çalıştıklarından yüksek rüzgar, yağmur, kar, toz, korozyon vb gibi doğal olaylara maruz kalmaktadırlar. Şekil 10.30, yatay ve düşey eksenli türbinlerin temel elemanları görülmektedir.



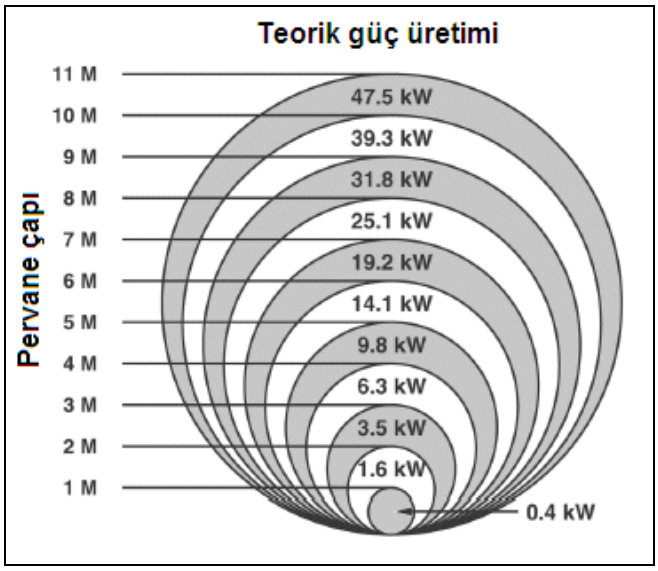
Şekil 10.30. Yatay ve düşey eksenli rüzgar türbinleri.

Pervane

Pervane, aerodinamik yüzeylere sahip kanatlardan oluşmaktadır. Rüzgar kanatların üzerinden estiğinde pervane dönmeye başlar ve jeneratör harekete geçerek sistem çalışır. Kanatlar, genellikle plastik veya odun ile güçlendirilmiş cam fiberden yapılarak hafif ve dayanıklı olarak tasarım edilmektedir. Pervanenin çapı, sistemin üreteceği enerji üzerinde doğrudan etkisi vardır. Genellikle 2 veya 3-kanatlı olarak tasarlanabildikleri gibi, bazen de çok kanatlı (multi blade) olarak tasarlanmaktadırlar. 3-kanatlı pervaneler sistem üzerindeki mekanik yükü azalttıklarından genellikle

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

tercih edilmektedir. Pervane çapının enerji üretimi ile birinci derecede ilişkisi bulunmaktadır. Şekil 10.31'de değişen pervane çapına göre teorik güç üretimi verilmiştir.



Şekil 10.31. Teorik güç üretimi ve pervane çapı.

Jeneratör/Alternatör

Jeneratörler ve alternatörler, türbin pervanesinin dönüşünden dolayı elektrik üretirler. Jeneratörler doğru akım (DC) üretirken,; alternatörler alternatif akım (AC) üretirler. Birçok küçük güçlü rüzgar türbinlerinde akü sistemi kullanılarak alternatif akımı aküler için doğru akıma çevirirler.

Doğru akım (DC), elektrik akışının bir yönde hareket etmesidir. Alternatif akım (AC) ise, akışın sinüs eğrisi şeklinde farklı yönde ilerlemesidir. AC, günlük hayatımızda kullandığımız akımdır, çünkü uzak mesafe iletiminde fazla kayıp meydana gelmez. DC'de ise, iletimde kayıplar meydana gelmektedir. Tipik olarak DC ile çalışan cihazlar, AC ile çalışandan daha düşük voltajda çalışırlar.

Dişli Kutusu

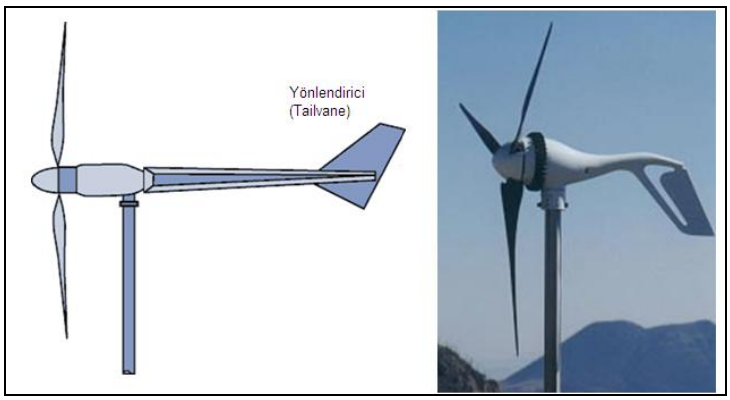
Birçok rüzgar türbini (özellikle 10 kW üstü) dişli kutusu kullanarak jeneratör ile pervane arasındaki rotasyonu düzenler. Mikro ve mini rüzgar türbinlerinde dişli kutusu genellikle bulunmamaktadır.

Nasel (Nacelle)

Nasel, yukarıda bulunan dişli kutusu, jeneratör ve diğer ekipmanı korumak için tasarlanmış bir örtü gibi düşünülebilir.

Yönlendirici (Tailvane)

Yönlendirici (tailvane), rüzgarın yönüne doğru pervaneyi yönlendiren bir cihazdır, bazı türbinlerde bulunmaktadır (Şekil 10.32).



Şekil 10.32. Yönlendirici.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

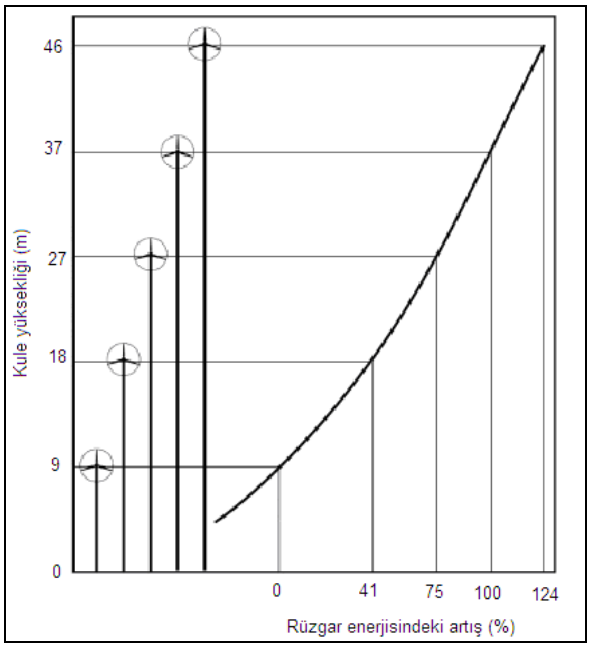
Mikro ve mini rüzgar türbinleri basit bir yönlendirici kullanırlar, fakat modern mega watt sınıfı rüzgar türbinlerinde ise, gelişmiş bir yönlendirici sistem bulunmaktadır.

Kontrol ve Koruma

Kontrol sistemleri, sigorta, akü, şalter vb gibi elektromekanik ekipmanlardan oluşur. Yapı ve tasarımları, rüzgar türbin model ve kurulu gücüne göre değişim gösterir.

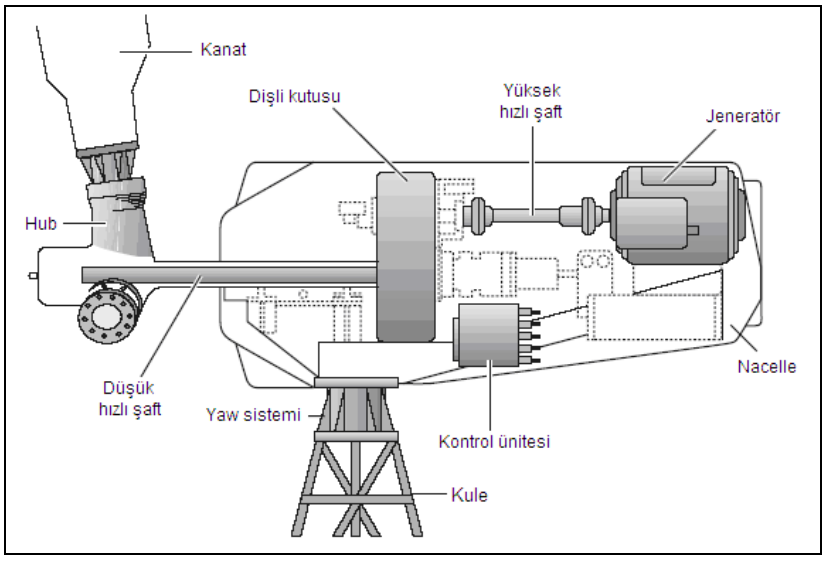
Kuleler

Kule, sistemi tutan kısımdır. Kulenin standartlara uygun bir şekilde montajının yapılması gerekmektedir. Kuleler, yıldırım, yüksek rüzgar, yağmur, kar, donma vb gibi doğa olaylarına maruz kalmaktadır. Bu yüzden, sadece türbin üreticisinin uygun gördüğü kuleler kullanılmalıdır. Aksi takdirde, üretici sistem için garanti vermeyecektir. Yükseklik arttıkça, rüzgar hızı ve dolayısıyla da rüzgar enerjisi miktarı da artmaktadır. İdeal koşullardaki artış oranı Şekil 10.33 ile verilmiştir.



Şekil 10.33. Yükseklik ile rüzgar enerjisi artışı.

Şekil 10.34 ile, yukarıda anlatılan ve hemen hemen bütün küçük güçlü bir rüzgar türbininde benzer olan nasel ve diğer temel elemanlar görülmektedir.



Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 10.34. Küçük güçlü bir RT elemanları.

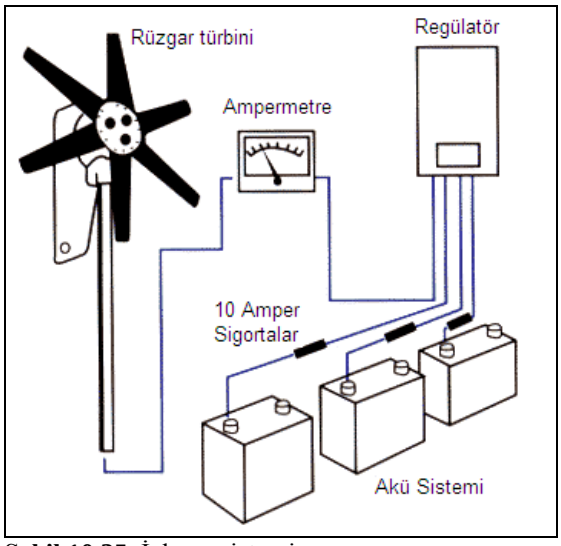
Kullanılacak sisteme göre, ayrıca tamamlayıcı diğer sistemlerde (Balance of System, BOS) gerekmektedir. Ana tamamlayıcı sistemler olarak akü, Inverter (DC-AC dönüştürücü), kablolar, şalter ve sigorta örnek verilebilir.

Akü (Battery)
Birçok rüzgar enerji sistemi, rüzgar yeterli olmadığı zaman enerji tedariki yapacak akü sistemine sahiptir. Bu sistemin en önemli özelliği, deşarj derinliğidir (discharge depth). Deşarj derinliği, aküden alınacak enerji miktarını belirlemektedir. Eğer akü gücünün %100'ü alınırsa, akünün ömrü azalır. Genellikle %50'si kullanılır.

Evirici (Inverter, DC-AC Dönüştürücü)
Akü sisteminde depo edilen enerji doğru akımdır (DC). Bazı uygulamalar DC gibi tasarım edilmekte iken, çoğunlukla AC ile çalışır. Inverter, DC'yi AC'ye çeviren bir sistemdir. Bu dönüşüm sırasında genellikle %10 kayıp meydana gelir.

Rectifier (AC-DC dönüştürücü)
Rectifier, AC'yi DC'ye çevirir. AC jeneratöre sahip sistemlerde kullanılır.

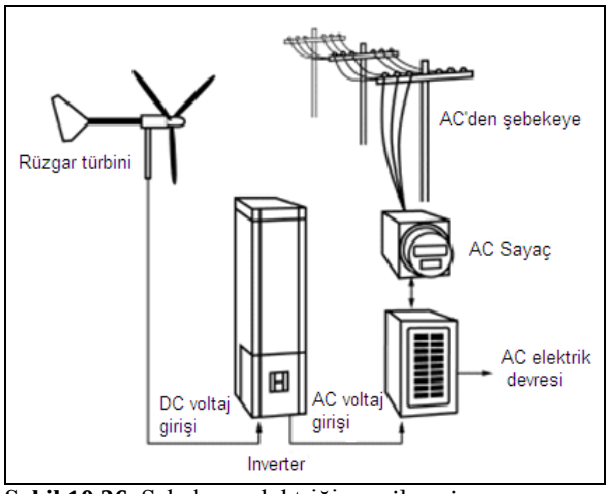
İzleme Sistemi (Monitoring Equipment)
En basit sistemlerde bile bulunabilir. Standart izleme sistemi, voltmetre ve ampermetreden oluşur. Sistemin büyüklüğü arttıkça daha ileri teknolojik sistemler kullanılır. İzleme sistemi Şekil 10.35 ile verilmiştir. Görüldüğü gibi, rüzgar türbininden çıkan akım, ampermetre ile ölçülür ve regülatöre giderek düzenlenir. Oradan da 10 amper sigorta konularak akü sistemine verilir.



Şekil 10.35. İzleme sistemi.

Akü sisteminden mevcut olmayan ve doğrudan şebekeye veren sistemler ise, Şekil 10.36 ile verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 10.36. Şebekeye elektriğin verilmesi.

50 kW kurulu gücünde bir sistemin kontrolü için gerekli cihazlar, Şekil 10.37'de görülmektedir.

Şekil 10.37. Küçük rüzgar enerji sistemlerinin kontrol üniteleri.

10.2.4 Bölgenin Değerlendirmesi

Küçük güçlü rüzgar türbinlerinin konulacağı yerde, 1 yıllık rüzgar ölçümleri yapmak hem pahalı hem de zaman alan bir işlemdir. Bu tip sistemlerin 5,000- 15,000 EURO civarında olduğu düşünülürse ve sadece 1 yıllık rüzgar ölçüm maliyetinin 10,000 EURO civarında olduğu göz önünde bulundurulur ise, rüzgar ölçümü yapmak ekonomik bir şey değildir. Bunun yerine yapılacak en doğru şey, civardaki meteoroloji istasyon verilerinin alınması veya basit ucuz bir anemometre ile belirli bir süre boyunca günde birkaç ölçüm yapılmasıdır. Ayrıca ülke rüzgar atlası mevcut ise, ona da bakılabilir. Tablo 10.8 fikir vermesi açısından böyle bir sistemi kurmak için gerekli rüzgar hız sınıflandırmasını vermektedir.

Tablo 10.8. Rüzgar hızı ve sınıflandırması.

Ortalama rüzgar hızı (m/s)	Durum
4 m/s (15 km/saat)	Kötü
5 m/s (18 km/saat)	Zayıf
6 m/s (22 km/saat)	Normal
7 m/s (25 km/saat)	İyi
8 m/s (29 km/saat)	Çok iyi

Enerji İhtiyacının Belirlenmesi

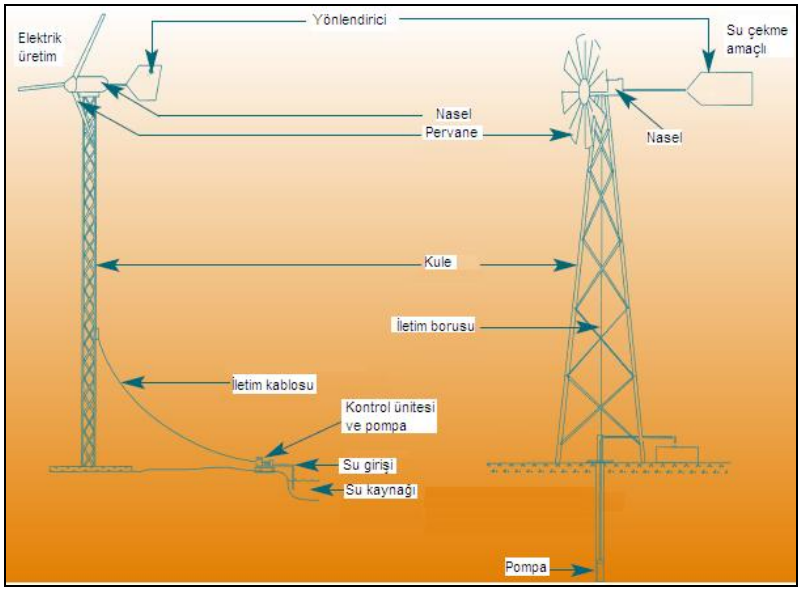
Verilecek en önemli kararlardan birisidir. Rüzgar türbininin kurulu gücünün seçimi ekonomiklik açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla ihtiyaç dikkatli bir şekilde belirlenmelidir. Yapılacak şeylerin başında, rüzgar türbininin kullanılacağı yerdeki elektrik sarfiyatı yapacak malzemelerin kaç Watt ile çalıştığı belirlenerek toplam bir değer bulunmalıdır. Bu tip cihazların arkasında veya kullanım kılavuzlarında ihtiyaç duydukları enerji miktarı Watt veya kW cinsinden yazmaktadır. Tablo 10.9, fikir vermesi açısından verilmiştir.

Tablo 10.9. İhtiyacın belirlenmesi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Cihaz	Kurulu Güç (W)	Yıllık çalışma (saat)	Yıllık İhtiyaç
3 x 60 Watt ampul	180	770	138,600
Renkli TV	70	430	30,100
Ütü	110	80	8,800
Buzdolabı	170	2295	390,150

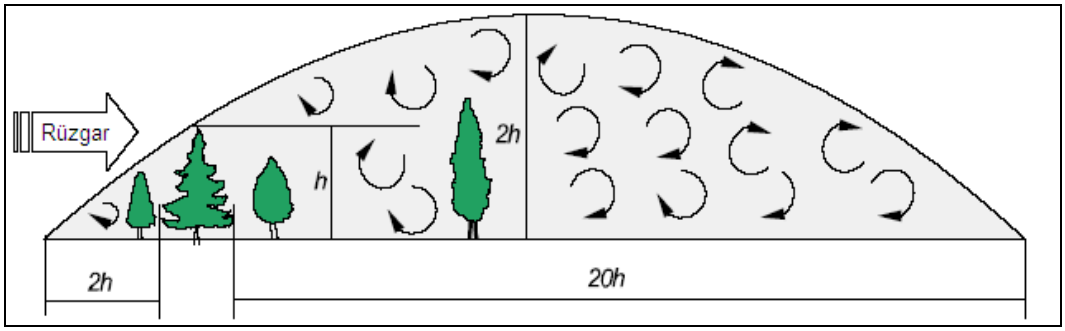
Şekil 10.38 ile rüzgar su çekme sistemi ile elektrik üretim amaçlı küçük rüzgar sisteminin kıyaslaması verilmiştir. Her iki sistemde de, yönlendirici, kule, nasel, pervane gibi benzer elemanlar bulunsa da, sistem tasarımı dolayısıyla bazı farklılıklar bulunmaktadır.



Şekil 10.38. Küçük rüzgar enerji sistemlerinin kıyaslanması.

10.2.5 Yerleşim ve Montaj

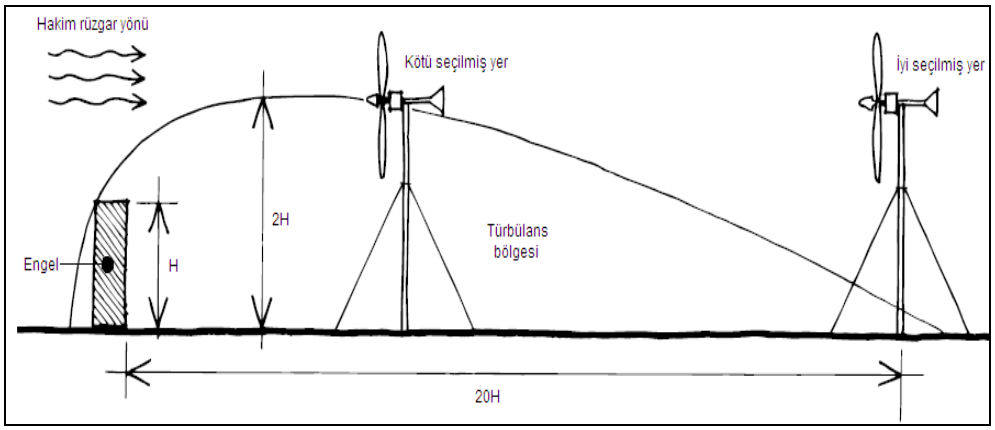
Rüzgar türbini daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, açık ve önünde engel olmayan bölgelere monte edilmelidir. Türbinin montajı yapılırken ayrıca ekonomiklik açısından fazla da uzağa gitmemek gerekir. Gerek iletim kayıplar ve gerekse de kablo maliyeti projenin ekonomik ve teknik fizibilitesini etkileyebilmektedir. Engele çarpan bir rüzgar akışı Şekil 10.39'da görüldüğü gibi, cismin boyunun 20 katı bir mesafede etki ettiğinin hatırlanması gerekmektedir.



Şekil 10.39. Rüzgar akışının bozulumu.

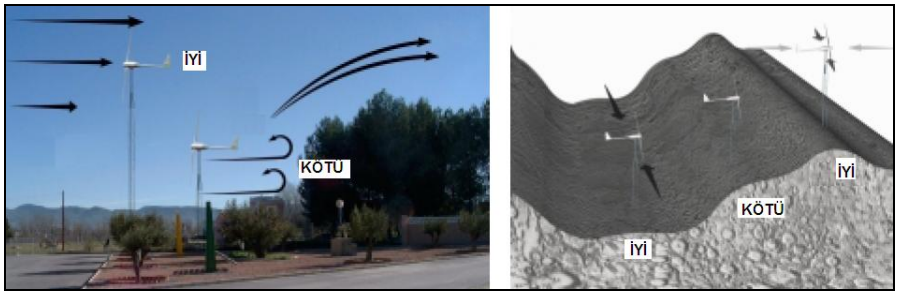
Bu yüzden küçük rüzgar türbini yerleştirmesi yaparken, bu durum dikkate alınmalıdır. Şekil 10.40 ile bu durum daha iyi görülmektedir. Engele çarpan akış, engelin arkasında çarptığı engelin boyunun 15-20 katı bir mesafede akışın bozulmasına neden olmaktadır. Bunlar göz önüne alınarak rüzgar türbini yerleşimi yapılmalıdır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



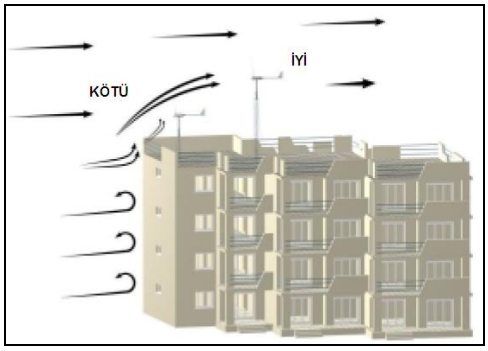
Şekil 10.40. Rüzgar türbinin yerleşimi.

Ayrıca, gerek yol kenarlarına ve gerekse de dağlık arazilerde yapılan doğru ve yanlış yerleşimler Şekil 10.41 ile verilmiştir.



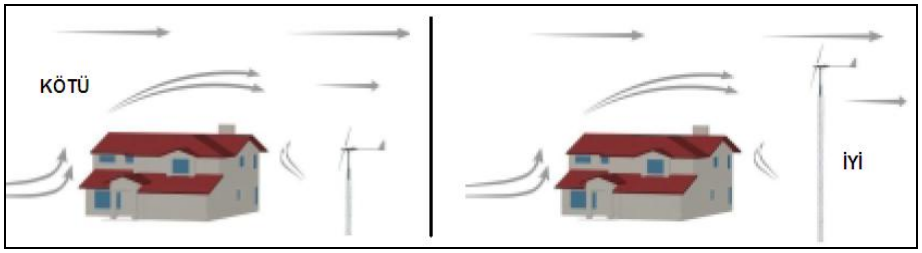
Şekil 10.41. Doğru ve yanlış yerleşimler.

Binaların üzerine konan rüzgar türbininin örnek yerleşimi de Şekil 10.42'de görülmektedir.



Şekil 10.42. Bina üzerine yerleşim.

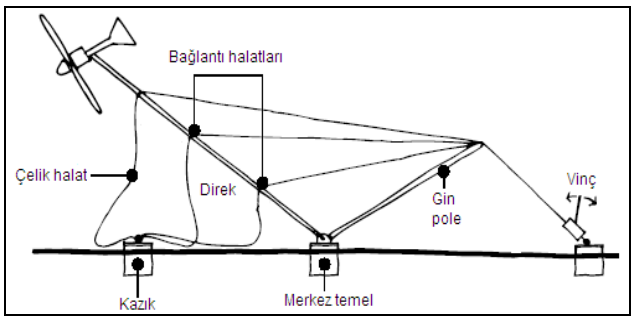
Bina arkasına yerleşimlerde ise, Şekil 10.43 ile görüldüğü gibi rüzgar türbininin boyu dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır. Eğer rüzgar türbininin muhakkak bina arkasına yerleştirilmesi gerekiyor ise (pratikte de çoğunlukla gerekebilmektedir), en azından kule boyunun önündeki ev veya engelin 2 katı olması gerektiğine dikkat edilmelidir.



Şekil 10.43. Bina arkasına yerleşim.

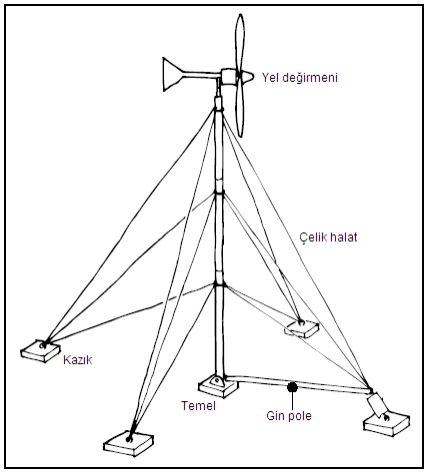
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Rüzgar türbininin montajı, rüzgar ölçüm direğine benzer mantıkta yapılabileceği gibi, mobil vinçler ile de bu yerleşim yapılabilir. Şekil 10.44 ile Bölüm 5'tekine benzer rüzgar ölçüm direği montajı sistemine (gin pole ve vinç sistemi) benzer bir sistem görülmektedir.



Şekil 10.44. Gin pole ile rüzgar türbin montajı.

Çelik halatların gerdirilmesi ile beraber sistem Şekil 10.45'tekine benzer bir yapı alacaktır.



Şekil 10.45. Montajı bitmiş bir sistem.

Şekil 10.46 ile 10 kW kurulu gücünde bir rüzgar türbininin montaj aşamaları görülmektedir. Kafes direk olarak tasarlanmış bu sistemde çelik yan halatlar kullanılmamaktadır. Bu tip şelik kafes kuleler, yeterince büyük olduğundan yan çelik halatlara gereksinim duymaksızın çalışabilmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 10.46. Kafes konstrüksiyon kule ile montaj.

Aynı rüzgar türbininin ayak noktası Şekil 10.47'de görülmektedir. Çelik kafes konstrüksiyon kuleler, 4 ayak üzerine oturtulmakta ve kulenin uzunluğu yapılan tasarıma göre 6 m – 20 m arasında değişebilmektedir.

Şekil 10.47. Kule ayakları.

Sistemin montajı bittiğinden sonra Şekil 10.48'de görüldüğü gibi bir konstrüksiyon olacaktır.

Şekil 10.48. Kafes konstrüksiyon kule.

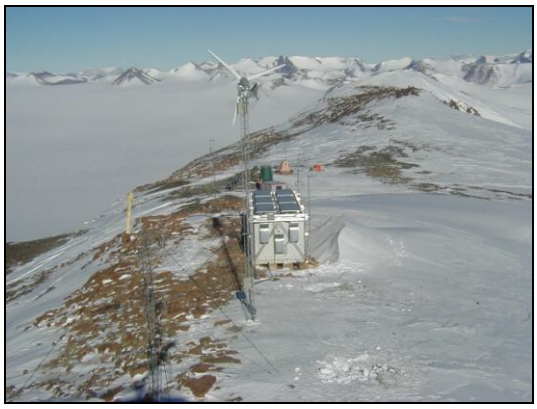
10.3 Ada Sistemleri (Stand Alone System)

Ada sistemleri, daha önce de belirtildiği gibi, yerleşim merkezlerinden çok uzakta bulunan yerlerde elektrik gereksinimi için kullanılabilirler ve şebekeden bağımsız olarak çalışırlar. Şekil 10.49 ile 400 W kurulu gücünde Kaliforniya açıklarında askeri iletişim amaçlı kullanılan bir rüzgar enerjisi ada sistemi görülmektedir.

Şekil 10.49. Açık denizde ada sistemi.

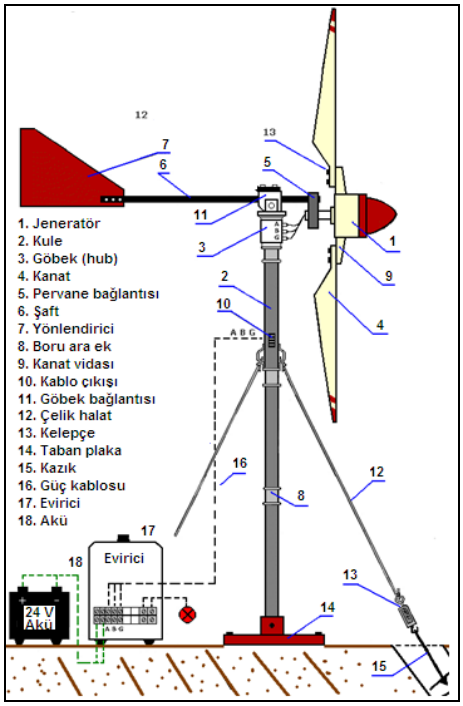
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Yerleşim yerlerine uzakta kurulu askeri haberleşme amaçlı kullanılan bir istasyonda kullanılan rüzgar enerjisi ada sistemi görülmektedir (Şekil 10.50).



Şekil 10.50. Radyo link ada sistemi.

Bu tip sistemlerin çalışma sistemi ise 10.51'de görülmektedir.



Şekil 10.51. Ada sistemi.

Ada sistemleri, ülkemizde de bazı orman yangın gözlem istasyonları, radyo-link istasyonları ile İstanbul – Ankara otoyolunda kullanılmaktadır.

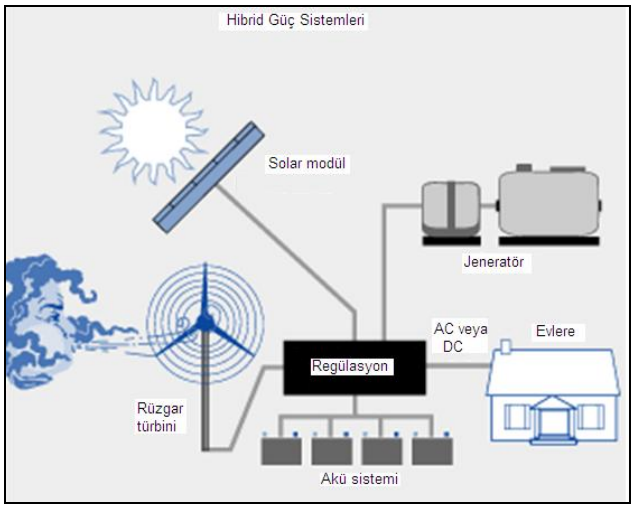
10.4 Hibrid Sistemler

Hibrid sistemler, en az iki enerji kaynağının bir araya gelerek enerji ürettiği sistemlerdir. Burada rüzgar-güneş, rüzgar-dizel sistemler anlatılacaktır.

10.4.1 Rüzgar Güneş Hibrid Sistemler

Rüzgar türbini ile güneş panellerinin (photovoltaic) birlikte kullanıldığı sistemlerdir. Şekil 10.52 ile basit bir rüzgar güneş hibrid sistem elemanları görülmektedir. Rüzgar güneş hibrid sisteminde, rüzgar türbini, güneş modülü, regülasyon ünitesi, jeneratör ve akü sistemi bulunmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

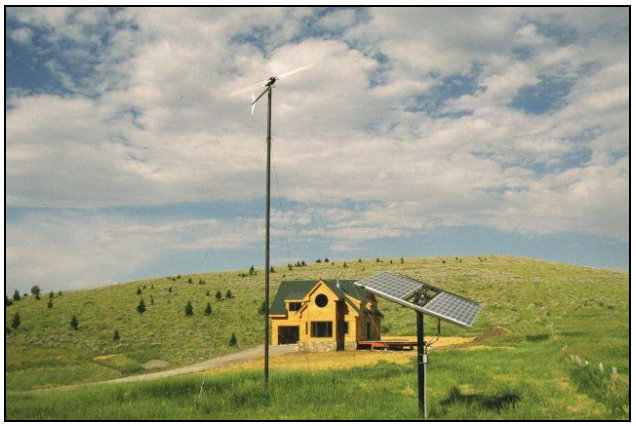


Şekil 10.52. Rüzgar güneş hibrid sistemi.

Dünyanın bir çok bölgesinde kullanılan rüzgar güneş hibrid sistemine Bengal Körfezi civarında bulunan St Martin adasında Şekil 10.53 gösterilmiştir. 10 kW kurulu güçlü bu sistemler, civarda bulunan otel, pansiyon ve araştırma laboratuvarının elektrik ihtiyacını karşılamaktadır.

Şekil 10.53. Adada kullanan hibrid sistemler.

Bu tip sistemler de rüzgar estiği zamanlarda, rüzgardan elektrik üretimi yapılmakta ve güneş panelinin gündüz depo ettiği enerji, akü sisteminde biriktirilmektedir. Şekil 10.54 ile yerleşim yerine uzaklarda bulunan bir kır evinde bu sistemin uygulanması görülmektedir.



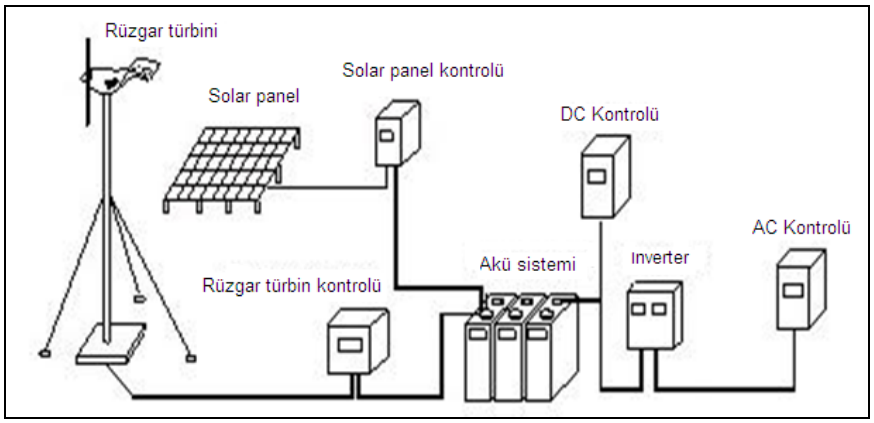
Şekil 10.54. Kır evinde rüzgar-güneş hibrid sistemi.

Ayrıca, ev ve endüstriyel tesislerde bu tip sistemler çatıya da rahatlıkla monte edilip kullanılabilir (Şekil 10.55).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 10.55. Rüzgar-güneş hibrid sistem.

Şebeke ile paralel çalışan bir sisteme örnek ise, Şekil 10.56 ile verilmiştir. Hava koşullarının (gerek rüzgar ve gerekse de güneş enerjisi açısından) yeterli olmadığı durumlarda şebekeden elektrik alabilmek için bu sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemlerin maliyeti daha yüksektir. Şebeke ile paralel çalışan bu sistemlerden DC çıkışı, evirici yardımıyla AC olarak değiştirilerek son kullanıcıya verilmektedir.

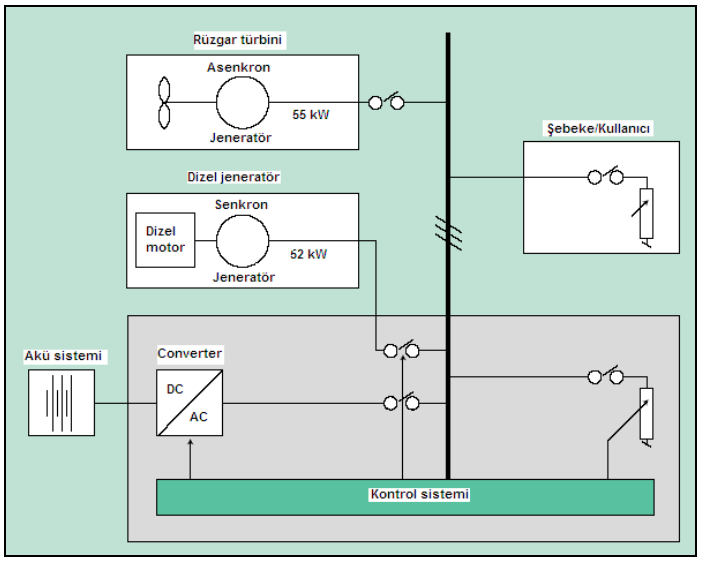


Şekil 10.56. Şebeke ile paralel çalışan hibrid sistem.

10.4.2 Rüzgar Dizel Hibrid Uygulamalar

Genellikle enerji ihtiyacının süreklilik gerektirdiği bölgelerde kullanılan bu sistem, hibrid sistemler içinde en pahalı olanıdır. Şekil 10.57'de Norveç'in Froya adasında 1995 Ocak ayında monte edilmiş bir sistemi görülmektedir. 22 kV dağıtım sistemine bağlanan bu sistem, 15 tüketiciye hizmet vermekte ve 15-40 kW arasında değişkenlik göstermektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 10.57. Rüzgar-dizel hibrid sistemi.

Yukarıda verilen rüzgar-dizel hibrid sistemi, 55 kW kurulu gücünde indüksiyon jeneratöre sahip bir rüzgar türbini doğrudan yerel şebekeye bağlıdır. 52 kW ve 70 kVA senkron jeneratöre sahip dizel jeneratör, elektrik hız düzenleyici yardımıyla converter ünite ile paralel çalışabilmektedir. Sistem, 170 adet nikel kadmiyum hücreden oluşan akü sistemine sahiptir. Nominal 230 V DC olarak çalışan akü sisteminin 5 saatlik depolama kapasitesi 27 kW'tır.

10.5 Diğer Uygulamalar

Rüzgar türbinlerinden elektrik üretimi amaçlı bazı diğer fakat yaygınlaşamamış uygulamalar da bulunmaktadır. Buna en iyi örnek olarak bazı araçların (recreational vehicles) üstüne monte edilerek kullanılan sistemler örnek verilebilir (Şekil 10.58).

Şekil 10.58. Rüzgar enerjisi araçlarda kullanım.

10.6 Repowering

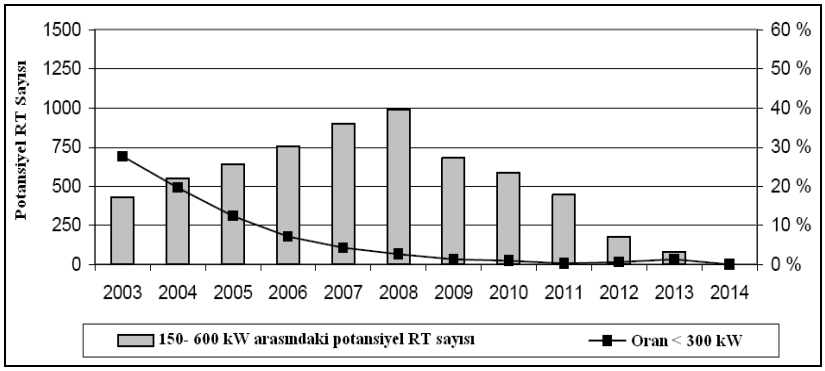
Modern MW sınıfı RT'lerin geliştiği 1990'lı yılların sonundan itibaren özellikle Almanya ve Danimarka'da Repowering ortaya çıkmıştır. Repowering, eski ve çoğunlukla kW sınıfı düşük kurulu güçlü RT'lerin yeni MW sınıfı RT'ler ise değiştirilmesine denilmektedir. Repowering, özellikle Almanya ve Danimarka gibi, verimli bölgelerin sıkıntısını çeken ülkelerde önemlidir. Dünyada kurulu RT sayısının artmasına paralel olarak yeni gelişen RT'ler için fazla saha kalmaması böyle bir uygulamayı gündeme getirmiştir. Ayrıca yeni arazilerin kiralanmasındaki zorluklar da bu durumu zorunlu kılmıştır. İlk yapılan projeler, rüzgar potansiyeli yüksek bölgelerde olmuştur ve bu durum da Repowering işlemini tetikleyen diğer bir faktördür. Bu yüzden Almanya ve Danimarka'da ikinci el

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

veya kullanılmış RT pazarı oluşmuştur. Çoğunluğu kW sınıfı RT'ler MW sınıfı RT'ler ile yerdeğiştirmektedir. Repowering işleminin aşağıdaki avantajları bulunmaktadır:

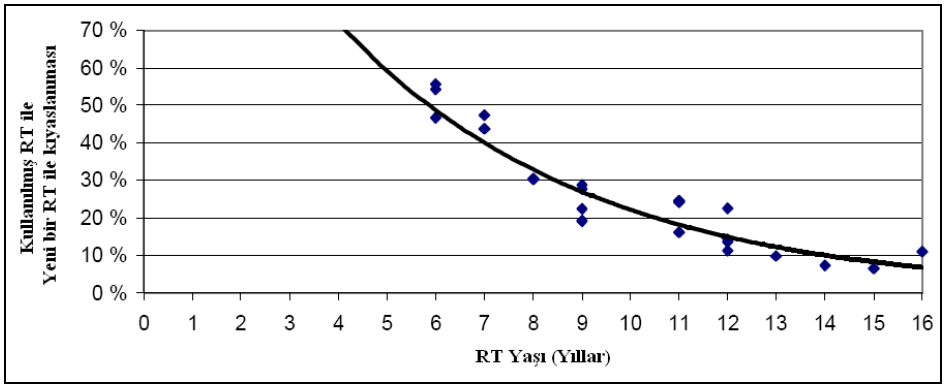
- Aynı sahadan daha fazla enerji elde edilmektedir,
- Ek bir sahaya gereksinim duyulmamaktadır,
- Daha az RT ile görünüm daha estetiktir,
- Düşük maliyet ve yüksek verim getirmekte ve üretim maliyeti önemli ölçüde düşmektedir,
- Modern MW sınıfı RT'ler daha gelişmiş olduklarından dolayı şebeke ile daha uyumludur,
- Modern RT'ler daha az gürültü ile çalışmaktadır,
- RT pazarı kendini yenileyerek sektörün devamını sağlamaktadır.

Alman Rüzgar Enerjisi Enstitüsü DEWI'nin yaptığı çalışma sonuçlarına göre Haziran 2005 tarihi itibarı ile toplamda 59.3 MW eski RT'ler yerlerinden çıkarılmıştır. Sökülen RT'lerin ortalama kurulu gücü 415 kW iken yerine konulan RT'lerin ortlama kurulu gücü de 1560 kW'dır. Dolayısıyla Repowering faktörü 2.84'tür. Almanya'da kurulu güçleri 150 – 600 kW arasında değişen 1200'den fazla RT bulunmaktadır ve bunlar rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerdedir. Şekil 10.59 ile Danimarka'daki tecrübelerden yola çıkılarak hazırlanan bir grafik görülmektredir. 2014 yılına kadar Almanya'da yapılabilecek olan Repowering aktiviteleri görülmektedir.



Şekil 10.59. 2014 yılına kadar Almanya'da yapılabilecek Repowering.

Burada dikkat edilmesi gereken şey, 5 – 12 yaş arasındaki RT'lerin Repowering işlemine tabi tutulabilecekleridir. Şekil 10.60 ile Almanya'da güncel piyasa verilerinden yola çıkılarak ikinci el RT'lerdeki yaş ile birinci el fiyata göre olan yüzdesi görülmektedir.



