

TÜRK LOYDU

RÜZGAR TÜRBİNLERİNİ SERTİFİKALANDIRMA ESASLARI



Cilt F

Kısım 200 – Rüzgar Türbinlerini Sertifikalandırma Esasları

2010

TÜRK LOYDU

Merkez Ofisi

Postane Mah. Tersaneler Cad. No:26 Tuzla 34944 İSTANBUL / TÜRKİYE

Tel : (90-216) 581 37 00

Fax : (90-216) 581 38 00

E-mail : tlv@turkloydu.org

<http://www.turkloydu.org>

Koordinatörlükler

Ankara

Atatürk Bulvarı Sefaretler Apt. 199/B D:1 06680 Kavaklıdere - ANKARA

Tel : (90-312) 468 10 46

Fax : (90-312) 427 49 42

E-mail : ankara@turkloydu.org

İzmir

Atatürk Cad. No :378 K.4 D.402 Kavalalılar Apt. 35220 Alsancak - İZMİR

Tel : (90-232) 464 29 88

Fax : (90-232) 464 87 51

E-mail : izmir@turkloydu.org

KAPSAM

	Sayfa
Genel Hükümler	I
Kurallar Listesi	II
İçindekiler	III
Kısım 200 – Rüzgar Türbinlerini Sertifikalandırma Esasları	IV
Kısaltmalar	V

GENEL HÜKÜMLER

A. Ön Koşul

Bir mamulün Türk Loydu (TL) tarafından yayınlanan imalat ve Klaslama Kuralları'na veya teknik gerçeklere uygunluğuna göre, sertifikalandırılması veya onaylanması hakkı sadece TL'na aittir. İmalat sırasında bu kuralların tam olarak yerine getirildiğinin belirtilmesi ancak TL'nun onayı ile mümkündür.

B. Korunmuş Haklar

TL'nun yapım kurallarının uygulanması yapımcının kendi üretiminin muhtemel korunmuş haklarına hâlel getirmez.

C. Ücretler

Klas verilme dahi TL hizmeti için, TL tarifesine göre ücret ödenir. Bu ücretten ayrı olarak TL tarafından bu hizmete bağlı diğer masraflar da (seyahat, fazla mesai, vb. ile katma değer vergisi gibi) hesaba dahil edilir.

D. Faturaların Ödenmesi

1. TL tarafından yapılan hizmete ait faturaların alındığı tarihte bütün ücretler yürürlüğe girer ve derhal ödenmesi gerekir. Ödemede gecikme halinde, TL munzam haklarına hâlel gelmeksizin (örneğin: dava masrafları ve diğer müteferrik masraflar) en yüksek banka reeskont faizi uygulanır ve düzenlenen sertifika ve diğer belgeleri geri almak ve klası kaldırmak hakkına sahiptir.

2. Müşterinin mukabil talepleri için karşılıklı anlaşma veya nihai mahkeme kararı olmadıkça mahsup yapılamaz.

E. Sorumluluk

Türk Loydu kendisi adına hizmet verecek sörveyörlerini ve personeli özenle seçer. Türk Loydu, personelinin veya sörveyörlerinin verdikleri ve verecekleri hizmet ve sonuçlarından dolayı hiç bir şekilde sorumlu tutulamaz.

Bununla birlikte TL'ndan herhangi bir hizmet talep edildiğinde, TL personeli veya sörveyörlerinin hizmetlerinde yargı organlarınca kanıtlanmış ihmali, kusurlu veya kasıtlı davranışı sonucu hizmet talep edenin zararı veya işinde hasar meydana gelmesi söz konusu ise, TL'nun hizmet talep edenin kanıtlanmış bu kaybı ile ilgili sorumluluğu, TL'nun bu hizmetten aldığı ücretin en fazla 2 (iki) katı kadardır. Ancak bu miktar 40.000.-Euro'dan daha fazla olamaz.

F. Yetkili Yargı Organı

Anlaşmazlıkların çözüm yeri İstanbul mahkemesi ve icra daireleridir.

Uyuşmazlıklarda Türkiye Cumhuriyeti yasaları uygulanır.

Cilt	Kısım	Başlık
		Klaslama ve Sörveyler
A	1	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları – Tekne Yapım Kuralları
A	2	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları – Malzeme Kuralları
A	3	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları – Tekne Yapımında Kaynak Kuralları
B	4	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları – Makina Kuralları
B	5	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları – Elektrik Kuralları
B	6	Çelik Gemileri Klaslama Kuralları–Basıncılı Kap, Boru ve Makina Elemanlarının Kaynak Kuralları
C	7	Yüksek Hızlı Tekneler
C	8	Kimyasal Madde Tankerleri
C	9	Yatların Yapımı ve Klaslanmasına İlişkin Kurallar
C	10	Sıvılaştırılmış Gaz Tankerleri
C	11	Yangın Söndürme Gemileri
C	12	Petrol Toplama Gemileri
C	13	Eskort Römorkörleri
C	14	Balıkçı Gemileri
C	15	Soğutma Tesisleri
C	16	Boru Döşeme Gemileri
C	17	İticiler, İtici/Duba Üniteleri
C	18	Sondaj Gemileri
C	19	İç Su / Kıyı Gemileri
C	20	Kablo Döşeme Gemileri
C	21	Kaptan Köşkü Dizaynı - Tek Kişilik Kumanda Konsolu
C	22	Dinamik Konumlandırma Sistemleri
C	23	Fazlalıklı Sevk ve Manevra Sistemleri
C	25	Makina Durum İzleme Esasları
C	26	Gemilerde Yakıt Pili Sistemlerinin Kullanımı İle İlgili Esaslar
C	27	Boyları 24 m.'den Küçük Ahşap Yolcu Teknelerinin Yapımı ve Klaslanmasına İlişkin Kurallar
C	30	Ahşap Balıkçı Tekneleri
D	50	Kaldırma Donanımlarının Yapım ve Sörvey Kuralları
D	51	Konteynerlerin Yerleştirilmesi ve Bağlanması
D	52	Dalış Sistemleri
D	53	Sualtı Tekneleri
D	54	Sualtı Donanımı
D	55	Yük Konteynerlerinin Yapımı, Onarımı ve Testlerine Ait Esaslar
D	57	Can Kurtarma, İndirme Donanımları ile ilgili Kurallar
D	58	Açık Denizde Yedekleme Esasları
D	59	Açık Deniz Tesisleri - Klaslama, Sertifikalandırma ve Sörveyler
D	60	Açık Deniz Tesisleri – Hareketli Açık Deniz Üniteleri
D	61	Açık Deniz Tesisleri – Sabit Açık Deniz Tesisleri
D	64	Açık Deniz Tesisleri – Elektrik
E	101	Askeri Gemiler - Klaslama ve Sörveyler
E	102	Askeri Gemiler - Tekne Yapısı ve Donanımı Kuralları
E	103	Askeri Gemiler - Malzeme Kuralları
E	104	Askeri Gemiler - Sevk Tesisleri
E	105	Askeri Gemiler - Elektrik
E	106	Askeri Gemiler - Otomasyon
E	107	Askeri Gemiler - Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler
E	111	Askeri Gemiler - Denizaltılar
E	112	Askeri Gemiler - Uzaktan Kumandalı Sualtı Araçları
E	113	Askeri Gemiler - Sualtı Kullanımı için Havadan Bağımsız Güç Sistemlerine Ait Esaslar
F	200	Rüzgar Türbinlerini Sertifikalandırma Esasları

Rüzgar Türbinlerini Sertifikalandırma Esasları

Sayfa

Kısaltmalar**Semboller ve Birimler****Bölüm 1- Genel Onaylama Koşulları**

A. Kapsam	1- 1
B. Sertifikalandırma	1- 1
C. Temel Dizayn ve Yapım Esasları	1-10
Ek 1-A Ulusal Standartlar	1-13
Ek 1-B IEC ve CENELEC Standartları	1-14

Bölüm 2- Emniyet Sistemi, Koruma ve İzleme Donanımı

A. Genel	2- 1
B. Kontrol ve Emniyet Sistemi	2- 2
C. Koruma ve İzleme Donanımı	2- 7
Ek 2-A Kontrol ve Emniyet Sistemlerinin Etkileşimi	2-16

Bölüm 3- Üreticiler ile İlgili İstekler, Kalite Yönetimi, Malzemeler ve Üretim

A. Üreticiler ile İlgili İstekler	3- 1
B. Kalite Yönetimi	3- 2
C. Malzemeler	3- 4
D. Üretim ve Testler	3-17

Bölüm 4- Yük Kabulleri

A. Esaslar	4- 1
B. Dış Koşullar	4- 3
C. Yüklerin Hesaplanması	4-14
D. Sahaya Özgü Değerlendirmeler	4-23
Ek 4-A Koordinat Sistemleri	4-30
Ek 4-B Yüklerin Değerlendirilmesi	4-32
Ek 4-C Güç Sistemi Arızası	4-36
Ek 4-D S Sınıfı Rüzgar Türbini Tanımı ile İlgili Dizayn Parametreleri	4-37

Bölüm 5- Mukavemet Analizleri

A. Genel	5- 1
B. Gerilmelerin Hesaplanması.....	5- 1
C. Metal Malzemeler	5- 3
D. Beton	5-13
E. Elyaf Takviyeli Plastik (ETP) ve Yapıştırılmalı Birleştirmeler	5-15
F. Ahşap	5-23
Ek 5-A. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mukavemet Analizi.....	5-24

Bölüm 6- Yapılar

A. Genel	6- 1
B. Pervane Kanatları	6- 1
C. Makina Yapıları.....	6- 5
D. Türbin Kaportası Kapakları ve Pervane Başlıkları	6- 6
E. Cıvatalı Birleştirmeler.....	6- 9
F. Kule	6-10
G. Temel.....	6-19

Bölüm 7- Makina Bileşenleri

A. Genel	7- 1
B. Kanat Ayarlama Sistemi	7- 2
C. Yataklar.....	7- 4
D. Dişli Kutuları	7- 7
E. Mekanik Frenler ve Kilitleme Düzenleri.....	7-13
F. Kaplinler.....	7-15
G. Elastomer Burçlar	7-15
H. Yönlendirme Sistemi	7-17
I. Hidrolik Sistemler	7-19

Bölüm 8- Elektrik Donanımı

A. Uygulama Alanı	8- 1
B. Elektrik Makinaları	8- 3
C. Transformatörler	8- 4
D. Statik Konvertörler	8- 5
E. Orta Gerilim	8- 5
F. Şarj Donanımı ve Akümülatörler	8- 6
G. Açma-Kapama ve Koruma Donanımı	8- 7
H. Kablolar ve Elektrik Tesisatı Donanımı	8- 9
I. Yıldırımdan Korunma	8-11

Bölüm 9- El Kitapları

A. Montaj El Kitabı.....	9- 1
B. İşletmeye Alma Dokümanları	9- 2
C. İşletme El Kitabı	9- 5
D. Bakım El Kitabı	9- 6

Bölüm 10- Rüzgar Türbinlerinin Testleri

A. Genel	10- 1
B. Güç Eğrisi	10- 2
C. Gürültü Yayımları	10- 2
D. Elektrik Karakteristikleri	10- 2
E. Türbin Davranış Testleri.....	10- 2
F. Yük Ölçümleri	10- 6
G. Dişli Kutularının Prototip Tecrübesi.....	10- 6
H. İşletmeye Almanın Gözetimi	10- 8

Bölüm 11- Periyodik İzleme

A. Kapsam ve Uygulama	11- 1
B. Teknik Uzmanlar, Dokümantasyon ve Faaliyetler.....	11- 3

RÜZGAR TÜRBİNLERİNİ SERTİFİKALANDIRMA ESASLARI

BÖLÜM 1

GENEL ONAYLAMA KOŞULLARI

Sayfa

A. Kapsam	1- 1
B. Sertifikalandırma.....	1- 1
C. Temel Dizayn ve Yapım Esasları.....	1-11
Ek 1-A Ulusal Standartlar	1-14
Ek 1-B IEC ve CENELEC Standartları	1-15

A. Kapsam**1. Genel**

1.1 Buradaki esaslar, rüzgar türbinlerinin dizaynı, onaylanması ve sertifikalandırılmasına uygulanır.

1.2 Sertifikalandırma yapılırken, rüzgar türbininin tüm kavramı değerlendirilir. Sertifikalandırma, tesisin tüm bileşenlerini kapsar, yani; emniyet, dizayn, yapı, kullanılabilirlik, işçilik ve kalite kontrol edilir, değerlendirilir ve sertifikalandırılır.

1.3 Rüzgar türbininin fiili ömrü, dizayn ömründen uzun olabilir. Rüzgar türbininin dizayn ömründen daha kısa ömürlü olan aşınan parçalar ile soğutucu maddeler, yakıtlar ve yağlar için türbin üreticisi düzenli değiştirme aralıklarını belirlemelidir.

Not :

Rüzgar türbininin dizaynında, pr EN 50308 “Wind Turbines – Labour Safety” taslak standardına uymak suretiyle iş güvenliği konuları dikkate alınabilir. Her durumda ulusal iş güvenliği kuralları dikkate alınacaktır.

2. Farklılıklar

2.1 Genel olarak, buradaki esaslardan sapmalar, sadece TL'nun izni ile mümkündür.

2.2 Özel durumlarda, ulusal kurallar ve kodlar, sertifikalandırmada göz önüne alınabilir.

2.3 Ulusal kurallar ve kaideler daha hafif maddeleri içerse dahi buradaki esaslarda verilen emniyet düzeyi asgari istek olarak kabul edilecektir.

2.4 Buradaki esasların uygulanamayacağı dizaynlar için TL, işlerin buradaki esaslar çerçevesinde yürütülmesini isteme hakkını saklı tutar.

2.5 Farklı standartların analiz kavramları uygulanacaksa, bunlar birbirlerine karıştırılmamalıdır.

3. Ulusal Standartlar

Rüzgar türbinleri ile ilgili Türk Standartları Ek 1-A'da verilmiştir.

4. Uluslararası Esaslar

Rüzgar türbinleri ile ilgili IEC ve CENELEC Uluslararası Standartları, teknik esasları ve spesifikasyonları Ek 1-B'de verilmiştir.

B. Sertifikalandırma**1. Sertifikalandırma Aşamaları**

Rüzgar türbinlerinin sertifikalandırılması aşağıdaki aşamalardan oluşur.

1.1 Dizayn esasları değerlendirilmesi

Dizayn esasları değerlendirmesindeki amaç tasarlanacak rüzgar türbini tipi için dizayn esaslarının düzgün bir şekilde dokümanite edilmesi ve güvenli bir dizayn için yeterliliğin kontrol edilmesidir.

Bu değerlendirme aşamasında dizayn ve dizayn dokümantasyonu için gerekli tüm gereklilikler, kabuller ve yöntemler belirlenmelidir. Bu değerlendirmede:

- Kullanılacak kod ve standartlar;
- Dizayn parametreleri, kabuller, yöntem ve prensipler;
- Üretim, taşıma, kurulum, ilk çalıştırma hatta işletim ve bakımla ilgili diğer gereklilikler ayrıntılı bir şekilde incelenecektir.

Bu değerlendirme için gerekli dokümantasyon: IEC 61400-22, IEC 61400-1, IEC 61400-2, IEC 61400-3 ve diğer uygulanan kod ve standartlara atıflarda bulunarak ya da diğer konulara özel dizayn parametreleri ve yöntemlerinin listelenmesiyle hazırlanacaktır. Özel olarak yapılan seçimler, gerekli bilgiler ve dizayn konularında karşılaşılabilecek kurallardan sapmalar açık bir şekilde dizayn esasları değerlendirmesinde belirtilecektir. Bunlara örnek olarak aşağıdaki dizayn konuları verilebilir:

- Dış dizayn parametreleri;
- Dizayn yük koşulları;
- Yük faktörleri ve yük azaltma katsayıları;
- Yükler ve malzemelere uygulanan kısmi emniyet katsayıları;
- Simulasyon sayısı ve süreleri;
- Maksimum ve yorulma dizayn yüklerinin analiz yöntemleri;
- Kurulumla ilgili çevresel şartlar;
- Muayene kapsam ve sıklığı;

- Aksam, sistem ve yapıların hedeflenen ömürleri ve
- Durum izleme sistemleriyle ilgili gerekler.

1.2 C-Dizayn değerlendirilmesi

Prototiplerde, C-dizayn değerlendirmesini elde etmek için (B.2'ye bakınız), dizayn dokümanları esasında, prototipin uygunluk kontrolü yapılmalıdır. Bu kontrol tamamlandıktan sonra, **TL**, C-dizayn değerlendirmesi için Uygunluk Beyanı düzenleyecektir.

1.3 Bir rüzgar türbini tipinin A- ve B- dizayn değerlendirmesi

A- veya B- dizayn değerlendirmesini elde etmek için (B.3'e bakınız), ilk rüzgar türbinlerinden birinin çalıştırılmasının gözetimi ile birlikte, gerekli malzeme ve bileşen testleri ve komple bir dizayn analizi yapılmalıdır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra, **TL**, A- veya B- dizayn değerlendirmesi için Uygunluk Beyanı düzenleyecektir.

1.4 Sahaya özgü dizayn değerlendirilmesi

1.4.1 Sahaya özgü dizayn değerlendirmesi için (B.4'e bakınız), aşağıdaki aşamalar gereklidir:

- A (veya B) dizayn değerlendirmesi (B.3'e bakınız)
- Sahaya özgü değerlendirme (B.4.2'ye bakınız)

1.4.2 Bu aşamalar tamamlandıktan sonra, **TL** dizayn değerlendirmesi için sahaya özgü Uygunluk Beyanı düzenleyecektir.

1.5 Rüzgar türbini tipi için Tip Sertifikası

1.5.1 Tip sertifikasını (B.5'e bakınız) elde etmek için, aşağıdaki aşamalar gereklidir.

- Dizayn esasları değerlendirilmesi,
- A - dizayn değerlendirmesi (B.3'e bakınız),
- Üreticinin kalite yönetim sistemi (B.5.2'ye bakınız),

- Üretim ve montajda dizaynla ilgili isteklerin uygulanması (B.5.3'e bakınız),
- Prototipin test çalıştırmasının gözetimi (B.5.4 ve Bölüm 10'a bakınız).

1.5.2 Bu aşamalar tamamlandıktan sonra, **TL** üretim ve montajda dizaynla ilgili isteklerin uygulanması ve prototip testleri ile ilgili Uygunluk Beyanını ve Tip Sertifikasını düzenleyecektir.

1.6 Proje sertifikası

1.6.1 Bir rüzgar türbini veya rüzgar çiftliğinin proje sertifikasını almak için (B.6'ya bakınız), aşağıdaki aşamalar gereklidir:

- Kullanılan rüzgar türbini tipi için tip sertifikası (B.5'e bakınız),
- Sahaya özgü dizayn değerlendirmesi (B.4'e bakınız),
- Temellerin muayenesi (Bölüm 6, G'ye bakınız),
- Üretim sırasındaki sorveyler (B.6.2'ye bakınız),
- Taşıma ve montaj sırasındaki sorveyler (B.6.3'e bakınız),
- İlk çalıştırma sırasındaki sorveyler (B.6.4'e bakınız),
- Sertifikanın geçerliliğini sürdürmek üzere yapılacak periyodik muayene (periyodik izleme) (B.6.5 ve Bölüm 11'e bakınız).

1.6.2 Bu aşamalar tamamlandıktan sonra, **TL** sertifikayı düzenleyecektir.

2. Prototiplerin Değerlendirmesi (C-Dizayn Değerlenmesi)

2.1 Genel

C-Dizayn değerlendirmesi (prototip değerlendirmesi), bir rüzgar türbininin prototipinin yapımı için kullanılır. Kural

olarak, prototipte güç ve yük ölçümleri yapılacak ve bunlar hesaplanan değerlerle karşılaştırılacaktır. Nihai yüklerin önemli ölçüde değişmemesi koşuluyla, kontrol sisteminde değişimlere izin verilir. C-dizayn değerlendirmesinde genelde; yüklerin, pervane kanatlarının, makina bileşenlerinin, kulenin ve temelin uygunluk kontrolleri esas alınır. Ulusal veya yerel kurallar kulenin ve temelin komple bir analize tabi tutulmasını isteyebilir

2.2 Kapsam ve geçerlilik

2.2.1 Her rüzgar türbini tipi için, sadece bir C-dizayn değerlendirmesi yapılır. Eğer bir tesis tipinde; diğer pervane kanatları, farklı işletim durumları veya yüklere önemli oranda etki eden diğer hususlarla değişiklik yapılırsa, bu durumda farklı bir tesisin doğrulanması ve yeni bir C-dizayn değerlendirmesi yapılmalıdır.

2.2.2 C-dizayn değerlendirmesi, tam yükte maksimum 2 yıl veya 4000 eşdeğer saatlik test işletimi için geçerlidir.

2.3 Onaylanacak dokümanlar

2.3.1 C-dizayn değerlendirmesi için, aşağıdaki dokümanlar verilecektir:

- Rüzgar türbininin genel tanımı,
- Kontrol ve emniyet kavramlarının tanımı,
- Emniyet sistemi ve frenleme sistemlerinin tanımı,
- Yüklerin hesabı,
- Yapısal dizayn ve kanat bağlantıları dahil, pervane kanadının ana resimleri,
- Türbin kaportasının genel yerleşim resmi,
- Göbek, ana şaft ve ana yapı, iskelet resimleri,
- Kullanılacak önemli bileşenlerin listesi (örneğin; ana yatak, dişli kutusu, fren, jeneratör vb.),
- Kule ve temelin ana resimleri,

- Zemin etüdü raporu (opsiyonel),
- Elektroteknik donanımın tanımı,
- Prototipin planlanan yeri.

2.3.2 Bazı hallerde aşağıdaki dokümanlar da gerekebilir:

- Kule için hesaplama dokümanları,
- Temel için hesaplama dokümanları.

2.3.3 Ölçümlerin tamamlanmasından sonra, ölçüm raporları ve ölçümlerin dizayn değerleriyle karşılaştırılması incelenmek üzere TL'na verilecektir.

2.4 Değerlendirmenin kapsamı

2.4.1 Rüzgar türbininin emniyet sistemiyle ilgili olarak, emniyetle alakalı işletim değerlerinin algılanıp algılanmadığı ve emniyet sistemine iletilip iletilmediği kontrol edilecektir.

Ayrıca, iki bağımsız frenleme sisteminin varlığı kontrol edilecektir.

2.4.2 Verilecek kanat kökü, göbek ve kule başı yükleri, uygunluk bakımından kontrol edilecektir. Aşırı yüklerin ve yorulma yüklerinin benzer boyutlu diğer rüzgar türbinlerindeki ile karşılaştırılabildiği hallerde buna imkan vardır. Daha büyük türbin tipli bir türbinin değerlendirmeye sunulduğu hallerde ilgili değerler, fiziksel koşullar dikkate alınarak ekstrapole edilecektir.

Not :

Prototip için, yüklerle etki eden kontrol sistemi değişimlerine izin verildiğinden, yüklerin ayrıntılı olarak incelenmesinden vazgeçilebilir.

2.4.3 Benzer türbinlerin boyutlandırılmasından elde edilen deneyimlerin uygulanması mümkün ise, tahrik sistemindeki pervane kanatları ve makina bileşenleri de uygunluk yönünden kontrol edilecektir.

B.2.1'de belirtildiği üzere, kule ve temelin uygunluk kontrolünün yeterli olup olmadığı veya komple bir analizin mi yapılacağı yerel kurallara veya isteklere bağlı olabilir.

3. A- ve B- Dizayn Değerlendirmesi

3.1 Kapsam ve geçerlilik

3.1.1 A- veya B- dizayn değerlendirmesini elde etmek için, 3.2 ve 3.3'de belirtilen testler ve gözetimler gereklidir.

3.1.2 B-dizayn değerlendirmesi, doğrudan emniyetle ilgili olmamaları koşuluyla, tamamlanmamış, parçaları içerebilir. B-dizayn değerlendirmesinin geçerliliği 1 yıldır. Geçerlilik periyodu sırasında, bu tip monte edilmiş tüm rüzgar türbinleri TL'na bildirilecektir.

3.1.3 A-dizayn değerlendirmesi, sadece tamamlanmış elemanlarda yapılır. A-dizayn değerlendirmesi sürekli olarak geçerlidir. Bu değerlendirme, dizayn değerlendirmesinin bir parçası olan bileşenlerin dizaynında TL'nun izni olmaksızın değişiklik yapılması halinde geçersiz hale gelir.

3.1.4 A- veya B- dizayn değerlendirmesi kapsamında temelin muayenesi opsiyoneldir.

3.2 Dizayn dokümanlarının değerlendirilmesi

3.2.1 Dizayn dokümanlarının değerlendirilmesi için üretici; spesifikasyonlar, hesaplar, resimler, tanımlar ve parça listeleri formunda tam takım dokümanları verecektir. Tip sertifikasyonu kapsamında verilecek olan, üretim ve montajda dizaynla ilgili isteklerin uygulanması (5.3'e bakınız) ile ilgili dokümanların, dizayn değerlendirilmesi kapsamında da incelenmek üzere verilmesi önerilir.

3.2.2 İlk önce, dizayn esas olan dokümanlar değerlendirilir, bunlar:

- Kontrol ve emniyet sistemi kavramları (Bölüm 2),
- Yük durumu tanımları/yük kabulleridir (Bölüm 4),

3.2.3 Bu değerlendirmelerden sonra, aşağıda belirtilen bileşimlerin ve parçaların dizayn değerlendirmesi yapılır:

- Emniyet sistemi (Bölüm 2),
- Pervane kanatları (Bölüm 6, B),
- Türbin kaportası ve pervane başlıkları dahil (Bölüm 6, D), mekanik yapılar (Bölüm 6, C, 6.E),
- Makina bileşenleri (Bölüm 7),
- Yıldırımdan korunma dahil elektroteknik bileşenler (Bölüm 8),
- Kule (Bölüm 6, F) ve opsiyonel olarak temel (Bölüm 6, G),
- El kitapları (Bölüm 9): montaj el kitabı, çalıştırma el kitabı, işletme el kitabı, bakım el kitabı.

3.3 Gözetim ve testler

3.3.1 Kanat testlerinin kapsamı Bölüm 6, B.5'de tanımlanmıştır.

3.3.2 Ana dişli kutusunun test tezgahındaki prototip testi, A-dizayn değerlendirmesinin düzenlenmesinden önce tamamlanacaktır (Bölüm 10, G).

3.3.3 Belgelendirilecek versiyondan üretilen ilk türbinlerden birinde ilk çalıştırma prosedürüne nezaret edilecektir (Bölüm 10, H).

4. Sahaya Özgü Dizayn Değerlendirmesi

4.1 Kapsam

Sahaya özgü dizayn değerlendirmesini elde etmek için, 1.3'deki aşamalar izlenmelidir.

4.2 Sahaya özgü değerlendirme

4.2.1 Sahaya özgü değerlendirme; rüzgar türbininin bütünüyle muayenesini, rüzgar türbini üzerindeki ortamla ilgili etkileri ve rüzgar türbinlerinin karşılıklı etkileşimlerinin incelenmesini içerir.

4.2.2 Sahaya özgü değerlendirme için, aşağıdaki etmenlerden gelen etkiler dikkate alınacaktır:

- Sahanın topografik durumu,
- Sahadaki rüzgar koşulları,
- Diğer ortam koşulları, örneğin: sıcaklık, buz ve kar, nem, yıldırım düşmesi, güneş radyasyonu, havadaki tuz oranı, vb.,
- Deprem tehlikesi, ilgili yükler ve dizayn önlemleri,
- Sahadaki elektrik koşulları,
- Zemin koşulları.

4.2.3 Eğer sahada hüküm süren ortam ve koşullar, rüzgar türbininin bütünlüğüne ve emniyetine zarar verecek şekilde ise, bu durum **TL** ile koordineli olarak değerlendirilecektir. Ayrıntılı istekler için Bölüm 4, D'ye bakınız.

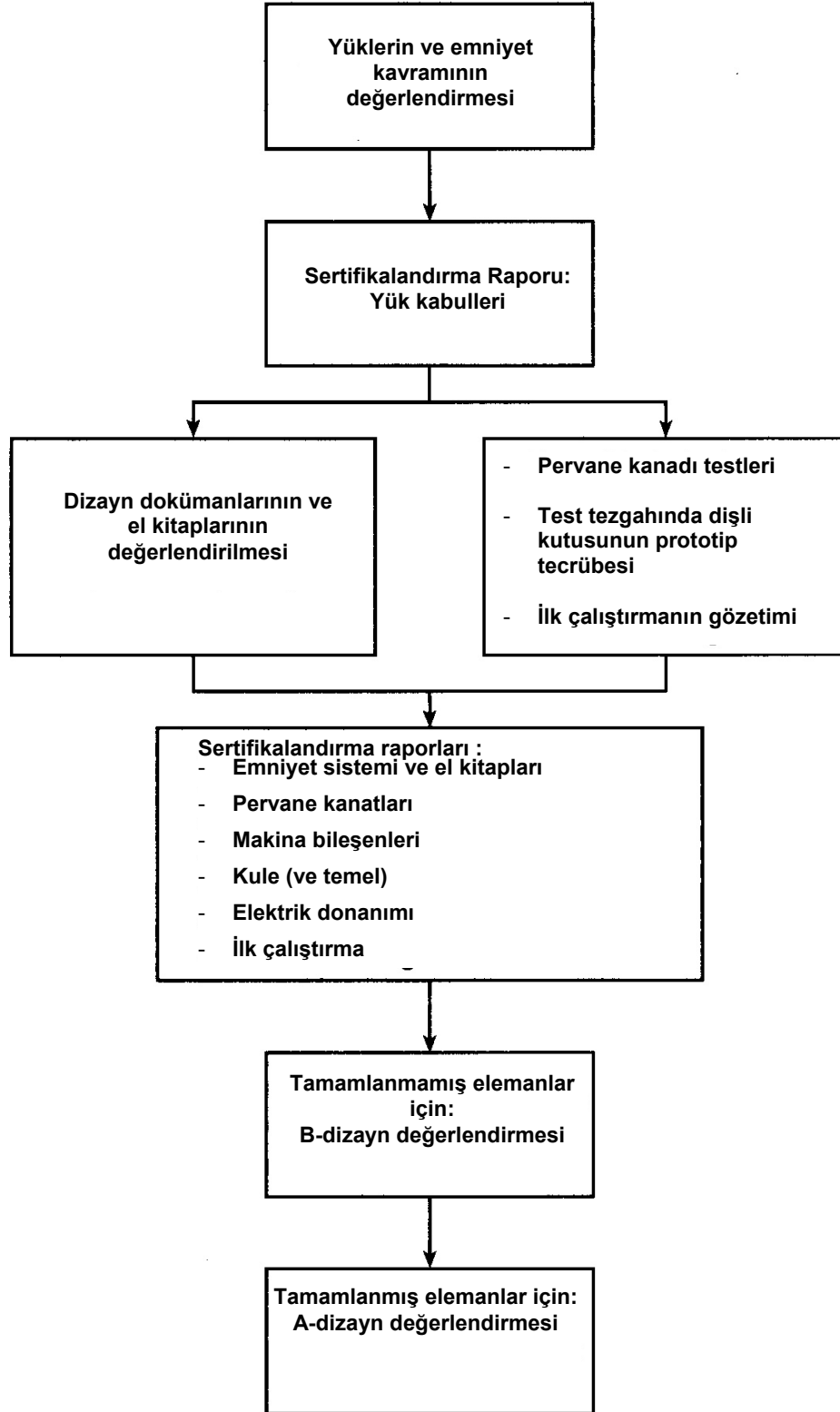
4.2.4 Sahadaki dış koşulların, diğer türbinlerin ve sahadaki yapıların rüzgar türbinine etkileri kontrol edilecektir.

Dış koşulların, rüzgar türbininin dizaynı için kabul edilenler (3.2'ye bakınız) bakımından kritik olmadığı gösterilmelidir. Eğer sahadaki koşullar, dizaynda kabul edilenlerden daha yüksek yüklerin veya daha olumsuz koşulların oluşmasına neden oluyorsa, dizayn değerlendirmesi, sahaya özgü koşullara göre yapılacaktır.

5. Tip Sertifikası

5.1 Kapsam ve geçerlilik

5.1.1 Tip sertifikasını elde etmek için, 1.4'de belirtilen aşamalar izlenmelidir. Şekil 1.2'ye bakınız. Tip sertifikası, sadece bir tip rüzgar türbinine uygulanır, fiili tesislere veya projelere uygulanmaz.



Şekil 1.1 A - ve B- dizayn değerlendirmesi prosedürü

5.1.2 Tip sertifikasının geçerlilik süresi 3 yıldır. Geçerlilik süresinde, bu tipten kurulu tüm rüzgar türbinleri yıllık olarak **TL**'na bildirilecektir. A-dizayn değerlendirmesi veya kalite sistemi sertifikasının geçerliliğini kaybetmesi halinde, 3 yıllık süre sona ermeden tip sertifikası da hükümsüz kalacaktır.

5.1.3 Geçerlilik süresinin dolması halinde, üreticinin başvurusu üzerine, yeniden sertifikalandırma yapılacaktır (7.'ye bakınız).

5.2 Kalite yönetim sistemi

Kalite yönetimi sistemi kapsamı çerçevesinde, üretici, dizayn ve üretim yönünden ISO 9001'in isteklerini sağladığını doğrulayacaktır. Kural olarak, bu durum, akredite bir sertifikalandırma kuruluşu tarafından kalite yönetim sistemi sertifikalandırması ile sağlanacaktır (Bölüm 3, B'ye bakınız).

5.3 Üretim ve montajda dizaynla ilgili isteklerin uygulanması

5.3.1 Amaç: üretim ve montajda, bileşenlerle ilgili teknik dokümanlarda belirtilen isteklerin göz önüne alınması ve uygulanması sağlanacaktır. Bu husus öncelikle, bileşenlerin ve rüzgar türbininin üreticisi tarafından **TL**'na gösterilecektir. Ayrıca, normal çalışma sırasında dış gözetimlerin yapılması öngörülür.

5.3.2 Üretim ve montaj sırasındaki gözetimin kapsamı, kalite yönetim önlemlerinin standardına bağlıdır ve **TL** ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir.

5.3.3 Üretim ve montajdaki kalite yönetimi önlemlerinin tanımı, ilgili bileşen veya gruplarla ilgili özet dokümanda sunulacaktır. Kalite yönetim denetimleri; resimler, spesifikasyonlar ve örnek dokümanlarla desteklenebilir.

5.3.4 Kalite yönetim önlemlerinin tanımlarının, dizayn değerlendirmesi kapsamı içinde sunulması tavsiye edilir (3.2'ye bakınız).

5.3.5 Dokümanite edilen uygulamalar, üretimin başlangıcında, personel muayenesi kapsamında **TL** tarafından incelenir. Uygunluğun, bileşen üreticisinin

işyerinde mi yapılacağı veya tesis üreticisinin kabul muayenesinin bir parçası mı olacağına her durumda ayrı ayrı karar verilecektir.

5.3.6 Üretim kalitesine veya bileşenlerin özelliğine etki eden prosedür değişimleri **TL**'na bildirilecektir. Büyük değişimlerde, açıklayıcı dokümanlar yeniden inceleme için verilecek ve gerekirse, personel muayenesi tekrarlanacaktır.

5.3.7 Üretim hatasına bağlı olarak rüzgar türbinlerinin çalışmasında sapmalar veya arızaların oluştuğuna dair bilgiler elde edilirse, tip sertifikasının düzenlenmesinden sonra dahi **TL**'nın üretimi gözetme hakkı saklıdır.

5.3.8 Arızaları düzeltme olanakları aşağıda verilmiştir:

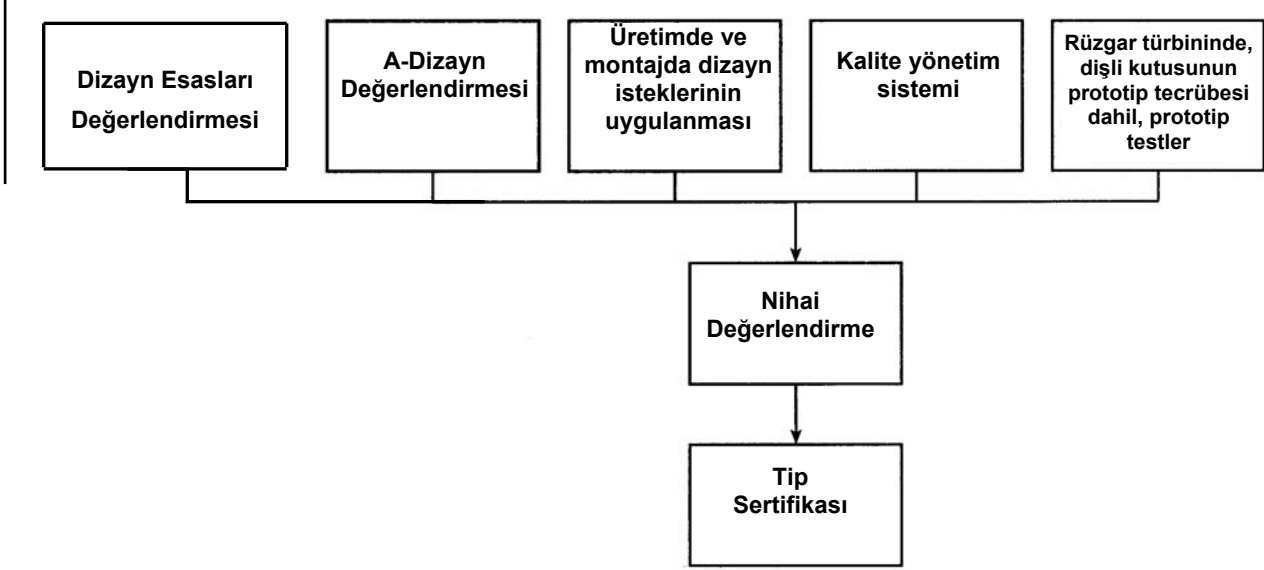
- Açıklayıcı dokümanların düzeltilmesinden sonra, oluşan hatalar düzeltilir. Personel muayenesinin tekrarlanması gerekebilir.
- Eğer hatalar algılanamazsa, bu bileşenler veya parçalar için **TL**, üretim yerinde dış muayene talep edebilir.

5.4 Prototip testi

5.4.1 Prototipin testi kapsamındaki ölçümler, genelde aşağıda belirtilenleri içerir:

- Güç eğrisi ölçümü (Bölüm 10, B'ye bakınız),
- Gürültü yayımının ölçümü (Bölüm 10, C'ye bakınız),
- Elektrik karakteristiklerinin ölçümü (Bölüm 10, D'ye bakınız),
- Rüzgar türbini davranış testleri (Bölüm 10, E'ye bakınız),
- Yük ölçümleri (Bölüm 10, F'ye bakınız).

5.4.2 Bu ölçüm kapsamında sapmalar sadece **TL** ile anlaşmaya varılması halinde mümkündür.



Şekil 1.2 Tip sertifikası aşamaları

5.4.3 Ölçümlerle ilgili ayrıntılar Bölüm 10'da verilmiştir. Ölçüm noktaları, ölçümlerin planlanan kapsamı ve bunların değerlendirilmesi, montaja başlamadan önce **TL** ile koordine edilecektir. Eğer ölçümlerin sonuçları, mukavemet analizlerinde esas olarak alınacaksa, ölçümler ilave istekler hakkında **TL** ile koordinasyon sağlanacaktır.

5.4.4 Ölçümlerin tamamlanmasından sonra, aşağıdaki faaliyetler yürütülecektir.

- Ölçümlerin değerlendirilmesi ve dokümanite edilmesi,
- Ölçüm sonuçlarının uygunluk kontrolü,
- Ölçüm sonuçları ile dizayn dokümanlarındaki kabullerin karşılaştırılması.

5.4.5 Çeşitli ölçümlerle ilgili ölçüm raporları ve karşılaştırmalar, incelenmek üzere **TL**'na verilecektir.

5.5 Diğer testler

Türk Loydu, gerekli gördüğü takdirde diğer test ve ölçümlerin yapılmasını isteyebilir. Diğer testler, tip testine dahil edilmesi için sertifika talebinde bulunan tarafından da istenebilir. Bu testlere örnek olarak:

- Ana mekanik ve elektriksel aksamın ısı durumları;
- Ana mekanik ve elektriksel aksamın mekanik durumu (titreşim, klerans ve cevap durumları);
- Elektronik aksamın çevresel testleri;
- Elektromanyetik uygunluk testi

gibi testler gösterilebilir.

Ana dişli kutusu olan rüzgar türbinlerinin tip testleri ISO 81400-4 standardı gereği saha testlerini de içerecektir.

6. Proje Sertifikası

6.1 Kapsam ve geçerlilik

6.1.1 Proje sertifikasını elde etmek için, 1.5'deki aşamaların izlenmesi gerekir, Şekil 1.3'e bakınız. Proje sertifikası fiili tesislere veya projelere uygulanır.

6.1.2 Proje sertifikası süresiz olarak geçerlidir ve sadece periyodik izleme yapılmazsa hükümsüz hale gelir. **TL** tarafından onaylanmayan büyük değişimler, tadilatlar ve onarımlar da sertifikanın geçerliliğini yitirmesine yol açar.

6.2 Üretim sırasındaki gözetimler

6.2.1 Üretimin başlaması sırasındaki gözetimlerden önce, üretici tarafından belirli kalite yönetimi istekleri karşılanmalıdır. Kural olarak kalite yönetim sistemi ISO 9001'e uygun olarak sertifikalandırılmalıdır. Aksi halde, kalite yönetimi önlemleri TL tarafından değerlendirilecektir. Bunun için Bölüm 3, B.3'Deki minimum istekler karşılanacaktır.

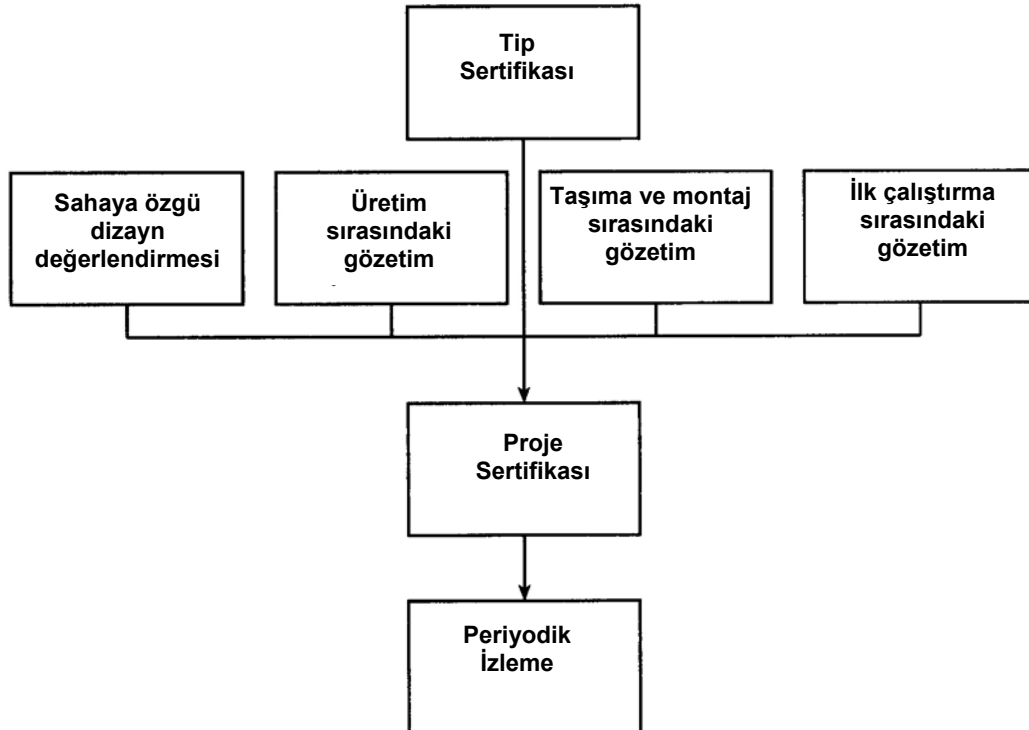
6.2.2 Üretim sırasındaki gözetimin kapsamı, kalite yönetimi önlemlerinin standardına bağlıdır ve TL ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir. genelde, TL tarafından aşağıdaki faaliyetler ve onaylar yürütülecektir:

- Malzemelerin ve bileşenlerin muayene ve testleri,
- Test sertifikaları, belgeler, raporları gibi kalite yönetim kayıtlarının incelenmesi,

- Depolama koşulları ve elleçleme dahil, rastgele örnekleme ile üretimin gözetimi,
- Korozyondan korumanın muayenesi,
- Elektrik güç sisteminin muayenesi,
- Son testin gözetimi.

6.3 Taşıma ve montaj sırasındaki gözetimler

6.3.1 Çalışmaya başlamadan önce, gerektiğinde sahadaki özel koşulları da dikkate alan bir montaj el kitabı (Bölüm 5, A'ya bakınız) verilecektir. Bu el kitabı, değerlendirilen dizayna, taşıma ve montaj koşullarına (iklim, iş planlaması, vb.) uygunluk yönlerinden kontrol edilecektir. Ayrıca, tesisin genel şebekeye nasıl bağlanacağını gösteren elektrik tesisatı planları ile birlikte rüzgar türbininin konumunu gösteren bir saha planı da verilecektir.



Şekil 1.3 Proje sertifikası aşamaları

6.3.2 TL'nun gözetim faaliyetleri kapsamı, taşıma ve montajda görev alan firmaların kalite yönetim önlemlerine bağlıdır. Kural olarak, **TL** aşağıdaki faaliyetleri yapacaktır:

- İlgili rüzgar türbininin tüm bileşenlerinin belirlenmesi ve ayrılması,
- Taşıma sırasında hasarlanmalar yönünden bileşenlerin kontrolü,
- İş programının incelenmesi (örneğin; kaynak, montaj, cıvata ile bağlama),
- Üreticinin işyerinde yapılmadığı takdirde, üretimin kalitesi yönünden, ön montajı yapılmış grupların ve monte edilecek bileşenlerin muayenesi,
- Rastgele örnekleme esasına göre montajdaki önemli aşamaların gözetimi,
- Cıvatalı birleştirmelerin muayenesi, tahribatsız testlerin gözetimi (örneğin; kaynaklı birleştirmeler)
- Korozyondan korumanın muayenesi,
- Elektrik tesisatının muayenesi (kablo çekilmesi, donanım toprakları ve topraklama sistemi).

6.4 İlk çalıştırmanın gözetimi

6.4.1 İlk çalıştırmadan önce, planlanan tüm testlerle birlikte ilk çalıştırma el kitabı (Bölüm 9, B'ye bakınız) değerlendirilmek üzere verilecektir. İlk çalıştırmadan önce, üretici, rüzgar türbininin uygun olarak monte edilmiş olduğunun ve gerektiği takdirde, çalışmanın emniyeti sağlamak üzere test edilmiş olduğunun kanıtlarını verecektir. Bu kanıtın bulunmadığı hallerde, tesisi işletmeye alırken uygun testler yapılacaktır. İlk çalıştırma **TL** gözetimi altında yapılır.

6.4.2 İlk çalıştırma sırasında, çalışma durumundan kaynaklanan tüm rüzgar türbini işlevleri test edilecektir. Bu testler ve faaliyetler şunlardır:

- Emercensi basma düğmesinin işlevi,
- Çalışma sırasındaki olası her koşulda frenlerin harekete geçirilmesi,
- Yönlendirme sisteminin işlevi,
- Yük kaybı durumunda davranış,
- Aşırı devir durumunda davranış,
- Otomatik çalışma işlevi,
- Tüm tesisin gözle muayenesi,
- Kontrol sistemi göstergelerinin lojik kontrolü.

6.5 Periyodik izleme

6.5.1 Sertifikanın geçerliliğini sağlamak için, rüzgar türbininin onaylı bakım el kitabına göre bakımı yapılacak ve tesisin durumu, Bölüm 11, "Periyodik İzleme"ye göre **TL** tarafından periyodik olarak izlenecektir. Bakımlar, **TL** tarafından kabul edilen yetkili bir kişi tarafından yapılacak ve dokümanite edilecektir. Periyodik izleme aralığı, kural olarak iki yıldır. Bu aralık, tesisin durumuna göre değişebilir.

6.5.2 Hasarlar veya büyük onarımlar **TL**'na bildirilecektir. Sertifikanın geçerliliğini sağlamak için, değişimler **TL** tarafından onaylanmalıdır. Gözetime tabi olan bu işlerin kapsamı hakkında **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

6.5.3 Bakım kayıtları **TL** tarafından incelenecektir. **TL**'nin yapacağı periyodik izleme aşağıdaki kısımları kapsar:

- Temel,
- Kule,
- Türbin kaportası,

- Tahrik sisteminin tüm parçaları,
- Pervane kanatları,
- Hidrolik / pnömatik sistem,
- Emniyet ve kontrol sistemleri,
- Elektrik donanımı.