Şekil 10.60. RT yaşı ile fiyatın değişimi.

<u>İkinci El RT'lerin Bazı Özellikleri</u>

İkinci el veya kullanılmış RT'lerin bazı avantajları bulunmaktadır. Bunlar:

- Piyasada 150 - 600 kW arasında rahatlıkla bulunabilen ikinci el RT'lerin montajı ve nakliyesi herhangi bir zorlukla karşılaşılmadan yapılabilmektedir,
- Bakım aktiviteleri oldukça kolaydır,
- Fiyat olarak caziptir,

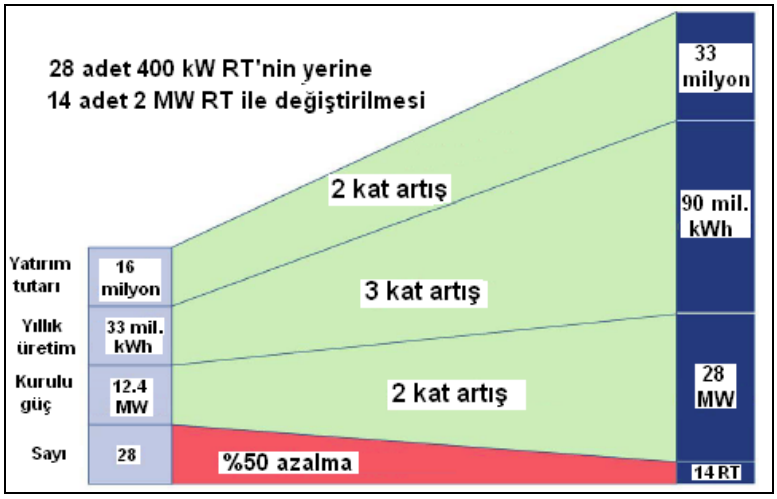
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

- Yıllık üretim miktarı artmaktadır,
- Geri kalmış ülkelerde birinci el yani yeni RT alımı zor olduğundan ikinci el RT'den teknoloji öğrenilebilir.

Avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar:

- İkinci el RT seçimi dikkat gerektiren ve zor bir iştir,
- Kullanılmış RT'lerin ömürleri ile ilgili elde fazla veri bulunmamaktadır,
- Yapılan ekonomik analizler daha çok bazı varsayımları içermektedir.

İkinci el RT seçerken ülkeye özel bazı şartlara da dikkat edilmelidir. Almanya'daki iklim, coğrafik yapı ve şebeke gibi şartlara göre tasarımı yapılan RT'ler, diğer ülkelerde optimum sonuçlar vermeyebilir. Şekil 10.61 ile 28 adet 400 kW RT'nin 14 adet 2 MW RT ile Repowering edilmesi durumunda muhtemel sonuçları vermektedir. Görüldüğü gibi, yatırım tutarı ve kurulu güç 2 kat artmıştır. Bununla beraber, yıllık üretim miktarı 3 kat ve RT sayısı da yarıya düşmüştür.



Şekil 10.61. Repowering sonuçları.

Aşağıda Şekil 10.62 ile Almanya'nın Schleswig-Holstein Eyaleti'nde bulunan Simonsberg civarındaki bir RES'in Repowering öncesi ve Repowering yapıldıktan sonraki görüntüsü verilmiştir.

Şekil 10.62. Simonsberg (Schleswig-Holstein)

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 10.63 ise, Almanya'nın Aşağı Saksonya Eyaleti'nde bulunan Bassens civarındaki bir RES'in Repowering öncesi ve Repowering yapıldıktan sonraki hali görülmektedir.

Şekil 10.63. Bassens (Aşağı Saksonya).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

BÖLÜM 11

DENİZÜSTÜ (OFFSHORE) RES

Denizüstü RES'ler son 10 yılda özellikle Avrupa ülkelerinde yapılmıştır. Kara (onshore) RES ile denizüstü (offshore) RES arasındaki en önemli farkları anlamak gerekmektedir. Bu farklar:

- Denizüstünde daha kararlı ve yüksek rüzgar hızlarının bulunması sebebiyle daha fazla enerji üretimi,
- Denizüstü RES'lerde montaj ve inşaat işlerinin daha yüksek meblağlara yapılması,
- Ulaşım nedeni ile bakım masraflarının daha yüksek olması,
- Denizüstü RES projelerinde finansman olanaklarının zorluğu,
- Denizüstü RES'lerin işletmesinin karaüstü RES'lerden daha zor olması sayılabilir.

Herhangi bir yerde denizüstü RES yapılabilmesi için bazı hususlar dikkate alınmalıdır. Bunlar aşağıda verilmiştir:

- Rüzgar potansiyeli,
- Deniz derinliği,
- Kıyıya uzaklık,
- Doğal koruma,
- Askeri kullanım,
- Balıkçılık,
- Deniz trafiği,
- Boru hatları ve kablolar.

2000'li yılların başından itibaren denizüstü RES projelerinde artış yaşanmıştır. Kuzey Denizi civarındaki ülkeler olan Almanya, Danimarka, İngiltere ve Hollanda'da denizüstü RES'lere başlanmıştır. Almanya'da karaüstü alanların çoğu gerçekleştiğinden fazla yer kalmamıştır. Bu yüzden denizüstü RES'lere doğru bir yönelim başlamıştır. Alman Hükümeti'nin 2010 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynak kullanımını iki katına çıkarması kapsamında denizüstü RES'lere ağırlık vermeye başlamıştır. Karaüstü RES'lerdeki gelişim yavaşlamakla birlikte denizüstü RES projelerinde artış görülmektedir. Karaüstü RES'lerde olduğu gibi projenin ilk adımı, RES kurulacak bölgedeki rüzgar potansiyelinin belirlenmesidir.

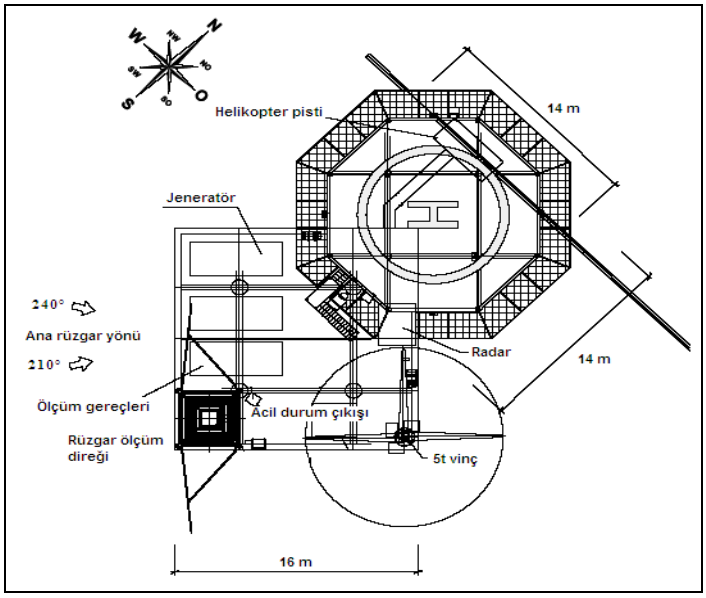
11.1 Denizüstü Rüzgar Ölçümü

Rüzgar ölçüm teknikleri bölümünde daha çok karada (onshore) rüzgar ölçüm teknikleri üzerinde durulmuştur. Bu yüzden denizüstü ölçümleri üzerinde genel bazı bilgiler verilip fazla detaya inilmeyecektir. Denizüstü rüzgar ölçümleri, genellikle 100 metre yüksekliğe kadar yapılabilmektedir. Denizüstü RT'lerin boylarının karaüstünde kullanılanlara oranla daha uzun olması sebebi ile bu yüksekliklere çıkılabilmektedir. Denizüstü rüzgar ölçümleri karaüstü rüzgar ölçümlerinden bazı farklılıklar göstermektedir. Denizüstü RES kurulum amaçlı rüzgar ölçümleri yeni bir uygulama özelliğini taşımaktadır. Konu ile ilgili en güzel çalışma 2003 yılında Kuzey Denizinde yapılan ve FINO ölçümleri olarak bilinen denizüstü rüzgar ölçümleridir. Bu yüzden burada bunlar anlatılacaktır. Bu projenin ana amacı sadece denizüstü rüzgar ölçümleri değil; aynı zamanda da denizüstü ekosisteminin öğrenilmesidir. Bunlara ek olarak civar biyolojik yapısı da incelenmiştir. The German Lloyd Wind Energie GmbH projenin yapılmasından; DEWI teknik ölçümlerden sorumlu olarak proje yürütülmüştür. Haziran 2003'te ölçüm direği için hazırlanan platform dikilmesini müteakip Ağustos 2003'te de ölçüm direği montajı yapılmıştır.

11.1.1 Platform Yapısı ve Teçhizatı

Platform tasarım yapısı olarak en önemli hususlardan birisi otomatik işletme şartlarına haiz olmasıdır. Bakım işlerinde kullanılmak üzere hem helikopter pisti; hem de denizden gemi ile ulaşımı mümkün kılacak yapının bulunması düşünülmüştür. Helikopter pisti (helicopter pad) direğe çabuk ulaşım için düşünülmüştür. Deniz seviyesinden 20 m yukarısıdır (Şekil 11.1).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 11.1. Denizüstü rüzgar ölçüm istasyonu platformu.

Platform yapısı, 5 ana parçaya ayrılabilir:

- Deniz tabanında bulunan temel (her biri 38 m olan dört ayak),
- 26x26 m boyutlarında ve 48 m yüksekliğinde ceket yapı (jacket construction),
- 15x15 m boyutunda helikopter pisti,
- 16x16 m güverte yapısı (merdivenle erişilebilir),
- 100 metreye varan yükseklikteki ölçüm direği (veya kulesi).

Bütün malzeme birbirine kaynak ile bağlanmıştır. Deniz seviyesinin üzerindeki platform, deniz dalga ve akıntılarından etkilenmeyecek şekilde tasarlanmıştır. Platformun üzerinde 4 adet taşıyıcı (konteyner) bulunmaktadır. Birinci konteyner ölçüm cihazlarını, ikinci konteyner acil durum barınağını, üçüncü konteyner dizel jeneratör setini ve dördüncü konteyner de, akü teçhizatlarını taşımaktadır. Ayrıca yangın söndürme, optik ve akustik alarm sistemi de bu konteynerler üzerindedir. Kullanılan jeneratör, 4500 saat veya 6 ay bakım olmaksızın çalışabilme yeteneğine sahiptir.

11.1.2 Ölçümü Yapılan Parametreler

FINO projesi kapsamında aşağıdaki ölçümler yapılmaktadır:

- Rüzgar ve meteorolojik değişken ölçümleri,
- Platform temeli dinamik ölçümleri,
- Deniz ekosistem değişken ölçümleri.

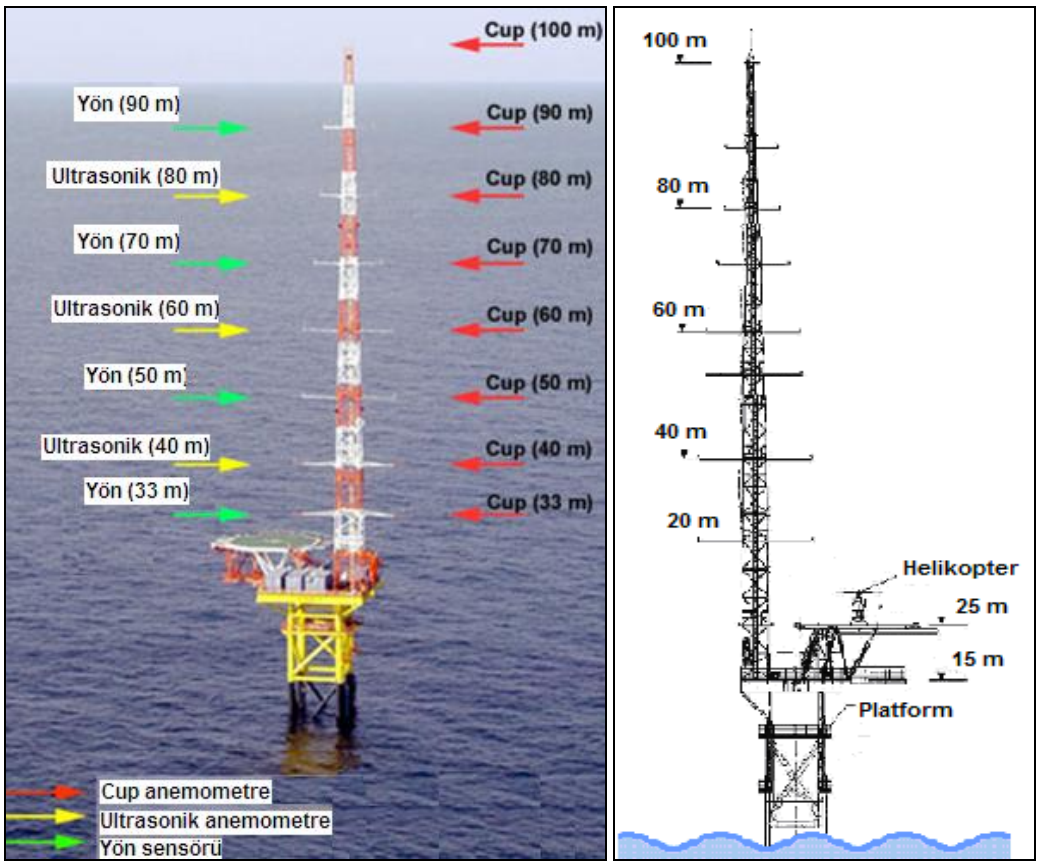
Platform temelinin yapısal dinamik ölçümleri de yapılmaktadır. Temel yapısına hareketlerden dolayı etki eden kuvvetler, ivmelendirme sensörleri (acceleration sensors) tarafından 3 farklı seviyede ölçülmektedir. Bu ölçümlerin neticesinde matematik modeller yardımıyla dalga yüklerinin çelik yapı üzerine olan etkilerinin ölçümü yapılmaktadır. Bu ölçüm neticeleri aynı zamanda denizüstü RT'lerde kullanılmıştır.

Deniz ekosistemi (maritime environment) ölçümleri ise, deniz seviyesi, akıntılar, dalgalar, gel git gibi parametreleri içermektedir. Buradaki ana amaç, yük ve stabilite ile ilgili verileri toplamaktadır. Yapı üzerine etkiyen bu yüklerin nedeni de akıntı ve dalga oluşumlarıdır. Bu amaçla deniz suyu sıcaklığı, tuzluluk ve oksijen değişimi sürekli ölçülmektedir. Şekil 11.2'den de görüldüğü gibi, 40, 60 ve 80. metrelerde yüksek çözünürlüğe sahip ultrasonik anemometreler kullanılmaktadır. Bu ultrasonik

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

anemometreler, kısa dönem salınımları ile yatay rüzgar ve düşey rüzgar akışının da profillerinin çıkarılmasında kullanılmaktadır.

Rüzgar ölçümleri, 33. metreden başlayarak, 40, 50, 60, 70, 80, 90 ve 100 metreler olmak üzere 8 farklı seviyede yapılmaktadır. Yön ölçümleri de 33 m den başlayarak 50, 70 ve 90. metreler olmak üzere toplam 4 farklı yükseklikten alınmaktadır. Bunların yanında, sıcaklık, nem ve basınç gibi diğer meteorolojik değişkenlerde ölçülmektedir. Şekil 11.2 ile denizüstü rüzgar ölçüm direği görülmektedir.



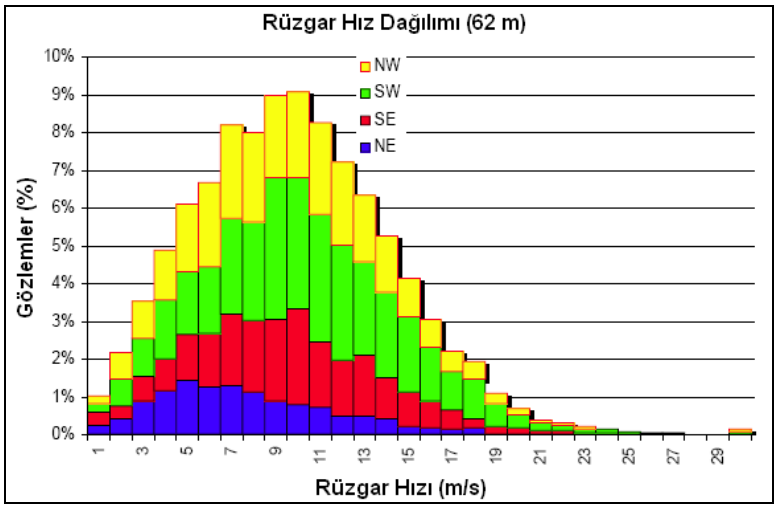
Şekil 11.2. Denizüstü rüzgar ölçüm direği.

Denizüstü rüzgar ölçümü, karaüstü rüzgar ölçümünden daha detaylı ve pahalıdır. Karaüstü rüzgar ölçüm istasyonunda sadece meteorolojik parametreler ölçülmekte iken; denizüstünde bazı yapısal, deniz ve ekolojik ölçümler de eklenmektedir.

11.1.3 Denizüstü Rüzgar Özellikleri

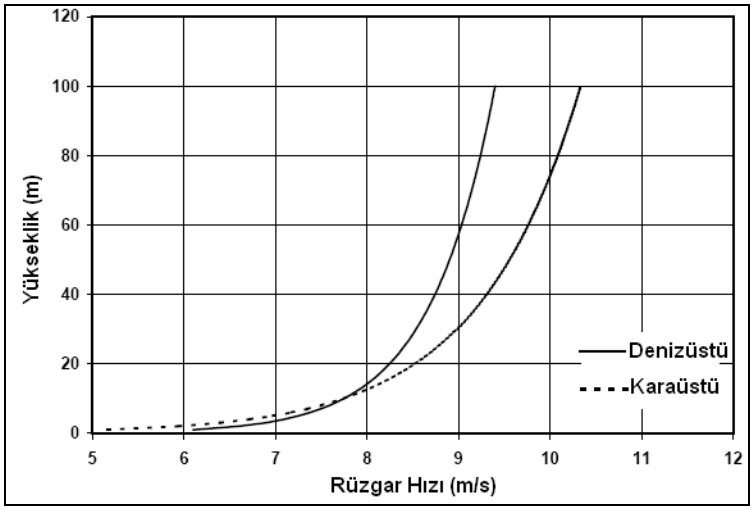
Deniz üzerinde esen rüzgarın da kendine has bazı karakteristik özellikleri bulunmaktadır. En temel karakteristik özellik, denizüstü rüzgar hızlarının, kara üzerinden daha yüksek olmasıdır. Yapılan çalışmalar sonucunda denizüstü rüzgar hızlarının en yakın kara parçasından %20-25 daha yüksek çıktığı görülmüştür. Deniz üzerindeki yüzey pürüzlülüğünün kara üzerinden daha düşük olması sebebiyle, rüzgar akışının türbülans yoğunluğu daha düşüktür ve RT tasarımı açısından yorulmanın (fatigue) daha düşük olması anlamına gelmektedir. Rüzgar hız dağılımı olarak Weibull dağılımına uymaktadır. Kuzey denizindeki yapılan ölçümlerde Weibull dağılımının şekil parametresi ortalama olarak 2 (1.93-2.11) çıkmıştır. Şekil 11.3 ile 62 m'de yapılan ölçümlere göre çizilen rüzgar dağılımı görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



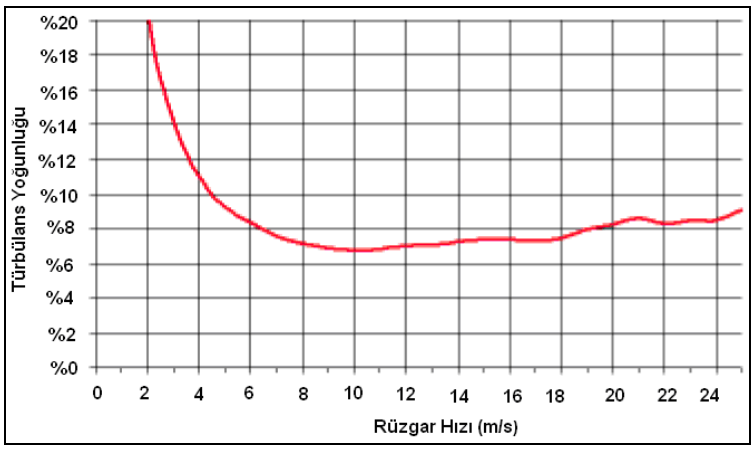
Şekil 11.3. 62 m yüksekliğinde rüzgar hız dağılımı.

Denizüstü rüzgar ölçümlerinde, rüzgar hız dağılımının yanında rüzgarın düşey değişimi (profili) büyük önem arz etmektedir. Genellikle logaritmik rüzgar hız profil yaklaşımı kullanılmaktadır. Karaüstü ve denizüstü rüzgar profilini gösteren grafik Şekil 11.4 ile verilmiştir. Görüldüğü gibi, denizüstü rüzgar hızının zaman serisi yükseklik ile daha fazla artmaktadır.



Şekil 11.4. Rüzgar hız profili.

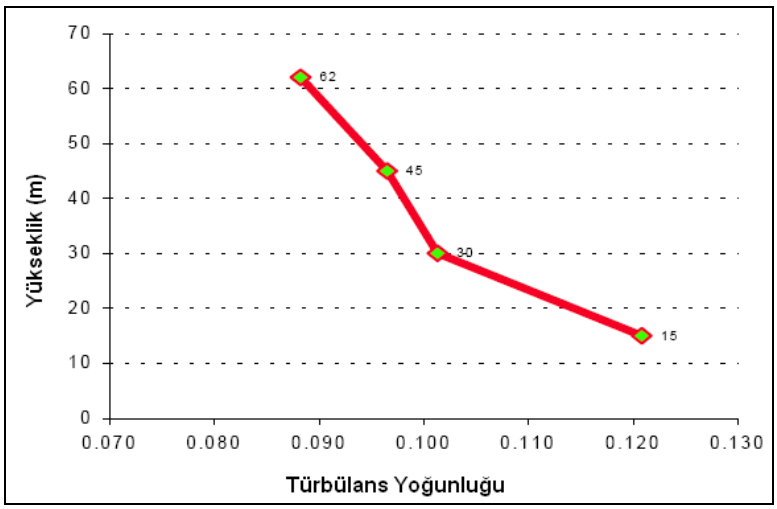
Rüzgar hızı arttıkça türbülans yoğunluğunun düştüğünü Şekil 11.5 göstermektedir. Özellikle 8 m/s üzerindeki hızlarda türbülans %7 civarında seyretmektedir.



Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 11.5. Rüzgar hızı ile türbülans yoğunluğunun değişimi.

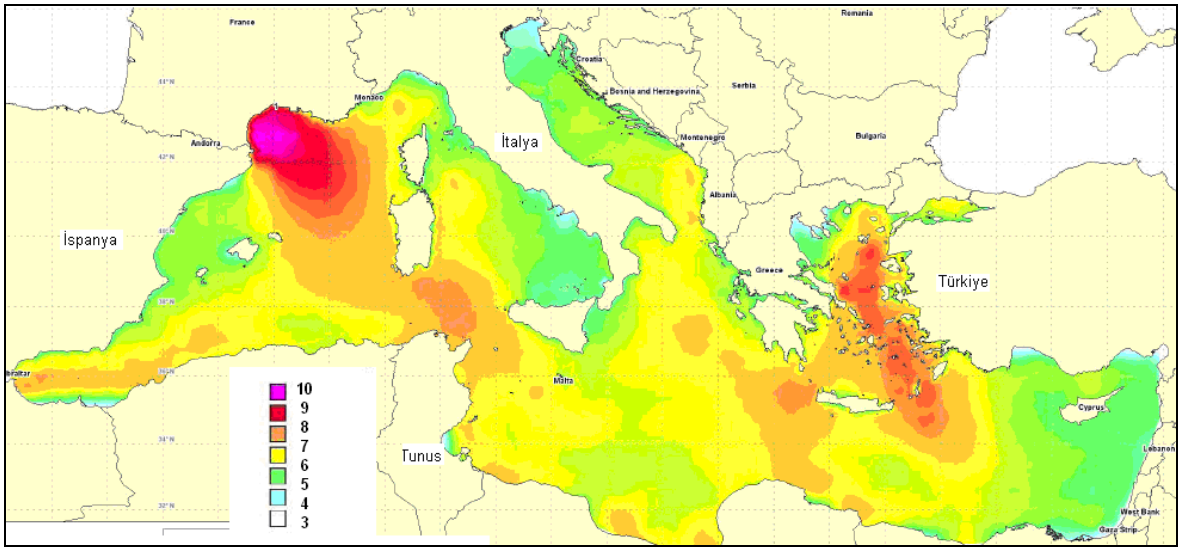
Türbülans yoğunluğu, yükseklikle de değişmektedir. Çoğunlukla yükseklikle düşme eğilimi göstermektedir (Şekil 11.6).



Şekil 11.6. Türbülans yoğunluğunun yükseklikle değişimi.

11.2 Avrupa Denizüstü Rüzgar Potansiyeli

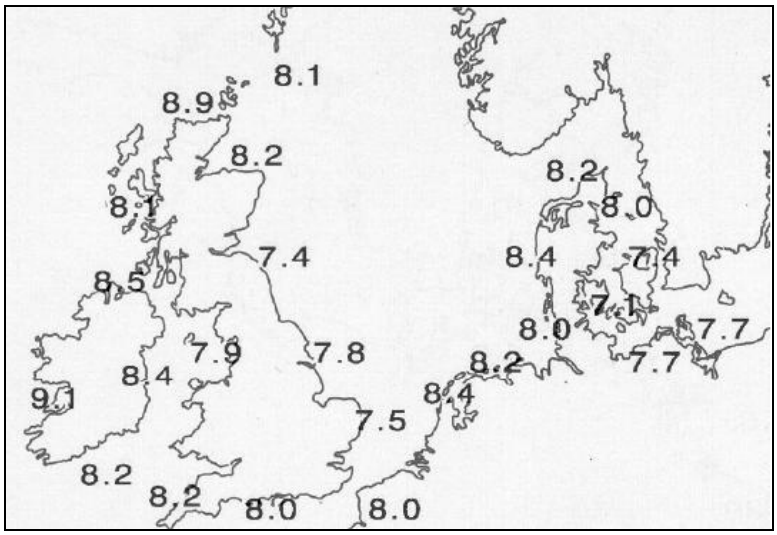
Denizüstü RES'ler ile ilgili çalışmalar Avrupa ülkelerinde yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Danimarka'da bulunan Riso Ulusal Laboratuarı'nın yaptığı çalışma sonucunda bulunan Avrupa denizüstü rüzgar potansiyel haritası Şekil 11.7 ile verilmiştir. Altener-2002-065 nolu proje kapsamındaki projeye ayrıca CRES ve Nostrum'da katılmıştır.



Şekil 11.7. Altener-2002-065 projesine göre Avrupa denizüstü rüzgar potansiyeli.

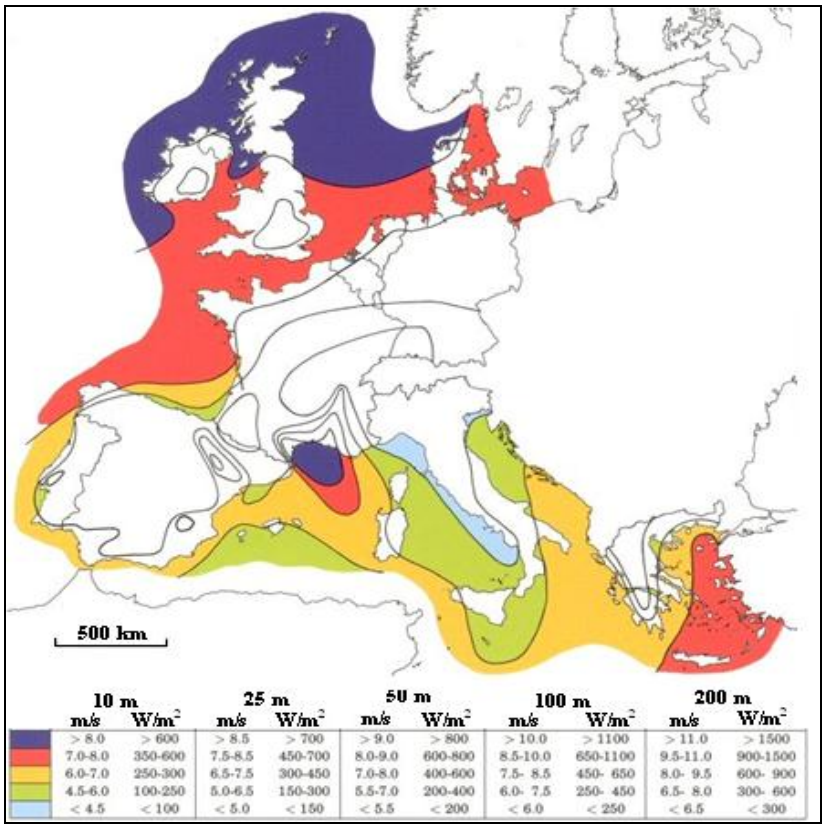
Kuzey denizinde VOF (Voluntary Observer Fleet) tarafından yapılan ölçümlere göre çizilen rüzgar potansiyel haritası Şekil 11.8'de görülmektedir. Bu haritada hızlar görülen hızlar 25 metre için verilmiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 11.8. VOF verilerine göre Avrupa denizüstü rüzgar potansiyeli.

Danimarka Ulusal Laboratucarı Riso tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçları da Şekil 11.9 ile görülmektedir. Bu çalışmada 10, 25, 50, 100 ve 200 metrelerdeki hızlar W/m^2 cinsinden rüzgar potansiyelleri verilmiştir.



Şekil 11.9. 5 farklı seviyede denizüstü rüzgar potansiyeli.

11.3 Denizüstü RT Özellikleri

Denizüstü RES'lerin maliyetlerinin azaltılabilmesi için yatırımcılar dikkatli çalışmak zorundadır. Özellikle denizaltı kablo ve özel temeller yatırım bedeli üzerinde önemli etkiye sahip kalemlerdir. Bu iki yatırım kalemi de, deniz suyunun derinliği ve karadan olan mesafeye bağlıdır. Kara üstünde kullanılan RT'ler denizüstü RES'lerde kullanılabilmesi için bazı dönüşümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu dönüşüm süreci uluslararası literatürde "marinization" olarak bilinir. Dilimize ise

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

"denizleştirilmiş" olarak çevrilebilir. Denizleştirilmiş RT'ler kara üstü RT'lerden farklı bazı özellikler taşımaktadır. Bu özellikler aşağıda açıklanmıştır.

11.3.1 Denizüstü RT Tasarımı

Karaüstü RT'ler ile denizüstü RT'ler kıyaslandığında bazı tasarım farklılıkları bulunmaktadır. Denizüstü RT'lerdeki bu farklılılların temel nedeni de, korozyon korumadır. İklim şartlarının denizüstündeki farklılıkları, tasarımda bazı değişikliklere sebebiyet vermektedir. Ayrıca havadaki tuz oranının fazlalığını da unutmamak gerekir. Denizüstü RT'lerde dış koruma için kaplama sistemi (coating system) kullanılmaktadır. Bu tip denizüstü yapılarında kullanılan kaplama sistemleri denizüstü RT'lerde de kullanılmaktadır. Kanatlarda herhangi bir ek sistem kullanılmamaktadır. RT'nin iç kaplama sistemi ise, karaüstü RT'lerden daha gelişmiş kaplama sistemi kullanılarak güçlendirilmiştir. Buna ek olarak iç ortamın dışarı ile hava teması kesilmiştir. Bunun için de iç ortam sıkı bir şekilde dışarıdan izole edilir. RT içinde herhangi bir açık soğutma yoktur. Dişli kutusu ve jeneratör, eşanjör (heat exchanger) yardımıyla soğutulmaktadır. Havanın neminin düşük tutulması için dehumidifikasyon sistemi bulunmaktadır. Bu sistem kule ve naselde olmak üzere 2 adettir ve havanın bağıl nemini %60'ın altında tutmaktadır. Denizüstü RT'lerde bakım konsepti de daha farklıdır. Yağlama sisteminin servis süresi daha uzundur. Birçok yatak, otomatik olarak greslenmektedir. Dişli kutusunda bulunan özel bir yağ filitreleme sistemi, yağın kalitesinin uzun süre muhafaza olmasını sağlamaktadır. Bu sistem, normal yağ soğutma sisteminden bağımsız olarak çalışmaktadır. Dişli yağ sıcaklığı, ön ısıtma ve soğutma sisteminin geniş sıcaklık bandı yardımı ile sürekli korunmaktadır. Aynı yağ kalitesi bütün işletme koşulları altında muhafaza edilmektedir. Denizüstü RES izleme sistemi ise, karaüstü RES'ler ile aynıdır.

Karaüstü RES'lerde pervane hızları, yerleşim bölgelerine yakın olduğundan gürültüyü azaltacak şekilde tasarlanmıştır. Denizüstü RES'lerde kullanılan RT'lerde ise, gürültüden daha ziyade optimum aerodinamik verimin alınabilmesi için tasarım yapılmaktadır. Pervane hızının artırılması aşağıdaki hususları da beraberinde getirmektedir:

- Pervane katılığının (solidity) azalarak, pervane alanının düşmesi ve dolayısı ile pervanenin küçülmesi,
- Pervane alanının düşmesi sebebi ile RT çalışmıyor iken üzerine gelen yüklerin azalması,
- Dişli kutusu, ana yatak gibi mekanik aksamın küçülmesi.

Sabit hızlı işletme şartları, yüksek devreye giriş hızı ve daha yüksek aerodinamik kayıplar ile karakterize edilmektedir. Değişken hızlı RT kullanılarak bu durum az da olsa bertaraf edilebilir.

Bilindiği gibi deniz ortamı deyince akla su ve tuz gelmektedir. Yüksek nem ve tuzlu çevre koşullarına ek olarak RT yüzeyini sprey yolu ile kaplayan tuzlu su nedeni ile denizüstü RT'lerde etkin bir korumayı zorunlu kılmaktadır. Ayrıca Kuzey Denizi gibi bölgelerde de donmaya karşı da bir takım önlemler gerekmektedir. Yukarıda sayılan hususların etkisinin azaltılmasına yönelik olarak RT'nin yüzeyi uygun olarak boya ile korunmalıdır. Bu amaçla, "heavy painting system" denen ve diğer denizüstü platform, tesis vb. gibi uygulamalarda kullanılan "electrozine coating" veya "petroleum based agents" kullanılmaktadır. Ayrıca korozyon ile ilgili olarak da uygun denizüstü standartlar kullanılmaktadır. Elektrik, elektronik ve mekanik aksamın bir kısmı nasel içerisinde kaldığından deniz ortamından korunmaktadır. Jeneratör, dişli kutusu ve trafo için özel bazı tasarımlar gerekmektedir. Dişli kutusu yağının soğutulması için nasel dışında yağ/hava eşanjör (oil/air heat exchanger) monte edilmektedir. Jeneratör ve trafo hava soğutmalı (air to air) eşanjör kullanımı ile tuz ve nemden korunmaktadır.

<u>İşletme Vinci (Lifting Equipment)</u>

Birçok deniz üstü kullanılan RT'de işletme sırasında ve hatta montaj sırasında kullanım için vinç bulunmaktadır. Bu vinç yardımıyla dişli kutusu ve jeneratör gibi ana teçhizatlar bile kaldırılabilmektedir. Örneğin bazı 4 - 5 MW kurulu gücünde RT'lerde 10 tona kadar çıkabilen vinçler bulunmaktadır.

<u>Trafonun Yeri</u>

Bilindiği gibi karaüstü RES'lerde kullanılan RT'lerde trafo RT tabanından 5-10 m mesafede bulunmaktadır. Denizüstü RES'lerde kullanılan RT'lerde bu durum mümkün olmayacağından, trafo,

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

kule veya naselin veya RT'ye monte şeklinde olmaktadır. RT modeline göre, trafo ve kesicilerin yeri değişim göstermektedir (Şekil 11.10).

Şekil 11.10. Denizüstü RT ve step-up trafo.

Bot Yaklaşım veya Helikopter İniş Tesisi

Denizüstü RT'ler işletme ve bakım personeli için hem kolay hem de güvenli ulaşım için uygun şekilde tasarlanmaktadır. Birçok durumda ulaşım bot yolu ile yapılmaktadır. Bu amaçla denizüstü RT'ler bot veya gemi yanaşmasına uygundur (Şekil 11.11).

Şekil 11.11. Denizüstü RE'ye bot ile yaklaşım.

Bazı marka RT'lerde de helikopter pisti bulunmaktadır. Pist, bazen nasel üzerinde, bazen de RT'nin yanında ayrı bir güvertede olmaktadır. Fakat bu durum biraz pahalıdır ve denizüstü RT'lerde endüstriyel standart hale henüz gelememiştir.

4,5MW Kurulu Gücünde Denizüstü RT

Bilindiği gibi denizüstü RT kurulu güçleri, karaüstü RT'lerden daha büyüktür. Örnek olarak seçilen 4.5 MW kurulu güçlü bir denizüstü RT'ye ait bilgiler verilerek RT tanıtılmaya çalışılacaktır. Tablo 11.1 ile temel veriler görülmektedir.

Tablo 11.1. RT temel verileri.

Özellik	**Açıklama**
Kurulu güç (MW)	4.5
Kule yüksekliği (m)	90
Çapı (m)	120
Süpürme alanı (m^2)	11,310
Dönüş hız oranı (rpm)	12.4
Operasyonel hız oranı (rpm)	9.9-14.9
Kanat sayısı	3
Güç kontrolü	Pitch sistemi
Devreye giriş hızı (m/s)	4
Devreden çıkış hızı (m/s)	25
Nominal rüzgar hızı (m/s)	12

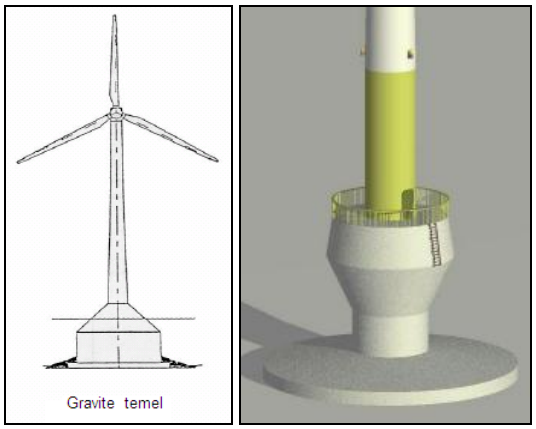
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

11.3.2 Denizüstü RT Temelleri

Daha önce de belirtildiği gibi, denizüstü RT temelleri, proje yatırım bütçesinde önemli bir yer tutmaktadır. Proje bütçesinde yüzde olarak 16-20 arasında bir rakamdır ve karaüstü RT'lere kıyasla oldukça yüksektir. Uluslararası literatürde destek yapıları (support structures) olarak bilinen temeller, 4 ana grupta toplanabilir. Bunlar, yerçekimi merkezli destek yapısı (gravity based support structure), monopile, tripod, yüzen destek yapısı olarak gruplanabilir.

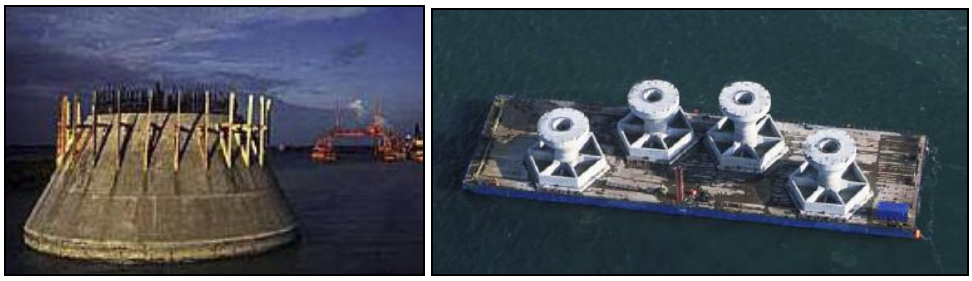
Yerçekimi Merkezli Destek Yapısı

Denizüstü RT'lerde en fazla kullanılan temel çeşididir. Adından da anlaşılacağı gibi, betonun yerçekimi kuvveti üzerine durmaktadır. Bu tip temel hidrodinamik yüklere aşırı duyarlıdır. Hidrodinamik yüklerle kasıt ise, denizlerdeki dalgalardır. Dalga yüksekliği ise, denizin derinliğine bağlıdır. Bu tip temellerin su altında kısımları konik olarak dizayn edilerek buzlanmanın etkileri azaltılmaya çalışılmıştır. Şekil 11.12 ile yerçekimi merkezli temeller görülmektedir.



Şekil 11.12. Yerçekimi (gravite) merkezli temel teknik resmi.

Şekil 11.13 ile de gravite merkezli temel fotoğrafları görülmektedir.



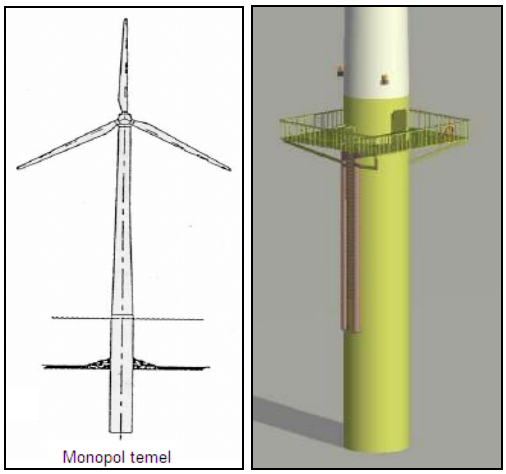
Şekil 11.13. Yerçekimi (gravite) merkezli temel.

Danimarka'daki Vindeby ve Tuno Knob denizüstü RES'lerde bu tip temeller kullanılmıştır.

Monopil Temel

Monopil (monopile) destek yapısı, denizüstü endüstriyel tesis inşaatlarında en yaygın olarak kullanılan temel yapısıdır. Denizüstü RES uygulamalarında RT'nin temeli, deniz tabakasından 18-25 m derine inebilmektedir. Monopil temel Şekil 11.14'te görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

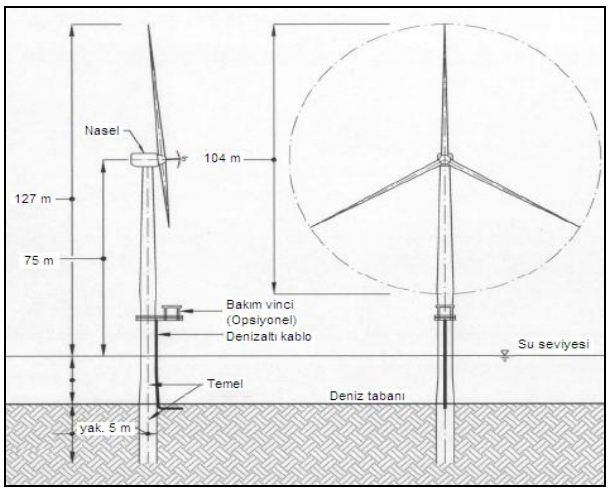


Şekil 11.14. Monopil temel.

İsveç'in Gotland Adası civarında kurulan Bockstigen RES projesinde monopile temel kullanılmıştır. Bu tip temel üretimi kolaydır (Şekil 11.15).

Şekil 11.15. Monopil temel.

Şekil 11.16 ile, 4 MW kurulu gücünde bir RT'ye ait monopil temel boyutları görülmektedir.

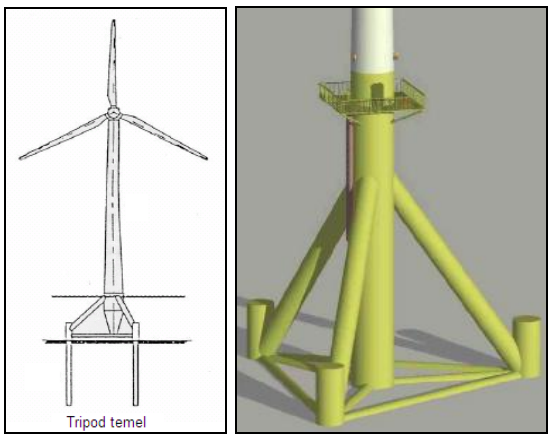


Şekil 11.16. 4 MW RT monopil temel RT boyutları.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

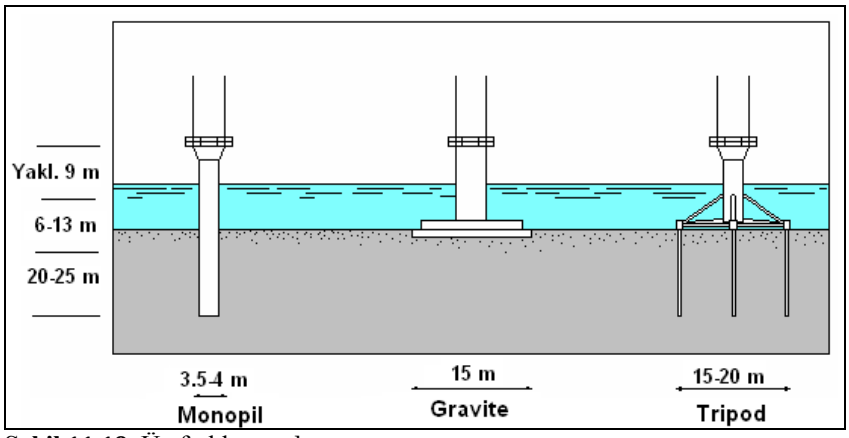
Tripod Temel

Tripod destek yapısı petrol ve gaz endüstrisinde kullanılan temel çeşididir. Deniz tabanından 10-20 m derine kadar çakılabilmektedir. Bir merkez temel üzerinde 3 adet ayak ile desteklenmiş bir temeldir. Şekil 11.17 ile tripod temel teknik resmi görülmektedir.



Şekil 11.17. Tripod temel teknik resmi.

Tripod temel, derin sularda kullanılmaktadır. Şekil 11.18 ise, üç tip denizüstü RT temeli bazı özellikleri ile birlikte görülmektedir.



Şekil 11.18. Üç farklı temel.

Önceki bölümlerde karaüstü RES tasarımı konusunda detaylı bilgiler verilmiştir. Denizüstü RES'lerdeki RT'ler aynı kara üstü RES'te olduğu gibi tek bir sıra halinde veya kümelenmiş şekilde olabilir. Optimum diziliş için aşağıdaki 3 kural dikkate alınmaktadır:

- RES içerisindeki RT'lerin birbirini etkileyip enerji kayıplarına yol açması,
- RT'lerin üzerine etkiyen yükler nedeni ile yorulma,
- RT'ler arasındaki kablo maliyeti.

Denizüstü rüzgar akışı, türbülans yoğunluğunun düşük olmasından dolayı engele çarptıktan sonra eski haline gelmesi karaüstü rüzgara kıyasla daha uzak mesafede olmaktadır. Bu yüzden denizüstü RT'ler arası mesafe, karaüstü RT'lere kıyasla daha büyük alınmaktadır. Denizüstü rüzgar akışının türbülansının artış gradyanı (hızı) karaüstünden daha yüksek olduğundan, denizüstü RT'lerin yorulmaları (fatigue) daha şiddetli ve zarar verici olmaktadır. Yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı denizüstü RT'ler arası mesafe daha büyük olmaktadır. Kara üstünde arazide sorun olabilmekte iken; denizüstünde böyle bir sorun da bulunmamaktadır. Kara üzerinde tipik olarak RT'ler arası mesafe pervane çapının 3-5 katı olmakta iken; deniz üzerinde bu mesafe 6-8 kanat çapı kadardır. Karaüstü RES'lere kıyasla, optimum bir denizüstü RES kurulu gücü daha yüksektir. Enerji nakil hattının uzun ve pahalı olması sebebi ile yüksek kurulu güçlü RES'ler kurulmaya çalışılmaktadır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

11.4 Denizüstü RES Proje Uygulama

Karaüstü RES'lerde olduğu gibi, denizüstü RES'lerde de proje uygulamanın belirli aşamaları bulunmaktadır. Bu aşamalar:

- Proje geliştirilmesi,
- RT temellerinin hazırlanması,
- Nakliye,
- Kablo montajı,
- RT montajı,
- Denizüstü RES şalt sahasının montajı,

olarak sayılabilir. Rüzgar ölçümü ve proje geliştirilmesi daha önce anlatıldığından, RES inşaat kısmındaki hususlar üzerinde durulacaktır.

11.4.1 RT Temellerinin Hazırlanması

Temel montajı için öncelikle denizüstü RES kurulacak bölgede ön etüt yapılmaktadır. Bu amaçla uluslararası literatürde "sonar measurement" olarak bilinen ses ölçümleri yapılmaktadır. Bu amaçla sonar ölçümleri yapan gemiden deniz tabanına ses dalgaları gönderilmektedir. Deniz tabanına çarpan ses dalgalarının geri dönüşüne göre örnekleme (sampling) çıkarılarak deniz tabanındaki engeller tespit edilmektedir. Bu örnekleme çalışması montajının yapılması düşünülen bütün RT'ler için yapılmaktadır. Böylelikle engel bilgisinin yanında montaj yapılacak yerdeki derinlikte tespit edilmektedir. Bu tespitten sonra da dalgıçlar bölgelerde dalış yaparak ön etüdü tamamlamış olmaktadır. Denizüstü RT temellerinin hangi çeşit (monopil, tripod, vb.) olacağına daha önceden karar verilmelidir. Ön etütten sonra RT montajı için deniz tabanı oyulmaya başlanır. Drill adı verilen iş makinası bu iş için kullanılmaktadır. Drilling işlemi devam ederken denizaltından çıkan hafriyat kum, çakıl vb. gibi şeyler airlift cleaning machine yardımı ile yüzeye alınır (Şekil 11.19).

Şekil 11.19. Drill ile temelin kazılması.

Böylelikle temel yapımı için deniz tabanı hazır hale getirilmiş olunur. Temelin uzunluğu, yüksekliği ve eni deniz derinliğine göre değişim gösterebilmektedir. Gravitasyonel temel, RT'ye denizde gerekli stabiliteyi sağlamaktadır. Bu temeller, en yakın liman sahasında hazırlanarak gemiye bindirilir ve proje sahasına nakli yapıldıktan sonra suya indirilerek montaj gerçekleştirilir (Şekil 11.20).

Şekil 11.20. Temelin yerleştirilmesi.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Denizüstü RES inşaatı için Mayıs-Ağustos arasındaki dönemde yapılmaktadır. Dolayısıyla inşaat için 100-120 günlük bir süre bulunmaktadır. İnşaat sırasında denizdeki trafiğin kontrol edilmesi amacı için bir ekip görevlendirilmelidir. Bu ekip 24 saat görev yaparak civardan geçen bütün deniz taşıtlarını inşaat sahasından uzakta tutmalıdır. Bu amaçla Liman İdaresi ile birlikte koordineli bir şekilde çalışılarak telsiz ile ve gerektiğinde de Sahil Güvenlik marifeti ile gemilere yanaşarak yapmalıdır. İnşaat süresi ve diğer bilgiler uluslararası denizcilik ve taşımacılık ile ilgili kuruluşlara bildirilerek denizüstü RES'in bulunduğu bölge güvenlik altına alınmış olunur.

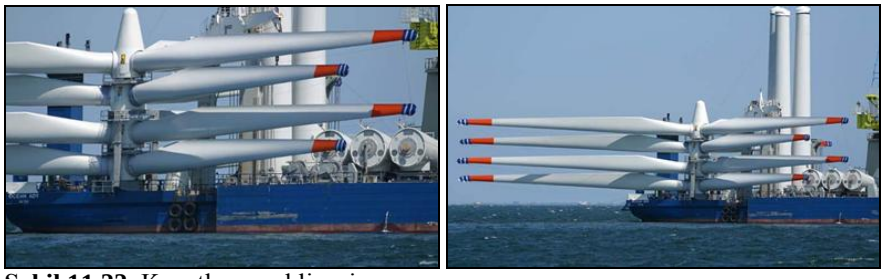
11.4.2 Nakliye

Denizüstü RES'lerde kullanılan RT'lerin boyutları karaüstü RT'lere nazaran daha büyüktür. Bu durum, nakliyeyi daha da zorlaştırmaktadır. Bu tip yatırımlar için kullanılacak RT'lerin üretim tesislerinin limana yakınlığı çok önemlidir. Bu yüzden denizüstü RES'ler Avrupa'daki en büyük limanların bulunduğu Kuzey Denizi civarındadır. Nakliye işlemi, montajı yapan gemi vinçler tarafından yapılabilmektedir.

Nakiye ve inşaat esnasında planlanması gereken en önemli konulardan biri dalış programıdır. Dalışlar, büyük risk taşıdıklarından dikkatli bir şekilde yürütülmelidir. Denizaltı kablosu döşenirken ve montaj esnasında sıklıkla dalışlar olmaktadır. Şekil 11.21 ile limanda gemiye yükleme çalışmaları görülmektedir.

Şekil 11.21. Gemiye yükleme yapılması.

Kanatların nakliyesi de Şekil 11.22'de görülmektedir.



Şekil 11.22. Kanatların nakliyesi.

11.4.3 RT Montajı

RT montajı için özel gemi-vinçler bulunmaktadır (Şekil 11.23). Gemi üzerinde bulunan vinç yardımıyla denizüstü RT montajı yapılmaktadır. Karaüstü RT montajı ile aynı sırada montaj süreci işlemektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 11.23. Montaj için gemi-vinç.

Montaj için kullanılan gemi-vinçler değişik yapıdadır. Suyun altında boş tanklara sahiptirler ve bu tanklar geminin denge durumuna göre su alıp boşaltma işlemi görmektedir. Bütün bu işlemler, profesyonel dalgıçlar eşliğinde yapılmaktadır (Şekil 11.24).

Şekil 11.24. Montaj.

11.4.4 Denizaltı Kablo Montajı

Denizüstü RES'lerde önemli bir yatırım kalemi olan denizaltı kablosunun montajı en zor işlerden birisidir. RES'in bulunduğu bölgeden karaüstündeki trafo merkezine kadar olan mesafede gerek denizaltı ve gerekse de kara üzerinde yeraltından veya enerji nakil hattı ile yerüstünden kablo geçirilerek santral ulusal şebekeye bağlanmaktadır. Kablo montajı, işletme sırasında da çok önemlidir. Yatırım tutarı üzerinde önemli bir paya sahiptir. Ayrıca montaj esnasında da çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Kablonun montajı için özel gemiler bulunmaktadır. Kablo montajı yapıldıktan sonra aşağıdaki tehlikelere maruz kalmaktadır:

- Gemi çapaları,
- Balık ağları,
- Deprem veya tsunami,
- Akıntılar.

Bu hususların önüne geçebilmek için kablolar, koruyucu bir borudan geçirilir ve deniz tabanından 0.5 m aşağıdaki bir kanala yerleştirilir. Kablolar RT'ler arasında 0.5 metre derinliğinde denizüstü RES ile kara arasında ise, denizaltı kablo deniz tabanından 1 m derinden geçirilmektedir. Kablolar geçirildikten sonra aynı karada olduğu gibi kablo kanalı, dolgu malzemesi ile kapatılır. Güç kablolarının yanında, RES ile iletişimi sağlayan fiber optik kabloların döşenme işlemi yapılmaktadır (Şekil 11.25).

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil 11.25. Kablo döşenmesi.

11.4.5 Denizüstü RES Şebeke Bağlantısı

Denizüstü RES'lerin şebeke bağlantısı, kurulu güç ve RES'in sahilden olan uzaklığına bağlıdır. Denizaltında kullanılan kablo farklı olduğundan; karadaki gibi planlar ile enerji nakil hattı çekilmektedir. Örneğin Danimarka'da Tuno Knob bölgesindeki denizüstü RES, 10 kV orta gerilim denizaltı kablosu ile (6 km) sahile çekilmektedir ve orada bulunan trafo merkezine bağlanmıştır. Bununla beraber, günümüzde inşaa edilen denizüstü RES'ler 30 MW üstü olduğundan yüksek gerilim üzerinden bağlanmaktadır. Bu yüzden denizüstü RES içerisindeki bir platform üzerine şalt sahası kurularak gerekli dönüşümler yerine getirilmektedir. Şalt sahasından da 3-fazlı alternatif akım çıkışı ile trafo merkezine bağlantı yapılmaktadır. Uzun mesafelerde alternatif akımda kayıplar meydana geldiğinden (50 km sonrası), yüksek gerilim doğru akım iletim sistemi de eklenmektedir. Doğru akım iletimindeki kayıplar, alternatif akım iletimine oranla çok düşüktür. Denizüstü RES'in elektrik konfigürasyonu ise, karaüstü RES ile aynıdır. Daha öncede belirtildiği gibi denizüstü RES'lerin şebekeye bağlanmasının iki yolu bulunmaktadır:

- 3 fazlı alternatif akım iletimi (yüksek gerilim)
- Doğru akım iletimi (yüksek gerilim -HVDCT).

Alternatif akım ile iletim en yaygın kullanılan teknik olmakla birlikte; uzak mesafelerde bazı dezavantajları bulunmaktadır. Doğru akım ile iletimde de gerilim düzenleme (voltage rectification) ve tersleme (inversion) gereklidir. Çok büyük denizüstü RES'ler ve uzak mesafe iletim için doğru alan iletimi, alternatif akım iletiminden daha ekonomiktir. Başa baş mesafe olarak 50 km verilebilir. 3 fazlı alternatif akım iletim hat bağlantısı ise 3 kısma ayrılabilir:

- Denizüstü trafo merkezi,
- Denizaltı kablo,
- Karadaki trafo merkezine bağlanma.

Denizüstü Trafo Merkezi

Denizüstü trafo merkezi, kara üstündekinin aynısı olmakla beraber, montajda bazı farklılıklar göstermektedir. Denizüstü trafo merkezi, RES'teki orta gerilimi, iletim sistemindeki yüksek gerilime çevirmektedir. Trafo merkezi petrol ve gaz endüstrisinde kullanılan bir platform üzerine konulmaktadır. Boyut olarak ise, 100 MWA gücünde bir trafo merkezi için 200 m² yer gerekmektedir. Şimdiye kadar denizüstünde herhangi bir trafo merkezi inşa edilmemiştir. İnşa edildiğinde ise; nemden ve deniz tuzunun etkilerinden korunması gerekmektedir. Bu yüzden bu tip trafo merkezleri, kara üstündekilerden çok pahalıdır. Hava izoleli değilde gaz izoleli (gas-insulated) teknik kullanılmalıdır. Şebekede meydana gelebilecek herhangi bir arıza sonrası acil durum güç kaynağı olarak dizel jeneratör ünitesi kullanılabilir. Ayrıca, denizaltı kablosunun yükleme akımları nedeni ile oluşacak reaktif güç sebebi ile reaktif güç kompanzasyon (reactive power compensation) ünitesi de denizüstü trafo merkezi için kaçınılmazdır.

Denizüstü RES ile Kara Şebeke Bağlantısı

Alternatif akım iletimi, 3 adet birbirine paralel iletken (conductor) yardımı ile yapılmaktadır. Herbir faz, ayrı kondüktörden geçmektedir. Şu anda 4 çeşit denizaltı kablosu kullanılmaktadır. Bunlar, tek veya 3 kondüktör yağ izoleli ve tek veya 3 kondüktör PEX izole (PolyEthylen) kablolardır. Kablolar arası mesafe genellikle 1 metredir. Günümüzde 3 fazlı alternatif akım iletim sistemi için maksimum kapasite; 110 kV ve 154 kV için 200 MWA civarındadır. Tek kondüktör hava izole (air insulated) iletim için maksimum kapasite ise; 110 kV için 400 MVA'dır. Denizaltı kablosu, deniz tabanında

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

gömülü olarak çekilmektedir. Balıkçılık aktiviteleri veya demir atma sebebi ile meydana gelebilecek arızaların minimize edilmesi için bu gereklidir. Denizden çekilen kablo Şekil 11.26'da görüldüğü gibi karaya kadar getirilir ve karadaki nakil hattı ile bağlanacağı trafo merkezine kadar çekilir.

Şekil 11.26. Kablonun kara ile bağlantısı.

11.5 Denizüstü RES Ekonomik Analiz

Denizüstü RES'lerin çok fazla yaygın olmaması nedeni ile karaüstü RES'lerde olduğu gibi fazla veri ve birtakım kabuller yapmak henüz erkendir. Burada açıklanan veriler daha çok Almanya ve Danimarka'da bulunan denizüstü RES'lere aittir. Burada özellikle Almanya'da bulunan denizüstü RES'lere ait ekonomik bilgiler verilecektir. Daha önce de belirtildiği gibi, denizüstü RES'lerin ekonomisini su derinliği ve karaya uzunluğunun belirlediği üzerinde durulmuştur. Bu 2 parametre, şebeke bağlantısı ve RT temelinin maliyeti üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Aşağıdaki tablolarda ve izleyen ekonomik analizlerde Almanya tecrübelerinden yola çıkılarak hazırlanmıştır. Denizüstü RES maliyetleri, karaüstü RES maliyetlerinden daha yüksektir. Tablo 11.2 ile bazı kabüller yapılarak hayali bir denizüstü RES proje için maliyet analizi yapılacaktır. Bu proje için pürüzlülük uzunluğu 0.003 m alınmıştır.

Tablo 11.2. Proje verileri (varsayımlar).

RT Bedeli	869 Euro/kWh
Özkaynak/Kredi Oranı	%30 / %70
Pürüzlülük uzunluğu	0.003 m
Teknik emreamadelik	%95
Santral verimi	%95
İşletme maliyeti	%7.5
Fiyat artırımı	%2
Ömür	20 yıl

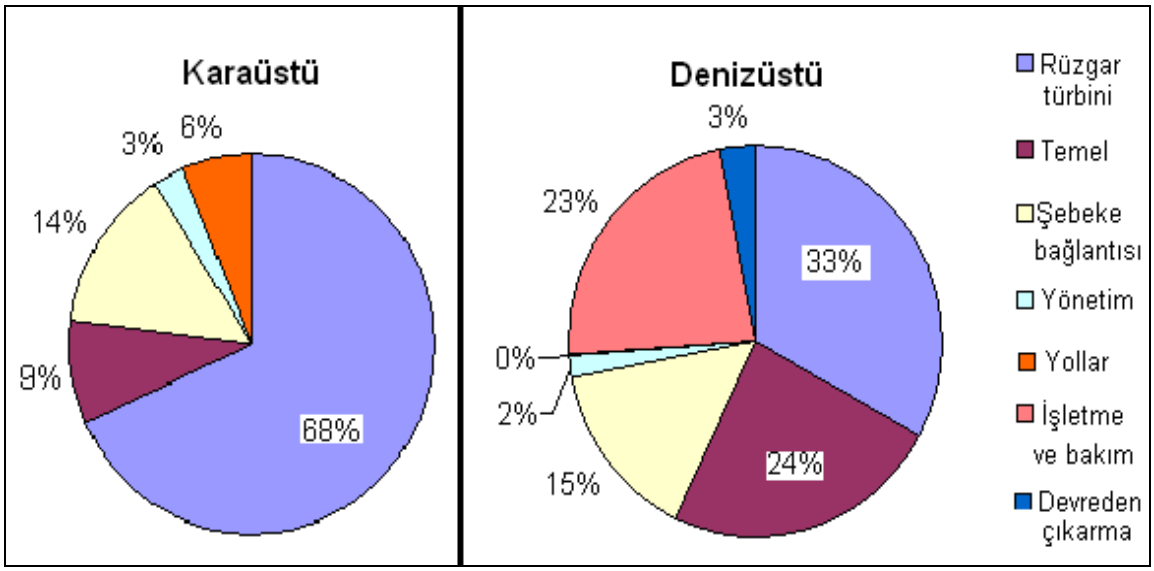
Aşağıdaki Tablo 11.3 ile yine Almanya'daki denizüstü RES projelerine ait mali veriler görülmektedir. Her ne kadar bu maliyetler bir takım parametre veya öngörülemeyen nedenlerden dolayı değişim gösterebilirse de; buradaki rakamlar genel tecrübelerden yola çıkılarak konulmuştur.

Tablo 11.3. Denizüstü RES ana maliyet kalemleri.

Kıyıdan Olan Uzaklık	**30 km**	**50 km**	**70 km**
Temeller	%35.3-%38.2	%43.5-%51.2	%38.8-%47.5
Montaj	%8.8-%13.3	%10.9-%18.5	%9.7-%23.3
Şebeke Bağlantısı	%31.2-%67.2	%44.3-%82.8	%57.2-%113.5
Diğer Maliyetler	%7.4-%23.9	%7.4-%23.9	%7.4-%23.9

Şekil 11.27 ile denizüstü ve karaüstü RES'lerin maliyet kıyaslaması görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 11.27. Denizüstü ve karaüstü RES karşılaştırması.

11.6 Denizüstü RES Çevre Etki Değerlendirmesi

Bilindiği Çevre Etki Değerlendirmesi, projenin çevresel etkilerinin araştırılarak, bu etkilerin minimize edilebilmesi için alınması gereken önlemlerin anlatıldığı bir çalışmadır. Denizüstü RES çevresel etkileri aşağıdaki aktivitelerden oluşmaktadır:

- RES'in montajı,
- RES'in şebeke bağlantısı,
- RES işletmesi,
- RES bakım çalışmaları,
- İşletme sonrası RT'lerin kaldırılması.

Denizüstü RES inşa süresi boyunca, aşağıdaki doğal çevre elemanlarına yapılacak etkiler dikkate alınmalıdır:

- Deniz yüzeyi ve denizaltı tabanı,
- Su akışı,
- Bentos,
- Balıklar, deniz memelileri ve kuşlar.

Deniz Yüzeyi ve Deniz Tabanı

Deniz tabanı, RT temellerinin inşası sırasında etkilenmektedir. İnşaat sırasında sedimentlerin kaldırılıp doğal habitat zarar gördüğünden, fauna ve flora etkilenmektedir. Örneğin 3 MW kurulu gücünde bir denizüstü RT için monopil temel kullanıldığında bin metre kare bir alan gerektiğinden, bu alan içerisindeki doğal hayat olumsuz olarak etkilenmektedir. Kule temelleri ise, denizüstü RES'te %23 civarından bir alanı kaplamaktadır. Deniz yüzeyi de inşa sırasında ticari balıkçılık ve gezinti, seyahat gibi aktivitelere kapatılmaktadır.

Su Akışı

Su akışı denizüstü RES kurulduktan sonra, engeller oluştuğundan hız ve yön olarak bazı değişimler gösterecektir. Bu etki çok önemli değildir ve RES'in gerisinde su akışı eski halini alacaktır.

Bentos

Bentos etkileri 2 şekilde olmaktadır. Birincisi bentos habitatının yok olması, ikincisi de bunu takiben diğer doğal habitatın yok olmasıdır. 3 MW kurulu gücünde RT'de belirtildiği gibi bin metre kare alan kule temellerinden ve ayrıca da denizaltı kabloların geçtiği yerlerde bu etki görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Balıklar ve Deniz Memelileri

RT'lerin inşası sırasında, inşaat sahasındaki balıklar etkilenmektedir. Ayrıca inşa sırasında deniz içerisinde çıkarılan gürültüler nedeni ile de balılar korkup kaçabilmektedir. Küçük balina, deniz aslanı gibi memeliler de gürültüden etkilenmektedir. Bu etkilerin azaltılabilmesi için bu tip memelilerin yaşadığı bölgelerde çalışılırken daha dikkatli olunmalıdır. Kuşlara etkiler, karaüstü RES'ler ile aynıdır.

11.7 Denizüstü RES Piyasası Son Durumu

Avrupa'da özellikle 2000'li yıllardan sonra denizüstü RES'lere ciddi boyutta yönelim başlamıştır. Özellikle, Almanya, Danimarka ve İngiltere'yi önde gelen ülkelerdir. 2006 yılı sonunda 878 MW olan denizüstü RES kurulu gücüne 2007 yılında 210 MW eklenerek 2008 başında dünyadaki toplam kurulu güç 1088 MW olmuştur.

11.7.1 2011 Yılı Gelişmeleri

2011 yılında 235 yeni denizüstü rüzgar türbini montajı yapılmış olup 9 yeni denizüstü RES işletmeye alınmıştır. Toplam maliyet 2.4 milyar € civarında olmuştur. Toplam 866 MW kurulu güç işletmeye alınmıştır. 2010 yılında 859 MW devreye alınmıştı. 2011 yılı sonu itibari ile toplam 1371 adet türbin, 153 deniz üstü RES projesi bulunmaktadır ve toplam kurulu güç 3813 MW'tır. Türbinlerin %75'i monopil, %21 gravity ve %2 tripod tip temeldir. İnşa halindeki kapasiteye bakıldığında Avrupa'da 6188 MW kurulu güç 2015'e kadar beklenmektedir.

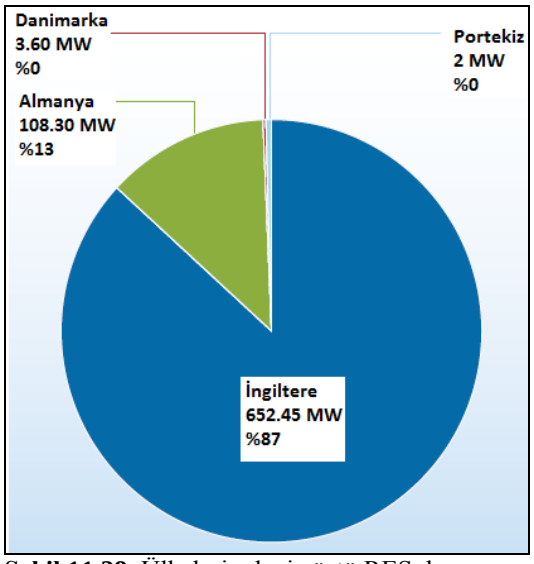
2011 yılında ortalama deniz üstü RES projesinin kurulu gücü, 200 MW olmuştur. Ortalama proje yapılan su derinliği 22,8 m^3 kıyıya uzaklık 23,4 km olmuştur. 2010 yılında bu değer 27,1 km idi.

2011 yılında İngiltere'de 752,45 MW deniz üstü RES, Almanya'da 108 MW, Danimarka'da 3,6 MW işletmeye alınmıştır. Ayrıca Norveç, İsveç ve Portekiz'de deneme amaçlı 3 adet deniz üstü RES inşa edilmiştir. Tablo ile özet bilgiler verilmiştir.

Tablo 11.4. 2011 yılı özet bilgileri.

Ülke Adı	İngiltere	Almanya	Danimarka	Portekiz	Toplam
2011 yılında işletmeye alınan RES sayısı	5	2	1	1	9
Montajı yapılan RT sayısı	200	33	1	1	235
2011 yılında işletmeye alınan (MW)	752,45	108,3	3,6	2,0	866,35

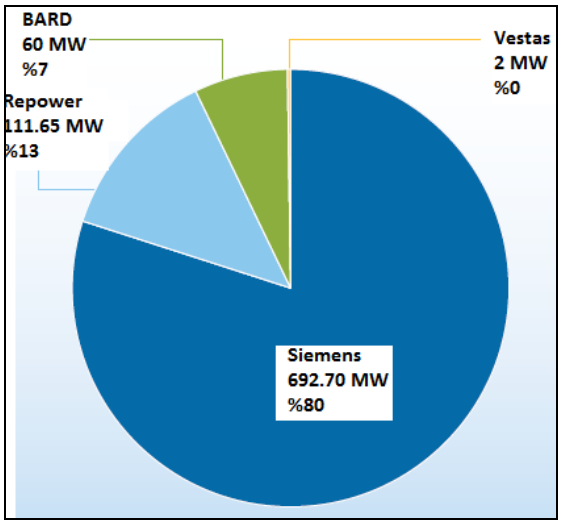
Şekil ile yukarıda anlatılanlar dilim grafiği üzerinde görülmektedir.



Şekil 11.28. Ülkelerin deniz üstü RES durumu.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Rüzgar türbin üreticilerinin Pazar payına bakıldığında 2011 yılında denizüstü RES türbinlerinin %80'i Alman Siemens 692,7 MW ile Repower %13 ve 111,6 MW ile ikinci, Bard 60 MW ve %7 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Vestas 2 MW yüzer temel türbinini Portekiz test etmeye başlamıştır. Şekil ile türbin üreticilerinin dilim grafiği görülmektedir.

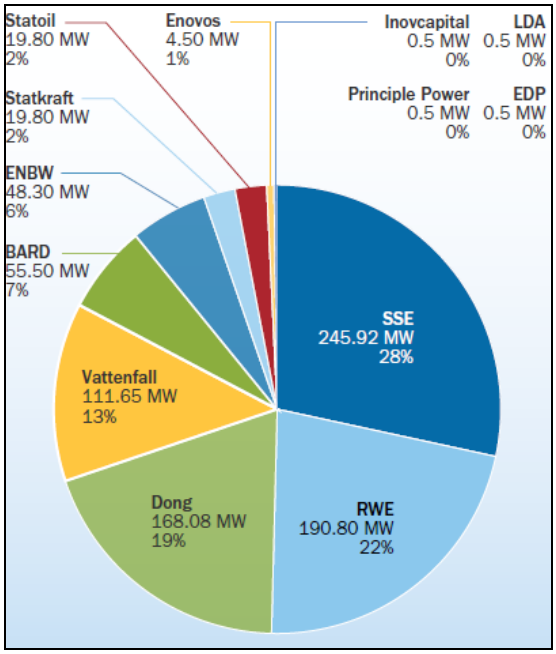


Şekil 11.29. Türbin üreticilerinin dilim grafiği.

2011 yılı içerisinde Siemens 200 RT, Repower 22 ve Bard 12 ünite montajı gerçekleşmiştir. Ortalama rüzgar türbin kurulu gücü 3,6 MW olmuştur.

2011 yılı sonu itibari ile proje geliştiren firmalara bakıldığında SSE %26, NWE %22, DONG %19, Vaftenfall %13 ve ENBW %6 ile toplam denizüstü RES kurulu gücünün %88'ini oluşturmaktadır.

2011 yılında kurulan kapasitenin kurulu güçler sırası ile 245,9 MW, 190,8 MW, 168,1 MW, 111,7 MW ve 48,3 MW'tır. Geri kalan ise, Statoil, Statbraft ve EDP arasında paylaşılmıştır. Aşağıdaki Şekil ile yukarıda anlatılanların dilim grafiği verilmiştir.



Şekil 11.30. 2011 yılında yatırımcıların dağılımı.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

11.7.2 2011 Yılı Sonu İtibarı İle Son Durum

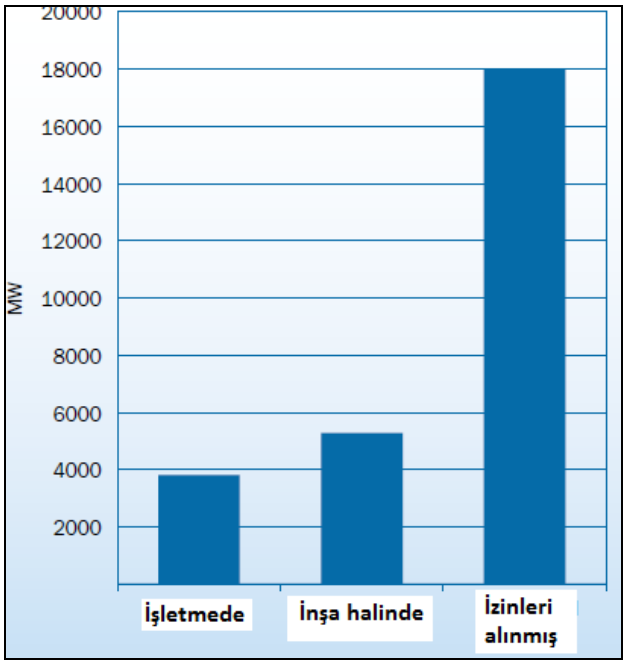
2011 yılı sonu itibarı ile kümülatif olarak bakıldığında toplam 1371 deniz üstü RT ve Avrupa karasularında 3812,6 MW kurulu güç toplam 53 RES ve 10 ülke arasında dağıtılmıştır. 2011 yılında toplam 14 TWh elektrik üretilmiş olup AB ülkelerinin elektrik ihtiyacının %0,4'ü deniz üstü RESlerden karşılanmıştır. 2010 yılında 300 MW kurulu güçle İngiltere'de bulunan Thanet iken, 2011 yılında 380 MW kurulu güç yine İngiltere'de bulunan Greater Gabbard en büyük kurulu güçlü denizüstü RES projeleri olmuştur. İngiltere 2094 MW kurulu güç ile Avrupa denizüstü RES piyasasının yarısına sahiptir. Danimarka 857 MW ile ikinci, Hollanda 247 MW ile üçüncü, Almanya'da 200 MW ile dördüncü, Belçika ise 195 MW ile beşincidir. İsveç 164 MW, Finlandiya 26 MW kurulu güce sahiptir. Ülkelerin 2011 sonu itibari ile kurulu güçleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 11.5. 2011 sonu itibari ile ülkelerin deniz üstü RES kurulu gücü.

Ülke Adı	Denizüstü RES Sayısı	Türbin Adedi	Kurulu Güç (MW)
İngiltere	18	636	2093,7
Danimarka	13	401	857,3
Hollanda	4	128	246,80
Almanya	6	52	200,3
Belçika	2	61	195
İsveç	5	75	163,7
Finlandiya	2	9	26,3
İrlanda	1	7	25,2
Norveç	1	1	2,3
Portekiz	1	1	2
Toplam	**53**	**1371**	**3812,6**

11.7.3 Önümüzdeki Yıllardaki Piyasa Gelişimi

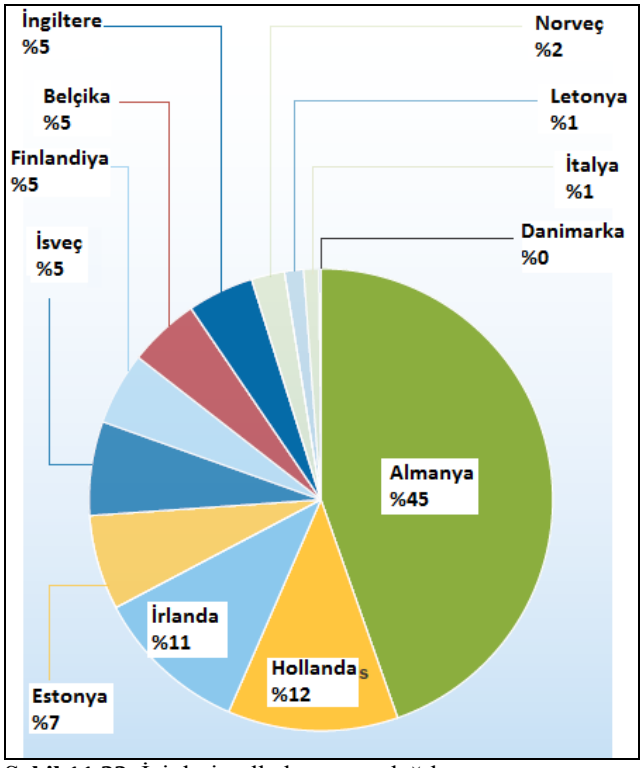
2011 ve 2012 yılında inşaatları devam eden denizüstü RES' leri bitirildiğinde 2375 MW yeni kapasite gelecektir. Dolayısıyla 6191 MW toplam kapasite 2012 yılında beklenmektedir. İnşaatı yeni başlayan projelerle beraber 2013 yılı sonunda 9 GW kapasite beklenmektedir. Bunları ele alarak denizüstü RES başvuruları yapılarak uygun bulunan ve izinleri devam eden 18 GW kapasite bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil ile bu projelerin grafiği görülmektedir.



Şekil 11.31. Deniz üstü RES piyasasının yakın gelecekteki seyri.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

İzinleri alınma aşamasında bulunan 18 GW kapasitenin ülkelere göre dağılımına bakıldığında %45 Almanya ilk sırada, Hollanda %12 ile ikinci, İrlanda %11 ile üçüncü sırada gelmektedir. Şekil ile izinlerin ülkelere göre dağılımının dilim grafiği görülmektedir.

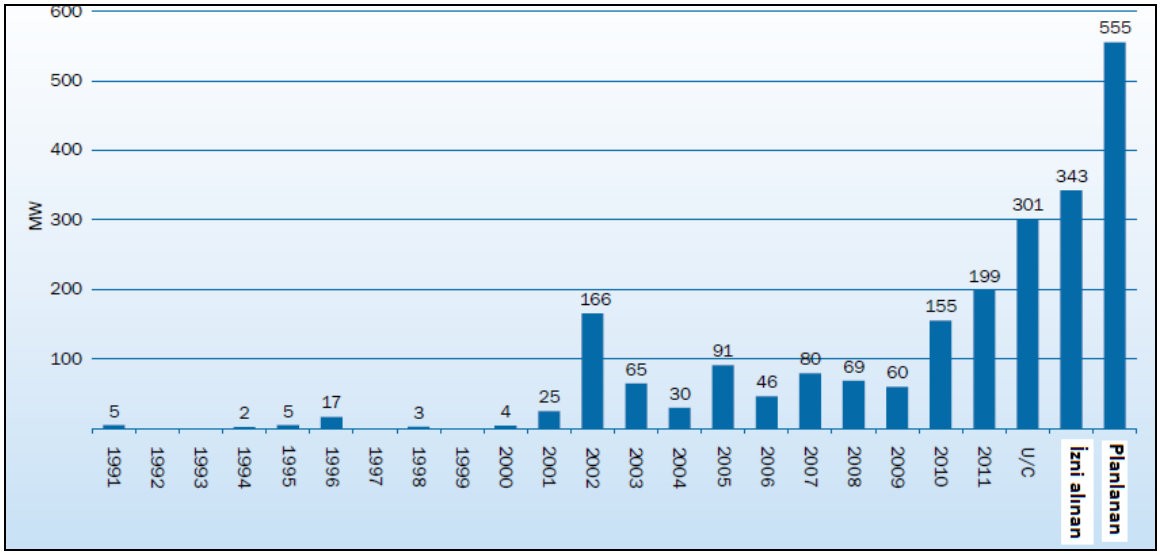


Şekil 11.32. İzinlerin ülkelere göre dağılımı.

11.7.4 Denizüstü RES Projelerindeki Trendler

2009 yılından buyana denizüstü RES projelerinin kurulu güç kapasitesi gittikçe artmaktadır. 2011 yılında ortalama denizüstü RES kurulu gücü 200 MW civarındadır. Bu trendin giderek artacağı düşünülmektedir. İnşası devam eden projelere bakıldığında 300 MW olduğu görülmektedir. Aşağıdaki

Şekil ile 1991-2011 yılları arasında denizüstü RES'lerin ortalama kurulu güçlerinin değişimi verilmiştir.



Şekil 11.33. Denizüstü RES'lerin kurulu güç değişimi.

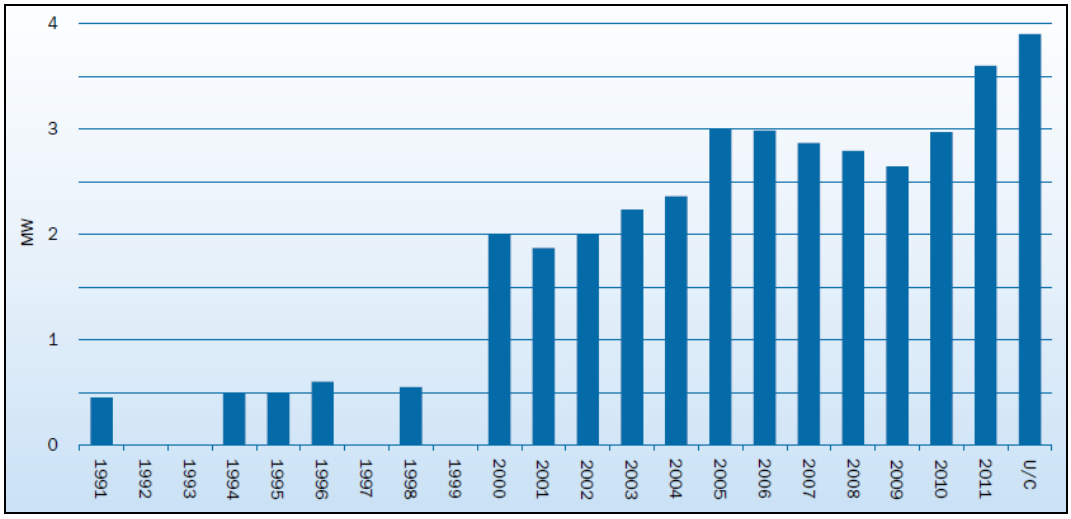
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Yukarıdaki şekilden de görüldüğü gibi, planlanan projelere bakıldığında ortalama denizüstü RES kurulu gücü 555 MW'a yükselecektir.

Rüzgar Türbin Kapasitesi

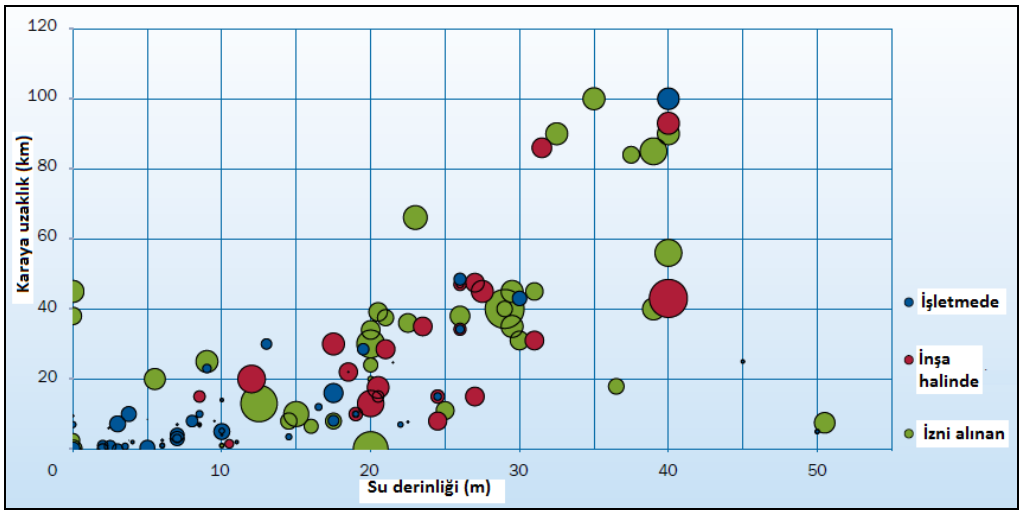
1991-2011 yılları arasındaki ortalama denizüstü rüzgar türbin kapasitesi 2 MW olarak görülmektedir. 2011 yılı içinde ise, 3,6 MW olarak hesaplanmıştır. 2010 yılında bu kapasite 3 MW idi. 1990'ların sonundaki ilk türbinler kW sınıfında idi; 2000 yılında 2 MW denizüstü RES'ler kullanılmaya başlanılmış olup 2007 yılında 5 MW denizüstü RT'ler önce İngiltere'de bulunan Beatrice projesinde; 2008 yılında da Almanya' da bulunan Hooksiel projesinde kullanılmaya başlanmıştır. 2011 yılında Repower firması 5 MW üzerindeki kapasiteyi (5,075 MW) İngiltere Ormende projesinde kullanılmıştır.

İşletmeye girecek olan denizüstü RES projelerinde kullanılacak türbinlere bakıldığında Siemens 3,6 MW RT'nin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Aşağıdaki Şekil ile 1991-2011 yılları arasında ve işletmeye girecek olan rüzgar türbinlerinin ortalama kurulu güçleri görülmektedir.



Şekil 11.34. 1991-2011 arası ortalama denizüstü RT kurulu güçleri.