6.5.4 Periyodik izleme ayrıntıları Bölüm 11'de verilmiştir.

7. Yeniden Sertifikalandırma

7.1 Tip sertifikasının geçerliliğinin sona ermesi halinde, üreticinin başvurusu üzerine yeniden sertifikalandırma yapılacaktır. İşlemin tamamlanmasını takiben, yeniden sertifikalandırmayı ve 3 yıllık geçerlilik süresini de belirten bir Tip Sertifikası düzenlenecektir (5.'e bakınız).

7.2 Yeniden sertifikalandırma için aşağıdaki dokümanlar incelenmek üzere TL'na verilecektir:

- Geçerli resimlerin listesi,
- Dizayn değerlendirmesinin bir parçasını oluşturan bileşenlerin dizayn değişimlerinin ve varsa değişimlerin değerlendirilmesi ile ilgili dokümanların listesi,
- Son denetimden beri kalite yönetim sistemindeki değişimlerin listesi,
- Tipteki tüm kurulu rüzgar türbinlerinin listesi (asgari olarak, değişimin açık tanımı, seri numarası, göbek yüksekliği, konum ile birlikte tipin beyanı),
- Kurulu rüzgar türbinlerindeki tüm hasarların listesi.

7.3 Eğer yapıda değişiklikler yapılırsa, bunlar incelenir ve A-dizayn değerlendirmesi için Uygunluk Beyanı revizyonu düzenlenir.

C. Temel Dizayn ve Yapım Esasları

1. Genel

1.1 Buradaki esasların temeli, örneğin; ISO 2394 veya eşdeğeri gibi standartlarda yer alan genel güvenilirlik ve dayanıklılık prensiplerine dayanmaktadır.

1.2 Sertifikalandırılması amaçlanan rüzgar türbinleri, öngörülen çalışma ömürleri boyunca emniyetli ve ekonomik çalışma garanti edilecek şekilde dizayn ve imal edilecek ve bakımı yapılacaktır. Bu amaçla, aşağıda belirtilenlerin kanıtlanması gereklidir:

- Tesis; üretim sırasında ve öngörülen çalışma ömrü sırasında (azami sınır durumları) karşılaşılabilecek kabul edilen tüm yüklere (C.2.1'e bakınız) karşı koyabilecektir, ve
- Tesis; bu bağlamda kabul edilecek yüklerin her birinin etkisi altında çalışmaya devam edebilecektir (çalışılabilirlik sınır durumları).

1.3 Rüzgar türbini, normalde, küçük etkenler, orantısız şekilde büyük hasarlara neden olmayacak şekilde dizayn edilmelidir. Bu durum –örneğin- aşağıdaki şekilde sağlanabilir.

- Önemli bileşenlerin, bir parçadaki arızanın tüm tesisin hasarlanmasına yol açmayacak şekilde dizayn edilmesiyle, veya
- Tüm önemli bileşenlerin, öngörülen tüm etkilere dayanabilmesinin sağlanmasıyla.

1.4 Muayene ve bakım aralıkları; söz konusu aralıkta tesisin durumunda önemli bir bozulma olmaması sağlanacak şekilde planlanmalıdır. Dizaynda; ilgili bileşenlerin muayenelerinin yapılabilme olanağı dikkate alınacaktır.

1.5 Muayenenin mümkün olmadığı hallerde bileşen, tesisin tüm çalışma ömrü boyunca dayanıklılığı sağlanacak şekilde dizayn ve imal edilecektir.

1.6 Bakım kavramı, dayanıklılığını sağlamak üzere tesisin ömrü boyunca yetkili bir kişi tarafından yapılan tüm faaliyetleri içerir. Bu faaliyetler şunları içerir:

- Düzenli muayeneler,
- Olağandışı muayeneler (örneğin; hasardan veya depremden sonra),
- Onarımlar,

2. Tanımlar

2.1 Yükler

Bu tanımlar çerçevesindeki yükler, yapıya bir yük gelmesine neden olan tüm çevresel etkiler ve etkileşimlerdir.

2.2 Sınır durumları

Bir yapının veya bileşenlerinin bütünlüğü, sınır durumların incelenmesi ile kanıtlanacaktır. Sınır durumlar, kendi içinde de ayrılabilen iki gruba ayrılır: azami sınır durumları ve çalışılabilirlik sınır durumları.

2.2.1 Azami sınır durumu

2.2.1.1 Genelde maksimum yük taşıma kapasitesine karşılık gelen azami sınır durumu, örneğin; aşağıdaki durumları içerir:

2.2.1.2 Bileşenler, kesitler ve bağlantılardan oluşan bir yapının kritik parçalarının, örneğin; aşağıdaki nedenlerle kopması :

- Çatlama / azami mukavemetin aşılması,
- Denge kaybı (burkulma),

- Yorulma.

2.2.1.3 Bir yapının veya parçalarının statik dengesinin kaybı (örneğin; rijid bir gövde olarak devrilme).

2.2.2 Çalışılabilirlik sınır durumu

Dizayna ve işleve bağlı olarak çalışılabilirlik sınır durumu, rüzgar türbininin normalde öngörülen çalışmasına yönelik çeşitli sınırlayıcı değerlerle belirlenir. Dikkate alınarak sınırlar, diğerlerinin yanı sıra, şunlardır:

- Deformasyonlar,
- Titreşim genlikleri ve ivmeler,
- Çatlak genişlikleri,
- Gerilmeler ve zorlanmalar.

2.3 Yükler için kısmi emniyet faktörleri

2.3.1 Yükler için kısmi emniyet faktörleri γ_F , oluşan yük olasılığı dikkate alınarak, verilen bir olasılıkta belirli sınırlayıcı değerlerin aşılmaması sonucunu verir. Bu kısmi emniyet faktörleri, yüklerin ve onların görünme olasılığının (örneğin; normal ve aşırı yükler) belirsizliğinin, yüklerin belirleyici karakteristik değerlerden olası sapmasını ve yük modelinin hassasiyetini (örneğin; gravite veya aerodinamik kuvvetler) yansıtır.

2.3.2 Yükler için kısmi emniyet faktörleri kullanılan malzemelerden bağımsızdır ve tüm yük bileşenleri için Bölüm 4, C.5'de belirtilmiştir.

2.3.3 Güvenilir dizayn değerlerini elde etmek için, yüklerin belirsizlikleri ve değişimleri C.1 eşitliğinde, tanımlanan yükler için kısmi emniyet faktörleri ile karşılanır.

$$F_d = \gamma_F \cdot F_k \quad (C.1)$$

Burada ;

$$S = S (F_d) \quad (C.3)$$

F_d = Yüklerin dizayn değerleri,

γ_F = Yükler için kısmi emniyet faktörleri,

F_k = Yüklerin karakteristik değerleri. Buradaki esaslarda, istatistiksel yollarla karakteristik değerlerin kolaylıkla belirlenemeyeceği durumlarda “temsili değer” ifadesi kullanılır.

2.3.4 Bu esaslara göre kullanılan yükler için kısmi emniyet faktörleri aşağıda belirtilenleri dikkate alır:

- Yüklerin, karakteristik değerlerden istenilmeyen sapma olasılığı,
- Yük modelindeki belirsizlikler.

2.3.5 Bu değişken belirsizlikler, bazı hallerde bağımsız kısmi emniyet faktörleri vasıtasıyla dikkate alınır. Birçok kodlarda olduğu gibi buradaki esaslarda yük ile ilgili faktörler, kısmi emniyet faktöründe gruplandırılır.

2.4 Malzemeler için kısmi emniyet faktörleri

2.4.1 γ_M , malzeme için kısmi emniyet faktörleri malzeme tipine, prosese, bileşen geometrisine ve varsa, üretim prosesinin mukavemet üzerindeki etkisine bağlılığı dikkate alır.

2.4.2 Mukavemet analizlerinde kullanılacak R_d dizayn dirençleri, C.2 eşitliğine göre R_k karakteristik mukavemetin, malzemeler için kısmi

$$R_d = R_k / \gamma_M \quad (C.2)$$

2.4.3 Malzemeler için kısmi emniyet faktörleri, malzemelere bağlı olarak, Bölüm 5, C, D, ve E’de belirtilmiştir.

3. Analiz Prosedürü

3.1 Bir bileşendeki S gerilmesi, ilgili sınır durumu için uygulanan dizayn yükleri kullanılarak hesaplanır.

3.2 Dizayn yüklerinden kaynaklanan gerilmelerin, dizayn mukavemetinin altında kaldığının kanıtı gereklidir.

$$S \leq R_d \quad (C.4)$$

3.3 ISO 2394 ve Avrupa kodlarında istenilen kısmi emniyet faktörü prosedürü, her zaman doğrudan rüzgar türbinlerine uygulanamaz. Zira ortam ile etkileşimde bulunan rüzgar türbininin çalışma durumu, çeşitli yük bileşenleri eşitliğinden elde edilir. Bu gibi durumlarda, yükler ve gerilmelerin hesabı, karakteristik yükler kullanılarak hesaplanacaktır. Belirsizlikten kaynaklanan bağımsız etkiler (örneğin; dönme hızı, aerodinamik kuvvetler); kısmi emniyet faktörleri ile kesin olarak tanımlanan emniyet düzeyi elde edilecek şekilde sistematik olarak değiştirilecektir. Basitleştirme için; karakteristik yükler esas alınarak hesaplanan kuvvetler ve gerilmeler, özel yük kombinasyonları için en olumsuz yükler için kısmi emniyet faktörü ile çarpılabilir.

4. Matematiksel Yöntem

4.1 Gerilmeler, genelde, rüzgar türbininin ve bileşenlerinin davranışlarının ve türbine etki eden yük tiplerinin idealize edildiği ve yaklaşımlarının yapıldığı matematiksel modeller vasıtasıyla hesaplanır.

4.2 Seçilen model ve yaklaşım tipi, incelenecek sınır durumuna uygun olacaktır.

4.3 Test sonuçları esas alınarak boyutlandırma mümkündür. Ancak, bunlar istatistiksel olarak desteklenmelidir.

Not :

Yük taşıyıcı sistemin global analizine ek olarak, lokal olarak oluşan gerilmelerin (örneğin; yoğun yükler bölgesinde) incelenmesi gerekli olabilir.

EK 1 - A**ULUSAL STANDARTLAR****1. Genel**

Rüzgar türbinleri ile ilgili Ulusal Standartlar Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanmıştır. Oluşturulmuş bulunan bu standartların listesi, TS numaraları ve başlıkları halinde verilmiştir.

TS EN 61400-21

Rüzgar türbinleri jeneratör sistemleri - Bölüm 21 : Şebekeye bağlanan rüzgar türbinlerinin güç kalite karakteristiklerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi

2. Rüzgar Türbinleri ile ilgili Türk Standartları Listesi

TS EN 45510-5-3

Enerji santralleri – Donanımları için tedarik kılavuzu – Bölüm 5-3 : Rüzgar türbinleri

TS EN 61400-1 Rüzgar türbinleri - Bölüm 1 : Tasarım kuralları

3. Temin Kaynakları

TS EN 61400-2 Rüzgar türbinleri jeneratör sistemleri - Bölüm 2 : Küçük rüzgar türbinlerinin güvenliği

TS standartları www.tse.org.tr internet sitesinden elde edilebilir.

TS EN 61400-12 Rüzgar türbinleri-üreteç sistemleri Bölüm 12 : Rüzgar türbini güç performans deneyi

EK 1 - B**IEC VE CENELEC STANDARTLARI****1. Genel**

1.1 Rüzgar türbinleri ile ilgili uluslararası standartlar International Electrotechnical Commission'ın Technical Committee 88 tarafından 1988'den beri derlenmektedir. Technical Committee 88'in; standartları, teknik raporları ve teknik spesifikasyonları oluşturan veya revize eden çalışma grupları, proje takımları ve güncelleştirme takımları vardır.

1.2 IEC tarafından oluşturulan her doküman, paralel harmonizasyon amacıyla European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) içinde dağıtılır.

1.3 IEC tarafından oluşturulan standartlara ilave olarak, CENELEC'in Technical Committee 88'in çeşitli Avrupa çalışma grupları tarafından derlenen kendi EN standartları vardır. Aşağıda listelenen dokümanlar, sadece başlıkları ile verilmiş olup, yayımlanma tarihleri ve revizyonları belirtilmemiştir.

2. Rüzgar Enerjisi Alanındaki Standartların Listesi

IEC 61400-3	Wind turbines Part 3: Design Requirements for Offshore Wind Turbines
IEC 61400-11	Wind turbine generator systems Part 11: Acoustic Noise Measurement Techniques
IEC 61400-12-1	Wind turbines Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines.
IEC TS 61400-13	Wind turbine generator systems Part 13: Measurement of Mechanical Loads
IEC 61400-21	Wind turbines Part 21: Measurement and Assessment of Power Quality Characteristics of Grid Connected Wind Turbines
IEC 61400-22	Conformity testing and certification
IEC 60050-415	International Electrotechnical Vocabulary-Part 415 : Wind turbine generator systems.
IEC 61400-1	Wind turbines Part 1: Design Requirements
IEC 61400-2	Wind turbines Part 2: Design Requirements of Small Wind Turbines
IEC TS 61400-23	Wind turbine generator systems Part 23: Full-scale Structural Testing of Rotor Blades
IEC TR 61400-24	Wind turbines Part 24: Lightning Protection
IEC 61400-25	Communication Standard for Control and Monitoring of Wind Power Plants

DIN EN 50308 Labour safety

3. Temin Kaynakları

DIN EN 50373 Electromagnetic compatibility

IEC standartları www.iec.ch EN standartları www.cenelec.org ve DIN standartları www.din.de

DIN EN 50376 Declaration of sound power level and tonality values of wind turbines.

internet sitelerinden elde edilebilir.

BÖLÜM 2

EMNİYET SİSTEMİ, KORUMA VE İZLEME DONANIMI

Sayfa

A. Genel	2- 1
B. Kontrol ve Emniyet Sistemi.....	2- 2
C. Koruma ve İzleme Donanımı	2- 7
Ek 2-A Kontrol ve Emniyet Sistemlerinin Etkileşimi.....	2-16

A. Genel

1. Değerlendirme Dokümanları

1.1 Emniyet sistemi ile koruma ve izleme donanımının onayı için, asgari olarak aşağıdaki dokümanlar verilecektir:

- a) Rüzgar türbininin tanımı (tip gösterimi, rüzgar türbininin genel yerleşim planı, işlevsel esaslar, vb.),
- b) Kontrol kavramının ve kontrol sisteminin tanımı (kontrol sisteminin yapısı, çalıştırma ve durdurma prosedürlerinin düzeni, normal çalışmada rüzgar türbininin davranışı, arıza algılanması durumunda rüzgar türbinin davranışı),
- c) Yük kabullerinin onayı için, 3.'e göre rüzgar türbininin kontrol düzeninin tanımı,
- d) Rüzgar türbininin yüklerine etki eden işletim yönetimindeki diğer parametrelerin (ayarlanmış olan nümerik değerler) belirtilmesi (güç üretimi ve kapanma rüzgar hızları, döner hız değerleri, güç değerleri, varsa rota (yönlendirme) hareketlerinin kontrol/ayarlanması, sıcaklıklar, vb.),

- e) Emniyet kavramının ve emniyet sisteminin tanımı (emniyet sisteminin yapısı, emniyet sisteminin aktivasyonundan sonra rüzgar türbininin davranışı, emniyet sisteminin çalışması ile ilgili kriterlerin belirtilmesi, vb.),
- f) Emniyet sisteminde ayarlanmış bulunan tüm parametrelerin bildirimi (nümerik değerler),
- g) Sensörlerin ve varsa, emniyet sisteminin ölçme transduserinin tanımı (tip gösterimi, ayar değerleri, zaman sabitleri, vb.),
- h) Emniyet sisteminin aktivasyonundan sonra rüzgar türbininin klerens prosedürünün tanımı,
- i) Frenleme sistemlerinin tanımı ve bunların davranışları (frenleme sistemlerinin yapısı, çalışma durumu, karakteristik değerler, zaman sabitleri, vb.),
- j) Asgari olarak emniyet sisteminin işlevi görünebilecek kapsamda, elektrik ve hidrolik (varsa, pnömatik) devre şemaları. Devre şemalarında, elektrik hidrolik (ve varsa pnömatik) sistem arasındaki bağlantı açıkça anlaşılabilecektir.
- k) 2.'ye göre olası arızaların sistematik değerlendirmesi.

1.2 Dokümanlarda, Bölüm 2'deki isteklerin karşılandığı gösterilecektir. Ayrıntı derecesi; yük kabulleri ile ilgili olarak, tesisin davranışının uygun olarak tanımlanacağı şekilde seçilecektir. simülasyonu

2. Olası Arızaların Sistematik Değerlendirmesi

2.1 Aşağıda belirtilen sistemlerdeki olası arızaların değerlendirilmesi verilecektir:

- Emniyet sistemi,
- Frenleme sistemi ve
- Eğer φ_A kapanma yönlendirme arızası tanımlı ise (Bölüm 2, B.2.8 Madde 2'ye bakınız) yönlendirme sistemi.

Bu değerlendirmede, bu sistemlerdeki olası tüm arızalar belirtilecek ve incelenecektir. Değerlendirme DYD 2.x ve DYD 7.x gruplarının yük durumlarının tanımında ve emniyet sistemindeki fazlalıkların incelenmesinde kullanılacaktır.

2.2 Olası her arıza için, asgari olarak aşağıdaki bilgiler verilecektir:

- Olası arızaların gösterimi ve tanımı,
- Etkilenen bileşen(ler),
- Olası neden(ler),
- Algılama tipi,
- Arızanın etkisi(leri),
- Olumsuz sonuçların sınırlandırılması ile ilgili önlem(ler).

2.3 Bu muayene için seçilen teknikler (örneğin; hata durumu ve etki analizi, arıza ağacı, vb.), dokümanları oluşturan tarafından uygun olarak seçilecektir.

3. Yük Kabullerinin Onayı İçin Kontrol Düzeninin Tanımı

3.1 Tesisin davranışının ve ilgili yüklerin

için, rüzgar türbininin yük tepkisine etki eden ilgili tüm kontrol devreleri ve izleme cihazlarının tanımları verilecektir (örneğin; güç, dönme hızı, yönlendirme momenti).

3.2 Rüzgar türbininin kontrol düzeninin davranışı, varsa hiyerarşik bölmelerle, bir blok devre diyagramı ile tanımlanacaktır. Her blok için, giriş / çıkış tepkilerini ve ilk durumu açık olarak tanımlamak üzere formül verilecektir.

3.3 Blok devre diyagramı, kontrol düzeninin giriş ve çıkış sinyallerini kullanılan blokların karşılıklı bağlantılarını içerecektir. Etkinin doğrultusunu göstermek üzere, sinyal yönleri oklarla gösterilecektir. Blok devre diyagramındaki her bir sinyal, açık olarak adlandırılacaktır.

3.4 Kontrol düzeninin bağımsız bloklarının giriş ve çıkışları arasındaki işlevsel bağıntı, zaman kademesi bildirimi ile birlikte aralıklı-zaman statik veya dinamik model eşitlikleri formunda (lineer bloklar için z-transfer fonksiyonlarına izin verilir) tanımlanacaktır.

Not :

Kontrol düzeninin işlevi için gerekli olan sinyaller ve parametreler birimleri ile birlikte, bir tabloda özet halinde verilebilir.

B. Kontrol ve Emniyet Sistemi

1. Genel

İşletimi optimize etmek ve bir arıza durumunda tesisi emniyetli bir durumda muhafaza etmek için, kontrol kavramı ve emniyet kavramı; rüzgar türbininin sistem kavramı çerçevesinde, dizayn aşamasında oluşturulur.

2. Tanımlar

2.1 Kontrol kavramı ve kontrol sistemi

2.1.1 Kontrol kavramı ile, rüzgar türbininin verimli çalışması, mümkün olduğunca arızalardan arınması, aşırı zorlanmaması ve emniyetli olması ile ilgili bir prosedür anlaşılır. Prosedürün mantığı, genel kontrol sisteminin bir parçasını oluşturan, programlanır bir ünite içinde yer alır.

2.1.2 Kontrol sistemi yardımı ile, rüzgar türbini kontrol edilir, ayarlanır ve izlenir. Kontrol sistemi, tesisi normal çalışma sınırları içinde tutacaktır.

2.2 Emniyet kavramı ve emniyet sistemi

2.2.1 Emniyet kavramı ile arıza durumunda rüzgar türbininin emniyetli durumda kalmasını sağlamayı amaçlayan sistem kavramının bir bölümü anlaşılır. Arıza oluşursa, tesisin emniyet kavramına göre davranmasının sağlanması, emniyet sisteminin görevidir.

2.2.2 Emniyet sistemi; lojik olarak kontrol sisteminin üstünde olup, emniyetle ilgili sınır değerler aşıldığında veya kontrol sisteminin, tesisi normal çalışma sınırları içinde tutamıyorsa devreye girer. Emniyet sistemi, tesisi emniyetli bir durumda tutmayı amaçlar.

2.3 Frenleme sistemi

2.3.1 Frenleme sistemi, doğası nedeniyle pervane dönüş hızını azaltabilen ve maksimum değerinin altında tutabilen veya tamamen durdurabilen bir sistemdir. Frenleme sistemi, pervaneyi frenlemeye katkıda bulunan tüm bileşenleri kapsar.

2.3.2 Frenleme sistemi; örneğin, aerodinamik, mekanik, elektrikli, hidrolik veya pnömatik tipte olabilir. Böyle bir sistemi, belirtilen çalışma şekillerinin birden fazlasını kullanabilir veya birkaç alt sistemden oluşabilir.

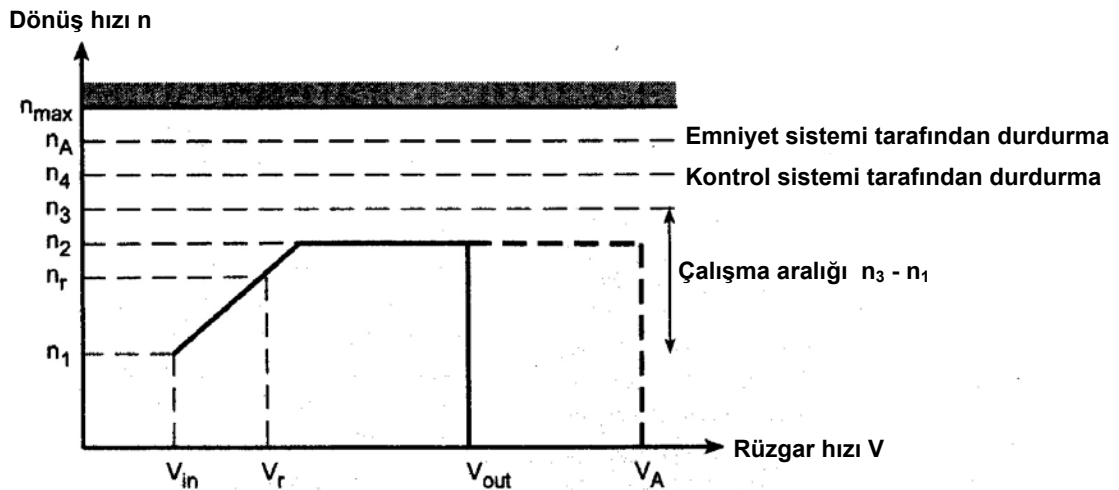
2.4 Klerens

Klerens; gerekli onarımların yapılması veya arıza nedenlerinin giderilmesi ve daha sonra rüzgar türbininin çalıştırılması bakımından insan müdahalesi anlamındadır.

Klerensde yeterince kalifiye bir kişinin, rüzgar türbini sahasında bulunması ve aktif olarak müdahalesi gereklidir.

2.5 Pervanenin dönüş hızı

2.5.1 Çalışma aralığı; dönme hızının normal çalışma koşulları içinde kaldığı, pervanenin dönme hızının, n_1 "minimum işletme devrinden" n_3 "maksimum işletme devrine" kadar olan aralığını içerir. Çalışma aralığı, sadece kısa bir süre için kabul edilen (örneğin; rezonans devrinin aşılması) içerebilir.



Şekil 2.1 Değişken devirli rüzgar türbini örneği kullanılarak, dönme hızı aralıkları şekli

2.5.2 “Nominal devir” n_r ; nominal rüzgar hızı V_r ’deki dönme hızıdır (2.7.2’ye bakınız).

2.5.3 “Hız kontrol ünitesinin ayar değeri” n_2 ; nominal rüzgar hızı V_r ’nin üzerindeki çalışma durumunda, değişken-devirli tesislerde kullanılır. Bu çalışma aralığında, dönme hızı, n_2 ’den sadece standart tolerans kadar sapabilir.

2.5.3 “Kapanma devir sayısı” n_4 ; kontrol sistemi vasıtasıyla rüzgar türbininin derhal durması gereken dönme hızıdır.

2.5.5 “Aktivasyon devir sayısı” n_4 ; emniyet sisteminin derhal devreye girmesi gereken dönme hızıdır.

2.5.6 “Maksimum aşırı devir sayısı” n_{maks} ; kısa süreli olsa dahi aşılmaması gereken devir sayısıdır.

2.5.7 Devir sayılarının tanımlanmasında; belirli bileşenlerin etkileşimleri, özellikle pervane kanatlarının, tahrik sisteminin ve kulenin titreşim davranışı (örneğin; doğal frekanslar) dikkate alınacaktır.

2.6 Güç

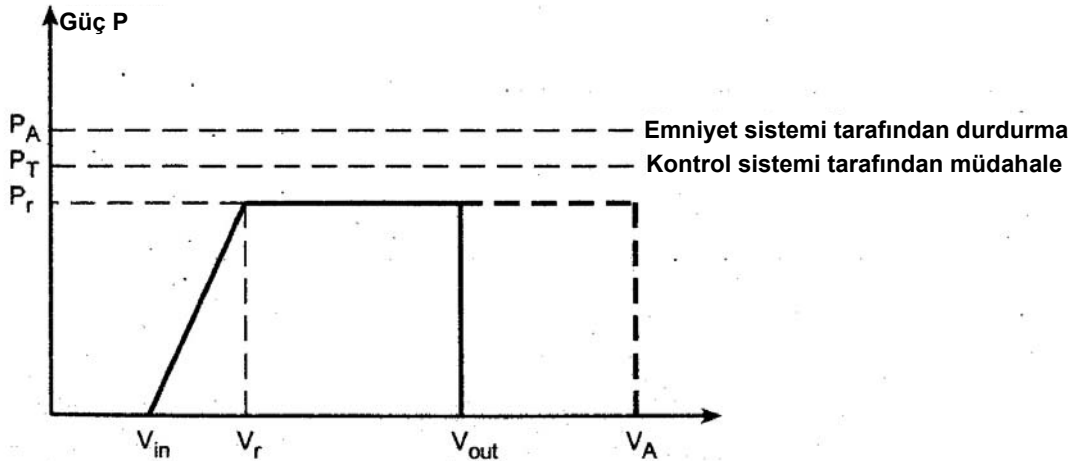
2.6.1 “Nominal güç” P_r ; normal çalışma koşullarında güç eğrisinden elde edilen, rüzgar türbininin çıkış terminalindeki (olası invertör sisteminden sonra ve olası transformatörden önce), maksimum devamlı elektrik gücüdür. Bu güçte, jeneratör veya jeneratör/invertör sistemi, belirlenen ortalama nominal elektrik gücünü sağlar.

2.6.2 “Aşırı güç” P_T ; kontrol sisteminin bir güç azaltımını harekete geçirmesi gereken, rüzgar türbininin çıkış terminalindeki etkin elektrik gücüdür.

2.6.3 “Aktivasyon gücü” P_A ; emniyet sisteminin derhal devreye girmesi gereken, rüzgar türbininin çıkış terminalindeki anlık etkin elektrik gücüdür.

2.7 Rüzgar hızı

2.7.1 “Güç üretimi rüzgar hızı” V_{in} ; rüzgar türbininin güç üretmeye başladığı, göbek yüksekliğindeki (normal rüzgar profili modeli NPR için Bölüm 4, B.3.1.2’ye bakınız) en düşük ortalama rüzgar hızıdır.



Şekil 2.2 Güç eğrisi şekli

2.7.2 “Nominal rüzgar hızı” V_r ; rüzgar türbininin 2.6.1’e göre nominal gücü ürettiği, göbek yüksekliğindeki (normal rüzgar profili modeli NRP için Bölüm 4, B.3.1.2’ye bakınız) en düşük ortalama rüzgar hızıdır.

2.7.3 “Kapanma rüzgar hızı” V_{out} ; rüzgar türbininin durdurulması gereken, göbek yüksekliğindeki maksimum rüzgar hızıdır (ortalama süre üretici tarafından tanımlanacaktır).

2.7.4 “Kısa süreli kapanma rüzgar hızı” V_A ; aşıldığı takdirde, rüzgar türbininin derhal durdurulması gereken, göbek yüksekliğindeki anlık rüzgar hızıdır (ortalama süre üretici tarafından tanımlanacaktır).

2.8 Rüzgar doğrultusu ve yönlendirme (rota) sapması

2.8.1 “Yönlendirme (rota) sapması” φ , rüzgar doğrultusu ile (göbek yüksekliğindeki rüzgarın anlık geliş doğrultusu) rüzgar türbininin pervane ekseninde, yatay düzlemde ölçülen açıdır.

2.8.2 “Kapanma yönlendirme sapması” φ_A , aşıldığı takdirde rüzgar türbininin derhal durdurulması gereken izin verilen en büyük yönlendirme sapmasıdır (ortalama süre üretici tarafından tanımlanacaktır).

2.9 Harici güç beslemesi, şebeke arızası

2.9.1 Harici güç beslemesi; rüzgar türbininin otomasyonu, kontrolü veya mekanik sistemlerine dışarıdan her çeşit ana veya yardımcı güç beslemesi anlamındadır. Eğer enerji; rüzgar enerjisinin dahili dönüşümü ve rüzgar türbininin kendi donanımını kullanan pervanenin kinetik enerjisi ile sağlanıyor ve kullanılıyorsa, bu harici güç beslemesi olarak addedilmez. Elektrik akülerden, şebekeden veya dizel jeneratörlerden sağlanması harici güç beslemesidir. Benzer şekilde, harici olarak yardımcı güç beslemesi (kontrol havası, hidrolik sistem akışkanı, vb) de aynı sınıfa dahildir.

2.9.2 Bir saate kadar sürede harici güç beslemesi kesilmesi (şebeke arızası), normal dış koşul olarak kabul edilir. Ayrıca, bir saatten fazla olup 7 güne kadar süren şebeke kesilmesi bir hata olarak kabul edilecektir.

2.10 Kilitleme düzenleri

Kilitleme düzenleri, hareketsiz hale getirilmiş hareketli parçaları (pervane, yönlendirme sistemi, kanat piç sistemi, vb.) emniyete alan düzenlerdir.

3. İstekler ve Dizayn Kavramı

3.1 Genel emniyet kavramı

Emniyet sistemi, aşağıdaki kriterleri sağlayacaktır:

3.1.1 Tekil arıza

Emniyet sisteminin işlevi ile ilgili olan tekil bir bileşenin (örneğin; bir sensör veya frenleme sistemi) arızası, emniyet fonksiyonunda bir hataya yol açmayacaktır. İki bağımsız bileşenin aynı anda arızalanması olası olmayan bir durum olarak sınıflandırılır ve bu nedenle dikkate alınmasına gerek yoktur. Birbirine bağlı bileşen durumunda, aynı anda oluşan arıza, tekil arıza olarak sınıflandırılacaktır. Emniyet sisteminin bağımsız bileşenleri kullanılabilirlik ve güvenilirlikleri bakımından en yüksek nitelikte olacaktır.

3.1.2 Fazlalık

3.1.2.1 Dizayn kavramları bakımından, emniyet sistemi, kontrol sisteminden tamamen bağımsız olacaktır.

3.1.2.2 Emniyet sistemi, karşılıklı olarak ve tamamen bağımsız en az iki frenleme sistemine ulaşabilecektir.

Not :

Bağımsız ifadesinin anlamı; sistem mühendisliği dizayn aşamasında, “ortak bir nedeni olan hatalar”dan şiddetle kaçınılacağı’dır. Buna göre, tekil bir bileşenin arızası, birden fazla frenleme sisteminde arızalanmaya ve bu nedenle tüm emniyet fonksiyonlarının yitirilmesine yol açmayacaktır.

3.2 Kontrol ve emniyet sistemleri

3.2.1 Kontrol sistemi

Kontrol sistemi; rüzgar türbinini, Bölüm 4, B'de belirtilen tüm dış koşullarda, normal çalışma sınırları içinde tutacak veya bu sınırlar içindeki çalışmayı döndürecek şekilde dizayn edilecektir. Hatalı durumlar (aşırı-güç, aşırı devir ve aşırı ısınma gibi) kontrol sistemi tarafından algılanacak ve uygun önlemler alınacaktır. Kontrol sistemi bilgileri rüzgar türbinindeki sensörlerden alacak ve en az iki frenleme sistemini harekete geçirecektir. Emniyet sisteminin frenleme sistemini harekete geçirmesi üzerine kontrol sistemi kendini ikinci plana çekecektir.

3.2.2 Emniyet sistemi

3.2.2.1 Emniyet sistemi harekete geçiren sınırlayıcı değerler, dizayn bazındaki sınır değerler aşılmayacak ve rüzgar türbini tehlikeye düşmeyecek şekilde ve aynı zamanda kontrol sistemi, emniyet sistemi tarafından gereksiz bir şekilde etkilenmeyecek tarzda tanımlanacaktır.

3.2.2.2 Kontrol sisteminin işlevleri, emniyet sisteminin isteklerine göre ikinci derecede yer alacaktır.

3.2.2.3 Emniyet sistemi, en az iki frenleme sistemine ve jeneratörün şebeke kesicisi donanımına yüksek öncelikli ulaşımı olacak ve normal çalışma değerlerinden sapmalarda devreye girince, gecikmeksizin görevini yerine getirecek, türbini emniyetli durumda tutacak ve kontrolündeki tüm frenleme sistemlerinin yardımıyla pervanenin yavaşlamasını sağlayacaktır.

Not :

Şebekeden ayrılmanın, emniyet sisteminin aktivasyonu anında yapılması gerekli değildir. Her halde, rüzgar türbininin hızlanması ve jeneratörün motor olarak çalışmasından kaçınılmalıdır.

3.2.2.4 Eğer emniyet sistemi harekete geçmişse, her durumda 2.4'de belirtilen bir klerense ihtiyaç vardır. Emniyet sisteminin bu klerensi kontrol sisteminden bağımsız olacak ve hiçbir zaman otomatik olarak harekete geçmeyecektir. Eğer emniyet sistemi, şebeke kaybından önce devreye girerse, şebekenin tekrar kazanımından sonra klerens otomatik olarak harekete geçmeyebilir.

3.3 Frenleme sistemleri

3.3.1 Frenleme sistemi istekleri

3.3.1.1 Pervanenin yavaşlayabilmesini veya durma durumuna gelebilmesini sağlayan birbirinden bağımsız en az iki frenleme sistemi bulunacaktır.

3.3.1.2 Yük paylaşımı ve aynı zamanda bir frenleme sisteminin arızası durumunda, diğer frenleme sistem(ler)i, pervaneyi n_{maks} azami aşırı devrin (2.5.6'ya bakınız) altında tutabilmelidir (Bölüm 4, C.3.2'ye bakınız).

3.3.1.3 Pervaneyi durma durumuna getirmek mümkün olacaktır (C.2.14 ve Bölüm 4, C.3.5, C.3.8'e bakınız).

3.3.2 Mekanik frenli ve bağımlı pervane piç sistemli rüzgar türbini

3.3.2.1 Bu madde; bir frenleme sistemi mekanik pervane freni ve diğer frenleme sistemi kanat-piç sistemi olan rüzgar türbinlerine uygulanır. Kanat-piç sistemi; bir bileşendeki hatanın tüm pervane kanatlarının ayarlanmasını önleyecek şekilde yapılacaktır (bağımlı pervane-piç sistemi).

3.3.2.2 Aşağıda belirtilenler sağlanırsa, bu frenleme sistemlerindeki arızanın (DYD 2.2, Bölüm 4, C.3.2) sadece V_r rüzgar hızına (2.7.2'ye bakınız) kadar oluşacağı kabul edilebilir.

- Kanat piç sistemi; eğer ayarlama sistemi düzgün olarak işlemeyi durdurmuşsa, rüzgar türbinini durduran uygun bir kontrol sistemi ile devamlı olarak izlenecektir, ve

- Pervane kanatları ve piç sistemi; mekanizmada bir arıza veya piç hidrolik devresindeki sızıntı durumunda, kanatlar, pervaneyi maksimum aşırı devir n_{maks} 'ın (2.5.6)'da üzerinde hızlandırarak şekilde tork oluşturmayacak biçimde dizayn edilecektir (Bölüm 4, C.3.2'ye bakınız).

ise, akümülatör sıcaklığı da izlenecektir.

Burada; rüzgarın değişimi dikkate alınmalıdır. Çalışma sırasında fırtınanın şiddeti $V_B = 2 \times \sigma_1$ dikkate alınacaktır. Burada;

V_B = Fırtınanın şiddeti,

σ_1 = Bölüm 4, B.3.1.3'e göre standart sapma.

3.3.2.3 Fırtına şekli, Bölüm 4, B.3.2.4'e göre kabul edilecektir. Burada V_{cg} yerine V_B konulacak ve yükselme süre $T = 2,5$ sn. olacaktır.

Not :

Pervane kanatlarının piç konumunda olabileceği ve olumsuz bir geliş açısı nedeniyle, mekanik frenin maksimum frenleme momentinin üzerinde bir tork üretebileceği dikkate alınacaktır. Bu durumda, fren, rüzgar türbini için bir yangın tehlikesi oluşturmayacaktır.

3.3.3 Frenleme prensibinin seçimi

Asgari olarak frenleme sistemlerinden biri aerodinamik prensibine göre çalışmalı ve doğrudan pervaneye etki etmelidir. Eğer bu istek karşılanmazsa, sağlanan frenleme sistemlerinden en az biri, pervane hızında dönen rüzgar türbininin parçalarına (göbek, şaft) etki edecektir.

3.3.4 Harici güç beslemesi

3.3.4.1 Frenleme sistemi; harici güç beslemesi (2.9'a bakınız) kesilse dahi çalışmaya devam edecek şekilde dizayn edilecektir. Seçilen sistem kavramı içindeki tüm frenleme sistemleri ile bu istek karşılanamazsa, buradaki esaslardaki emniyet düzeyini eşdeğer şekilde sağlayan ilave önlemler uygulanacak ve doğrulacaktır.

3.3.4.2 Frenlerin çalışması için akümülatörlerden yardımcı güç beslemesi (örneğin; hidrolik ünitelerden veya akülerden) gerekli ise, asgari bir emercensi frenleme için yeterli miktarda enerjinin var olduğu otomatik olarak izlenecektir. Eğer akümülatörün işlevi sıcaklığına bağlı

Eğer bu izleme görevleri sürekli olarak yapılamıyorsa, en çok haftalık aralıklarla otomatik testler yapılacaktır. Eğer izleme veya test olumsuz sonuç verirse, rüzgar türbini derhal durdurulacaktır. Ayrıca, Bölüm 2, C.2.10 dikkate alınacaktır.

3.4 Tork sınırlayıcı bileşenler

Eğer torku sınırlayıcı bileşenler varsa, konulan herhangi bir mekanik fren, tork sınırlayıcı cihaz ile pervane göbeği arasında yer alacaktır.

C. Koruma ve İzleme Düzenleri

1. Genel

1.1 Emniyet sistemi, sınır değerler aşıldığında harekete geçer. Bu sistem bir frenlemeyi başlatır. Bir arızanın ne zaman emniyet sistemini doğrudan harekete geçireceği ve / veya kontrol sistemi tarafından nasıl işlem göreceği aşağıda verilmiştir.

1.2 Bu Bölüm Ek 2-A'da, kontrol sistemi ile emniyet sisteminin etkileşimi, tip bir örnek olarak, grafik gösterimle verilmiştir.

2. Sınır Değerler, Kontrol Sistemi

2.1 Genel

Buradaki 2. maddede belirtilen durumlarda, türbinin durdurulmasından sonra klerens olmaksızın tekrar otomatik olarak çalışmasına izin verilir. Bu otomatik çalışma, sınır değerlerinin en çok ihlali için her 24 saatte bir kaç kezle sınırlıdır. Farklı sınır değerlerini içeren ihlallerin birbirinden bağımsız kabul edilebilir.

2.2 Dönme hızı

2.2.1 Dönme hızının ölçülmesi

Dönme hızı, ayrı sistemler tarafından en az 2 kat olarak alınacak ve kontrol sistemine en az iki kat ve emniyet sistemine en az bir kat olarak iletilecektir. Hız sensörlerinden en az biri, pervane devrinde çalışan rüzgar türbininin bir bileşenine monte edilecektir.

Not :

Kanat ucu frenlerinin otomatik devreye girmesi emniyet sistemine ve kontrol sistemine raporlanacaktır. Eğer buna olanak yoksa, kanat uçlarının tekrar engellenmemesi ve pervane dönüş hızının n_A 'yı tekrar geçmemesi sağlanacaktır (B.2.5.5'e bakınız).

2.2.2 Ölçme sisteminin işletim güvenilirliği

2.2.2.1 Prensip olarak, hız ölçme sistemleri, işlevsellik ve güvenilirlik bakımından frenleme donanımı ile aynı istekleri sağlayacaktır. Özellikle, yapının aranjmanı, arıza etkileri değerlendirildiğinde bu isteği karşılayacaktır.

2.2.2.2 Kontrol sistemi, rüzgar türbininin tüm çalışma durumlarında ölçülen hızların en az ikisinin birbirlerine uygunluğu sürekli olarak izleyecektir.

2.2.3 Aşırı hız ve kontrol sisteminin tepkisi

2.2.3.1 Eğer pervane devri, çalışma aralığını (B.2.5.1) geçerse ($n > n_3$), kontrol sistemi pervanenin yavaşlamasını sağlayacaktır.

2.2.3.2 Eğer dönüş hızı n_4 (B.2.5.4) aşılsa, kontrol sistemi rüzgar türbinini durduracaktır.

2.2.3.3 Eğer karşılıklı hız uygunluğunun izlenmesinde bir hata algılanırsa, rüzgar türbini durdurulacaktır.

2.2.3.4 C.2.2.3'e göre bir durdurmadan sonra, eğer sistem kavramında varsa ve tesiste bir arızalanma yoksa, klerens olmaksızın yeniden otomatik çalışma olabilir. Otomatik çalışma, her bir 24 saatte 3 kez ile sınırlandırılacaktır.

2.2.4 Aktivasyon hızını geçen dönme hızı

Eğer aktivasyon hızı n_A (B.2.5.5) aşılsa, emniyet sistemi derhal harekete geçecektir.

Not :

Uluslararası jeneratör standartlarına göre, standart aşırı devir testini kapsamaması nedeniyle, n_{maks} maksimum aşırı devir sayısı (B.2.5.6'ya bakınız) $1,2 \times n_2$ (B.2.5.3'e bakınız) değerini aşmamalıdır.

2.2.5 Emniyet sisteminin devreye girmesinden sonraki davranış

2.2.5.1 Madde 2.2.4'e göre aşırı dönme hızından sonra emniyet sistemi tepki vermişse, maksimum aşırı devir n_{maks} (2.5.6) aşılmayacaktır (kısa süreli dahi). Bu durum özellikle aerodinamik frenlerde ve zamana göre düzenlemeli frenlerde dikkate alınacaktır.

2.2.5.2 Emniyet sistemi, rüzgar türbinini derhal durduracak ve emniyetli bir koşula getirecektir.

2.3 Güç**2.3.1 Gücün ölçülmesi**

2.3.1.1 Güç ölçümü operasyonel bir ölçüm olarak kabul edilecek ve buna göre işlem görecektir. Normal gücü 1 MW veya daha büyük olan tesislerde, 2.3.3'e göre P_A aktivasyon gücünün ihlali için ilave güç izlemesi sağlanacaktır. Güç ile açık ve bilinen ilişkiye sahip olduğu takdirde diğer fiziksel parametrelere başvurmak gerekebilir. Bu durumda, operasyonel anlamlı yeni parametreler ile güç arasındaki ilişki, test aşamasındaki ölçümlerle oluşturulacak ve uygun tarzda kaydedilecektir (örneğin; performans grafiği şeklinde).

2.3.1.2 Dönme hızı ile birlikte ölçülen güç, tüm tesisin ortalama yükün ölçümü olarak kabul edilir.

2.3.2 Kontrol sistemi için güç ölçümü

2.3.2.1 Genelde, ölçüm parametresi olarak elektrik gücü (etkin güç) kullanılacaktır. Eğer sistem kavramı, B.2.6.2'ye göre P_T aşırı gücün aşılması olasılığını kapsıyorsa, güç bir kontrol parametresi olarak seçilecek ve kontrol sistemine verilecektir.

2.3.2.2 Güç ölçüm donanımı, gerek ortalama değerleri (yaklaşık 1-10 dakika ortalaması) ve gerekse kısa süreli güç piklerini (en az saniyede bir kez örnekleme) seçebilecektir.

2.3.3 Emniyet sistemi için güç izlemesi

2.3.3.1 Güç, anlık aktivasyon gücü P_A 'nın aşımı yönünden sürekli olarak izlenecektir. Nominal gücü 1 MW veya daha büyük olan tesislerde, gerekli olan izleme ve ölçme cihazları, kontrol sisteminin güç ölçümüne ilave olarak sağlanacak ve doğrudan emniyet sistemi üzerinde etkin olacaktır.

2.3.3.2 Sistem kavramına göre P_A 'nın aşılması mümkün değilse veya güç ölçümü için gerekli fazlalık başka bir tarzda verilmişse, bu hükümden muafiyete izin verilebilir.

2.3.4 Aşırı güç P_T veya nominal güç P_r 'nin aşılması

2.3.4.1 Eğer güç, aşırı güç P_T 'yi (B:2.6.2) aşarsa, gerekli önlemler kontrol sistemi tarafından gecikmeksizin

2.3.4.2 Alınacak önlemler, sistem kavramına bağlıdır. Güç buna göre azaltılacak veya türbin durdurulacaktır.

2.3.4.3 Aşırı güç P_T için anlık değer ve ortalama değer ortalama sürelerle birlikte üretici tarafından belirlenecek ve yük hesabında buna göre dikkate alınacaktır (yorulma yükleri). Prototip testi sırasında, tanımlanan değerlerin sağlandığı gösterilecektir.

Not :

Kural olarak P_T , P_r nominal gücün hemen üzerinde yer alacak veya ona eşit olacaktır.

2.3.5 P_A aktivasyon gücünün aşımı

2.3.5.1 Eğer anlık güç, P_A aktivasyon gücünü (B.2.6.3) aşarsa, emniyet sistemi gecikmeksizin koruyucu önlemleri otomatik olarak harekete geçirecektir. Fiili önlemler sistem kavramına bağlıdır. Her durumda, rüzgar türbini durdurulacak ve emniyetli bir duruma getirilecektir.

2.3.5.2 P_A aktivasyon gücü ile ilgili değer, rüzgar türbini üreticisi tarafından belirlenecek ve yük hesaplarında dikkate alınacaktır.

2.3.6 Otomatik harekete geçme

Eğer rüzgar türbini 2.3.4'deki esasa göre P_T aşırı gücü aştıktan sonra durdurulursa, sistem kavramında bulunması ve tesiste bir arıza olmaması koşuluyla,

otomatik tekrar harekete geçme olabilir. Otomatik harekete geçme her 24 saatte 3 kez ile sınırlandırılacaktır.

2.4 Rüzgar hızı

2.4.1 İstekler

Eğer rüzgar türbininin emniyetli çalışması rüzgar hızı ölçümüne bağlı ise veya rüzgar hızı kontrol sisteminin giriş parametrelerinden biri ise, rüzgar hızının güvenilir ve uygun şekilde ölçüm olanakları sağlanacaktır.

2.4.2 Rüzgar hızının ölçülmesi

2.4.2.1 Eğer 2.4.1’de belirtildiği gibi rüzgar hızının ölçülmesi gerekli ise, bu istek, hızı ya doğrudan ölçerek veya hızla açık ve bilinen bir bağlantısı bulunan diğer parametrelerle ve bunları işleme tabi tutarak karşılanabilir.