Denizüstü RES'lerin kurulduğu su derinliği ve kıyıya uzaklıklara bakıldığında gittikçe daha derin sularda ve kıyıdan uzaklaştığı görülmektedir. 2011 yılında ortalama derinlik 22,8 m ve kıyıya ortalama uzaklık 23,4 km olarak yapılmıştır. İnşaatı devam eden projelere bakıldığında ise; derinlik 25,3 m ve kıyıya uzaklık 33,2 km olarak belirlenmiştir. Şekil ile işletmede olan, inşaatı devam eden, izni alınan ve işletmede projelerin su derinliği ve kıyıya uzaklıkları görülmektedir.



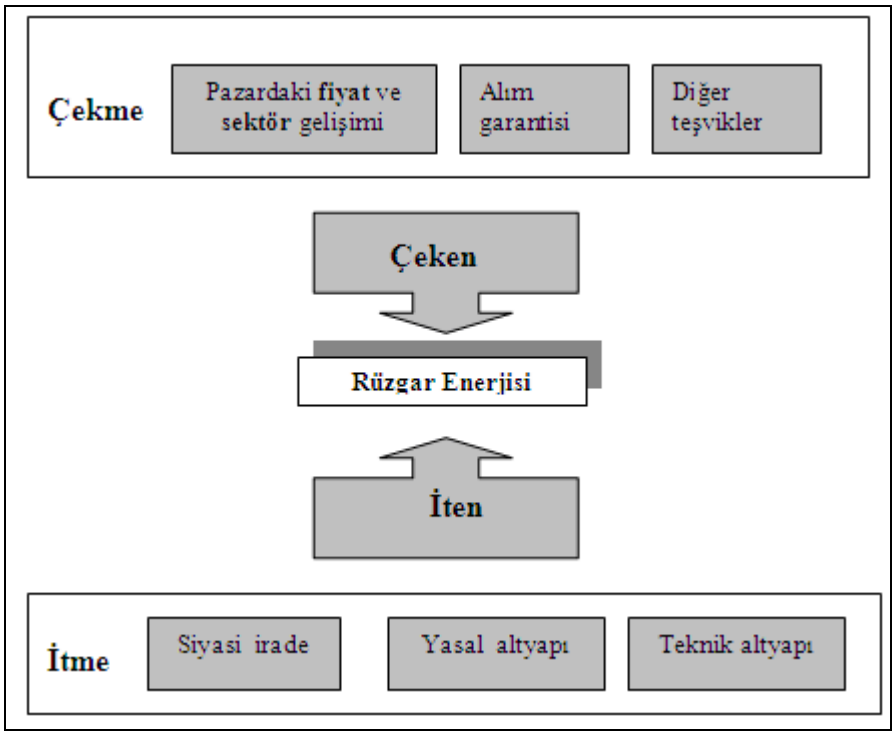
Şekil 11.35. Kıyıya uzaklık ve su derinliği.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

BÖLÜM 12

RÜZGAR ENERJİSİ PİYASASI

Bilindiği gibi, rüzgar enerjisi birçok ülkede teşvik edilmektedir. 1990'lı yıllardan itibaren gelişen bir sektör olduğundan dolayı bu durum diğer enerji kaynakları ile rekabet edene değin devam edecektir. Herhangi bir sektörün oluşumu için asgari şartlar gerekir. Rüzgar enerjisi sektörü oluşumu için de bazı şartlar gerekmektedir. Bu şartlar, piyasası çeken ve iten faktörler olarak 2 ana başlık altında incelenebilir. Piyasayı iten faktörler, siyasi destek ve buna müteakip olan gerekli yasal altyapının tesisidir. Teknik altyapı da piyasa oluşumunu iten diğer önemli bir faktördür. Öncelikle bu tip bir piyasa yapısının yerleşebilmesi için siyasi destek şarttır. Siyasi destek sağlandıktan sonra sektörün oluşumunu ve nasıl işleyeceğini düzenleyen yasal mevzuat yapılabilmektedir. Ülkedeki rüzgar potansiyeli, elektrik şebekesinin durumu ve altyapı gibi teknik konular bu iki parametreyi tamamlamaktadır. Bu üç faktör rüzgar enerjisi piyasasının oluşumunda hayati önem arz etmektedir. Rüzgar enerjisi piyasası oluşturulduktan sonra piyasanın devamı ve gelişimini sağlayacak olan piyasası çeken faktörlerin bulunması gerekmektedir. Özellikle AB Ülkelerindeki tecrübelerden söylenebilir ki, piyasayı çeken en önemli üç faktör; sabit fiyat tarifesi, alım garantisi ve diğer bazı teşviklerdir. Fiyat tarifesi ile rüzgar enerjisinden üretilen elektriğin (kWh) birim fiyatıdır. Alım garantisi, üretilen elektriğe bölgesel dağıtıcı veya devlet şirketi tarafından kaç yıllık alım garantisinin olacağı kastedilmektedir. Diğer teşvikler de, kota, vergi, üretim vb gibi hususları içeren teşviklerdir. Bütün bu anlatılan faktörler Şekil 12.1 ile verilmiştir.



Şekil 12.1. Piyasa oluşumu.

Dünyada son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin birçok haklı yanı vardır. Devletler sürdürülebilir bir çevre yönetimi ile enerji kaynaklarında dışa bağımlılığı önlemek ve kaynak çeşitliliği yapmak amacı için bu yolu seçmektedirler. Bu yüzden, birçok devlet yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklemek için çesitli teşvikler geliştirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen teşvikler, sektörün diğer enerji kaynakları ile rekabet edinceye kadar kaçınılmazdır.

Avrupa Birliği Ülkeleri, 2010 yılında ürettikleri enerjilerinin ortalama %22 oranında yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayacaklarını planlayarak en büyük teşviği bir anlamda vermişlerdir. Bu hedefler, rüzgar da dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranlarının arttırılmasına yönelik hedeflere dönüştürülmüştür. Avrupa'daki ve diğer bölgelerdeki ülkeler bu

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

hedefleri tutturabilmek için çeşitli piyasa destek yöntemlerini benimsemişlerdir. Bu ülkeler, üretilen birim enerji başına prim ödenmesinden, özel tarifeler uygulanmasına, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan elektrik santrallarına vergi teşviği ve sübvansiyondan enerji üreticilerinin enerji arzlarının gittikçe artan bir yüzdesini yenilenebilir kaynaklardan elde etmeye zorunlu olmasına kadar dayanan bir takım yöntemlerden faydalanmışlardır.

12.1 Teşvik Türleri

Ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarına farklı teşvikler vermektedirler. Her ülke kendi özel şartlarına göre bazı yöntemler geliştirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen teşvikleri mali, vergi ve üretim, yeşil sertifika teşvikleri olarak dört başlık altında toplanabilir.

12.1.1 Mali Teşvikler

Mali teşvikler genellikle üç alt başlıkta toplanmaktadır.

Yatırım Teşvikleri

Bu teşvik türünde devlet toplam yatırım tutarına belli bir oranda katkıda bulunmaktadır. Bu oran 10 - %30 arasında değişmektedir. Bazı devletler belli kaynaklar için bu teşviği vermektedirler. Rüzgar enerjisinin ilk günlerinde yatırım teşviği çok kullanılan bir yöntemdir. Örneğin Hindistan 1990'ların başında kurulu güce göre yatırım teşviği verilmekteydi. Bu durum sonraları sorun çıkarmaya başlamıştır çünkü projenin teknik fizibilitesine göre değildir ve verimi düşük projelerde yararlanmıştır. Bununla beraber, yatırım teşviği diğer teşviklerle beraber verildiğinde etkin bir yöntem olabilmektedir.

Hükümet Destekli Kredi

Devlet veya uluslararası kuruluşlar, yatırımların finanse edilmesi için bu tip projelere normal ticari kredilerden daha cazip krediler vermektedir.

İhale Sistemi

İhale sistemi, İrlanda, Fransa ve İngiltere'de uygulanmaktadır. Bu yöntemde hükümet belirli bir bölgede belirli bir süre için, ihale açarak firmaları davet etmektedir. Genellikle 15 yıllık elektrik satış anlaşması önerilmektedir. Genellikle en düşük tarife teklifi veren projenin sahibi olmaktadır. Rüzgar enerjisi, maliyetleri zamanla azalan bir kaynak olduğundan, ihaleyi alan firma projenin yapımını geciktirmektedir. Bu yüzden non fossil fuel obligation (NFFO) İngiltere'de piyasanın oluşumuna fazla katkıda bulunamamıştır. Pratikte en düşük tarife teklifini veren aldığından, projede düşük kar ve realist olmayan yaklaşımlar sergilenebileceğinden projenin yapımı zorlaşmaktadır. NFFO'nun işe yaramaması yüzünden İngiltere bu sistemden vazgeçmiştir. Planlama sistemindeki aksaklıklar ile beraber, İngiltere'de ihale sistemi istenen neticeyi vermemiştir. İhale sistemi doğru bir şekilde uygulanırsa çalışabilmektedir. Bu sistemin en önemli avantajı 10-15 yıllık elektrik alım garantisinin verilmesidir.

12.1.2 Vergi Teşvikleri

Vergi teşviklerini de üç alt başlıkta toplamak mümkündür.

Vergi Muafiyetleri

Bazı devletler 1-5 yıl arasında santralden elde edilen gelirden kurumlar ve/veya gelir vergisi almamaktadır. Hollanda`da uygulanmaktadır.

Gümrük Muafiyetleri

Devletler, rüzgar türbini, güneş paneli gibi teçhizat ithalat ve ihracatından düşük oranda veya bütünü ile gümrük vergi muafiyeti getirmektedir. Danimarka, İspanya, Çin ve Almanya`da uygulanmaktadır.

Tax Credit

Tax credit, sabit fiyat sisteminin bir başka çeşidini oluşturmaktadır. Teşviğin tax credit veya nakit olarak ödenmesinin yatırımcı açısından bir farkı yoktur. Politik olarak bu durum farkedebilmektedir. Yani ödemenin elektrik tüketicisi veya vergiden verilip verilmemesi tartışılmaktadır. Özellikle Amerika'da piyasa oluşumunda büyük öneme sahiptir. Yaklaşık 1.9 $c/kWh production tax credit (PTC) verilmektedir. Yıllık enflasyona göre de ayarlanmaktadır. Geçmişte 3 ayrı dönemde tax credit (ilki 30 Haziran 1999; ikincisi 1 Ocak 2000 – 31 Aralık 2003) verildiğinden bu üç kısa periyot boyunca rüzgar enerjisi sürekli değişim göstermiştir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

12.1.3 Üretim Teşvikleri

Üretim teşviklerini ise üç alt başlıkta toplamak mümkündür.

Sabit Tarife Uygulaması

Üretilen elektrik için belli bir zaman aralığında belli bir fiyat tarifesi uygulanmaktadır. Örneğin, ilk 10 yıl ve ikinci 10 yıl olmak üzere 2 farklı periyotta sabit fiyat tarifesi uygulanmaktadır. Santral kredi borcu ve faizlerini geri ödediğinden ilk 10 yıl daha yüksek tarife uygulanmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bir teşvik türüdür. Özellikle Almanya, İspanya, Danimarka, Fransa, Yunanistan ve Portekiz'de uygulanmaktadır. Yunanistan ve Portekiz'de yüksek rüzgar potansiyeline sahip bölgelerde daha düşük tarife verilirken; diğer bölgelerde tarife daha yüksektir. İspanya'da ise, sabit tarife veya değişken piyasa fiyatının üzerine belirli bir fiyat konularak tarife oluşturulmaktadır. Avrupa'daki birçok ülke tarafından benimsenmiş bir teşvik sistemidir. RES'ten üretilen elektriğe sabit bir tarife ödenmektedir. Sistem için gerekli kaynak elektrik tüketicilerin verdiği vergilerden karşılanmaktadır. Özellikle Almanya, Danimarka ve İspanya'da çok etkin bir piyasa modelidir. Diğer ülkeler ise Avusturya, Fransa, Yunanistan ve Luksembourg, Hollanda, Portekiz sayılabilir. Sabit tarife sisteminin en önemli avantajı, basit ve özellikle planlama açısından kolay olmasıdır. Bu sistemin de uzun dönemli elektrik satış anlaşması (ESA-power purchase agreement) ile elektrik alımı garanti edilmektedir. Yani politik risk bulunmamaktadır. Almanya bu riski azaltabilmek için 14-20 yıllık ödemeyi garanti eden bir sistem geliştirmiştir. Yunanistan yeterli yükseklikteki bir tarife sisteminde işlerin yolunda gitmeyebileceğinin en iyi örneğidir. Buradaki asıl sorun, bürokrasidir. Aynı nedenden dolayı Fransa'da bulunan RES projelerinin planlama aşamasındaki bürokratik gecikmelerden dolayı istenilen ilerleme sağlanamamıştır.

Yenilenebilir Portföy Standardı (Renewable Portfolio/Energy Standard)

Bu teşvik türünde elektrik dağıtım şirketleri, dağıtımını yaptıkları elektriğin belli bir yüzdesini belirli bir zaman aralığında yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamak zorundadır. Bu teşvik sisteminde, hükümet tüketilen enerjinin belli bir kısmını (kota) yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlatmak için yasal düzenlemeler yapmaktadır. Tarife, piyasa koşullarına göre belirlenmektedir.

Üretilen Elektriğe Teşvik

Yenilenebilir kaynaklara verilen bir diğer teşvik türü de, üretilen elektriğin birim fiyatına verilen teşvik türüdür. Çevresel olarak zararlı enerji kaynaklarına dahi teşvikler verilirken rüzgar enerjisine dayalı üretilen elektriğe ödeme teşviklerinin verilmesi kaçınılmazdır. Yapılan ödemelerin boyutu, rüzgar enerjisinin üretim maliyeti ile elektriğin piyasa fiyatına göre değişim göstermektedir.

12.1.4 Ticari Yeşil Sertifika (Tradeable Green Certificate, TGC)

Ticari yeşil sertifika sistemi, ihale sistemine benzerdir. Temel farklılık ise, elektrik tarifesinin günlük olarak belirlenip ayrı bir piyasa bulunmasıdır. Tarife günlük olarak belirlendiğinden dolayı yatırımcı için daha riskli olabilmektedir. Ticari yeşil sertifika sistemi normal çalışır ise, sertifikanın fiyatı elektriğin piyasa fiyatı ile yenilenebilir enerji arasındaki farkı vermektedir. Hükümet özel ve giderek artan belirli bir miktar limit belirleyerek yenilenebilir enerji için bir tedarik portföyü oluşturur. Daha sonra elektrik tedarikçi veya elektrik tüketicilerinin kullanımını mecbur tutar. Kimin tarafından bu mecburiyetin üstlenileceği önemli değildir. Üreticiler, toptan satış ile iştigal edenler, perakende satış ile iştigal eden veya tüketicilerin belli bir oranda yenilenebilir kaynaklardan kullanımı zorunlu tutulur. Sertifikayı almanın 3 yolu bulunur:

a) Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanan bir tesisten üretim yolu ile,
b) Yenilenebilir elektrik üreten başka bir yerden alım yolu ile,
c) Üçüncü bir kaynaktan yenilenebilir sertifika alım yolu ile gittikçe artan mecburiyet bu sistem için talep yaratmaktadır.

Ticari yeşil sertifika, diğer teşvik yöntemlerinden daha karmaşıktır. RES işleten firmalar, 2 türlü finansal piyasada hareket edebilir. Birincisi ticari yeşil sertifika, diğeri de elektrik için piyasalar. Piyasa yapısındaki en önemli sorun ise talep ve arz taraflarının sözleşme süresi konusunda anlaşamamasıdır. RES sahipleri riski azaltabilmek için, uzun dönemli elektrik alım anlaşması talep ederken, elektrik tedarik şirketleri de kısa süreli elektrik satış anlaşması yapmak istemektedir. Dikkat edilmesi gereken husus sertifika piyasasının yatırımcılar için cazip şartlar içermesidir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

12.2 Avrupa Ülkelerinde Kapasite Projeksiyonu ve Kurulu Güçler

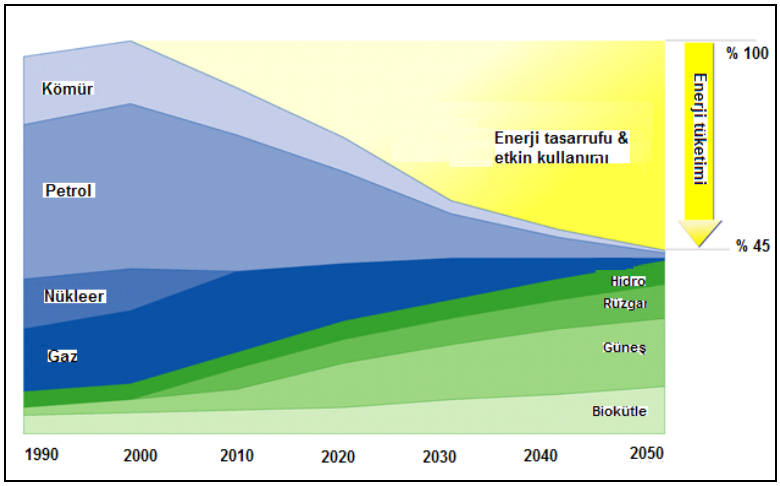
Bu bölümde rüzgar enerjisinin dünya ve ülkemizdeki durumu üzerinde durularak rüzgar enerjisinin kurulu gücü ve gelecek projeksiyonlarından bahsedilecektir.

Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının teorik potansiyeli çok yüksektir. Güneşten gelen enerjinin ancak %2'si rüzgar enerjisine çevrilebilmektedir. Global ölçekte düşünüldüğünde yenilenebilir enerji kaynaklarının teorik potansiyeli Tablo 12.1 ile verilmiştir.

Tablo 12.1. Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli.

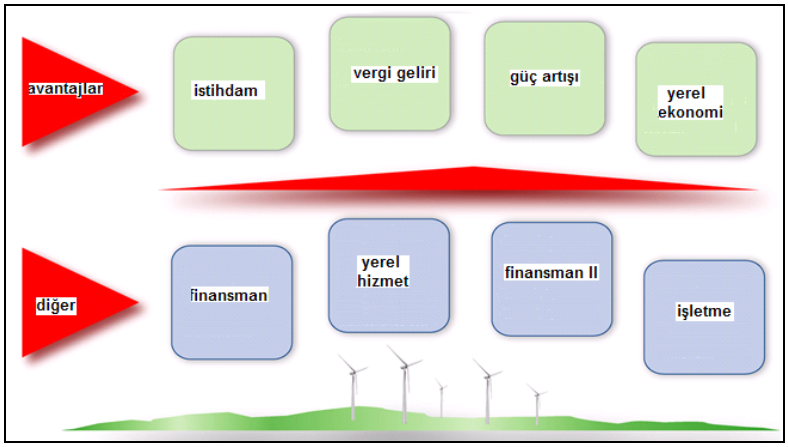
Kaynak Adı	Teorik Güç (W)	Pratik Güç (W)
Güneş	1.8×10^{17}	-
Rüzgar	3.6×10^{15}	1.3×10^{14}
Hidro	9.0×10^{12}	2.9×10^{12}
Jeotermal	2.7×10^{13}	1.3×10^{11}
Dalga	3.0×10^{12}	6.0×10^{11}

Günümüzde 2050 yılına kadar olası enerji tüketim ve kaynak çeşitliliği senaryoları yapılmaktadır. Alman Rüzgar Enerji Birliği'nin yaptığı bir senaryonun sonucu Şekil 12.2 ile verilmiştir. 1990 – 2050 yıllarını kapsayan şekilden de görüleceği gibi, fosil yakıtların kullanımı gittikçe düşerken; yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kullanımı gittikçe artmaktadır.



Şekil 12.2. Uzun dönem dünya enerji kaynak senaryosu.

RES yatırımlarının faydaları da Şekil 12.3 ile verilmiştir. Görüldüğü gibi, yerel ekonomiye katkı, istihdam ve kurulu güç artışı gibi bir çok faydası bulunmaktadır.



Şekil 12.3. RES yatırım faydaları.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

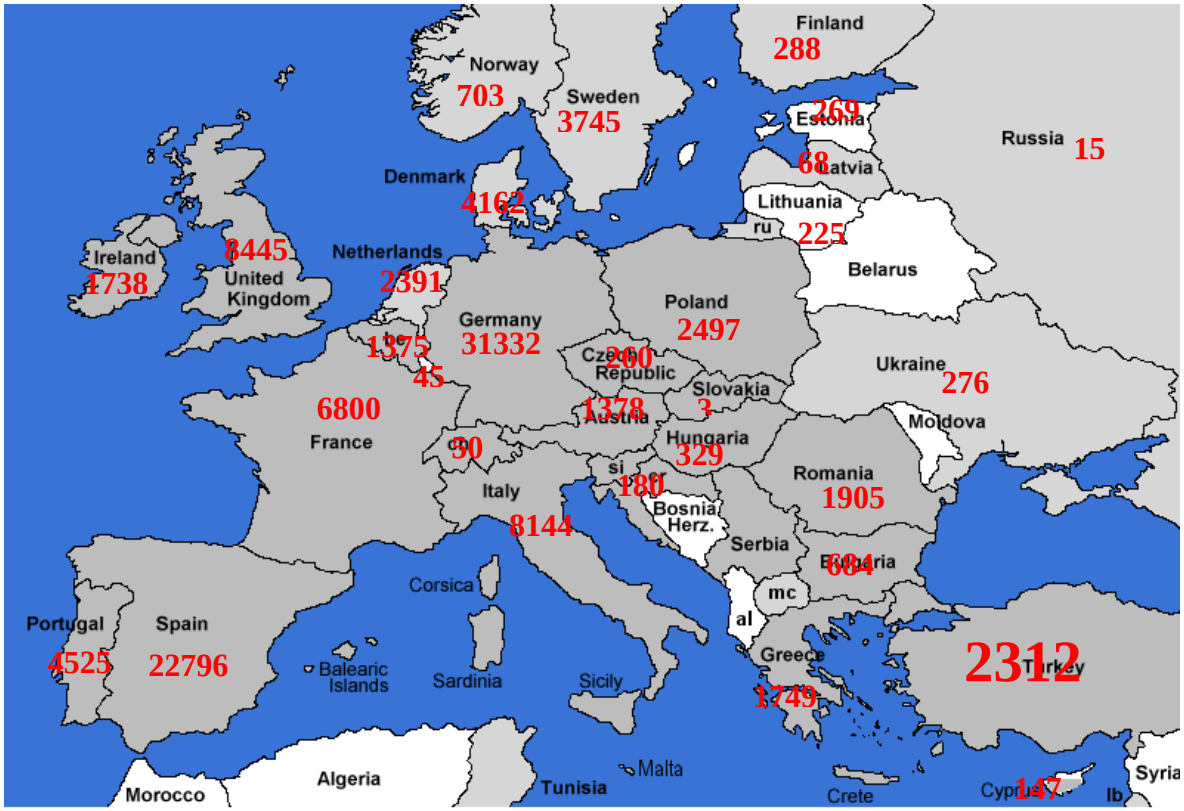
Rüzgar enerjisi kullanımında Dünya'da Avrupa Ülkeleri önde gelmektedir. Özellikle Almanya, İspanya ve Danimarka çok kısa sürede rüzgar enerjisi konusunda büyük bir atılım yapmıştır. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği verilerine göre Avrupa ülkelerindeki RES kurulu güçleri ilerleyen sayfalarda verilmiştir. Tablo 12.2, 2011 yılı sonu, 2012 yılı içerisinde eklenen ve 2012 yılı sonu itibarı ile Avrupa'daki ülkelerde rüzgar santrallarının kurulu gücünü göstermektedir.

Tablo 12.2. Avrupa'da 2012 sonu itibari ile kurulu rüzgar gücü.

ÜLKELER	**2011 Sonu Kurulu Güç (MW)**	**2012 Yılı Eklenen Güç (MW)**	**2012 Sonu Kurulu Güç (MW)**
Almanya	29,071	2440	31,332
İspanya	21,674	1122	22,796
Danimarka	3956	217	4162
Hollanda	2272	119	2391
İtalya	6878	1273	8144
İngiltere	6556	1897	8445
Avusturya	1084	296	1378
İsveç	2899	846	3745
Yunanistan	1634	117	1749
Portekiz	4379	145	4525
Fransa	6792	404	7196
İrlanda	1614	125	1738
Belçika	1078	296	1375
Polonya	1616	880	2497
Finlandiya	199	89	288
Litvanya	179	46	225
Letonya	48	21	69
Luxembourg	45	0	45
Çek Cumhuriyeti	217	44	260
Slovakya	3	0	3
Estonya	184	86	269
Macaristan	329	0	329
Bulgaristan	516	168	684
Romanya	982	923	1905
Kıbrıs Rum Kes.	134	13	147
Avrupa Toplam	**94,337**	**11,566**	**105,696**

Tablo ile verilen rakamlar Şekil ile Avrupa haritasına oturtulmuştur.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 12.4. Avrupa ülkelerindeki rüzgar enerjisi kurulu gücü.

Ülkemizin de aralarında olduğu AB'ye erişim halinde olan ülkelerin kurulu güçleri Tablo ile görülmektedir.

Tablo 12.3. AB'ye erişim halindeki ülkelerde durum.

ÜLKELER	**2011 Sonu Kurulu Güç (MW)**	**2012 Yılı Eklenen Güç (MW)**	**2012 Sonu Kurulu Güç (MW)**
Hırvatistan	131	48	180
TÜRKİYE	1806	506	2312
TOPLAM	**1937**	**554**	**2492**

EFTA ülkelerinin ülkelerin kurulu güçleri Tablo ile görülmektedir.

Tablo 12.4. EFTA ülkelerinde 2010 sonu itibari ile kurulu rüzgar gücü.

ÜLKELER	**2011 Sonu Kurulu Güç (MW)**	**2012 Yılı Eklenen Güç (MW)**	**2012 Sonu Kurulu Güç (MW)**
Izlanda	0	0	0
Liechtenstein	0	0	0
Norveç	537	166	703
İsviçre	46	4	50
TOPLAM	**583**	**170**	**753**

Tablo ile de diğer Avrupa ülkeleri görülmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

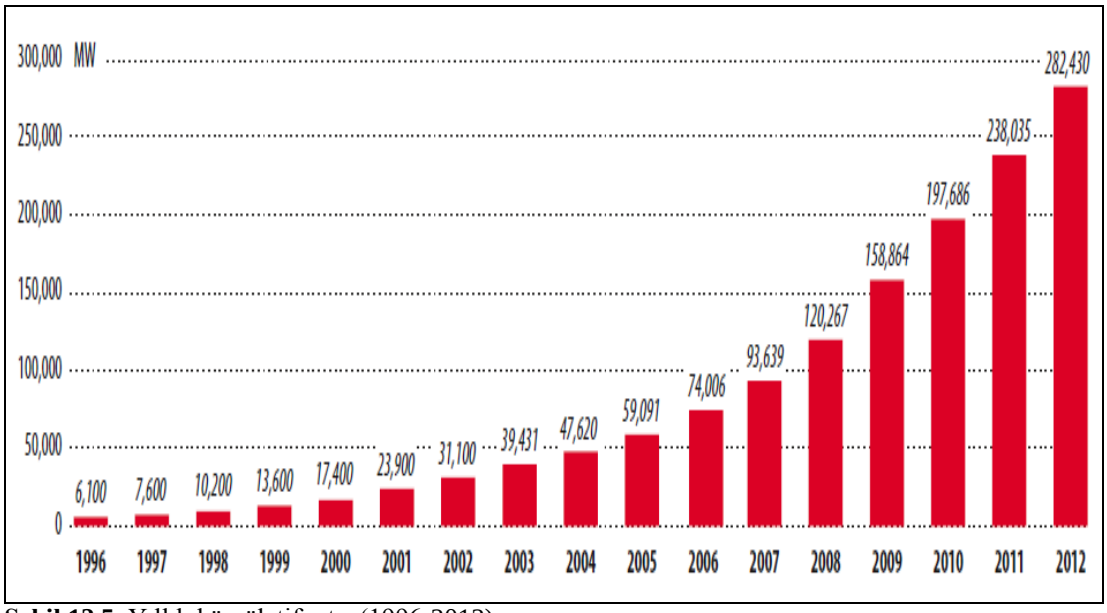
Tablo 12.5. Diğer Avrupa ülkelerinde 2010 sonu itibari ile kurulu rüzgar gücü.

ÜLKELER	**2011 Sonu Kurulu Güç (MW)**	**2012 Yılı Eklenen Güç (MW)**	**2012 Sonu Kurulu Güç (MW)**
Faroe Adaları	4	0	4
Ukrayna	152	125	276
Rusya	15	0	15
TOPLAM	**171**	**125**	**296**

Avrupa ülkeleri ile ilgili olarak yukarıdaki tablolardan görüldüğü gibi, 2011 yılı sonu 94,337 MW; 2012 yılı içerisinde 11,566 MW kurulu güç eklenerek 2012 yılı sonu itibarı ile toplamda kurulu güç **105,696** MW'tır.

12.3. Dünya'da Rüzgar Enerjisinin Durumu

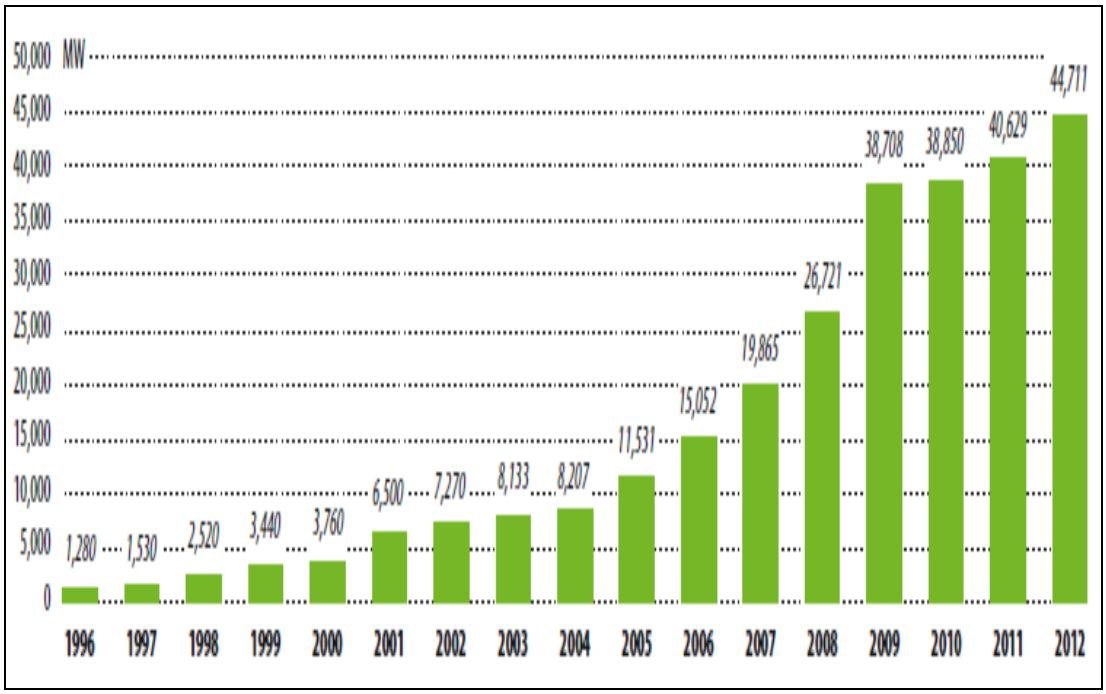
Avrupa'da olduğu gibi, bütün dünyada rüzgar enerjisi en hızlı yayılan enerji kaynağı olmuştur. Global olarak 1996-2012 yılları arasındaki yıllık kümülatif artış Şekil ile görülmektedir. Özellikle 2005 yılından sonra ciddi bir artış gözlenmiştir. Bunda sadece Avrupa ülkelerinin değil; Amerika, Çin ve Hindistan'ın kurulu güç artışlar etki etmiştir.



Şekil 12.5. Yıllık kümülatif artış (1996-2012).

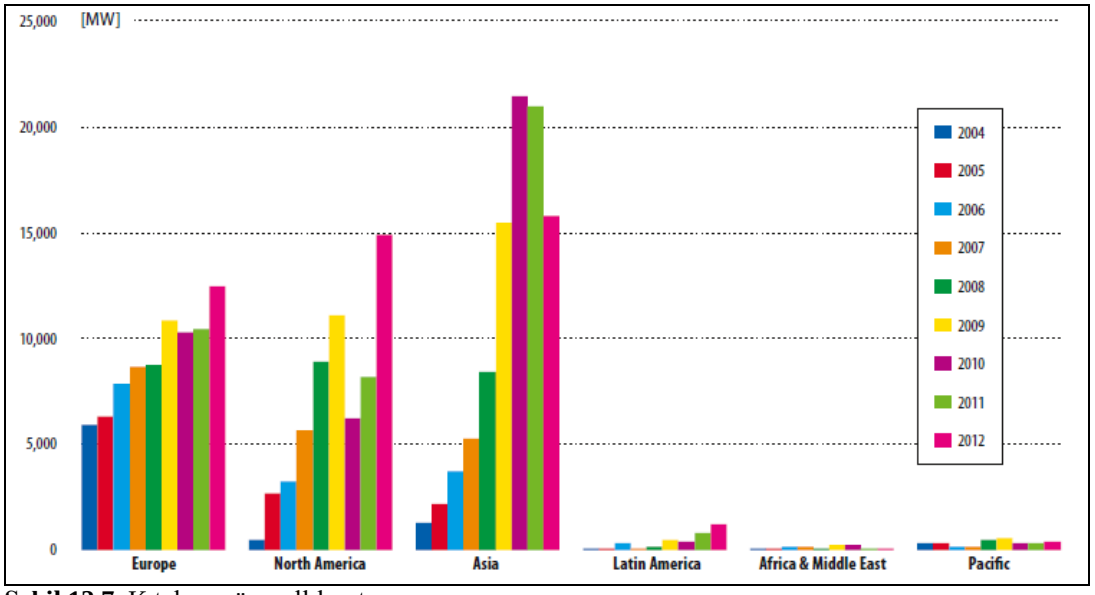
1996-2012 arasındaki yıllık global rüzgar enerjisi kurulu gücünün artışı Şekil ile görülmektedir. 2006 yılından sonra yıllık 15,000 MW üzerine çıkan bir RES kapasitesi, 2012 yılında 44,711 MW olarak rekor kırmıştır. 2012 yılında eklenen 44,711 MW ile birlike Dünya toplam kurulu gücü 282,482 MW'a ulaşmıştır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil 12.6. Yıllık artış (1996-2012).

Kıtalara göre 2003 ile 2012 yılları arasında eklenen kurulu güçler Şekil ile görülmektedir. 2012 yılında Asya kıtası Çin ve Hindistan'daki gelişmeler sebebi ile ciddi bir artış göstermiştir.



Şekil 12.7. Kıtalara göre yıllık artış.

2012 yılında eklenen en yüksek kurulu güç, 13,200 MW ile Çin'de olmuş ve onu ABD 13,124 MW ile izlemiştir. Almanya 2439 MW ile üçüncü, Hindistan 2336 MW ile dördüncü, İngiltere 1897 MW ile ilk beşi oluşturmaktadır.

Bu anlatılanların ışığında dünyadaki en büyük 10 pazar ve kurulu güçleri Tablo ile verilmiştir. Tabloda ayrıca diğer dünya ülkeleri de verilmiştir. Rakamlar, 2012 yılı sonu itibari iledir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 12.6. En büyük 10 pazardaki kurulu güç.

Ülkeler	**Kurulu Güç (MW)**	**Pazar Payı (%)**
Çin	75,564	26.8
Amerika	49,919	21.2
Almanya	29,060	111
İspanya	21,674	8.1
Hindistan	16,084	6.5
İtalya	8,144	2.9
Fransa	7,196	2.5
İngiltere	5,265	2.2
Kanada	6,200	2.2
Portekiz	4,525	1.6
En Büyük 10 Pazar	**242,630**	**85.9**
Dünyanın Geri Kalanı	**39,852**	**14.1**
Dünya Toplam	**282,482**	**100**

2012 yılı sonu itibarı ile dünyada toplam **282,482 MW** toplam kurulu güç bulunmakta ve Avrupa 105,696 MW ile rüzgar enerjisinde liderliğini korumaktadır. Toplam dünya kurulu rüzgar gücünün %37'sine sahip Avrupa'da kitabın yazıldığı tarihlerde YEK teşvikleri gittikçe azalan bir trend içerisinde idi.

İzleyen tablolarda diğer dünya ülkelerine ait istatistikler görülmektedir.

Tablo 12.7. Ülkelerin 2012 kapasite artışı ve yüzdesi.

Ülkeler	**Kapasite Artışı (MW)**	**Artış Yüzdesi (%)**
Çin	13,200	30
ABD	13124	29
Almanya	2439	5
Hindistan	2336	5
İngiltere	1897	4.2
İtalya	1273	2.8
İspanya	1122	2.5
Brezilya	1077	2.4
Kanada	935	2.1
Romanya	923	2.1
En büyük 10	**38,326**	**85.7**
Dünyanın Geri Kalanı	**6385**	**12.5**
Dünya Toplam	**44,711**	

Bölgesel olarak ise izleyen sayfalarda kurulu güçler verilmiştir. Tablolarda 2011'deki kapasite 2012 yılında eklenen ve 2012 yılı sonu görülmektedir. Tablo ile Kuzey Amerika verilmiştir.

Tablo 12.8. Kuzey Amerika.

Ülkeler	**2011 Sonu (MW)**	**2012 Yılı Eklenen (MW)**	**2012 Sonu (MW)**
A.B.D.	46,929	13124	60,007
Kanada	5265	935	6200
Meksika	569	801	1370
Toplam	**52,763**	**14860**	**67,576**

Latin Amerika Ülkeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu ülkeler içerisinde Brezilya dikkati çekmektedir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Tablo 12.9. Latin Amerika Ülkeleri.

Ülkeler	**2011 Sonu (MW)**	**2012 Yılı Eklenen (MW)**	**2012 Sonu (MW)**
Brezilya	1431	1077	2508
Arjantin	113	54	167
Kostarika	132	15	147
Nikaragua	62	40	102
Venezüela	-	30	30
Uruguay	43	9	52
Katayipler	271	-	271
Diğer (4 Ülke)	229	-	229
Toplam	**2280**	**1225**	**3505**

Pasifik Bölgelerdeki ülkelerde bulunan RES kurulu güçleri Tablo ile görülmektedir. Avustralya gittikçe artan bir oranda rüzgar enerjisine doğru yönelmektedir.

Tablo 12.10. Pasifik Ülkeleri.

Ülkeler	**2011 Sonu (MW)**	**2012 Yılı Eklenen (MW)**	**2012 Sonu (MW)**
Avustralya	2226	358	2584
Yeni Zelanda	623	-	623
Pasifik Adaları	12	0	12
Toplam	**2861**	**358**	**3219**

Afrika ve Orta Doğu Ülkelerine ait değerler, Tabloda görülmektedir. Mısır ve Fas umut verici pazarlar arasındadır.

Tablo 12.11. Afrika ve Orta Doğu Ülkeleri.

Ülkeler	**2011 Sonu (MW)**	**2012 Yılı Eklenen (MW)**	**2012 Sonu (MW)**
Mısır	580	-	580
Fas	291	-	291
İran	91	-	91
Tunus	54	50	102
Etiyopya	-	52	52
Diğer	47	-	47
Toplam	**1033**	**102**	**1135**

Asya ülkeleri de Tabloda incelenebilir. Özellikle Hindistan ve Çin dikkat çekmektedir.

Tablo 12.12. Asya Ülkeleri.

Ülkeler	**2011 Sonu (MW)**	**2012 Yılı Eklenen (MW)**	**2012 Sonu (MW)**
Çin	62,364	13,200	75,564
Hindistan	16,084	2336	18,421
Japonya	2536	88	2614
Tayvan	564	-	564
Güney Kore	407	76	483
Pakistan	6	50	56
Diğer	109	-	108
Toplam	**82,070**	**15,750**	**97,810**

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Yukarıda verilen bilgiler ışığında 2012 yılı sonu itibarı ile dünyadaki toplam kurulu güç **282,482** MW'tır ve %16'lık bir büyüme gerçekleşmiştir.

	2011 Sonu (MW)	**2012 Yılı Eklenen (MW)**	**2012 Sonu (MW)**
Dünya Toplam	**238,035**	**44,711**	**282,482**

12.4 Ülkemizde Durum

Dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi, Türkiye'de de rüzgar enerjisinden yararlanma ilk önce tahıl öğütme ve su çekme amacı ile yapılmıştır. 1961 yılında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından yapılan bir çalışmada 718'i kuyudan su çekme, 41'ide elektrik üretim amaçlı olmak üzere 759 adet yel değirmeni olduğu saptanmıştır. Ülkemizde rüzgar enerjisinden elektrik elde etme amacına yönelik çalışmalar 1990'lı yılların hemen başında başlanmışsa da, daha çok teorik çalışmalar seviyesinde kalmıştır. Bununla beraber, esas gelişme 1996 yılından itibaren başlamıştır. Birçok özel sektör firması konu ile ilgili yatırımlara başlamıştır ve hemen hemen ülkemizin tamamında ölçümler yapılmıştır. İlk rüzgar elektrik santralı, 1997 yılında devreye girmiştir.

Ülkemizde elektrik sektörünün özelleştirilme süreci Mart 2001'de 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile başlamıştır. Bu Kanunun amacı; elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösterebilecek, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin sağlanması olarak açıklanmıştır. Kanun kapsamında piyasası düzenleme ve kontrolü için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu oluşturulmuştur.

16.02.2013 tarihi itibarı ile 57,058.40 MW kurulu güce sahip ülkemizde kaynakların dağılımı ile yüzdesi Tablo ile görülmektedir

Tablo 12.13. Ülkemizdeki kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı.

YAKIT CİNSLERİ	**ŞUBAT 2013 SONU İTİBARİYLE**		
	KURULU GÜÇ (MW)	**KATKI %**	**SANTRAL SAYISI**
FUEL-OİL + ASFALTİT + NAFTA + MOTORİN	1,362.3	2.4	23
İTHAL KÖMÜR + TAŞ KÖMÜRÜ + LİNYİT	12,390.8	21.7	26
DOĞALGAZ + LNG	17,169.6	30.1	189
YENİLENEBİLİR + ATIK	158.5	0.3	29
ÇOK YAKITLILAR KATI+SIVI	675.8	1.2	8
ÇOK YAKITLILAR SIVI+D.GAZ	3,269.2	5.7	45
JEOTERMAL	162.2	0.3	9
HİDROLİK BARAJLI	14,744.6	25.8	64
HİDROLİK AKARSU	4,864.8	8.5	317
RÜZGAR	2,260.5	4.0	61
TOPLAM	**57,058.4**	**100.0**	**771**

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Rüzgar Enerji Piyasası

Ülkemizde rüzgar enerji sektörünün başlangıcı 1990'lı yılların ikinci yarısından itibaren aktif bir şekilde başlamıştır. İstenilen gelişme tam olarak sağlanamamasına rağmen, 18/05/2005 tarih ve 25919 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "*Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun"* (Kanun) çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim yapan tesislere ilişkin destek yöntemleri aşağıda anlatılmıştır:

1) Orman veya Hazinenin özel mülkiyetinde ya da Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan her türlü taşınmazın bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yapmak amacıyla kullanılması halinde, bu araziler için Çevre ve Orman Bakanlığı veya Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında izin verilmekte, kiralama yapılmakta, irtifak hakkı tesis edilmekte veya kullanma izni verilmektedir. Yatırım döneminde izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine yüzde elli indirim uygulanmaktadır. Orman arazilerinde ORKÖY ve Ağaçlandırma Özel Ödenek Gelirleri alınmamaktadır.

2) Yeterli jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerdeki valilik ve belediyelerin sınırları içinde kalan yerleşim birimlerinin ısı enerjisi ihtiyaçlarını öncelikle jeotermal ve güneş termal kaynaklarından karşılamaları esas alınmaktadır.

3) Kanun kapsamındaki enerji üretim tesis yatırımları, kullanılacak elektro-mekanik sistemlerin yurt içinde imalat olarak temini, güneş pilleri ve odaklayıcılı üniteler kullanan elektrik üretim sistemleri kapsamındaki yapılacak AR-GE ve imalat yatırımları, biyokütle kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi veya yakıt üretimine yönelik AR-GE tesis yatırımları Bakanlar Kurulu kararı ile teşviklerden yararlandırılmaktadır.

Elektrik piyasası ikincil mevzuatı çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim yapan tesislere ilişkin destek yöntemleri:

1) Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi kurmak üzere lisans almak için başvuruda bulunan tüzel kişilerden lisans alma bedelinin yüzde biri dışında kalan tutarı tahsil edilmemektedir.

2) Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için ilgili lisanslara derç edilen tesis tamamlanma tarihini izleyen ilk sekiz yıl süresince yıllık lisans bedeli alınmamaktadır.

3) Yerli doğal kaynaklar ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine, TEİAŞ ve/veya dağıtım lisansı sahibi tüzel kişiler tarafından, sisteme bağlantı yapılmasında öncelik tanınmaktadır.

4) Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişiler, serbest olmayan tüketicilere satış amacıyla yapılan elektrik enerjisi alımlarında, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı bir üretim tesisinde üretilen elektrik enerjisi satış fiyatı; TETAŞ'ın satış fiyatından düşük veya eşit olduğu ve daha ucuz bir başka tedarik kaynağı bulunmadığı takdirde, öncelikli olarak söz konusu yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisinde üretilen elektrik enerjisini satın almakla yükümlü kılınmıştır.

5) Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinde üretim yapan üretim lisansı sahibi tüzel kişiler, bir takvim yılında, lisanslarında yer alan öngörülen ortalama yıllık üretim miktarını geçmemek kaydıyla özel sektör toptan satış şirketlerinden elektrik enerjisi satın alabilmektedirler.

22.02.2007 tarihinde TBMM'de kabul edilen 5584 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu uyarınca aşağıdaki açıklanan yenilikler getirilmiştir.

10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunun 6. maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir:

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

"MADDE 6- Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretim ve ticaretinde, lisans sahibi tüzel kişiler aşağıdaki uygulama esaslarına tâbidirler:

a) Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişiler, bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten YEK Belgeli tesislerin işletmede on yılını tamamlamamış olanlarından, bu maddede belirlenen esaslara göre elektrik enerjisi satın alırlar.

b) Bu Kanun kapsamındaki uygulamalardan yararlanabilecek YEK Belgeli elektrik enerjisi miktarına ilişkin bilgiler her yıl EPDK tarafından yayınlanır. Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişilerin her biri, bir önceki takvim yılında sattıkları elektrik enerjisi miktarının ülkede sattıkları toplam elektrik enerjisi miktarına oranı kadar, YEK Belgeli elektrik enerjisinden satın alırlar.

c) Bu Kanun kapsamında satın alınacak elektrik enerjisi için uygulanacak fiyat; her yıl için, EPDK'nın belirlediği bir önceki yıla ait Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatıdır. Ancak uygulanacak bu fiyat 5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk Lirasından az, 5,5 Euro Cent /kWh karşılığı Türk Lirasından fazla olamaz. Ancak 5,5 Euro Cent /kWh sınırının üzerinde serbest piyasada satış imkânı bulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisans sahibi tüzel kişiler bu imkândan yararlanırlar.

Bu madde kapsamındaki uygulamalar 31/12/2011 tarihinden önce işletmeye giren tesisleri kapsar. Ancak Bakanlar Kurulu uygulamanın sona ereceği tarihi, 31/12/2009 tarihine kadar Resmî Gazetede yayımlanmak şartıyla en fazla 2 yıl süreyle uzatabilir."

Aynı Kanunun 18. Maddesi, 5346 sayılı Kanunun 8. Maddesini aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir :

"MADDE 8- Orman veya Hazinenin özel mülkiyetinde ya da Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan her türlü taşınmazın bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yapmak amacıyla kullanılması halinde tesis, ulaşım yolları ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hattı için kullanılacak arazilere ilişkin olarak Çevre ve Orman Bakanlığı veya Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında izin verilir, kiralama yapılır, irtifak hakkı tesis edilir veya kullanma izni verilir. 2011 yılı sonuna kadar devreye alınacak bu tesislerden ulaşım yollarından ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine yüzde seksenbeş indirim uygulanır. Orman arazilerinde ORKÖY ve Ağaçlandırma Özel Ödenek Gelirleri alınmaz."

şeklinde verilerek daha önce 7 yıl olan alım garantisi 10 yıla ve tarife 5.0 – 5.5 EUROcent/kWh olarak sabitlenmiştir.

<u>6094 Sayılı Son YEK Kanunu</u>

Rüzgar enerjisine özel tarife, 8 Ocak 2011 tarih ve 27809 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren "6094 Sayılı *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun"* yeni Kanun ile getirilen en önemli değişiklik, kaynaklara göre tarifeler verilmiştir ve yerli üretim desteklenmiştir. Buna göre rüzgar enerjisi için tarife;

7.3 USDc/kWh

olarak verilmiştir. Ayrıca yerli üretim için de;

MADDE 6/B – Lisans sahibi tüzel kişilerin bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ve 31/12/2015 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde; bu tesislerde üretilerek iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi için, I sayılı Cetvelde belirtilen fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle; bu Kanuna ekli II sayılı Cetvelde belirtilen fiyatlar ilave edilir.

II sayılı Cetvelde yer alan yurt içinde imalatın kapsamının tanımı, standartları, sertifikasyonu ve denetimi ile ilgili usul ve esaslar, Bakanlık tarafından çıkarılacak yönetmelikle düzenlenecektir.

II Sayılı Cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)		
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

		(ABD Doları cent/kWh)
B- Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Kanat	0,8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	3- Türbin kulesi	0,6
	4- Rotor ve nasel gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,3

31/12/2015 tarihinden sonra işletmeye girecek olan YEK Belgeli üretim tesisleri için yerli katkı ilavesine ilişkin usul ve esaslar, Bakanlığın (ETKB) teklifi üzerine Bakanlar Kurulu tarafından belirlenerek ilan edilir."

Bu madde hükmü gereği, yerli üretim ile ilgili olarak aşağıdaki Cetvel Kanunun eki olarak konulmuştur. Bu madde yerli sanayinin geliştirilebilmesi için getirilmiştir.

Yukarıdaki tablo incelendiğinde yerli üretim kullanıldığında, toplamda 3.7 USDc/kWh ek gelir mümkündür.

RES Projelerinin Ülkemizdeki Gelişimi

- Yap İşlet Devret (YİD) Dönemi (3096 Sayılı Kanun)
- Lisanslama (4628 Sayılı Kanun)

4628 Sayılı Kanun Kapsamında Başvurular

3 Eylül 2002 – 4 Haziran 2004
231 RES başvurusu toplam 2992 MW

1 Ocak 2006 – 6 Temmuz 2006
136 RES başvurusu toplam 4886 MW

1 Kasım, 2007
751 RES başvurusu toplam 78,151.40 MW

GENEL TOPLAM 86,029.40 MW

Aşağıdaki Tabloda 08.02.2013 tarihi itibarı ile ülkemizde faaliyette rüzgar elektrik santralları hakkında bilgi verilmiştir. Görüldüğü gibi, 2300 MW'a yakın kurulu güç bulunmaktadır.

Tablo 12.14. İşletmede olan rüzgar santralları (08.02.2013).

TÜRKİYE'DEKİ İŞLETMEDEKİ RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL PROJELERİ					
Mevkii	**Şirket**	**Kurulu Güç (MW)**	**Üretime Geçiş Tarihi**	**Kullanılan Türbin Markası**	**Kullanılan Türbin Kurulu Gücü (MW)**
İzmir-Çeşme	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	1.50	1998	Enercon	0.5
İzmir-Çeşme	Ares Alaçatı Rüzgar Enerjisi Sant. San. ve Tic. A.Ş.	7.20	1998	Vestas	0.6
İstanbul-Hadımköy	Sunjüt Sun'i Jüt San. ve Tic. A.Ş	1.20	2003	Enercon	0.6

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Balıkesir-Bandırma	Yapısan Elektrik Üretim A.Ş.	35.00	2006	GE	1.5
İzmir-Çeşme	Mare Manastır Rüzgar Enerjisi Santralı San. ve Tic. A.Ş.	39.20	2006	Enercon	0.8
İstanbul-Silivri	Teperes Elektrik Üretim A.Ş.	0.85	2007	Vestas	0.85
Çanakkale-İntepe	Anemon Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	30.40	2007	Enercon	0.8
Manisa-Akhisar	Deniz Elektrik Üretim Ltd. Şti.	10.80	2007	Vestas	1.8
Çanakkale-Gelibolu	Doğal Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	14.90	2007	Enercon	0.8 ve 0.9
Manisa-Sayalar	Doğal Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	34.20	2008	Enercon	0.9
İstanbul-Çatalca	Ertürk Elektrik Üretim A.Ş.	60.00	2008	Vestas	3
İzmir-Aliağa	İnnores Elektrik Üretim A.Ş.	57.50	2008	Nordex	2.5
İstanbul-Gaziosmanpaşa	Lodos Elektrik Üretim A.Ş.	24.00	2008	Enercon	2
Muğla-Datça	Dares Datça Rüzgar Enerji Santralı Sanayi ve Ticaret A.Ş.	29.60	2008	Enercon	0.9
Hatay-Samandağ	Deniz Elektrik Üretim Ltd. Şti.	30.00	2008	Vestas	2
Aydın-Didim	Ayen Enerji A.Ş.	31.50	2009	Suzlon	2.1
Balıkesir-Şamlı	Baki Elektrik Üretim Ltd. Şti.	114.00	2009	Vestas	3
Hatay-Belen	Belen Elektrik Üretim A.Ş.	36.00	2009	Vestas	3
Tekirdağ-Şarköy	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	28.80	2009	Enercon	2 ve 0.9
İzmir-Urla	Kores Kocadağ Rüzgar Enerji Santralı Üretim A.Ş.	15.00	2009	Nordex	2.5
Çanakkale-Ezine	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	20.80	2009	Enercon	2 ve 0.8
Balıkesir-Susurluk	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	20.70	2009	Enercon	0.9
İzmir-Bergama	Ütopya Elektrik Üretim Sanayi ve Ticaret A.Ş.	30.00	2009	GE	2.5
İzmir-Çeşme	Mazı-3 Rüzgar Enerjisi Santrali Elektrik Üretim A.Ş.	30.00	2009	Nordex	2.5
Balıkesir-Bandırma	Akenerji Elektrik Üretim A.Ş.	15.00	2009	Vestas	3

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Balıkesir-Bandırma	Borasco Enerji ve Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş.	57.00	2009	Vestas	3
Osmaniye-Bahçe	Rotor Elektrik Üretim A.Ş.	135.00	2010	GE	2.5
Manisa-Soma	Soma Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	140.10	2010	Enercon	0.9
Balıkesir-Bandırma	As Makinsan Temiz Enerji Elektrik Üretim San. ve Tic. A.Ş.	24.00	2010	Nordex	3
Mersin-Mut	Akdeniz Elektrik Üretim A.Ş.	33.00	2010	Vestas	3
Çanakkale-Bozcaada	Bores Bozcaada Rüzgar Enj. Sant. San. ve Tic. A.Ş.	10.20	2000	Enercon	0.6
İzmir-Aliağa	Bergama RES Enerji Üretim A.Ş.	90.00	2010	Nordex	2.5
Edirne-Enez	Boreas Enerji Üretim A.Ş.	15.00	2010	Nordex	2.5
Aydın-Çine	Sabaş Elektrik Üretim A.Ş.	24.00	2011	Vestas	3.0
Çanakkale-Ezine	Enerjisa A.Ş.	29.90	2011	Siemens	2.30
Çanakkale-Ezine	Garet Enerji Üretim ve Ticaret A.Ş.	22.50	2011	GE	2.50
Balıkesir-Susurluk	Alentek Enerji A.Ş.	45.00	2011	Nordex	2.50
Balıkesir-Havran	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	16.00	2011	Enercon	2.0
İzmir-Aliağa	Doruk Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	30.00	2010	Enercon	2.0
Manisa-Kırkağaç	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	25.60	2010	Enercon	0.8
Hatay-Belen	Bakras Enerji Elektrik Üretim ve Tic. A.Ş.	15.00	2011	Vestas	3.0
Hatay-Samandağ	Ziyaret RES Elektrik Üretim Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi	57.50	2010	GE	2.5
Manisa-Soma	Bilgin Rüzgar Santrali Enerji Üretim A.Ş.	90.00	2011	Nordex	2.5
Balıkesir-Bandırma	Galata Wind Enerji Ltd. Şti.	93.00	2011	Vestas	3.0
Aydın-Söke	ABK Enerji Elektrik Üretim. A.Ş.	30.00	2011	Gamesa	2.50
İzmir-Aliağa	Kardemir Haddecilik Sanayi ve Tic.Ltd.Şti. (Otoprodüktör)	12.00	2012	Nordex	2.50

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

İzmir-Aliağa	Garet Enerji Üretim ve Ticaret A.Ş.	10.00	2012	GE	2.50
Tokat	PEM Enerji Anonim Şirketi	40.00	2012	Nordex	2.50
Kayseri-Yahyalı	Aksu Temiz Enerji Elektrik Üretim San. ve Tic. A.Ş.	72.00	2012		
Amasya-Merzifon	Baktepe Enerji A.Ş.	39.00			
Bilecik-Bozüyük	Can Enerji Entegre Elektrik Üretim A.Ş.	39.00			
Hatay-Merkez	EOLOS Rüzgar Enerjisi Üretim A.Ş.	26.00			
Mersin-Mut	Enerjisa Enerji Üretim A.Ş.	39.00			
Balıkesir-Kepsut	Poyraz Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	34.00	2012	Enercon	2 ve 0.9
Çanakkale-Ayvacık	Ayres Ayvacık Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretim Santralı Ltd. Şti.	5.00			
Balıkesir-Bandırma	Bandırma Enerji ve Elektrik Üretim A.Ş.	60.00			
Manisa-Akhisar	Akhisar Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimi Santralı Ltd. Şti.	43.75			
Afyonkarahisar-Dinar	Olgu Enerji Yat. Ür. ve Tic. A.Ş.	16.10	2012	Siemens	
İzmir-Kozbeyli	Doğal Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	20.00			
Balıkesir	Enerjisa Enerji Üretim A.Ş.	142.50	2012	GE	
İŞLETMEDEKİ KAPASİTE TOPLAMI		**2299.30**			

1 Kasım 2007 Başvuruları

Günübirlik proje kabulü yapılan 1 Kasım 2007 tarihinde 751 adet proje ve toplam 78,151.40 MW kurulu güçte RES projeleri başvurusu yapılmıştır.

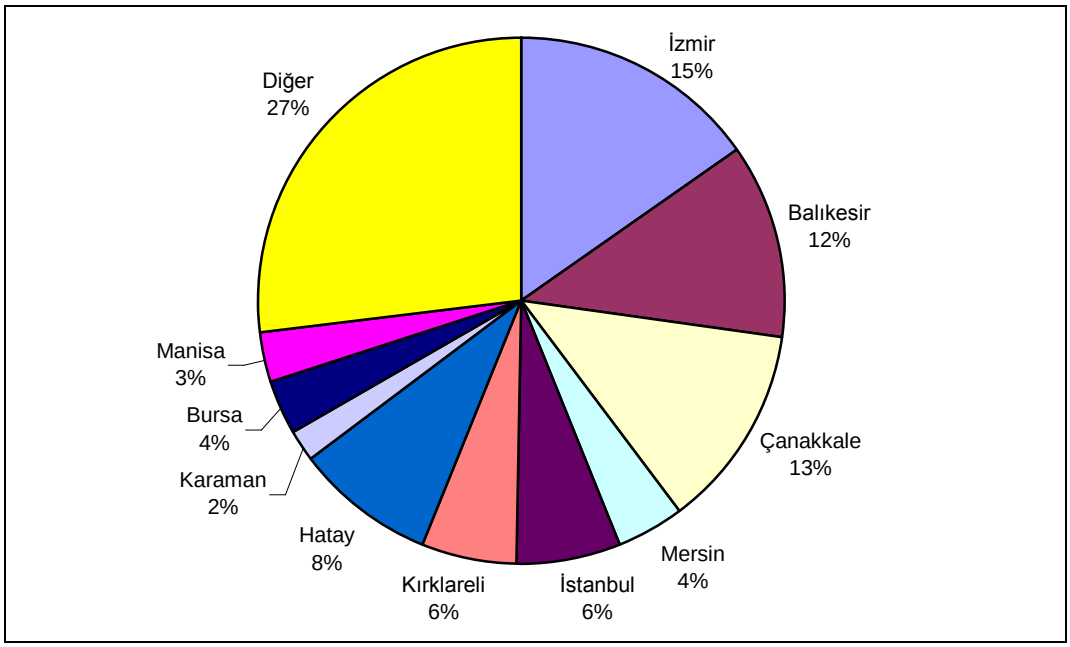
Tablo 12.15. EPDK 1 Kasım 2007 tarihinde yapılan başvuruların illere göre dağılımı.

Başvuru Yapılan İl	Proje Sayısı	Kurulu Gücü (MW)
İzmir	114	12,848.40
Balıkesir	87	8,626.10
Çanakkale	93	7,855.60
Mersin	32	7,799.20
İstanbul	47	7,313.40
Kırklareli	44	5,565.00

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Hatay	63	5,023.50
Karaman	14	3,489.50
Bursa	26	2,676.00
Manisa	23	1,711.00
Sakarya	10	1,454.00
Kocaeli	11	1,372.50
Tekirdağ	18	1,359.50
Muğla	15	1,235.55
Aydın	18	1,117.55
Kayseri	14	900.90
Edirne	15	685.00
Yalova	7	653.00
Sinop	5	608.00
Bilecik	3	464.00
Sivas	6	413.20
Ordu	7	365.00
Kastamonu	7	303.80
Gaziantep	5	303.00
Osmaniye	5	289.00
Denizli	5	284.20
Tokat	4	247.80
Amasya	5	148.75
Kahramanmaraş	4	205.00
Ankara	3	246.50
Diğer	32	1,821.95

EPDK'ya 1 Kasım 2007 tarihinde yapılan başvuruların illere göre dağılımı dilim grafiğinde Şekil 12.8 ile verilmiştir.



Şekil 12.8. 1 Kasım 2007 RES başvurularının illere göre dağılım grafiği.

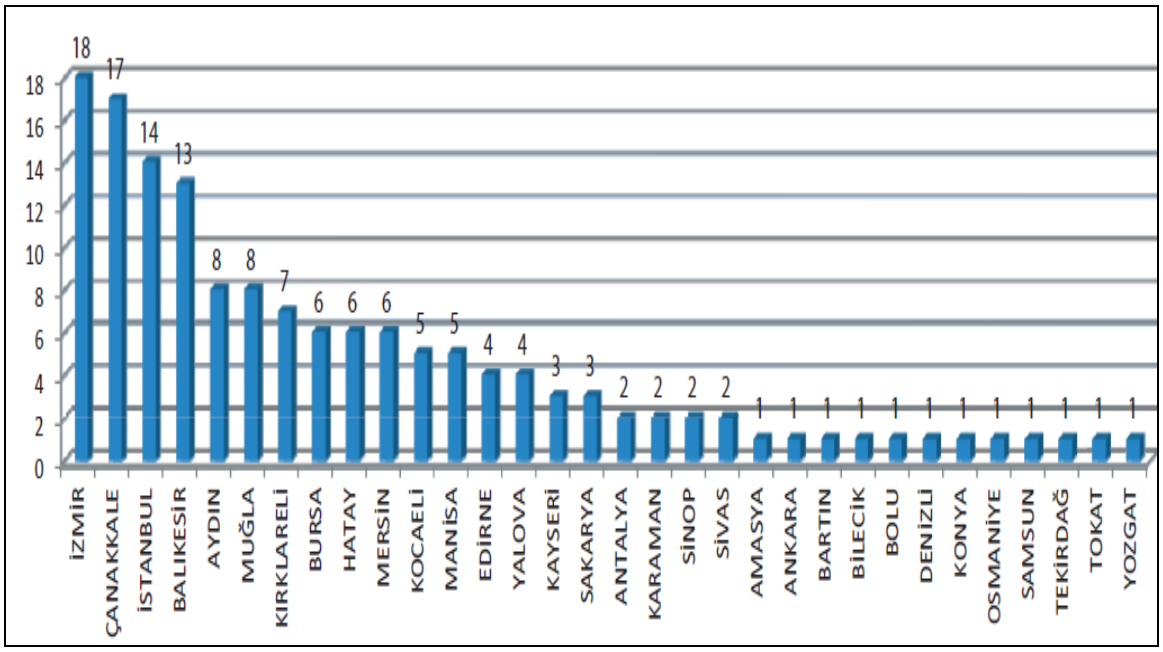
1 Kasım 2007 Başvuruları TEİAŞ Yarışma Sonuçları

Bu başvurular, yapılan inceleme ve değerlendirme sürecinden sonra 691 adet ve 31,268 MW'ya düşmüştür. TEİAŞ tarafından Şubat 2011-Eylül 2011 tarihleri arasında toplam 13 adet yarışma (ihale)

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

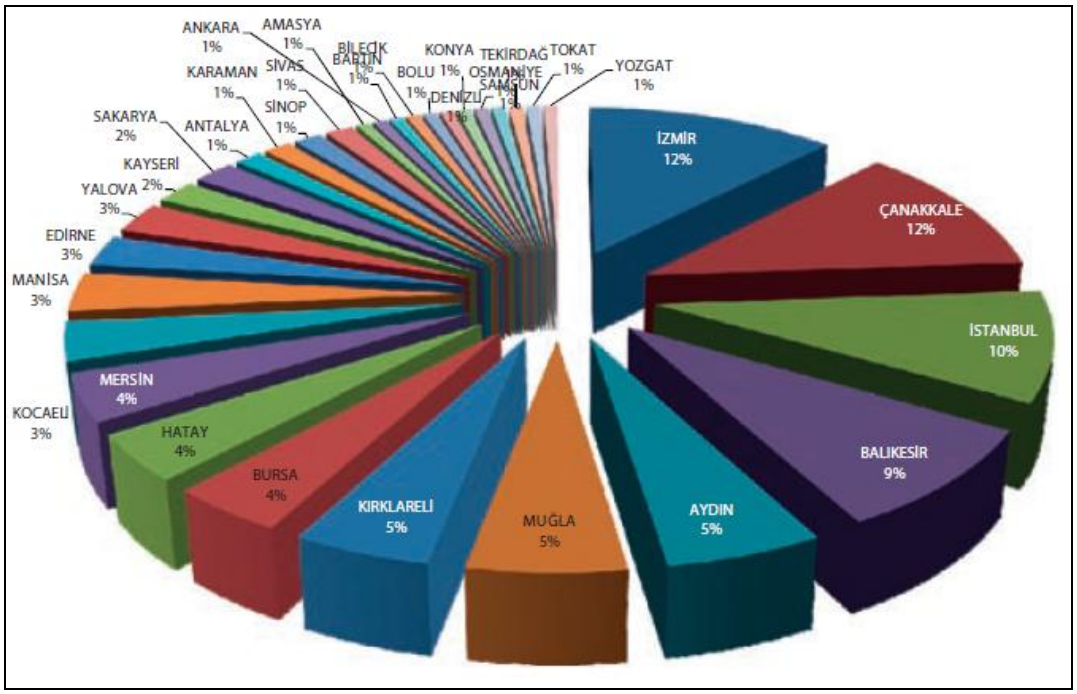
yapılmış olup 149 proje 5500 MW kapasiteyi yarışma sonucunda almıştır. Başvurulardan 63 adet ve 1378 MW kurulu güçte proje, tekli olarak yarışmasız lisanslandırılmıştır. Verilen tekliflerin ortalaması 1.90 krş/kWh civarında olmuştur. Detaylı Tablolar **EK 8** ile verilmiştir.

İllere göre RES proje sayısının dağılım grafiği aşağıdaki şekilde görülmektedir. İzmir, Çanakkale, İstanbul, Balıkesir ve Aydın ilk 5 ili oluşturmaktadır.



Şekil 12.9. 1 Kasım 2007 başvurularının illere göre RES proje sayısının dağılım grafiği.

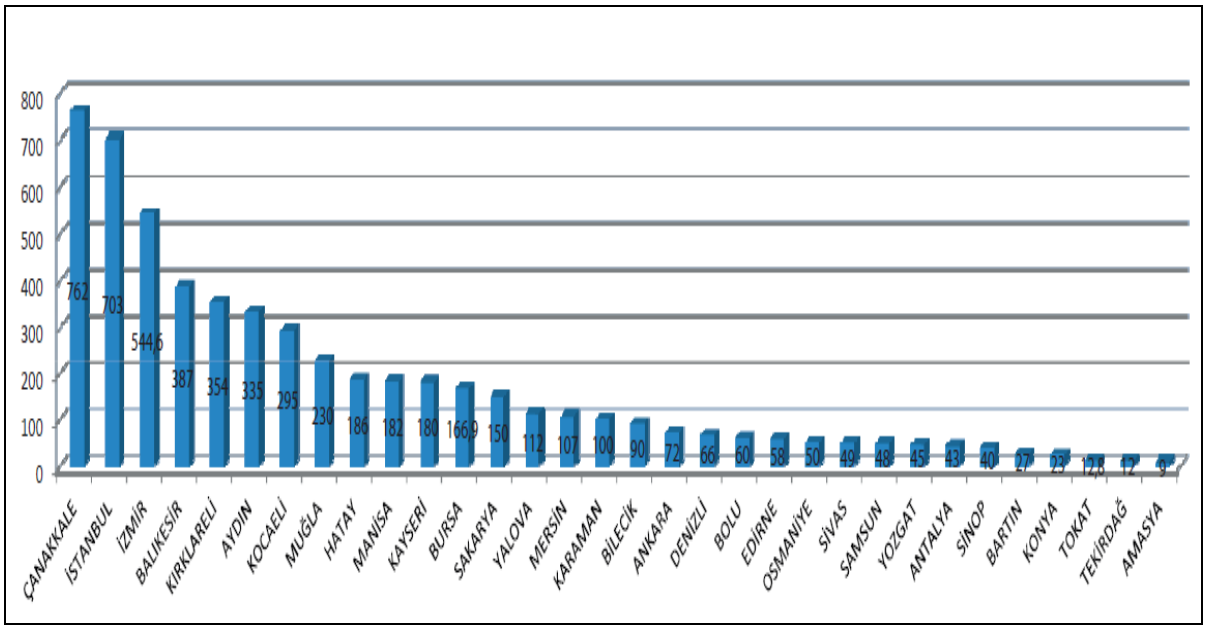
İllere göre RES proje sayısının dağılım dilim grafiği aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 12.10. 1 Kasım 2007 başvurularının illere göre RES proje sayısının dilim grafiği.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

İllere göre kurulu güç RES dağılımı ise aşağıda görülmektedir. Çanakkale, İstanbul, İzmir, Balıkesir ve Kırklareli ilk 5 bölgedir.



Şekil 12.11. 1 Kasım 2007 RES başvurularının illere göre dağılım dilim grafiği.

Kitabın yazıldığı tarihlerde EPDK tarafından 22 Şubat 2012 ÇARŞAMBA tarih ve 28212 sayılı Resmi Gazete'de "RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI LİSANS BAŞVURULARINA İLİŞKİN ÖLÇÜM STANDARDI TEBLİĞİ" yaynlanmıştır. Tebliğin 2. Bölümü Rüzgar Ölçümlerine ayrılmış olup aşağıdaki koşulları içermektedir:

- Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak üzere lisans başvurusunda bulunan tüzel kişiler tarafından, tesisin kurulacağı saha üzerinde, bu Tebliğ kapsamında düzenlenen şartlara uygun olarak elde edilmiş en az 1 yıl süreli yerinde ölçüm yapılmış olmak kaydıyla asgari bir yıl süreli veri sunulması zorunludur,
- Ölçüm istasyonu kurulması için gerekli olan izinlerin alınması ilgili tüzel kişinin sorumluluğundadır,
- Ölçüm istasyonu, rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisinin kurulacağı lisans başvurusu yapılan santral sahası alanında yer almalıdır,
- Rüzgar Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporunu onaylama yetkisi yerinde inceleme yapılması kaydıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğünde olup raporun onaylandığı tarih rüzgar ölçümüne başlama tarihi olarak kabul edilmektedir,
- Rüzgar Ölçüm Sonuç Raporu, Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve lisans başvurusunda bulunacak tüzel kişi tarafından müştereken onaylanır,
- Ölçüm istasyonu; rüzgâr hızı sensörü, rüzgâr yönü sensörü, sıcaklık sensörü, basınç sensörü, bağıl nem sensörü ile ölçüm kayıt cihazından oluşur. Rüzgâr ölçüm direğinin yüksekliği minimum 60 metre olmalıdır. Rüzgâr ölçümlerinden en az bir tanesi 30 metrede, diğer ölçümler ise en az 3 metrede yapılmalıdır. Rüzgâr hızı ve yönü en az iki seviyede, basınç, sıcaklık ve nem ise en az bir seviyede ölçülmelidir.
- Rüzgâr ölçüm istasyonlarında beş saniye veya daha kısa sürelerde ölçülen/hesaplanan;
    - Rüzgâr hızı için ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum,
    - Rüzgâr yönü için ortalama ve standart sapma,
    - Diğer parametreler için ortalama, minimum ve maksimum değerler bir dakikalık aralıklarla kayıt edilir.
- Bir yıllık ölçüm süresi içerisinde, işletme ve/veya bakım veya sair nedenlerle veri kaybı yüzde 20'den daha fazla olamaz. Veri kaybının yüzde 20'ye kadar olduğu durumlarda kayıp veriler, mevcut veriler veya en yakın meteoroloji istasyonu verilerinden faydalanılarak istatistiki metotlar (enterpolasyon ve benzeri) kullanılarak elde edilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Bu Tebliğe istinaden Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 10 Temmuz 2012 tarih ve 28349 sayılı Resmi Gazete'de "RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI LİSANS BAŞVURULARI İÇİN YAPILACAK RÜZGAR VE GÜNEŞ ÖLÇÜMLERİ UYGULAMALARINA DAİR TEBLİĞ" yayınlanmıştır. Tebliğin tamamı ve rüzgar projeleri ile ilgili olan kısmının ekleri ilerleyen sayfalarda verimiştir.

RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI LİSANS BAŞVURULARI İÇİN YAPILACAK RÜZGAR VE GÜNEŞ ÖLÇÜMLERİ UYGULAMALARINA DAİR TEBLİĞ
(TEBLİĞ NO: 2012/01)

BİRİNCİ BÖLÜM
Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar

Amaç ve kapsam

MADDE 1 – (1) Bu Tebliğ, 22/2/2012 tarihli ve 28212 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği kapsamında yapılacak rüzgar ve güneş ölçümlerinin yapılmasına ve değerlendirilmesine ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla düzenlenmiştir.

Dayanak

MADDE 2 – (1) 8/1/1986 tarihli ve 3254 sayılı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunun 22 nci maddesi hükümlerine dayanılarak hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 3 – (1) Bu Tebliğde geçen;

a) Başvuru merkezi: Meteoroloji Genel Müdürlüğü Gözlem Sistemleri Dairesi Başkanlığını,

b) EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunu,

c) Firma: Tebliğler kapsamında rüzgar veya güneş ölçümü için başvuru yapan tüzel kişiyi,

ç) MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğünü,

d) Ölçüm istasyonu: Tebliğler kapsamında kurulacak olan rüzgar veya güneş ölçüm sistemini,

e) Ölçüm Standardı Tebliği: Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliğini,

f) Ölçüm Uygulama Tebliği: Bu Tebliği,

g) UTM koordinatı: Universal Transversal Mercator izdüşümünde altı derecelik dilim esasına göre verilen koordinatı (ED 50 Datum),

ifade eder.

İKİNCİ BÖLÜM
Başvuru, Ölçüm İstasyonu Kontrolü ve Veri İletimi

Başvuru sırasında yapılacak işlemler

MADDE 4 – (1) Başvuru sırasında yapılacak işlemler şunlardır:

a) Başvurular firma tarafından EK-A başvuru formu ile başvuru merkezine yapılır.

b) Firma, başvuru formu ile birlikte MGM tarafından belirlenen başvuru ücretinin Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğünün banka hesabına yatırıldığına ilişkin makbuzun aslı veya kopyasını ve ölçüm yapılacak sahaya esas ölçüm izninin fotokopisini teslim eder.

c) Firma kuracağı her istasyon için ayrı ayrı başvuru yapar.

ç) Başvuru ücreti, MGM Döner Sermaye İşletmesi Yönetim Kurulu tarafından 2012 yılı için 3.000.-TL (üçbin TL) olarak belirlenmiştir. Bu ücret, MGM Döner Sermaye İşletmesi Yönetim Kurulu tarafından her yıl yeniden belirlenerek, MGM resmi internet sitesinde duyurulur. Herhangi bir sebeple aynı ölçüm istasyonuna birden fazla görevlendirme yapılması durumunda, başvuru ücretinin %30'u hizmet bedeli olarak, firma tarafından Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğü hesabına yatırılır. Başvuru ücreti, hiçbir koşulda geri ödenmez.

d) Başvuru sırasında her bir istasyona başvuru merkezi tarafından bir istasyon numarası verilir.

e) Başvuru kabul edildikten sonra firmaya veri iletişimi için her bir istasyona özel tanımlanacak kullanıcı adı, parola ve verilerin gönderileceği MGM sunucu bilgileri verilir. MGM tarafından görevlendirilecek personelin ölçüm istasyonunun kurulumunun kontrolünü yapacağı tarih, başvuru tarihinden itibaren onbeş işgünü içerisinde olacak şekilde firmaya bildirilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Kontrol yapacak personelin görevlendirilmesi

MADDE 5 – (1) Ölçüm istasyonunun kurulum şartlarına uygunluğunun kontrolü, MGM tarafından görevlendirilecek meteorolojik ölçüm sistemleri konusunda bilgi ve tecrübeye sahip en az üç personel tarafından yapılır.

Ölçüm istasyonunun kontrolü

MADDE 6 – (1) Ölçüm istasyonunun kurulumunun kontrolünde ekteki (EK-C ve EK-D) kontrol formlarına uygun olarak aşağıdaki işlemler yapılır.

a) MGM ölçüm istasyonunun kurulumunun kontrolü, başvuru tarihinden itibaren 15 (onbeş) iş günü içerisinde yapılır.

b) Kurulum raporu, ölçüm istasyonlarının kontrolü için görevlendirilen MGM personeli tarafından sahada yapılacak incelemelerden sonra hazırlanır.

c) Ölçüm istasyonu, rüzgar veya güneş enerjisine dayalı üretim tesisinin kurulacağı lisans başvurusu yapılan santral sahası alanında yer almalıdır.

ç) Ölçüm istasyonunun bulunduğu nokta koordinatları, firma tarafından sağlanacak GPS cihazı ile kontrol edilir. GPS ölçüm cihazı hata miktarı en fazla beş metre olmalıdır.

d) Kurulum raporu, Ölçüm Standardı Tebliğindeki eklerde (rüzgar ölçümleri için EK-1, güneşlenme ölçümleri için EK-3) belirtilen formata uygun olarak hazırlanır.

e) Firma, ölçüme başlandıktan sonra arıza veya hatalı ölçümden dolayı değiştirilen yeni sensör veya benzeri ekipmanın kalibrasyon ve uygunluk belgelerini başvuru merkezine 10 iş günü içinde ibraz ederek istasyonun kontrolünü talep eder.

f) Görevlendirilen personelin, ölçüm istasyonuna ulaşımı MGM tarafından sağlanır.

Ölçüm verilerinin MGM'ye iletilmesi

MADDE 7 – (1) Yapılan ölçümler, ölçüm verileri üzerinde herhangi bir değişiklik ve harici bir müdahale olmaksızın MGM'ye iletilir. Ölçülen verilerin MGM'ye iletilmesi aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılarak yapılır.

a) Sabit IP adresli bir sistemden MGM tarafından tahsis edilen sunucuya günün belli bir saatinde, otomatik olarak gönderilir.

b) Verinin güvenli bir şekilde gönderilebileceği ve MGM tarafından uygun bulunacak başka bir yöntemle gönderilir.

(2) Ölçüm istasyonundan veri transferinin yapılamadığı durumlarda bağlantı sağlandıktan sonra veri kaydedicilerde saklanan veriler otomatik olarak MGM'ye iletilir.

(3) Rüzgar ölçüm istasyonunda yapılan rüzgar ölçümleri (R) ile diğer ölçümler (D) ayrı dosyalar şeklinde düzenlenir. Rüzgar kayıtları tüm seviyelerdeki ölçümleri içerir.

(4) Güneş ölçüm istasyonunda yapılan güneşlenme ölçümleri (G) tek bir dosyada düzenlenir.

(5) Veriler günlük olarak metin dosyalar halinde gönderilir. Gönderilen verinin dosya adı; istasyon numarası, ölçüm tarihi (yıl ay gün), ölçüm şekli (Güneşlenme: G, Rüzgar: R, Diğer ölçümler: D) bilgilerini içerir. Bu bilgiler sırasıyla altçizgi (_) karakteri kullanılarak örnekte olduğu gibi oluşturulur.

Örnek: 17000 numaralı istasyonda 4/4/2012 günü yapılan güneşlenme ölçüm kayıtlarını içeren dosya adı aşağıdaki gibi düzenlenmelidir.

(17000_ 20120404_G.txt)

(6) Gönderilecek olan metin dosya içindeki kayıtlar EK-E'de istenen formatta hazırlanır.

(7) Sonuç raporunda, günlük olarak MGM'ye iletilen ölçüm verileri esas alınır. Firma, ölçüm periyodu sonunda, başvuru formunda yapılması istenen hesaplamaları bu verileri esas alarak yapar.

(8) Rüzgar dataları için; eksik veri tamamlamada kullanılacak referans meteoroloji istasyonu, MGM'nin internet sitesinde yayınlanan meteoroloji istasyonlarından alanı en iyi temsil eden, yakın bir veya birkaç istasyondan seçilebilir. Ayrıca aynı ölçüm sahasında aynı firma tarafından kurulan birden fazla istasyon olması durumunda bu istasyonların verileri birbirlerinin veri kayıplarını tamamlamak için de kullanılabilir.

(9) Güneş dataları için; eksik veri tamamlamada kullanılacak referans meteoroloji istasyonu, MGM'nin internet sitesinde yayınlanan otomatik meteoroloji istasyonlarından ölçüm noktası ile aynı enlem kuşağına yakın bir veya birkaç istasyondan seçilebilir. Ayrıca, aynı ölçüm sahasında aynı firma tarafından kurulan birden fazla istasyon olması durumunda bu istasyonların verileri birbirlerinin veri kayıplarını tamamlamak için de kullanılabilir.

(10) MGM'ye yapılacak müracaat esnasında en fazla % 20 eksiği tamamlanan veriler ile en fazla 6 ayı tamamlanan güneş verileri, EK-E'de belirtilen formatta CD veya DVD ortamında MGM'ye sunulur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
Verilerin Kontrolü ve Değerlendirilmesi

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Rüzgar verilerinin kontrolü ve değerlendirilmesi

MADDE 8 – (1) Rüzgar verilerinin kontrolü ve değerlendirilmesi aşağıdaki şekilde yapılır.

a) Rüzgar ölçüm sonuç raporu, Ölçüm Standardı Tebliğ EK-2'de belirtilen formata uygun olarak hazırlanarak, EK-B Başvuru Formu ve EK-F Rüzgar/Güneş Verisi-Veri Tamamlama Bilgi Formu ile birlikte MGM'ye başvurulur.

b) Ölçüm süresi içerisinde, işletme ve/veya bakım veya sair nedenlerle veri kaybı yüzde 20'den daha fazla olamaz. Veri kaybının yüzde 20'ye kadar olduğu durumlarda kayıp veriler, mevcut veriler veya faaliyet alanını temsil edebilecek en yakın meteoroloji istasyonu verilerinden faydalanılarak, istatistiksel veri tamamlama yöntemleri kullanılarak elde edilir. İstatistiksel olarak elde edilen veriler, yanındaki boş sütuna yıldız atılarak işaretlenmelidir.

c) Eksik veri tamamlamada kullanılan istatistiksel yöntemler (doğrusal enterpolasyon, hareketli ortalama, korelasyon, basit ortalamalarının alınması ve ortanca değer kullanımı gibi) ayrıntılı olarak EK-F'de belirtilir.

ç) Veri kaybı, ölçüm periyodunda yüzde 20'den daha fazla ise bu durum ölçüm sonuç raporunda belirtilir. % 20 veri kaybı, ölçüm periyodu boyunca kaydedilmesi gereken 10 dakikalık verilerin toplam kayıt sayısının % 20'si olarak kabul edilir.

d) Ölçüm sonuç raporu, EPDK'ya lisans başvurusu yapılmadan en az otuz (30) gün önce MGM'ye teslim edilir.

e) MGM'ye yapılacak müracaat esnasında en fazla % 20 eksiği tamamlanan veriler, EK-E'de belirtilen formatta CD veya DVD ortamında sunulur. MGM, ölçüm başlama ve bitiş tarihleri arasında en fazla %20'si tamamlanmış veriyi de içeren veri setini, EK-2 Rüzgar Ölçüm Sonuç Raporunda onaylar.

Güneş verilerinin kontrolü ve değerlendirilmesi

MADDE 9 – (1) Güneş verilerinin kontrolü ve değerlendirilmesi aşağıdaki şekilde yapılır:

a) Güneş ölçüm sonuç raporu, Ölçüm Standardı Tebliğinin ekinde yer alan EK-4'te belirtilen formata uygun olarak hazırlanarak, EK-B Başvuru Formu ve EK-F Rüzgar/Güneş Verisi-Veri Tamamlama Bilgi Formu ile birlikte MGM'ye başvurulur.

b) Ölçüm süresi içerisinde, işletme ve/veya bakım veya sair nedenlerle veri kaybı yüzde 20'den daha fazla olamaz. Veri kaybının yüzde 20'ye kadar olduğu durumlarda kayıp veriler, mevcut veriler veya faaliyet alanını temsil edebilecek en yakın meteoroloji istasyonu verilerinden faydalanılarak, istatistiksel veri tamamlama yöntemleri kullanılarak elde edilir. İstatistiksel olarak elde edilen veriler, yanındaki boş sütuna yıldız atılarak işaretlenir.

c) Eksik veri tamamlamada kullanılan doğrusal enterpolasyon, hareketli ortalama, korelasyon, basit ortalamalarının alınması ve ortanca değer kullanımı gibi istatistiksel yöntemler ayrıntılı olarak EK-F'de belirtilir.

ç) Veri kaybı, ölçüm periyodunda yüzde 20'den daha fazla ise bu durum ölçüm sonuç raporunda belirtilir. % 20 veri kaybı, ölçüm periyodu boyunca kaydedilmesi gereken 10 dakikalık verilerin toplam kayıt sayısının % 20'si olarak kabul edilir.

d) Ölçüm sonuç raporu, EPDK'ya lisans başvurusu yapılmadan en az otuz (30) gün önce MGM'ye teslim edilir.

e) MGM'ye yapılacak müracaat esnasında, en az 6 ay yerinde ölçüm yapmış olmak şartıyla en fazla % 20 eksiği tamamlanmış veri ve 1 (bir) yıla tamamlanmış veri seti EK-E'de belirtilen formatta CD veya DVD ortamında sunulur. MGM, ölçüm başlama ve bitiş tarihleri arasında en fazla %20'si tamamlanmış veriyi de içeren veri setini, EK-4 Güneş Ölçüm Sonuç Raporunda onaylar.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
Çeşitli ve Son Hükümler

Sorumluluk

MADDE 10 – (1) MGM'ye sunulan ölçülen ve tamamlanan veri ve bilgilerin doğruluğundan ve güvenilirliğinden başvuru sahibi sorumludur. MGM hukuki olarak sorumlu değildir. Yapılan değerlendirmeler, başvuru sahibinin MGM'ye ilettiği veri ve bilgilerin doğru olduğu kabul edilerek yapılır.

Rüzgar ve güneş ölçüm istasyonunun özellikleri

MADDE 11 – (1) Rüzgar ölçüm istasyonunun kurulumunun kontrolü yapılırken EK-C' de, güneş ölçüm istasyonunun kurulumunun kontrolü yapılırken EK-D'de belirtilen hususlar dikkate alınır.