Prensip olarak, operasyonel ölçümler için uygun hissetme noktaları ve ölçüm teknikleri seçilecektir. İlgili ölçme parametresi olarak göbek yüksekliğindeki rüzgar hızı -mümkün olduğunca bozulmamış akımlı - dikkate alınacaktır.

2.4.2.2 Buzlanma durumunda riskli bir belirsizliğe neden olan bir ölçüm yönteminin seçimi, ölçülen değerlerin devamlı olarak uygunluk kontrollerini (örneğin; rüzgar hızı ile ilgili diğer ölçülen büyüklüklerin karşılaştırılması ile) ve buzlanma tehlikesi durumunda devreye girecek olan uygun bir ısıtma düzenine sahip hissedici donanımının kontrollerini gerektirir.

2.4.3 Kapanma rüzgar hızının aşılması

B.2.7.3’e göre V_{out} kapanma rüzgar hızı, rüzgar türbininin dizaynında esas olarak alınmışsa, eğer bu sınır değeri aşılsa, tesis kontrol sistemi tarafından derhal ve otomatik olarak durdurulacaktır.

2.4.4 Kısa süreli kapanma rüzgar hızının aşılması

Eğer kapanma rüzgar hızı, rüzgar türbininin dizaynında esas olarak alınmışsa, V_A kısa süreli kapanma rüzgar hızının aşılması halinde (B.2.7.4) tesis, kontrol sistemi tarafından derhal ve otomatik olarak durdurulacaktır.

2.4.5 Otomatik harekete geçme

Eğer rüzgar türbini, kapanma rüzgar hızı aşıldığında durdurulursa, rüzgar hızı, sistem kavramına göre izin verilen bir değere düşmüşse ve tesiste bir arıza yoksa, klerensiz olarak otomatik tekrar harekete geçme olabilir.

2.4.6 Hatalı rüzgar hızı ölçümünde kontrol

Eğer kontrol sistemi, rüzgar hızı ölçümlerinin hatalı sonuçlar verdiğini algılayarsa, rüzgar türbini durdurulacaktır.

2.5 Şok

2.5.1 Genel

Şok terimi; hasarlar, balanssızlık veya diğer etkiler nedeniyle (örneğin; depremler) rüzgar türbininin cebri hareketleri ve ivmelenmelerini ifade eder.

2.5.2 Şokun ölçülmesi

Sınır değerlerle karşılaştırmalı ölçümler vasıtasıyla, şok sürekli olarak izlenecektir. Sensör, türbin kaportası yüksekliğinde, kule ekseninden kaçık olarak yerleştirilecektir. Tüm kaportanın hareketi olarak hissedilecek şok ölçümü için, toplam hareketi hisseden ölçüm teknikleri kullanılacaktır. Eğer kaportanın hareketi kuleye iletilmezse, bunun yerine uygun bir bağlı hareket hissedilebilir.

2.5.3 İşletim emniyeti

Sensörlerin hassasiyeti, mevcut koşullarla uyumlu olacaktır. Sensörler, yetkisiz personelin müdahalesi dahil, tüm dış etkenlere karşı etkin olarak korunacaktır. Tesis çalışırken, hassasiyetin ayarlanması önerilir.

2.5.4 Sınır değerini aşılması

Eğer fiilen ölçülen sınır değeri (daha önceden belirlenecek) aşarsa, emniyet sistemi harekete geçecek ve tesisi durduracaktır.

2.6 İşletimsel titreşimin izlenmesi

2.6.1 Genel

2.6.1.1 Titreşim terimi; balanssızlık nedeniyle ve tesisin,

bileşenlerin doğal frekansı bölgesinde çalışması nedeniyle rüzgar türbininin cebri hareketidir. Balanssızlık; hasara, arızaya (örneğin; pervane kanatlarının asimetrik biçine) veya diğer dış etkilere (örneğin; pervane kanatlarının buzlanması) neden olabilir.

2.6.1.2 Bu bölüme göre titreşimlerin sürekli izlenmesi (işletimsel titreşimin izlenmesi); rüzgar türbininin, kulenin doğal frekanslarına yakın rezonans aralığındaki çalışması için ön koşullardan birisidir (Bölüm 6, F.5.1.5'e bakınız).

2.6.1.3 Aerodinamik ile ilgili kanat titreşimlerinin göz ardı edilemeyeceği rüzgar türbinlerinde, 2.6'ya göre bu titreşimlerin sürekli olarak izlenmesi gerekebilir (varsa, kulenin titreşiminin izlenmesine ilave olarak).

2.6.2 Titreşimlerin ölçülmesi

2.6.2.1 Titreşimler sürekli ölçülecek ve bunların şiddeti daha önceden belirlenen sınır değerlerle karşılaştırılacaktır.

2.6.2.2 Sinyal prosesinde ve hassasiyetlerdeki ortalama süreler ve sensörlerin yerleştirileceği yerler; izlenecek bileşenlerin yükle - ilgili tüm hareketleri güvenilir biçimde ölçülecek şekilde seçilecektir.

2.6.2.3 Ölçümler ve sinyal prosesleri, kontrol sistemi içinde yapılabilir.

2.6.3 Sınır değerlerin belirlenmesi

2.6.3.1 Titreşimin izlenmesi ile ilgili sınır değerler; rüzgar türbininin dizaynında, izlenecek bileşenler için tanımlanan yükler ve/veya hareket miktarları aşıldığında bir alarm verilecek şekilde belirlenecektir. Rüzgar türbininin dizaynı sırasında belirlenen titreşim düzeyi, esas olarak alınacaktır.

2.6.3.2 Kısa süreli izleme (örneğin; birkaç saniyeye kadar olan ölçüm süresi) ve uzun süreli izleme (örneğin; birkaç dakika aralığındaki ölçüm süresi) ile ilgili kriterler tanımlanacaktır.

Not :

Bu kriterlerin tesisin durumuna göre belirlenmesi (örneğin; rüzgar hızı, dönme hızı veya güç) uygun olacaktır.

Bu kriterlerin etkinliği, örneğin simülasyonlarla, doğrulanacaktır.

Not :

Bu simülasyonlar için, sistem kavramına ve kule dizaynına bağlı olarak işlev bozuklukları (örneğin; mekanik ve / veya aerodinamik pervane balanssızlığı, doğal frekansların yer değiştirmesi) tanımlanabilir. Simülasyonlarda, bu işlev bozukluklarının, dizayn için tanımlanan yükler aşılmaksızın, seçilen hassasiyetler, ortalama süreler ve sınır değerler ile titreşim izlemesi vasıtasıyla algılanacağı gösterilecektir.

2.6.4 Sınır değerin aşılması

Eğer ölçülen titreşimler, tanımlanan sınır değerlerden birini aşarsa, rüzgar türbini, kontrol sistemi tarafından durdurulacaktır.

2.6.4 Otomatik çalışma

Madde 2.6.4'deki durdurmadan sonra, sistem kavramı içinde yer alıyorsa ve tesiste herhangi bir arıza algılanmamışsa, klerens olmaksızın otomatik olarak yeniden çalışma olabilir. Otomatik çalışma, her 24 saat için 3 kez ile sınırlandırılacaktır.

2.7 Şebeke arızası / yük aktarımı

2.7.1 Genel

Eğer bir rüzgar türbini yükünü kaybederse (örneğin; şebeke yükü) pervane çok hızlı bir şekilde hızlanabilir. Bu durum, tekil bileşenleri ve tesisin genelinin yapısal bütünlüğünü tehlikeye sokar.

2.7.2 Şebeke arızasından sonra çalışma

Eğer bir şebeke arızası varsa veya bağımsız durumda çalışan rüzgar türbini yükünü kaybetmişse, bu durum kontrol sistemi ve emniyet sistemi tarafından algılanacak ve rüzgar türbini durdurulacaktır.

2.7.3 Şebeke arızasının giderilmesinden sonra çalışma

Şebeke arızası bir dış olay olarak kabul edilir. Bu nedenle, şebeke tekrar güç almaya başladığında, rüzgar türbini kontrol sistemi tarafından otomatik olarak harekete geçirilebilir.

2.8 Kısa devre

2.8.1 İstekler

Rüzgar türbini uygun kısa devre koruma düzenleri ile teçhiz edilecektir.

2.8.2 Bir kısa devreden sonra çalışma

2.8.2.1 Eğer koruma düzeni bir kısa devre algılasa, tepki verecek ve aynı anda emniyet sistemini devreye sokacaktır.

2.8.2.2 Emniyet sistemi rüzgar türbinini durduracak ve emniyetli bir duruma getirecektir.

2.9 Jeneratör sıcaklığının izlenmesi

2.9.1 İstekler

Jeneratör sargılarındaki sıcaklık, izin verilen sınırların içinde tutulmasını sağlamak açısından izlenecektir. Bu amaçla, güvenilir olarak çalışan ve bakım gerektirmeyen kendinden izlemeli bir ölçme sistemi seçilecektir.

2.9.2 Sınır değerler

Sargılardaki sıcaklıklar için sınır değerler genelde, kullanılan izolasyon sınıfı esas alınarak, üreticiden alınan bilgilere göre oluşturulur (Bölüm 8, B.6'ya bakınız).

2.9.3 Aşırı sıcaklıktan sonra çalışma

İzin verilen sargı sıcaklığı aşıldığında, güç azaltılacak ve böylece jeneratörün soğuması sağlanacaktır. Bu, kontrol sisteminin görevidir.

Not :

İzin verilen sıcaklık sınırının aşılması jeneratör ömrünü bir miktar azaltsa dahi fazla oranda aşılması, kısa bir sürede harabiyete neden olur. Aşırı akım veya güç, bileşenlerin mekanik ve elektriksel olarak aşırı yüklenmesine sebep olur. Nominal çalışma değerlerinin kısa süreli aşımı, kontrol cihazları tarafından azaltılacaktır. İzin verilen maksimum sınır değerleri aşılsa, rüzgar türbini durdurulacaktır.

2.10 Frenleme sistemlerinin durumunun izlenmesi

2.10.1 Genel

Bir rüzgar türbininin frenleme sistemlerinin emniyet yönünden özel bir anlamı vardır. Mekanik frenleme sistemleri yüksek derecede aşınmaya maruzdur. Bu nedenle, servis freni mümkün olduğunca düşük - aşınma veya aşınmazlık prensibine göre çalışmalıdır (Bölüm 2, B.3.3.3'e bakınız). Bir rüzgar türbininin frenleme sisteminin dizaynı; aşırı ve fark edilmeyen aşınma olasılığının veya gerekli aküde (Bölüm 2, B.3.3.4'e bakınız) bir arızanın, gerektiğinde tepki vermesine olanak veriyorsa, frenleme donanımının durumunun izlenmesi sağlanacaktır.

2.10.2 Ölçüm parametreleri

Durum izlemesi ile ilgili ölçüm parametreleri olarak; fren balatası kalınlığı ve / veya mekanik frenlerdeki fren gevşekliği ile dizayn kavramına bağlı olarak frenleme zamanı veya güç tüketimi faktörleri kullanılabilir. Akümülatörler, dizaynlarına göre (Bölüm 2, B.3.3.4'e bakınız) izlenecektir.

2.10.3 Emniyet istekleri

Durum izlemesi sağlanmışsa, bu donanım frenleme sistemi ile aynı emniyet standartlarına uyacaktır (yani, eğer izleme arızası olursa frenler devreye girecektir). Durum izleme donanımının tepkisi ilerleme olasılığı olan hatalar erken algılanacak ve karşı önlemler başlatılacak şekilde olacaktır.

2.10.4 Bir hata algılandıktan sonra çalışma

Eğer durum izleme donanımı, frenleme sisteminin çalışmaya hazır olmadığını algılayorsa, rüzgar türbini, kontrol sistemi tarafından durdurulacaktır. Algılanan arıza ile ilgili kesin bir bildirimde bulunulacaktır. Tesisin otomatik olarak tekrar çalışmasına, klerensten sonra izin verilir (Bölüm 3, B.2.4'e bakınız).

2.11 Kablonun bükülmesi

2.11.1 İstekler

Rüzgar türbininin çalışması, özellikle döner parçalar (kaporta) ile sabit yapının parçaları (kule ve temel) arasındaki bağlantı kabloları olmak üzere, esnek kabloların bükülmesine neden olursa, bu kabloların aşırı bükülmesi nedeniyle tahrip olmasını önleyici teknik önlemler alınacaktır.

2.11.2 Ölçüm parametreleri

Esnek kabloların bükülmesi ile ilgili uygun bir ölçüm parametresi olarak, kaportanın toplam devrinin belirlenmesi için doğrultuya bağlı sayım veya benzeri bir prosedür kabul edilir.

2.11.3 Sınır değerler

Esnek kabloların kabul edilebilir maksimum bükülme derecesi üretici veya satıcı tarafından tanımlanacaktır.

2.11.4 Aşırı bükülmeden sonra çalışma

2.11.4.1 Bükülmeyi izleme donanımı, kabul edilebilir maksimum bükülme derecesine ulaşmadan önce tepki verecektir.

2.11.4.2 Aktif rota (yönlendirme) sistemli rüzgar türbinlerinde, kabloların bükümlerinin açılması, yönlendirme tahrik sisteminin uygun çalıştırılmasıyla kontrol sistemi tarafından otomatik olarak sağlanabilir. Bükümlerin açılması sırasında tesis durdurulacaktır. Eğer esnek kabloların bükümü otomatik olarak açılmışsa, rüzgar türbini, klerens olmaksızın, otomatik olarak tekrar çalıştırılabilir.

2.11.4.3 Otomatik büküm açılması için en büyük eşik değeri, kontrol sisteminin tepkisi olmaksızın aşılmışsa, emniyet sistemi rüzgar türbinini durduracak ve emniyetli bir konuma getirecektir.

Not :

Rüzgar türbini yapısındaki olası tehlikeleri önlemek için, aşırı yüksek rüzgar hızlarında (örneğin; $V \geq 0,8 \cdot V_{ref}$) otomatik büküm açılmasını durdurması ve rüzgar hızı kabul edilebilir düzeye düşüne kadar rota sisteminin tesisi otomatik olarak kontrol etmesi tavsiye edilir.

bu değer aşıldığında rüzgar türbini derhal

2.11.4.4 Aktif rota sistemi bulunmayan tesislerde, kabul edilebilir maksimum bükülme açısına (2.11.3'e bakınız) ulaşıldıktan sonra, kaportanın daha da dönmesi önleneyecektir. Rüzgar türbini emniyetli bir konuma getirilecektir.

2.12 Rota (yönlendirme) sistemi**2.12.1 Rüzgar doğrultusunun ölçülmesi**

Rüzgar türbininin kontrolü için rüzgar doğrultusunun ölçümü gerekli ise, ölçme donanımı (örneğin; yelkovan) uygun bir şekilde sürekli olarak izlenecek ve buzlanma tehlikesi durumunda harekete geçecek uygun bir ısıtma düzeni ile teçhiz edilecektir.

2.12.2 Hatalı rüzgar doğrultusu ölçümünde çalışma

Eğer kontrol sistemi, rüzgar doğrultusu ölçümünün hatalı sonuç verdiğini algılasa, rüzgar türbini durdurulacaktır.

2.12.3 Aktif rota (yönlendirme) sistemi

2.12.3.1 Aktif rota (yönlendirme) sistemli kaportalarda, elle hatalı kullanımda dahi, hesaplara dahil edilmeyen gerilmelerin bir sonucu olarak, rüzgar türbininin bütünlüğünü tehlikeye düşürecek koşulların oluşmaması sağlanacaktır. Aktif rota sistemli kaportaların tahrik sisteminde bir frenleme sistemi olacaktır. Harekete geçmeden önce, kaportanın konumunun dizayn rüzgar doğrultusu ile uyumlu olduğu belirlenecektir.

Not :

Bu durum; durdurma süresince rüzgarın yönünün 180° değişmesi ve rüzgar türbininin durma süresince rüzgar yönünü takip etmemesi nedeniyle, özellikle uzun süreli durmalardan sonra önemli olabilir.

2.12.3.2 Eğer sistem kavramında kapanma yönlendirme sapması φ_A (Bölüm 2, B.2.8.2'ye bakınız) tanımlı ise,

durdurulacaktır. Yönlendirme sapması tekrar izin verilen sınırlar içine girdiğinde rüzgar türbini klerens olmaksızın tekrar otomatik olarak çalıştırılabilir.

2.12.4 Pasif rota (yönlendirme) sistemi

Pasif rota sisteminde, harekete geçmeden önce, kaportanın konumunun dizayn rüzgar doğrultusu ile uyumlu olduğu belirlenecektir.

2.13 Frekans ve gerilim

2.13.1 Şebeke ile paralel çalışan rüzgar türbinlerinde, sabit bir devre frekansı kabul edilir. Kural olarak, şebeke frekansı rüzgar türbinine etki eder. Yeterli paralel çalışmanın sağlanması için ilgili şebeke operatörü tarafından istenilen kapsamda özel izleme ve kontrol gereklidir. Bunun dışında Bölüm 4, B.5 uygulanır.

2.13.2 Bağımsız çalışma durumundaki rüzgar türbinlerinde, frekans, genelde rüzgar türbininin kendisi tarafından belirlenir.

Nasıl ve ne kapsamda frekans değişimlerine tolere edilebileceği, özel hizmet durumu dikkate alınarak belirlenmelidir. Ancak, genelde dizaynda $\pm$ %5'den veya kısa süreler için $\pm$ %10'dan fazla sapmalar esas alınmamalıdır.

2.14 Emercensi basma düğmesi

2.14.1 Genel

Elle müdahale aracı olarak, her bir kaportada ve kontrol ve ayarlama ünitesinde en az bir adet emercensi basma düğmesi bulunacaktır. Düğmeler; işlevlerinin gerektirdiği şekilde çalıştırılabilecek ve diğer amaçlara aktarılamayacaktır.

2.14.2 İstekler

“Emercensi off”un harekete geçirilmesi insanları ve rüzgar türbinini tehlikeden korumak amacını taşır. Bunun anlamı;

Emniyet sisteminin, rüzgar türbininin tüm hareketlerini mümkün olan en kısa sürede durdurma. Ana gaye en hızlı şekilde tesisi, mukavemeti ile uyumlu bir şekilde durma konumuna getirmektir. Bu nedenle, mukavemet

yönünden doğrulandığı takdirde, olabilecek zaman gecikmeleri by-pass edilecektir.

2.14.3 Emercensi basma düğmesine basıldıktan sonra çalışma

Emercensi basma düğmesine basılması ile çalışma örneğin; aşırı titreşim nedeniyle emniyet sisteminin harekete geçmesi durumundaki çalışma ile benzer olabilir (Bölüm 4, B.3.2.5'e bakınız). Çalıştırıldıktan sonra, emercensi basma düğmesi çalışır durumda kalacaktır.

2.15 Makina bileşenlerindeki arızalar

2.15.1 Makina bileşenleri durumlarına göre izlenecektir. İzleme donanımı, güvenilir bir çalışma önlemi olarak kullanılabilen fiziksel parametreleri (örneğin; dişli yağ basıncı, dişli yağ sıcaklığı, yatak sıcaklığı, vb.) kapsayacaktır. Bu donanımın sağlanacağı kapsam, genel dizayn kavramına bağlıdır.

2.15.2 Sınır değerler aşıldığında, kontrol sistemi rüzgar türbinini durduracaktır. İşlev bozukluğu tipine bağlı olarak, rüzgar türbini otomatik olarak tekrar çalışabilir veya kontrol odasından uzaktan kumanda ile tekrar çalıştırılabilir. Otomatik çalışma, her 24 saatte 3 kez ile sınırlandırılacaktır.

2.15.3 Kontrol sistemi kavramı dizaynında, rüzgar türbininin yapısal bütünlüğüne, kullanılabilirliğine göre öncelik verilecektir.

2.16 Soğuk bir tesisin çalışması

Rüzgar türbininin belirli bileşenleri (örneğin; dişli, jeneratör, transformatör) için üretici tarafından bileşen sıcaklığı ile izin verilen maksimum güç aktarımı arasında bir ilişki belirlenmişse, tesisin kontrol sisteminde ilgili bir "ısınma fazı" sağlanacaktır. Pervane tarafından sağlanan gücün; ilgili bileşenin üreticisi tarafından anlık sıcaklık için belirtilen maksimum değerden büyük olmasına izin verilmez.

2.17 Kontrol sisteminin ve veri depolamanın etkinliği

2.17.1 Kontrol kavramı, rüzgar türbininin belirlenen

koşullarda çalışması ile ilgili prosedür olarak tanımlanır (Bölüm 2, B.2.1'e bakınız). Eğer kontrol, programlanabilir bir sistemle yapılıyorsa, bu sistem, rüzgar türbininin kontrol ve ayarını yüklenir.

2.17.2 Eğer kontrol sistemi, rüzgar türbininin kontrolünü kaybetmiş olduğunu algılayorsa (örneğin; istenilen kanat piçi elde edilemiyorsa), kontrol sistemi emniyet sistemini harekete geçirecektir.

2.17.3 Kontrol sistemi, uygun bir düzenle (örneğin; watch-dog) izlenecektir. Bu düzen devreye girerse, tesis derhal durdurulacaktır. Eğer bu izleme donanımı 24 saatte 1 defadan fazla tepki verirse, emniyet sistemi de harekete geçecektir.

2.17.4 Nominal gücü 1 MW veya daha büyük olan tesislerde, emniyet sistemi harekete geçerse, kontrol sistemi, son işletim durumlarının verilerini depolayacaktır.

2.18 Buzlanmanın otomatik algılanması

2.18.1 Buz sensörü

Rüzgar türbininin bileşenlerindeki buz oluşumunu otomatik olarak algılayan cihazlar sertifikalandırılabilir.

2.18.2 Buzlanma algılanmasında çalışma

Eğer buzlanma algılanırsa, döner kısımlardan buz parçalarının fırlatılmasını önlemek üzere kontrol sistemi rüzgar türbinini durduracaktır. Döner parçalarda buzlanma kalmaması sağlandığı takdirde, tesisin otomatik çalışmasına izin verilir. Aksi halde, yeniden çalıştırmadan önce Bölüm 2, B.2.4'e göre klerens gereklidir.

3. Bakımla İlgili Emniyet Donanımı (Kilitleme Düzenleri)

3.1 İstekler

Rüzgar türbini, her bir pervane, yönlendirme sistemi ve kanat-piç sistemi için, bunların hareketine karşı kilitleme işlevine sahip en az bir adet kilitleme ve eşdeğeri bir düzenle teçhiz edilecektir. Genelde otomatik harekete geçme (durma konumuna ulaşıldığında otomatik kavrama) gerekli değildir.

Not :

Kural olarak, frenleme donanımı, aynı zamanda gerekli kilitleme düzeni olarak kabul edilmez. Sistem dizaynının, frenleme sisteminin her parçasının onarımının emniyetle yapılabilmesini sağlaması koşuluyla, istisnai hallerde bu kuraldan sapmalar mümkündür. Sistemin durdurması öngörülen rüzgar türbininin parçalarının dönüşleri güvenilir biçimde önlenebiliyorsa, frenleme sisteminin onarımı emniyetle yapılabilir.

3.2 Kilitleme düzenlerinin dizaynı

3.2.1 Kilitleme düzenleri, fren bırakıldığında dahi, düzenlerin pervane, kaporta veya pervane kanadının dönüşlerini güvenilir şekilde önleyebileceği şekilde dizayn edilecektir.

3.2.2 Pervane kilidi; göbek yakınında tahrik sistemine etki edecek ve forma uygun olacak şekilde düzenlenecektir. Pervane kilidinin dizaynında Bölüm 7, E.3.4 esas alınacaktır.

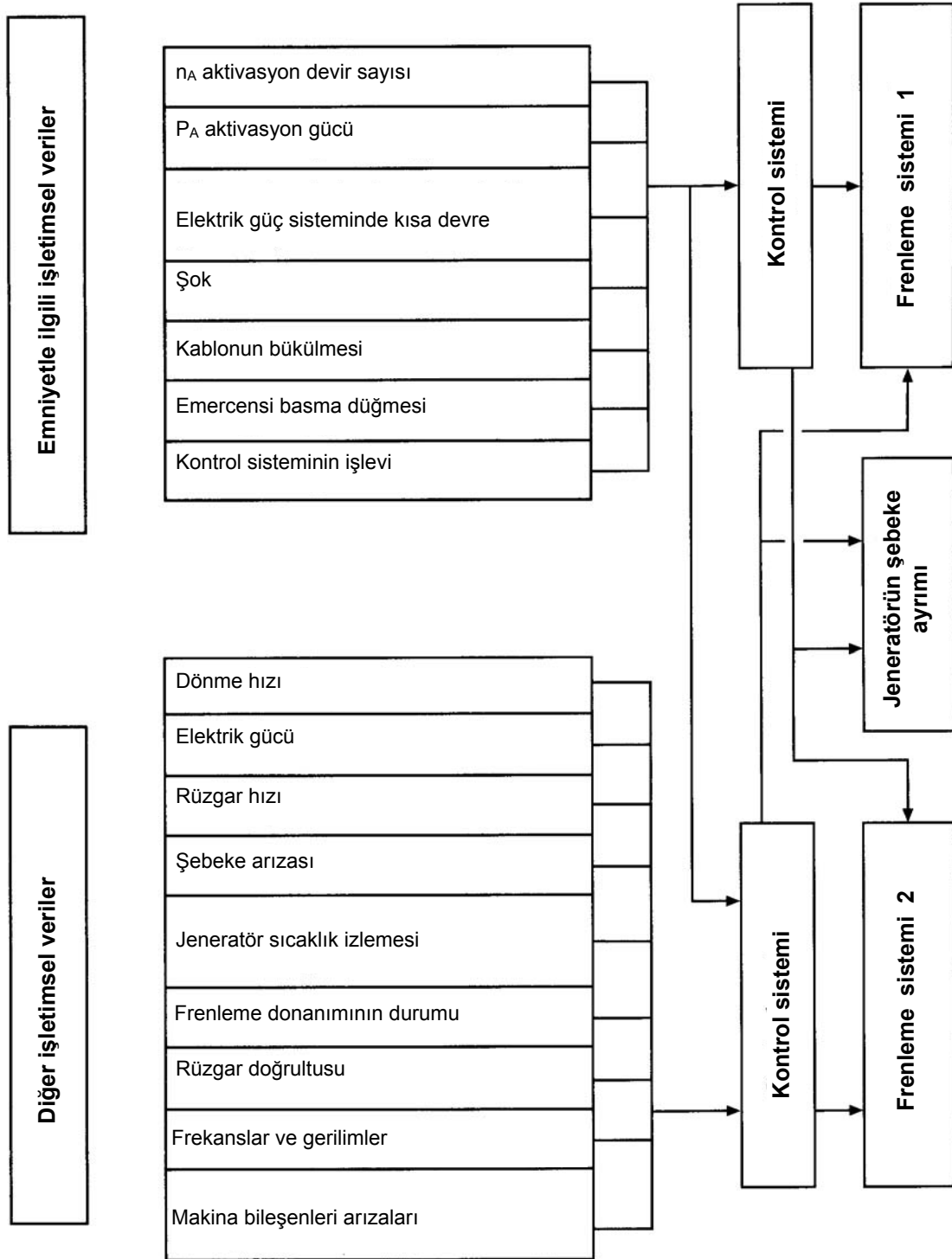
3.3 Emniyet istekleri

Kilitleme düzeninin dizaynında; tehlikeli bir alana giren orada kalan ve çalışan insanların, cihazın işlevine güven duyması kabulü esas alınacaktır. Bu nedenle, cihazın operasyonel emniyeti, kalitesi ve ulaşılabilirliği ile kilitlenmiş bulunan rüzgar türbinini parçaları ile birlikte çalışması (örneğin; pervane kanatları, göbek, shaft) ile ilgili özellikle ağır istekler getirilecektir.

3.4 Kilitleme düzeninin harekete geçmesi

Onarımlar; rüzgar türbininin çalışma sırasında döner parçalarında yapılacaksa, kilitleme düzeni daima faal olacaktır. Kilitleme düzeni; pervaneyi durma konumuna yavaşlatabilen frenler veya mevcut bulunan azimuth frenler vasıtasıyla tesisi durdurulmuş halde tutsa dahi faal olacaktır. Kullanıcı, bu emniyet önlemi hakkında açıkça uyarılacaktır. Çalıştırma talimatına uygun bir not konulacaktır.

EK -2 A
KONTROL VE EMNİYET SİSTEMLERİNİN ETKİLEŞİMİ



Şekil 2 - A.1 Kontrol ve emniyet sistemlerinin etkileşimi

BÖLÜM 3

ÜRETİCİLER İLE İLGİLİ İSTEKLER, KALİTE YÖNETİMİ, MALZEMELER VE ÜRETİM

Sayfa

A. Üreticiler ile İlgili İstekler	3- 1
B. Kalite Yönetimi.....	3- 2
C. Malzemeler	3- 4
D. Üretim ve Testler	3-17

A. Üreticilerle İlgili İstekler

1. Genel

1.1 Üreticiler; işyeri olanakları, üretim prosesleri ile personelin eğitimi ve vasıfları bakımından yapılacak işlere uygun olacaktır. Bunun kanıtlanması, dokümanite edilmiş ve belgeli kalite yönetim sistemi ile sağlanabilir (B'ye bakınız). Gerekirse başvuru halinde, onay koşullarının sağlanması durumunda **TL** işyeri onay sertifikası düzenleyebilir.

1.2 Buradaki esasları, ilgili yasaları ve düzenlemeleri, teknik kuralları, standartları ve kimya endüstrisi vb.den sağlanan verileri dikkate almak ve bunlara uymak üreticilerin sorumluluğundadır.

1.3 Üreticilerden istenilenler, aşağıda belirtilenlerde (özellikle kalite kontrol ile ilgili olarak) ayrıntılı olarak tanımlanmadıkça, bunlar kalite yönetim isteklerine göre tanımlanacaktır. Ayrıntılar hususunda her durumda ayrı ayrı **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

2. İşyeri Donanımı

2.1 İşlerin hatasız olarak yapılması için, üreticiler yeterli donanım ve olanaklara sahip olacaktır. İşlerin uygun şekilde yapılması ile ilgili isteklerin karşılanması ve sınırlama olmaksızın mevcut olması halinde, dış olanaklar da dikkate alınabilir.

2.2 İlgili üretici için gerekenler ölçüsünde donanım ve olanaklar örneğin; şunları içerir:

- Atölyeler, gerekirse üstü açılan çalışma alanları, montaj alanları ile ilgili donanım,
- Malzemeler için ambarlar,
- Kurutma olanakları (örneğin; ahşap kaynak sarf malzemeleri, vb. için)
- Montaj ve taşıma için kaldırma donanımı,
- İşleme makina ve takımları,
- Kaynak ve kesme için takımlar ve donanım,
- Birleştirme, kaynak, laminasyon, yapıştırma donanımı,
- İklimlendirme izleme cihazları,
- Ön ısıtma ve ısıtma işlem olanakları,
- Test donanımı ve malzemeleri ile bunların kalibrasyon cihazları.

3. Personel

3.1 Üreticilerin personeli; bileşenlerin uzmanlıkla hazırlanması, üretilmesi ve test edilmesini sağlayacak nitelikte olacaktır. TL, personelin teknik niteliklerinin kanıtını isteyebilir.

3.2 Sorumluluklarla ilgili alanlar belirlenecek ve üretim sorumluları için gerekli düzenlemeler yapılacaktır.

4. Atölye Onayı

4.1 Genel

Kaynak, laminasyon ve yapıştırma için atölye onayı gereklidir. TL ile anlaşmaya varılmak suretiyle, diğer kuruluşlar tarafından yapılan atölye onayları kabul edilebilir. Diğer üretim yöntemleri veya çalışma teknikleri için TL'nun onayı isteme hakkı saklıdır.

4.2 Onay için başvuru

4.2.1 Onay başvurusu yazılı olarak yapılacaktır. Gerekli olan ilave bilgiler, dokümanlar ve açıklamalar başvuruya eklenecektir.

4.2.2 Başvuruda, kuruluşun organizasyon yapısı ve teknik olanakları tanımlanacak ve personel nitelikleri, üretim kapsamı, üretim prosesleri ve kalite kontrolü hakkında bilgiler verilecektir.

4.2.3 Onay koşullarının gözetimi ve üretilen ürünün kalitesinden sorumlu personel TL'na bildirilecektir.

4.2.4 Üreticinin sorumluluğunda olan testler dokümante edilecektir. Bu işlem, kalite yönetim sisteminin sertifikalandırılması kapsamında doğrulanabilir.

4.3 Onay prosedürü, geçerlilik süresi

4.3.1 TL'nun C. ve D.'deki isteklere uygunluk yönünden başvuruyu kontrol etmesi ve işyerini muayene etmesinden sonra 3 yıllık bir süre için atölye onayı verilebilir. Eğer, geçerlilik süresi içinde işler TL gözetimi altında yapılırsa, ilave kontrol yapılmaksızın bu süre 1 yıl uzatılabilir. Daha sonra onayın teyidine gerek yoktur, ancak firmanın isteği halinde verilebilir.

4.3.2 Eğer bir yıldan fazla bir süre ile TL'nun gözetimi altında hiçbir iş yapılmazsa, 3 yıllık geçerlilik süresi sona ermeden uzatma başvurusu yapılacaktır. Başvuruya, güncelleştirilen dokümanlar eklenecektir. Bu durumda, onay yenilenir ve ek bir 3 yıl süreyle uzatılır.

4.4 Onay koşullarındaki değişme

Üretim olanakları, üretim prosesleri, kalite kontrolü, personelin nitelikleri gibi önemli etkileri onay koşullarındaki her değişim yazılı olarak TL'na bildirilecektir. Yeni üretim prosedürleri, uygulanmadan yeterince önce TL'na bildirilecektir. TL, bu prosedürlerin doğrulama testlerinin yapılmasını isteyebilir.

B. Kalite Yönetimi

1. Genel

1.1 Üreticinin, tanınmış bir standarda göre kalite yönetimi (KY) sistemini uygulaması ve bunun TL tarafından değerlendirilmesi koşuluyla, bu esaslarda istenilen kanıtların bir kısmı KY sistemi kapsamı içinde verilebilir. Akredite bir sertifikalandırma kuruluşu tarafından KY sistemi sertifikası TL tarafından değerlendirilerek kabul edilecektir.

1.2 KY sisteminin onaylanması, üreticinin buradaki esaslarda belirtilen isteklere uymasını gerektirir. Bunun kanıtlanmasının sorumluluğu firmaya aittir. TL sistemin etkinliğini ve işle ilgili istekleri, firma tarafından verilen dokümanlara göre doğrular (örneğin; atölye onayı kapsamında) ve kendi kararına göre, rastgele muayenelerle veya KY sistemi içindeki testlerin gözetimi ile bunları kontrol eder.

1.3 Üretici, buradaki esaslarda, uygulanacak standartlarda, spesifikasyonlarda ve diğer kurallarda belirtilen tüm testlerin ve muayenelerin yapılmasından sorumludur.

1.4 KY sisteminde veya üretim kalitesi üzerinde önemli bir etkisi olacağı öngörülen üretim prosesinde değişim yapılmadan önce, TL'na bilgi verilecektir. TL, bu konuları kontrol etme (olağandışı muayene) ve KY sistemi onayını gözden geçirme hakkına sahiptir.

1.5 Bir sertifikalandırma kuruluşunun KY sistemi sertifikasının **TL** tarafından tanındığı hallerde, sertifikanın geçerliliğini yitirmesinin derhal **TL**'na bildirilmesi, üreticinin sorumluluğundadır.

2. Tanımlar

2.1 ISO 9000'deki tanımlar uygulanır.

2.2 Üretici; bir ürünü veya ürünün bağımsız bileşenini üreten veya tedarikçilerden temin edilen bileşenlerden oluşan bir ürünü monte eden ve satan organizasyonel birimdir.

2.3 Kalite; bir ürünün veya bir hizmetin, belirlenen veya öngörülen ihtiyaçları karşılamak için üzerinde taşıdığı özelliklerin ve niteliklerin bütünüdür.

2.4 Kalite yönetimi (KY); ürünün veya hizmetin, kalite ile ilgili istekleri karşılayacak şekilde yeterli emniyeti sağlayan planlı ve sistematik tüm faaliyetlerini içerir.

2.5 KY sistemi, kalite yönetiminin uygulanması için gerekli organizasyon yapısını, sorumlulukları, prosedürleri, prosesleri ve kaynakları içerir.

2.6 Kalite denetimi; kalite faaliyetlerinin ve ilgili sonuçların planlanan çalışmalara uygunluğunun belirlenmesi ve bu faaliyetlerin etkin şekilde uygulandığının ve hedeflere ulaşmaya uygunluğunun saptanması için yapılan sistematik ve bağımsız muayenedir.

2.7 KY sistemi dokümanları, KY sisteminin işlevini tanımlayan tüm dokümanları içerir. Bunlar aşağıda verilmiştir:

- Kalite el kitabı,
- Kalite prosedürleri,
- Kalite talimatları.

3. Kalite Yönetim Sistemi ile İlgili İstekler

3.1 Asgari olarak, KY sistemi ISO 9001'e göre KY

modeli isteklerine uygun olacaktır. ISO 9000 ve ISO 9004, KY sisteminin uygulanması ile ilgili ana prensipleri ve önerileri içerir.

3.2 KY sistemi, ayrıntılı bir şekilde yazılı olarak planlanacaktır (2.7'ye bakınız).

3.3 Kendi geliştirme faaliyetleri bulunmayan üreticiler için, ISO 9001 çerçevesindeki 7.3 alt bölümünün (Dizayn ve Geliştirme) hariç tutulmasına izin verilir.

4. KY Sisteminin Sertifikalandırılması

4.1 KY sisteminin, EN 45012'ye göre akredite olmuş bir sertifikalandırma kuruluşu tarafından sertifikalandırılması bir ön koşuldur. Sertifikalandırma ile ilgili genel koşullar aşağıda belirtilmiştir.

4.2 KY sisteminin sertifikalandırılması, aşağıda verilen denetimlerin tamamlanmasından sonra yapılır:

- ISO 9001'deki isteklere göre KY sistemi dokümanlarının kontrolü,
- Sertifikalandırma kuruluşu tarafından ilk denetimin başarılı olarak sonuçlanması. Bu denetimde, KY sisteminde belirtilen KY faaliyetlerinin uygulanma durumu kontrol edilir.

4.3 Sertifikanın geçerliliği düzenli denetimlerle sağlanır. Bu denetimler, önceden belirlenen aralıklarla yapılır (yılda bir ve gerekirse daha sık).

4.4 Sertifika genelde 3 yıl süre ile geçerlidir. Sertifikanın düzenleniş tarihinde başlar. Yeniden sertifikalandırmanın (genelde yenileme denetimi yapılarak) tamamlanması halinde, 3 yıl süreyle geçerli olacak bir sertifika düzenlenebilir. Sertifikanın geçerliliği için, onaylanan koşullara uyulduğunun ve KY sisteminde ciddi bir kusurun oluşmadığının belirlenmesi gereklidir.

C. Malzemeler**1. Genel İstekler****1.1 Genel**

1.1.1 Rüzgar türbininin kuvvet ve moment ileten bileşenlerinde sadece garanti edilen özelliklere sahip malzemeler (örneğin; mukavemet, kullanımı varsa düşük sıcaklıklarda dayanıklılık, soğuk şekil değişimi, kaynağa uygunluk, çürümeye direnç, vb.) kullanılabilir.

1.1.2 Seçilen malzemeler, bileşenle ilgili isteklere, özellikler yük tipine (şok yükü, osilasyon yükü), dış koşullara (Bölüm 4, B'ye bakınız) ve dizayna uygun olacaktır. Seçilen malzemeler, onay için verilecek dokümanlarda (resimler, parça listeleri) açıkça belirtilecektir.

1.1.3 Bu bölümde belirtilmeyen tüm malzemeler; kalite istekleri ve test koşulları bakımından, ilgili standartlara göre işlem görecektir. Rüzgar türbininin özel ortam ve işletim koşulları dikkate alınacaktır.

1.1.4 Kullanılacak malzemelerin sıcaklık aralığı, Bölüm 4, B.4'de verilmiştir. Bu sıcaklık aralığı dışındaki malzemelerin kullanımı, TL ile anlaşmayı gerektirir.

1.1.5 Rüzgar türbinine monte edilen bileşenler için, proje sertifikası için başvuruda bulunan rüzgar türbinlerinde, sadece TL onaylı malzemeler kullanılabilir.

1.2 Malzeme testleri

1.2.1 Malzeme testlerinin tipi ve kapsamı, bileşenin önemine ve bileşene gelen gerilmeye ve olası veya gerekli üretim sonrası testlerin tipine ve kapsamına bağlıdır. Sertifikalandırmanın tipine bağlı olarak, Bölüm 1, B.3.3 (A ve B dizayn değerlendirmesi) ye göre gerekli tüm malzeme ve bileşen testleri ile birlikte dizayn analizleri, Bölüm 1, B.5.3'e göre (tip sertifikası) yapımda ve montajda dizayn isteklerinin uygulanması veya Bölüm 1, B.6.2'ye göre (proje sertifikası) üretimin gözetimi gereklidir. Ayrıntılı olarak başka bir husus belirlenmemişse, aşağıdaki istekler uygulanır.

1.2.2 Malzeme test dokümanları (uygunluk beyanları) EN 10204:1995'e veya prEN 10204:2000'e uygun olacaktır. Bu dokümanlar; standartlarda belirtilen veya istekler doğrultusunda ilave olarak anlaşmaya varılan testlerin sonuçlarını içerecektir. Bu dokümanlarda ayrıca, bileşenin güvenilir şekilde izlenmesine olanak verecek şekilde malzemenin işaretlenmesi ile ilgili veriler bulunacaktır.

1.2.3 Proje sertifikası kapsamında, bir rüzgar türbininin bileşenleri ile ilgili malzeme test dokümanları (uygunluk beyanı), TL tarafından yapılan üretim gözetiminin bir parçasını oluşturur.

1.2.4 A ve B dizayn değerlendirmesi kapsamında, büyük statik veya dinamik yüklere maruz olan ve rüzgar türbininin bütünlüğü için önemli olan bileşenlerin malzemeleri için genelde EN 10204-3.1 B veya prEN 10204-3.1'e göre muayene sertifikaları verilecektir. İstisnai olarak, aynı istek sınıfına dahil fazlalıklı veya hasara-dayanıklı bileşenlerin test sertifikaları, EN 10204-2.2 veya prEN 10204-2.2'ye göre test raporları şeklinde olabilir.

1.2.5 Daha az oranda yüksek gerilmelere maruz olan, ancak rüzgar türbininin işlevi için özel öneme sahip bulunan diğer bileşenlerin veya parçaların malzemeleri için EN 10204-2.2 veya prEN 10204-2.2'ya göre test raporları verilecektir.

1.2.6 Tereddüt halinde, bileşenlerin veya parçaların malzeme sınıfları hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır. Muayene sertifikaları elde edilemeyen bileşenler için uygulanacak isteklerin kapsamı TL ile tartışılarak kararlaştırılacaktır.

1.2.7 Rüzgar türbininin bütünlüğü için önemli olan ve insan sağlığı ve yaşamı için büyük bir tehlike potansiyeli oluşturan ve aşağıda listelenen bileşenler için, üretim ve montajda, Bölüm 1, B.5.3'e göre (tip sertifikası) dizayn isteklerinin uygulanması veya Bölüm 1, B.6.2'ye göre (proje sertifikası) üretim gözetimi gereklidir. Güç iletiminde önemli bir rol oynayan civatalı birleştirmeler için, kalite yönetimi önlemlerinin standardı, KY önlemlerinin tanımı ile gösterilecektir.

1.2.8 Özel malzemeler, üretim prosesleri veya bileşenler için TL'nun üretim gözetiminin kapsamını arttırma hakkı saklıdır.

1.3 Korozyondan korunma

1.3.1 Genel

1.3.1.1 Rüzgar türbini bileşenleri kısmen aşındırıcı çevre koşullarına maruzdur ve kolaylıkla ulaşılamazlar. Operasyonel koşullar nedeniyle, birçok durumda koruyucu boyanın giderilmesi mümkün değildir. Bu nedenle; dizayna, malzeme seçimine ve korozyondan korunma önlemlerine dikkat edilmelidir.

1.3.1.2 Sınırlamasız sertifikaya sahip rüzgar türbinleri korozyon etkisi bakımından “deniz atmosferinde” adı altında klaslanacaktır.

1.3.1.3 Korozyondan koruma ile ilgili diğer genel konular TL'nun “Korozyondan Korunma ve Boyama Sistemleri ile ilgili Esaslar” kuralında verilmiştir.

1.3.2 Korozyondan korunma ile ilgili dizayn

1.3.2.1 Korozyondan korunmayı ve korozyonu azaltmayı esas alan yapısal dizaynın; korozyondan korunmanın uygulanması, etkinliği ve onarılabilmesinin kolaylaştırılması üzerinde önemli etkisi vardır. Ana kurallar ISO 12944-3'de verilmiştir ve dikkate alınmalıdır.

1.3.2.2 Korozyon tehlikesi bulunan yüzeyler, mümkün olduğunca düz olacak şekilde dizayn edilmelidir. Stifnerler ve fittingler, vb. mümkün olduğunca düşük korozyonlu bölgelere konulacaktır. Girilemeyen içi boş bileşenler, sızdırmaz şekilde kaynakılacaktır.

1.3.2.3 Suyun veya aşındırıcı maddelerin birikme olasılığı bulunan alanlardan (su cepleri), meyilli levhalar, geçitler veya frengiler gibi uygun önlemler yardımıyla kaçınılacaktır. Havalandırma gibi dizayn önlemleri ile yoğunlaşmalar azaltılacaktır.

1.3.2.4 Kaynak kalıntıları (cürufalar, gevşek kaynak sıçramaları ve tırtıl gibi) giderilecektir. Yüzeyde erimiş sıçramalar veya tırtıllar, korozyon gerilmesi veya boya sistemi gerektiriyorsa, giderilecektir.

1.3.2.5 Kural olarak, çapaklar daima giderilecek ve keskin kenarlar yuvarlatılacaktır. Bu işlem, bileşenin boyandığı veya yapıdaki gerilme ya da kazaların önlenmesi kurallarının gerektirdiği hallerde mutlaka gereklidir.

1.3.3 Malzeme seçimi

Boya ile ve koruyucu kaplama ile korunamayan alanlar için korozyona karşı hassasiyeti “düşük” olarak klaslanan veya daha iyi niteliklere sahip olan uygun malzemeler kullanılacaktır.

Deniz atmosferindeki malzemeler için, örneğin; DIN 81249-4 kullanılır. Çeşitli malzemelerin korozyon olasılıkları, örneğin; DIN 50930'da belirtilmiştir.

1.3.4 Boyalar

1.3.4.1 Boyalar; gerilmeleri ve kullanılacak boya sistemini listeleyen ISO 12944-5'e göre seçilecektir. Boyama işleminin işçiliği ve izlenmesi ISO 12944-7'ye göre olacaktır. Çelik üzerindeki metalik koruyucu kaplamalar için TL'nun “Korozyondan Korunma ve Boyama Sistemleri ile ilgili Esaslar” Bölüm 5 dikkate alınacaktır. İlave bilgiler yukarıda belirtilen esaslardan ve TL Açık Deniz Tesisleri Kurallarından alınabilir.

1.3.4.2 Boya ile korunacak yüzeyler; yüzey hazırlama, uygulama, muayene ve bakım gibi gerekli faaliyetler için ulaşılabilir olacak şekilde dizayn edilecektir.

2. Metal Malzemeler

- Metal malzemelerden yapılan rüzgar türbininin kuvvet ve moment bileşenleri için, sadece özellikleri garanti edilen uygun malzemeler (örneğin; mukavemet, düşük sıcaklıklarda dayanıklılık, soğuk şekil değişimi, kaynağa uygunluk, vb.) kullanılabilir. Diğer kurallara veya standartlara uygun malzemelerin kullanımı için TL'nun onayı gerekir.

- Malzeme testleri 1.2'ye göre yapılacaktır.

- Dişliler, yataklar, frenler, kaplinler, vb. gibi makina bileşenleri için, bu bileşenlere uygun malzemeler kullanılacaktır. Çevresel işletim koşulları (Bölüm 4, B'ye bakınız) dikkate alınarak, kalite istekleri ve test koşulları ilgili standartlardan alınacaktır.

Diğer özel istekler, Kısım 6'da verilmiştir.

- Özel durumlarda, yavaşça büyüyen yeni başlamış çatlaklarda, rüzgar türbininin sınırlı çalışması kabul edilebilir. Bir bileşenin kalan ömrünün belirlenmesinde uygulanacak malzeme verileri, kullanımdan önce, TL ile anlaşmaya varılacaktır.

2.1 Yapım çelikleri

2.1.1 Bölüm 6 ve 7'deki yapılar ve bileşenler için, EN 10025'e göre yapım çelikleri ile EN 10113'e göre kaynak edilebilir ince taneli çelikler kullanılabilir. TL'nun izni ile eşdeğer yapım çelikleri de kullanılabilir. Özel çeliklerle ilgili istekler her durum için TL tarafından belirlenecektir. boş kesitler için EN 10219-1 (soğuk şekil verilmiş, kaynaklı) ve EN 10210-1 (sıcak işlenmiş) uygulanır.

2.1.2 Daha az öneme haiz, yük taşımayan parçalar için kullanılan yapım çelikleri, ilgili uygulama için gerekli mukavemete ve özelliklere sahip olacaktır (örneğin; soğuk- işleme, kaynak edilebilirlik). Bu çelikler ile yük taşıyan yapılar ve bileşenlere ait çelikler arasındaki kaynaklı birleştirmelerin bileşenler üzerinde olumsuz etkisi olmayacaktır.

2.2 Çelik döküm

2.2.1 Bölüm 6 ve 7'deki yapılar ve bileşenler için DIN 1681'e göre GS-38, GS-45 ve GS-52 kalite çelik dökümler ile DIN 17182'ye göre GS-16 mn5, GS-20Mn5N ve GS-20Mn5V kalite çelik dökümler kullanılabilir. Mekanik özellikleri ve kaynak edilebilirlikleri bakımından yukarıda belirtilen kalitelere eşdeğer olması ve uygulama amacına uygun bulunması koşuluyla, diğer standartlara veya spesifikasyonlara uygun çelik döküm kaliteleri de, TL'nun izni ile kullanılabilir. Bu amaçla, bir kerelik bir uygunluk testi gerekebilir.

2.2.2 Aksine anlaşmaya varılmadıkça, yukarıda belirtilen standartlara göre kalite istekleri ve test koşulları uygulanır. Ayrıca, EN 1559-1:1997 ve EN 1559-2:2000 ile belirtilen hükümler dikkate alınacaktır. Minimum dizayn sıcaklığına karşılık gelen bir sıcaklıkta çentik darbe çalışması doğrulanacaktır (1.1.4'e bakınız).

2.2.3 Aşağıda belirtilen koşullar da dikkate alınacaktır:

- Kaynaklı dizaynlarda kullanılacak çelik dökümlerde, yukarıda belirtilen kalitelerin karbon oranı %0,23'ü ve krom ile molibden'in toplamı %30'u aşmayacaktır. Her bir eriyiğin bileşimi üretici tarafından sertifikalandırılacaktır.

- Dökümün tipine bağlı olarak, çelik dökümler, ya normalize edilmiş veya sertleştirilmiş ve temperlenmiş olarak teslim edilecektir.

- Genellikle dinamik gerilme altındaki döküm bileşenler için, EN 12681:2003 (Radyografik test), EN 12680-2:2003 (Ultrasonik test), EN 1371-1:1997 (Girici sıvı testi) ve EN 1369:1997 (Manyetik çatlak algılama testi) ile birlikte DIN 1690 T2:1985'e göre kalite derecesi 3, izin verilen asgari uygunluk derecesidir. Kalite dereceleri, Bölüm 5, C.3.4.3'e göre sayısal analiz kabullerine uygun olacaktır.

- Çelik dökümlerde, kullanımlarına ve uygun olarak işleme tabi tutulmalarına olumsuz etkiyebilecek hatalar bulunmamalıdır.

- Üretim kaynağı veya onarım kaynağı ile hataların giderilmesine, TL tarafından onaylı spesifikasyon ile izin verilir. Kaynak atölyesinin ve kaynakçıların nitelikleri Bölüm 3, D.2'ye göre doğrulanacaktır.

2.3 Paslanmaz çelikler

2.3.1 Paslanmaz çelikler, proses durumları (örneğin; kaynak) dikkate alınarak, korozyona karşı dirençlerine göre seçilecektir. Eğer özel hallerde, aksine anlaşmaya varılmadıkça, TL tarafından onaylı spesifikasyon esas

alınarak teslimat yapılmaması durumunda, örneğin; EN 10088 (paslanmaz çelikler) ve EN 10213-4'e (basınçlı kaplar için çelik dökümler) uygun çelikler seçilebilir.

2.3.2 Kaynaklı yapılar için, kristaller arası korozyona direnci garanti edilen, kaynak edilmeye uygun kaliteler kullanılabilir. Kaynağın, kaynak sonrası ısıtılma işlemi olmaksızın yapılması öngörülüyorsa, bu koşulda korozyona dirençli çelik döküm kaliteleri kullanılacaktır, örneğin; Nb ile stabilize edilmiş veya %0,03'den fazla C içermeyen çelik dökümler.

2.3.3 Teslim koşulları, ısıtılma işlemi, kimyasal bileşim, mekanik özellikler ve kaynak edilebilirlik bakımından EN 10213-4'te tanımlananlara eşdeğer kalitede olmaları ve kullanım amaçlarına uygunluğunun kanıtlarının verilmiş olması koşuluyla, diğer standartlara veya malzeme spesifikasyonlarına uygun olan diğer çelik döküm kaliteleri kullanılabilir. Bu amaçla, ilk uygunluk testi gerekebilir.

2.3.4 Madde 1.1'e göre en düşük dizayn sıcaklıkları sınırları dikkate alınacaktır.

2.4 Dövme çelikler

Uygun malzemelerin seçimi ile ilgili ilave bilgiler için TL Malzeme Kuralları, Bölüm 6'ya bakınız.

2.4.1 Standartlar

Bölüm 6 ve 7'ye göre yapılan ve bileşenler için dövmeler ve kütükler isteklere uygun olarak EN 10083'e göre, büyük kesitlerde (yani 100 mm.den büyük) ise SEW 550'ye göre seçilecektir. Malzeme seçimi ile ilgili diğer ayrıntılar, TL Malzeme Kuralları Bölüm 6'dan alınabilir. Temperleme ve sementasyon çelikleri için (örneğin; dişli pinyonların üretimi için), EN 10083 ve 10084, paslanmaz çelikler için EN 10088 uygulanır. Yukarıda belirtilen standartlardaki eşdeğer özellikte iseler ve amaçlanan kullanımlarına uygunluklarının kanıtı verilebiliyorsa, diğer standartlara veya üretici malzeme spesifikasyonlarına uygun dövmeler ve kütükler kullanılabilir. Bunun için ilk uygunluk testi gerekebilir.

2.4.2 Üretim prosesleri

2.4.2.1 Dövme çelikler, bazik oksijen çelik üretim

yöntemi ile, elektrik veya Siemens – Martin fırınında veya TL tarafından onaylı diğer yöntemlerle üretilen ve sakınlaştırılacaktır. Talep halinde, kullanılan eritme yöntemi TL'na bildirilecektir.

2.4.2.2 Dövme parçalarda zararlı tortuların bulunmamasını sağlamak için ingotun alt ve üst uçlarından yeterli miktarda malzeme kesilecektir. Zararlı tortu terimi, istenilen özelliklerin bozulmasına neden olan tüm düzensizlikleri kapsar.

2.4.2.3 Parçalar, yeterli miktarda işleme fazlalığı kalacak şekilde mümkün olan son boyuta kadar dövülecektir. Dövme parçaya son şeklini vermek amacıyla, parçanın özelliklerini bozacak miktarda yapılacak işleme (örneğin; öz bölgeye ulaşan işleme) izin verilmez. Şekil değiştirme derecesi, öz bölge yeterince dövülecek şekilde olacaktır. Toplam şekil değiştirme oranı 3,5 : 1'den az olamaz.

2.4.2.4 Halka şeklinde veya içi boş ürünler, haddelenmeden veya uygun bir mandrel ile genişletilmeden önce zımbalanmış matkap veya burgu ile delinmiş olan ingot veya kütüklerden kesilmiş kısımlardan üretilmektedir.

2.4.3 Teslim koşulları, ısıtılma işlemi

2.4.3.1 Tüm dövme parçalara, malzemeye uygun tarzda ısıtılma işlemi uygulanacaktır. Isıtılma işlemleri, düzenli ve gerekli şekilde bakımı yapılan uygun fırınlarda yapılacaktır.

Fırınlarda, sıcaklığı kontrol eden ve gösteren cihazlarla donatılmalıdır. Fırın boyutları, dövme parçanın tümünde sıcaklığı, gerekli ısıtılma sıcaklığına düzgün olarak çıkartabilecek özellikte olacaktır. Çok büyük dövme parçalarda, fırın boyutları, toplam normalizasyonun bir kademedede yapılmasına elverişli değilse, alternatif ısıtılma işlemi prosesi hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır.

2.4.3.2 Tüm sıcak şekil verme işlemleri, son ısıtılma işleminden önce bitirilecektir. Herhangi bir nedenle daha sonraki sıcak şekil verme işlemi için dövme parçanın yeniden ısıtılması gerekli olursa, son ısıtılma işlemi tekrarlanacaktır.

2.4.3.3 Dövme parçalar, son ısıt işlemden sonra sıcak veya soğuk düzeltme işlemine tabi tutulduğunda, bu işlemin ardından, kalan gerilmelerin giderilmesi için gerilme giderici ısıt işlem gerekli olabilir.

2.4.3.4 Dövme işleminden sonra mekanik işleme ile kesiti önemli ölçüde değiştirilecek dövme parçalar, yeterli kaba mekanik işlem uygulandıktan sonra su verilip temperlenebilir. Su verilmiş ve temperlenmiş dövme parçanın ağırlığı, son parça ağırlığının 1,25 katını geçemez.

2.4.4 Genel dövme kalitesi

2.4.4.1 Tüm dövme parçalar, kullanımlarına ve işlemlerine önemli ölçüde zararlı etkileri olabilecek tabakalaşmalar, çatlaklar, çekme boşlukları, tortular, gaz boşlukları ve metalik olmayan katkılar gibi hatalardan arınmış olmalıdır. Mekanik olarak işlenmemiş şekilde teslim edilen dövme parçalar, üretim yöntemine bağlı olarak düzgün bir yüzeye sahip olacaktır.

2.4.4.2 Önemsiz yüzey hataları çekme ve / veya taşlama ile giderilebilir. Hataların tamamen giderilmiş olduğu manyetik parçacık veya girici sıvı testleri ile belirlenecektir.

2.4.4.3 Kimyasal bileşimin kanıtlanması

Üretici, her eriyiğin kimyasal bileşimini belirleyecek ve 1.2'ye göre ilgili sertifikayı sağlayacaktır. Sertifikada ilgili çelik kalitesinin eriyiğine ait kimyasal bileşim belirtilecektir. Bileşimde herhangi bir tereddüt varsa veya sertifika ile dövme parçalar arasındaki bağlantı kanıtlanamadığında, ürün analizi yapılacaktır.

2.4.5 Mekanik – teknolojik testler

2.4.5.1 Çekme testi

Mekanik özellikler; çekme mukavemeti, akma sınırı veya %0,2 uzama sınırı, kopma uzaması ve kopmada kesit daralması değerlerinin belirleneceği çekme testi ile kontrol edilecektir.

2.4.5.2 Çentik darbe eğilme testi

Standartlarda belirtilmemişse, bir çentik darbe eğilme testi yapılacaktır. Aksi belirtilmedikçe, çentik darbe enerjisi her dövme parçasında veya test parçasında yapılacak çentik darbe testi ile kanıtlanacaktır.

2.4.5.3 Örnek alma

Kural olarak, test parçaları, bu amaçla ana dövme parça ile birlikte dövme işlemi uygulanan fazla malzemeden alınacaktır. Bu test kısımları, genelde dövme parçaya son ısıt işlem uygulandıktan sonra ana parçadan ayrılabilir. Bu durumda, sonraki gerilme giderici ısıt işlem ihmal edilebilir. Isıt işleminden önce test kısmının ana parçadan ayrılmasına sadece üretim zorunlulukları nedeniyle izin verilebilir. Bu durumda, ana dövme parçası ile test kısımlarına birlikte ısıt işlem uygulanmalıdır.

2.4.5.4 Bu kuraldan istisna olarak, seri üretilen kalıpta dövme parçalarda, test parçaları, fazla veya ayrıca dövülen örnek kısımlardan alınabilir. Bunlar aynı eriyiğe ait olacak ve test edilecek parça ile birlikte ısıt işleme tabi tutulacaktır. Test örneği seçimi ile ilgili olarak, standartlarda belirtilen test demeti boyutları uygulanır.

2.4.5.5 Tüm test kısımlarına, dövme parçanın ilgili kesitine uygun kesite sahip olacak derecede şekillendirmek üzere dövme işlemi uygulanacaktır. Test kısımları, gerekli testlerle birlikte olası yenilenecek testler için gerekli test parçalarının alınmasına da yetecek büyüklükte olacaktır.

2.4.5.6 Tüm test kısımları ve test örnekleri, temsil ettikleri dövme parçaları veya birim test miktarları ile kolaylıkla ilgi kurulabilecek tarzda markalanmalıdır.

Kural olarak, örnekler, yüzeyden itibaren çapın veya kalınlığın 1/3'ünde yer alan test kısımları veya test örneklerinden alınacaktır.

2.4.6 Tahribatsız testler

2.4.6.1 Yüzey çatlakların araştırılması gerekli ise, östenitik çelikler hariç, tercihen manyetik parçacık yöntemi kullanılacaktır.

Testler, genelde, dövme parçalara son ısıtma işlemi uygulandıktan ve mümkünse mekanik olarak işlendikten sonra yapılacaktır. Akım uygulanacak ise, elektrotların yanık izleri meydana getirmemesine dikkat edilecektir. Parçanın yüzeyindeki teğetsel olan gerilimi en az 2 kA/m (25 Oe) olacak, ancak 5 kA/m'yi (62,5 Oe) geçmeyecektir.

2.4.6.2 İstisnai durumlarda (ve östenitik çelikler için) girici sıvı yöntemi kullanılarak yüzey çatlak testleri mümkündür. Testler, muayene maddesi üreticisinin talimatına göre, girici sıvı, temizleyici ve developer'den oluşan birbirine bağlı test malzemesi kullanılarak yapılacaktır.

2.4.6.3 Ultrasonik testler, tercihen, basit bir geometrik şekilde iken, test edilecek parçalar asgari olarak normalize edilmiş halde yapılacaktır. Parçanın şekil ve boyutunun izin vermesi koşuluyla, ultrason radyal ve eksenel doğrultuda hareket edecektir. Kullanılan yöntem, uygulama tipi, test problemleri cihaz ayarları, kayıt eşikleri ve hata sınırları gibi testlere ait teknik veriler üretici tarafından belirlenecek ve bildirilecektir. Testi yapanların nitelikleri kanıtlanacaktır.

Firma, ultrasonik testlerle ilgili olarak yukarıda belirtilen test tekniği ayrıntılarını ve sonuçların değerlendirilmesini içeren raporu hazırlayacaktır.

2.5 Dökme demir

2.5.1 Bölüm 6 ve 7'ye göre yapılar ve bileşenler için, gerekli mekanik özelliklere bağlı olarak ya EN 1563:2003'e göre küresel grafitli veya EN 1561:1997'ye göre lamellar grafitli dökme demirler kullanılabilir. Ayrıca, EN 1559-1:1997 ve EN 1559-3:1997'de belirtilen hükümler dikkate alınacaktır.

2.5.2 İlave doğrulama olmaksızın, gevreklik kırılmasına eğilimi bulunan dökme demirler (yüksek yüzdeli perlitli EN-GJS; EN-GJL) kuvvet iletiminde önemli bir rol oynayan ve yüksek dinamik yüklere maruz bileşenlerde (örneğin; pervane göbeği, pervane yatakları ile entegre dişli kutusu muhafazası, pervane yatağı ve makina temelleri döküm parçaları) kullanılmayacaktır.

2.5.3 Küresel grafitli dökme demirler için üretim yöntemi, küresel form V ve VI'daki (ISO 945:1994'e göre) grafitin %90'ının çökmesini sağlamalıdır. Mikro yapının belirlenmesi için ISO 945 uygulanabilir. Ferritik tipler için, metalik ana maddenin tane yapısı içindeki perlit oranı %10'u geçmeyecektir.

2.5.4 Diğer standartlara veya malzeme spesifikasyonlarına uygun diğer tip dökme demirlerin kullanımı için, TL ile anlaşmaya varılmalıdır.

2.5.5 İç kusurların değerlendirilmesi bakımından, bileşenlerin döküm kalitesinin incelenmesi için, ultrasonik (EN 12680-3:2003) ve / veya radyografik (EN 12681:2003) testler gibi tahribatsız test yöntemleri uygulanacaktır. Radyografik testler için, radyasyon kaynağı, EN 444'e göre, maksimum et kalınlığı ile bağlantılı olarak seçilecektir. Eğer ultrasonik test için yeterli arka-panel veya hata ekosu elde edilemezse, radyografik testle kombineli ultrasonik test yapılacaktır.

2.5.6 Genelde dinamik gerilmelere maruz bulunan ve küresel grafitli dökme demirden yapılan bileşenler için, kalite düzeyi istekleri EN 12680-3:2003 (ultrasonik test) ve EN 12681:2003 (Radyografik test), EN 1369:1997 (Manyetik çatlak algılama testi) ve EN 1371-1:1997 (Girici sıvı testi)'ye göre belirlenmelidir.

2.5.7 Yarık tipi hava boşlukları (hata sınıfı A), metalik olmayan katkılar (B) ve kapalı çekme delikleri (C) radyografik testten sonra, kalitelerine göre sınıflandırılacaktır (Tablo 3.1'e bakınız). Burada kabul edilecek en kötü derece VDG, P-541'e göre kalite derecesi 3'dür. Yüksek gerilmeli alanlarda mekanik işleme ile kesilen cürüflara (Z) veya çekme deliklerine (C) izin verilmez ve et kalınlığında izin verilen azalma dikkate alınarak mekanik yollarla giderilmelidir. Varsa, diğer tüm hata tipleri ayrıca değerlendirilecek ve olası önlemler TL ile koordine edilecektir.

2.5.8 Genelde dinamik gerilmelere maruz bulunan ve küresel grafitli dökme demirden yapılan bileşenler için, kalite düzeyi istekleri, belirtilecek veriler için EN 12680-3:2003'e göre belirlenmelidir. Burada kabul edilecek en kötü derece, kalite derecesi 3'dür.

Tablo 3.1 VDG, P-541 esas alınarak EN GJS'nin radyografik testi için, et kalınlığına ve kalite seviyesine göre hata sınıfları

Kalite seviyesi	Hata sınıfları		
	Et kalınlığı 100 mm.ye kadar	Et kalınlığı >100 - 250 mm. arası	Et kalınlığı >250- 400 mm. arası
1	A1, B1, C1	A1,B1,C2	A1,B1,C3
2	A2, B2, C2	A2,B2,C3	A2,B2,C4
3	A3, B3, C4	A3,B3,C5	A3,B3,C6

2.5.9 Test kısımlarının veya test parçalarının, mekanik teknolojik özellikleri ile tane ve grafit yapısının ve döküm kalitesinin belirlenmesi amacıyla alınması, bileşenin tipik özellikleri doğru olarak kaydedilecek şekilde yapılacaktır. Birçok halde bileşen üzerinde değişen örnek alma noktalarını belirlemek gerekir.

2.5.10 Tüm test kısımları ve test parçaları, kolaylıkla ilgi kurulabilecek şekilde markalanmalıdır. İlgili spesifikasyon TL'na verilecektir.

2.5.11 Test sonuçları 1.2'ye göre dokümante edilecektir.

2.5.12 Hataların üretim kaynağı veya onarım kaynağı ile giderilmesine, sadece onaylı prosedür testleri ile izin verilir. Kaynak atölyelerinin ve kaynakçıların nitelikleri ile ilgili olarak, D.2'ye bakınız. Bu tip kaynaklara başlamadan önce, kaynak prosesi, ısıtım işlem ve testlerin kapsamı hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır. Dinamik zorlanmaya maruz bileşenlerin karma kaynağına izin verilmez.

2.5.13 Madde 1.1'e göre en düşük dizayn sıcaklığı sınırları dikkate alınacaktır.

2.6 Alüminyum alaşımları

Sadece öngörülen amaca uygun ve TL tarafından onaylı alüminyum alaşımları kullanılacaktır. Gerekirse, alaşımlar için kaynağa uygunluğun kanıtları verilecektir.

Yorulma mukavemeti ve çentiklere hassasiyet bakımından alüminyum, yüksek gerilmeli çeliklere benzer ve bu nedenle dikkatli bir dizaynı ve üretimi gerektirir.

Temas korozyonunu ve özellikle deniz atmosferindeki korozyonu önlemek için, uygun işleme ve korozyondan koruma önlemleri uygulanacaktır.

2.6.1 İşlenmiş alüminyum alaşımları

2.6.1.1 Alüminyum alaşımlarının kimyasal bileşimi için EN 573, mekanik özellikleri için EN 755-2 ve yarı mamül ürünlerin malzeme koşullarının tanımı için EN 515 dikkate alınacaktır.

2.6.1.2 Toleranslara ve genel koşullarla ilgili isteklere uygunluk üreticinin sorumluluğundadır.

2.6.2 Alüminyum alaşımlı dökümler

2.6.2.1 Alüminyum ve alüminyum alaşımlarından yapılan dökümlerin mekanik özellikleri ve kimyasal bileşimleri EN 1706'da verilen değerlere uygun olacaktır.

2.6.2.2 Tüm döküm parçaları, kullanımında ve işlenmesinde fazlaca etkili olabilecek iç ve dış hatalardan arınmış olacaktır.

2.6.2.3 Hatalar kaynakla düzeltilecekse, üretici kaynak spesifikasyonu hazırlamalı ve TL'nun iznini almalıdır. Ayrıca, dökümlerin hatasız olduğundan şüphe edilen durumlarda, üretici tarafından ilgili kısımlarda tahribatsız testler yapılacaktır. Döküm tekniğine göre kritik bölgeler ve düzeltilmiş hata yerlere de testlere dahil edilecektir.

2.6.2.4 Testlerin sonuçları 1.2'ye göre dokümante edilecektir.

3. Fiber Takviyeli Plastikler (FTP)

3.1 Tanımlar

3.1.1 Fiber takviyeli plastikler; matris olarak sıcakta sertleşen, reçineden ve fiber şeklinde yerleştirilmiş takviye malzemesinden oluşan heterojen malzemelerdir.

3.1.2 Sıcakta sertleşen reçine, reçineden ve sertleştiriciden ve muhtemelen ek malzemeden oluşan çok elemanlı karışımdır.

3.1.3 Takviye malzemeleri, kullanım amacına bağlı olarak, çeşitli takviye ürünleri oluşturacak şekilde işlem gören çeşitli malzemelerin elyafıdır. İki türlü takviye malzemesi vardır:

- Homojen : Sadece bir malzemenin elyafını içeren takviye ürünü
- Homojen olmayan : Tekil tabakaların veya bir tabakadaki doğrultuların homojen olabileceği, farklı malzemelerin elyafını içeren takviye ürünü.

3.1.4 Laminat; takviye malzemesi tabakalarını birbiri üzerine yerleştirerek, sıcakta sertleşen reçine ile birleştirilmek sureti ile üretilen kısımdır.

3.1.5 Sandviç laminat; hafif malzemeden bir ara madde ile birleştirilen laminat tabakadır.

3.1.6 Prepreg; önceden sıcakta sertleşen reçine emdirilmiş ve daha sonra reçine veya sertleştirici ilave edilmeden işlenebilen takviye malzemesidir. Prepreg, ıslak ve kuru olmak üzere ikiye ayrılır. Islak prepregler; uzman üretici tarafından atölyede üretildiği için “kapalı mekan prepregi” olarak bilinirler.

3.2 Genel

3.2.1 Fiber takviyeli plastiklerin özellikleri, geniş çapta, gördükleri işleme bağlıdır. Bu nedenle, D.3'de belirtilen üretici istekleri dikkate alınacaktır.

3.2.2 Tekil bileşenlerin (reçine, takviye malzemesi, yapıştırıcı, vb.) kalitesinin onayı veya teyidinin bulunmasına bakılmaksızın, ilgili kompozit malzemenin özelliklerinin dizayn değerlerine uygunluğu kontrol edilecektir.

3.3 Sıcakta sertleşen reçine

3.3.1 Reçineler; amaca ve bununla ilgili isteklere bağlı

olarak, katmerli laminat reçine ve ince tabaka (kaplama) reçine olmak üzere ikiye ayrılır. İnce tabaka (gelcoat) ve katmerli reçinenin ana maddesinin formülasyonu aynı değilse, bunların birleşiminin uygunluğu kanıtlanacaktır.

3.3.2 İnce tabaka reçine, laminatın yüzeylerini mekanik hasarlardan ve ortam etkilerinden korumalıdır. Bu nedenle, sertleşmiş durumdaki reçinenin neme, kimyasal maddelere, UV radyasyonuna, deniz ve endüstriyel ortama dayanıklı olması, aşınmaya karşı çok dirençli olması, su emme kabiliyetinin çok az olması ve yüksek elastisiteye sahip olması gerekir.

İzin verilen katkı maddeleri, sınırlı miktarda olmak üzere tiksotropik maddeler ve boya pigmentleridir.

3.3.3 Katmerli reçineler işlem sırasında emdirici özelliğe sahip olacaktır. Sertleşmiş durumda neme ve yaşlanmaya karşı dirençli olacaktır. Bu özellikler izin verilen katkı ve dolgu maddeleri için de sağlanacaktır.

3.3.4 Sıcakta sertleşen reçinelerde, tüm reçine katkıları (katalizörler, hızlandırıcılar, inhibitörler, dolgu maddeleri ve boya pigmentleri) sıcakta sertleşen reçineye uygun olmalıdır. Bunlar, reçinenin tamamıyla sertleşmesinin önlenmesi için aralarında uyumlu olmalıdır. Katkıları, reçineye özenle ve üretici talimatına uygun olarak katılmalıdır. Sertleşme işlemini başlatan katalizörler ve çalışma zamanını (pota zamanı) ve sertleşme zamanını yönlendiren hızlandırıcılar, üreticinin işleme talimatına göre kullanılır.

3.3.5 Epoksi reçinelerde, reçine ve sertleştirici bileşenleri mümkün olduğunca, üretici kurallarına göre karıştırılacaktır. Kural olarak, sadece üretici tarafından tanımlanan reçine / sertleştirici kombinasyonlarına izin verilir.

3.3.6 Oda sıcaklığında, sertleşen tüm sistemler (soğukta sertleşen sistemler), 16°C'dan 25°C'a kadar olan sıcaklık alanında yeterli bir sertleşme garantisi edilecek şekilde ayarlanacaktır. Diğer sıcaklıklarda sertleşecek soğukta sertleşen sistemler ve sıcakta sertleşen sistemler **TL** tarafından onaylı üretim spesifikasyonuna göre kullanılabilir.

3.3.7 Dolgu malzemesinin reçinenin özelliklerine önemli bir zararlı etkisi olmamalıdır. Dolgu malzemesinin tipi ve miktarı reçinenin özelliklerini, nominal özelliklerinin altına düşürmemelidir. Genelde, dolgu malzemesinin katmerli reçinedeki miktarı, ağırlığın %12'sini (ağırlığın maksimum %1,5'u kadar tiksotropik madde dahil) aşmamalıdır. Üretici tarafından daha küçük bir değer belirtilmişse, bu değer uygulanır. İnce tabaka reçinedeki (gelcoat) tiksotropik madde miktarı ağırlığın %3'ünü aşmamalıdır.

3.3.8 Boya pigmentleri hava koşullarına dayanıklı ve inorganik veya güneş ışınlarından etkilenmeyen organik boya maddelerinden oluşmalıdır. İzin verilen maksimum pigment oranı, üretici tarafından belirtilen değeri veya ağırlıkça %5'i aşmamalıdır.

3.4 Takviye malzemeleri

3.4.1 Genelde kullanılan takviye malzemeleri; cam, karbon ve aramid elyafı ile çeşitli tiplerde hazırlanır:

- Fitol : Çok sayıda paralel lifler birbirine sararak veya sarmaksızın birleştirilir. Püskürtme kalıplama proseslerinde, bunlar kesme fitiller olarak kullanılabilir.
- Keçe : Kirpik liflerin veya doğranmış fitil demetlerinin (minimum 50 mm. uzunluğunda) düzensiz yayılarak bir bağlayıcı ile birleştirilmesinden elde edilir.
- Dokuma : Tekstilde uygulanan dokuma tekniğine göre birbiriyle birleştirilen liflerden elde edilir (keten, saten, atlas, vb. gibi). Çözücü ve atkılar malzemeye ve / veya ipliğin inceliğine göre ayırt edilir.
- Dokumasız : Tek yönlü fiber tabakalar rastgele birbirleri üzerine yerleştirilir ve ince fiber iplikler birbirlerine veya keçeye tespit edilir.

Tabakalarda çeşitli malzemenin ve / veya çeşitli kalınlıkta ipliklerin bulunması mümkündür.

3.4.2 Liflere, öngörülen katmerli reçineye uygun, koruyucu ve / veya yapışmayı iyileştirici kaplama yapılacaktır (cam elyafta "size", karbon elyafta "finish" ve aramidde "avivage"). Bu işlem, lifler ile katmerli reçinenin uygun yaşlanma ve neme dirençli yapışmasını sağlamak için gereklidir.

3.4.3 Cam elyaf için tercihen, alüminyum bor silikat (alkali oksit içeriği $\leq 1\%$) cam kullanılacaktır. Örneğin; VDE 0334/Part 1- Section 4'e göre E camı. Diğer tip camlara uygunsa (örneğin; R veya S camı gibi) TL tarafından izin verilebilir.

3.4.4 Yük taşıyan yapılar için, cam elyaftaki liflerin ortalama çapı 20 μm 'u geçmeyecektir (Bölüm 5, E.4.4'e bakınız).

3.4.5 Karbon elyafta, piç esaslı ve "heavy tow" ürünlere izin verilmez.

Not :

"Heavy tow" lifler, karbonizasyon derecesi %99'dan az olan 48 K ÷ 320 K filament miktarlı karbon elyafıdır.

3.5 Çekirdek malzemeler

3.5.1 Çekirdek malzemelerin öngörülen kullanım amacına uygun olduğu kanıtlanacak ve bu malzemeler katmerli reçinenin sertleşmesini engellemeyecektir. Özellikle, rijid plastik köpükler için, izin verilen malzeme sıcaklığı, katmerli reçine sertleşirken aşılmamalıdır.

3.5.2 Aşağıda belirtilenlerin dışında, öngörülen kullanma maksadına uygun çekirdek malzemeler, TL'nun izni ile kullanılabilir.

3.5.3 Sandviç laminatlar için çekirdek malzeme veya takviye kuşağı olarak kullanılan katı köpük malzemeleri kapalı hücre tipinde ve laminat reçineye ve yapıştırıcılara karşı, yaşlanmaya, deniz ve endüstri ortamına karşı direnci çok fazla olmalıdır. Su emme kabiliyeti düşük ve yeterli görünür yoğunluklu olması diğer isteklerdir.

3.5.4 Liflerine dik kesilmiş balsa ağacı, aşağıdaki istekleri yerine getirmek koşulu ile sandviç laminatlarda çekirdek malzeme olarak kullanılır:

- Böcek ve mantar oluşumuna karşı kesimden sonra derhal işleme tabi tutulmalıdır.
- Sterilize edilmeli ve homojen hale getirilmelidir.
- Kesildikten sonra 10 gün içinde kurutulmalıdır.
- Ortalama nem oranı maksimum %12 olmalıdır.

Liflerine dik kesilmiş balsa'nın olası su emişi nedeniyle bileşende bütünüyle sızdırmaz hale getirilmelidir.

3.6 Prepreg

3.6.1 Katmerli reçine ile ön emdirilmesi yapılmış fiber takviyeler, bileşenlerindeki istekleri yerine getirmelidir. Ayrıca, işlem sıcaklığında yeterli yapışma sağlanması için minimum reçine hacmi %35'in altına düşmemelidir.

3.6.2 Kuru prepregler için, depolama koşulları ve raf ömrü ambalajda belirtilecektir. Testler vasıtasıyla uygunluğu doğrulanmadıkça, üretici tarafından belirtilen son kullanma tarihinden sonra kullanılamaz.

3.6.3 Ara tabakalı sertleşen reçinelerin takviye malzemeleri için benzer istekler uygulanır.

3.7 Yapıştırıcılar

3.7.1 Mümkünse katmerli reçine bileşimi esaslı, iki bileşenli reaksiyon yapıştırıcılar kullanılacaktır.

3.7.2 Sıcakta sertleşen yapıştırıcılar kullanılıyorsa, yapıştırılacak malzemelerin izin verilen maksimum termal gerilme aşılmasıdır. Bu husus, tek bileşenlerin sıcakta eriyen yapıştırıcılara uygulanır.

3.7.3 Yapıştırıcılar, üreticinin talimatına göre kullanılır. Yapıştırıcılar, yapıştırılan malzemeleri etkilememeli, nemlenmeye ve yaşlanmaya karşı dayanıklı olmalıdır.

Çalışma sıcaklığının, yapıştırma mukavemetine etkisi çok az olmalıdır.

3.7.4 Yapıştırıcılar 60°C'ı kadar olan sıcaklıklarda kullanılabilir olacaktır.

3.8 Malzemelerin onayı

3.8.1 Eğer FTP bileşenler, rüzgar türbinlerine monte edilmek üzere üretiliyorsa ve proje sertifikası başvurusu yapılmışsa, tüm malzemeler için **TL** onayı gereklidir. Onay koşulları A'da belirtilmiştir. Onaylarda esas alınan testlerin istekleri karşılaması koşuluyla, diğer kuruluşlardan alınan onaylar, **TL** ile anlaşma varılarak, belirli durumlarda kabul edilebilir.

3.8.2 Yukarıdaki durumda, üretim başlamadan önce gerekli malzeme onayları **TL**'ne sunulmalıdır. Hiçbir onay veya gerekli onaylar mevcut değilse, istisnai olarak, **TL** ile anlaşmak suretiyle, ana malzeme özelliklerinin kanıtlanması, bileşen laminatları için gerekli malzeme testleri kapsamında elde edilebilir.

4. Ahşap

4.1 Ahşap tipleri

DIN 4074'e göre S 13 sınıfı kalite I çam veya DIN 1052'ye göre kalite I veya eşdeğeri mukavemet özellikli ahşap malzeme kullanılacaktır. İşlemeden sonraki laminar kalınlık 33 mm. yi geçmeyecektir. Solid ahşap pervane kanatları için levha genişliği 22 cm. yi geçmeyecektir.

Ahşaplar; iyice kurutulmuş ve dayanıklılığına ve yapısal özelliğine olumsuz yönde etki edebilecek zararlı organizmalardan (mantar, böcek, kurtçuk, bakteri, vs.) arındırılmış olmalıdır.

Kullanımları sırasında ahşaplar en fazla % 20 oranında neme sahip olmalıdır.

Çapları; bu çapa paralel boyutun (budak kesitinde ölçülen) 1/5'inden fazla olmaması koşulu ile küçük ve uygun budaklara izin verilebilir.

Damarlar düzgün olmalıdır (parçanın boyuna eksenine göre maksimum izin verilir kaçıklık oranı 1:10'dur).

4.2 Malzeme testleri ve onay

4.2.1 Ahşap pervane kanatlarının üretiminde kullanılan tüm yapıştırıcı ve kaplama maddeleri ve tüm ahşap koruyucuları **TL** tarafından onaylanacaktır. Onay başvurusu, malzeme üreticisi veya sağlayıcısı tarafından yapılacaktır.

4.2.2 TL gözetiminde yapılan testler veya **TL** tarafından kabul edilen bağımsız bir test kuruluşundan alınan rapor, malzemenin **TL** isteklerini sağladığını kanıtlarsa, onay verilir.

4.2.3 Kanıtlar, üretim başlamadan önce verilecektir.

4.3 Yapıştırıcılar

4.3.1 Ahşap pervane kanatlarının üretiminde kullanılan yapıştırıcılar; ahşap öğeler, koruyucular ve kaplama malzemeleri ile uyumlu olacaktır. Bunlar, ani iklim değişimleri durumunda yaşlanma ve yorulmaya dirençli olacaktır.

4.3.2 Sadece resorcinol reçine yapıştırıcı veya epoksi reçineler kullanılacaktır. Bunlar DIN 68141'e göre testlere tabi tutulacaktır.

4.3.3 Sentetik reçine yapıştırıcıları, bunların öğeleri, kaplama malzemeleri, üretici ve **TL**'nin izni olmadıkça, üretici tarafından belirlenen son kullanma tarihinden sonra kullanılmayacaktır.

4.4 Yüzey koruma

Yüzey koruması, neme karşı etkin koruma sağlanacaktır. Kullanılan malzemeler yüksek elastisiteye, su geçirmezliğe ve az oranda buhar tutma özelliğine sahip olacaktır. Malzemeler; UV radyasyonuna, yaşlanmaya deniz, tropik ve endüstri ortamına dayanıklı olacaktır. Ayrıca, aşınmaya karşı yeterli direnç garanti edilecektir. Ahşap öğeleri ve koruyucuları ile uyumluluk sağlanacaktır. Çatlamayı önlemek için kumaş kaplama kullanılabilir.

4.5 Ahşap koruyucuları

Kullanılan ahşap koruyucularının, DIN 52179'a göre yapıştırıcılar ile uyumlu olduğu kanıtlanmış olacaktır. Ayrıca, yüzey koruma malzemeleri ile uyumluluk sağlanacaktır.

4.6 Mekanik bağlayıcılar

Ahşap kanatları pervane göbeğine bağlayan elemanlar, uzun süreli çalışmayı garanti eden malzemelerden yapılacaktır. Eğer metal bileşenler kullanılırsa,

dizaynda, bu bileşenlerle ahşap arasındaki gerilme ve zorlanmadaki büyük davranış farkı dikkate alınacaktır.

5. Donatılı Beton ve Ön Gerilmeli Beton

5.1 Genel

5.1.1 Aşağıdaki alt bölüm sahada oluşturulan betonlara, hazır betonlara veya üretim tesisi betonlarına uygulanır.

5.1.2 Buradaki kurallar, sık taneli yapıdaki donatısız, donatılı ve öngerilmeli betonların yük taşıyan ve kuvvetlendirici bileşenleri ile ilgilidir.

5.2 Standartlar

5.2.1 Dizayn, hesaplamalar ve yapımda beton yapılara ait uluslararası ve ulusal tanınmış standartlar kullanılacaktır.

5.2.2 Aşağıda, kullanılabilecek tanınmış standartlara ait örnekler verilmiştir:

- EN 1992 (Eurocode No. 2) : Design of concrete structures veya DIN 1045:1 : Concrete, reinforced and prestressed concrete structures
- EN 206 Concrete : Performans, production, placing and compliance criteria
- ENV 10080 : Steel for the reinforcement of concrete
- EN 10138 : Prestressing steels.

Dizayn, hesaplamalar ve yapımda için kullanılacak standartlar yeterince önce **TL**'na bildirilecek ve bunların kullanımı hakkında **TL** ile koordinasyon sağlanacaktır.

5.3 Beton için ham maddeler

5.3.1 Çimento tipleri

Çimento tipleri; EN 197 veya DIN 1164 ya da beton kullanımında uygulanan ilgili ulusal standartlar veya kaidelere uygun olacaktır.

Mukavemet sınıfı	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
$f_{ck,cyl}$ (1) N/mm ²	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ck,cube}$ N/mm ²	15	20	25	30	37	45	50	55	60

(1) $f_{ck,cyl}$ Eurocode 'da kullanılan f_{ck} mukavemet sınıfıyla özdeşdir.

5.4.2.2 Beton donatı çeliklerinin çapı, yüzey özellikleri, mukavemet özellikleri ve markalanması, standartlara uygun olacaktır. (örneğin; ENV 10080, DIN 488). Eğer beton donatı çeliklerinde kaynak yapılacaksa, sadece buna uygun kaliteler kullanılabilir (örneğin; DIN 448, Part 1'e göre).

5.4.3 Öngerilmeli çelikler ve öngerilme prosedürü

5.4.3.1 Bu madde, beton yapılarda öngerilme elemanları olarak kullanılan tellere, çubuklara ve örgülere uygulanır.

5.4.3.2 Öngerilmeli çeliğin özellikleri standartlara (örneğin; EN 10138) uygun olacak ve üretici sertifikası ile doğrulanacaktır. Özellikle; çeliğin bileşimi, üretim durumu, gerilme-zorlanma özellikleri, elastik sınır, akma sınırı, çekme mukavemeti, yorulma mukavemeti ve sürünme sınırı ile ilgili veriler ve test sonuçları verilecektir. Bu dokümanlar yerine ilgili otoritelerden alınan tip onayları verilebilir

5.4.3.3 Öngerilme prosedürü için (demirler, kaplinler, çimento şerbeti boruları, vb.) genelde, uygulanabilir standartlara göre tip onayı gereklidir.

5.4.4 Çimento şerbeti harcı

5.4.4.1 Çimento şerbeti harcı; çimento, su ve kimyasal katkı maddeleri / katkılardan oluşur, işlevi öngerilmeli elemanlar ile çevreleyen bünye arasında iyi bir yapışma sağlamak ve elemanları kaplamak ve muhafaza içindeki tüm mahalleri doldurmak suretiyle çeliği korozyona karşı korumaktır.

5.4.4.2 Kural olarak, sadece Portland çimentosu kullanılacaktır. Çimento harcını hazırlamak için genelde şehir şebeke suyu uygundur. Kimyasal katkı maddeleri ve katkıları standartlara uygun olacaktır.

5.4.5 Donatım ve ön gerilmeli yüksek mukavemetli cıvatalar için çelikler

5.4.5.1 Donatımlar genelde, standartlara (örneğin; EN 10025) uygun olarak S235 veya S355 (2.'ye bakınız)'den yapılır.

5.4.5.2 Öngerilmeli yüksek mukavemetli cıvatalar, standartlara göre kullanılacaktır. Sadece 8.8 ve 10.9 mukavemet sınıfındaki cıvatalar kullanılacaktır.

5.5 Betonun dayanımı

5.5.1 Donatı çeliğini korozyona karşı koruyacak ve yapının öngörülen ömrü boyunca maruz kalacağı dış ve çalışma koşullarına yeterince karşı koyacak şekilde yeterli dayanımlı beton üretimi için, aşağıdaki faktörler dikkate alınacaktır :

- Betonun dayanımını bozabilecek ve donatım malzemesinde korozyona neden olabilecek herhangi bir zararlı unsur içermeyen uygun ham maddelerin seçimi,
- Aşağıda belirtilenleri sağlayacak şekilde beton için uygun bileşimin seçimi :
 - Çevreci ve hazır betonun özellikleri için istenilen tüm kriterlerin karşılanması,
 - Yoğun bir beton üst tabakası oluşacak şekilde dökülebilmesi ve sıkıştırılabilmesi,
 - İç etkilere dayanabilmesi,
 - Dış etkilere dayanabilmesi (örneğin; çevre etkiler),
- Mekanik özellikli hasarlar,
- Çevreci betonun; ham maddeler karışım içinde düzgün dağıtılacak ve kusmayacak, sıkı taneli beton elde edilecek şekilde karıştırılması, dökülmesi ve sıkıştırılması,
- Betonun; özellikle yüzeye yakın kısımlarda (örtü tabakası) bileşiminden beklenen özelliklere ulaşacak şekilde sertleşmesi.

5.5.2 Dizayn için, ortam koşullarını tanımlayan bilgiler örneğin; EN 206'dan alınabilir.

5.5.3 Tüm bu faktörler; ilgili iç denetimleri çerçevesinde (üretim kontrolü), sorumlulukları dahilinde, yapımıcı, taşıyon veya temin ediciler tarafından kontrol edilecek ve doğrulanacaktır.

D. Üretim ve Testler

1. Genel

1.1 Üreticiler, sadece tanınmış ve onaylı üretim proseslerinin kullanımı ile tanınmışlık ve onaylama için esas oluşturan koşulların dikkate alınmasını sağlayacaktır.

1.2 Aşağıdaki kısımlara ait diğer bilgiler B’de verilmiştir. Ayrıca, kaynak işyerleri, rüzgar türbinlerinin sertifikalandırılması için Bölüm 1, B’de belirtilen istekleri göz önüne alacaktır.

2. Kaynak

2.1 Kaynak işyerleri için ön koşullar

2.1.1 Kaynak işlerini yapmak isteyen kuruluşlar, tanınmış bir kuruluş tarafından bu işler için onaylanacaktır. Kaynak işlerinin kusursuz yerine getirilebilmesi için kuruluşlar gerekli miktar ve kapsamda atölyelere, donanıma, makinalara ve düzenlere sahip olacaktır. Bunlar, örneğin; kaynatılacak kısımların ağız hazırlığı için gerekli makina ve olanakları, kaynak makinaları ve donanımını, kaynak dolgu ve yardımcı malzemelerin depolanması ve kurutulması ile ilgili düzenleri ön ısıtma ve ısıtma işlem donanımını, test donanımı ve malzemelerini, ağıztaki kaynaklar için hava koşullarından korunma düzenlerini içerir.

2.1.2 Montaj ve kaynak için, donanımın, bileşenlerin boyutsal hassasiyetini garanti edilecek şekilde olması önerilir. Donanım, kaynak dikişlerine rahatça ulaşılacak ve kaynak için en uygun durum sağlanacak şekilde olacaktır.

2.2 Kaynakçılar, kaynak gözetmenleri

2.2.1 Bileşenlerdeki tüm kaynak işleri; ilgili yöntemlere göre sınavdan geçmiş, TL veya ilgili onay kuruluşunca

onaylanmış ve geçerli sertifikaya sahip kaynakçılar tarafından yapılacaktır. Kaynakçı sınavları TL veya tanınmış bir test kuruluşu tarafından, ilgili standartlara göre (örneğin; EN 287, ISO 9606, TSE) yapılacaktır.

Kaynak işlerini yapan kuruluşla bağlantısı bulunmayan bir test kuruluşu tarafından, diğer kurallara veya standartlara göre yapılan eşdeğer kaynakçı sınavları kabul edilebilir.

2.2.2 Kaynakçı yeterlilik belgesinin süresi normalde 2 yıldır. Tekrar testi, sadece ilk testlerin yapıldığı kaynak prosesi ve test grubu için yapılabilir. İstek üzerine ilk testle ilgili dokümanlar TL’na verilecektir. İlk testlerdeki özel durumlar, tekrar testine de dahil edilecektir. Eğer tekrar testi, standartlara göre sınırlı bir kapsamda yapılırsa, orijinal ayrıntılı ilk testler de benzer şekilde sınırlı hale gelir. Genişletme sadece, ayrıntılı ilk testlerle birlikte verilebilir.

2.2.3 Kaynak işlerini yapan her kuruluş, yardımcısı ile birlikte kuruluş tarafından sürekli olarak istihdam edilen en az bir kaynak gözetmeni bulunduracaktır. Kaynak gözetmeni, üretimin gereklerini karşılayan eğitim ve deneyime sahip olacak ve profesyonel niteliklerini kanıtlayacaktır. Yapılacak kaynağın tip ve kapsamına bağlı olarak, kaynak gözetmeni; bir kaynak uzmanı, kaynak teknisyeni veya kaynak mühendisi olabilir. Eğer kaynak işyeri TL tarafından onaylı ise, kaynak gözetim personelindeki değişimler otomatik olarak bildirilecektir. Kaynak gözetmeni, işlerin hazırlığı ve yapılması ile ilgili sorumlu bir gözetim sağlayacaktır.

2.3 Kaynak yöntemi, kaynak prosedür testleri

2.3.1 Sadece, genel deneyimlerden uygunluğu bilinen veya bir kaynak prosedür testi ile doğrulanmış olan kaynak yöntemleri kullanılacaktır.

2.3.2 Testlerin kapsamı, test parçaları, örnekler ve prosedür testleri ile ilgili istekler, her durumda ana malzeme, kaynak yöntemi ve uygulama alanına göre belirlenecektir.

2.4 Kaynak dolgu malzemeleri ve yardımcı malzemeler

2.4.1 Tüm kaynak dolgu malzemeleri ve yardımcı

malzemeler (örneğin; elektrotlar, tel / toz kombinasyonları), **TL** veya ilgili onay kuruluşu tarafından onaylanacaktır. Gerekli kalite derecesi kaynatılacak ana malzemelere bağlıdır.

2.4.2 Kaynak dolgu malzemeleri ve yardımcı malzemeler, kaynak yöntemi ile birlikte test edilip onaylanabilir. Ancak, bu onay sadece kullanıcı kuruluş ile sınırlıdır ve tekrar testleri yapılmadıkça, maksimum 1 yıl için geçerlidir. Bu şekilde test edilen kaynak dolgu malzemeleri, prosedür onayında özellikle belirtilmişse, eşdeğer olan ve ilgili kalite derecesi ile **TL** tarafından onaylanmışsa, diğerleri ile değiştirilebilir.