Yürürlük

MADDE 12 – (1) Bu Tebliğ yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 13 – (1) Bu Tebliğ hükümlerini, Meteoroloji Genel Müdürlüğünün bağlı olduğu Bakan yürütür.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

EK-A

ÖLÇÜM İSTASYONU KURULUM RAPORU İÇİN BAŞVURU FORMU

İstasyon No (MGM tarafından doldurulacaktır)		
Başvuru sahibi tüzel kişi		
Ölçüm İstasyonu		□ Rüzgar □ Güneş
İstasyonun yeri	İli	
	İlçesi	
	Mevkii	
UTM Koordinatı (6 derece – ED 50 Datum)		Doğu: XX XX XX / Kuzey: YY YY YYY

İstasyonda kullanılan cihazlar

Cihaz	Üretici firma/Marka	Tipi/Modeli	Seri no	Ölçüm Yüksekliği (m)
……	……	…..	……	…..
……	……	…..	……	…..

EKLER:

1) İstasyonda kullanılan cihazlara ilişkin belgeler (katalog ,broşür , kalibrasyon sertifikası vb.)
2) Sahaya esas ölçüm izninin aslının veya noter onaylı suretinin fotokopisi
3) Başvuru ücretinin yatırıldığına ilişkin makbuzun aslı veya fotokopisi
4) Başvuru belgesi ve eklerini elektronik ortamda içeren CD veya DVD

BAŞVURU SAHİBİ	
İmza	Kaşe
Tarih	

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

EK-B

ÖLÇÜM İSTASYONU ÖLÇÜM SONUÇ RAPORU BAŞVURU FORMU

<table>
<tr><td colspan="2">İstasyon No</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Başvuru sahibi tüzel kişi</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Ölçüm İstasyonu</td><td colspan="3">□ Rüzgar □ Güneş</td></tr>
<tr><td rowspan="3">İstasyonun yeri</td><td>İli</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>İlçesi</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>Mevkii</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">UTM Koordinatı (6 derece – ED 50 Datum)</td><td>Doğu</td><td>Kuzey</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>XX XX XX</td><td>YY YY YYY</td></tr>
</table>

EKLER:

1) EK-F Rüzgar/Güneş verisi-veri tamamlama bilgi formu
2) MGM'ye iletilen ölçüm verileri dışında tamamlanan veri setini içeren CD veya DVD

<table>
<tr><td colspan="2">BAŞVURU SAHİBİ</td></tr>
<tr><td>İmza</td><td rowspan="2">Kaşe</td></tr>
<tr><td>Tarih</td></tr>
</table>

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

EK-C

RÜZGAR ÖLÇÜM İSTASYONU KONTROL İŞLEMLERİ

Rüzgar ölçüm direğinde ölçülecek meteorolojik değişkenler ve algılayıcının adı aşağıda verilmiştir:

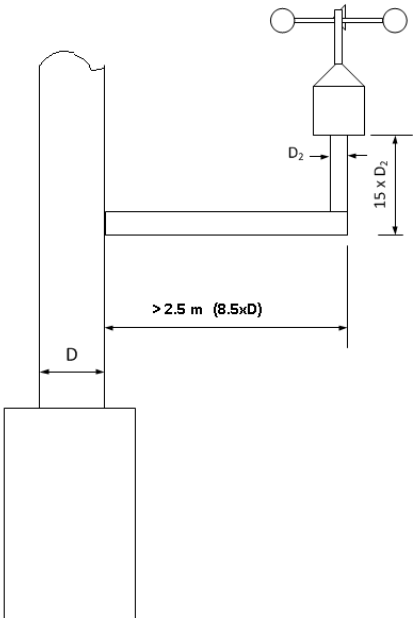
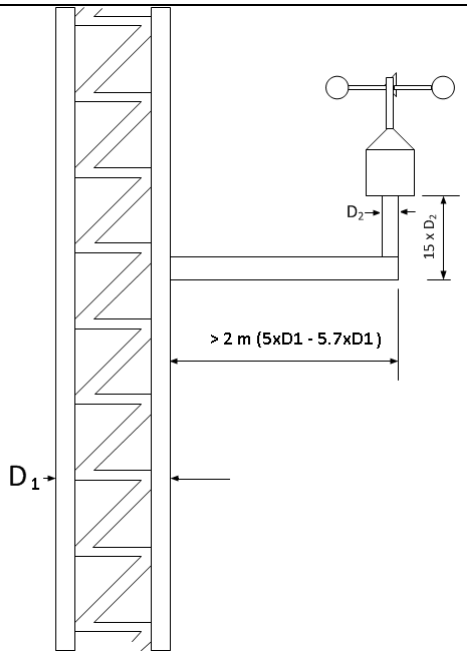
Değişken adı	**Ölçen Cihaz**
Rüzgar Hızı	Rüzgar Hız Ölçer, Anemometre
Rüzgar Yönü	Rüzgar Yön Ölçer
Hava Sıcaklığı	Hava Sıcaklık Ölçer, Termometre
Bağıl Nem	Bağıl Nem Ölçer
Hava Basıncı	Basınç Ölçer, Barometre

Rüzgar Ölçüm Direği ve Algılayıcı Kurulum Kontrolü:

A. Rüzgar Ölçüm Direği:

1) Rüzgar ölçüm direği boyu en az 60 m. olmalıdır. Direk, boru veya kafes yapı şeklinde olabilir. Tüm direk, bağlantı kolları, ek malzemeleri ile gergi mekanizmaları paslanmaz malzemeden imal edilmiş olmalıdır.
2) Direk ve kolların dikey ve yatay konumları ile dengesini kaybetmemesi için direğin farklı yüksekliklerden yeterli sayıda gergi telleri ile zemine sabitlenir. Gergi telleri paslanmaz çelik halat olmalı ve kışın oluşabilecek buz yüküne ve gergiye dayanmalıdır. Zemin özelliğine göre, gergi telleri zemine beton ankraj, kimyasal çelik dübel gibi yöntemlerle sabitlenir.
3) Rüzgar ölçüm istasyonunda can ve mal emniyetine yönelik, gerekli güvenlik tedbirlerinin alınması amacıyla koruma çiti ve uyarı tabelaları konulur.
4) Rüzgar direğinin hava taşıtlarına tehlike oluşturmasını önlemek için, direğin tepesine gece ve gündüz sensörlü, kırmızı ışık yayan LED aydınlatmalı en az 1 adet uygun bir ikaz lambası kurulmalıdır.
5) Rüzgar hız ve yön ölçümü en az iki seviyede; birincisi 30 m. yükseklikte, ikincisi direğin en üst noktasında yapılır. En üstte bulunan anemometrenin direk ekseni üzerinde monte edilebilir. Firma en üst seviyedeki rüzgar hız ölçerde arıza meydana gelmesi ihtimaline karşın, ikinci bir hız ölçeri uygun şekilde konuşlandırabilir.
6) Firma isterse, daha yüksek bir direk kurarak, ara seviyelerde de ölçüm yapabilir.
7) Direk boru ise rüzgar ölçerin konulduğu yükseklikteki kesit çapı "**D"**
   Direk kafes yapılı ise rüzgar ölçerin konulduğu yükseklikteki kesit uzunluğu " **D1** "
   Rüzgar ölçerin bağlantı kolunun çapı veya kesit uzunluğu " **D2** " ise direğe bağlanan kolların ölçüleri şekildeki gibi olabilir. (Şekil-1 ve Şekil-2)

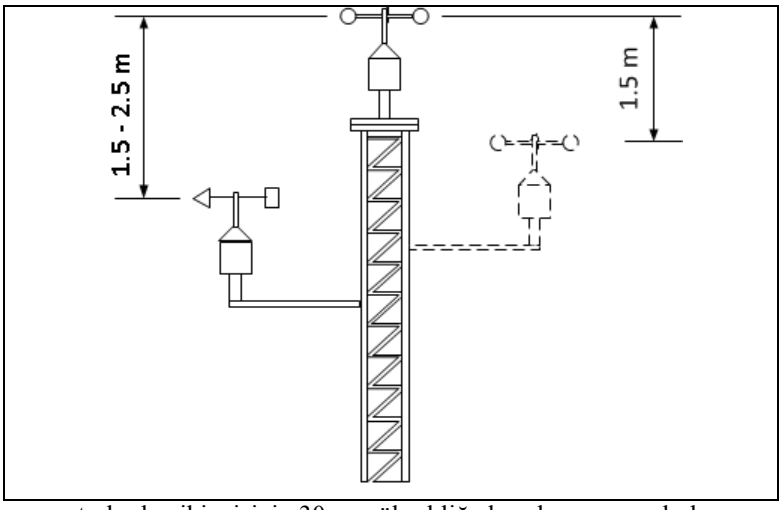
Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil-1: Boru Tipi Direk	Şekil-2 : Kafes Tipi Direk
	
Yatay Kol uzunluğu > 2.5 m. (8.5xD)	Yatay Kol uzunluğu > 2 m. (5xD1 – 5.7xD1)
Düşey Kol uzunluğu = (15xD2)	Düşey Kol uzunluğu = (15xD2)
Yatay kolların mümkün olduğunca hakim rüzgar yönüne dik konuşlandırılabilir.	

8) Anemometrelerden birisi direğin en üst noktasına ve direğin ekseninde kurulabilir.
9) Anemometrenin türbülans etkisinde kalmaması için rüzgar yön ölçer, anemometreden 1.5 ile 2.5 m. aşağıya kurulabilir.
10) En üst seviyedeki rüzgar hız ölçerde arıza meydana gelmesi ihtimaline karşın, ikinci bir hız ölçer kurulacaksa, en üst noktadaki hız ölçerden 1.5 m. aşağıya kurulabilir. (Şekil-3)

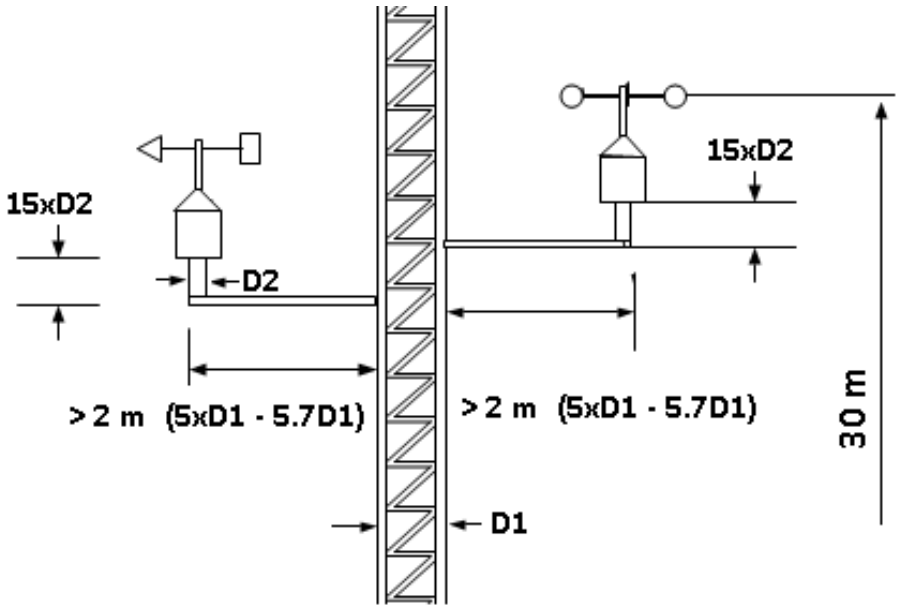
Şekil-3 : Direğin En Üst Noktasındaki Rüzgar Ölçerler

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

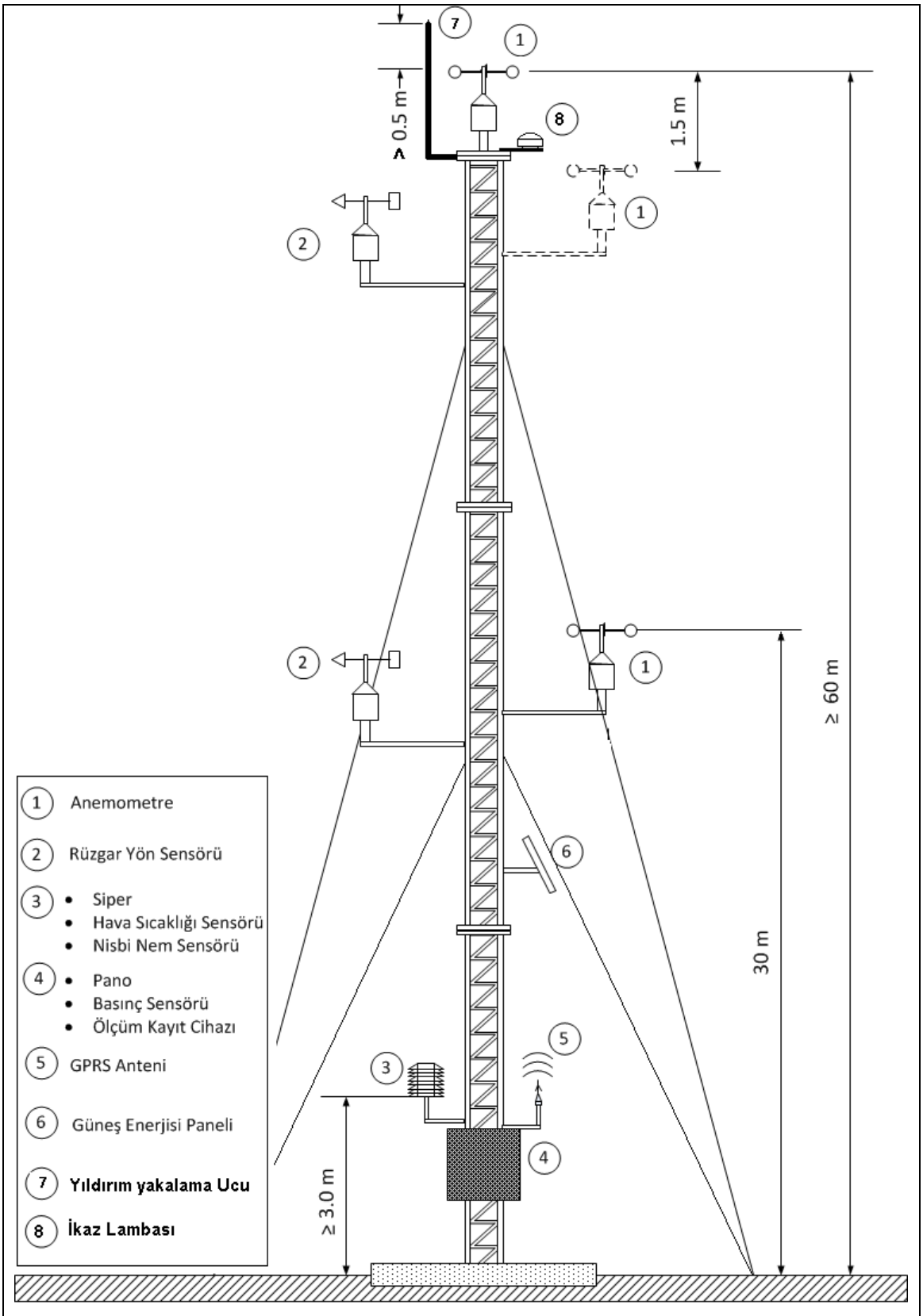


11) Anemometrelerden ikincisinin 30 m. yüksekliğe kurulması zorunludur.
12) Rüzgar Yön ölçer, hız ölçerin türbülans etkisinde kalmaması için 1.5 ile 2.5 m. yukarı veya aşağı kurulabilir.
13) Yatay bağlantı kollarının direğe bağlantısı sağlam olmalı ve yatay durmalı, titreşim ve sallanma yapmamalıdır. Düşey kolların yatay eksene dik olacak şekilde (direğe paralel) kurulur.

Şekil-4 : 30 m. Yükseklikte Rüzgar Ölçerler



Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).



Şekil-5 Rüzgar Ölçüm İstasyonu Şematik Gösterimi (Örnektir)

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

B. Topraklama ve Yıldırımdan Koruma:

1) Ölçüm istasyonunun yıldırımdan ve ani voltaj dalgalanmalarından korunması için etkin bir yıldırımdan korunma ve topraklama sistemi kurulur. Önerilen yıldırımdan korunma ve topraklama sistemi aşağıda tanımlanmıştır:

a) Direğin en üst seviyesindeki anemometreden en az 50 cm. yukarı çıkacak ve anemometreyi 60° açıyla koruyabilecek uzunlukta (2 – 2.5 m) som bakır yıldırım yakalama çubuğu konulabilir.

b) Bu yakalama ucu, direğe mekanik olarak sabitlenmiş iniş iletkeni ile yere çakılacak en az iki adet topraklama çubuğuna bağlanması ve topraklama direnci en fazla 10Ω olacak şekilde topraklama yapılabilir.

c) Tüm topraklamalar aynı noktaya bağlanılarak eş potansiyel sağlanabilir

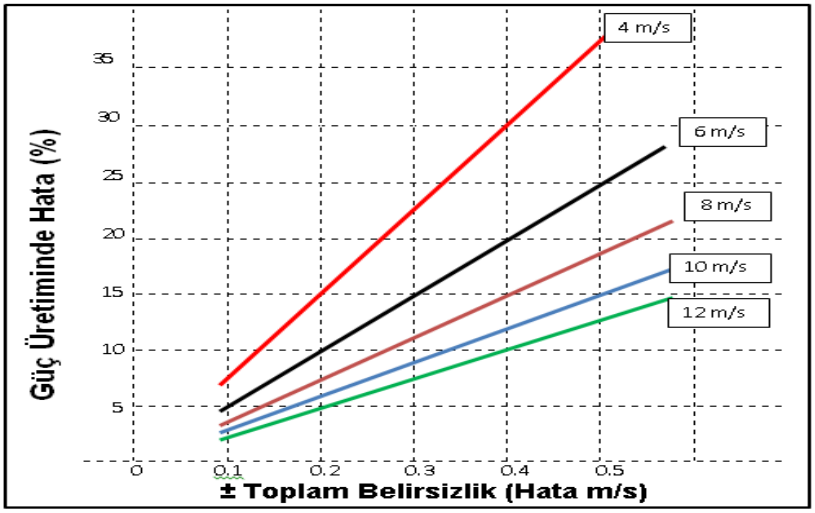
ç) Topraklama iniş iletkeni boğum veya sarkık görüntü yaratmayacak şekilde direğe mekanik olarak 2 m. aralıkla sabitlenir.

C. Rüzgar Hız ve Yön Ölçerler:

1) Rüzgar hızı ölçümü amacıyla kepçeli tip, rüzgar enerji projeleri için yaygın olarak kullanılan kendisini kanıtlamış anemometreler kullanılabilir. **(**Ölçüm hata oranı yüksek sensörler ile yapılan ölçümlerden elde edilecek rüzgar verilerinden yapılacak güç hesaplarında büyük yanılmalar ortaya çıkar. Aşağıdaki grafikte ±0.4 m/s doğrulukla çalışan bir anemometre ile ölçülen ortalama 6 m/s rüzgar hızından üretilebilecek enerjide ± %20 hata yapılabileceği görülmektedir**.)**
2) Rüzgar yön ölçerler manyetik kuzey esas alınarak kurulmalıdır. Bu kurulumun, veri toplama ünitesinde (dataloger) herhangi bir düzeltme değerine ihtiyaç duymadan yapılabilir. Kurulumdan sonra pusula ile kuzey ayarı kontrol edilmeli ve dört yön testi yapılmalıdır.
3) Ölçüm kontrolüne esas olan 30 metrede ve direğin en üst seviyesindeki ölçümler kepçeli tip rüzgar ölçerlerle yapılır, kombine rüzgar ölçer (hız ve yön bir arada), ultrasonik rüzgar ölçer, propeller rüzgar hız ölçer (pervane tip) kullanılmaz. Ancak, farklı seviyelerdeki ilave ölçümler için, başvuru sahibi bu sayılan tipte rüzgar ölçerlerden kullanabilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şekil-6 : Toplam Sensör Belirsizliği (Hata miktarı) ile Rüzgar Enerjisi Değişimi (%)



Ç. Diğer Sensörler:

1) Hava sıcaklık ve nem ölçer direğin en az 3 m. yüksekliğine, güneş radyasyonundan doğrudan etkilenmeyecek ve hava sirkülasyonunu sağlayacak siper içerisine konularak direğe kurulumu yapılır.

2) Hava basıncı ölçer veri toplama kutusu içerisine konulabilir.

3) Firma farklı seviyelerde sıcaklık, nem veya basınç ölçümleri de yapabilir.

4) Başvuru sahibi; basınç, sıcaklık, nem ve rüzgar hızı sensörüne ait güncel (öngörülen ölçüm periyodunu kapsayan) kalibrasyon sertifikasını kurulum kontrolünde MGM personeline verir.

D. Veri Toplama Ünitesi (DataLogger):

1) Veri toplama ünitesi (datalogger), koruma üniteleri, iletişim cihazları ile enerji besleme üniteleri IP66 koruma sınıfına sahip bir kutu içerisine konulur. Kutu çevresel etkilerden etkilenmeyecek şekilde uygun yüksekliğe kurulur.

2) Veri toplama ünitesi (datalogger), sensörlerden gelen elektriksel sinyalleri meteorolojik parametrelere çeviren bir programın çalıştığı elektriksel ölçüm ve kayıt cihazıdır. Başvuru sahibi tüm sensörler için elektriksel sinyallerin meteorolojik parametrelere çevrilme katsayı, düzeltme vb. değerleri veri toplama ünitesi programında gösterir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

3) Veri toplama ünitesi, sensörlerden ölçülen ve hesaplanan verileri en az 1 (bir) yıl saklama özelliğine, iletişim elemanları ve bakım amaçlı bağlantılar için iletişim portları ile sensörlerden ve yıldırımdan gelebilecek darbeler için koruyucu devrelere sahip olabilir.

E. Kablolama:

1) Tüm sensör ve enerji kabloları, cihaz emniyeti, görsel iyileştirme, direk üzerinde yük ve titreşim oluşturmaması için düzgün bir şekilde 1 m. aralıkla direğe ve kollara klipsle bağlanır.
2) Veri toplama ünitesinde sensör, enerji ve iletişim sistemi bağlantıları dayanıklı ve anlaşılır şekilde etiketlenir.

F. Tüm sensörlere ait kalibrasyon sertifikaları ve broşürleri ile sahada çekilen panoramik kurulum fotoğrafları rapora eklenir.

G. Rüzgar ölçüm sisteminde, herhangi bir sebeple oluşabilecek hasar, bozulma veya veri kaybı gibi durumlar başvuru sahibinin sorumluluğundadır.

Ğ. Rüzgar ölçüm istasyonunda, üçüncü şahısların can veya mallarının zarar görmemesi için alınması gereken tüm tedbirler başvuru sahibinin sorumluluğundadır. Bu tür bir olayın meydana gelmesi durumunda, üçüncü şahısların zararlarıyla ilgili MGM'nin herhangi bir sorumluluğu yoktur ve tüm sorumluluk başvuru sahibine aittir.

H. Aynı saha içerisinde farklı veya aynı firmaya ait birden fazla rüzgar ölçüm istasyonu kurulması halinde, bir istasyonun diğer istasyonlardan uzaklığı, kurulan direk boyunun en az 3 katı olabilir.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

EK-E

ÖLÇÜM VERİLERİNİN KAYIT FORMATI

Veriler dakikalık veya on dakikalık olarak UTC saate göre kaydedilip gönderilir. Verilerin kayıt formatı aşağıda belirtilen şekilde olmalıdır. Kayıtlarda ayraç olarak pipe (|), virgül (,) veya noktalı virgül (;) kullanılır.

Ölçülen değerler limit dışında (rüzgar ölçümü için EK-C, güneş ölçümü için EK-D) olduğunda -9999 olarak kaydedilir. Sensör devre dışı bırakıldığında ise, -8888 olarak kaydedilir.

a) Rüzgar ölçümleri ölçüm şekli R olan dosya veri formatı aşağıdaki biçimde olmalıdır.

Satır içinde Kayıt sırası	Parametre Adı	Açıklama
1.sütun	İstno	İstasyon Numarası (MGM'nin verdiği numara)
2.sütun	Yıl	Ölçümün Yapıldığı Yıl
3.sütun	Ay	Ölçümün Yapıldığı Ay
4.sütun	Gün	Ölçümün Yapıldığı Gün
5.sütun	Saat	Ölçümün Yapıldığı Saat
6.sütun	Dakika	Ölçümün Yapıldığı Dakika
7.sütun	Yükseklik	Ölçüm yapan Rüzgar yön ve hız sensörlerinin yerden yüksekliği (m.)
8.sütun	Rzgortyon	Dakikalık veya on Dakikalık Ortalama Rüzgarın Yönü (^{o})
9.sütun	Rzgorthiz	Dakikalık veya on Dakikalık Ortalama Rüzgarın Hızı (m/sn.)
10.sütun	Rzgmaxyon	Dakikalık veya on Dakikalık Maksimum Rüzgarın Yönü (^{o})
11.sütun	Rzgmaxhiz	Dakikalık veya on Dakikalık Maksimum Rüzgarın hızı (m/sn.)

Ölçüm Şekli D olan diğer ölçümler (sıcaklık, nispi nem, hava basıncı) dosya veri formatı aşağıdaki biçimde olmalıdır.

Satır içinde Kayıt sırası	Parametre Adı	Açıklama
1.sütun	İstno	İstasyon Numarası (MGM'nin verdiği numara)
2.sütun	Yıl	Ölçümün Yapıldığı Yıl
3.sütun	Ay	Ölçümün Yapıldığı Ay
4.sütun	Gün	Ölçümün Yapıldığı Gün
5.sütun	Saat	Ölçümün Yapıldığı Saat
6.sütun	Dakika	Ölçümün Yapıldığı Dakika
7.sütun	Yükseklik	Ölçüm yapan sensörlerin yerden yüksekliği (m.)
8.sütun	Sicaklik	Dakikalık veya on dakikalık Anlık Hava Sıcaklığı (^{o} C)
9.sütun	Nnem	Dakikalık veya on dakikalık Anlık Nispi Nem (%)
10.sütun	Basinc	Dakikalık veya on dakikalık Anlık Hava Basıncı (hPa.)

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

EK-F

RÜZGAR / GÜNEŞ VERİSİ – VERİ TAMAMLAMA BİLGİ FORMU

<table>
<tr><td>Ölçüm İstasyonu No</td><td></td></tr>
<tr><td>Başvuru Sahibi Tüzel Kişi</td><td></td></tr>
<tr><td>Ölçüm İstasyonu</td><td>□ Rüzgar □ Güneş</td></tr>
<tr><td>Ölçüm Başlama Tarihi</td><td></td></tr>
<tr><td>Ölçüm Bitiş Tarihi</td><td></td></tr>
<tr><td>Ölçüm periyodu boyunca veri kaybı var mı ?</td><td>□ Evet □ Hayır</td></tr>
<tr><td>Kayıp veri yüzdesi</td><td>% ……..</td></tr>
<tr><td>Ölçüm periyodu boyunca oluşan veri kayıplarının tarihleri (sağdaki örnek formata uygun olarak ekli dosya olarak sunulacaktır) [1]</td><td><table><tr><td>Başlama Tarih-Saat-Dak.</td><td>Bitiş Tarih-Saat-Dak.</td><td>Toplam Veri Kayıp Süresi (dak.)</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Eksik Veri Tamamlama Çalışmasında Verisi Kullanılan MGM İstasyonu</td><td></td></tr>
<tr><td>Veri Tamamlama Yöntemi [2]</td><td></td></tr>
</table>

1. Ölçüm periyodu boyunca oluşan veri kayıpları tablosu (CD veya DVD ortamında tamamlanan veriler ile birlikte verilecektir).
2. Firma kullanılan istatistiksel eksik veri tamamlama yöntemi ile yaptığı işlemleri detaylı olarak açıklayan döküman verilecektir.

<table>
<tr><td colspan="2">BAŞVURU SAHİBİ</td></tr>
<tr><td>İmza</td><td rowspan="2">Kaşe</td></tr>
<tr><td>Tarih</td></tr>
</table>

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

EK-G

RÜZGAR ve GÜNEŞ ÖLÇÜM İSTASYONU KURULUM RAPORU HAZIRLANMASINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

A) Başvuru Formu:

1) İstasyon Numarası yazılmış (MGM tarafından başvuru sırasında verilecek),
2) Ölçüm istasyonu işaretlenmiş (Rüzgar veya Güneş),
3) İstasyon yer bilgileri yazılmış,
4) UTM Koordinatları yazılmış,
5) İstasyonda bulunan cihaz ve sensörler ile ilgili bilgiler tabloya işlenmiş,
6) İstasyonda kullanılan cihazlara ilişkin belgeler (Katalog, broşür, kalibrasyon belgesi vb.) eklenmiş,
7) Sahaya esas ölçüm izninin aslının veya noter onaylı suretinin fotokopisi eklenmiş,
8) Başvuru ücretinin yatırıldığına ilişkin makbuzun aslı veya fotokopisi,
9) Başvuru sahibi tarafından imzalanmış ve kaşelenmiş

olmalıdır.

B) Rüzgar ve Güneş Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporu

Rüzgar ve Güneş Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporu Tablosu titizlikle doldurulmalıdır.

1) İstasyonun yeri ile ilgili bilgiler yerinde tapu, imar belgeleri veya planlar üzerinden kontrol edilerek yazılmalı, izin belgesi ile kontrol edilmelidir.
2) İstasyon koordinat bilgileri başvuru sahibi tarafından sağlanacak GPS cihazı ile ölçülmeli ve başvuru formu ile karşılaştırılmalıdır.
3) Tüm sensörler tabloda belirtilmeli, listede belirtilenden fazla sayıda sensör kurulmuş ise tabloya satır ilavesi yapılmalıdır.
4) Sensörlerin seri numarası ve kurulduğu yükseklikler belirtilmelidir.

C) Kurulum Raporu ekleri:

1) İstasyonda kullanılan cihazlara ilişkin belgeler: Üretici firma / Tipi / seri Numarası / Güncel (öngörülen ölçüm periyodunu kapsayan) Kalibrasyon sertifikaları
2) Cihazlara ait broşür, katalog veya kullanım kitapçıkları,
3) Sahaya esas ölçüm izninin aslı veya saha sahibi gerçek veya tüzel kişi tarafından onaylı sureti,
4) İstasyonun kurulum sonrası fotoğrafları: Uzak görüntüsü / Yakın detay görüntüleri / sensör yerleşimi / Direk kurulumu / Gergi teli sabitlemeleri / Çevresel manialar vb.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

5) İstasyon kurulumuna ilişkin fatura: Ölçüm istasyonu başvuru sahibi firma tarafından satın alınmış ise faturanın aslı veya onaylı fotokopisi,
   Ölçüm istasyonu müşavir firmalardan veya üreticilerden kiralanmışsa en az ölçüm süresini kapsayan kira sözleşmesinin aslı veya onaylı fotokopisi (Kiralık ölçüm istasyonunun Ölçüm Standardı Tebliği ve Ölçüm Uygulama Tebliğinde istenen özellikleri sağlaması şarttır).
   Başvuru sahibi ölçüm istasyonu imalatçısı ise imalatçı belgesi ve algılayıcı ve diğer cihazlarla ilgili faturanın aslı veya onaylı fotokopisi,
6) İlgililerce onaylanmış ölçüm istasyonu kurulum raporu
7) Elektronik ortamda kurulum raporu: Ölçüm istasyonu kurulum raporu hazırlanırken istenen tüm bilgi ve belgeler CD ortamına aktarılmalıdır.
8) Ölçüm istasyonunda MGM tarafından görevlendirilen personel ve başvuru sahibi tarafından imzalanması gerekir.
9) Bu raporun imzalanmasından sonra ölçüm işlemlerine başlanmış sayılır.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

KAYNAKLAR

Ahrens, D.C., 1988. Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and the Environment, West Publishing Company, USA.

Albers, A., 2001. Open Field Cup Anemometry, Proceedings of the European Wind Energy Conference, Copenhagen, Denmark.

AREB-TŞ, 1999. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği Türkiye Şubesi Bülteni, Sayı 2, Ekim, Ankara.

Arya, S.P.S., 1988. An Introduction to Micrometeorology. Academic Press Inc. San Diego, California, 307 p.

Balçık, B., 2003. Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Barry, R.G. and Chorley, R.J., 1998. Atmosphere, Weather & Climate. Routledge Press, USA.

Barthelmie, R.J. ve Pyror, S., 2001. A Review of the Economics of Offshore Wind Farms, Wind Engineering Volume 25, No.3. pp. 203-213.

Bayazıt, M, 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri. İTÜ Yayınları.

Borhan, Y., 1996. Dinamik Meteoroloji Ders Notları, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Borhan, Y., 1998. İleri Dinamik Meteoroloji Ders Notları, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Box, G.E.P. ve Jenkins, G.M., 1976. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Holden-Day, San Francisco.

DEWI, 1998. Wind Energy Information Brochure. Deutschland Wind Energie Institute, Wilhelmshaven, Almanya.

DPT, 2004. Elektrik Enerjisi Sektörü Reformu ve Özelleştirme Stratejisi Belgesi, Yüksek Planlama Kurulu, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.

Durak, M., 2000. Rüzgar Enerji Teknolojisi ve Türkiye Uygulaması: Akhisar Rüzgar Elektrik Santralı. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Durak, M., 2001. "Rüzgar Enerjisi", Meterololoji Mühendisliği Rüzgar Enerjisi Özel Sayısı, Sayı 2.

Durak, M., 2001. "Rüzgar Elektrik Santralları için Uluslararası Kredi-Finansman Olanakları", Çevre Mühendisliği Dergisi, Sayı 21-22.

Durak, M., 2002a. Avrupa Ülkelerinde Rüzgar Enerjisi Projelerine Verilen Teşvikler ve Türkiye için Öneriler, Yenilenebilir Enerjiler ve Rasyonel Enerji Kullanımı, 10-11 Eylül, İstanbul, Sf. 81-87.

Durak, M., ve Johannes, C., 2004. Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği Uygulamaları, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 26-28 Mayıs, İstanbul.

Durak, M., 2004. MEASNET Standartlarına Göre Yapılan Cup Anemometre Kalibrasyon Yöntemi, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 26-28 Mayıs, İstanbul.

Durak, M., 2004. Yenilenebilir Enerji Santralları için Finansman Modelleri: Proje ve Sendikasyon Kredisi, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 26-28 Mayıs, İstanbul.

Durak, M. ve Şen, Z., 2002. Wind Power Potential in Turkey and Akhisar Case Study. *Renewable Energy Journal*, **25**, Pergamon, 463-472.

Durstowitz, M., 2003. On-site Cold Climate Problems. BOREAS 9-11 April, Finland.

Dündar, C. ve İnan, D., 1995. Çeşme Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Türkiye 7. Enerji Kongresi, Ankara.

Dündar, C., Canbaz, M., Akgün, M., ve Araz N., 2002. Türkiye Rüzgar Atlası, DMİ, No:2002, Ankara.

EEG, 1997. Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, Erneuerbare Energien Gesetz, EEG, Almanya Federal Cumhuriyeti Resmi Gazetesi.

EPCD, 2001. European Parliament and of the Council Directive 2001\77\EC `On the Promotion of Electricity Produced from Renewable Energy Sources in the Internal Electricity Market`, Official Journal of the European Communities, s. 33-40. Brussel, 2001.

EPK, 2001. 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 03/03/2001 tarih ve 24335 Sayılı Resmi Gazete.

EPKM Tebliğ, 2003. Elektrik Piyasasında Mali Uzlaştırma Yapılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ, 04/11/2003/ tarih ve 25279 Sayılı Resmi Gazete.

EPLY Yönetmelik, 2002. Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, 04/08/2002 tarih ve 24836 Sayılı Resmi Gazete.

Erdal, N., 2001. Rüzgar Enerjisi Maliyetleri, Meterololoji Mühendisliği Rüzgar Enerjisi Özel Sayısı, Sayı 2.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Erdal, N., 2001. Rüzgar Enerjisi, Meterololoji Mühendisliği Rüzgar Enerjisi Özel Sayısı, Sayı 2.

ETWS, 1996. European Wind Turbine Standards, European Commission, Report EUR 16898 EN.

EWEA, 2004. Global Markets: A Ten Year Perspective, European Wind Energy Association Magazine, April.

EWEA, 2012. Wind Statistics, European Wind Energy Association Magazine, February.

Focken, U., Lange, M., Waldl, H.P., 2001. Previento: A Wind Power Prediction System with an Innovative Upscaling Algorithm. Proceedings of the European Wind Energy Conference, 2-6 June, Copenhagen, Denmark.

Focken, U., Lange, M. ve Heinemann D., 2002. Regional Wind Power Prediction with Risk Control, Oldenburg University, Germany.

Freris, L.L., 1981. Meteorological Aspects of the Utilization of Wind as an Energy Source, WMO No:575, İsviçre.

Freris, L.L., 1990. Wind Energy Conversion Systems, Prentice Hall International Ltd. UK.

Frost, W. ve Nowak, D.K., 1979. Summary and Guidelines for Siting Wind Turbine Generators Relative to Small Scale Two Dimensional Terrain Features. U.S. Department of Energy, Report RLO-2443-77/1.

Gasch, R. ve Twele, J., 2002. Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation. Solarpraxis AG, Berlin, Almanya.

Giebel, G., Landberg, L., Nielsen T. S. ve Madsen H., 1999. The Zephyr Project-The Next Generation Prediction System. Global Wind Power Conference, 2-5 April, Paris, France.

Giebel, G., 2000. On the Benefits of Distributed Generation of Wind Energy in Europe. *Doktora Tezi*, Carl von Ossietzky University, Oldenburg, Germany.

Giebel, G., Landberg, L., Nielsen, T.S., ve Madsen, H., 2002. The Zephyr Project-Next Generation Prediction System. Poster on the Global Wind Power Conference and Exhibition, 2-5 April, Paris, France.

Giebel, G., Landberg, L., Kariniotakis, G. and Brownsword, R. 2003. State-of-the-Art on Methods and Software Tools for Short-Term Prediction of Wind Energy Production. Proc. Of the European Wind Energy Association Conference, EWEC 2003, Madrid, Spain 16-19 July.

Global Wind Energy Council News, 2006. Issue 5.

Golding, E.W., 1955. The Generation of Electricity by Wind Power E &F Spon Limited, London, UK.

Guylee, L., 1997. Wind Energy Developments: Incentives in Selected Countries, Energy Information Administration, USA.

Hau, E. 2003. Windkraftanlagen: Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Almanya.

IEA, 1999. Energy Policies in IEA Countries. OECD, Paris

İncecik, S. ve Erdoğmuş, F., 1994. An Investigation of Wind Power Potential in Western Cost of Anatolia. *Renew. Ener.* ***6***, 863-865.

IWD, 2000**.** International Wind Energy Development, World Market Update 2000: Forecast 2001-2005, BTM Consult Aps, March 2001, Denmark.

Joensen, A., Nielsen, T.S. ve Madsen, H., 1997. Statistical methods for Predicting Wind Power. European Wind Energy Conference, p. 784-788. Dublin, Ireland.

Joensen, A., 2002. Short-term Wind Power Prediction. *Doktora Tezi*, Department of Mathematical Modelling, Technical University of Denmark.

Justus, C.G., Hargraves, W.A., ve Yalçın, A., 1976. Nationwide Assessment of Potential Output from Wind Power Generators. *J. Appl. Meteor.*, **15,** 673-678.

Jacobsan, Z. M., 1999. Fundamentals of Atmospheric Modelling. Cambridge University Press, New York, USA.

Kadığolu, M., 1996. Fiziksel Meteoroloji Ders Notları, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Kariniotakis, G., Nogaret, E. ve Stavrakis, G. 1997. Advanced Short-term Forecasting of Wind Power Production. Proceedings of the European Wind Energy Conference, October, Dublin, Ireland.

Klug, H., Busche, R., Meillinghoff, H., Varlik, M., 2003. Kalibration und Klassifizierung von Anemometern: Was ist ein Klasse1- Anemometer, DEWI Magazin.

Lockhart, D., 1997. Uncertainties in Anemometer Calibration Methods, Proceedings of the European Wind Energy Conference, Dublin.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Landberg, L. ve Watson, S. 1994. Short-term Prediction of Local Wind Conditions, *Boundary Layer Meteorology*, 70, 171-195.

Landberg, L., 1994. Short Term Prediction of Local Wind Conditions, PhD Thesis, Riso-R-702 (EN), Riso National Laboratory, Denmark.

Landberg, L. ve Joensen, A.K., 1998. A Model to Predict the Power Output from Wind Farms - An Update, In Proceedings from BWEA 20, British Wind Energy Conference, pages 127-132, Cardiff, UK.

Landberg, L., 1999. Short-term Prediction of Power Production from Wind Farms, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 80, 207-220.

Malkoç, N., Ayaz, F. ve Ayaz, F. 2006. Rüzgar Enerji Kaynakları Atlası, Meterololoji Mühendisliği Dergisi, Sayı 1.

Maskell, E.C., 1965. A Theory of the Blockage Effects on Bluff Bodies and Stalled Wings in an Enclosed Wind Tunnel.

Menteş, S., 1996. Atmosferik Sınır Tabakanın Yüksek Mertebe KapamaYöntemi ile Bir Boyutlu Modellemesi. *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Milligan, M., Schwartz, M.N., ve Wan, Y., 2004. Statistical Wind power Forecasting for U.S. Wind Farms, 17th Conference on Probability and Statistics in the Atmospheric Sciences/2004, American Meteorological Society Annual Meeting, Seattle, Washington, U.S.A.

Mortersen, N.G., Landberg, L., Troen, I. and Petersen, E.L**.,** 1993. Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP), Vol. 2, User Guide, Riso-ı-666 (V.2) (EN) Roskilde, Denmark.

Neumann T., 2003. Erection of German Offshore Measuring Platform in the North Sea, DEWI Magazin Nr.23.

Newberry, B., 2002. Problems of Liberalizing the Energy Utilities, European Economic Rev. Vol 4.

Nielsen T.S., Landberg, L. ve Giebel G. 2002. Prediction of Regional Wind Power. Global Wind Power Conference, 2-5 April, Paris, France.

Özer, S., 2004. A Feasibilty Study and Evaluation of Financing Models for Wind Energy Projects: A Case Study on İzmir Institute of Technology Area. *Master of Science Thesis*, İzmir Institute of Technology, İzmir.

Özgün, M.N., 1965. Osmanlıca-Türkçe Sözlük, İnkılap ve Aka Kitabevi, 4. Basım, İstanbul.

Petersen, E.L., Mortersen, N.G., Landberg, L., Hojstrup, J. and Frank, H.P., 1998. Wind Power Meteorology Part I: Climate and Turbulence, *Wind Energy*, **1**, 25-45.

Peterschmidt, N., Beck, H.P., Peters, H., 2003. Perspectives of Reusing Wind Energy Converters in Developing Countries, World Wind Energy Conference, Cape Town.

Price, A.D.F., 1995. "Financing International Projects", International Labor Organization, Geneva.

Rehfeldt, K., 2005. Analysis About the Potential of Repowering in Germany, Deutsche Windguard.

Reiche, D., 2002. Handbook of Renewable Energies in the European Union: Case Studies of All Member States, Peter Lang GmbH Press, Almanya.

Reiche, D. and Bechberger, M., 2004. Policy Differences in the Promotion of Renewable Energies in the EU Member States, *Energy Policy*, **32**, 843-849.

Rogers, A.L. ve Manwell, J.F., 2004. Wind Turbine Noise Issues, Renewable Energy Laboratory, US.

Rohatgi, S.R. ve Nelson, V., 1994. Wind Characteristics: An Analysis for the Generation of Wind Power. Alternative Energy Institute, Texas, USA.

Sayın, M., 2005. Rüzgar Enerjisi Notları.

Sayigh, A., 1999. Renewable Energy – The Way Forward. *Appl. Energy*, **64**, Sep-Dec, 15-30.

Söker. H., Rehfeldt K., Santjer F., ve Strack M., 2000. Offshore Wind Energy in the North Sea: Technical Possibilities and Ecological Considerations.

Spera, D.A., 1998. Wind Turbine Technology: Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering, ASME Press, USA.