2.5 Kaynaklı birleştirmelerin dizaynı

2.5.1 Kaynaklar, dizayn aşamasında iken kaynaklı birleştirmelerin üretim sırasında ve gerekli olan testlerde kaynağın mümkün olan en iyi pozisyon ve sırada yapılabilecek şekilde en uygun ve ulaşılabilir yerlerde olması planlanacaktır. Bu bağlamda, üretimden sonra bileşenlerde kalan iç gerilmeler ve çökmelerin en az olması sağlanacaktır. Kaynaklar arasında az mesafelerin kalmasından ve lokal kaynak yığılmalarından kaçınılacaktır.

2.5.2 Soğuk çalışılan alanlardaki kaynaklar için minimum bükme yarıçapı (örneğin; DIN 18800'e göre) dikkate alınacaktır.

2.5.3 Alın kaynaklı birleştirmeler (örneğin; düz, V veya X alın kaynakları) ve köşe ya da istavroz kaynakları (örneğin; tek veya çift taraflı ağızlı), levhanın veya profilin tüm kesitinin bütünüyle kaynatılması mümkün olacak şekilde planlanacaktır. Bu işlemlerde; uygun ağız açısı, yeterli hava boşluğu ve mümkün olduğunca küçük kök yüzü ile birlikte, levha kalınlıklarına bağlı olarak DIN EN 29692, TS standartlarına göre, bileşenler için uygun dikiş tipleri uygulanacaktır.

2.5.4 Kaynak yöntemine bağlı olarak, kapak pasosundan önce, kök ters tarafından oyulacaktır. Özel dikiş formlarında **TL** onayı alınacak, gerekirse dikiş formları kaynak prosedür testi ile belirlenecektir.

2.5.5 İç köşe kaynakları, mümkünse her iki taraftan

devam olarak yapılacaktır. Dikiş kalınlığı, yüke bağlıdır ve hesaplarla doğrulanacaktır. a -ölçüsü $0,7 \cdot t$ 'yi geçmeyecektir (a =boğaz kalınlığı, t =ince elemanın kalınlığı). Cidarlar ve benzeri ince kalınlıklı elemanlar hariç, iç köşe kaynağı boğaz kalınlığı 3,0 mm.den az olmayacaktır.

2.5.6 Bindirmeli birleştirmelere sadece nispeten düşük gerilmeli bileşenlerde ve sadece ana gerilmelere paralel doğrultuda izin verilir. Bindirme genişliği en az $1,5 \cdot t + 15$ mm. olacaktır. Burada t , ince elemanın kalınlığıdır.

İç köşe kaynağı yukarıdaki özelliklere göre yapılacaktır. Kafes şeklindeki yapılardaki takviyelerin birleştirilmesinde DIN 18800-1'deki istekler uygulanır.

2.6 Kaynakların yapılması ve testler

2.6.1 Kaynak alanı bölgesinde, bileşenler temiz ve kuru olacaktır. Kaynaktan önce, tufal, pas, kesme cürufu, yağ, boya (astar boyalar hariç) ve pislikler özenle giderilecektir. Eğer levhalara, profillere veya bileşenlere, kaynaktan önce korozyon önleyici astar boya uygulaması yapılmış ise, bu boya kaynağın kalitesini bozmayacaktır. Astar boyalar, bu bakımından **TL** veya ilgili onay kuruluşu tarafından onaylanacaktır.

2.6.2 Bileşenleri ve fittingleri kaynağa hazırlarken, öngörülen birleşim geometrisini ve kök açıklığını sağlamaya dikkat edilecektir. İzin verilen kök açıklığı bir miktar aşılmışsa, yan cidarlara dolgu kaynağı yapılarak bu açıklık azaltılabilir. Bu aralıklara dolgu parçası veya tellerin kaynak edilmesine izin verilmez. Daha büyük aralıklar levha kuşağı veya profil parçası yerleştirilerek kapatılabilir.

2.6.3 Levhalar ve profiller, özellikle birleştirmelerin enine elemanlarla kesildiği hallerde hassas olarak ayarlanacaktır. İzin verilen maksimum kenar açıklığı 3 mm. yi geçmemek üzere, levha veya profil kalınlığının %10'udur.

2.6.4 Çalışma alanı, kaynak sırasında havaya karşı korunacaktır. Düşük sıcaklıklarda (5°C 'in altında), kaynağın hatasız olarak yapılması ile ilgili önlemler alınacaktır. -10°C 'in altında kaynak durdurulacaktır. Ani soğumadan kaçınılacak, gerekirse (yani; malzeme tipine, bileşen kalınlığına, ortam sıcaklığına bağlı olarak) kaynaktan önce ön ısıtma yapılacaktır.

2.6.5 Kaynak işleri en uygun kaynak pozisyonunda yapılmalıdır. Kaynak çekmelerinin en az olacağı ve büzülme gerilmelerinin en aza indirilebileceği şekilde uygun bir yapı ve kaynak sırası seçilecektir.

2.6.6 Kaynak yapılırken; düzgün nüfuziyet, tam erime ve ana metale çentiksiz geçişli alçak profilli dikiş yüzeyi elde edilmesine dikkat edilecektir. Çok pasolu kaynaklarda, önceki paso cürufaları dikkatle temizlenecektir. Çatlaklar (çatlak punta kaynakları dahil), büyük gözenekler veya cüruf kalıntıları tam olarak temizlenmeden önce kaynağa devam edilmemelidir.

2.6.7 Malzeme veya işçilikteki büyük hataların onarımı TL'nun izni ile yapılabilir. Küçük yüzey hataları, yüzey taşlanarak giderilebilir. Daha büyük hatalar, temiz bir şekilde işlenerek yeniden kaynatılabilir. Çatlaklarda, eğer bileşenin tamamen veya kısmen değiştirilmesine gerek yoksa ve çatlaklar, TL'nun izni ile kaynakla doldurulacaksa, uzunluk ve yöntem, uygun bir test yöntemi ile belirlenecektir. Çatlaklar, uçlarının dışına kadar işlenecek ve kaynatılacaktır.

2.6.8 Kaynakların; uzmanlıkla, hatasız ve tam olarak yapılması dikkatli bir iş izleme ile sağlanacaktır. TL; kaynak işlerini, üretim ve montajda dizayn isteklerinin uygulanması sırasında tek kerelik esasta (Bölüm 1, B.5.3 / Tip Sertifikasına bakınız), üretim sırasında rastgele örnekleme esasında (Bölüm 1, B.6.2 / Proje sertifikasına bakınız) ve gerekirse tamamlanmadan sonraki son muayene sırasında kontrol edecektir. TL, yeterince izlenmemiş bileşenleri reddedebilir ve başarı ile izlendikten ve gerekli ise firma tarafından düzeltici önlemler alındıktan sonra tekrar sunulmasını isteyebilir.

2.6.9 Tereddüt halinde, TL ilave testler isteyebilir (örneğin; dikiş kalitesinin hatasız olduğunu kanıtlamak için tahribatsız test yapılması). Testlerin tipi ve kapsamı her durumda TL tarafından belirtilecektir.

3. Tabakalı Fiber Takviyeli Plastikler

3.1 Üreticilerden istenilenler

3.1.1 Tüm üretim yerleri, depoları ve bunların işleme donanımı, ilgili emniyet otoritelerinin ve profesyonel işçi birliklerinin isteklerini sağlayacaktır. Bu isteklere uyulmasından sadece üreticiler sorumludur.

3.1.2 Laminasyon malzemenin kirlenme tehlikesi, üretim alanlarının, diğer atölyelerden ve depolardan ayrılması ile en azda tutulacaktır. **Kompozit üretim** atölyesinde sadece gelecek iki gün için üretimde gerekli malzeme miktarı depolanacaktır.

3.1.3 Laminasyon ve yapıştırma yapılırken, toz çıkaran makineler, **kompozit üretim** atölyesinde sadece sınırlı olarak ve toz toplama ünitesi varsa çalışabilir. Boyama veya püskürtme işlerine, sadece firma bu işlemlerin laminasyon kalitesi üzerinde etkisi olmadığını sağlaması halinde izin verilir.

3.2 **Kompozit üretim atölyesi**

3.2.1 **Kompozit üretim** atölyeleri, ısıtılabilen ve havalandırılabilen tamamen kapalı mahaller olacaktır. Laminasyon ve sertleşme sırasında, üretici tarafından tabakalı reçine veya yapıştırıcı için başka değerler belirtilmemişse, ortam sıcaklığı 16°C ile 25°C arasında ve bağıl nem %20 RH ile %75 RH arasında olmalıdır.

3.2.2 İklim koşullarının izlenmesi için termograf ve hidrograflar sağlanacaktır. İklim koşullarının her an okunabilmesi mümkün olacaktır. Sayıları ve düzenlemeleri, işletim koşullarına bağlı olmak üzere, cihazların yerleri hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır. Cihazlarda geçerli kalibrasyon işaretleri bulunacaktır. İklim koşullarının kayıtları en az 10 yıl muhafaza edilecek ve istek halinde TL'na verilecektir.

3.2.3 Havalandırma besleme ve egzost düzenleri, malzemelerin zarar görmesi önlenerek ve örneğin laminattan izin verilmeyecek miktarda çözücü çıkmayacak şekilde olacaktır.

3.2.4 İşyerleri uygun ve yeterli bir şekilde aydınlatılacaktır. Ancak, reçinenin kontrollü sertleşmesinin güneş ışığından ve aydınlatma armatürlerinden etkilenmemesi için gerekli önlemler alınacaktır.

3.2.5 **Kompozit üretim** atölyeleri, bileşenlere kolayca ulaşılabilmesi ve öngörülen üretim proseslerinin engelsiz bir şekilde yapılabilmesi için yeterli büyüklükte (zemin alanı ve tavan yüksekliği) olacaktır.

3.3 Depolar

3.3.1 Üretimde kullanılan tüm kimyasallar, üretici talimatına uygun olarak depolanacaktır. Deponun sıcaklığı sürekli olarak kaydedilecektir.

3.3.2 Prepregler, özel soğuk bölmelerde, üretici talimatlarına göre depolanacaktır. Sıcaklık sürekli olarak kaydedilecektir.

3.3.3 Takviye malzemeler, öz malzemeleri, dolgu malzemeleri ve katkıları, tozdan arınmış ve kuru olarak, kapalı kaplarda depolanacaktır. Bu mahallerdeki nem devamlı olarak kaydedilecek ve %70 RH'ı veya kısa süre için %80 RH'ı geçmeyecektir.

3.3.4 Depolama; malzemenin tanımı, üretici tarafından belirtilen depolama koşulları ve maksimum depolama süresi (son kullanma tarihi) kolayca görülebilecek şekilde yapılacaktır. Son kullanma tarihi geçmiş malzemeler; kullanımı önlenerek şekilde işaretlenecek ve mümkün olduğunca kısa sürede depodan uzaklaştırılacaktır.

3.3.5 İşlenecek malzeme miktarı, işleme sıcaklığına tam olarak ayarlanmasını sağlamak üzere ($\Delta t \leq 2^{\circ}\text{C}$) mümkün olduğu kadar erken ve kapalı durumda üretim yerine getirilecektir.

Not :

Bu sıcaklık uyarı, çiğlenme noktasına ulaşılmaması için gereklidir.

3.3.6 Depodan alınan ve açılan paketler, yalnızca belirli durumlarda (örneğin; sıcakta sertleştirilmiş prepregler) tekrar depoya konulabilir.

3.4 İşleme istekleri

3.4.1 Eğer, rüzgar türbinlerinde kullanılmak üzere pervane kanatları, şaftlar veya diğer bileşenler FTP'den üretilmişse ve rüzgar türbini için proje sertifikası için başvuru yapılmışsa, üretimde sadece TL onaylı malzemeler kullanılacaktır.

Uygun ve onaylı malzemenin seçiminin yanı sıra, bunların işlemlerine mamulün özelliklerine çok büyük etkisi olacağından, özel olarak dikkat edilecektir.

3.4.2 Üretime başlamadan önce, üretici malzemelerin kombine edilebileceğini ve öngörülen işlemlere uygun olduğunu belirleyecektir.

3.4.3 Reçine bileşenlerinin hazırlanması ve işlenmesi için, bu kuralların yanı sıra, malzeme üreticilerinin talimatları, ilgili emniyet otoritelerinin ve profesyonel işçi birlikleri kuralları da dikkate alınacaktır.

3.4.4 Reçine ve reaksiyon maddelerinin karıştırılmasında, dağılımın düzgün olması ve karışıma giren havanın mümkün olduğu kadar az olması sağlanacaktır. Bazı özel hallerde reçinenin **hava kabarcıklarından** arındırılması gerekebilir.

3.4.5 Eğer öz malzemesi olarak rijid plastik köpük kullanılıyorsa, önceden gazı giderilecek ve gerekirse temperlenecektir. Özellikle oluklu öz malzemelerinde, doğrulama kapsamında esas alınan malzeme özelliklerine işleme faaliyetleri sırasında ulaşılması sağlanacaktır.

3.4.6 Üretim sırasında, hazırlanan reçine bileşeni için üreticinin belirttiği işleme zamanı aşılmayacaktır. Böyle bir değer belirtilmemişse, pota süresi bir ilk test ile saptanacak ve işleme zamanı TL'na danışılarak belirlenecektir.

3.4.7 Bu esasların, tüm üretim işlemlerinin ayrıntılarının kapsamı mümkün değildir. Özel durumlar için bu esasların dışına çıkılması TL ile anlaşmak suretiyle mümkündür.

3.4.8 Laminasyon başlangıcından önce, kalıp yüzeylerine yeterli miktarda uygun bir ayırıcı madde uygulanacak ve laminasyon için öngörülen sıcaklığa getirilecektir. Yüzeyler tozlardan arınmış ve kuru olacaktır. Silikon içeren ayırıcı maddelere izin verilmez.

3.5 Laminat yapı

3.5.1 Yüzeyin korunması jelkot uygulanarak tamamlandığında, **astar jeli tabakası, onaylı üretim spesifikasyonuna göre üniform bir film kalınlığı verecek tarzda, fırça, rulo veya püskürtme düzeni ile uygulanacaktır. Ayrıca, astar jeli, ilk katman için takviyenin uygulanmasından önce, imalatçı tarafından önerilenden daha uzun süre havaya açık bırakılmayacaktır.**

3.5.2 İlk laminat tabakası, jelkot uygulanmasından sonra mümkün olan en kısa sürede uygulanacaktır. Bunun için, birim alana düşen ağırlığı düşük olan ve yüksek reçine içeren (örneğin; cam elyafıta maksimum 300 gr/m³ ve ağırlıkça %35 cam) bir takviye tabakası kullanılacaktır.

3.5.3 Laminat, onaylanmış teknik dokümanlara göre üretilenektir. Takviye tabakalarının yeterince havası alınacak ve gerekli elyaf oranı elde edilinceye kadar sıkıştırılacaktır. Reçinenin koyulaşmasından kaçınılacaktır.

3.5.4 Bir kademede sertleşebilen malzemenin maksimum kalınlığı, izin verilen maksimum ısı yayılımı ile belirlenecektir. Vakum yönteminde, kural olarak belirleyici faktör, havası tamamen alınabilen tabakaların maksimum sayısıdır.

3.5.5 Laminasyon işlemi, soğukta sertleşen reçinelerde, 3 günden fazla durdurulursa, sertleşen laminatın yüzeyi, yeterli yapışma özelliği elde edebilmek için taşlanacak ve temizlenebilecektir. Farklı üretici talimatları (örneğin; kabuk-oluşturucu madde içeren polyester reçinelerde) dikkate alınacaktır.

3.5.6 Laminatın değişik kalınlıkları arasındaki geçiş tedrici olacaktır. Kalınlığı d [mm] ve çatlama gerilmesi S [N/mm²] olan bir laminat tabaka için minimum geçiş boyu L [mm], aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$L = (S/10) \cdot d$$

Örneğin; karmaşık şekilli parçalarda, takviye tabakalarının eklenmesi veya kesilmesinden kaçınılamıyorsa, kesilen kenara bindirme veya takviye kuşağı yapılacaktır. Laminatların sokra ve armuz bölgelerinde takviye tabakaları, en az yukarıda geçiş boyu için belirtilen değerde olmak üzere bindirilecektir.

3.5.7 Bir sandviç yapıdan katı laminata geçiş bölgesinde çekirdek malzemeye en az 1:3 eğim verilecektir.

3.5.8 Paralel ve iç astarlar, kir ve nemden arındırılmış olacaktır. Laminatlarla birleşme yüzeyleri uygun bir yöntemle hazırlanacaktır (D.4.2.1'e bakınız).

3.6 Kürlenme ve ikinci kürlenme

3.6.1 Bileşenler, reçine ve yapıştırıcının yeterli derecede **kürlenmesinden** sonra kalıptan çıkarılabilir. Gerekli **kürlenme** süresi, bileşenin kalıptan ayrılması nedeniyle oluşacak kuvvetlere, **kürlenme** sıcaklığına ve kullanılan reçine sistemine bağlıdır. **Kürlenme** süresi, deneyimlerle belirlenecektir.

3.6.2 Basınç altında, UV ışınları ile ve / veya yüksek sıcaklıkta **kürlenen** reçine sistemleri, üretici talimatlarına göre veya yapılan araştırma sonuçlarına göre işleme tabi tutulacaktır.

3.6.3 Bileşenler, **kürlenmeden** hemen sonra yüksek sıcaklıkta tekrar ısı işleme (**ikinci kürlenme**) tabi tutulacaktır.

İkinci kürlenme süresi ilgili reçine sistemine ve bileşenin **ikinci kürlenme** esnasında erişebileceği sıcaklığa bağlıdır. Bu, ısı etkisindeki boyutsal stabilite sıcaklığının altında kalacaktır.

Sonradan **ikinci kürlenmeyen**, soğukta **kürlenen** sistemler, **kürlenme** koşullarında 30 gün depolanacaktır. **Kürlenme** sonrası için ilgili üretici talimatları mevcutsa veya deney sonuçlarına dayanan **kürlenme** sonrası değerleri bulunuyorsa, TL'nun onayı ile **ikinci kürlenme** süresi kısaltılabilir.

3.7 Sızdırmaz hale getirme

3.7.1 Yüzey korumasız laminat yüzeylerinin, sertleşmeden veya temperlemekten sonra uygun maddelerle sızdırmazlığı sağlanacaktır. Özellikle kesik kenarlar ve yapıştırma kenarları yabancı maddelerin (örneğin; nem) girmesine karşı titizlikle korunacaktır.

3.7.2 Kullanılan sızdırmazlık malzemeleri, laminatın özelliklerini olumsuz olarak etkilemeyecektir. Bunlar, bileşenin öngörülen amacına da uygun olacaktır.

4. Yapıştırma

4.1 Yapıştırırmalı bağlantılar

4.1.1 Yük taşıyan kısımlardaki yapıştırma bağlantılar, eşdeğer bir deneyim mevcut değilse, genelde her durumda anlaşmaya varılacak testlerle doğrulanacaktır.

Not :

Çok tiksotropik yapıştırıcılarda, üretim prosesi dikkate alınarak, bunların uygunluğu önceden kanıtlanmalıdır.

4.1.2 Yük taşıyan yapıların yapıştırılmalı bağlantıları için üretim ve test spesifikasyonu oluşturulacaktır. Özellikle, yapıştırıcı tabaka kalınlıklarının nominal değerleri ve toleransları izin verilen hataların maksimum boyutu ve dağılımı belirtilmelidir. Yapıştırılmalı bağlantıların hesaplama ile yapılan doğrulanması sırasında; yapıştırıcı tabaka kalınlıkları, toleranslar ve izin verilen hataların boyutu ve dağılımı dikkate alınacaktır.

4.1.3 Yapıştırma için sadece özellikleri doğrulanmış yapıştırıcılar kullanılabilir. Eğer yapıştırıcılar yapısal bağlantılar için kullanılıyorsa ve bu bileşenler proje sertifikasının bir parçası ise, yapıştırıcı ilave olarak **TL** onayını alacaktır. Yapıştırıcılar, birleştirilecek malzeme üzerine olumsuz etki yapmamalıdır.

4.1.4 Temas korozyonu (temas - hattı korozyonu) olasılığı, uygun önlemlerle giderilecektir.

4.1.5 Eğer FTP bileşenler yapıştırılacaksa ve laminasyon sisteminden farklı bir reçine sistemi kullanılıyorsa, yapıştırmadan önce bileşenler bütünüyle sertleştirilecektir.

4.2 Birleştirme işlemi

4.2.1 Sentetik malzemeler ve metaller için çeşitli yüzey ön işlemleri örneğin; VDI 2229 ve VDI 3821'e uygun olacaktır.

4.2.2 Yapıştırılacak malzemelerin yüzeyleri, kuru ve çözücü maddelerden (yağ, parafin, petrol, vb.), yabancı maddelerden (toz, pas, vb.) ve solventlerden arındırılmış olmalıdır. Özellikle, temizleme amaçlı olarak solvent kullanılırken, bunların malzeme ile uyumu ve yeterli havalandırma süresi sağlanmalıdır.

4.2.3 Düzgün yüzeyler, mekanik olarak (mekanik taşlama, kum püskürtme, vb.) veya kimyasal olarak asitle işleyerek pürüzlendirilecektir. Yapıştırılan malzeme tabakasının yüzeyi yapıştırmayı olumsuz etkiliyorsa (örneğin; polyester reçinede kabul oluşumu

veya FTP'de pullaşma artıkları yada alüminyumda oksit tabakaları), bu işlem kesinlikle gereklidir.

4.2.4 Bir çok halde, özellikle uygun bir astarın uygulanmasından sonra, yapıştırma mukavemetinde artış elde edilir. Özellikle, daha sonraki çevre koşullarından dolayı yüksek gerilmelere maruz kalabilecek yapıştırılmalı bağlantılar için primer kullanımı önerilir.

4.2.5 Yapıştırıcılar, üretici talimatlarına göre kullanılacaktır. Dolgu maddesinin oranı izin verilen değeri aşmamalıdır. Yapıştırıcı karıştırılırken, hava girişi mümkün olduğu kadar önlenecek şekilde, katkıların düzgün şekilde karışması sağlanacaktır.

4.2.6 Yapıştırıcı; yapıştırılacak malzemeye düzgün ve mümkün olduğunca boşluksuz olarak uygulanmalıdır. Eğer yüksek tiksotropik yapıştırıcılar kullanılıyorsa, birleştirilecek yüzeylere, saf reçineye uygun bir ince alt tabaka uygulanması tavsiye edilir.

4.2.7 Yapıştırıcıyı uyguladıktan sonra, birleştirilecek malzemeler zaman geçirmeksizin bir araya getirilmeli ve yerine sabitlenmelidir.

4.2.8 Yapıştırıcının tamamen sertleşmesinden önce herhangi bir yük uygulanmasına izin verilmez. Termoset yapıştırıcılı tüm yapıştırılmalı birleştirmeler için, birleştirmenin temperlenmesi önerilir, soğukta sertleşme durumunda, temperleme kural olarak gereklidir.

4.2.9 Sertleşmeden sonra, yapıştırılmalı birleştirme, yabancı maddelerin (örneğin; nem) girmesine karşı korunmalıdır.

5. FTP için Üretimin Denetimi**5.1 Genel**

5.1.1 Aşağıdaki alt bölüm, örneğin; proje sertifikalandırması durumunda olduğu gibi, FTP bileşenlerin **TL** tarafından yapılacak üretim denetimine uygulanır.

5.1.2 FTP bileşenlerin üretim denetimi, ham maddenin kalite kontrolünü, üretim sırasındaki denetimi ve tamamlanmış yapı elemanlarının kalitesinin kontrolünü içerir.

5.1.3 Üretim denetiminde iç ve üçüncü taraf (dış) denetimler yapılır. Buradaki kurallara göre dış denetim, iç denetimin ve bileşenlerin kalitesinin TL tarafında veya TL'nun tanıdığı bir kuruluş tarafından rastgele seçmeli kontrolü anlamındadır.

5.1.4 TL önceden haber vermeden, işyerinde kontrol yapma hakkına sahiptir. Üretici, sövveyörün, üretim depolama ve test yerlerine girmesine izin verecek ve mevcut üretim ve test dokümanlarını incelemesini sağlayacaktır.

5.1.5 Sertifikalı kalite yönetim sistemine sahip, bileşenleri seri olarak üreten firmalarda, dış denetim genelde belirli aralıklarla yapılan rutin kontrollerle (denetim) sınırlıdır.

5.2 Malın giriş kontrolü

5.2.1 Malzemelerin karakteristik değerleri ve özellikleri, üretici tarafından muayene dokümanları ile doğrulanacaktır.

EN 10204 (ISO 10474)'e göre aşağıdaki muayene dokümanları -asgari olarak- gereklidir:

EN 10204-2.2 Elyaf ürünler, gelcoat reçineler, boyalar

EN 10204-2.3 Katmerli reçineler, prepreg, çekirdek malzemeleri, yapıştırıcılar

5.2.2 Giriş muayenesi sırasında, malzemeler asgari olarak hasarlar yönünden ve sertifikalara uygunluk yönünden kontrol edilecektir. Malzeme özellikleri, rastgele seçilen örneklerle kontrol edilecektir.

5.2.3 Mallar, üretici isteklerine ve buradaki kurallara uygun olarak depolanacaktır.

5.3 Üretim kontrolü

5.3.1 Üretimle ilgili ayrıntılar; bileşenlerin üretimi ve testine ait örnek dokümanlarını da içeren spesifikasyonlarda belirtilecektir. Üretim ve kalite kontrol bölümlerinin görev ve sorumlulukları açık olarak tanımlanacaktır.

5.3.2 Üretimin devamı süresince, üretimin her aşaması, dokümanlar esas alınarak, her aşamadan sorumlu personel tarafından imzalanacaktır.

5.3.3 Üretimde çalışan personel, yaptığı işe uygun şekilde eğitilmiş olacak ve mesleki ehliyeti kontrol altında tutularak çalışacaktır.

Yapıştırılmalı birleştirmelerde, sorumlu gözetmenler yapıştırıcılar konusunda vasıflı olmalı ve işi yapan personel uygun eğitimlerden geçmiş olmalıdır.

5.3.4 Bileşende kullanılan malzemelerin parti numarası, üretimine kadar izlenebilmek üzere (gerektiğinde) üretim dokümanlarına dahil edilecektir. Tabakaya konulan takviye tabakaları, elyaf doğrultusu da dahil olmak üzere üretim prosesi sırasında kontrol edilecektir.

5.3.5 Reaktif reçine birleşiminin her partisinden bir örnek alınacak ve test edilecektir. Eğer karıştırma devamlı yapılıyorsa, her partiden ve üretim aşamasından bir örnek alımı yeterlidir. Bu örnekler, sertleşme dereceleri bakımından rastgele kontrol edilecektir. Sonuçlar kaydedilecektir.

5.3.6 TL tarafından talep edilirse, 50 x 50 cm'lik referans tabakaları, paralel olarak üretilen olacaktır. Bunlar, mukavemet hesaplarında kullanılan malzeme değerlerinin doğrulanması için esas oluştururlar.

5.4 Bileşenlerin kontrolleri

5.4.1 Bileşenlerin kontrollerinin kapsamı, üretime başlamadan önce TL ile anlaşarak belirlenecektir.

5.4.2 Üretim sırasında ve üretimin tamamlanmasında, bileşenler gözle muayene edilecek ve kritik alanlar vurarak veya diğer bir uygun yöntemle test edilecektir. Boşluklara, delaminasyona, şekil değişimine, bükülmelere, renk bozukluklarına, hasarlara vb. dikkat edilecektir. Ayrıca, genel kalite (örneğin; yüzey düzgünlüğü) gözle kontrol edilecektir.

5.4.3 Gerektiğinde ve TL'nun talebi halinde, bileşenlerin elyaf miktarı, laminasyon işinin kalitesi ile ilgili olarak bir sonuç elde etmek üzere, temsili örnekler alınarak belirlenecektir. Benzer şekilde, tabakaların oluşumu uygun testlerle kontrol edilecektir.

5.4.4 TL'nun talebi halinde, tamamlanmış bileşenlerin doğal frekansları, statik ve / veya dinamik yükleri ve geometrileri ile tekil veya rastgele seçilmiş testleri yapılacaktır.

5.4.5 Bileşende bulunacak herhangi bir hatanın onarımı dokümanite edilecektir. Onarım prosedürü, verilecek üretim spesifikasyonları çerçevesinde önceden değerlendirilecektir.

6. Ahşabın İşlenmesi

6.1 Ahşap pervane kanatlarının üretimi

6.1.1 Genel

6.1.1.1 Uygun ve onaylı malzeme seçiminin yanı sıra, ürünün özellikleri üzerinde önemli etkisi olması nedeniyle, ahşabın işlenmesinin de özel önemi vardır.

6.1.1.2 Bileşenlerin hazırlanması ve işlenmesinde, buradaki esaslarla birlikte, ham madde üreticilerinin talimatları ve ilgili emniyet kuruluşları ve profesyonel işçi birliklerinin istekleri dikkate alınacaktır.

6.1.1.3 Buradaki esaslarda, her kalıplama ve üretim işleminin tüm ayrıntıları ele alınmamıştır. Bu nedenle, bu esaslardan sapmalar, TL'nun izni ile mümkündür.

6.1.1.4 Üretim işlemlerinin ayrıntıları kontrol listeleri veya iş takip listeleri formunda (örnekleri kalite el kitabında yer alan) belirtilecektir. Bunlar, her kademede takibinden sorumlu kimselerce imzalanacaktır.

6.1.2 Kalıp istekleri

Lamine ahşaptan pervane kanatlarının kalıpları, yüksek boyutsal hassasiyet derecesine ilave olarak, üretim işlemi sırasında aşırı deformasyon riskini elemine etmek için yeterli rijidlikte olacaktır. Alt elemanların birbirine yapıştırıldığı hallerde mükemmel birleştirmeyi sağlamak üzere donanım sağlanacaktır.

6.1.3 Ahşabın hazırlanışı

6.1.3.1 Kerestenin DIN 4074-1'e göre S.13 sınıfına veya diğer standartlara göre eşdeğeri kaliteye uygun olacak şekilde ön sınıflandırma yapılacaktır.

6.1.3.2 Sonraki işlemlere geçilmeden önce ortalama nem miktarı belirlenecektir. 10 tipik rastgele seçilen örneğin; ortalaması $\%10 \pm \%2$ olmalıdır. Hiçbir durumda, tekil örnekler arasındaki nem oranı sapması $\%4$ 'ü aşmamalıdır.

6.1.3.3 Tabakaların işlenerek katı-ahşap pervane kanadı oluşturduğu hallerde, nem miktarı genelde odada kurutularak elde edilir. Kalıplanmış laminatların üretiminde kullanılan kaplamalar, kuru durumda teslim edilmişse, nem oranları, belirtilen toleransları aşmayacak şekilde depolanacaktır.

6.1.3.4 İşleme uygunluk bakımından, tabakaların, her tarafı planyalanmalıdır. Kaba kesilmiş tabakaların yapıştırılmasına izin verilmez.

6.1.3.5 Tabakalar planyalandıktan sonra ikinci bir sınıflandırma yapılacaktır. Hatalı kısımlar kesilerek çıkarılabilir.

6.1.4 Tabakalar oluşturulması ve yapıştırma

6.1.4.1 Yapıştırılacak yüzeylerin bozulmasını ve daha sonraki çekmeler veya şişmeler sonucunda deformasyon oluşumunu önlemek için ahşabın yapıştırılması, planyalamadan sonra mümkün olduğunca çabuk yapılacaktır.

6.1.4.2 İşlenmeye tabi tutulacak tüm bileşenler oda sıcaklığında olacaktır. Odanın nemi, gerekli nem oranı toleransları dikkate alınacak şekilde ayarlanacaktır.

6.1.4.3 Tabakalar, yapıştırılan birleştirmelerin çatlayarak açılma riski en azda tutulacak şekilde yerleştirilecektir. Tekil tabakaların boyuna alın ekleri, DIN 68140'a göre yük grubu I kırlangıç kuyruğu geçmeli olarak yapılacaktır. Tabakalarda, boyuna eklerin yeterli sapmaları olması sağlanacaktır.

6.1.4.4 Eğer 22 cm. den daha geniş kesitler üretiliyorsa, her tabaka, tabaka içinde boyuna birleştirmeler arasında yeterli bindirme olacak şekilde birkaç paralel katmandan oluşacaktır.

6.1.4.5 Kaplamaların işlenmesinde (gerek alın ve gerekse geçmeli birleştirmelerde) tabakalardaki birleştirmelerde yeterli bindirmenin bulunmasına dikkat edilecektir. Yapıştırıcılar, üretici talimatlarına göre ve düzgün olarak uygulanacaktır. Yüksek kalitede bir yapışkan tabakası elde etmek için, otomatik yapıştırma prosesi gereklidir.

6.1.4.6 Yapıştırılacak tabakalar, yapışkan sertleşirken baskı altında tutulacaktır. Üretici talimatları dikkate alınacaktır.

6.1.4.7 Kaplamaların kalıplanmış ahşap laminat haline getirilmesinde, tercihen vakum prosesi kullanılmalıdır. Bu tip, kısmi kaplamaların yapıştırılması, yapıştırma levhasının yapımından sonra gerçekleştirilecektir. Kısmi ve yarım kaplamalar, boyutsal hassasiyet sağlanacak şekilde, uygun aparatlarla istenilen pozisyonda tutulacaktır.

6.1.4.8 Yapıştırma sıcaklığı, en az 20°C olacaktır. Sertleşme süresini azaltmak için 50°C'a kadar olan yapıştırma sıcaklıkları kullanılabilir.

6.1.5 Ahşabın korunması

Tabakalar yapıştırıldıktan veya yarım kaplamalar yapıldıktan sonra, boş kısımlar ahşap koruyucuları ile işleme tabi tutulacaktır. Bu husus; kanadı göbeğe bağlayan elemanlar için delinen ve işlenen alanlar gibi, mekanik işlemlerden sonra uygulanır.

6.1.6 Yüzey koruması

6.1.6.1 İşleme tabi tutulacak ahşap yüzeyler düzgün ve çatlaksız olacaktır. Ahşaptaki küçük yüzeysel hatalar, uygun şekilde giderilecektir.

6.1.6.2 Neme karşı koruma sağlayan malzemeler, üreticinin talimatlarına göre işleme tabi tutulacak ve uygulanacaktır. Yüzeyin etkin bir şekilde korunması için birkaç kat kaplama uygulanmalıdır.

6.1.6.3 FTP pervane kanatları ile ilgili proses kurallarına göre, yüzey korumada tekstil astarlar kullanılacaktır.

6.1.7 Kanat birleştirmeleri

6.1.7.1 Pervane kanatları ile göbek arasındaki bağlantılar güvenilir bir yük aktarımı garanti edilecek şekilde dizayn edilecektir. Ahşap kısımlar, birleştirme elemanları ve varsa sentetik reçineler arasındaki elastik özellik farklarının dizaynda kompanse edilmesini sağlamak bakımından bu husus önemlidir. Ayrıca; ahşap kanat, bağlantı elemanı ve göbek arasındaki bağlantılar, ahşaba nemin girmesine karşı etkin olarak korunacaktır.

6.1.7.2 Dizayn olanaklarının fazlalığı nedeniyle, buradaki esaslarda bağlantıların korunması ile ilgili genel istekler verilmemiştir.

6.2 Ahşap pervane kanatlarının üretim denetimi

6.2.1 Genel

6.2.1.1 Ahşap pervane kanatlarının bileşen özellikleri sadece ham madde kalitesine bağlı olmayıp, bunların işleme kalitesine de bağlıdır. Ayrıca, özelliklerin kontrol olanakları ve olası hataların tespiti, daha sonraki bir kademede oldukça sınırlıdır. Bu nedenle, sadece ham maddeyi ve bitmiş ürünü test etmek yeterli olmayıp, üretim sırasında sürekli denetim gereklidir.

6.2.1.2 Üretimin denetimi, iç ve dış denetim olmak üzere ikiye ayrılır. Buradaki esasların kapsamında dış denetimler, iç denetim ve kalite kontrolün düzenli muayenesini ifade eder.

6.2.2 Giriş muayenesi

6.2.2.1 Malzeme onayında belirtilen mekanik özellikler ve karakteristik değerlerin kanıtı, üretici tarafından bir test raporu ile sağlanacaktır. Ahşapta S 13 sınıfı temin edici tarafından yazılı olarak doğrulanacaktır.

6.2.2.2 Giriş muayenesinin bir parçası olarak, ilgili dokümanlar isteklere uygunluk bakımından kontrol edilecek ve malzemeler buradaki isteklere göre depolanacaktır.

6.2.3 Göz kontrolü

Üretim işlemleri sırasında ve üretimin tamamlanmasından sonra, bileşenler gözle kontrol edilecektir. Yapıştırıcıların uygunluğu, ahşap yüzeyindeki hatalar, vb.'ne dikkat edilecektir.

7. Betonun Oluşturulması ve İşlenmesi

Betonun oluşturulması ve işlenmesi EN 1992 ve EN 206'ya göre yapılacaktır. Önemli aşamalar aşağıda verilmiştir:

7.1 Ham maddelerin oranlanması ve karıştırılması

7.1.1 Üretilen beton karışımının ham maddelerinin tip ve miktarının hassas ayrıntılarını içeren karışım talimatları yazılı olarak mevcut olacaktır.

7.1.2 Ham maddeler ağırlık olarak oranlanacaktır.

7.1.3 Bu maddeler, üniform bir karışım elde edilene kadar mekanik bir karıştırıcı ile karıştırılacaktır.

7.2 Taşıma, dökme ve sıkıştırma

7.2.1 Betonun temin tipi ve kompozisyonu ayrışma önlenerek şekilde uyumlu olacaktır.

7.2.2 Temel ve duvar kalıplamada, çalışma noktasının hemen üzerinde bilen iniş boruları kullanılacaktır.

7.2.3 Pompalanan betonun çıkış boruları, boru içindeki beton akışında kesinti olmayacak şekilde düzenlenecektir.

7.2.4 Takviye çubukları beton içine iyice gömülecektir.

7.2.5 Beton, bütünüyle sıkıştırılacaktır.

7.2.6 Betonlamanın tekil bölümleri, betonlama başlamadan önce belirlenecektir.

7.3 Sertleşme

7.3.1 Betonun öngörülen özelliklerinin elde edilmesi için (özellikle yüzey bölgesinde), belirli bir sürede dikkatli sertleşme ve koruyucu önlemler gereklidir.

7.3.2 Sertleşme ve koruma, beton sıkıştırıldıktan sonra mümkün olduğunca çabuk başlayacaktır.

7.3.3 Sertleşme, özellikle güneş ışığı ve rüzgar nedeniyle erken kurumayı önler.

7.4 Soğuk ve sıcak havada beton dökümü

7.4.1 Soğuk havada ve donma koşullarında, beton belirlenen minimum sıcaklıkta dökülecek, ısı kaybı ve korumaya karşı belirli bir süre korunacaktır.

7.4.2 Donmuş betona, çevreci beton ilave edilmeyecektir. Donmuş agrega kullanılmaz.

7.4.3 Sıcak havada, çevreci betondaki güneş etkileri dikkate alınacaktır (örneğin; örtme).

7.4.4 Çevreci betonun sıcaklığı, agreganın soğutulması ve su ilavesi ile düşürülebilir.

7.5 Kalıplama ve takviyeleri

7.5.1 Kalıplar

7.5.1.1 Kalıplar ve kutular mümkün olduğunca boyutsal olarak hassas bir şekilde yapılacak, dökme ve sıkıştırma sırasında, betonun ince harcının aralıklardan dışarı akması önlenerek derecede katı olacaktır.

7.5.1.2 Kalıplar ve takviyeleri, sertleşme oluşuncaya kadar oluşabilecek tüm kuvvetleri absorbe edecek şekilde boyutlandırılacak ve dökme hızı ile betonun sıkıştırma tipinin etkileri dikkate alınacaktır.

7.5.1.3 Kayıcı kalıplar kullanılıyorsa, bununla ilgili prosesler dikkate alınacaktır.

7.5.2 Kalıp sökme

Kalıp sökme işlemi; yük taşıma kapasitesi ve bileşenin deformasyona direnci bakımından betonun yeterli mukavemete ulaşması ve sertleşme için kalıba gerek kalmamasından sonra yapılabilir.

7.6 Kalite kontrol**7.6.1 Genel**

7.6.1.1 ISO 9001'e göre kalite yönetim sistemi uygulaması B'de verilmiştir.

7.6.1.2 Bu kısımda, beton yapıların planlanması ve yapımı ile ilgili gerekli minimum kontrol önlemleri verilmektedir. Bunlar; önemli önlemler ve kararlar ile yapım kuralları, standartları ve öngörülen isteklere uygunlukta önemli olan kabul görmüş teknikler bakımından gerekli olan testleri içerir.

7.6.1.3 Üretim ve yapımın gözetimi, inşaat malzemelerinin ve işçiliğin gerekli kaliteye uygunluğu ve kontrolü ile ilgili tüm önlemleri içerir. Bu gözetimler; göz muayenesi ve testler ile birlikte test sonuçlarının değerlendirilmesini kapsar.

7.6.1.4 Üretim ve yapımın gözetimi şunlardan oluşur:

- Uygunluk testleri ve kontrol yöntemleri,
- Yapım sırasındaki testler ve kontroller,
- Son muayeneler ve kontroller.

Gerekirse, öngörülen inşaat malzemeleri, donanımı ve üretim yöntemleri kullanılarak, planlanan yapının uygun bir şekilde yapılmasını sağlamak üzere, uygunluk testleri inşaatın başlamasından önce yapılacaktır.

7.6.1.5 Betonun, harcın, vb.'nin ham maddeleri ile malzemelerin uygunluğu ve kalitesi, kazanılan deneyimler ve yapılan testlerle sağlanmalıdır.

7.6.1.6 Sadece standart inşaat malzemeleri kullanılmalıdır.

7.6.1.7 Gerekli kontroller, Tablo 3.3'de özetlenmiştir.

7.6.2 Yapım sırasındaki testler**7.6.2.1 Genel istekler:**

- İnşaat malzemelerinin, yapıdaki donatıların ve konulan donanımın boyutları, özellikleri ve uygunluğu sürekli olarak denetlenecektir.
- İnşaat alanına teslim edilen inşaat malzemeleri ve bileşenler sipariş spesifikasyonlarına göre kontrol edilecektir.
- Önemli bulgular yazılı kayıtlara girecek (örneğin; yapım kayıtları) ve ilgili taraflara açık tutulacaktır.
- Gerekli güvenilirlik derecesine bağlı olarak, ilave olarak özel kontroller yapılabilir.
- Betonun kalite kontrolü için EN 206 uygulanır.
- Diğer tüm inşaat malzemeleri veya diğer malzemeler için geçerli teknik dokümanlar başvurulacaktır.

7.6.2.2 Sahaya teslim edilen malzemeler için kabul kontrolleri

- Hazır betonun teslim makbuzu için EN 206 uygulanır,
- Prefabrike kısımlar için, bunların sipariş şartnamesine göre üretildiği, işaretlendiği ve işleme tabi tutulduğu teslim makbuzu ile belgelendirilecektir,
- Donatım çeliğinin teslimat makbuzunda aşağıdaki bilgiler bulunacaktır:
 - Demet, kangal veya yapı çeliği mühendisliğinin diğer koşullarındaki çelikler,
 - Çubuk veya kaynaklı donatı çelik hasırlar,
 - Kesilmiş ve eğilmiş çelikler,
 - Prefabrike donatılar.

- Tüm donatılar için teslim edilen çeliğin orijini ve özellikleri bilinecektir,
- Öngerilmeli çelik ve öngerilmeli donanım için EN 1992 uygulanır.

7.6.2.3 Kontroller

- Beton dökümünden önceki kontroller için, EN 206'ya bakınız,
- Öngerilmeli elemanları yerine koymadan önce, üretim yerinde veya sahaya teslimden sonra herhangi bir hasar olup olmadığının belirlenmesi için bir kontrol yapılacaktır,

- Öngerilmeye başlamadan önce, tüm öngerilme işleminin sorunsuz olarak yapıp yapılmadığının belirlenmesi için genel bir kontrolün yapılması önerilir.
- Her öngerilme aşamasında yapılan ölçümlerle ilgili bir öngerilme raporu düzenlenecektir (gergi kuvveti, uzama, ankraj kayması, vb.),
- Öngerilme ile donatı çeliğini koruyucu önlemlerin (çimento şerbeti) tamamlanması arasındaki aralık kontrol edilecek ve kaydedilecektir,

Tablo 3.3 Üretim ve yapım sırasında kontrol edilecek konular

Konu	İnşaat malzemelerinin ve malzeme üretiminin kontrolü	Yapım sırasındaki kontroller
Beton	Ham maddeler Kompozisyon Üretim Çevreci beton Sertleşmiş beton	Taşıma, dökme Sıkıştırma Sertleşme Yüzey işlemi
Kalıplar ve takviyeleri	Malzeme özellikleri	Katılık Montaj, demontaj Kavis Deflekşinlar Temeller Sızdırmazlık Beton (iç) tarafındaki yüzey durumu
Donatılar	Belirlenen ham madde özellikleri yüzey durumu	İşleme ve depolama Kesme Montaj, donatı Bindirme ve diğer uç bağlantıları Kaynaklar Serme Beton kaplama
Öngerilmeli çelik ve öngerilmeli donanım	Belirlenen ham madde özellikleri yüzey durumu Öngerilmeli donanım Öngerilmeli elemanların düzgünlüğü Çimento şerbeti	İşleme ve depolama Kesme Serme Öngerilme donanım Öngerilme Şerbet
Bileşenler, prefabrike parçalar	-	Boyutsal sapmalar Kavis ve sapmalar Sipariş şartnamesinden sapmalar

- Şerbetleme sırasında; enjeksiyon basıncının, ağızlardan çimento şerbetinin engelsiz akışı, sızıntı noktalarından çıkan şerbet miktarı, enjekte edilen şerbet miktarının kontrolü ile uygunluk ve su kaybının kontrolü için örnekler alınması gereklidir. Gerekirse, şerbetin mukavemeti kontrol edilmelidir.

7.6.3 Uygunluk kontrolleri

7.6.3.1 Uygunluk kontrollerinin anlamı; yerine getirildiği takdirde tüm öngörülen isteklerin, kriterlerin ve koşulların bütünüyle karşılandığı tüm önlemler ve kararlardır. Buna ilgili dokümanların tamamlanması da dahildir.

7.6.3.2 Betonun uygunluk kontrolleri için EN 206 uygulanır.

7.6.3.3 Diğer inşaat malzemelerinin uygunluk kontrollerinde, uluslararası standartlar veya bunlar yoksa, ulusal standartlar veya onaylar esas alınır.

7.6.4 Tamamlanmış yapının muayenesi ve bakımı

7.6.4.1 Servis sırasında yapılacak özel kontroller (muayeneler) bir muayene programında belirtilecektir.

7.6.4.2 Kullanım ve bakım için gerekli tüm bilgiler yapının tümünden sorumlu olanların kullanımına hazır olmalıdır.

BÖLÜM 4

YÜK KABULLERİ

	Sayfa
A. Esaslar	4- 1
B. Dış Koşullar	4- 3
C. Yüklerin Hesaplanması	4-14
D. Sahaya Özgü Değerlendirmeler	4-23
Ek 4-A Koordinat Sistemleri	4-30
Ek 4-B Yüklerin Değerlendirilmesi	4-32
Ek 4-C Güç Sistemi Arızası	4-36
Ek 4-D S Sınıfı Rüzgar Türbini Tanımı ile İlgili Dizayn Parametreleri	4-37

A. Esaslar

1. Genel

1.1 Aşağıdaki maddelerde, ortam koşulları ile rüzgar türbininin çalışmasından kaynaklanan yüklerin hesaplanması ile ilgili istekler açıklanmıştır.

1.2 Bu bölümde tanımlanan yük kabulleri, aşağıdaki esaslardaki yük ve emniyet düzeylerine ait istekleri de kapsar:

- IEC 61400-1, Edition 2, 1999
- NVN 11400-0, Edition 2, 1999
- DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, [Regulation for Wind Energy Conversion Systems], Draft for Discussion 05.2003
- EN 61400-1, Edition 2, 05.2003 (IEC 61400-1, Ed. 2 incl. common modifications)

1.3 Dış koşullar, şiddetine göre sınıflandırılır ve yüklerin hesaplanması için dizayna esas olan isteklere uygun olacak şekilde seçilebilir. Montaj sahasındaki aşırı iklim veya ortam koşulları ayrıca değerlendirilecek ve sahaya özgün koşullar olarak formüle edilecektir. Bununla ilgili istekler tanımlanmıştır.

2. Değerlendirme Dokümanları

Yük kabullerinin değerlendirilmesi için, aşağıda belirtilen dokümanlar gereklidir.

- a) Kütleler, kütle atalet momentleri ve ağırlık merkezlerinin belirtildiği, ana ölçüleri içeren resimler pervane kanatları ve kule için, geometrinin ayrıntıları ve ağırlık dağılımı gereklidir. Pervane kanadı geometrisi için özellikle, eğrilik, profil boyu, profil kalınlığı ve profil tipi belirtilmelidir.
- b) Türbinin dinamik davranışı üzerinde etkisi olan elektrik bileşenlerinin karakteristik değerleri (örneğin; yönlendirme tahrik sistemi, jeneratör, vb.),
- c) Kararlı rüzgar modeli uygulanılarak, V_{in} ile V_{out} arasında, normal çalışmadaki hesaplamaların sonucu olarak güç eğrisi,
- d) Reynolds sayıları ve profil kalınlığı içi 360° 'lik geliş açısına göre kullanılan profil tipi için aerodinamik veriler (kaldırma, sürüklenme ve moment katsayıları) 3 boyutlu bir düzeltme yapılacaktır.

- e) Fiziksel ortam parametreleri (örneğin; havanın yoğunluğu, dinamik viskozite, vb.) sıcaklıklara sahip bölgelerde, D.3'deki açıklama dikkate alınacaktır.
- f) Transport ve montaj prosedürlerine ait dokümanlar: özel türbin durumlarının ayrıntıları ile montaj ve bakım için izin verilen ortalama rüzgar hızları. Burada, hareketli bileşenlerin (örneğin; kanat, pervane ve yönlendirme yatağı kiliti) kilitlemesi için boyutlandırma yükleri belirtilecektir.
- g) Koordinat orijininin yeri ile birlikte, kullanılan koordinat sistemlerinin tanımı ve varsa taslağı (Ek 4, A'ya bakınız).
- h) Elastik olarak modellenen bileşenler için (örneğin; pervane kanadı, tahrik sistemi, kule, temel, vb.) hesaplama ile belirlenen gerilmeler durumunda, hesaplarda kullanılan kütle dağılımı, katlıklar, doğal frekanslar ve sönümlenmeler belirtilecektir.
- i) Dikkate alınacak doğal frekansları (örneğin; pervane kanadı, tahrik sistemi, kule) ve ilgili uyarımları da (örneğin; pervane devri 1P, 3P, 6P vb.) içeren, bir rezonans diyagramı (örneğin; campbell diyagramı) verilecektir.
- j) Kulenin rezonans aralığındaki çalışmalar için (Bölüm 6, F.5.1'e bakınız): işlevsel prensiplerin ve titreşim izlemesi uygulama kriterleri ile öngörülen harekete geçme değerlerinin tanımı (Bölüm 2, C.2.6 ve Bölüm 4, C.4.3'e de bakınız).
- k) Hesaplarda kullanılan rüzgar hızlarının tablosu.
- l) Hesaplanan yük durumlarının, aşırı ve yorulma yüklerinin değerlendirmesinin ayrıntılı açıklamaları (Ek 4, B'ye bakınız).
- m) Mekanik frenin, frenleme tork eğrisi.
- n) Değerlendirme dokümanlarına, rüzgar türbininin işlevsel prensibinin ve rüzgar türbininin yük tepkisi üzerinde etkisi olan kontrol ve emniyet

sistemlerinin tanımı dahil edilecektir. Bu bağlamda, verilecek dokümanların kapsamı ve bilgi içerikleri Bölüm 2, A.1'de verilmiştir.

- o) Benzeşim sağlamak üzere, kontrol düzeninin ayrıntılı tanımı (Bölüm 2, A.3'e bakınız).

- p) Hesaplama sonuçlarının değerlendirilmesi ve sunumu ile ilgili istekler Ek 4, B'de tanımlanmıştır.

3. Dizayn Yöntemleri

3.1 Buradaki esaslar, dizayn yüklerinin hesaplanmasını gerektirir. Eğer bunlar hesaplama ile bulunacaksa, yapısal dinamik model kullanılacaktır. Bu model, aeroelastik birleşim dikkate alınarak, rüzgar hızları aralığında yüklerin hesabı için kullanılacaktır. Burada, asgari olarak, Bölüm 4, B ve 4, C'de tanımlanan türbülans koşulları ve diğer aşırı rüzgar koşulları uygulanacaktır. İlgili tüm dış koşul ve dizayn durumu kombinasyonları analiz edilecektir. Bu kombinasyonların asgari koşulu Bölüm 4, C.3'de yük durumları olarak tanımlanmıştır.

3.2 Dizaynın uygunluğunun doğrulanması hesaplamalarla ve / veya ölçümlerle yapılacaktır. Eğer bu doğrulamada ölçüm sonuçları kullanılırsa, buradaki esaslarda tanımlanan karakteristik değerleri ve dizayn durumlarını yansıtmak üzere, test sırasında etkin olan ortam koşulları gösterilecektir. Test yükleri dahil, ölçüm koşullarının seçiminde, uygulanacak kısmi emniyet faktörleri dikkate alınacak ve TL ile anlaşmaya varılacaktır.

3.3 Yüklerin tanımı için, montaj sahasına ait meteorolojik ve orografik veriler uygulanır. Kutup bölgeleri, yüksek dağlar, çöller ve tropik fırtınaların olduğu yerler gibi aşırı koşullara maruz bölgelere özel olarak dikkat edilecektir. Eğer hakiki işletim koşulları yeterince bilinmiyorsa, rüzgar türbini Bölüm 4, B.2'de belirtilen rüzgar türbini sınıflarının birine ve aşağıda belirtilen verilere göre dizayn edilebilir. Ancak, türbinin montajından önce, sahadaki dizayn koşullarının öngörülen dış koşulları yeterince kapsamı sağlanacaktır. Bir rüzgar türbini çiftliğine monte edilen türbinler için, karşılıklı etkiler dikkate alınacaktır.

Burada arttırılmış türbülans ve düzgün olmayan akımlar söz konusudur (Bölüm 4, D.2'ye bakınız).

4. Emniyet Sınıfları

4.1 Bir rüzgar türbini, aşağıdaki iki emniyet sınıfından birine göre dizayn edilecektir:

- Bir arıza oluşumunun, insanların yaralanması veya ekonomik ve sosyal sonuçlar doğması riskini taşıdığı durumlarda uygulanan normal emniyet sınıfı,
- Emniyet isteklerinin lokal kurallar tarafından belirlendiği ve / veya emniyet isteklerinin üretici ile müşteri arasında kararlaştırıldığı durumlarda uygulanan özel emniyet sınıfı.

4.2 Normal emniyet sınıfındaki bir rüzgar türbininin kısmi emniyet faktörleri Bölüm 4, C.5’de verilmiştir. Özel emniyet sınıfındaki rüzgar türbinlerinin kısmi emniyet faktörleri özel anlaşmayı gerektirir. Özel emniyet sınıfına göre dizayn edilen bir rüzgar türbini, Bölüm 4, B.2’de tanımlanan “S sınıfı” türbindir.

B. Dış Koşullar

1. Genel

1.1 Önceki kısımlarda tanımlanan dış koşullar, bir rüzgar türbininin dizaynı için minimum koşullar olarak kabul edilecektir.

1.2 Rüzgar türbinleri; yüklerine, dayanımlarına ve çalışmalarına etki edebilen ortam ve elektriksel koşullara tabidir. Yeterli düzeyde emniyet ve güvenilirlik sağlamak için dizaynda; ortam, elektriksel ve zemin parametreleri dikkate alınacak ve dizayn dokümanlarında açık olarak belirtilecektir.

1.3 Ortam koşulları ayrıca, rüzgar koşulları ve diğer ortam koşulları olarak ikiye ayrılır. Elektrik koşulları, şebeke koşullarına bağlıdır. Rüzgar türbini temellerinin dizaynı ve ilgili yüklerin belirlenmesi için, zemin özellikleri dikkate alınacaktır (Bölüm 6, G.6’ya bakınız).

1.4 Her tip dış koşullar, normal ve aşırı dış koşullar olmak üzere ayrılabilir. Normal dış koşullar genelde, uzun-süreli yapısal yükleme ve işletim koşullarını, aşırı dış

koşullar ise nadiren karşılaşılan ancak potansiyel olarak kritik olan dış dizayn koşullarını temsil eder.

1.5 Rüzgar türbini sınıflarına göre dizaynda dikkate alınacak normal ve aşırı dış koşullar, aşağıdaki kısımlarda tanımlanmıştır.

2. Rüzgar Türbini Sınıfları

2.1 Dizaynda dikkate alınacak dış koşullar, bu rüzgar türbini tesisinin öngörülen sahasına veya saha tipine bağlıdır. Rüzgar türbini sınıfları, rüzgar hızı ve türbülans parametreleri bakımından tanımlanır. Ayrıca, dış koşullar da rüzgar türbini sınıfı ile birlikte tanımlanır (4’e bakınız). Sınıfların amacı, birçok uygulamayı içermektir. Rüzgar hızı ve türbülans parametreleri değerleri ile, birçok farklı sahanın karakteristik değerlerinin temsili amaçlanmış olup, belirli bir saha için hassas bir tanımlama vermez (4, D.1.3’e bakınız). Hedef, rüzgar türbinlerinin, rüzgar hızı ve türbülans parametreleri ile açıkça farklılık gösteren sağlamlık derecelerine göre sınıflandırılmasıdır. Tablo 4.1’de rüzgar türbini sınıflarını tanımlayan temel parametreler verilmektedir.

2.2 Referans rüzgar hızı V_{ref} olan rüzgar türbini sınıfına göre tasarlanan tesis, göbek yüksekliğinde 50 yıllık tekrarlama süresi ile 10 dakikalık ortama aşırı rüzgar hızının V_{ref} ’e eşit veya V_{ref} ’den küçük olduğu ortam koşullarına karşı koyabilecek şekilde dizayn edilecektir.

2.3 Ortalama rüzgar hızı v_{ave} , birkaç saniyeden birçok yıla kadar değişen belirli bir sürede ortalaması alınan, rüzgar hızının anlık değerinin istatistiksel ortalamasıdır. Buradaki esaslarda, rüzgar hızının birçok yıla ait yıllık ortalaması kastedilmektedir. Bu değer, rüzgar hızı dağılımının temsil eden Weibull veya Rayleigh fonksiyonlarında kullanılır (Bölüm 4, B.3.1.1’e bakınız).

2.4 Özel bir dizaynın gerektiği hallerde (örneğin; özel rüzgar koşulları veya diğer dış koşullar ya da özel bir emniyet sınıfı), diğer bir rüzgar türbini sınıfı “sınıf S” tanımlanmıştır. (A.4’e bakınız), S sınıfı rüzgar türbinleri için dizayn değerleri seçilecek ve dizayn dokümanında belirtilecektir. Daha sonra, dizayn koşullarının, sahadaki dış koşulları kapsamaları sağlanacaktır. Bu tür özel dizaynlar için, dizayn koşulları için seçilen değerler, rüzgar türbininin kullanımı için öngörülenden daha ağır ortam koşullarını yansıtacaktır.

Tablo 4.1 Rüzgar türbini sınıfları için temel parametreler

Rüzgar türbini sınıfı	I	II	II	IV	S
- V_{ref} [m/sn]	50	42,5	37,5	30	Değerler üretici tarafından belirtilecektir
- V_{ave} [m/sn]	10	8,5	7,5	6	
- A $I_{15(-)}$	0,18	0,18	0,18	0,18	
- a (-)	2	2	2	2	
- B $I_{15(-)}$	0,16	0,16	0,16	0,16	
- a (-)	3	3	3	3	

2.5 Değerler, göbek yüksekliğinde uygulanır. Bunlar:

V_{ref} = Referans rüzgar hızı,

V_{ave} = Göbek yüksekliğindeki yıllık ortalama rüzgar hızı,

A = Yüksek türbülans şiddeti değeri sınıfı,

B = Düşük türbülans şiddeti değeri sınıfı,

I_{15} = 15 m/sn'deki türbülans şiddetinin karakteristik değeri,

a = B.5 eşitliğinde kullanılan meyil parametresi 'dir.

2.6 Ayrıca, bu parametrelerin yanı sıra, rüzgar türbininin dizaynında kullanılan dış koşulları bütünüyle belirtmek için diğer çeşitli parametreler de gereklidir. I_A ÷ IV_B sınıflarındaki rüzgar türbini sınıflarında, bu ilave parametre değerleri B.3, B.4 ve B.5'de belirtilmiştir.

2.7 Dizayn ömrü en az 20 yıl olacaktır.

2.8 S sınıfı rüzgar türbini için, üretici, dizayn dokümanlarında, kullanılan modelleri ve ana dizayn parametreleri değerlerini belirtecektir. Bu bölümdeki modeller kullanıldığında, parametrelerin değerlerinin beyanı yeterlidir. S sınıfı rüzgar türbininin dizayn dokümanları, asgari olarak Ek 4, D'de listelenen bilgileri içerecektir.

2.9 Bu bölümün diğer kısımlarındaki başlıklarda, parantez içinde gösterilen kısaltmalar, C.4'de tanımlanan dizayn yük durumları için dış rüzgar koşullarını belirtmek için kullanılmıştır.

3. Rüzgar Koşulları

- Bir rüzgar türbini, seçilen rüzgar türbini sınıfında tanımlanan rüzgar koşullarına emniyetle karşı koyacak şekilde dizayn edilecektir.

- Rüzgar koşullarının dizayn değerleri, dizayn dokümanlarında açıkça belirtilecektir.

- Yük ve emniyet değerlendirmeleri çerçevesindeki rüzgar rejimi; rüzgar türbininin normal çalışması sırasında sıklıkla oluşan normal rüzgar koşulu ve 1-yıl veya 50-yıllık tekrarlama periyoduna sahip olacak şekilde tanımlanan aşırı rüzgar hızı koşulu olarak ikiye ayrılır.

- Tüm yük durumlarında, yatay düzleme göre 8 'ye kadar olan ortalama akış meyilinin etkisi dikkate alınacaktır. Akım meyil açısının yükseklikle değişmediği kabul edilebilir.

3.1 Normal rüzgar koşulları

3.1.1 Rüzgar hızı dağılımı

3.1.1.1 Tekil yük bileşenlerinin oluşma frekansını belirlediğinden, sahadaki rüzgar hızı dağılımı, rüzgar türbininin dizaynı için önemlidir. Aşağıda Weibull dağılımı (B.1 formülü) ve Rayleigh dağılımı (B.2 formülü) verilmiştir. Standart rüzgar türbini sınıflarının dizaynında, yük hesapları için Rayleigh dağılımı (B.2 eşitliği) alınacaktır.

$$P_W(V_{hub}) = 1 - \exp[-(V_{hub}/C)^k] \quad (B.1)$$

$$P_R(V_{hub}) = 1 - \exp[-\pi(V_{hub}/2 V_{ave})^2] \quad (B.2)$$

$$V_{ave} = \begin{cases} C \frac{\sqrt{\pi}}{2}, & k = 2 \text{ ise} \\ C \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) & \end{cases} \quad (B.3)$$

$P_W(V_{hub})$ = Weibull olasılık dağılımı : kümülatif olasılık fonksiyonu, yani $V < V_{hub}$ [-] olan olasılık,

$P_R(V_{hub})$ = Rayleigh olasılık dağılımı : kümülatif olasılık fonksiyonu, yani $V < V_{hub}$ [-] olan olasılık,

V_{hub} = Göbek yüksekliğindeki rüzgar hızının 10 dk'lık ortalaması, [m/sn]

V_{ave} = Göbek yüksekliğindeki yıllık ortalama rüzgar hızı, [m/sn]

C = Weibull fonksiyonunun ölçek parametresi, [m/sn]

k = Weibull fonksiyonunun şekil parametresi. Standart rüzgar türbini sınıfı dizaynında $k=2$ alınacaktır, [-]

Γ = Gama fonksiyonu [-].

3.1.1.2 C ve k , hakiki verilerden çıkarılabilir. Eğer $k=2$ seçilirse ve C ile V_{ave} $k=2$ için B.3'de verilen koşulu sağlarsa, Rayleigh fonksiyonu ile Weibull fonksiyonu eşit olur.

3.1.1.3 Dağılım fonksiyonları, rüzgar hızının V_{hub} 'dan düşük olduğu kümülatif olasılığı gösterir. Buradan, $(P\{V_1\} - P\{V_2\})$ 'nin rüzgar hızının V_1 ve V_2 sınırları içinde değiştiği zaman aralığı elde edilir. Dağılım fonksiyonlarının türevi ile olasılık yoğunluğu fonksiyonları elde edilir.

3.1.2 Normal rüzgar profili modeli (NPR)

$V(z)$ rüzgar profili, zeminden z yüksekliğinin fonksiyonu olarak ortalama rüzgar hızını ifade eder. Standart rüzgar türbini sınıflarında, normal rüzgar hızı profilinin, güç kuralı ile elde edileceği kabul edilir:

$$V(z) = V_{hub} (z / z_{hub})^\alpha \quad (B.4)$$

Burada ;

$V(z)$ = z yüksekliğindeki rüzgar hızı, [m/sn]

z = Zeminden yükseklik, [m]

z_{hub} = Göbeğin zeminden yüksekliği, [m]

α = Güç kuralı üssü, [-]

Güç kuralı üssünün 0,2 olacağı kabul edilecektir. Kabul edilen rüzgar profili, pervane süpürme alanındaki ortalama düşey rüzgar kesmesini belirlemek için kullanılır.

3.1.3 Normal türbülans modeli (NTM)

3.1.3.1 Rüzgarın türbülansı, türbülans girdapları ile taşınan enerji ile temsil edilir. Bunun frekanslar üzerindeki dağılımı - güç spektrumu ve uyumluluk fonksiyonu ile temsil edilen - bu esaslar çerçevesinde, genelde yaklaşık 10 dk.lık periyoda türbalansı yeterince temsil ettiği kabul edilir. Spektrumun değişmediği nispeten kısa süredeki istatistiksel parametreler ile rüzgarın doğal türbülansının karakterize edilmesi, diğerlerinin yanı sıra, aşağıdaki parametreleri etkiler:

- Rüzgar hızının ortalama değeri,
- Türbülans şiddeti,
- Entegre boy ölçekleri.

3.1.3.2 Rüzgar mesafesi, pürüzlülük boyu, ortalama rüzgar hızı, vb. gibi dış parametrelerin standart kombinasyonu ile birlikte rüzgar hızının güç spektrumu ve uyumluluk fonksiyonu, türbülansın tanımı için başlangıç noktası olarak kabul edilir.

3.1.3.3 Türbülans şiddeti değerleri, göbek yüksekliğinde alınacaktır. Diğer yükseklikler için, türbülans şiddeti de değişirken, rüzgar hızının standart sapmasının sabit kaldığı kabul edilebilir. Pervane süpürme alanı içinde, rüzgar hızındaki ani değişimlere dikkat edilecektir. Bu husus ve deterministik rüzgar hızı değişimleri, pervanenin dönüşü ile birlikte “dönme modeli” etkisini (yani; kısmi fırtına içinden tekrarlı geçiş) oluşturur. Bu etki yorulma mukavemeti üzerinde önemli bir etki oluşturur. Genelde, sadece boyuna değil aynı zamanda enine ve lateral rüzgar hızı bileşenlerini de dikkate alan üç boyutlu türbülans modeli kullanılacaktır.

3.1.3.5 Standart rüzgar türbini sınıfları için, rastgele rüzgar hızı vektörü sahasının güç spektral yoğunluğu (modelde açıkça kullanılsın veya kullanılsın), aşağıdaki istekleri karşılayacaktır:

- a) Göbek yüksekliğinde, boyuna rüzgar hızı bileşeninin standart sapmasının karakteristik değeri aşağıdaki formülle verilecektir:

$$\sigma_1 = I_{15} (15 \text{ m/sn} + a \cdot V_{\text{hub}}) / (a+1) \quad (\text{B.5})$$

Burada ;

$$\sigma_1 = \text{Göbek yüksekliğinde boyuna rüzgar hızının standart sapması, [m/sn]}$$

Bu standart sapmanın yükseklikle değişmediği kabul edilecektir.

Not :

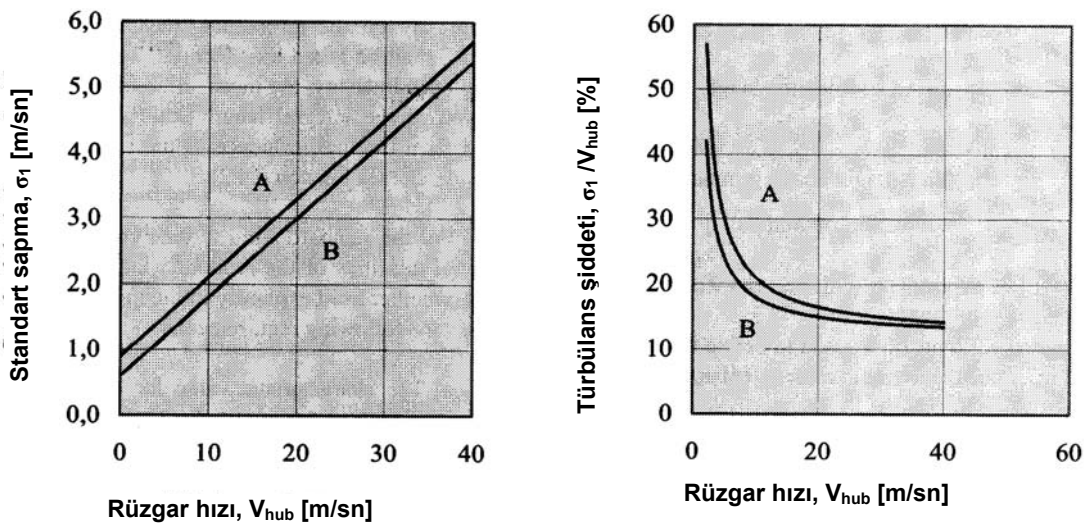
Tablo 4.2’de belirtilenlere ilave yük durumlarının hesaplarını yapmak için, farklı yüzdelik değerlerin kullanımı uygun olabilir. Bu yüzdelik değerler; B.5 formülüne aşağıdaki değerin ilavesi suretiyle hesaplanabilir:

$$\Delta\sigma_1 = (x-1) (2\text{m/s}) I_{15} \quad (\text{B.6})$$

Burada x , normal olasılık dağılımı fonksiyonundan hesaplanır.

Örneğin; 95. yüzdelik değer için $x = 1,64$ ’dür.

I_{15} ve a değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Rüzgar hızının standart sapması σ_1 ve türbülans şiddeti Şekil 4.1’de belirlenen I_{15} ve a değerleri için rüzgar hızının fonksiyonu olarak verilmiştir.



Şekil 4.1 Karakteristik rüzgar türbülansı

- b) Ataletsel alt-dizi'nin yüksek frekanslı ucuna doğru, $S_1(f)$ türbülansının boyuna bileşeninin güç spektral yoğunluğu, asimptotik olarak devam eder:

$$S_1(f) = 0,05 (\sigma_1)^2 (\Lambda_1 / V_{hub})^{-2/3} \cdot f^{5/3} \quad (B.7)$$

Burada;

$$S_1(f) = \text{Güç spektral yoğunluğu, [m}^2/\text{sn}^2]$$

Λ_1 = Boyutsuz boyuna güç spektral yoğunluğun $f S_1(f) / \sigma_1^2$; 0,05'e eşit olduğu dalga boyu olarak tanımlanan türbülans ölçek parametresi, [m].

$$f = \text{Frekans, [sn}^{-1}]$$

Türbülans ölçek parametresi Λ_1 aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\Lambda_1 = \begin{cases} 0,7 z_{hub}, & z_{hub} < 60 \text{ m. için} \\ 42 \text{ m}, & z_{hub} \geq 60 \text{ m. için} \end{cases} \quad (B.8)$$

3.1.3.6 Türel türbülans modeli spesifikasyonları "Appendix B to IEC 61400-1, Wind Turbine Generator System Part 1: Safety Requirements, Edition 2, February 1999" ve "ESDU 85020, Characteristics of atmospheric turbulence near the ground, ESDU International" da verilmiştir.

3.1.3.7 Türbülans rüzgardaki yük hesapları için, aşağıda belirtilen genel istekler dikkate alınacaktır:

- Normal türbülans modeli (NTM) her simülasyon çalışmasının simülasyon süresi, simülasyon başına en az 10 dakika olacaktır.
- Yorulma yükü hesaplarında, türbülans rüzgar alanı oluşturmak için, her simülasyon çalışımı farklı bir başlangıç değeri (kaynak) ile yapılacaktır.
- Üç boyutlu türbülans sahası kullanılacaktır.
- Türbülans rüzgar alanlarının çözümü uygun olacaktır. En az 10x10 nokta (çapa bağlı olarak) önerilir. Ancak, ızgara aralığı 10 m. den az olmalıdır.

- Eğer kule kesit yükleri inceleniyorsa, rüzgar alanı tüm tesisi (pervane ve kule) kapsayacak veya TL ile anlaşmaya varılarak yerine geçen bir model kullanılacaktır.

3.2 Aşırı rüzgar koşulları

Aşırı rüzgar koşulları, rüzgar türbinlerine etki eden aşırı rüzgar yüklerinin belirlenmesinde kullanılır. Bu koşullar, fırtınalar nedeniyle oluşan pik rüzgar hızları ile rüzgar hızı ve doğrultusundaki ani değişimleri içerir. Bu aşırı koşullar, EWM hariç (3.2.1'e bakınız), dizayn hesaplamalarında sadece deterministik etkiler dikkate alınacak şekilde, rüzgar türbülansının potansiyel etkilerini içerir.

3.2.1 Aşırı rüzgar hızı modeli (EWM)

3.2.1.1 EWM kararlı veya türbülanslı rüzgar modeli olabilir. Rüzgar modelinde V_{ref} referans rüzgar hızı ve σ_1 standart sapma esas alınır.

3.2.1.2 Kararlı aşırı rüzgar modeli için, 50 yıllık aşırı rüzgar hızı V_{e50} ve bir yıllık aşırı rüzgar hızı V_{e1} 'de, V_{ref} referans rüzgar hızı esas alınacaktır. Standart rüzgar türbini sınıflarının dizaynında V_{e50} ve V_{e1} , aşağıdaki eşitlikler kullanılarak, z yüksekliğinin fonksiyonu olarak hesaplanacaktır:

$$V_{e50}(z) = 1,4 \cdot V_{ref} (z / z_{hub})^{0,11} \quad (B.9)$$

$$V_{e1}(z) = 0,8 \cdot V_{e50}(z) \quad (B.10)$$

Burada ;

$V_{eN}(z)$ = N yıllık tekrarlanma süresi ile öngörülen aşırı rüzgar hızı (3 sn.lik ortalama). V_{e1} ve V_{e50} , 1 ve / veya 50 yılı ifade eder. EWM, kararlı rüzgar modelinde uygulanır.

$$V_{ref} = \text{Tablo 4.1'e göre referans rüzgar hızı}$$

3.2.1.3 Türbülanslı aşırı rüzgar modeli için, 10 dakikalık ortalama rüzgar hızı, 50 yıllık veya 1 yıllık tekrarlanma süresi ile, aşağıdaki eşitlik kullanılarak, z yüksekliğinin fonksiyonu olarak hesaplanacaktır:

$$V_{50}(z) = V_{ref} \cdot (z / z_{hub})^{0,11} \quad (B.11)$$

$$V_1(z) = 0,8 \cdot V_{e50}(z) \quad (B.12)$$

Burada ;

$V_N(z)$ = N yıllık tekrarlanma süresi ile öngörülen aşırı rüzgar hızı (10 dakikalık ortalama). V_1 ve V_{50} , 1 ve / veya 50 yılı ifade eder. EWM, türbülanslı rüzgar modelinde uygulanır.

3.2.1.4 Türbülanslı aşırı rüzgar modeli için, göbek yüksekliğindeki ortalama rüzgar hızı V_{hub} , V_{ref} veya $0,8 \cdot V_{ref}$ olarak alınacaktır. NTM türbülans modelinde (3.1.3'e bakınız) en az $\sigma_1 = 0,11 \cdot V_{hub}$ 'lık bir standart sapma uygulanacaktır.

3.2.1.5 EWM'deki yük hesaplarında, aşağıdaki genel istekler dikkate alınacaktır:

- EWM ile her simülasyon çalışımıdaki, simülasyon süresi, simülasyon başına en az 10 dakika olacaktır.
- Türbülanslı aşırı rüzgar modelli yük simülasyonlarında, yüklerin hesaplanması ve incelenmesi ile ilgili olarak EK 4, B.1'deki notlar dikkate alınacaktır.
- Tüm yük hesapları için türbülanslı rüzgarlı birden fazla simülasyon yapılıyorsa, kullanılan rüzgar sahalarında, rüzgar sahaları oluşumu için farklı ilk değerler esas alınacaktır.
- Eğer kule yükleri inceleniyorsa, rüzgar sahası tüm tesisi kapsayacak (kule ve pervane) veya TL ile görüşerek farklı bir model kullanılabilir.
- Diğer bilgiler Ek 4, B.1'de verilmiştir.

Not (genelde EVM için geçerlidir) :

Bazen, aşırı rüzgar hızları, diğer ortalama süreler veya diğer aşım olasılıkları için elde edilir. Eğer kanıtlanmış başka bir veri yoksa, aşım olasılığı 100 yılda birden 50 yılda bire değiştirilen rüzgar için, rüzgar hızı %4 azaltılabilir. Benzer şekilde, rüzgar hızı 3 sn. lik fırtınadan 5 sn. lik fırtınaya değişim için %3 azaltılabilir. 60 dakikalık ortalama değerden 10 dakikalık ortalama değere dönüşüm için, rüzgar hızı %10 arttırılacaktır.

3.2.2 Aşırı işletim fırtınası (EOG)

3.2.2.1 N yıllık tekrarlanma periyodu için göbek yüksekliğindeki fırtına şiddeti V_{gustN} , standart rüzgar türbini sınıfları için, aşağıdaki eşitlikten hesaplanacaktır:

$$V_{gustN} = \beta \left(\frac{\sigma_1}{1 + 0,1 \left(\frac{D}{\Lambda_1} \right)} \right) \quad (B.13)$$

Burada;

V_{gustN} = N yıllık öngörülen tekrarlanma periyodu ile, aşırı etkiyen fırtına için maksimum rüzgar hızı değeri, [m/sn]

σ_1 = B.5 eşitliğine göre standart sapma,

Λ_1 = Aşağıdaki eşitliklerle verilen türbülans ölçek parametresi,

$$\Lambda_1 = \begin{cases} 0,7 z_{hub}, & z_{hub} < 30 \text{ m. için} \\ 21 \text{ m}, & z_{hub} \geq 30 \text{ m. için} \end{cases} \quad (B.13A)$$

D = Pervane çapı, [m]

β = 4,8 N = 1 için
= 6,4 N = 50 için.

3.2.2.2 Rüzgar hızı, N yıllık bir tekrarlanma süresi için B.14 eşitliği ile tanımlanacaktır.

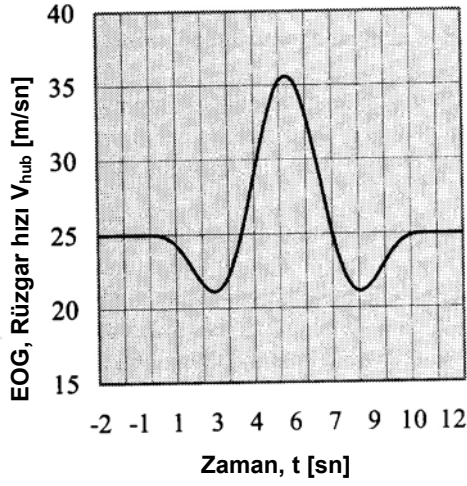
Burada;

$V(z)$ = B.4 eşitliğine bakınız.

T = 10,5 sn. N = 1 için
= 14,0 sn. N = 50 için

3.2.2.3 1 yıllık tekrarlanma süresi ile $V_{hub} = 25 \text{ m/sn}$ ve türbülans sınıfı A için aşırı etkiyen fırtınaya bir örnek Şekil 4.2'de verilmiştir.

3.2.2.4 Maksimum yükselimdeki her iki tekrarlanma süresi için bu suretle belirlenen parametreler aynıdır.



Şekil 4.2 Aşırı etkiyen fırtınaya örnek
(N = 1, Kategori A, D=42 m.,
Zhub = 30 m. Vhub=25 m/sn)

3.2.3 Aşırı yön değişimi (EDC)

3.2.3.1 N yıllık tekrarlanma süresi için aşırı yön değişimi derecesi θ_{eN} , B.15 formülünden hesaplanacaktır.

Burada;

θ_{eN} = N yıllık tekrarlanma süresi için $\pm 180^\circ$ ile sınırlı aşırı yön değişimi,

Λ_1 = B.13A eşitliğine göre, türbülans ölçek parametresi,

D = Pervane çapı, [m]

β = 4,8 N = 1 için
= 6,4 N = 50 için

$$V(z,t) = \begin{cases} V(z) - 0,37V_{gustN} \sin(3\pi t / T) (1 - \cos(2\pi t / T)) \\ V(z) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} &0 \leq t \leq T \text{ için} \\ &t < 0 \text{ ve } t > T \text{ için} \end{aligned} \quad (B.14)$$

$$\theta_{eN} = \pm \beta \arctg \left(\frac{\sigma_1}{V_{hub} \left(1 + 0,1 \left(\frac{D}{\Lambda_1} \right) \right)} \right) \quad (B.15)$$

$$\theta_N(t) = \begin{cases} 0 \\ 0,5 \theta_{eN} (1 - \cos(\pi t / T)) \\ \theta_{eN} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} &t < 0 \text{ için} \\ &0 \leq t \leq T \text{ için} \\ &t > T \text{ için} \end{aligned} \quad (B.16)$$

$$V(z,t) = \begin{cases} V(z) \\ V(z) + 0,5V_{cg} (1 - \cos(\pi t / T)) \\ V(z) + V_{cg} \end{cases}$$

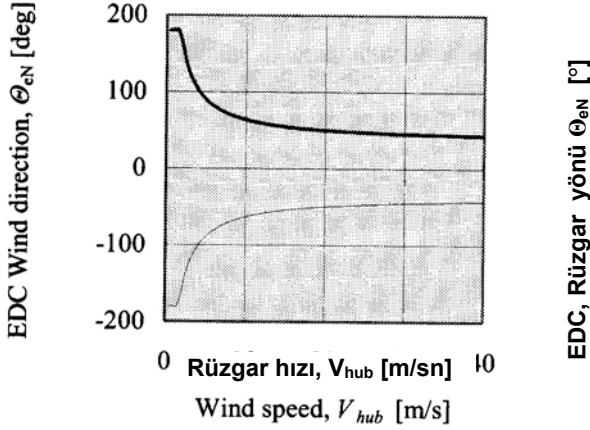
$$\begin{aligned} &t < 0 \text{ için} \\ &0 \leq t \leq T \text{ için} \\ &t > T \text{ için} \end{aligned} \quad (B.17)$$

3.2.3.2 N yıllık tekrarlanma süresi için aşırı yön değişimi

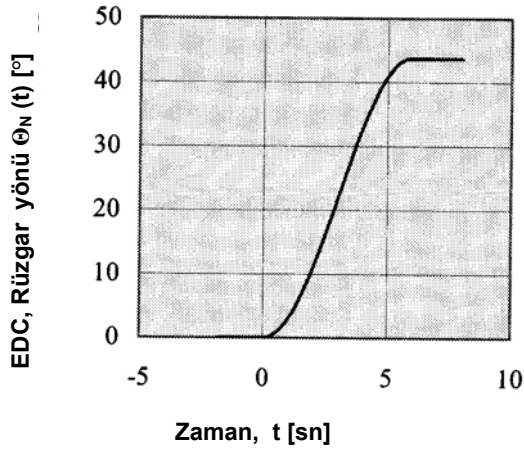
$\theta_N(t)$, B.16 eşitliği ile verilmiştir.

3.2.3.3 Buradaki $T=6$ sn. aşırı yön değişimi geçişinin süresidir. İşaret, en olumsuz geçiş yükü oluşacak şekilde seçilecektir. Yön değişimi geçişinin sonunda, rüzgar doğrultusunun değişmediği kabul edilecektir. Ayrıca, rüzgar hızının 3.1.2'deki normal rüzgar profili modelini esas aldığı kabul edilecektir.

3.2.3.4 50 yıllık tekrarlanma süresi ile $V_{hub} = 25$ m/sn ve türbülans sınıfı A için aşırı yön değişimine bir örnek, V_{hub} 'ın ve $V_{hub}=25$ m/sn için zamanın bir fonksiyonu olarak Şekil 4.3 ve 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.3 Aşırı yön değişimi derecesi örneği
($N=50$, kategori A, $D=42$ m. $z_{hub}=30$ m)

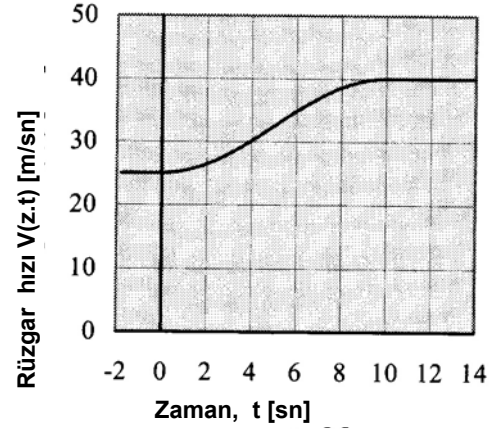


Şekil 4.4 Aşırı yön değişimi örneği
($N=50$, kategori A, $V_{hub}=25$ m/sn)

3.2.4 Aşırı yapışıcı fırtına (ECG)

3.2.4.1 Standart rüzgar türbini sınıflarının dizaynında, $V_{cg}=15$ m/sn'lik bir aşırı yapışıcı fırtına değeri kabul edilecektir. Rüzgar hızı, B.17'de eşitlikte verilen ifadeyle tanımlanacaktır.

3.2.4.2 Burada $T=10$ sn. artış süresi ve $V(z)$ 3.1.2'de "Normal rüzgar profili modelinde (NWP)" verilen rüzgar hızıdır. Aşırı yapışıcı fırtına $V_{hub}=25$ m/sn için Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Aşırı yapışıcı fırtına derecesi örneği
($V_{hub}=25$ m/sn (ECG))

3.2.5 Yön değişmeli aşırı yapışıcı fırtına

3.2.5.1 Bu durumda, rüzgar hızındaki artışın (ECG ile tanımlanan, Şekil 4.5'e bakınız), θ_{cg} yön değişimi ile aynı anda etki ettiği kabul edilecektir. Burada θ_{cg} aşağıdaki eşitlikle verilmiştir:

$$\theta_{cg}(V_{hub}) = \begin{cases} 180^\circ & V_{hub} < 4 \text{ m/sn için (B.18)} \\ \frac{720^\circ}{V_{hub}} & 4 \text{ m/sn} \leq V_{hub} \leq V_{ref} \text{ için} \end{cases}$$

3.2.5.2 V_{hub} 'ın ve $V_{hub} = 25$ m/sn için zamanın fonksiyonu olarak θ_{cg} yön değişimi Şekil 4.6 ve 4.7'de verilmiştir.

3.2.5.3 Aynı andaki yön değişimi B.19 eşitliği ile verilmiştir.

$$\theta(t) = \begin{cases} 0^\circ & t < 0 \text{ için} \\ \pm 0,5 \cdot \theta_{cg} (1 - \cos(\pi t / T)) & 0 \leq t \leq T \text{ için} \\ \pm \theta_{cg} & t > T \text{ için} \end{cases} \quad (B.19)$$

$$V(z,t) = \begin{cases} V_{hub} \left(\frac{z}{z_{hub}} \right)^\alpha + \left(\frac{z - z_{hub}}{D} \right) \left(2,5 + 0,2 \cdot \beta \cdot \sigma_1 \left(\frac{D}{\Lambda_1} \right)^{1/4} \right) \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right) & 0 \leq t \leq T \text{ için} \\ V_{hub} \left(\frac{z}{z_{hub}} \right)^\alpha & t < 0 \text{ ve } t > T \text{ için} \end{cases} \quad (B.20)$$

$$V(y,z,t) = \begin{cases} V_{hub} \left(\frac{z}{z_{hub}} \right)^\alpha + \left(\frac{y}{D} \right) \left(2,5 + 0,2 \cdot \beta \cdot \sigma_1 \left(\frac{D}{\Lambda_1} \right)^{1/4} \right) \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right) & 0 \leq t \leq T \text{ için} \\ V_{hub} \left(\frac{z}{z_{hub}} \right)^\alpha & t < 0 \text{ ve } t > T \text{ için} \end{cases} \quad (B.21)$$

3.2.5.4 Burada $T=10$ sn. artış süresidir. B.4 eşitliğinde belirtilen normal rüzgar profili modeli kullanılacaktır.

3.2.6 Aşırı rüzgar kesmesi (EWS)

3.2.6.1 50 yıllık tekrarlanma süreli aşırı rüzgar kesmesi, aşağıdaki iki rüzgar hızı geçişi kullanılarak dikkate alınacaktır:

- B.20 eşitliğinde tanımlanan geçici düşey kesme
- B.21 eşitliğinde tanımlanan geçici yatay kesme.

Burada;

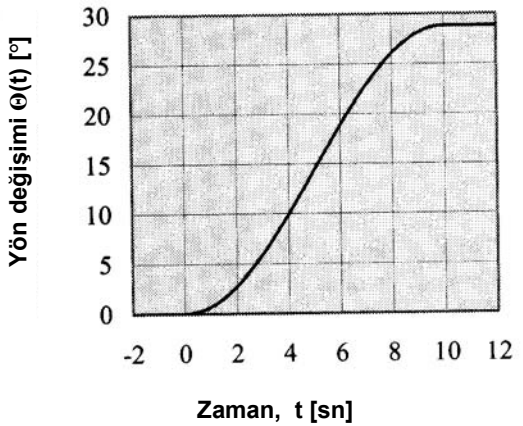
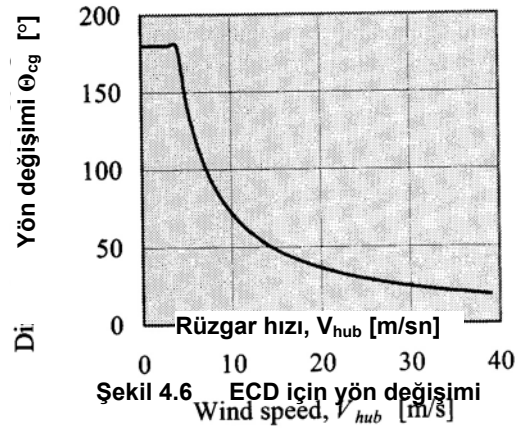
$$\alpha = 0,2$$

$$\beta = 6,4$$

$$T = 12 \text{ sn.}$$

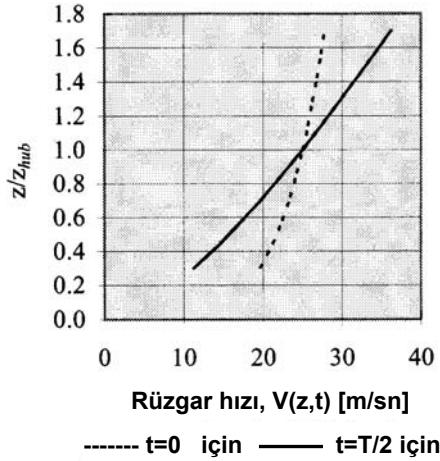
$$\Lambda_1 = \text{B.13A eşitliğine göre türbülans ölçek parametresi}$$

$$D = \text{Pervane çapı.}$$

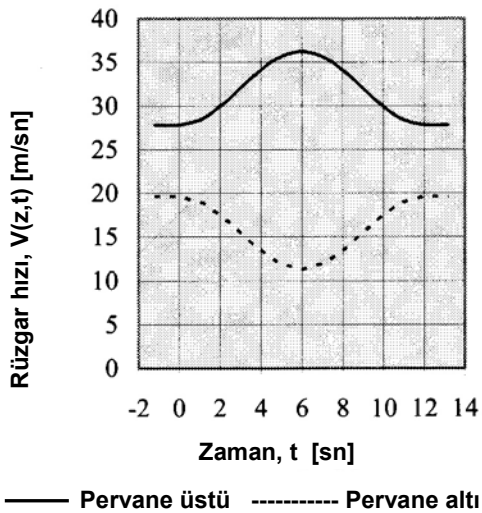


Şekil 4.7 $V_{hub} = 25 \text{ m/sn}$ için yön değişimi

3.2.6.2 Yatay rüzgar kesmesi geçişinin işareti, en olumsuz geçiş yükleri oluşacak şekilde seçilecektir. İki aşırı rüzgar kesmesi birbirinden bağımsız olarak dikkate alınır ve bu nedenle bir arada uygulanmaz. Bir örnek olarak, Şekil 4.8'de aşırı başlangıcından önceki rüzgar profilini gösteren aşırı düşey rüzgar kesmesi verilmektedir. Şekil 4.9'da kesme zamana göre gelişimini göstermek üzere, pervane süpürme alanı üstünde ve altındaki rüzgar hızları verilmektedir. Her iki şekilde de türbülans sınıfı A, $V_{hub} = 25$ m/sn, $z_{hub} = 30$ m. ve pervane çapı $D=42$ m. kabul edilmiştir.



Şekil 4.8 Aşırı düşey rüzgar kesmesi, başlangıçtan önceki ($t=0$ noktalı hat) ve maksimum kesmedeki ($t=6$ sn. dolu hat) rüzgar profili ($N= 50$, türbülans sınıfı A, $z_{hub}=30$ m, $V_{hub}=25$ m/sn, $D=42$ m).



Şekil 4.9 Pervane süpürme alanının üstünde ve altındaki rüzgar hızları (kabuller, Şekil 4.8'deki gibidir)

4. Diğer Ortam Koşulları

Rüzgarın dışındaki ortam (iklim) koşulları; termal, fotokimyasal, korrozif, mekanik, elektrik veya diğer fiziksel yollarla rüzgar türbininin bütünlüğü ve emniyetine etki edebilirler. Ayrıca, verilen iklim parametrelerinin kombinasyonları bunların etkilerini arttırabilir.

Asgari olarak, aşağıda verilen diğer ortam koşulları dikkate alınacak ve alınan önlemler dizayn dokümanlarında belirtilecektir:

- Normal ve aşırı sıcaklık aralıkları,
- Nem,
- Hava yoğunluğu,
- Güneş radyasyonu,
- Yağmur, dolu, kar ve buz oluşumu,
- Kimyasal olarak aktif maddeler,
- Mekanik olarak etken zerrecikler,
- Yıldırım,
- Depremler,
- Tuzluluk.

Dizayn ile ilgili iklim koşulları, temsili değerlerle veya değişken koşulların sınırları ile tanımlanacaktır. İklim koşullarının aynı anda görülme olasılığı, dizayn değerleri seçilirken dikkate alınacaktır.

İklim koşullarının, bir yıllık tekrarlanma süresine karşılık gelen normal sınırlar içindeki değişimleri, rüzgar türbininin tasarlanan normal çalışmasını engellemeyecektir.

4.1 Diğer normal ortam koşulları

4.1.1 Dikkate alınacak diğer normal ortam koşullu değerleri şunlardır:

- Rüzgar türbinleri, -20°C ile +50°C'lık ortam sıcaklığı aralığına göre dizayn edilecektir. Sabit sıcaklık bileşenlerinin değişimleri olarak, +15°C'lık bir tesis sıcaklığına göre ± 35 K kabul edilecektir,
- -10°C ile +40°C arasındaki ortam sıcaklıklarında çalışmak mümkün olacaktır,
- Bağıl nem %100'e kadar,
- Atmosferik kapasite, kirlenmemiş karasal atmosferinkinin yarısına eşit,
- Güneş radyasyonu değeri 1000 W/m^2 ,
- Hava yoğunluğu $1,225 \text{ kg/m}^3$.

4.1.2 Dizayner tarafından ilave dış koşul parametreleri belirtilmişse, bu parametreler ve bunların değerleri, dizayn dokümanlarında belirtilecektir.

4.2 Diğer aşırı ortam koşulları

Dikkate alınacak diğer aşırı ortam koşulları; sıcaklık, yıldırım, buz ve depremlerdir.