Stull, R.B., 1998. An Introduction to Boundary Layer Meteorology, Kluwer Academic Publishing, The Netherlands, 66p.

Şahin, A.D., 2002. Hourly Wind Velocity Exceedance Maps of Turkey. *Journal of Energy Conversion and Management*, **44**, No.7, pp. 549-557.

Şahin, A.D., 2001. Türkiye Rüzgarlarının Alan-Zaman Modellemesi. Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şen, O., 1995. Genel Klimatoloji Ders Notları, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Şen, Z. and Şahin, A.D., 1998. Regional Wind Energy Evaluation in Some Parts of Turkey. *Journal of Wind Engineer. and Industrial Aerodyn.*, **37**, No.7, pp. 740-741.

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

Şen, Z., 1999. Terrain Topograph Classification for Wind Energy Generation. *Renewable Energy*, **16,** 904-907.

Şen, Z., 2002. Temiz Enerji ve Kaynakları. Su Vakfı Yayınları. İstanbul.

Tammelin, B. ve Seifert, H. 2001. Large Wind Turbines Go Into Cold Climate Regions, EWEC 2001, Copenhagen, Denmark.

Taylor, D., 1995. Energy Resources Package, Open University Publication, England.

TEİAŞ Rüzgar Yarışmaları Raporu, 2011 Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği Raporu.

TEAŞ Yönetmelik, 1985. Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi Dışındaki Kuruluşlara Elektrik Enerjisi Üretim Tesisi Kurma ve İşletme İzni Verilmesi Esaslarını Belirleyen Yönetmelik, 16.08.1985 tarih ve 85/9799 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararı.

The European Offshore Wind Industry Key 2011 Trends and Statistics, January 2011. A Report by the European Wind Energy Association.

Tolun, S., Menteş, S., Aslan, Z. And Yükselen, M.A**.,** 1995. The Wind Energy Potential of Gökçeada in the Northern Aegean Sea. *Renew. Energ.*,**6**. No.7, pp. 679-685.

Troen, I. and Petersen, L.E., 1989. European Wind Atlas, Commission of the European Communities, Riso National Laboratory, Denmark.

Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu Raporu (2005-2014). Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı, Haziran 2005.

Türksoy, F., 1997. Saatlik ve Aylık Rüzgar Verisiyle Rüzgar Enerjisi Modellemesi. Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Type Certification of Wind Turbine, DET Norske Veritas, Denmark A/S.

Vosburgh, N.P., 1983. Commercial Applications of Wind Power, Van Nostrand Reinhold Company, USA.

Walker, J.F. and Jenkins, N, 1997. Wind Energy Technology, John Wiley & Sons, England.

Wegley, L.H., Orgill, M.M., Ramsdell, J.V. ve Drake, R.L., 1980. A Siting Handbook for Small WECSs, Battelle, USA.

Verbruggen, T.W., 2003. Wind Turbine Operation & Maintenance Based on Condition Monitoring, ECN-C-03-047.

Windenergie, 2002. Bundesverband WindEnergie Service GmbH, Osnabrück.

Wind Energy: The Facts, 2005. An Analysis of Wind Energy in the EU-25**.** European Wind Energy Association Publication, Brussels.

Wind Energy Market Prognosis 2010, 2014 and 2030. DEWI Magazin Nr. 29. August 2006.

Windkraftanlagenmarkt, 2005. Typen, Technik, Preise. SunMedia Verlags GmbH, Hannover.

Windpower, 2004. Windpower Monthly Magazine, November. Volume 30, No 11.

Wind Power in the UCTE Interconnected System, Network of Exports on Wind Power, 25 Kasım 2004.

Wind Turbine Grid Connection and Interaction, DEWI, Germany, 2001.

Yiğit, A.Ö. Şahin, A.D. ve Şen. Z., 2000. Ege Bölgesi Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Risk Analizi. *I. Çevre ve Teknoloji Sempozyumu*, s. 459-471, 17-78 Nisan, İstanbul.

Yönerge, 2001**.** European Parliament and of the Council Directive 2001\77\EC `On the Promotion of Electricity Produced from Renewable Energy Sources in the Internal Electricity Market`, Official Journal of the European Communities, s. 33-40. Brussels, Belgium.

Yükselen, A. 1997. Aerodinamik I-II Ders Notları, İTÜ Uçak Mühendisliği Ders Notları, İstanbul.

FAYDALI LINKLER:

1. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, TÜREB http://www.ruzgarenerjisibirligi.org.tr/
2. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı http://www.enerji.gov.tr
3. Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu, EPDK http://www.epdk.gov.tr
4. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, EİE http://www.eie.gov.tr
5. Rüzgar Enerjisi ve Su Santralleri İşadamları Derneği, RESSIAD

http://www.ressiad.org.tr/index.php

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

6. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, TEİAS http://www.teias.gov.tr

7. Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi, EÜAŞ www.euas.gov.tr

8. Türkiye Elektrik Ticaret Anonim Şirketi, TETAŞ www.tetas.gov.tr

9. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü http://www.meteor.gov.tr

10. Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi: http://www.gwec.net

11. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği http://www.ewea.org

12. ABD Rüzgar Enerjisi Birliği : http://www.awea.org

13. Alman Rüzgar Enerjisi Birliği : http://www.wind-energie.de

14. Uluslararası Enerji Ajansı - International Energy Agency : http://www.iea.org

15. Danimarka Rüzgar Enerjisi Birliği : http://www.windpower.org/

16. World Wind Energy Info http://www.world-wind-energy.info/

Bu kitabın tüm hakkı ENERMET Enerji Meteoroloji Müşavirlik ve Mümessillik Limited Şirketi'ne aittir (www.enermet.com.tr).

EK I: ÇEŞİTLİ YÜZEYLER İÇİN Z_0 DEĞERLERİ

Yüzey	**z_0 (cm)**
Düz Çamur	0.001
Çöl	0.03
Kar	0.10
Çim	
5-6 cm	0.75
4 cm	0.14
2-3 cm	0.32
10 cm	2.3
50 cm	5.0
60-70 cm	4 - 8
Buğday	22.0 - 23.3
Mısır	71.5 – 127
Şehir	165
Orman	283
Yoğun orman	500 – 800
Su	0.164
Bitki örtüsü	20

EK II: ÇEŞİTLİ YÜKSEKLİK VE SICAKLIK DEĞERLERİNE GÖRE HESAPLANMIŞ HAVA YOĞUNLUK DEĞERLERİ (kg/m^3)

Deniz Seviyesinden Yükseklik (m)	-5˚C	0˚C	5˚C	10˚C	15˚C	20˚C	25˚C	30˚C	35˚C	40˚C
0	1.317	1.293	1.270	1.248	1.225	1.205	1.185	1.165	1.146	1.128
100	1.301	1.227	1.225	1.233	1.211	1.191	1.171	1.152	1.134	1.116
200	1.284	1.261	1.239	1.218	1.197	1.177	1.158	1.139	1.121	1.104
300	1.268	1.246	1.224	1.203	1.183	1.164	1.145	1.127	1.109	1.092
400	1.252	1.230	1.209	1.189	1.169	1.150	1.132	1.114	1.097	1.080
500	1.236	1.215	1.195	1.175	1.156	1.137	1.119	1.102	1.085	1.068
600	1.221	1.200	1.180	1.161	1.142	1.124	1.106	1.089	1.073	1.057
700	1.205	1.185	1.166	1.147	1.129	1.111	1.094	1.077	1.061	1.045
800	1.190	1.171	1.152	1.133	1.115	1.098	1.081	1.065	1.049	1.034
900	1.175	1.156	1.138	1.120	1.102	1.085	1.057	1.053	1.038	1.023
1000	1.260	1.142	1.124	1.106	1.089	1.073	1.057	1.042	1.026	1.012
1100	1.146	1.128	1.110	1.093	1.077	1.061	1.045	1.030	1.015	1.001
1200	1.131	1.114	1.097	1.080	1.064	1.048	1.033	1.018	1.004	0.990
1300	1.117	1.100	1.083	1.067	1.051	1.036	1.021	1.007	0.993	0.979
1400	1.103	1.086	1.070	1.054	1.039	1.024	1.010	0.996	0.982	0.969
1500	1.089	1.073	1.057	1.042	1.027	1.012	0.998	0.985	0.971	0.958
1600	1.075	1.060	1.044	1.029	1.015	1.001	0.987	0.974	0.961	0.948
1700	1.062	1.046	1.032	1.017	1.003	0.989	0.976	0.963	0.950	0.938
1800	1.048	1.034	1.019	1.005	0.991	0.978	0.965	0.952	0.940	0.928
1900	1.035	1.021	1.007	0.993	0.980	0.967	0.954	0.941	0.929	0.918
2000	1.022	1.008	0.994	0.981	0.968	0.955	0.943	0.931	0.919	0.908
2100	1.009	0.996	0.982	0.969	0.957	0.944	0.932	0.921	0.909	0.898
2200	0.997	0.983	0.970	0.958	0.945	0.933	0.922	0.910	0.899	0.888
2300	0.984	0.971	0.959	0.946	0.934	0.923	0.911	0.900	0.889	0.879
2400	0.972	0.959	0.947	0.935	0.923	0.912	0.901	0.890	0.879	0.866
2500	0.959	0.947	0.935	0.924	0.913	0.902	0.891	0.880	0.870	0.860
2600	0.947	0.936	0.924	0.913	0.902	0.891	0.881	0.870	0.860	0.850
2700	0.935	0.924	0.913	0.902	0.891	0.881	0.871	0.861	0.851	0.841
2800	0.923	0.912	0.902	0.891	0.881	0.871	0.861	0.851	0.841	0.832
2900	0.912	0.901	0.891	0.881	0.870	0.861	0.851	0.842	0.832	0.823
3000	0.900	0.890	0.880	0.870	0.860	0.851	0.841	0.832	0.823	0.814

EK III: ÇEVRİMLER

1 metre / saniye (m/s) = 2.237 mil saat (mph)
1 metre / saniye (m/s) = 1.9426 knots (kts)
1 metre / saniye (m/s) = 3.60 kilometre saat (kph)

1 knot = 0.515 metre / saniye (m/s)
1 knot = 1.152 mil saat (mph)
1 knot = 1.85 kilometre saat (kph)

1 mil saat (mph) = 0.447 metre / saniye (m/s)
1 mil saat (mph) = 0.868 knot
1 mil saat (mph) = 1.61 kilometre saat (kph)

	m/s	**km/s**	**mil saat**	**knot**
1 m/s	1.000	3.600	2.237	1.944
1 km/s	0.278	1.000	0.622	0.540
1 mil saat	0.447	1.609	1.000	0.869
1 knot	0.514	1.852	1.151	1.000

Fahrenhayt – Derece Çevrimi = F =1.8 C + 32 = 9/5 C + 32

Derece – Fahrenhayt Çevrimi = C = 0.56 (F -32) =5/9 (F-32)

Hız

Birim	**Çevrilecek Birim**	**Eşitlik**
Meters Per Second (mps)	Miles Per Hour (mph)	mps x 2.24
Miles Per Hour (mph)	Meters Per Second (mps)	mph x 0.447
Knots	Miles Per Hour (mph)	knots x 1.15
Meters Per Second (mps)	Kilometers Per Hour	mps x 3.6

Uzunluk

Birim	**Çevrilecek Birim**	**Eşitlik**
Metre	Feet	Metre x 3.28
Feet	Meters	feet x 0.305
Kilometre	Mile	Kilometre x 0.621
Mil	Kilometre	Mil x 1.609

Alan

Birim	**Çevrilecek Birim**	**Eşitlik**
Square Meters	Square Feet	sq. meters x 10.76
Square Feet	Square Meters	sq. feet x 0.093

Enerji

Birim	**Çevrilecek Birim**	**Eşitlik**
Kilowatts	Watts	Kilowatts x 1000
Watts	Kilowatts	Watts x 0.001
Megawatts	Kilowatts	Megawatts x 1000
Kilowatts	Megawatts	Kilowatts x 0.001
Watts	Btu/hour	Watts x 3.413
Btu/hour	Watts	Btu/hour x 0.293
Kilowatts	Btu/hour	Kilowatts x 3414
Btu/hour	Kilowatts	Btu/hour x 0.000293
Watts	Horsepower	Watts x 0.00134
Horsepower	Watts	Horsepower x 746
Kilowatts	Horsepower	Kilowatts x 1.34
Horsepower	Kilowatts	Horsepower x 0.746

EK IV: BEAUFORT SKALASI

Beaufort No	Hız (m/s)	Knot	Hız (km/saat)	MPH	Tanım	Açıklama	Resim
0	0-0.2	<1	<1	<1	Sakin	Duman dikey olarak yükselir.	
1	0.3-1.5	1-3	1–5	1-3	Esinti	Duman hafif sinti ile yükselir. Rüzgar yönü belirsizdir.	
2	1.6–3.3	4-7	6–11	4-6	Hafif rüzgar	Yapraklar kıpırdar. Esinti insan yüzünde hissedilir. Rüzgar yönü belirsizdir.	
3	3.4–5.4	8-12	12–19	8-12	Tatlı rüzgar	Yapraklar ve ince dallar hareket eder.	
4	5.5–7.9	13-18	20–28	13-18	Orta rüzgar	İnce dallar hareket eder. Kağıt ve tozlar yükselir.	
5	8.0–10.7	19-24	29–38	19-24	Sert rüzgar	Ağaçlar sallanmaya başlar.	
6	10.8–13.8	25-31	39–49	25-31	Şiddetli rüzgar	Büyük ağaç dalları hareket eder. Şemsiye kontrolü zorlaşır.	
7	13.9–17.1	32-38	50–61	32-38	Çok şiddetli rüzgar	Büyük ağaçlar sallanır. Yürüme zorluğu başlar.	
8	17.2–20.7	39-46	62–74	39-46	Fırtına	Ağaçlardaki ince dal ve çöpler kırılır.	
9	20.8–24.4	47-54	75–88	47-54	Şiddetli fırtına	Binalarda hafif hasarlar oluşur. Çatı kiremitleri kırılır.	
10	24.5–28.4	55-63	89–102	55-63	Tam fırtına	Binalar hasarlanır. Büyük ağaçlar kökünden sökülür.	
11	28.5–32.6	64-72	103–117	64-72	Çok şiddetli fırtına	Geniş ölçekli hasarlar meydana gelir.	
12	> 32.7	73-82	> 118	73-82	Tayfun – Kasırga	Herşey zarar görür.	

EK V: RÜZGAR ÖLÇÜM KONTROL FÖYÜ

Projenin Adı ve Numarası	Projenin Yeri	Direk Bakım/Kontrol Tarihi

1.	**Veri Toplayıcı Seri No**	
2.	**Stop Time**	
3.	**Start Time**	
4.	**Bir Sonraki Kontrol Tarihi**	

SİSTEM DURDURULMADAN ÖNCEKİ ÖLÇÜM BİLGİLERİ							
Yükseklik (m)	0	10	20	30	40	50	60
Hız (m/s)							
Hız Sensörü							
Yön Sensörü							
Sıcaklık Sensörü							
Nem Sensörü							
Voltaj							

SİSTEM ÇALIŞTIRILDIKTAN SONRAKİ ÖLÇÜM BİLGİLERİ							
Yükseklik (m)	0	10	20	30	40	50	60
Hız (m/s)							
Hız Sensörü							
Yön Sensörü							
Sıcaklık Sensörü							
Nem Sensörü							
Voltaj							

ÖNERİLER – NOTLAR

Ölçüm Direği Bakım/Kontrolünü Yapan	Onay

EK VI: RÜZGAR TÜRBİN LİSTESİ

No	RT Markası	Kurulu Güç (kW)	Göbek Yüksekliği (m)	Pervane Çapı (m)	Süpürme Alanı (m^2)	Devreye Giriş Hızı (m/s)	Devreden Çıkış Hızı (m/s)	Anma Gücü Rüzgar Hızı (m/s)	Jeneratör Güç Çıkışı (V)	Güç Kontrolü	Yıllık Üretim (kWh-Yük faktörü %33)
1	**AW 70/1500 (ACCIONA)**	1500	60/80/100	70	3848	4	25	11.6	12000	Pitch	4,336,200
2	**AW 77/1500 (ACCIONA)**	1500	60/80/100	77	4657	3	25	11.4	12000	Pitch	4,336,200
3	**AW 82/1500 (ACCIONA)**	1500	80/100	82	5281	3	25	10.5	12000	Pitch	4,336,200
4	**ACSA A-27/225 kW**	225	31.5	27	573	3.5	25	13.5	690	Pitch	650,430
5	**AN BONUS 600 kW/44-3**	600	42.3	44	1521	3	25	15	690	Stall	1,734,480
6	**AN BONUS 1 MW/54**	1000	60	54	2290	3	25	15	690	Combistall	2,890,800
7	**AN BONUS 1.3 MW/62**	1300	68	62	3019	3	25	15	690	Combistall	3,758,040
8	**AN BONUS 2 MW/76**	2000	60/80/90	76	4536	3	25	15	690	Combistall	5,781,600
9	**AN BONUS 2.3 MW/82**	2300	80/90/100	82.4	5333	3	25	15	690	Combistall	6,648,840
10	**AN BONUS 3.6 MW/107-VS**	3600	96/126	107	8992	3	25	12	750	Pitch	10,406,880
11	**CLIPPER**	2500	80	93	6793	-	-	-	690	Pitch	7,227,000
12	**DEWIND D4**	600	40	46	1662	2.5	22	11.5	690	Pitch	1,734,480
13	**DEWIND D6**	1000	68.5	60	2827	2.5	23	11.5	690	Pitch	2,890,800
14	**DEWIND D6/62**	1250	65	62	3019	2.8	25	12.5	690	Pitch	3,613,500
15	**DEWIND D6/64**	1250	68/91.5	64	3217	2.8	25	12.5	690	Pitch	3,613,500
16	**DEWIND D8**	2000	80	80	5027	3.0	-	13.5	690	Pitch	5,781,600
17	**ECOTECNIA 44**	640	45	44	1521	4	25	14.5	690	Stall	1,850,112
18	**ECOTECNIA 48**	750	45	48	1810	3	25	13	690	Stall	2,168,100
19	**ECOTECNIA 62**	1300	60	62	3019	3	25	13.5	690	Stall	3,758,040
20	**ECOTECNIA 74**	1670	70	74	4301	3	25	13	690	Pitch	4,827,636
21	**ECOTECNIA 80**	1670	70	80	5027	3	25	13	690	Pitch	4,827,636
22	**ECOTECNIA 80 2.0**	2000	70/80	80	5027	3	25	13	690	Pitch	5,781,600

23	**ECOTECNIA 100**	3000	90/100	100	7854	3	25	13	690	Pitch	8,672,400
24	**ENERCON E-33**	330	50	33.4	876	3	28	13	400	Pitch	953,964
25	**ENERCON E-44**	900	55	44	1521	3	28		400	Pitch	2,601,720
26	**ENERCON E-48**	800	56	48	1810	3	28	13	400	Pitch	2,312,640
27	**ENERCON E-53**	800	73	52.9	2198	3	28	13	400	Pitch	2,312,640
28	**ENERCON E-58**	1000	70.5	58.6	2697	2.5	28	13	400	Pitch	2,890,800
29	**ENERCON E-70**	2000	64/85/99/114	71	3959	2.5	28-34	13	400	Pitch	5,781,600
30	**ENERCON E-82**	2000	78/135	82	5281		28-34		400	Pitch	5,781,600
31	**ENERCON E-112**	4500	125-140	114	10207	2.5	28	13	400	Pitch	13,008,600
32	**EW 15 (ENTEGRITY WIND)**	50	25	15	177	4.5	22.4	11.3	400	Aerodinamik	144,540
33	**FUHRLANDER FL 30**	30	27	13	133	2.5	25	12.0	400	Disk freni	86,724
34	**FUHRLANDER FL 100**	100	35	21	346	2.5	25	13.0	400	Disk freni	289,080
35	**FUHRLANDER FL 250**	250	42	29	661	2.5	25	15.0	400	Disk freni	722,700
36	**FUHRLANDER FL 600**	600	50	50	1963	3	20	10.8	690	Pitch	1,734,480
37	**FUHRLANDER FL 800**	800	60	48.4	1840	2.5	25	14.0	690	Stall	2,312,640
38	**FUHRLANDER FL 1000 plus**	1000	70/82	54	2290	3	20	14.5	690	Stall	2,890,800
39	**FUHRLANDER FL 1500**	1500	61.5/85/100	77	4657	3.5	25	13.0	690	Pitch	4,336,200
40	**FUHRLANDER FL MD 70**	1500	65/85/114.5	70	3848	3.5	25	11.6	690	Pitch	4,336,200
41	**FUHRLANDER FL 2500**	2500	85	80	5027	3.5	25	13.0	690	Pitch	7,227,000
42	**GAMESA G52**	850	44/55/65	52	2124	4	25	15	690	Pitch	2,457,180
43	**GAMESA G58**	850	44/55/65	58	2642	3	25	12	690	Pitch	2,457,180
44	**GAMESA G80/2.0 MW**	2000	60/67/78/100	80	5027	4	25	15	690	Pitch	5,781,600
45	**GAMESA G83/2.0 MW**	2000	67/78/100	83	5411	4	25	15	690	Pitch	5,781,600
46	**GAMESA G87/2.0 MW**	2000	67/78/100	87	5945	4	25	15	690	Pitch	5,781,600
47	**GAMESA G90/2.0 MW**	2000	67/78/100	90	6362	3	20	14	690	Pitch	5,781,600

48	**GE 1.5s**	1500	54.7/64.7/80/85	70.5	3904	4	25	13	690	Aktif blade pitch	4,336,200
49	**GE 1.5sl**	1500	61.4/70/80/85	77	4657	3	20	14	690	Aktif blade pitch	4,336,200
50	**GE 1.5sle**	1500	61.4/70/80/85	77	4657	3	25	14	690	Aktif blade pitch	4,336,200
51	**GE 2.5**	2500	85/100	90	6362	3.0	21	14.0	690	Değişken hızlı	7,227,000
52	**GE 3.0/90**	3000	70	90	6362	3.5	25	13.5	690	Pitch	8,672,400
53	**GE 3.6sl offshore**	3600	opsiyonel	111	9677	3.5	27	12	690/3.3 V	Değişken hızlı	10,406,880
54	**GOLDWIND S43**	600	-	43.2	1466	-	-	-	-	-	1,734,480
55	**GOLDWIND S48**	750	-	48.4	1840	-	-	-	-	-	2,168,100
56	**GOLDWIND S62**	1200	-	62	3019	-	-	-	-	-	3,468,960
57	**INGETUR IT 70/1500 (Class I + II)**	1500	80	70	3848	4	25	13		Full span pitch	4,336,200
58	**INGETUR IT 77/1500 (Class III)**	1500	80	77	4657	3	18	11.8		Full span pitch	4,336,200
59	**JEUMONT 750 (Class I)**	750	45/55/63	48	1810	3	25	13	800	Değişken hızlı	2,168,100
60	**JEUMONT 750 (Class II)**	750	55/63	53	2206	3	17	12	800	Değişken hızlı	2,168,100
61	**LEITNER 1.2 MW**	1200	61	62.3	3048	3	25	12.5	690	Pitch	3,468,960
62	**LEITWIND LTW 77**	1500	65/80	77	4657	3	25	10.6	690	Pitch	4,336,200
63	**LEITWIND LTW 70/77**	1500	80	70	3848	3	25	10.6	690	Pitch	4,336,200
64	**MADE AE-61**	1320	60	61	2922	3.5	25	-	690	Değişken hızlı	3,815,856
65	**MITSUBISHI MWT-600**	600	40	45	1590	3	25	13	690	Pitch	1,734,480
66	**MITSUBISHI MWT-1000**	1000	60/69	56	2463	3	24	13	690	Pitch	2,890,800
67	**MITSUBISHI MWT-1000**	2400	70	92	6648	3	25	12.5	690	Pitch	6,937,920
68	**MULTIBRID M5000**	5000	102	116	10568	4	25	12	3000	Aktif pitch	14,454,000
69	**NORDEX N60**	1300	46/60/69	60	2827	2.5	25	15	690	Stall	3,758,040
70	**NORDEX S70**	1500	65/85/38/114.5	70	3848	3.5	25	13	690	Pitch	4,336,200
71	**NORDEX S77**	1500	61.5/85/100/111	77	4657	3.5	20	12.5	690	Pitch	4,336,200
72	**NORDEX N80**	2500	60/70/80	80	5027	3	25	15	660	Pitch	7,227,000

73	**NORDEX N90**	2300	80/100	90	6362	3.5	25	13	660	Pitch	6,648,840
74	**NORDEX N90/2500 HS**	2500	80/120	90	6362	3	25	13	660	Pitch	7,227,000
75	**NORDIC 1000**	1000	60/70/80	54	2290	4.0	25	15	660	Pitch	2,890,800
76	**NORTHERN POWER NW 100/19**	100	35	21	346	2.5	25	13	400	Disk freni	289,080
77	**PFLEIDERER PWE 650**	600	50	50	1963	3	20	10.8	690	Pitch	1,734,480
78	**PFLEIDERER PWE 1570**	1500	65	70	3848	3	20	12	690	Pitch	4,336,200
79	**REPOWER 48/600**	600	50	48.4	1840	3	20	13.5	690	Pitch	1,734,480
80	**REPOWER 48/750**	750	50/65/75	48.4	1840	3.5	20-25	14	690	Stall	2,168,100
81	**REPOWER MD 70**	1500	65/85/98	70	3848	3.5	25	13	690	Pitch	4,336,200
82	**REPOWER MD 77**	1500	61.5/85/100	77	4657	3.0	20	12.5	690	Pitch	4,336,200
83	**REPOWER MM 70**	2000	55/65/80	70	3848	3.5	25	13.5	690	Pitch	5,781,600
84	**REPOWER MM 82**	2000	59/69/80/100	82	5281	3.5	25	13	690	Pitch	5,781,600
85	**REPOWER MM 92**	2000	68.5/80/100	92.5	6720	3	24	11.2	690	Pitch	5,781,600
86	**REPOWER 5M**	5000	80/100/120	126	12469	3.5	25	13	690/950 V	Pitch	14,454,000
87	**SEEWIND 20/110 kW**	110	31	22	380	2.8	25	12	400	Stall	317,988
88	**SUBARU 80/2.0**	2000	62	80	5027	4	25	13	1400	Pitch	5,781,600
89	**SUZLON S.64**	950	65	64	3217	3	25	13	690	Pitch	2,746,260
90	**SUZLON S.64/1250**	1250	56/65/75	64	3217	3	25	13	690	Pitch	3,613,500
91	**SUZLON S.66/1250**	1250	56/65/75	66	3421	3	25	13	690	Pitch	3,613,500
92	**SUZLON S.88/2.0 MW**	2000	80/100	88	6082	4	25	14	690	Pitch	5,781,600
93	**SWT-1.3 - 62 SIEMENS**	1300	68	62	3019	3	25	13	690	Pitch	3,758,040
94	**SWT-2.3 - 82 VS SIEMENS**	2300	58.5/80	82.4	5333	3	25	13	690	Pitch	6,648,840
95	**SWT-2.3 - 93 SIEMENS**	2300	80/88/100	93	6793	4	25	13	690	Pitch	6,648,840
96	**SWT-3.6 -107 SIEMENS**	3600	80/90	107	8992	3	25	13	690	Pitch	10,406,880
97	**SUZLON S.88 - 2100 kW**	2100	80	88	6082	4	25	14	690	Pitch	6,070,680

98	**TORRES TWT 1650**	1650	60	77	4657	3	25	12	650	-	4,769,820
99	**TURBOWINDS T400-34**	400	30	34	908	3	25	14.0	690	Pitch	1,156,320
100	**TURBOWINDS T600-48**	600	50	48	1810	3	25	12.5	690	Pitch	1,734,480
101	**VENSYS 62**	1200	69	62	3019	3	25	12	620	Pitch	3,468,960
102	**VENSYS 64**	1200	85	64	3217	3	25	11.9	620	Pitch	3,468,960
103	**VENSYS 70**	1500	85	70	3848	3	25	11.8	620	Pitch	4,336,200
104	**VENSYS 77**	1500	85	70	3848	3	25	11.8	620	Pitch	4,336,200
105	**VERGNET 15/60**	60	30	15	177	4.5	30	13.0	400/690 V	Pitch	173,448
106	**VERGNET GEV MP**	250	50	26	531	4.0	25	13.0	400	Pitch	722,700
107	**VESTAS V52/850 kW**	850	60/65/74	52	2124	4	25	15	690	Pitch	2,457,180
108	**VESTAS V82/1500**	1500	93.6/108.6	82	5281	3.5	18	12	3 x 690	Aktif stall	4,336,200
109	**VESTAS V80/1.65 MW**	1650	68.5	80	5027	3.5	13	24	690	Pitch	4,769,820
110	**VESTAS V80/1.80 MW**	1800	67	80	5027	4.0	25	16	690	Pitch	5,203,440
111	**VESTAS V-80-2.0 MW**	2000	60/67/78/85/95	80	5027	4	25	15	690	Pitch	5,781,600
112	**VESTAS V-90 / 2 MW**	2000	80/95/105	90	6362	4	23	14	690	Pitch	5,781,600
113	**VESTAS V90/3 MW**	3000	80/105	90	6362	4	25	19	690	Pitch	8,672,400
114	**WINCON W755/48-755 kW**	755	73	48	1810	3.1	25	14.0	690	Pitch	2,182,554
115	**WINWIND WWD-1/56**	1000	56/66/70	56	2463	3	25	12.5	660	Pitch	2,890,800
116	**WINWIND WWD-1/60**	1000	56/66/70	60	2827	3	20	12.0	660	Pitch	2,890,800
117	**WINWIND WWD-3**	3000	80/90	90	6362	4	25	13	660	Pitch	8,672,400
118	**WISTRA LW52**	750	50	50	1963	1	25	12	690	Pitch	2,168,100
119	**WISTRA WM46**	900	50	45.9	1655	4	25	14	690	Pitch	2,601,720
120	**WISTRA LW72**	2000	65	71.2	3982	2	25	13	4000	Pitch	5,781,600

EK VII: İNGİLİZCE-ALMANCA-TÜRKÇE SÖZLÜK

No	**İngilizce**	**Almanca**	**Türkçe**
1	A.C. (Alternating current)	Wechselstrom	Alternatif Akım
2	A.C. generator	Wechselstromgenerator	Alternatif Akım Jeneratörü
3	Adjustment	Anpassung	Ayarlama
4	Aerodynamic brake	Bremsklappe, Luftbremse	Aerodinamik fren
5	Air brake	Bremsklappe, Luftbremse	Hava freni
6	Air density	Luftdichte	Hava yoğunluğu
7	Airfoil	Tragflügel	Kanat profili
8	Airfoil chord	Profilsehne	Veter hattı
9	Airfoil section	Blattprofil, Profil	Kanat kesiti
10	Alternator	Dehstromgenerator	Alternatör
11	Amplifier	Verstärker	Kuvvetlendirici, amplifikatör
12	Anchor	Anker	Kazık
13	Anemometer	Anemometer	Anemometre
14	Angle of attack	Anstellwinkel	Hücum açısı
15	Annual average wind speed	Jahresmittel der Windgeschwindigkeit	Yıllık ortalama rüzgar hızı
16	Annual mean wind speed	Jahresmittel der Windgeschwindigkeit	Yıllık ortalama rüzgar hızı
17	Apparent power	Scheinleistung	Görünür güç
18	Array of wind turbines	Windkraftanlagen-Gruppe	Rüzgar türbin dizisi
19	Asynchronous	Asynchron	Asenkron
20	Availability	Verfügbarkeit	Emre amadelik
21	Average wind speed	Mittlere Windgeschwindigkeit	Ortalama rüzgar hızı
22	Axial thrust	Axialschub	Mihver boyu itme (eksenel itme)
23	Axis	Achse	Eksen
24	Battery	Batterie	Akü
25	Battery storage	Batterie, elektro-chemischer Speicher	Akü depolama
26	Bearing	Lager	Yatak
27	Beaufort scale	Beaufort Skala	Bofor ölçeği
28	Belt drive	Riemenantrieb	Kayışla tahrikli
29	Blade	(Rotor-) Blatt	Kanat
30	Blade chord	Blattsehne	Kanat kirişi
31	Blade pitch (angle)	Blatteinstellwinkel	Hatve açısı
32	Blade section	Profil, Blattprofil	Kanat kesiti
33	Blade shape	Blattform	Kanat şekli
34	Blade tip	Blattspitze	Kanat ucu
35	Blade tip control	Blattspitzenverstellung	Kanat ucu kontrolü
36	Blade twist	Blattverwindung	Kanat dönüklüğü
37	Boundary layer	Grenzschicht	Sınır tabakası
38	Brake flap	Bremsklappe, Luftbremse	Fren kanatçığı
39	Cable trenches	Kabelgraben	Kablo kanalı
40	Capacity factor	Ausnutzungsgrad der Nennleistung	Kapasite faktörü
41	Cast	Guß	Döküm
42	Chord	Flügelsehne	Kiriş
43	Coating	Beschichtet	Kaplama
44	Concrete tower	Betonturm	Beton kule
45	Cone angle	Konuswinkel	Konik açı
46	Control and protection system	Regel- und Sicherheitssystem	Kontrol ve koruma sistemi
47	Control mechanism	Regelmechanismus	kontrol mekanizması
48	Controller	Regler, Regelsystem	Kontrolör
49	Corrosion protection	Korrosionsschutz	Korozyondan korunma
50	Coupling	Kupplung	Kuplaj
51	Cup anemometer	Schalenkreuzanemometer	Anemometre
52	Cut-in wind speed	Einschaltwindgeschwindigkeit	Devreye girme rüzgar hızı
53	Cut-out wind speed	Abschaltgeschwindigkeit	Devreden çıkma rüzgar hızı
54	Cylindrical	zylindrisch	Silindirik
55	D.C. generator	Gleichstromgenerator	Doğru Akım
56	Darrieus rotor	Darrieus-Rotor	Daryus rotor
57	Design wind speed	Auslegungswindgeschwindigkeit	Tasarım rüzgar hızı
58	Diameter	Durchmesser	Çap
59	Disk brake	Scheibenbremse	Disk freni
60	Doubly fed	Doppeltgespeist	Çift taraflı besleme
61	Drag (force)	Widerstand	Sürükleme kuvveti
62	Drag coefficient	Widerstandsbeiwert	Çekme katsayısı
63	Drive train	Triebstrang	Sürücü yeri

64	Earthquake load	Erdbebenlast	Deprem yükü
65	Eddy	Wirbel	Girdap
66	Excitation	Schwingungsanregung	İkaz, uyarı
67	Fail safe	folgeschadensicher	Arızaya karşı emniyetli
68	Fatigue	Ermüdung, Materialermüdung	Yorulma
69	Feathering of the blade	Blattverstellung in Richtung Fahne	Kanatta çapak teşekkülü
70	Feeding	Einspeisung	Besleme
71	Flaps, brake flaps	Klappen, Bremsklappen	Flap
72	Flow seperation	Strömungsablösung	Akış ayrılması
73	Foundation	Fundament	Temel
74	Free yawing	Nachlaufsrichtungssteuerung	Rotadan çıkma
75	Frequency distribution	Häufigkeitsverteilung	Frekans dağılımı
76	Galvanized	Verzinkt	Galvaniz kaplama
77	Gap	Lücke	Boşluk; Gecikme
78	Gear, gear box	Getriebe	Dişli, dişli kutusu
79	Gearless	Getriebelos	Dişlisiz
80	Generator	Generator	Jeneratör
81	Geostrophic wind	Geostrophischer Wind	Jeostrofik rüzgar
82	Governor	Regler	Regülatör, governor
83	Grid	Netz (elektrisch-)	Şebeke
84	Grid connection	Netzaufschaltung	Şebeke bağlantısı
85	Gust	Bö	Hamle
86	Gusty	Böig	Hamleli
87	Guy wire	Spannseil, Abspannseil	Germe teli
88	Horizontal axis rotor	Horizontalachsenrotor	Yatay eksenli pervane
89	Horizontal axis wind turbine (HAWT)	Horizontalachsen-Windturbine (HAWT)	Yatay eksenli rüzgar türbini
90	Hub	Nabe	Göbek
91	Hub height	Nabenhöhe	Göbek yüksekliği
92	Hydraulic gear motor	Hydraulischer Getriebmotor	Hidrolik dişli motoru
93	Idling	Leerlauf	Boşta çalışma
94	Induction generator	Asynchrongenerator	Endüksiyon jeneratörü
95	Interval	Intervall	Ara
96	Inverter	Umrichter	DC-AC dönüştürücü
97	Laminar flow	Laminar Strömung	Düzenli akış
98	Lattice tower	Gitterturm	Kafes kule
99	Leading edge	Profilnase, Blattnase	Hücum kenarı
100	Lift force	Auftrieb, Auftriebskraft	Kaldırma kuvveti
101	Lift coefficient	Auftriebsbeiwert	Kaldırma katsayısı
102	Lift-drag ratio	Gleitzahl	Kaldıma-sürükleme oranı
103	Lightning protection	Blitzschutz	Yıldırımdan korunma
104	Lightning protection system	Blitzschutzsystem	Yıldırım koruma sistemi
105	Liquid-cooled	Flüssigkeitsgekühlt	Sıvı ile soğutulan
106	Load distribution	Belastungsverteilung	Yük dağılımı
107	Load factor	Belastungsfaktor	Yük faktörü
108	Main bearing	Hauptlager	Ana yatak
109	Main brake	Hauptbremse	Ana fren
110	Maintenance	Wartung	Bakım
111	Manufacturer	Hersteller	Üretici
112	Mast	Mast	Ölçüm direği
113	Maximum designed wind speed	Maximale Betriebsgeschwindigkeit	Maksimum proje rüzgar hızı
114	Mean wind speed	Mittlere Windgeschwindigkeit	Orta rüzgar hızı
115	Measured	Geprüft	Ölçülen
116	Mechanical power (of the rotor)	Wellenleistung (des Rotors)	Mekanik güç
117	Momentum	Impuls	Moment
118	Multibladed rotor	Vielblatt-Rotor	Çok kanatlı rotor
119	Multi-layered	Mehrschichtiger	Çok- katmanlı
120	Nacelle	Gondel	Nasel
121	Offshore	Offshore	Deniz üstü
122	Onshore	Onshore	Karada
123	Operation and maintenance (Q&M) cost	Wartungs- und Betriebskosten	İşletme bakım maliyetleri
124	Overspeed	Überdrehzahl	Aşırı hız
125	Overspeed control	Drehzahlbegrenzung	Aşırı hız kontrolu
126	Performance	Leistung	Performans
127	Permanent magnet	Permanentmagnet	Daimi mıknatıs
128	Planetary gears	Planetengetriebe	Planet dişli
129	Plant	Anlage	Santral
130	Power	Leistung	Güç
131	Power coefficient	Leistungsbeiwert	Güç katsayısı
132	Power curve	Lestungskurve	Güç eğrisi
133	Power duration curve	Leistungsdauerlinie	Güç devam (süre-süreklilik) eğrisi
134	Power factor	Leistungsfaktor	Güç faktörü

135	Power output	Leistungsabgabe	Çıkış gücü
136	Power peak	Leistungsspitze	Azami (tepe) güç
137	Prevailing wind direction	Hauptwindrichtung	Hakim rüzgar yönü
138	Proved (month/year)	Geprüft (Monat/Jahr)	İspatlanmış (ay/yıl)
139	Pumped storage	Pumpspeicher	Pompalamalı depo
140	Rated power	Nennleistung	Anma gücü
141	Rated wind speed	Nennwindgeschwindigkeit	Anma rüzgar hızı
142	Ratio	Übersetzung	Oran
143	Reactive power	Blindleistung	Reaktif güç
144	Rectifier	Gleichrichter, Stromrichter	AC-DC dönüştürücü
145	Regulation	Regelmechanismus	Düzenleme
146	Relative velocity	Relativgeschwindigkeit	Bağıl hız
147	Remote monitoring	Fernüberwachung	Uzaktan izleme
148	Revolutions per minute	Umdrehung pro Minute	Dakikada devir sayısı
149	Rotational speed, rotor speed	Drehzahl	Devir hızı, rotor hızı
150	Rotor	Rotor	Pervane, rotor
151	Rotor blade	Rotorblatt	Pervane kanadı
152	Roughness	Rauhigkeit	Pürüzlülük
153	Savonius rotor	Savonius-Rotor	Savonius pervane
154	Second brake system	2. Bremssystem	2. Fren sistemi
155	Shaft	Welle	Şaft
156	Shut-down wind speed	Abschaltgeschwindigkeit	Kesme rüzgar hızı
157	Single bladed rotor	Einblattrotor	Tek kanatlı rotor
158	Site	Standort	Saha, arazi
159	Slope	Steigung	Eğim
160	Steel tower	Stahlturm	Çelik kule
161	Steel tubular tower	Stahlrohrturm	Çelik boru konstrüksiyon kule
162	Survival wind speed	Überlebens-Windgeschwindigkeit	Dayanma rüzgar hızı
163	Swept area, swept plane	Überstrichene Fläche	Süpürme (tarama) alanı
164	Switching operations	Schaltvorgänge	Anahtarlama, cereyan verme işlemi
165	Synchronous	Synchron	Senkron, eşzamanlı
166	Synchronous generator	Synchrongenerator	Senkron jeneratör
167	Three bladed rotor	Dreiblattrotor	Üç kanatlı rotor
168	Tilt angle	Neigungswinkel	Meyil açısı
169	Tip brake	Blattspitzenbremse	Uç freni
170	Torque	Drehmoment	Döndürme momenti
171	Tower	Turm, Mast	Kule
172	Trailing edge	(Profil-, Blatt-) Hinterkante	Firar kenarı
173	Turbulence	Turbulenz	Türbülans
174	Twist	Verwindung	Bükülme, burulma,
175	Two bladed rotor	Zweiblattrotor	İki kanatlı rotor
176	Unit	Anlage, Einheit	Birim
177	Upwind	Luvstellung des Rotors	Rüzgar yönünde akış
178	Utility (electric-)	Energieversorgungsgesellschaft (EVU)	Elekrik şirketi
179	Vertical axis rotor (VAR)	Vertikalachsenrotor, Vertikalläufer	Düşey eksenli pervane
180	Vertical axis wind turbine (VAWT)	Vertikalachsen Windturbine (VAWT)	Düşey eksenli rüzgar türbini
181	Vertical wind profile	Grenzschichtprofil des Windes	Düşey rüzgar profili
182	Vibration	Schwingung	Vibrasyon, titreşim
183	Wake	Nachlauf	Gölgeleme
184	Wind direction	Windrichtung	Rüzgar yönü
185	Wind energy	Windenergie	Rüzgar enerjisi
186	Wind power plant	Windenergieanlage, Windkraftanlage	Rüzgar elektrik santralı
187	Wind pump	Windpumpe	Rüzgar su çekme sistemi
188	Wind shear	Windscherung	Rüzgar kayması
189	Wind speed	Windgeschwindigkeit	Rüzgar şiddeti
190	Wind tunnel	Windkanal	Rüzgar tüneli
191	Wind turbine	Windturbine	Rüzgar türbini
192	Wind vane	Windfahne	Yön ölçer, jirüet
193	Wind velocity	Windgeschwindigkeit	Rüzgar hızı
194	Windfarm	Windkraftanlagen	Rüzgar çiftliği
195	Windmill	Windmühle	Yel değirmeni
196	Wing	Flügel, Tragflügel	Kanat
197	Yaw control system	Steuerung der Windrichtungsnachführung	Sapma kontrolü

TEİAŞ RÜZGAR YARIŞMA SONUÇLARI (TÜM PAKETLER 1-13)

Yarışma Paket No	Yarışma Sıra No	TM Adı	Gerilim Seviyesi (KV)	Kapasite (MW)	Proje No	Tüzel Kişi	Proje Adı	Kurulu Güç (MW)	RES katkı payı teklifi (kuruş)	Kazanılan Kurulu Güç (MW)
1	1	Dursunbeyli TM	YG	30	2615	Ufuk Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	Poyrazgölü	30	**0.05**	**30**
1	1	Dursunbeyli TM	YG	30	2776	Safka En. Elek. Ür. Dağ. Paz. San. Ve Tic. Ltd. Şti.	Dursunbey	30	**KATILMADI**	
1	2	Gerkonsan TM	YG	60	2638	Gerede Rüzgar Enerjisinden El. Üretim Santralı Ltd. Şti.	Gerederes	60	**TEŞEKKÜR**	
1	2	Gerkonsan TM	YG	60	1528	Derton Elektrik Üretim A.Ş.	Yeniçağa	60	**0.01**	**60**
1	3	Germencik TM	YG	150	2406	Akış Enerji Yatırım Üretim ve Tic. A.Ş.	Söke	104	**0.09**	**104**
1	3	Germencik TM	YG	150	2443	Kütle Enerji Yat. Ür. Ve Tic. A.Ş.	Bağarası	72	**0.07**	**46**
1	4	Jeotermal-Alaşehir EİH	YG	50	2504	Eski Şirket :Safir Enerji Yat. Üretim ve Tic. A.Ş. Devralan: Kiraz Enerji Yatırım Üretim ve Tic. A.Ş.	Kirazlı	50	**1.79**	**50**
1	4	Jeotermal-Alaşehir EİH	YG	50	2810	Güliş Enerji Üretim Tic. Ve San. A.Ş.	Buldan	50	**KATILMADI**	
1	5	Kaynarca TM	OG	15	2407	Eski Şirket: Akış Enerji Yatırım Üretim ve Tic. A.Ş. Devralan Şirket: İletken Enerji Yatırım Üretim A.Ş.	Gökdağ	15	**0.07**	**10**
1	5	Kaynarca TM	OG	15	2543	Ahmesel Elektrik Üretim Ltd. Şti	Dikili	5	**0.32**	**5**
1	6	Kilis TM	YG	50	2206	Güneyres Elektrik Üretim San. ve Tic. A.Ş.	Güney-2	50	**TEKLİF UYGUN DEĞİL**	
1	6	Kilis TM	YG	50	2704	PEM Enerji A.Ş	Musabeyli	50	**KATILMADI**	
1	7	Kuşadası TM	YG	45	1481	Söke Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimi Santralı Ltd.Şti.	Söke	45	**0.09**	**45**
1	7	Kuşadası TM	YG	45	2510	Safir Enerji Yat. Üretim ve Tic. A.Ş.	Kuşadası	20	**0.05**	
1	7	Kuşadası TM	YG	45	2792	Elser Enerji Üretim ve Ticaret Ltd. Şti.	Torbalı	45	**KATILMADI**	
1	8	Milas TM	YG	90	2191	Batıyel Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	Gökova	90	**0.21**	
1	8	Milas TM	YG	90	2449	Olgunay Enerji San. Ve Tic. A.Ş.(eski ünvan: Olgunay Enerji San. Ve Tic. Ltd. Şti.)	Kurin	24	**0.50**	**10**
1	8	Milas TM	YG	90	2455	Alanoba Elektrik Üretim A.Ş. (Eski unvanı:Alanoba El. Ür. Ve Dağ. San. Tic. A.Ş.)	Ilbır	50	**1.29**	**50**
1	8	Milas TM	YG	90	2821	Borares Enerji A.Ş.	Karova	30	**1.15**	**30**
1	9	Silivri TM	YG	90	1370	RSH Enerji A.Ş.	Silivri	45	**0.15**	**45**
1	9	Silivri TM	YG	90	2185	Bora Rüzgar Elektrik Üretim San. Ve Tic. A.Ş.	Çanta	50	**0.11**	**45**
1	10	Söke TM	YG	60	2356	ABK Enerji Üretmek Projelerini Geliştirme İnş. Tur. Nak.San. Ve Tic. A.Ş.	Çatalbük	25	**0.33**	**25**
1	10	Söke TM	YG	60	2442	Kütle Enerji Yat. Ür. Ve Tic. A.Ş.	Bafa	60	**0.05**	**35**
1	11	Taşucu TM	OG	9	2574	Tisan Elektrik Enerji Üretim ve Tic. A.Ş.	Tisan	9	**1.31**	
1	11	Taşucu TM	OG	9	2481	TETAŞ Enerji Ltd. Şti	Elmalı	9	**2.76**	**9**

1	12	Tokat OSB TM	YG	37	2318	Gündoğdu Rüzgar Enerji Üretim Sanayi ve Tic. A.Ş.	Demirözü	37	**0.75**	**37**
1	12	Tokat OSB TM	YG	37	2565	Çayören Elektrik Enerji Üretim ve Tic. A.Ş.	Çayören	37	**0.17**	
2	1	Bartın Cide EİH	YG	27	2457	Küresel enerji Ür. San. Ve Tic. A.Ş.	Cide	27	**KATILMADI**	
2	1	Bartın Cide EİH	YG	27	2571	Kurucaşike El. En. Ür. Ve Tic. A.Ş.	Kurucaşile	27	**0.03**	**27**
2	2	Kalecik TM	YG	72	2500	Alares El. Ür. A.Ş.	Alares1	72	**0.41**	
2	2	Kalecik TM	YG	72	2568	Elmadağ El. En. Ür.ve Tic. A.Ş.	Elmadağ	72	**1.11**	**72**
2	3	Kangal TM	OG	12	2461	Mursal El. Ür. San. Ve Tic. A.Ş.	Yağdonduran	11	**0.01**	
2	3	Kangal TM	OG	12	2465	Ado Enerji Ür. San. Ve Tic. A.Ş	Konakpınar	12	**0.02**	**12**
2	4	Muğla TM	YG	70	2376	İberdola Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından En. Ür. Tic.ve San. Ltd.Şti.	Muğla	70	**0.04**	**70**
2	4	Muğla TM	YG	70	2573	Çubuklu El. En. Ür. Ve Tic. A.Ş.	Çubuklu	70	**0.02**	
2	5	Taşoluk TM	YG	100	1503	Öz-Yel El. A.Ş	Gaziosmanpaşa	100	**0.03**	**50**
2	5	Taşoluk TM	YG	100	2303	İstanbul En. San. Ve Tic. A.Ş.	Karaburun	45	**KATILMADI**	
2	5	Taşoluk TM	YG	100	2891	İstres El. Ür. A.Ş.	Tayakadın	50	**0.05**	**50**
3	1	ADAPAZARI TM	YG	50	2496	HACİM EN. YAT. ÜR. TİC.A.Ş.	GEYVE	50	**0.11**	**50**
3	1	ADAPAZARI TM	OG	50	2924	GEYRES EL. ÜR. A.Ş.	GEYVE	50	**0.05**	
3	2	AYVALIK TM	OG	9	2252	TURCAS RÜZ. EN.ÜR.A.Ş.	GÖMEÇ	9	**1.05**	
3	2	AYVALIK TM	YG	9	2262	NUH EN. EL. ÜR. A.Ş.	EGE	9	**0.05**	
3	2	AYVALIK TM	YG	9	2346	HM EL. ÜR. LTD. ŞTİ	GÖMEÇ	9	**0.75**	
3	2	AYVALIK TM	YG	9	2665	ESKODA EN.ÜR.PAZ.İTH.İHR.A.Ş.	İLKKURŞUNTEPE	9	**0.94**	**9**
3	2	AYVALIK TM	YG	9	2883	POLATBAY EN.ÜR.İNŞ.SAN.TİC.A.Ş.	AYVALIK-1	9	**2.82**	
3	3	BANDIRMA-2 TM	YG	30	1516	GALATA WİND EN. LTD.ŞTİ.	EDİNCİK	30	**1.27**	**30**
3	3	BANDIRMA-2 TM	YG	30	1522	KARTALTEPE EN. A.Ş.	ERDEK	18	**1.11**	
3	3	BANDIRMA-2 TM	YG	30	2312	FIRAT EL. ÜR.TİC.A.Ş.	FIRAT	30	**1.20**	
3	3	BANDIRMA-2 TM	YG	30	2355	DERİN EL. ÜR. SAN.TİC.AŞ.	ÇAKILKÖY	30	**1.25**	
3	3	BANDIRMA-2 TM	YG	30	2379	İBERDROLA YEN. EN. KAY. EN ÜR.TİC.SAN.LTD.ŞTİ	KAPIDAĞ	30	**KATILMADI**	
3	4	BOZÜYÜK OSB TM	YG	90	2575	ÇEKİM EN. YAT. ÜR. TİC.AŞ.	BOZÜYÜK	90	**0.05**	**90**
3	4	BOZÜYÜK OSB TM	YG	90	2764	CEVİZ EN. EL. ÜR. AŞ.	PAZARYERİ	90	**0.01**	

3	5	DENİZLİ-3 TM	YG	70	2214	GAZİRES EL. ÜR. SAN.TİC.AŞ.	GAZİ-1	70	**0.96**	
3	5	DENİZLİ-3 TM	YG	70	2618	ÇEKİM EN. YAT. ÜR. TİC.AŞ.	KEMER	70	**KATILMADI**	
3	5	DENİZLİ-3 TM	YG	70	2648	KORDA EN. ÜR. PAZ.İTH.İHR. AŞ.	DENİZLİ	66	**1.26**	**66**
3	5	DENİZLİ-3 TM	YG	70	2881	ZORLU HİDROELEKTRİK EN. ÜR.AŞ.	BABADAĞ	50	**0.47**	
3	6	TEPEÖREN TM	YG	100	2547	BETİM EN. YAT.ÜR.TİC.AŞ.	ÖMERLİ	100	**0.59**	**100**
3	6	TEPEÖREN TM	YG	100	2613	ERGUVAN EN.EL.ÜR.AŞ.	KİRAZLI	100	**0.02**	
3	7	YARIMCA-1 TM	YG	110	2567	HEREKE EL. EN.ÜR.TİC.AŞ.	HEREKE	110	**KATILMADI**	
3	7	YARIMCA-1 TM	YG	110	2620	ERGUVAN EN.EL.ÜR.AŞ.	GÖKTEPE	110	**0.03**	**110**
3	7	YARIMCA-1 TM	YG	110	2855	İDİL İKİ EN. SAN.TİC.AŞ.	HEREKE	75	**KATILMADI**	
3	8	YERKÖY TM	YG	45	1613	YERRES YERKÖY RÜZ. EN.EL.ÜR.SANT. LTD.ŞTİ	YERKÖY	45	**0.11**	**45**
3	8	YERKÖY TM	YG	45	1674	ÖZMUTLU MADENCİLİK İNŞ.TİC.AŞ.	MUTLU 4	20	**KATILMADI**	
3	8	YERKÖY TM	YG	45	1680	REWE RÜZ.EN.LTD.ŞTİ	YERKÖY	45	**KATILMADI**	
4	1	AKBÜK TM	YG	40	2385	KARYEK KARADENİZ ELEKTRİK ÜRETİM. A.Ş. (Eski Ünvanı: RS Turizm Yatırımları ve Tic. A.Ş.)	DİDİM	40	**0.01**	
4	1	AKBÜK TM	YG	40	2508	YENİ ENERJİ YATIRIM ÜRETİM VE TİC. A.Ş. (Eski Ünvanı: Safir Enerji Üretim Yatırım ve Tic. A.Ş.)	YENİHİSAR	20	**0.87**	**20**
4	1	AKBÜK TM	YG	40	2522	AYEN ENERJİ A.Ş.	AKBÜK II	40	**0.05**	**20**
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2353	BURES ENERJİ ÜRETİM SAN. TİC. A.Ş.	KEMELKÖY	43	**1.66**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2364	İBERDROLA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN ENERJİ ÜRETİMİ TİC. VE SAN.LTD.ŞTİ	BODULAR	64	**KATILMADI**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2367	İBERDROLA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN ENERJİ ÜRETİMİ TİC. VE SAN.LTD.ŞTİ	DEDE	122	**KATILMADI**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2468	SUAY ENERJİ SAN. VE TİC. A.Ş.	LAPSEKİ	20	**1.57**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2514	ÇEKİM ENERJİ YATIRIM ÜRETİM TİC.AŞ.	DEDEDAĞ	20	**1.39**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2521	PARK TEKNİK EL. MADENCİLİK TUR. SAN. VE TİC. A.Ş.	LAPSEKİ	83	**1.16**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2530	ASMALI ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	ASMALI	123	**0.02**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2576	MARMARA ENERJİ YATIRIMLARI SAN. VE TİC. A.Ş.	UMURBEY	28	**2.03**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2584	MEN ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM LTD. ŞTİ	YEL	51	**3.00**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2597	AVRUPA ENERJİ VE ELEKTRİK ÜRETİMİ LTD. ŞTİ.	LAPSEKİ	50	**2.21**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2603	RASA RADYATÖR SAN. A.Ş.	KİRAZLI	30	**KATILMADI**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2643	KONBAY ENERJİ ÜRETİM PAZ.İTH. VE İHR. A.Ş.	KEMİKLİALAN	18	**0.05**	

4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2651	DERBENT ENERJİ ÜRETİM PAZ. İTH. VE İHR. A.Ş.	ÜÇPINAR	99	**3.28**	**99**
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2654	ISIDER ENERJİÜRETİM PAZ. İTH. VE İHR. A.Ş.	KOCALAR	39	**3.12**	**26**
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2660	SONYAR ENERJİ ÜRETİM PAZ. İTH. VE İHR. A.Ş.	KARADAĞ	30	**1.70**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2664	ESKODA ENERJİ ÜRETİM PAZ. İTH. VE İHR. A.Ş.	KORU	50	**3.43**	**50**
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2723	GÖKTEN ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	DEDELER	117	**2.21**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2917	KIRES ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	BEYÇAYIRLI	50	**2.26**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2921	SAKRES ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	ÇAVUŞKÖY	50	**1.76**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2922	SAKRES ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	ÇAMYURT	100	**0.28**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2930	HİDRO ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM SAN. A.Ş.	ÇARDAK	15	**TEMİNAT**	
4	2	ÇAN HAVZA TM-1	YG	175	2932	YEL ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	HARMANCIK	19	**TEMİNAT**	
4	3	YEŞİLHİSAR TM	YG	180	2478	ARE EL. ÜR.TİC. VE SAN. LTD. ŞTİ.	KURTKAYA	45	**0.02**	**45**
4	3	YEŞİLHİSAR TM	YG	180	2479	AKR EL.ÜR.TİC. VE SAN. LTD. ŞTİ.	BAĞLAR	43	**TEMİNAT**	
4	3	YEŞİLHİSAR TM	YG	180	2480	AKR EL.ÜR.TİC. VE SAN. LTD. ŞTİ.	SARAÇOĞLU	38	**TEMİNAT**	
4	3	YEŞİLHİSAR TM	YG	180	2542	YAHYALI RES ELEKTRİK ENERJİ ÜRETİM İNŞAAT NAKLİYE TURİZM SAN. TİC. LTD. ŞTİ. (Eski Ünvanı: Akbal Enerji Elektronik	AKBAL	80	**TEŞEKKÜR**	
4	3	YEŞİLHİSAR TM	YG	180	2669	SE SANTRAL ELEKTRİK ÜRETİM SAN. TİC. A.Ş. (Eski Ünvanı: Se Santral Enerji B Enerji Proje Geliştirme Yönetim Elektrik	YAHYALI	180	**0.01**	**52.5**
4	3	YEŞİLHİSAR TM	YG	180	2778	BAK ENERJİ ÜRETİMİ A.Ş.	YAHYALI	83	**0.04**	**82.5**
5	1	SAKARYA TM	YG	50	2495	SAĞANAK ENERJİ YAT. ÜRE. VE TİC. AŞ.	SAKARYA	50	**0.01**	
5	1	SAKARYA TM	YG	50	2498	MARMARA RES ELEKTRİK ÜRETİM AŞ.	ÇUBUKLU OSMANİYE	50	**0.03**	**50**
5	1	KÖSEKÖY TM	YG	120	2485	YUVA ENERJİ YAT. ÜR. TİC. AŞ.	YUVACIK	120	**0.04**	**120**
5	1	KÖSEKÖY TM	YG	120	2919	SAPRES ELEKTRİK ÜRETİM AŞ.	SAPANCA	50	**TEŞEKKÜR**	
5	2	PAMUKOVA TM	YG	80	2419	PAMUKOVA ENERJİ ÜRETİM AŞ	PAMUKOVA	50	**TEŞEKKÜR**	
5	2	PAMUKOVA TM	YG	80	2511	UYGUN ENERJİ YATIRIM ÜR. VE TİC. A.Ş.	ADAPAZARI	80	**0.59**	**80**
5	2	PAMUKOVA TM	YG	80	2765	CEVİZ ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	GÖLPAZARI	80	**TEŞEKKÜR**	
5	2	PAMUKOVA TM	YG	80	2918	SAPRES ELEKTRİK ÜRETİM AŞ.	SAKARYA	50	**0.26**	
5	2	PAMUKOVA TM	OG	20	2502	PAMUKOVA ENERJİ ÜRETİM AŞ	PAMUKOVA	20	**0.05**	**20**
5	3	SİNOP TM	YG	35	2621	ORSA ENERJİ ÜRETİM A.Ş.	HAMSİ	35	**0.70**	**35**
5	3	SİNOP TM	YG	35	2652	DÖNÜŞÜM ENERJİ ÜR. PAZ. İTH. VE İHR.	İNCEBURUN	35	**0.10**	

5	3	SİNOP TM	OG	5	2616	ORSA ENERJİ ÜRETİM A.Ş.	FENER	5	**0.01**	**5**
5	3	SİNOP TM	OG	5	2816	ATOM ENERJİ ÜRETİM LTD. ŞTİ.	DİBEKLİ	5	**TEŞEKKÜR**	
5	4	İSAKÖY TM	YG	50	2544	GÜZEL ENERJİ ÜRETİM A.Ş.	AĞVA	50	**0.01**	
5	4	İSAKÖY TM	YG	50	2559	ÇEVRİM ENERJİ YAT. ÜRETİM TİC. A.Ş.	ŞİLE	50	**0.05**	**50**
5	4	ŞİLE TM	YG	100	2410	DENİZHAN ENERJİ YAT. ÜRETİM TİC. A.Ş.	MAHMUT ŞEVKET PAŞA-2	100	**0.05**	**100**
5	4	ŞİLE TM	YG	100	2614	ERGUVAN ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	GÜMÜŞLÜK	100	**0.01**	
5	4	ŞİLE TM	YG	100	2689	SÜPER ENERJİ ÜRETİM A.Ş.	ŞİLE	57	**TEŞEKKÜR**	
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2240	BİGES ELEKTRİK ÜRETİM VE TİC. LTD. ŞTİ.	BİGES	50	**1.10**	
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2248	İÇDAŞ ÇELİK EN. TERSANE ULAŞIM SAN A.Ş.	KARABİGA	60	**5.10**	**60**
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2253	TURCAS RÜZGAR ENERJİ ÜRETİM A.Ş.	GÜMÜŞÇAY	50	**0.50**	
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2263	NUH ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	KARABİGA	40	**2.58**	
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2492	BARKAN ENERJİ YAT. ÜRETİM TİC. A.Ş.	BOZLAR	60	**0.49**	
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2493	VERİM ENERJİ YAT. ÜRETİM TİC. A.Ş.	AKSAZ	60	**TEŞEKKÜR**	
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2555	ÇEKİM ENERJİ YAT. ÜRETİM TİC. A.Ş.	YENİÇİFTLİK	20	**TEŞEKKÜR**	
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2587	GYY EL. ÜR. DAĞ. PROJE İNŞ. TUR. TİC. A.Ş.	EREZEN	24	**4.00**	
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2653	ISIDER ENERJİ ÜRETİM PAZ. İTH VE İHR. A.Ş.	AKSAZ	42	**0.76**	
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2661	MENDİREK ENERJİ ÜRETİM PAZ. İTH. VE İHR. A.Ş.	ÇEŞMEALTI	30	**0.05**	
5	6	KARABİGA TM	YG	60	2898	MANRES ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	ESKİ BALIKLI	50	**TEŞEKKÜR**	
5	6	BİGA TM	OG	2	2867	GRC RÜZGAR ENERJİSİ ÜRETİMİ SANAYİ VE TİCARE LTD. ŞTİ.	DEĞİRMEN-CİK	2	**0.03**	**Kapasiteyi**
6	1	ALAÇATI TM	OG	10	2200	TAN ELEKTRIK URETIM AS	CIFLIKKOY	10	**2.55**	
6	1	ALAÇATI TM	OG	10	2251	ALAÇATI ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	SUMRU	10	**1.98**	
6	1	ALAÇATI TM	OG	10	2483	GÜRAL PROSELEN TUR. VE VİTRİFİYE SAN. A.Ş.	GERMIYAN RES	9.6	**3.52**	**9.6**
6	1	ALAÇATI TM	OG	10	2611	ADA ENERJŞ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	KARADAG	10	**0.72**	
6	2	KARABURUN HAVZA TM	OG	20	2238	MASK ENERJI VE TIC LTD DTI	MASK	20	**0,04**	
6	2	KARABURUN HAVZA TM	OG	20	2800	KURES ELEKTRIK URETIM TIC LTD STI	KURES-1	20	**0.05**	
6	2	KARABURUN HAVZA TM	OG	20	2909	ORES ELEKTRIK URETIM AS	BALIKOVA	20	**TEŞEKKÜR**	
6	2	KARABURUN HAVZA TM	OG	20	2910	ORES ELEKTRIK URETIM AS	OVACIK	20	**TEŞEKKÜR**	

6	2	KARABURUN HAVZA TM	OG	20	2912	ORES ELEKTRIK URETIM AS	SALMAN	20	**0.07**	**20**
6	3	NARLIKOY TM	OG	14	1632	ESIT ENERJI AS	MARMARA ADASI	14	**1.60**	
6	3	NARLIKOY TM	OG	14	2216	ESIT ENERJI AS	ADA 2	8	**2.1**	**3**
6	3	NARLIKOY TM	OG	14	2685	KONI INSAAT SAN AS	MARMARA ADASI	14	**1.13**	
6	3	NARLIKOY TM	OG	14	2761	BABADAG ELEKTRIK UREIM SAN VE TIC AS	MARMARA	10	**3.01**	**10**
6	3	NARLIKOY TM	OG	14	2284	R.K RUZGAR ENERJI SANTRALLERI ELEKTRIK URETIM SAN VE TIC AS	PASA LIMANI	3	**2.02**	**1**
6	3	NARLIKOY TM	OG	14	2357	YESIL MAVI ELEKTRIK URETIM AS	PASA LIMANI	4.5	**0.8**	
6	4	BEYSEHIR TM	YG	50	2319	ESIN RUZGAR ENERJI URETIM	CAMINDAGI	27	**0.55**	**27**
6	4	BEYSEHIR TM	YG	50	2812	AHSEN ENERJI URETIM	AKDAG	50	**0.01**	**23**
6	4	SEYDISEHIR TM	OG	20	2320	ALADAG RUZGAR ENERJI URETIM	KUYULUKOYAK	20	**0.01**	**20**
6	5	BODRUM TM	YG	48	2329	RUZGAR ELEKTRIK URETIM AS	AKYAR	15	**0.07**	**15**
6	5	BODRUM TM	YG	48	2822	YILDIZ ENERJI AS	GULLUK	48	**0.01**	**33**
6	5	BODRUM TM	OG	12	2331	RUZGAR ELEKTRIK URETIM AS	GERIS	12	**0.01**	**11.2**
6	5	BODRUM TM	OG	12	2237	GOKOVA ELEKRIK URETIM AS	ALAPINAR	0.8	**0.11**	**0.8**
6	6	MERZIFON TM	YG	48	2236	POLAT ENERJI URETIM	POLAT 1	48	**0.01**	
6	6	MERZIFON TM	YG	48	2302	EKIM ELEKTRIK MUH MUS INS	HAVZA	48	**0.05**	**48**
6	6	MERZIFON TM	OG	17	2235	POLAT ENERJI URETIM	POLAT 2	9	**0.01**	**9**
6	6	MERZIFON TM	OG	17	2780	SOLMAZ INS YAPI MAL	SOLMAZ 2	6.75	**KATILMADI**	
6	6	MERZIFON TM	OG	17	2818	SIS ENERJI URETIM LTD STI	SULUOVA	9.9	**TEŞEKKÜR**	
6	7	OSMANIYE TM	YG	50	2225	GAZIREL ELEKTRIK URETIM	GAZI -2	21	**KATILMADI**	
6	7	OSMANIYE TM	YG	50	2682	KONI INSAAT SAN AS	KISNAZ	40	**KATILMADI**	
6	7	OSMANIYE TM	YG	50	2706	EKSIM ENERJI AS	HASANBEYLI	50	**1.89**	**50**
6	7	OSMANIYE TM	YG	50	2748	AKSA ENERJİ ÜRETİM A.Ş.	KULA	24	**KATILMADI**	
6	7	OSMANIYE TM	YG	50	2756	AKSA ENERJİ ÜRETİM A.Ş.	ZINCIRLI	24	**KATILMADI**	
6	7	OSMANIYE TM	YG	50	2811	PAMIR ENERJI URETIM AS	HASANBEYLI	50	**1.55**	
6	7	OSMANIYE TM	YG	50	2840	AKRES ENERJI URETIM	AKRES	50	**KATILMADI**	
6	7	OSMANIYE TM	YG	50	2854	İDİL İKİ EN. SAN.TİC.AŞ.	TURKBAHCE	40	**0.45**	

6	8	TOKAT TM	OG	13	2459	Mursal El. Ür. San. Ve Tic. A.Ş.	CAMLIBEL	12.8	**TEŞEKKÜR**	
6	8	TOKAT TM	OG	13	2464	Ado Enerji Ür. San. Ve Tic. A.Ş	AKYURT	12.8	**0.03**	**12.80**
6	8	TOKAT TM	OG	13	2802	HNS ENERJI URETIM	TEKNELI	9.9	**0.01**	
7	1	YALOVA TM	YG	50	2499	MARMARA RES ELEKTRİK ÜRETİM AŞ.	ESENKÖY	49.98	**0.03**	**18.45**
7	1	YALOVA TM	YG	50	2619	GÜVEN YAT. SAN. VE TİC. A.Ş.	ÇAKIL	50	**0.01**	**31.55**
7	1	YALOVA TM	OG	12	2297	ÇAPAR İNŞAAT ELEKTRİK ÜRETİM TURİZM GIDA LTD. ŞTİ.	MANASTIR	12	**0.06**	**12**
7	1	GEMLİK TM	YG	100	2501	ALARES ELEKTRİK. ÜR. A.Ş. (Eski: Alares Elektrik Üretim Ltd. Şti.	ALARES II	70	**2.31**	**17.5**
7	1	GEMLİK TM	YG	100	2572	ŞAHİNYURDU ELEKTRİK ÜRETİM VE TİC. A.Ş.	ŞAHİNYURDU	77.5	**1.52**	
7	1	GEMLİK TM	YG	100	2702	İLTEK İLETİŞİM TEK. A.Ş.	MECİDİYE	50.4	**KATILMADI**	
7	1	GEMLİK TM	YG	100	2720	BAKIR ENERJİ ELETRİK ÜRETİM A.Ş.	KÜREK DAĞI	51	**1.21**	**32.5**
7	1	GEMLİK TM	YG	100	2773	İHLAS ENERJİ ÜRETİM DAĞITIM VE TİC. A.Ş.	İHLAS ARMUTLU	18	**0.01**	
7	1	GEMLİK TM	YG	100	2925	YARES ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	YALOVA	50	**2.33**	**50**
7	2	TİRE TM	YG	80	2370	İBERDROLA YEN. EN. KAY. EN ÜR.TİC.SAN.LTD.ŞTİ (Başvuruda: DAS Yen. En. Tic. Ve San. Ltd. Şti.)	KIRAN	78	**TEŞEKKÜR**	
7	2	TİRE TM	YG	80	2491	BARKAN ENERJİ YAT. ÜRETİM TİC. A.Ş.	TİRE	50	**1.89**	**50**
7	2	TİRE TM	YG	80	2520	NETT ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	ÜZÜMLÜ	80	**TEŞEKKÜR**	
7	2	TİRE TM	YG	80	2716	FUATRES ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	FUATRES	80	**0.07**	**30**
7	2	KEMALPAŞA TM	OG	7	2193	MELTEM ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	EGE	7	**3.15**	**7**
7	2	KEMALPAŞA TM	OG	7	2326	HARE RÜZGAR ENERJİ ÜRETİM SAN. VE TİC. A.Ş.	TOZLU	7	**0.49**	
7	2	KEMALPAŞA TM	OG	7	2681	NAZRES ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	NAZRES	7	**0.23**	
7	2	KEMALPAŞA TM	OG	7	2785	GVG ENERJİ EL. ÜR. DAĞ. PAZ. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	HEMŞİN	5	**1.45**	
7	2	KEMALPAŞA TM	OG	7	2789	SEM ENERJİ ÜRETİMİ MADENCİLİK VE İNŞ. LTD. ŞTİ. (Eski: CMK En. Yat. Ve Tic. Ltd. Şti.)	BİREGE (Eski: CEM)	1.80	**1.53**	
7	2	MORSAN TM	YG	80	2362	İBERDROLA YEN. EN. KAY. EN ÜR.TİC.SAN.LTD.ŞTİ (Başvuruda: DAS Yen. En. Tic. Ve San. Ltd. Şti.)	MALTEPE	80	**TEŞEKKÜR**	
7	2	MORSAN TM	YG	80	2365	İBERDROLA YEN. EN. KAY. EN ÜR.TİC.SAN.LTD.ŞTİ (Başvuruda: DAS Yen. En. Tic. Ve San. Ltd. Şti.)	DUMANLI	80	**TEŞEKKÜR**	
7	2	MORSAN TM	YG	80	2384	KARYEK KARADENİZ ELEKTRİK ÜRETİM. A.Ş. (Eski Ünvanı: RS Turizm Yatırımları ve Tic. A.Ş.)	ÜÇKUYULAR	60	**0.03**	
7	2	MORSAN TM	YG	80	2425	RENOWA ENERJİ ÜRETİM VE TİC. A.Ş.	KEMALPAŞA	50	**KATILMADI**	
7	2	MORSAN TM	YG	80	2519	NETT ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	OVACIK	27.50	**TEŞEKKÜR**	
7	2	MORSAN TM	YG	80	2630	MELTEMRES DENİZLİ RÜZGAR ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİM SANTRALI A.Ş.	MELTEMRES	50	**0.02**	

7	2	MORSAN TM	YG	80	2679	SİBELRES ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	SİBELRES	80	**0.07**	**80**
7	2	MORSAN TM	YG	80	2701	ROFA GRUP EN. İNŞ. VE LİMAN İŞLETME SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	BORES	80	**TEŞEKKÜR**	
7	2	MORSAN TM	OG	20	2277	İZRES ELEKTRİK ÜRETM A.Ş.	İZRES	20	**3.01**	**7.50**
7	2	MORSAN TM	OG	20	2296	ÇAPAR İNŞAAT ELEKTRİK ÜRETİM TURİZM GIDA LTD. ŞTİ.	YILMAZ	12.50	**3.54**	**12.50**
7	2	MORSAN TM	OG	20	2345	DEBİ ENERJİ ELEKTRİK ÜR. DAĞ. İN. MUH. TİC. LTD. ŞTİ.	ALAÇAMLIK	20	**1.11**	
7	2	MORSAN TM	OG	20	2431	TAM ELEKTRİK ÜRETİM SAN VE TİC. A.Ş.	YAMANLAR	20	**TEKLİF UYGUN DEĞİL**	
7	2	MORSAN TM	OG	20	2718	EZGİRES ELEKTİRK ÜRETİM A.Ş.	EZGİRES	20	**0.07**	
7	2	MORSAN TM	OG	20	2819	DELSAY ELEKTRİK ÜRETİM SAN. TİC. A.Ş.	SABUNCUBELİ	20	**0.01**	
7	3	ASLANLAR TM	YG	60	2270	GARET ENERJİ ÜRETİM VE TİCARET A.Ş.	DEREKÖY	60	**0.51**	
7	3	ASLANLAR TM	YG	60	2301	YANDER ELEKTRİK MÜH. MUŞ. İNŞ. TUR. VE TİC. LTD. ŞTİ.	MERSİNLİ	55	**3.18**	**55**
7	3	ASLANLAR TM	YG	60	2314	İZFIRTINALI ELEKTRİK ÜRETİM TİC. VE SAN A.Ş.	KAYNAKLAR	50	**TEKLİF UYGUN DEĞİL**	
7	3	ASLANLAR TM	YG	60	2435	GÜÇHAN ENERJİ YAT. ÜRE. VE TİC. A.Ş. (Eski: Konum Enerji Yat. Ür. Ve Tic. A.Ş.	NİF	60	**2.26**	
7	3	ASLANLAR TM	YG	60	2612	BORA ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	BURÇAK	60	**0.01**	
7	3	ASLANLAR TM	YG	60	2684	YİĞİTRES ELEKTİRİK ÜRETİM A.Ş.	YİĞİTRES	60	**0.07**	
7	3	ASLANLAR TM	YG	60	2784	RİZE RÜZGAR ENERJİ ÜRETİM VE DAĞITIM A.Ş.	RİZE	13	**1.37**	
7	3	ASLANLAR TM	YG	60	2787	POKUT ENERJİ ÜRETİM VE DAĞITIM A.Ş.	POKUT	16	**1.37**	
7	3	ASLANLAR TM	YG	60	2807	PETEK ENERJİ ÜRETİM TİC. VE SAN.A.Ş.	TORBALI	50	**TEŞEKKÜR**	
7	3	ASLANLAR TM	OG	23	2197	TAN ELEKTRIK URETIM A.Ş.	GAZİEMİR	20	**2.62**	**20**
7	3	ASLANLAR TM	OG	23	2388	KARAEGE KARADENİZ EGE ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	NİF	16	**0.86**	
7	3	ASLANLAR TM	OG	23	2622	BORA ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	ÇAKIR	23	**0.61**	
7	3	ASLANLAR TM	OG	23	2627	EGENER ELEKTRİK ÜRETİM VE MAKİNE SAN. VE TİC. A.Ş.	KARABEL	23	**1.88**	**3**
7	3	ASLANLAR TM	OG	23	2805	YAREN ENERJİ ÜRETİM TİC. VE SAN A.Ş.	MAHMUTDAĞI	23	**0.01**	
8	1	Kıyıköy TM	YG	44	2210	Airres Elektrik Üretim San. Ve Tic. A.Ş.	Airres-3	44	**0.02**	
8	1	Kıyıköy TM	YG	44	2219	Çanakkale Enerji A.Ş.	Kord	36	**KATILMADI**	
8	1	Kıyıköy TM	YG	44	2673	Mutlu Enerji Üretim A.Ş.	Kurukütük	44	**0.04**	
8	1	Kıyıköy TM	YG	44	2691	Süper Enerji Üretim A.Ş.	Keçikaya	15	**TEŞEKKÜR**	
8	1	Kıyıköy TM	YG	44	2739	Dünya Enerji Üretim A.Ş.	Çamkoru	44	**TEŞEKKÜR**	

8	1	Kıyıköy TM	YG	44	2793	Beşiktepe Üretim ve Ticaret Ltd. Şti.	Kıyıköy	44	**0.05**	**44**
8	1	Kıyıköy TM	YG	44	2873	Işık Enerji Üretim A.Ş.	Yanıklıbaşı	44	**TEŞEKKÜR**	
8	1	Silivri TM	OG	11	2820	Ertan Enerji A.Ş. (Eski: Ertan Tarım Hay. Ve En. İşlet. San. Tic. A.Ş.)	Ertan	3	**0.01**	**3**
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2212	Airres Elektrik Üretim San. Ve Tic. A.Ş.	Airres-4	250	**3.37**	**55**
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2278	Trakres Elektrik Üretim A.Ş.	Trakres	40	**2.08**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2294	Dinamik Elektrik Üretim Ltd. Şti.	Evrencik	40	**3.36**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2340	Evrencik Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretim Ltd. Şti.	Evrencik	150	**3.54**	**120**
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2389	Traçim Çimento San. Ve Tic. A.Ş.	Traçim	39	**2.18**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2399	Karayel Elektrik Üretim A.Ş.	Vize-2	75	**3.65**	**75**
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2458	Küresel Enerji Ür. San. Ve Tic. A.Ş.	Vize	72	**KATILMADI**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2532	Gür Enerji Üretim A.Ş.	Şarap Yolu	90	**0.78**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2540	Sun Enerji San. Ve Tic. Ltd. Şti.	Karacadağ	30	**KATILMADI**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2578	Trakya Enerji Yatırımları San. Ve Tic. A.Ş.	Vize	150	**1.89**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2602	Derin Enerji Üretim A.Ş.	Değirmensırtı	78	**0.68**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2625	Meşe Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	Meşe	250	**1.01**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2636	Kırklareli Rüzgar Enerjisinden El. Üretim Santralı Ltd. Şti.	Kırklarelires	60	**TEŞEKKÜR**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2671	Mutlu Enerji Üretim A.Ş.	Sokrat Tepesi	69	**2.16**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2672	Mutlu Enerji Üretim A.Ş.	Pamuk	42	**0.74**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2698	Derin Enerji Üretim A.Ş.	İnce Koru	87	**0.76**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2737	Dünya Enerji Üretim A.Ş.	Berberçayır	78	**0.72**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2878	Gökyüzü Enerji Üretim A.Ş.	Yirmiyedi	120	**0.06**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2931	Hidro Enerji Elektrik Üretim San. A.Ş.	Akpınar		**KATILMADI**	
8	1	Hamitabat Havza TM	YG	250	2933	Yel Enerji Elektrik Üretim San. A.Ş.	Sergen		**KATILMADI**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2211	Airres Elektrik Üretim San. Ve Tic. A.Ş.	Airres-1	200	**TEŞEKKÜR**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2213	Airres Elektrik Üretim San. Ve Tic. A.Ş.	Airres-2	200	**TEŞEKKÜR**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2230	Hilalres Elektrik Üretim San. Ve Tic. A.Ş.	Hilal-1	200	**3.87**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2254	Turcas Rüzgar Enerji Üretim A.Ş.	Binkılıç	100	**2.51**	

8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2313	Dorat Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş.	Çerkez	200	**1.41**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2545	Güzel Enerji Üretim A.Ş.	Nalbant Tepesi	75	**TEŞEKKÜR**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2688	Mutlu Enerji Üretim A.Ş.	Yazla Tepesi	75	**2.88**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2693	Alem Enerji üretim A.Ş.	Yalıköy	174	**2.18**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2694	Alem Enerji üretim A.Ş.	Şakir Tepesi	48	**2.58**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2740	Dünya Enerji Üretim A.Ş.	Kızılcık	105	**2.38**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2774	Universal Wind Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	İstanbul	200	**4.34**	**200**
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2887	Binres Elektrik Üretim A.Ş.	Binkılıç	50	**0.90**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2894	Binres Elektrik Üretim A.Ş.	Aydınlar	50	**TEKLİF VERMEDİ**	
8	1	Çatalca Havza TM	YG	200	2923	Pares Elektrik Üretim A.Ş.	İstanbul	200	**2.42**	
8	1	Hadımköy TM	YG	50	2381	Sancak Enerji Hizmetleri A.Ş.	Yamaçtepe-2	30	**0.05**	**30**
8	1	Hadımköy TM	OG	20	2382	Süper Elektrik Üretim A.Ş.	Çataltepe	10	**0.03**	**10**
8	1	Hadımköy TM	OG	20	2402	Simay Elektrik Üretim A.Ş.	Küptepe	20	**0.02**	**10**
8	1	Hadımköy TM	OG	20	2247	Vemey Gıda San. Tic. Ltd. Şti.	VEMEY	1.60	**KATILMADI**	
8	1	PINARHİSAR TM	YG	45	2243	Vires El. Ür. Ve Tic. A.Ş.	Vires	45	**0.01**	
8	1	PINARHİSAR TM	YG	45	2366	İBERDROLA YEN. EN. KAY. EN ÜR.TİC.SAN.LTD.ŞTİ (Başvuruda: DAS Yen. En. Tic. Ve San. Ltd. Şti.)	Düzorman	45	**KATILMADI**	
8	1	PINARHİSAR TM	YG	45	2374	İBERDROLA YEN. EN. KAY. EN ÜR.TİC.SAN.LTD.ŞTİ (Başvuruda: DAS Yen. En. Tic. Ve San. Ltd. Şti.)	YAPRAK	45	**0.50**	**15**
8	1	PINARHİSAR TM	YG	45	2426	MB ELEKTRİK ÜRETİM LTD. ŞTİ.	MAHYADAĞ	30	**1.82**	**30**
8	1	PINARHİSAR TM	YG	45	2690	SÜPER ENERJİ ÜRETİM A.Ş.	DAVAPINAR	45	**0.07**	
8	1	PINARHİSAR TM	OG	15	2373	İBERDROLA YEN. EN. KAY. EN ÜR.TİC.SAN.LTD.ŞTİ (Başvuruda: DAS Yen. En. Tic. Ve San. Ltd. Şti.)	PINARHİSAR	15	**TEŞEKKÜR**	
8	1	PINARHİSAR TM	OG	15	2400	TURUVA ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.	VİZE-1	15	**2.1**	
8	1	PINARHİSAR TM	OG	15	2453	AYSU ENERJİ SAN. VE TİC. A.Ş. (Başvuruda: Aysu enerji San. Ve Tic. Ltd. Şti)	KARADERE	15	**0.01**	**15**

Dr Murat Durak Özgeçmiş

Murat Durak 1971 yılında Urfa'da doğmuştur. 1997 yılında İTÜ Meteoroloji Mühendisliğinden mezun olmuştur. Sonrasında rüzgar enerjisi konusunda yüksek lisans ve doktora eğitimini İTÜ'de tamamlamıştır.

Profesyonel anlamda iş kariyerine 1997 yılında AKEN Akhisar Enerji Uretim San. ve Tic. A.Ş.'de Rüzgar Enerjisi Koordinatörü olarak başlayıp 4 yıl süre ile görev yapmıştır. 2001 yılında Almanya merkezli uluslararası bir şirket olan Umweltkontor Renewable Energy AG'nin Türkiye'de açmış olduğu Umweltkontor Yenilenebilir Enerji A.Ş.'ye Ülke Müdürü olarak işe başlamış ve Kıdemli Proje Müdürü olarak yurtdışı görevlendirmelerinde çalışmıştır. Başta Almanya olmak üzere; Yunanistan, Belçika ve Fransa'da RES projelerinde çalışmıştır. 2004 -2008 yılları arasında GAMA Güç Sistemleri AŞ'de proje müdürü olarak çalışmış ve GAMA Enerji AŞ'ye rüzgar elektrik santral projeleri geliştirmiştir. 2008 yılından bu yana Enermet Enerji Meteoroloji Mühendislik AŞ'yi kurarak aynı şirkette Genel Müdür olarak çalışmalarına devam etmektedir.

Dr Murat Durak pek çok rüzgar elektrik santral projesi geliştirmiş ve yönetmiştir. Çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluş ve organizasyonlarda aktif olarak görev alan Durak, rüzgar enerjisi alanında Türkiye'nin en büyük sivil toplum kuruluşu olan Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği'nin 2007-2011 yılları arasında yönetim Kurulu Başkanlığını yürütmüştür. Mesleği ile ilgili bir çok makale yazmış ayrıca rüzgar ve güneş enerjisi ile alakalı kitapları bulunmaktadır.

Dr Murat Durak pek çok kurs ve etkinlikte rüzgar nerjisi konusunda seminerler vermiştir. Ayrıca İTÜ'de rüzgar enerjisi dersi uygulama eğitimi vermiştir ve Atılım Üniversitesi'nde güneş ve rüzgar enerjisi dersleri vermektedir.

Serra Özer

Yaklaşık13 yıldır rüzgar enerjisi sektöründe çalışan Serra Özer, 1976 yılında İzmir'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İzmir'de tamamlamıştır. 1999 yılında DEÜ Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2004 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsünde Makine Mühendisliği Bölümünde yüksek lisansını tamamlamıştır. 1999 yılından 2008 yılına kadar İzmir'de bir şirketin Enerji Projeleri ile ilgilenen bölümünde rüzgar projeleri konusunda çalışmıştır. 2008 yılında Vestas Türkiye'de göreve başlamıştır. 2010 yılından bu yana Enerjisa'da Proje Müdürü olarak görev yapmaktadır.

Yurt içinde rüzgar enerjisi ile ilgili düzenlenen çeşitli kurslara eğitmen olarak katılmaktadır.