4.2.1 Sıcaklık

Aşırı sıcaklık aralığının dizayn değerleri, standart rüzgar türbini sınıfları için en az -20°C ile +50°C arasında olacaktır.

4.2.2 Yıldırım

Standart rüzgar türbini sınıfları için, yıldırım düşmesine karşı koruma ile ilgili olarak Bölüm 8, I'daki yıldırımdan korunmada yer alan hükümler yeterli kabul edilir.

4.2.3 Buz

4.2.3.1 Rüzgar türbininin dönmeyen kısımları için, havaya açık yüzeyler için, her tarafta 30 mm. kalınlığında buz oluşumu kabul edilecektir. Buzun yoğunluğu $\rho_E = 700 \text{ kg/m}^3$ olarak alınacaktır. Pervanenin durduğu işletim koşulunda, pervane kanatları da her tarafta bu derecede buz oluşumuna göre doğrulanacaktır.

4.2.3.2 Pervane dönerken, "tüm pervane kanatlarında buz oluşumu" ve "biri hariç tüm pervane kanatlarında buz oluşumu" koşulları incelenecektir. Kütle dağılımı (kütle/birim boy) önder kenarda kabul edilecektir. Kütle dağılımı, pervane ekseninde sıfırdan, yarıçapın yarısında μ_E değerine lineer olarak artar ve yarıçapın ucuna kadar sabit kalır. μ_E değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\mu_E = \rho_E \cdot k \cdot C_{min} \cdot (C_{maks} + C_{min}) \quad (B.22)$$

Burada ;

μ_E = Pervane yarıçapının yarısında, pervane kanadının önder kenarındaki kütle dağılımı,

ρ_E = Buzun yoğunluğu (700 kg/m^3)

k = $0,00675 + 0,3 \exp(-0,32 R/R_1)$

R = Pervane yarıçapı

R_1 = 1 m.

C_{maks} = Maksimum giriş boyu

C_{min} = Kanat ucundaki giriş boyu, kanat konturundan lineer olarak ekstrapole edilerek.

4.2.4 Depremler

Deprem riski bulunan alanlarda, depremlerden kaynaklanan yükler dikkate alınacaktır (Bölüm 4, D.3'e bakınız).

5. Elektrik Güç Şebekesi Koşulları

Rüzgar türbininin terminallerinde dikkate alınacak normal koşullar bu bölümde verilmiştir. Normal elektrik güç şebekesi koşulları, aşağıdaki parametrelerin, aşağıda belirtilen aralık içinde olduğu zaman uygulanır.

- Gerilim : Nominal değer $\pm\%10$

- Frekans : Nominal değer $\pm\%2$

- Gerilim dengesizliği : Negatif etkili bileşenin, pozitif etkili bileşenine oranı %2'yi geçmeyecektir.
- Şebeke arızası : Elektrik şebeke kesilmesinin yılda 20 kez oluşacağı kabul edilecektir (Bölüm 2, B.2.9'a da bakınız).

C. Yüklerin Hesaplanması

1. Genel

1.1 Rüzgar türbinlerinin yapısal dizaynında, yük taşıyan bileşenlerin yapısal bütünlüğünün doğrulanması esas alınacaktır. Yapısal elemanların kopma ve yorulma mukavemetleri, rüzgar türbininin yeterli emniyet düzeyi ile yapısal bütünlüğünün kanıtlanması bakımından, hesaplamalar ve / veya testler ile doğrulanacaktır.

1.2 Yapısal dizayn için Bölüm 1, C dikkate alınacaktır.

1.3 Kabul edilebilir bir emniyet düzeyi sağlanacaktır. Dizayn yükünün ilgili dizayn dayanımını aşmayacağını göstermek üzere hesaplamalar ve / veya testler yapılacaktır.

1.4 Hesaplamalar, uygun yöntemler kullanılarak yapılacaktır. Dizayn dokümanlarında hesaplama yöntemleri açıklanacaktır. Bu açıklamada, hesaplama yöntemlerinin geçerlilik kanıtları veya uygun doğrulama çalışmalarına referanslar yer alacaktır. Testlerdeki yük düzeyi ilgili hesaplamalardaki kısmi emniyet faktörlerini yansıtmaktadır.

2. Yükler

2.1 ÷ 2.4'de belirtilen yükler dizayn hesaplamalarında dikkate alınacaktır. Yük hesapları yerine prototip testler de kullanılabilir.

2.1 Atalet ve ağırlık yükleri

Atalet ve ağırlık yükleri; titreşimden, dönmeden, ağırlıktan ve sismik faaliyetlerden kaynaklanan, rüzgar türbinine etki eden statik ve dinamik yüklerdir.

2.2 Aerodinamik yükler

2.2.1 Aerodinamik yükler; hava akımının ve bunun rüzgar türbinlerinin sabit ve hareketli parçalarıyla karşılıklı etkileşiminin neden olduğu statik ve dinamik yüklerdir.

2.2.2 Hava akımı; pervanenin dönüş hızına, pervane düzlemindeki ortalama rüzgar hızına, türbülans derecesine, havanın yoğunluğuna, rüzgar türbini bileşenlerinin aerodinamik şekline ve bunların karşılıklı etkilerine ve aeroelastik etkilere bağlıdır.

2.3 İşletim yükleri

İşletim yükleri, rüzgar türbininin işletimi ve kontrolünden kaynaklanır. Bunlar çeşitli kategorilere ayrılırlar. Bunlar pervane devrinin kontrolü, kanat piçinin tork kontrolü veya diğer aerodinamik cihazlardır. Diğer işletim yükleri; pervanenin harekete geçmesi ve durması, jeneratörün devreye girmesi ve devreden çıkması ile yönlendirme hareketleri sırasında oluşan mekanik frenleme ve geçiş yükleridir.

2.4 Diğer yükler

Diğer yükler (iz yükleri, darbe yükleri, buz yükleri, vb. gibi) de oluşabilir ve bunların ilgili olanlarının dahil edilmesi gerekir. Tesis alanının özel koşulları dikkate alınacaktır (Bölüm 4. D'ye bakınız).

3. Dizayn Koşulları ve Yük Durumları

Bu kısımda dizayn yük durumlarının yapısı tanımlanmakta olup dikkate alınacak minimum koşul sayısı verilmektedir. Dizayn amacıyla, rüzgar türbininin ömrü, rüzgar türbininin karşılaşılabileceği en önemli koşulları kapsayan dizayn koşulları ile karakterize edilebilir.

Yük durumları; dış koşullar ile birlikte, özel montaj, bakım ve işletim durumları veya dizayn koşullarının kombinasyonundan belirlenecektir. Kontrol ve emniyet sistemlerinin davranışları ile birlikte, ilgili tüm yük durumları, makul bir oluşma olasılığı dahil edilerek dikkate alınacaktır.

Genel olarak, bir rüzgar türbininin yapısal bütünlüğünün belirlenmesinde kullanılan yük durumları, aşağıdaki kombinasyonlardan hesaplanabilir:

- Normal dizayn koşulları ve normal dış koşullar,
- Normal dizayn koşulları ve aşırı dış koşullar
- Hataya ait dizayn koşulları ve buna ilişkin dış koşullar
- Taşıma, montaj ve bakıma ait dizayn koşulları ve buna ilişkin dış koşullar.

Not :

Normal dış koşulların 1 yıllık bir tekrarlanma periyodu ve aşırı dış koşulların 50 yıllık bir tekrarlanma periyodu olduğu kural olarak kabul edilir.

Aşırı bir dış koşul ile bir hata durumunun arasında herhangi bir bağıntı varsa, dizayn yük durumu olarak iki durumun gerçekçi bir kombinasyonu dikkate alınacaktır.

Normal dönme hızı aralığındaki her dizayn koşulu için, rüzgar türbininin yapısal bütünlüğünü doğrulamak üzere, çeşitli dizayn koşulları dikkate alınacaktır. Asgari olarak, Tablo 4.2'de verilen dizayn yük durumları dikkate alınacaktır. Bu tabloda; rüzgar, elektrik ve diğer dış koşulların tanımı vasıtasıyla, her dizayn koşulu için, dizayn yük durumları verilmiştir.

Özel rüzgar türbini dizaynı veya kontrol kavramı gerektiriyorsa, emniyetle ilgili diğer dizayn yük durumları TL ile anlaşmak suretiyle değerlendirilecektir.

Her dizayn yük durumu için Tablo 4.2'de ilgili analiz tipi F ve U harfleriyle belirtilmiştir. F harfi, yorulma mukavemeti değerlendirilmesinde kullanılacak yorulma yükleri analizini ifade eder. U harfi ise; maksimum malzeme mukavemetini aşan analizler, uç deflekşin analizleri ve kararlılık analizleri gibi kopma yükleri analizlerini ifade eder.

U ile gösterilen dizayn koşulları ayrıca, normal (N), anormal (A) veya taşıma ve montaj (T) olarak sınıflandırılır. Normal dizayn koşullarının, türbinin ömrü boyunca sıklıkla oluşacağı öngörülür. Türbin, normal bir durumdadır veya küçük arızalarla ya da anormal durumlarla karşılaşabilir. Anormal dizayn koşullarının oluşma olasılığı daha azdır. Bunlar genelde, daha büyük arızaların yer aldığı dizayn koşullarına (örneğin; emniyet

sisteminde arıza) karşılık gelir. Dizayn koşulunun tipi (N, A veya T) kopma yüklerine uygulanacak γ_F kısmi emniyet faktörünü belirler. Bu faktörler Tablo 4.3'de verilmiştir.

Dizayn yük durumlarının tanımında, 4.B'de belirtilen rüzgar koşullarına atıfta bulunulur. Tablo 4.2'de bir rüzgar hızı aralığı belirtildiğinde rüzgar türbininin dizaynı için en olumsuz koşula neden olan rüzgar hızları dikkate alınacaktır. Kopma mukavemetinin (U) analizinde, $V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$ rüzgar aralığında en az V_r ve V_{out} rüzgar hızları ve $V_{in} \leq V_{hub} \leq V_r$ rüzgar aralığında en az V_r rüzgar hızı incelenecektir. Yorulma mukavemetinin (F) analizinde, aralık birkaç alt aralığa bölünebilir. Her bir alt aralık, türbinin çalışma ömrünün ilgili kısmına tahsis edilecektir.

Bir yük durumunda, kontrol veya emniyet sistemi ile mekanik bir frenlemenin kullanımı öngörülmüşse, hem minimum ve hem de maksimum frenleme torku dikkate alınacaktır. Minimum ve maksimum frenleme torku arasındaki aralıkta her frenleme torkunun oluşumu normal bir durum olarak kabul edilecek ve bir arıza olarak alınmayacaktır.

Frenlerin uygunluğu (minimum frenleme torku) DYD 8.1 yük durumu için doğrulanacaktır. Minimum ve maksimum frenleme torklarının tanımları Bölüm 7, E'de verilmiştir.

Tablo 4.2'deki kısaltmaların anlamları :

DYD	Dizayn yük durumu
ECD	Yön değiştirmeli aşırı yapıştırıcı fırtına (4, B.3.2.5)
ECG	Aşırı yapışıcı fırtına (4, B.3.2.4)
EDC	Aşırı yön değişim (4, B.3.2.3)
EOG	Aşırı işletim fırtınası (4, B.3.2.2)
EWM	Aşırı rüzgar hızı modeli (4, B.3.2.1)
EWS	Aşırı rüzgar kesmesi (4, B.3.2.6)
Alt indis	Yıllardaki oluşma periyodu
NTM	Normal türbülans modeli (4, B.3.1.3)

NRP	Normal rüzgar profili modeli (4, B.3.1.2)	N	Normal ve aşırı
F	Yorulma mukavemeti	A	Anormal
U	Kopma mukavemeti	T	Taşıma, montaj, tesis ve bakım

Tablo 4.2 Dizayn yük durumları

Dizayn koşulu	DYD	Rüzgar koşulu	Diğer koşullar	Analiz tipi	Kısmi emniyet faktörleri
1. Güç üretimi	1.0	$NWP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$		U	N
	1.1	$NTM V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$		U	N
	1.2	$NTM V_{in} < V_{hub} < V_{out}$		F	*
	1.3	$ECD V_{in} \leq V_{hub} \leq V_r$		U	N
	1.4	$NRP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	Dış elektrik arızası	U	N
	1.5	$EOG_1 V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	Şebeke kaybı	U	N
	1.6	$EOG_{50} V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$		U	N
	1.7	$EWS V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$		U	N
	1.8	$EDC_{50} V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$		U	N
	1.9	$ECG V_{in} \leq V_{hub} \leq V_r$		U	N
	1.10	$NRP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	Buz oluşumu	F/U	* / N
	1.11	$NRP V_{hub} = V_r$ veya V_{out}	Sıcaklık etkileri	U	N
	1.12	$NRP V_{hub} = V_r$ veya V_{out}	Depremler	U	**
	1.13	$NRP V_{hub} = V_r$ veya V_{out}	Şebeke kaybı	F	*
2. Güç üretimi + arıza oluşumu	2.1	$NRP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	Kontrol sisteminde arıza	U	N
	2.2	$NRP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	Emniyet sisteminde arıza veya daha önceki iç elektrik arızası	U	A
	2.3	$NTM V_{in} < V_{hub} < V_{out}$	Kontrol sisteminde veya emniyet sisteminde arıza	F	*
3. Çalıştırma	3.1	$NRP V_{in} < V_{hub} < V_{out}$		F	*
	3.2	$EOG_1 V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$		U	N
	3.3	$EDC_1 V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$		U	N
4. Normal durdurma	4.1	$NRP V_{in} < V_{hub} < V_{out}$		F	*
	4.2	$EOG_1 V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$		U	N
5. Emercensi durdurma	5.1	$NRP V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$		U	N

Tablo 4.2 Dizayn yük durumları (devamı)

Dizayn koşulu	DYD	Rüzgar koşulu	Diğer koşullar	Analiz tipi	Kısmi emniyet faktörleri
6. Park hali (durma veya boşta çalışma)	6.0	$NRP V_{hub} < 0,8 V_{ref}$	Olası derem; 4, D.3.3'e bkz.	U	N / **
	6.1	EWM Tekrarlanma süresi 50 yıl		U	N
	6.2	EWM Tekrarlanma süresi 50 yıl	Şebeke kaybı	U	A
	6.3	EWM Tekrarlanma süresi 1 yıl	Aşırı açılı akım	U	N
	6.4	$NTM V_{hub} < 0,7 V_{ref}$		F	*
	6.5	$EDC_{50} V_{hub} = V_{ref}$	Buz oluşumu	U	N
	6.6	$NRP V_{hub} = 0,8 \cdot V_{ref}$	Sıcaklık etkileri	U	N
7. Park hali + arıza durumları	7.1	EWM Tekrarlanma süresi 1 yıl		U	A
8. Taşıma, montaj, bakım ve onarım	8.1	$EOG_1 V_{hub} = V_T$	Üretici tarafından belirtilecek	U	T
	8.2	EWM Tekrarlanma süresi 1 yıl	Kilitli durum	U	A
	8.3		Girdap etkili enine titreşimler	F	*
* Yorulma mukavemeti için kısmi emniyet faktörü (Bölüm 4, C.5.3) ** Depremler için kısmi emniyet faktörü (Bölüm 4, D.3.3) (1) Eğer V_{out} kapanma rüzgar hızı tanımlı değilse, V_{ref} kullanılacaktır.					

3.1 Güç üretimi (DYD 1.0 ÷ 1.13)

3.1.1 Bu koşulda rüzgar türbini çalışmakta ve elektrik yüküne bağlanmış bulunmaktadır. Kabul edilen rüzgar türbini konfigürasyonunda, pervane balanssızlığı dikkate alınacaktır. Pervane üretimi için belirtilen maksimum kütle ve aerodinamik balanssızlık (yani pervane piçi ve eğilme sapmaları), dizayn hesaplarında kullanılacaktır (4, C.4.1'e bakınız).

3.1.2 Ayrıca, işletim yüklerinin analizinde, yönlendirme kaçıklığı ve kontrol sistemi gecikmeleri gibi, optimum işletme durumlarından sapmalar dikkate alınacaktır.

3.1.3 Burada, olası rüzgar türbini çiftliği etkisi dikkate alınmamıştır. Eğer rüzgar türbini, bir rüzgar türbini çiftliğine monte edilirse, sahaya özgün hesaplar (Bölüm 4, D.2'ye bakınız) yapılacak veya sahada etkin olan koşulların, yük hesaplarında kullanılanlarda yer aldığı gösterilecektir.

3.1.4 DYD 1.1 ve 1.2 dizayn yük durumları, atmosferik türbülans kaynaklanan yüklerle ilgili istekleri temsil eder. DYD 1.3 ve 1.6 ÷ 1.9, rüzgar türbinin ömründe potansiyel kritik olaylar olarak seçilmiş olan geçici durumları belirtir. DYD 1.4 ve 1.5'de dış arızalar ve elektrik yük kaybı nedeniyle oluşan geçici olaylar dikkate alınır.

3.1.5 DYD 1.0 : Bu dizayn yük durumu; temel dizaynında zemin çatlağı oluşumu analizinde dikkate alınacaktır.

3.1.6 DYD 1.1, 1.2 : Bu dizayn yük durumu için, incelenecek rüzgar hızı aralığı içinde, rüzgar hızı aralıklarının ayrıştırılması, 2 m/sn'den büyük olmayacak şekilde seçilecektir.

3.1.7 DYD 1.1 ÷ 1.13 : Yönlendirme hareketi için, yönlendirme kaçıklığı ve kesiklik dikkate alınacaktır. Eğer daha küçük değerler doğrulanamıyorsa, $\pm 8^\circ$ 'lik bir ortalama yönlendirme kaçıklığı uygulanacaktır.

3.1.8 DYD 1.3, 1.5 ÷ 1.9 : Rüzgar türbini için en olumsuz koşullara neden olacak pervane çalışma pozisyonları dikkate alınacaktır. Pervane çalışma pozisyonları arasındaki aralıklar en fazla 30° olacaktır.

3.1.9 DYD 1.2 : Yorulma yükü hesaplarına, yılda 700 jeneratör açma-kapama işlemi (yüksek devir / düşük devir ve tersi) dahil edilecektir. Ayrıca, aktif yönlendirme kontrollü yatay eksenli türbinlerde, yönlendirme hızı $15/R$ [$^\circ/\text{sn}$]'yi veya yönlendirme ivmesi $450/R^2$ [$^\circ/\text{sn}^2$]'yi geçerse, yönlendirme sisteminin tüm servis ömrü sırasında çalışacağı dikkate alınacaktır. (R, pervane yarıçapıdır [m]). Yönlendirme sisteminin, servis ömrünün %10'unda çalışacağı kabul edilecektir. Ayrıca, ortalama rüzgar hızlarının V_{in} 'den V_r 'ye ve tekrar V_{in} 'e yılda 300 kez değişeceği dikkate alınacaktır. Rüzgar hızının V_r 'den V_{out} 'a ve tekrar V_r 'ye yılda 50 kez değişeceği kabul edilecektir.

3.1.10 DYD 1.4 : Bu yük durumunda, bir enerji tüketicisine bağlantıdan kaynaklanan düzensizlikler (örneğin; zayıf bir şebekedeki gerilim, frekans ve yük dalgalanmaları, mekanik tahrikli makinaların çalışması, şebeke arızaları ve şebeke operatörünün özel istekleri) dikkati alınacaktır. Bu rüzgar türbinindeki aşırı etkilere örnekler aşağıda verilmiştir:

- İzole bir şebekede frekans, gerilim ve yük dalgalanmaları,
- Girişim gerilimleri,
- Şebeken kısa devre
- Mekanik proses makinasının direncinde ani artış,
- Şebeke operatörünün özel istekleri.

3.1.11 DYD 1.5 : Fırtına sırasında, herhangi bir anda şebeke kaybı olabilir. En olumsuz kombinasyonlar dikkate alınacaktır. Asgari olarak, şebeke kaybı ve fırtınanın aşağıdaki üç kombinasyonu incelenecektir:

- Şebeke kaybı, en düşük rüzgar hızının her anında olabilir,
- şebeke kaybı, en yüksek fırtına ivmesinin her anında olabilir,
- Şebeke kaybı, maksimum rüzgar hızında oluşabilir.

3.1.12 DYD 1.8 : Hesaplarda, “karakteristik yönlendirme kaçıklıklı rüzgar yönü değişimi” koşulunun en olumsuz kombinasyonu kabul edilecektir.

3.1.13 DYD 1.10 : DYD 1.10 dizayn yük durumunda, buz oluşumlu nemli hava koşullu dikkate alınır. “Tüm pervane kanatlarında buz oluşumu” ve “Biri hariç tüm pervane kanatlarında buz oluşumu” koşulları dikkate alınacaktır. Yorulma yüklerinin analizinde, buz oluşumu ile çalışmanın süresi ile ilgili kabulleri üretici belirleyecektir. Buz oluşumu Bölüm 4, B.4.2.3'e göre modellenecektir. Buz oluşumunun öngörüldüğü alanlara kurulu türbinlerde, sahaya özgün değerlendirmeler, Bölüm 4, D.1.3'e göre yapılacaktır.

3.1.14 DYD 1.11 : Bölüm 6, Bölüm 7 ve Bölüm 8'deki bileşenlerin analizi için, Bölüm 4, B.4.1'e göre ısı etkileri incelenecektir. Sahaya özgü dizaynlarda aşırı sıcaklık etkileri durumunda, Bölüm 4, D.5 dikkate alınacaktır.

3.1.15 DYD 1.12 : Deprem riski bulunan bölgelerde, depremlerden kaynaklanan yükler dikkate alınacaktır. Bu dizayn yük durumu; depremin ve muhtemelen depremden dolayı harekete geçirilen durdurma prosedürünün süperpozisyonunu içerir. Deprem nedeniyle oluşan şebeke arızası da dikkate alınacaktır. Depremin türbin üzerindeki etkisi, Bölüm 4, D.3'e göre dikkate alınacaktır.

3.1.16 DYD 1.13 : Yorulma yüklerinin analizinde, şebeke arızası nedeniyle devreye giren, rüzgar türbininin geçici açma-kapama operasyonları dikkate alınacaktır. Şebeke arızalarının yıllık tekrarı, lokal şebeke stabilitesine bağlı olup, uygun bir değer kabul edilecektir. Şebeke arızasının sayısı ayrıntılı olarak doğrulanmadığı hallerde, yılda en az 20 şebeke arızası kabul edilecektir.

3.2 Güç üretimi ile birlikte arıza oluşumu (DYD

2.1 ÷ 2.3)

3.2.1 Güç üretimi sırasında oluşan, rüzgar türbininin yükü için önemli olan kontrol veya emniyet sistemi arızası ya da elektrik sistemi arızası (jeneratör kısa devresi gibi) dikkate alınacaktır.

3.2.2 Tekil arızaların aynı anda oluşmadığı kabul edilebilir.

3.2.3 DYD 2.1 : DYD 2.1'de normal bir olay olarak kabul edilen kontrol sisteminde bir hata oluşumu analiz edilecektir. Kontrol sisteminin sınır değerlerinin aşılması (örneğin; $n \geq n_4$ (Bölüm 2, B.2.5), yönlendirme hatası, kanatların birbirine göre piçlerinin sapması) incelenecektir.

3.2.4 DYD 2.2 : DYD 2.2'de, nadiren karşılaşılan olaylar olarak kabul edilen emniyet sisteminde veya iç elektrik sisteminde arıza oluşumu analiz edilecektir. Emniyet sisteminin sınır değerlerinin aşılması (örneğin; $n \geq n_A$ (Bölüm 2, B.2.5), $p \geq p_A$ (Bölüm 2, B.2.6), titreşim, şok (Bölüm 2, C.2.5), pervane piçinin kontrol dışı kalması, frenleme sisteminin arızası veya yönlendirmenin kontrol dışı kalması) incelenecektir. Ayrıca, güç sistemindeki hatalar (Ek 4, C'ye bakınız) da incelenecektir. Kolektif piç kontrolü durumunda, Bölüm 2, B.3.3.2 dikkate alınacaktır.

3.2.5 DYD 2.3 : Eğer bir arıza derhal durdurmaya neden olursa veya daha sonraki yüke girme önemli bir yorulma hasarına yol açarsa, DYD 2.3'de olası durdurma adedi veya bu olağan dışı dizayn durumunun süresi dikkate alınacaktır. Asgari olarak n_4 aşırı devir sayısı nedeniyle yılda 10 kez durdurma (Bölüm 2, B.2.5.4'e bakınız) ve aşırı yönlendirme hatası ile 24 saat çalışma (Bölüm 2, C.2.11 ve 2, C.2.12'ye göre izin verilen maksimum eğik akıma eşit değer) dikkate alınacaktır.

3.3 Çalıştırma (DYD 3.1 ÷ 3.3)

3.3.1 Bu dizayn durumu; rüzgar türbininin durma veya boşta çalışma konumundan güç üretimine geçiş sırasında yük oluşumuna neden olan tüm olayları içerir.

3.3.2 DYD 3.1 : Yılda, V_{in} 'de en az 1000 çalıştırma prosedürü, V_r 'de 50 çalıştırma prosedürü ve V_{out} 'da 50

çalıştırma prosedürü dikkate alınacaktır. Varsa, gölge kriteri veya bir rüzgar çiftliğine yerleşimdeki koşullar gibi sahaya özgün istekler nedeniyle diğer çalıştırma prosedürleri de dikkate alınacaktır. Bölüm 4, D'ye de bakınız.

3.4 Normal durdurma (DYD 4.1. ÷ 4.2)

3.4.1 Bu dizayn durumu; rüzgar türbininin güç üretiminden stand-by konumuna (durma veya başta çalışma) normal geçiş sırasında yük oluşumuna neden olan tüm olayları içerir.

3.4.2 DYD 4.1 : Yılda, V_{in} 'de en az 1000 durdurma prosedürü, V_r 'de 50 durdurma prosedürü ve V_{out} 'da 50 durdurma prosedürü dikkate alınacaktır. Varsa, gölge kriteri veya bir rüzgar çiftliğine yerleşimindeki koşullar gibi sahaya özgün istekler nedeniyle diğer durdurma prosedürleri dikkate alınacaktır. Bölüm 4, D'ye de bakınız.

3.5 Emercensi durdurma (DYD 5.1)

Bu yük durumu; emercensi durdurma düğmesinin elle çalıştırılmasını içerir. Bu yük durumu için, pervane boşta çalışmaya getirilecektir (Bölüm 2, C.2.14'e bakınız).

3.6 Park hali (durma ve boşta çalışma) (DYD 6.0 ÷ 6.6)

3.6.1 Bu dizayn durumu için, stand-by durumunda park etmiş rüzgar türbininin pervanesi durma veya boşta çalışma halindedir.

3.6.2 DYD 6.0 dizayn yük durumunda, normal rüzgar profili (NRP) modeli uygulanacaktır. DYD 6.1, 6.2 ve 6.3 dizayn durumlarında, aşırı rüzgar hızı (EWM) modeli uygulanacaktır. DYD 6.4 durumunda, normal türbülans modeli (NTM) ve DYD 6.5 durumunda, 50 yıllık tekrarlanma süreli aşırı yön değişimi (EDC_{50}) modeli uygulanacaktır.

3.6.3 Rüzgar türbini, aşırı rüzgar durumlarında yönlendirme frenlemesi kapasitesinin aşılabacağı bir yönlendirme sistemine sahipse (örneğin; serbest veya yarı-serbest yönlendirme), türbülanslı aşırı rüzgar hızı modeli uygulanacaktır.

3.6.4 Eğer rüzgar türbini; rüzgar hızının normal çalışma durumunda aşırı duruma artışı sırasında büyük yönlendirme hareketlerine veya çalışma durumunda ya da bekleme durumda değişimlere maruz ise, bu davranış hesaplarda dikkate alınacaktır.

3.6.5 Düşük dinamik etkili, sağlam veya iyi-sönümlü rüzgar türbini durumunda, hesaplarda kararlı aşırı rüzgar hızı modeli uygulanabilir. Rezonans büyümesine doğru eğilimli daha esnek rüzgar türbinleri için, bir türbülans simülasyonunda veya yarı-statik hesaplarda, fırtına ve dinamik reaksiyon düzeltmeleri ile birlikte, türbülanslı aşırı rüzgar hızı modeli uygulanacaktır (Bölüm 4, C.4.1'e bakınız).

3.6.6 DYD 6.0 : Bu dizayn yük durumu; temel dizaynında zemin çatlağı oluşumu analizinde dikkate alınacaktır.

3.6.7 Bu yük durumunda, kararlı aşırı rüzgar hızı modelinde, $\pm 15^\circ$ 'ye kadar geçici eğik akım veya türbülanslı aşırı rüzgar hızı modelinde $\pm 8^\circ$ 'lik ortalama eğik akım, eğer ortalama yönlendirme kaçıklığının daha büyük değerlere neden olmaması ve yönlendirme sisteminin kaymaması sağlanabilirse, kabul edilecektir (Bu durumda, ilave bir yönlendirme hatasının dikkate alınmasına gerek yoktur). Bu hariç tutulmıyorsa, $\pm 180^\circ$ 'ye kadar bir yönlendirme hatası kullanılacaktır.

3.6.8 DYD 6.2 : Bu yük durumunda, aşırı rüzgar durumlu fırtınanın ilk kademesinde bir şebeke arızası kabul edilecektir. Kontrol sistemi için en az 7 günlük ve yönlendirme sistemi için en az 6 saatlik yeterli bir kapasite sağlayan bağımsız bir güç beslemesi yoksa $\pm 180^\circ$ 'ye kadar bir yönlendirme hatası kabul edilecektir.

3.6.9 DYD 6.3 : Bu yük durumunda, aşırı eğik akım veya ortalama aşırı eğik akım ile birlikte, 1 yıllık tekrarlanma süreli (yıllık rüzgar) aşırı rüzgar kabul edilecektir. Kararlı aşırı rüzgar hızı modeli için $\pm 30^\circ$ 'ye kadar aşırı eğik akım ve türbülanslı aşırı rüzgar hızı modeli için $\pm 20^\circ$ 'ye kadar ortalama eğik akım kabul edilecektir. Bu durumda, ilave yönlendirme hatasının dikkate alınmasına gerek yoktur.

3.6.10 DYD 6.4 : Eğer bileşenlerde, yorulma yüklerinden önemli hasarlar oluşabiliyorsa (örneğin; boşta

çalışmada pervane kanatlarının kütlesinden), ilgili rüzgar hızında gücün üretilmeyeceği öngörülen saatler DYD 6.4'de dikkate alınacaktır.

3.6.11 DYD 6.5 : Bu dizayn yük durumu, buz oluşumlu hava durumlarını içerir. Buz oluşumu, Bölüm 4, B.4.2.3'e göre modellenenecektir. İlave bir yönlendirme hatasının dikkate alınmasına gerek yoktur.

3.6.12 DYD 6.6 : Bölüm 6, Bölüm 7 ve Bölüm 8'deki bileşenlerin analizi için, Bölüm 4, B.4.1'e göre ısı etkileri incelenecektir. Sahaya özgü dizaynlarda aşırı sıcaklık etkileri durumunda, Bölüm 4, D.5 dikkate alınacaktır.

3.7 Park hali + arıza durumları (DYD 7.1)

3.7.1 Bu yük durumunda, bir arıza oluşumundan kaynaklanan stand-by olmayan durum (durma veya boşta çalışma) dikkate alınır. Park halinde bulunan rüzgar türbininin, elektrik şebeke arızası veya rüzgar türbini içindeki arıza nedeniyle, normal davranışından sapmaların analizi gereklidir. Eğer şebeke arızası dışındaki bir arıza, park halindeki rüzgar türbininin normal davranışından farklı davranışa neden olursa, olası sonuçlar dikkate alınacaktır. Bu durumda şebeke arızası, hatalı bir durum olarak kabul edilecek ve bu nedenle rüzgar türbininin diğer herhangi bir arızası ile birlikte dikkate alınmayacaktır.

3.7.2 Hatalı durum, aşırı rüzgar hızı modeli (EWM) ve 1 yıllık tekrarlanma süresi ile birlikte dikkate alınacaktır. Bu yük durumunda, kararlı aşırı rüzgar hızı modeli için $\pm 15^\circ$ 'ye kadar geçici eğik akım türbülanslı aşırı rüzgar hızı modeli için $\pm 8^\circ$ 'ye kadar ortalama eğik akım kabul edilecektir. Yönlendirme sistemindeki bir arıza araştırılmadıkça, ilave bir yönlendirme hatasının dikkate alınması gerekmez. Böyle bir durumda, $\pm 180^\circ$ 'ye kadar bir yönlendirme hatası kullanılacaktır. Eğer yönlendirme sisteminin kayması engellenemiyorsa, $\pm 180^\circ$ 'ye kadar bir yönlendirme hatası kullanılacaktır.

3.8 Taşıma, montaj, bakım ve onarım (DYD 8.1÷ 8.3)

3.8.1 DYD 8.1 : Üretici; özellikle türbinin hangi maksimum ortalama rüzgar hızına (10 dk.lık ortalama) ve hangi eğik akıma kadar monte edilebileceği ve bakımının

yapılabileceği olmak üzere, rüzgar türbininin taşıma, montaj, bakım ve onarımı için kabul edilen tüm rüzgar koşullarını ve dizayn durumlarını bildirecektir. Üretici tarafından belirtilen maksimum rüzgar hızı (V_T) rüzgar türbinindeki aktif çalışmalara uygulanır. Eğer rüzgar koşulu belirlenen sınır değerleri (rüzgar hızları ve eğik akım ile ilgili) aşarsa, çalışma durdurulacaktır.

3.8.2 Bakım durumunda, çeşitli kilitleme düzenlerinin (örneğin; kanat pıçı, pervane ve yönlendirme tahrik sistemi) etkilerine ve kabul edilmiş bulunan bakım pozisyonuna dikkat edilecektir. Pervane kilitleli olsa dahi, pervane pıç sistemi tüm kontrol aralığında hareket edebilecektir. Pervane kilidi aktive olmaksızın durmanın doğrulanması, $\pm 10^\circ$ 'lik bir eğik akıma kadar sağlanacaktır (Bölüm 2, B.3.3).

3.8.3 Mekanik frenin doğrulanması için (emergensi durdurma butonuna basıldıktan sonraki durum), bu yük durumu için $\pm 30^\circ$ 'ye kadar geçici eğik akım kabul edilecektir. Rüzgar türbini için en olumsuz koşullara neden olan pervane pozisyonları dikkate alınacaktır. Pervane pozisyonları arasındaki aralık en fazla 30° olacaktır.

3.8.4 DYD 8.2 : Bu dizayn yük durumunda, türbinin kilitleli konumda bırakılması durumu dikkate alınacaktır. Bu yük durumunda, eğer tüm süre zarfında yönlendirme sistemi çalışmaya hazırsa ve sistemin kaymaması sağlanırsa (bu halde ilave bir yönlendirme hatasının dikkate alınmasına gerek yoktur), kararlı aşırı rüzgar hızı modelinde, $\pm 15^\circ$ 'ye kadar geçici eğik akım veya türbülanslı aşırı rüzgar hızı modelinde $\pm 8^\circ$ 'lik ortalama eğik akım kabul edilecektir. Kayma hariç tutulmıyorsa $\pm 180^\circ$ 'ye kadar bir yönlendirme hatası kullanılacaktır. Bölüm 2, C.3'e göre kilitleme düzenleri ile ilgili istekler karşılanacaktır.

3.8.5 DYD 8.3 : Bölüm 6, F.5.4 ve 6, F.6.15'e göre kulenin doğrulanmasında, girdap dağılımı nedeniyle oluşan enine salınım incelenecektir.

4. Yük Hesaplamaları

Her dizayn yük durumu için, Bölüm 4, C.2.1 ÷ 4, C.2.4'de belirtilen yükler dikkate alınacaktır. Gerekliği takdirde, aşağıdaki etkiler de dikkate alınacaktır:

4.1 Genel etkiler

- Rüzgar türbini nedeniyle rüzgar sahası düzensizlikleri (iz-tahrikli hızlar, kule gölgesi, kule rüzgar altı etkisi, vb.),
- Kanat aerodinamik karakteristikleri üzerindeki üç boyutlu akım etkisi (örneğin; üç boyutlu durma ve aerodinamik uç kaybı),
- Kullanılan profiller için hava akımının dinamik durma etkileri,
- Kararsız aerodinamik etkiler,
- Aeroelastik etkiler,
- Pervane kanatlarının üretim veya montaj toleransları nedeniyle oluşabilen aerodinamik asimetrikler. Doğrulan bir tolerans dikkate alınacaktır. Eğer bu (henüz) bilinmiyorsa, $\pm 0,3^\circ$ 'lik kanat giriş açısı sapması (yani; 3-kanatlı tesiste : pervane 1, 0° 'de, pervane 2, $-0,3^\circ$ 'de) kabul edilecektir.
- Yapı dinamiği ve titreşim durumlarının eşleşmesi: Kanatların elastisitesi, tahrik grubunun ve jeneratörün elastisitesi (tahrik grubu dinamiği) ve kulenin eğilmesi dikkate alınacaktır. Etkileri ihmal edilemiyorsa, makinaların elastik montajı, titreşim damperleri, kulenin burulma dayanımı ve temelin etkisi de incelemeye dahil edilecektir.
- Egzantriklik : Pervane için, üreticinin talimatlarına göre, hakiki kütle egzantrikliği dikkate alınacaktır (Bölüm 4, C.3.1, DYD 1.1 ÷ 1.11'e bakınız).
- Park halinde iken dinamik tepki (durma veya boşta çalışma) ve kule yüklerine fırtına reaksiyon faktörü ile kararlı rüzgar modeli EWM'nin uygulanması (Bölüm 4, C.3.6 ve 4, C.3.7'ye bakınız).

4.2 İşletim etkileri

- Statik ve yüke bağlı yatak sürtünme momentleri (özellikle kanat piç yatağı, yönlendirme yatağı),
- Rüzgar türbininin kontrol ve emniyet sistemlerinin davranışı.

4.3 Kulenin rezonans aralığı içinde çalışma

Eğer, rüzgar türbininin, kulenin doğal frekansının $\pm 5\%$ 'i kadar bir toleransla, kulenin rezonans aralığı içinde çalışması onaylanmışsa, uygun titreşim izleme sistemleri sağlanacaktır (Bölüm 2, C.2.6). Yük durumlarının değerlendirilmesi ile (Ek 4, B.3), izin verilen titreşimler için uygun eşik değerleri tanımlanacak ve dikkate alınacaktır.

5. Yükler için Kısmi Emniyet Faktörleri

5.1 Kullanışılalık sınır durumunun analizinde yükler için kısmi emniyet faktörleri

Kullanışılalık sınır durumunun analizinde, tüm yük bileşenlerindeki yükler için $\gamma_F = 1,0$ kısmi emniyet faktörü kullanılacaktır.

5.2 Kopma sınır durumunun analizinde yükler için kısmi emniyet faktörleri

5.2.1 Eğer, çeşitli nedenlerden kaynaklanan yükler, birbirinden bağımsız olarak hesaplanabiliyorsa, yükler için kısmi emniyet faktörlerinin minimum değerleri Tablo 4.3'e göre olacaktır.

5.2.2 Birçok durumda, özellikle kararsız yüklerin dinamik etkilere neden olduğu hallerde, yük bileşenleri birbirinden bağımsız olarak hesaplanamazlar. Bu durumlarda, yükler için kısmi emniyet faktörleri γ_F olarak, Tablo 4.3'deki ilgili dizayn durumunun en büyük kısmi emniyet faktörü uygulanacaktır (Bölüm 1, C.3'e de bakınız).

5.3 Yorulma mukavemetinin analizinde, yükler için kısmi emniyet faktörleri

Tüm normal ve anormal dizayn durumlarında, yükler için kısmi emniyet faktörü γ_F alınacaktır.

5.4 Şekil değiştirme analizindeki yükler için kısmi emniyet faktörü

5.4.1 Tablo 4.2'de listelenen dizayn koşullarında, rüzgar türbininin emniyetini tehlikeye düşürecek deflekşınların olmadığı doğrulanacaktır. En önemli değerlendirmelerden biri, kanatlar ile kule arasında temasın olmasına izin verilemeyeceğidir. En olumsuz yöndeki maksimum elastik şekil değiştirme, Tablo 4.2'de listelenen yük durumları için hesaplanacaktır.

5.4.2 Kanat şekil değiştirme için, TL ile görüşerek, istatistiksel aşırı diğer analizi de kullanılabilir. 50 yıllık ekstrapolasyon süresi uygulanacaktır.

Tablo 4.3 Yükler için kısmi emniyet faktörleri γ_F

Yük nedeni	Olumsuz yükler			Olumlu yükler
	Dizayn koşulu tipi (Tablo 4.2'ye bakınız)			Tüm dizayn koşulları
	Normal ve aşırı N	Anormal A	Taşıma ve montaj T	
Aerodinamik	1,35	1,1	1,5	0,9
Operasyonel	1,35	1,1	1,5	0,9
Gravite	1,1 / 1,35 (*)	1,1	1,25	0,9
Diğer atalet kuvvetleri	1,25	1,1	1,3	0,9
Isı etkisi	1,35	-	-	-

(*) Tartılarak belirlenemeyen kütleler durumunda.

5.4.3 Her durumda, yükler için kısmi emniyet faktörü $\gamma_F = 1,0$ uygulanacaktır. Kanat ile kule arasındaki izin verilen boşluğun gözlemlenmesi, Bölüm 6, B.4'e göre doğrulanacaktır. değerlendirilecektir.

5.5 Özel kısmi emniyet faktörleri

Eğer yükler ölçümlerden veya ölçümlerle doğrulanmış analizlerden hesaplanmış ise, **TL** ile görüşerek, yükler için daha küçük kısmi emniyet faktörleri kullanılabilir. Tüm kısmi emniyet faktörleri değerleri, dizayn dokümanlarında verilecektir.

D. Sahaya Özgü Değerlendirmeler

Aşağıda belirtilen dış koşullar, rüzgar türbinine dışarıdan etki eden tüm dış etkenleri ifade eder. Bunlar; topografik ve orografik koşullar ile meteorolojik nedenler ve diğer dış kaynaklardır (örneğin; elektrik şebekesi, diğer makineler).

Yüklerin tanımı için, tesis alanına ait meteorolojik ve orografik veriler uygulanacaktır. Kutup bölgeleri, yüksek dağlar, çöller ve tropik fırtınaların olduğu bölgeler gibi aşırı koşullara maruz yerlere özel olarak dikkat edilecektir.

Ancak, türbinin montajından önce, sahadaki dizayn koşullarının, hüküm süren dış koşulları yeterince kapsamı sağlanacaktır.

Bir rüzgar çiftliğinde yerleştirilen türbinler için, karşılıklı etkileşimler dikkate alınacaktır. Bu, artan türbülans etkisi ve üniform olmayan akım şeklinde kendini gösterir.

Eğer sahadaki koşullar, kabul edilenlerden daha olumsuz ise, yapısal bütünlük doğrulanacaktır.

1. Saha Değerlendirmesi

1.1 Genel

1.1.1 Saha değerlendirilmesi kapsamında, montaj sırasında geçerli olan koşullar kaydedilecektir. Bunlar, aşağıdaki bölümlerde listelenen özellikleri içerir. Bu bölümlerde listelenmeyen diğer koşullar da belirtilecektir. Özel olayların öngörüldüğü (örneğin; kasırga ve seller) yerler, **TL** ile görüşerek

1.1.2 Ayrıca, mevcut sertifikanın teyidi durumunda, sertifikalandırma sırasında kabul edilen koşullarla karşılaştırma yapılacaktır.

1.2 Rüzgar koşullarının hesaplanması

1.2.1 Türbin sahasında rüzgar için aşağıda listelenen temel parametreler belirlenecektir:

- Hava yoğunluğu ρ ,
- Referans rüzgar hızı V_{ref} ,
- Yıllık ortalama rüzgar hızı V_{ave} ,
- Rüzgar hızı dağılımı,
- Rüzgar yönü dağılımı (rüzgar gülü),
- Türbülans şiddeti I_{15} , $V_{hub}=15$ m/sn için,
- Rüzgar kesmesi (Bölüm 4, B.3.1.2'ye de bakınız),
- Yatay düzleme göre ortalama rüzgar doğrultusu eğimi.

1.2.2 Burada I_{15} , 15 m/sn değerindeki 10 dakikalık ortalama rüzgar hızı için göbek yüksekliğindeki türbülans şiddetinin karakteristik değeridir. Karakteristik değer; türbülans şiddetinin ölçülen ortalama değerine, türbülans şiddetinin ölçülen standart sapmasının ilave edilmesi ile belirlenir.

1.2.3 Eğer türbülans şiddetinin standart sapması ölçüm ile belirlenemiyorsa, 15 m/sn'deki karakteristik türbülans şiddeti; hesaplanan veya ölçülen ortalama türbülans şiddetinin 1,2 faktörü ile çarpılması ile bulunabilir.

1.2.4 Öngörülen sahadaki rüzgar koşulları ölçümlerle belirlenebilir. Saha koşulları, lokal meteorolojik istasyonlardaki uzun süreli kayıtlardan elde edilecektir.

1.2.5 Ölçüm süresi, yeterince sağlıklı veri elde edilmesi bakımından en az 6 ay sürmelidir. Eğer mevsimsel değişimler, rüzgar koşullarında önemli etkilere neden oluyorsa, ölçüm süresinde bu durum dikkate alınacaktır.

1.2.6 I_{15} değeri, 10 m/sn'den daha büyük rüzgar hızlarında, ölçülen verilerden, uygun istatistiksel yöntemler vasıtasıyla hesaplanacaktır. Eğer topografik veya diğer lokal koşullar türbülans şiddetine etki ediyorsa, bu etkiler verilere dahil edilecektir.

Not :

Eğer, örneğin; türbülans verisinde düşük bir frekans görülme eğilimi varsa, türbülans şiddeti ve diğer parametreler dikkatle analiz edilmelidir.

1.2.7 Alternatif olarak, rüzgarın ilgili karakteristik değerleri, **TL** ile görüşerek nümerik yöntemlerle hesaplanabilir. Etkin rüzgar mesafesi, pürüzlülük boyu, ortalama rüzgar hızı, vb. gibi dış parametrelerin, rüzgar hızının güç spektrumu ve yapışma işlevlerine standart bağlantıları türbülansın tanımı için başlangıç noktası olarak kabul edilebilir.

1.2.8 Herbir rüzgar bölümü aralığı en fazla 12 m/sn ve rüzgar yönü sektörü aralığı en fazla 30° olabilir. Hava yoğunluğu hariç tüm parametreler, 10 dakika ortalama rüzgar doğrultusunun fonksiyonu olarak verilecektir.

1.2.9 Anemometrenin özellikleri, örnekleme oranı ve ölçüm değerlerinin kaydı için ortalama periyod, türbülans şiddetinin belirlenmesine etki edebilir. Bu etkiler, ölçümlerden türbülans şiddetinin tahmininde dikkate alınacaktır.

1.2.10 Karmaşık arazide (Bölüm 4, D.4'e bakınız), topografinin rüzgar hızı üzerindeki etkisi, rüzgar profili, türbülans şiddeti ve akım meyilli, her türbin sahasında dikkate alınacaktır. Tepe üstlerinde rüzgar hızındaki artışın V_{ref} , referans rüzgar hızına ve V_{ave} ortalama rüzgar hızına etkisine dikkat edilecektir.

1.2.11 Rüzgar çiftliği içinde çalışan türbinlerdeki bitişik ünitelerden gelen iz etkileri dikkate alınacaktır (Bölüm 4, D.2'ye bakınız).

1.3 Diğer çevre koşullarının belirlenmesi

Bölüm 4, B.4'de belirtilen çevre koşulları, rüzgar türbininin dizaynında yapılan kabullerle karşılaştırma için belirlenecektir.

1.4 Elektrik güç şebekesi koşullarının belirlenmesi

Türbin ile gerektiğinde, türbin ile şebeke arasında yer alan tüm elektrik donanımının uyumluğunu sağlamak üzere, rüzgar türbini ile öngörülen sahadaki mevcut elektrik şebekesi arasındaki şebeke bağlantı noktasındaki elektrik koşulları belirlenecektir (Bölüm 4, B.5'e de bakınız).

Bu koşullar asgari olarak aşağıda belirtilenleri içerir:

- Normal besleme gerilimi ve dalgalanmaları,
- Normal besleme frekansı ve dalgalanmaları,
- Gerilim simetrisi,
- Simetrik ve asimetrik hatalar,
- Elektrik şebeke kesilmelerinin adedi ve tipi ile bunların ortalama süresi,
- Sahadaki elektrik şebekesinin özel nitelikleri ve lokal şebeke operatörünün istekleri dikkate alınacaktır. Bunlar, aşağıda belirtilenler olabilir:
 - Otomatik tekrar kapanma çevrimi,
 - Rüzgar türbininin bağlantı noktasındaki kısa devre empedansı,
 - Türbinin güç sisteminden gelen harmonik gerilim bozulmaları.

1.5 Temelin / zemin özelliklerinin değerlendirilmesi

Öngörülen sahadaki temel (zemin özellikleri), geoteknik raporlar vasıtasıyla lokal koşullara göre (yeraltı, yapım kuralları) değerlendirilecektir. Bunun için Bölüm 6, H dikkate alınacaktır.

1.6 Risk analizi

Belirli sahaların konumu nedeniyle bir risk analizi gerekebilir. Bu değerlendirme, çevre ile ilgili olarak rüzgar türbininde oluşacak hasarların risk tahminlerini içerir

(örneğin; taşıma yollarına, petrol boru hatlarına yakınlık). İncelemelerin kapsamı ve tipi, TL ile anlaşarak tanımlanmalıdır.

2. Rüzgar Çiftliği Etkisi

Eğer rüzgar türbinleri, rüzgar çiftliklerine monte edilmişse, izdeki rüzgar alanı düzensizliğinden oluşan yükler dikkate alınacaktır. Bu hususta, hem basit gölge etkisi ve hem de eklenmiş iz etkileşimleri dikkate alınacaktır. Büyük rüzgar çiftlikleri için ortam türbülansında veya saha pürüzlülüğündeki artışlar dikkate alınacaktır.

Bir rüzgar çiftliği yerleşiminde, 10 D mesafeye kadar pervane altındaki iz etkileşimi nedeniyle oluşan karşılıklı rüzgar türbini etkileri dikkate alınacaktır.

TL ile anlaşarak hesaplama modelleri (Bölüm 4, D.2.2'ye bakınız) kullanılabilir. Modeller onaylanacaktır.

Türbinlerin, bir rüzgar çiftliğine montajı için, aşırı ve yorulma yükleri üzerindeki etkiler hesaplanacaktır.

2.1 Rüzgar çiftliği etkilerinin belirlenmesi için gerekli dokümanlar

2.1.1 Saha verileri:

- Türbin yerleştirilmiş harita (ölçek 1:1000 veya 1:2000, türbinler arası mesafe gösterilecektir, ayrıca tesislerin koordinatları metre-esaslı koordinat sisteminde belirtilecektir).
- Orognafi değerlendirmesi için harita (örneğin; 1:25000 ölçekli topografik harita)

2.1.2 Tesis verileri

- Bitişik tesisler için : çap, göbek yüksekliği, işlev prensibi, itme katsayısı eğrisi, güç üretim ve kapanma rüzgar hızları, dönüş hızı karakteristikleri,
- İncelenen türbin için : türbinin tanımı ve ilgili türbin versiyonu için yük kabulleri.

2.2 Rüzgar çiftliği etkilerinin belirlenmesi için hesaplama modeli

Rüzgar çiftliği etkisi hesaplama modelleri yardımıyla belirlenebilir, örneğin; S. Frandsen “Turbulence and turbulence generated fatigue in wind turbine clusters, Riso report R-1188 (2003)” ve “Dynamic Loads in Wing Farms II” (DLWF II), Final Report, EU Joule Project Jou 2-CT92-0094.

3. Depremlerin etkisi

3.1 Genel

Deprem riski bulunan bölgelerde depremlerden kaynaklanan yükler dikkate alınacaktır. Lokal olarak uygulanabilir kurallar mevcut değilse, Eurocode 8 (DIN V ENV 1998-1 ÷ 3, Eurocode 8, Design provisions for earthquake resistance of structures) ve / veya API (Recommended Practice for Design and Construction of Fixed Offshore Platforms, PR 2A, Chapter 2.3.6: Earthquake, Washington, 2000) esaslı bir prosedür, TL ile anlaşarak izlenebilir.

3.2 İvme

Depremden kaynaklanan yüklerin incelenmesinde; rüzgar yükleri ile birlikte 475 yıllık tekrarlanma süreli deprem ivmesi kombinasyonu esas alınır.

3.3 Yük durumu tanımı

Depremlerin neden olduğu yükler, normal dış koşullarla birleştirilecektir. İlgili tüm yük durumları dikkate alınacaktır. Sadeleştirme bakımından, deprem yükünün, asgari olarak Tablo 4.4'de verilen yük durumları ile birleştirilmesi kabul edilebilir. Deprem sırasındaki yükler için emniyet faktörü $\gamma_F = 1,0$ alınabilir.

3.4 Analizler

3.4.1 Depremlerden kaynaklanan yükler, frekans veya zaman bağılı olarak hesaplanabilir. Her durumda, yeterli sayıda doğal modun (≥ 3) dikkate alınması sağlanacak ve zamana bağlı hesaplama için, her yük durumu için yeterli sayıda (≥ 6) simülasyon yapılacaktır.

Tablo 4.4 Depremlerle bağlantılı yük durumları

DYD	Rüzgar durumu	Diğer durumlar
1.1	NTM $V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	Normal çalışma
1.12	NTM $V_{hub} = V_r$ veya V_{out}	1. Şebeke kaybı 2. Titreşim sensörü ile emniyet sisteminin hareke geçmesi
6.0	NTM $V_{hub} = 0,8 \cdot V_{ref}$	Aşırı yönlendirme ayarsızlığı

3.4.2 Genelde, yapı için elastik yük taşıma davranışı kabul edilecektir. Belirli yapılar için (örneğin; kafes kuleler), sünek davranış kabul edilebilir. Uygulanacak sönümlenme, yapıya uygun olarak, **TL** ile görüşerek belirlenecektir. Eğer sünek davranış kabul edilirse, deprem olduktan sonra yapının muayenesi gereklidir. Bu muayenelerin kapsamı, konusunda **TL** ile anlaşmaya varılacak ve el kitaplarında dokümanite edilecektir.

4. Karmaşık Arazi

4.1 Genel

Özel arazi biçimleri, özellikle yükseltiler, yüksekliğe bağlı olarak, Bölüm 4, B'de belirtilenlerden farklı olan hız ve türbülans dağılımı oluşturabilir ve buna uygun olarak dikkate alınmalıdır.

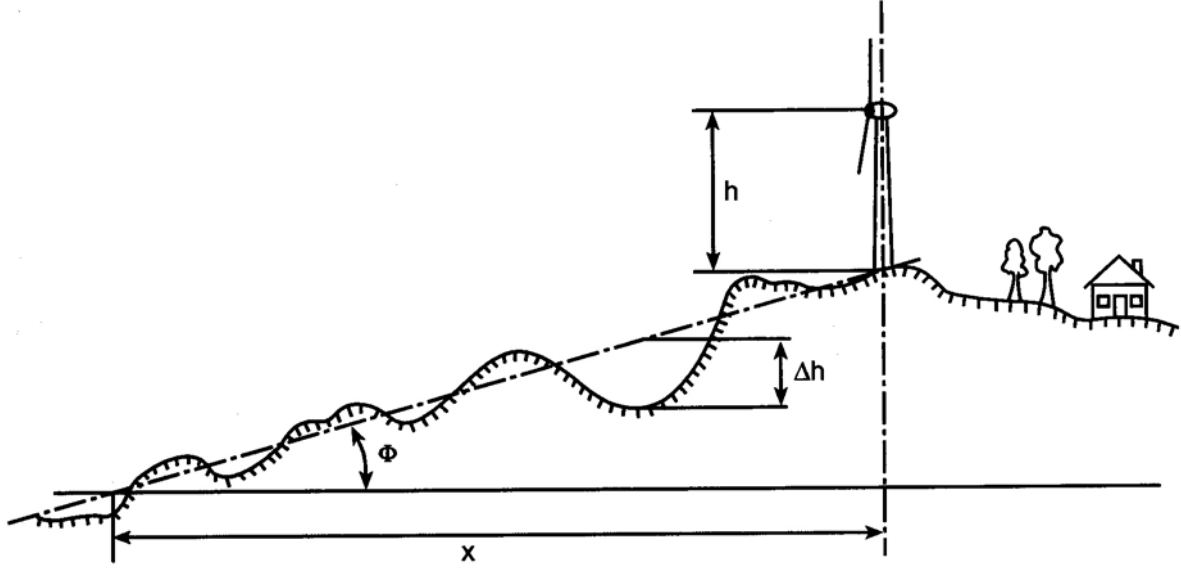
4.2 Tanımlar

4.2.1 Arazinin karmaşıklığı, bir düzlemden topografinin sapması ile belirlenebilir. Tablo 4.5'de listelenen koşulları sağlamayan bir yer, karmaşık arazi olarak kabul edilecektir.

4.2.2 Düzlemin meyili; rüzgar türbininden (kaide noktası) bakış noktasına arazinin olası en iyi yaklaşımı sağlanacak şekilde seçilecektir. Arazinin düzlemden sapması, düşey doğrultuda belirlenecektir. Şekil 4.10'a bakınız.

Tablo 4.5 Karmaşık arazi tanımı ile ilgili kriterler

Türbinden mesafe (x)	Düzlemin meyili (Φ)	Arazinin düzlemden sapması (Δh)
< 5 h	< 10°	< 0,3 h
< 10 h		< 0,6 h
< 20 h		< 1,2 h
h, göbek yüksekliğidir.		



Şekil 4.10 Karmaşık arazi kriterleri

4.3 Rüzgar koşulları

Karmaşık arazide (4.'e bakınız), türbülans şiddeti, özel surette dikkat edilerek hesaplanacaktır. Eğer hassas ölçümler veya hesaplamalar yoksa, TL ile görüşerek, türbülans şiddetinin boyuna bileşeni %25'e kadar arttırılacak, yanal ve düşey türbülans şiddeti, boyuna türbülans şiddetine eşit olacak şekilde düzenlenecektir. Tesisteki hava akımının meyilinin, Bölüm 4, D.4.2'de tanımlanan düzlemin maksimum meyiline eşit olacağı kabul edilecektir. Ayrıca, sahadaki aşırı rüzgar kesmesi hesaplanacaktır. Aşırı rüzgar kesmesinin hesabı, istatistiksel ekstrapolasyon yöntemi ile yapılabilir (örneğin; Gumbel analizi, "Statistics of Extremes" Columbia University Press, 1958). Diğer ekstrapolasyon yöntemleri, TL ile görüşerek uygulanabilir.

5. Aşırı Sıcaklıklar

Montaj alanındaki sıcaklık; uzun yılların ortalaması olarak, yılda 9 günden fazla, -20°C'den düşük veya +50°C'den büyük ise, düşük veya yüksek sıcaklık sınırları değiştirilecek ve aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır. Seçilen sıcaklık sınırları içinde, rüzgar türbininin çalışabilir ve yapısal olarak sağlam olduğu doğrulanacaktır.

Eğer, sahadaki uzun yıllara dayalı sıcaklık ortalaması, Bölüm 4, B.4.1'deki dizayn sıcaklığından 15 K'dan fazla sapma gösterirse, bu dikkate alınacaktır.

5.1 Aşırı sıcaklıkların etkisi

Hava yoğunluğu, sahadaki sıcaklık ve yüksekliğe göre düzeltilen hava yoğunluğu yük hesaplarında ve güç eğrisinin belirlenmesinde dikkate alınacaktır. Ayrıca, özel olarak aşağıdaki hususlar göz önüne alınacaktır:

- Kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri, ortam sıcaklığına göre seçilecektir.
- Aşırı sıcaklık durumlarında, önemli oranda farklılık gösteren termal genleşme katsayılarından kaynaklanan gerilmeler, dikkate alınacaktır.
- Kulerler ve hiterler, ortam sıcaklıkları ve çeşitli bileşenlerin gerekli çalışma sıcaklıkları dikkate alınarak boyutlandırılacaktır.
- Elektronik cihazlar, yüksek veya düşük sıcaklıklarda karşı korunacaktır. Eğer bu bileşenlerin düzgün çalışması garanti edilemiyorsa, tesis durdurulacaktır.

- Aşırı sıcaklıklar nedeniyle arıza yapan bileşenler varsa, böyle bir durumda, rüzgar türbinini emniyetli bir duruma getirmek için, uygun bir izleme düzeni sağlanacaktır.
- Buz oluşumunun, aerodinamik katsayıları, etkileyebileceği dikkate alınacaktır.

5.2 Yük kabulleri

5.2.1 Yük hesapları, değişen sıcaklıklara uygun olacaktır. Yükler esas olarak, hava yoğunluğu değişiminden etkilenirler. Burada; güç eğrisinin ve bu nedenle kontrol davranışının da değişeceği dikkate alınacaktır. Yüklerin etkileneceği şekilde tesisin elastisitesi veya kontrol davranışının değiştiği durumlarda, bu dikkate alınacaktır.

5.2.2 Yorulma mukavemeti yüklerinin hesabı, sahada belirlenen ortalama sıcaklıkta ($\theta_{ort,yıl}$) yapılacaktır. Eğer sahada, buz oluşumu ile tesisin uzun çalışmasına izin veren hava koşulları öngörülüyorsa, bunlar yorulma yüklerinin hesabında dikkate alınacaktır.

5.2.3 Aşırı yüklerin belirlenmesi için, $\theta_{1,yıl, min/maks}$ aşırı sıcaklığı (1 yıllık tekrarlanma süresi), normal aşırı koşullarla (NTM, NRP) birleştirilecektir. Türbinin çalışmakta olduğu ve ortam sıcaklığının izlendiği yük durumları için ortam sıcaklığının izlendiği yük durumları için, $\theta_{1,yıl, min/maks}$ aşırı sıcaklığı yerine $\theta_{min/maks, çalışma}$ tesisin çalışmasındaki aşırı sıcaklık kullanılabilir.

5.2.4 Tekrarlanma süresi 50 yıl olan aşırı dış koşullar (EWS, EWM, EOG, EDC, ECD, ECG) $\theta_{ort,yıl}$ ortalama sıcaklığı ile birleştirilecektir. Eğer sahadaki rüzgar hızı ile sıcaklık ilintili ise, bu ilinti dikkate alınacaktır.

5.2.5 Arıza oluşumundan sonraki koşul (DYD 7.1), tekrarlanma süresi 1 yıl olan $\theta_{1,yıl, min/maks}$ aşırı sıcaklığı ile birleştirilecektir.

5.2.6 Türbindeki buz oluşumu, yük kabulleri için dikkate alınacaktır (DYD 1.10 ve 6.5). Bu yük durumunun, sahaya uygunluğu kontrol edilecektir. Belirli yerlerde, buz kalınlığı koşula uygun olacak şekilde ayarlanacaktır.

5.2.7 Yük durumlarının ilgili sıcaklıklarla birleştirilmesi Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

6. Korozyon, Erozyon

Öngörülen korozyon korumasının sahaya uygunluğu kontrol edilecektir. Bu nedenle, uygun malzemelerin seçilmesi, uygun boya ve koruyucu kaplamalar yapılması ve düzenli muayenelerle korozyona ve erozyona karşı koruma sağlanacaktır.

Tablo 4.6 Yük durumları ve sıcaklıkların birleştirilmesi

Sıcaklık	Yük durumu (DYD)
$\theta_{ort,yıl}$	1.2, 1.3, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.12, 1.13, 2.3, 3.1, 4.1, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 8.2, 8.3
$\theta_{ort,yıl} \leq 0^{\circ}\text{C}$	1.10, 6.5
$\theta_{1,yıl, min/maks}$	6.0, 6.6, 7.1
$\theta_{1,yıl, min/maks}$ veya $\theta_{min/maks, çalışma}$	1.0, 1.1, 1.4, 1.5, 1.11, 2.1, 2.2, 3.2, 3.3, 4.2, 5.1
Üretici tarafından belirtilecektir	8.1

7. Değerlendirme ve Karşılaştırma

Değerlendirme sırasında, rüzgar türbininin öngörülen sahaya uygun olduğu ve dış koşullar dikkate alınarak rüzgar türbininin yapısal bütünlüğü ile ilgili isteklerin karşılandığı gösterilecektir. Bu işlem, dış koşulların daha olumlu olduğunun gösterilmesi veya tip sertifikalandırması kapsamında yüklerin A veya B dizayn değerlendirmesindekinden daha uygun olduğunun gösterilmesi suretiyle yapılabilir.

Analizler sırasında, bileşenlerin sertifikalandırmada kabul edilenden daha fazla yüke maruz kaldığı belirlenirse, bu bileşenler bu büyük yüklere göre kontrol edilecektir.

Özel riski bulunan veya çevresel koşulların buradaki esaslardaki isteklere göre belirlenmediği sahalarda, emniyet faktörleri, buradaki esasların emniyet düzeyi sağlanacak şekilde ayarlanabilir.

7.1 Rüzgar verileri ile karşılaştırma

Eğer, aşağıdaki koşullarla ilgili olarak sahada elde edilen değerler, Bölüm 4, B ve 4, C'ye göre yük kabullerinin belirlenmesi için olanlardan daha olumlu ise, rüzgar verilerinin karşılaştırılması ile sertifikanın geçerliliği teyid edilebilir:

- 50 yıl tekrarlı rüzgar hızı V_{ref} 'den küçüktür (Alternatif olarak, karşılaştırma fırtına rüzgar hızı veya durgunluk basıncı ile yapılabilir).
- Uzun yıllara dayalı ortalama rüzgar hızı V_{ave} 'den küçüktür.
- $0,2 \cdot V_{ref}$ ve $0,4 \cdot V_{ref}$ rüzgar hızları arasında, göbek yüksekliğindeki rüzgar hızının olasılık yoğunluk fonksiyonu, sertifikalandırma için kabul edilenden küçük olacaktır.
- $0,2 \cdot V_{ref}$ ve $0,4 \cdot V_{ref}$ rüzgar hızları arasında, sahada oluşan türbülans şiddeti (Bölüm 4, D.1.2'ye bakınız) sertifikalandırma için kabul edilenden daha küçük olacaktır. Sahadaki türbülans şiddetinin oluşma olasılığı karşılaştırmada dikkate alınacaktır. Gölge etkisi nedeniyle, türbülans artışının değerlendirilmesinde, $0,8 \cdot V_r$ ile V_o rüzgar hızları arasında, rüzgar çiftliğindeki her türbinde oluşan türbülans şiddetinin sertifikalandırma için kabul edilenden daha küçük olduğu gösterilecektir.
- Karmaşık arazide, türbülans şiddetinin her üç bileşeninin, sertifikalandırma için kabul edilenden daha küçük olduğu gösterilecektir.
- Tüm rüzgar doğrultularında oluşan maksimum yukarı akım, sertifikalandırma için kabul edilenden daha az olacaktır.

- Güç kuralı üssü ve aşırı rüzgar kesmesi, tüm rüzgar doğrultuları için, sertifikalandırma için kabul edilenden daha küçük olacaktır.
- Sahadaki ortalama hava yoğunluğu, sertifikalandırma için kabul edilenden daha küçük olacaktır. Sahada bu belirli değilse, diğer karşılaştırma işlemleri yapılabilir.

7.2 Yüklerin karşılaştırılması

7.2.1 Yapısal bütünlüğün doğrulanması, sahada ölçülen veya saha için hesaplanan yükler ile, tip sertifikalandırması kapsamında A veya B dizayn değerlendirmesi için kullanılan yüklerin karşılaştırılması suretiyle yapılabilir. Sahadaki bir tesiste oluşan yüklerin ve deflekşinların ilgili her kısmında, sertifikalandırma için kabul edilenlerden daha küçük olduğu gösterilecektir. Burada ilgili kısmi yükler ve malzeme emniyet faktörleri dikkate alınacaktır. Karşılaştırmanın kapsamı, **TL** ile görüşülerek belirlenecektir.

7.2.2 Bazı mahaller için, ortamın yapı özellikleri üzerindeki etkilerinin dikkate alınması gerekebilir.

7.2.3 Türbinlerin rüzgar çiftliğine montajı için, yüklerin etkisi belirlenecektir.

7.2.4 Yükler, sertifikalandırma sırasında kabul edilenlerden büyükse, bazı bileşenlerin, artık emniyet analizi şeklindeki doğrulamaları, TL ile görüşülerek yapılabilir.

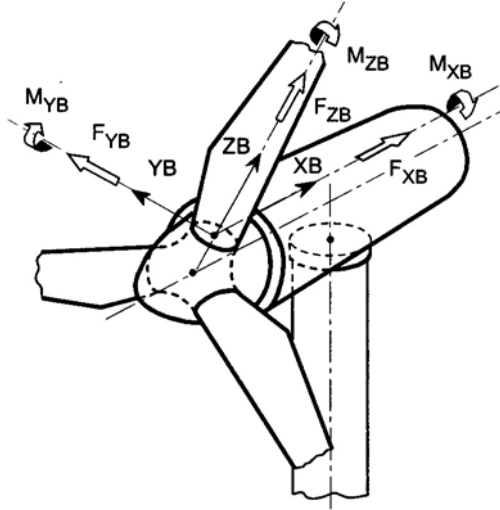
EK 4 - A

KOORDİNAT SİSTEMLERİ

Genel olarak, koordinat sistemleri serbest olarak seçilir. Bir öneri olarak, orijin noktaları ve yönleri ile birlikte, olası koordinat sistemleri aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir. Sadeleştirme amacıyla, pervane eksenini eğim açısı ve koniklik açısının gösterimi yapılmamıştır.

1. Kanat Koordinat Sistemi

Kanat koordinat sisteminin orijini kanat kökünde olup pervane ile birlikte döner. Pervane göbeğine oryantasyonu sabittir.



- XB Pervane eksenini yönünde
 ZB Radyal
 YB XB, YB, ZB saat yönünde dönecek şekilde

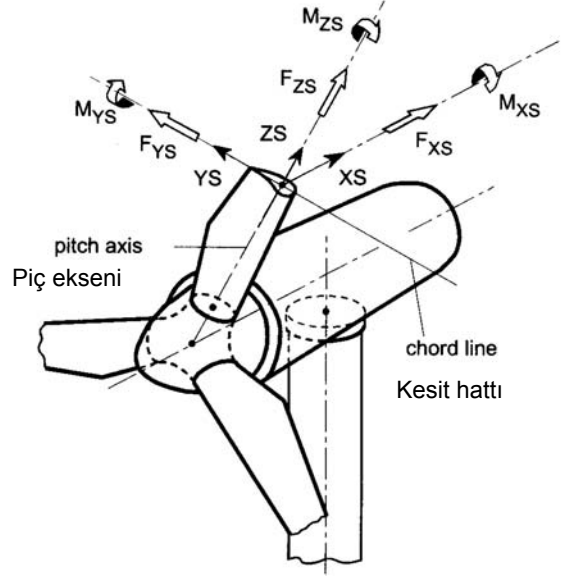
Şekil 4 - A.1 Kanat koordinat sistemi

2. Kanat Kesiti Koordinat Sistemi

Kanat kesiti koordinat sisteminin orijin noktası, ilgili kesit hattı ile pervane piçi ekseninin kesit noktasıdır. Pervane ve lokal piç açısı ayarı ile birlikte döner.

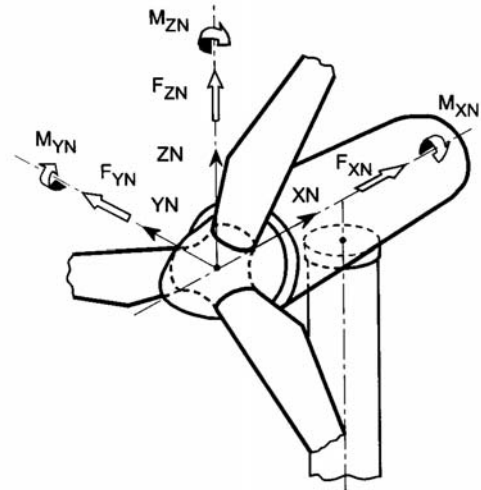
3. Göbek Koordinat Sistemi

Göbek koordinat sisteminin orijin noktası, pervane merkezindedir. (veya pervane eksenini üzerindeki diğer bir nokta, örneğin; göbek flenci veya ana yatak) ve pervane ile birlikte dönmez.



- YS Kesit yönünde, kanat takip kenarına yönelmiş
 ZS Kanat piçi eksenini doğrultusunda
 XS XS, YS, ZS saat yönünde dönecek şekilde, kesit dik

Şekil 4 - A.2 Kanat kesiti koordinat sistemi

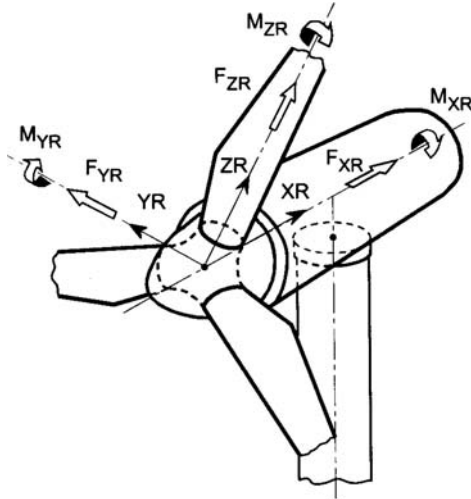


- XN Pervane eksenini doğrultusunda
 ZN XN'ye dik yukarı doğru
 YN XN, YN, ZN saat yönünde dönecek şekilde, yatay, yana doğru

Şekil 4 - A.3 Göbek koordinat sistemi

4. Pervane Koordinat Sistemi

Pervane koordinat sisteminin orijini pervane merkezindedir (veya pervane eksenini üzerindeki diğer bir nokta, örneğin; göbek flenci veya ana yatak) ve pervane ile birlikte döner.



XR Pervane ekseni doğrultusunda

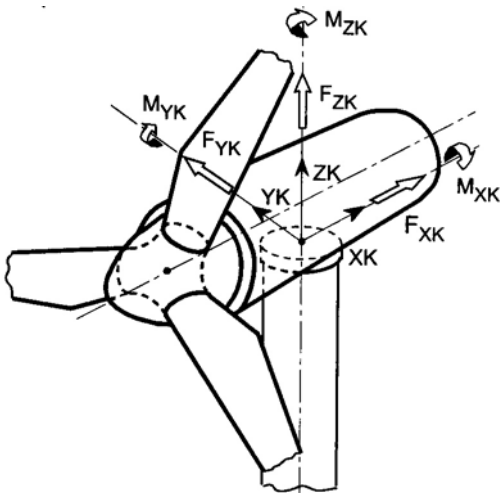
ZR Radyal, pervane kanatı 1'e yönelmiş ve XR'ye dik

YR XR, YR, ZR saat yönünde dönecek şekilde, XR'ye dik

Şekil 4 - A.4 Pervane koordinat sistemi

5. Kule Üstü Koordinat Sistemi

Kule üstü koordinat sisteminin orijin noktası, kule eksenini kule üstünün üst kenarının kesişme noktasındadır ve kaporta ile birlikte dönmaz



XK Pervane eksenî doğrultusunda yatay kuleye sabitlenmiş

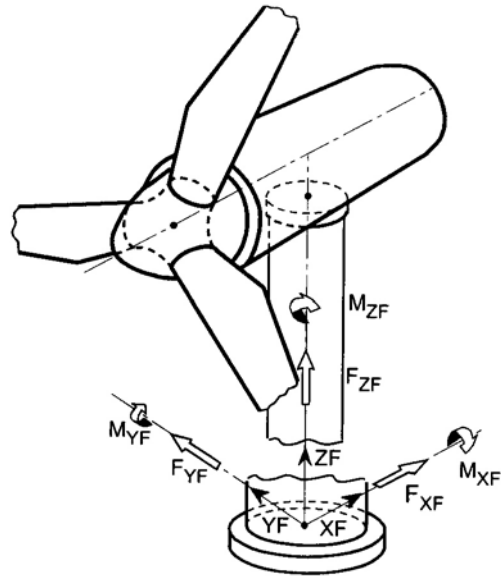
ZK Yukarı doğru düşey

YK XK, YK, ZK saat yönünde dönecek şekilde yana doğru yatay

Şekil 4 - A.5 Kule üstü koordinat sistemi

6. Kule Dibi Koordinat Sistemi

Kule dibi koordinat sisteminin orijin noktası, kule eksen ile temel in üst kenarının kesişme noktası olup, kaporta ile birlikte dönm ez. Yönlendirme kule üstü koordinat sistemine karş ılık gelir. Ayrıca, kule eksen i üzerindeki diğ er yerler de mümkündür.



XF Yatay

ZF Kule eksenini doğrultusunda yukarı doğru düşey

YF XF, YF, ZF saat yönünde dönecek şekilde yana doğru yatay

Şekil 4 - A.6 Kule dibi koordinat sistemi

EK 4 - B**YÜKLERİN DEğERLENDİRİLMESİ****1. Yük Durumu Tanımlarının Sunulması**

1.1 Hesaplanan tüm yük durumu listelenecektir. Her yük durumu için, ana simülasyon parametreleri (rüzgar kesmesi, rüzgar modeli, olası buz yükleri, yukarı akım, simülasyon süresi, vb.) ile söz konusu yük durumları için gerekli olan kontrol ve emniyet sistemi parametrelerinin (frenleme prosedürleri, durdurma prosedürleri, yönlendirme manevraları, gecikme süreleri, vb.) tanımları verilecektir.

1.2 Yük durumu tanımının temel verileri ile ilgili olarak yük durumu değişimleri, ilgili parametreleri ile birlikte (rneğin; rüzgar hızı, fırtına özellikleri, eğik akım, kontrol veya emniyet işlevinin harekete geçirilmesi kriterleri, vb.) zaman serisi dosyası ile listelenecektir.

1.3 Eğer, rüzgar koşulları EWM modelinden alınan yük durumları için türbülanslı rüzgar modeli kullanılırsa (Bölüm 4, B.3.2.1'e bakınız), aşırı yüklerin değerlendirilmesi için iki yöntemden biri seçilmelidir.

1.4 Birinci yöntem için; yapılan toplam simülasyon adedi dışında kullanılan temsili zaman serilerinin seçimi verilecektir. Bu, rneğin; uygun ortalama alımı suretiyle yapılabilir. Gerekli rüzgar hızlarına 3-saniyelik ortalama ile ulaşılacağı gösterilecektir.

a) Her biri farklı türbülanslı rüzgarlı (farklı rüzgar özü) 600 sn. lık  temsili simülasyon yapılacaktır. 50 yıl veya 1 yıl tekrarlanma süresi (V_{e50} veya V_{e1}), pervane süpürme alanı içindeki herhangi bir yerdeki her simülasyonda, öngörülen aşırı rüzgar hızının 3 sn.lık hareketli ortalaması gösterilecektir. Aynı zamanda, her üç zaman serisi için, güç spektrumu isteklerinin ve rüzgar hızının Koherens fonksiyonunun karşılındığı doğrulanacaktır. Analiz **TL** ile görüşülerek yapılacaktır.

b) Her biri farklı türbülanslı rüzgarlı (farklı rüzgar özü) 600 sn.lık  temsili simülasyon yapılacaktır. 50 yıl veya 1 yıl tekrarlanma süreli (V_{e50} veya V_{e1}), pervane süpürme alanı içindeki birbirine bitişik olmayan en az 3 noktadaki her simülasyonda, öngörülen aşırı rüzgar hızının 3 sn.lık hareketli ortalaması gösterilecektir. Rüzgar frekansı spektrumunun ve yapışma fonksiyonunun analizine gerek yoktur.

1.5 a) veya b)'ye göre yapılan 3 simülasyondan, maksimum yükler değerlendirilerek, her yük bileşeni için, 3 simülasyondan en büyük yükleme dikkate alınacaktır.

Değerlendirme, incelenecek her kademe için yapılacak ve pervane kanadı, makina ve kule için dizayn yüklerinin seçiminde dikkate alınacaktır.

Not:

Boyuna türbülans şiddeti önceden, nümerik bir yöntem kullanılarak (rneğin; ESDU E 0108) hesaplanabilir.

Çok sayıda simülasyon grubundan (en az 10 adet) a) ve b)'ye göre 3 temsili simülasyon seçilmesi önerilir.

1.6 Birinci yönteme seçenek olarak, EWM modeli için tanımlanan şekilde, NTM türbülans modeli (Bölüm 4, B.3.1.3'e bakınız) kullanılabilir. Daha sonra, bir istatistiksel ekstrapolasyon yöntemi kullanılarak aşırı yüklerin değerlendirmesi yapılacaktır. (rneğin; Gumbel analizi, Bölüm 4, D.4.3'e bakınız) **TL** ile görüşülerek diğer ekstrapolasyon yöntemleri kullanılabilir.

2. Sonuçlarının Sunulması**2.1 Genel**

2.1.1 Genel olarak, sonuçların sunulmasında, aşırı yükler ile yorulma yükleri birbirinden ayrılır. Prensi olarak, bileşenlerin boyutlandırma analizlerinde kullanılan tüm yükler belirtilecektir.

Yükler, dizayn prosesinde uygulanan Şekilde sunulacaktır. Ayrıca, yk değerlendirmeleri, Ek 4-B.2.2 ve 2.3'de tanımlanan Şekilde belirtilecektir.

2.1.2 Hesaplanan aşırı ve yorulma yk durumlarının tüm zaman serileri, bilgisayar ortamında (rneğin; DVD, CD-ROM) verilecektir.

2.2 Aşırı yükler

2.2.1 Kısmi emniyet faktörleri dahil, aşırı yük değerlendirme sonuçları, incelenen kısımlar için (rneğin; kanat kesitleri, kanat kökü, döner pervane Şaftı, dönmez pervane Şaftı, vb.) bir izelge halinde verilecektir. Bu izelgede, yük durumunun kısa bir tanımı, kullanılan kısmi emniyet faktörlerinin ve aşırı yük durumunda oluşan kanat açısının beyanı da yer alacaktır. AŞağıdaki sunum formatı önerilir. İlgili yk bileşenlerinin aşırı değerleri (maksimum ve minimum) diyagonal olarak yer alacaktır. Diğer yük bileşenlerinin aynı anda etkiyen yükleri sıralarda gösterilmiştir (Tablo 4-B.1).

2.2.2 Kulenin üstünde ve dibindeki aşırı yükler için, aşırı yük durumuna alt rüzgar hızı ve rüzgar doğrultusu için tabloya bir sütün ilave edilecektir (rüzgar yönü işareti bir Őekte belirtilecek veya Ek-4.A'da belirtilen koordinat sistemine göre gösterilecektir). Her durumda, kısmi emniyet faktörleri dahil yk tablosu ile bu faktörlerin yer almadığı yk tablosu verilecektir.

Not :

Kısmi emniyet faktörlü veya kısmi emniyet faktörsüz aşırı yüklerin değerlendirilmesinde, farklı yük durumları söz konusu olabilir. Kanat kökü ile ilgili olarak, tüm kanat bağlantılarındaki tüm ilgili yükleri içeren bir tablo düzenlenecektir.

2.3 Yorulma yükleri

2.3.1 Ek B.2.1'de istenilen zaman serilerine ilave olarak, değerlendirmenin tüm sonuçları, bilgisayarla işlem görecek Şekilde verilecektir.

2.3.2 Yorulma yüklerinin değerlendirilmesi için, yorulma mukavemetinin tüm dizayn yk durumlarının dahil edilmesi gerekir (DYD 1.2, DYD 1.10, DYD 1.13, DYD 2.3, DYD 3.1, DYD 4.1, DYD 6.4).

2.3.3 Yorulma yüklerinin hesaplanmasında yapılan kabuller belirtilecektir. Bunlar; rneğin; yıllık ortalama rüzgar hızı, rüzgar hızı dağılımı parametreleri, çalışma ömrü, vb.ni içerir.

2.3.4 Tüm yük bileşenleri için, simüle edilen çalışma ömrü içindeki birikmiş yorulma spektrumu, izelge halinde ve gerekirse grafik olarak verilecektir. Ayrıca, sabit aralıktaki eşdeğer spektrum, birikmiş yorulma spektrumundan hesaplanacak ve belirtilecektir. Burada n_{ref} , referans yk çevrimi sayısı belirtilecektir. Tablo 4-B.23'ye göre S/N eğrisinin malzeme ile ilgili eğim parametreleri için, eşdeğer yorulma yükleri tablo halinde verilebilir.

2.3.5 Pervane kanadı gibi elyaf takviyeli plastikten yapılan (ETP / KTP) dinamik olarak yüklü bileşenler için, incelenen kesitlerde ilave olarak Markov matrisi verilecektir.

2.3.6 Özellikle, kanat kökündeki yorulma yüklerinin analizi için, aşağıdaki prosedür dikkate alınacaktır:

2.3.7 Kanatçık ve kenar doğrultularındaki (M_x ve M_y eğilme momentlerinin değerlendirilmesi dışında, bu eğilme momentleri ile 90°'ye kadar olan takip eden sektör arasındaki açısal sektör, 180°'lik toplam sektör elde edilecek Şekilde incelenecektir. Bu eğilme momentleri en az 15°'lik açısal aralıklarla hesaplanacaktır.

2.3.8 Kanatçık ve kenar doğrultularındaki yorulma yükleri 1,2 faktörü ile çarpılırsa, daha ayrıntılı inceleme yapılmaksızın bu incelemeden vazgeçilebilir.

2.3.9 Kanat piç sistemi, tahrik sistemi (ana yatak, dişliler, kaplinler, vb.) ve yönlendirme sisteminde, ilgili yk bileşenleri için, yorulma yüklerinden gelen ortalama değerler ve yk süresi dağılımı (YSD) belirtilecektir (Bölüm 7'ye de bakınız).

2.3.10 Kule ve temel için incelenen yk bileşenleri, ortalama değerin ve Őiddetlerin beyanı ile doğrulanacaktır (rneğin; Markov matrislerinin verilmesi suretiyle).

3. Diğer Değerlendirmeler

- Maksimum kanat defleksiyı : Yatay eksenli rüzgar trbınlerinde, kule doğrultusundaki maksimum kanat defleksiyı (tüm yük durumları için hesaplanan) deformasyon analizleri için belirtilecektir. Burada tüm kanatların deformasyonları dikkate alınacaktır. Belirleyici yük durumu belirtilecektir.
- Maksimum dönme hızı : Tüm yük durumu simülasyonu için oluşan ve ilgili yk durumunu ifade eder n_{maks} pervane ve jeneratörün maksimum dönme hızının beyanı.
- Kopma yükü durumu : Maksimum döndürme momentinin oluştuğu, mekanik frenin veya türbini durma konumuna getiren frenleme sisteminin uygulandığı kopma yükü durumunun zaman serisinin grafik gösterimi (simülasyon zamanına göre pervane döndürme momenti). Mekanik frenin uygulandığında gerekli olan maksimum pervane frenleme süresinin beyanı.
- Kule rezonans aralığı içinde çalışma : eğer rüzgar türbini kulenin rezonans aralığı içinde çalışıyorsa (Bölüm 6, F.5.1'e bakınız), sınırlayıcı değerlerin değerlendirmesi ve tanımları verilecek ve açıklanacaktır.
- Kilitleme düzenleri için dizayn yükleri : Kanat piçi, pervane ve yönlendirme sistemlerinin kilitleme düzenlerinin boyutlandırılması için, kısmi emniyet faktörleri dikkate alınarak, ilgili yükler belirtilecektir. Bu, DYD 8.1 ve DYD 8.2 yük durumları ile ilgilidir.
- Zemin atlağının oluşmasını önleyen dizayn yükü : Zeminlerde, ilgili yük durumuna ait rüzgar hızları ve rüzgar yönlerinin beyanı dahil, kulenin üstüne ve dibine etki eden yük durumu kombinasyonlarının değerlendirilmesi, aşırı yük değerlendirmesine ait örnek tabloya göre izelge halinde yapılacaktır (Tablo 4-B.1'e bakınız). Ana yük durumu kombinasyonları Bölüm 6, G.6, Tablo 6.3'de verilmiştir. Bölüm 6, G.6, Tablo 6.3, Sütün 2'de istenilen analiz için Sütün 1'deki her durumda listelenen yük durumu kombinasyonları değerlendirilecektir. Bu değerlendirmede, kısmi emniyet faktörleri $\gamma_F = 1,0$ olarak uygulanabilir (alışılabilirlik sınırı durumunun analizi). Çeşitli yük durumları için, o anda hüküm süren rüzgar hızları ve rüzgar doğrultuları belirtilecektir.

Tablo 4- B.1 Aşırı yüklerin hesaplama sonuçlarının önerilen sunumu (Fres – bileşke enine kuvvet, Mres- bileşke eğilme momenti)

Aşırı yük değerlendirmesinin sonuçları											
		Yük durumu	γ_F	Fx	Fy	Fz	Fres	Mx	My	Mz	Mres
Fx	Maks.										
	Min.										
Fy	Maks.										
	Min.										
Fz	Maks.										
	Min.										
Fres	Maks.										
	Min.										
Mx	Maks.										
	Min.										
My	Maks.										
	Min.										
Mz	Maks.										
	Min.										
Mres	Maks.										
	Min.										

Tablo 4- B.2 S/N eğrisinin çeşitli eğim parametreleri için eşdeğer yorulma yüklerinin hesaplama sonuçlarının önerilen sunumu

Yorulma yükü değerlendirmesinin sonuçları							
n_{ref}		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
S/N eğrisinin eğim parametresi m	m_a						
	m_b						
	m_c						
	m_d						
	m_e						
	m_f						
	m_g						
	m_h						
	m_i						
	m_j						

EK 4 - C

GÜÇ SİSTEMİ ARIZASI

1. Özellikle, çok yüksek geçici yüklere neden olabileceğinden, jeneratördeki kısa devre durumu incelenecektir. Genelde, iki-fazlı kısa devre, üç-fazlı kısa devreden daha fazla maksimum torklara neden olur, bu nedenle iki-fazlı durum kritiktir. Kanatlanmış hassas değerler yoksa, aşağıdaki eşitlikler uygulanacaktır.

2. Senkron jeneratörde iki-fazlı kısa devre durumunda, aşağıdaki elektromanyetik tork (M) analiz edilecektir:

$$M = \frac{1,3 \cdot M_n}{X_d}$$

Burada;

M_n = Nominal tork,

X_d'' = Jeneratör üreticisi tarafından belirtilen senkron jeneratörün kısa süreli reaktansı.

Eğer X_d'' bilinmiyorsa, nominal torkun 10,5 katı oluşma dikkate alınacaktır.

3. Bir endüksiyon jeneratöründeki iki-fazlı kısa devre durumunda, aşağıdaki elektromanyetik tork (M) analiz edilecektir:

$$M = - [M_K / (1-\sigma)] \cdot \cos \alpha + [M_K / (1-\sigma)] \cdot \cos (2\omega_g t - \alpha) - 2 [M_K / (1-\sigma)] \cdot \sin (\omega_g t) \cdot \exp (-t/T_1)$$

Burada ;

M_K = Endüksiyon jeneratörünün yatırma momenti,

σ = Sızıntı katsayı,

α = İki – fazlı kısa devre açısı $\alpha = \arctg (\omega_g \cdot T_1)$,

ω_g = Şebeke açısal frekansı,

t = Zaman,

T_1 = Statorun zaman sabiti.

M_K , σ ve T_1 değerleri, jeneratör üretici tarafından verilen bilgilere göre uygulanacaktır. Eğer gerekli değerler bilinmiyorsa, nominal torkun 8 katı dikkate alınacaktır.

4. Endüksiyon jeneratörlerinde, üç fazlı kısa devreler de incelenecektir. Aşağıdaki elektromanyetik tork (M) analiz edilecektir:

$$M = 2 M_K \cdot \sin (\omega_g t) \cdot \exp (-2 s_K \cdot \omega_g \cdot t)$$

Burada ;

ω_g = Şebeke açısal frekansı,

M_K = Yatırma momenti,

s_K = Jeneratör üreticisi tarafından belirtilen endüksiyon jeneratörünün eğimlenme kayması

Aşağıdaki eşitlik uygulandığında maksimum tork elde edilir.

$$\omega_g t = \arctg \left(\frac{1}{s_K} \right)$$

EK 4 - D

S SINIFI RÜZGAR TÜRBİNİ TANIMI İLE İLGİLİ
DİZAYN PARAMETRELERİ

S sınıfı rüzgar türbinleri için, dizayn dokümanlarında en az aşağıdaki dizayn parametreleri verilecektir:

1. Tesis Parametreleri

Nominal güç	[kW]
Göbek yüksekliğinde çalışma rüzgar hızı aralığı V_{in} 'den V_{out} 'a	[m/sn]
Dizayn ömrü	[a]

2. Rüzgar Koşulları

Ortalama rüzgar hızının bir fonksiyonu olarak karakteristik türbülans şiddeti	
Göbek yüksekliğindeki yıllık ortalama rüzgar hızı	[m/sn]
Akımın ortalama eğimi	[°]
Rüzgar hızı için dağıtım fonksiyonu (Weibull, Rayleigh, ölçülen değerleri)	
Rüzgar profili modeli ve parametreleri	
Türbülans modeli ve parametreleri	
Göbek yüksekliğinde, aşırı rüzgar hızları V_{e1} ve V_{e50}	[m/sn]
1 ve 50 yıllık tekrarlanma aralıkları için aşırı fırtına modeli ve parametreleri	
1 ve 50 yıllık tekrarlanma aralıkları için aşırı rüzgar doğrultusu değişiminin modeli ve parametreleri	
Aşırı yapışıcı fırtınanın modeli ve parametreleri	
Yön değişmeli aşırı yapışıcı fırtınanın modeli	
Aşırı rüzgar kesmesinin model ve parametreleri	

3. Elektrik Güç Şebekesinin Koşulları

Normal besleme gerilimi ve dalgalanması	[V]
Normal besleme frekansı ve dalgalanması	[Hz]
Gerilim dengesizliği	[V]
Şebeke kesilmesinin azami süresi	[d]
Şebeke kesilmesi adedi	[1/a]
Otomatik yeniden kapanma çevrimi (tanım)	

Simetrik ve asimetrik dış arıza sırasındaki davranış (tanım)

4. Diğer Ortam Koşulları (Gerekirse)

Normal ve aşırı sıcaklık aralıkları	[°C]
Nem	[%]
Hava yoğunluğu	[kg/m ³]
Güneş radyasyonunun şiddeti	[W/m ²]
Yağmur, dolu, kar ve buz	
Kimyasal olarak aktif maddeler	
Mekanik olarak aktif partiküller	
Yıldırımdan koruma sisteminin tanımı	
Deprem modeli ve parametreleri	
Tuzluluk	[gr/m ³]

BÖLÜM 5

MUKAVEMET ANALİZLERİ

Sayfa

A. Genel	5- 1
B. Gerilmelerin Hesaplanması	5- 1
C. Metal Malzemeler	5- 3
D. Beton	5-13
E. Elyaf Takviyeli Plastik (ETP) ve Yapıştırılmalı Birleştirmeler	5-15
F. Ahşap	5-23
Ek 5-A. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mukavemet Analizi.....	5-24

A. Genel

1. Rüzgar türbinlerinin bileşenlerinin, azami ve çalışabilirlik sınır durumlarının doğrulanması yapılacaktır. (Bölüm 1, C.2'ye bakınız). Bu amaçla, Bölüm 4'e göre belirlenen yük durumları için, dizayn yükleri (Bölüm 1, C.2.3'e bakınız) uygulanacaktır.

2. Mukavemet olarak, bileşenlerin yüklere dayanımı anlaşılır. Mukavemet, bu bölüme göre doğrulanmalıdır (Bölüm 6'daki ilgili maddelere de bakınız). Mukavemet; malzemeye, yük taşıyan yapının şekline ve yük tipine (çekme, basma, kesme, eğilme, burulma) bağlıdır.

3. Kural olarak, analizler hesaplama yoluyla yapılacaktır. Ancak, yorulma analizleri için, simüle edilen çalışma koşullarında, bileşen testlerine de izin verilir.

4. İhmal edilemeyecek derecede rüzgar türbininin gerilme ve zorlanma düzeyini etkileyen, rezonans etkileri veya darbe kuvvetleri gibi dinamik yükler, uygun bir şekilde dikkate alınacaktır (Bölüm 6, F ve 7, A'ya da bakınız).

5. Lokal plastik deformasyonlar, bir bileşenin işlevine olumsuz olarak etki edebilir. Gerek bileşenin işlevi, gerekse bağlı olduğu bileşenlerin işlevi doğrulanacaktır. (Örneğin; yataklar, dişli kutusu gövdesi). Deformasyonun sınırlanması ile ilgili olarak yapılacak analizler, ilgili bölümlerde ayrıntılı olarak verilmiştir (örneğin; Bölüm 5, C.2 veya 7, A)

6. Aşağıda verilen esaslara ilave olarak, yapıların (pervane kanatları, dövme, döküm, kaynaklı yapılar, gövdeler, kule ve temeller ve cıvatalı bağlantılar) ve özel makina bileşenlerinin (örneğin; dişli kutuları, yönlendirme sistemleri, frenler, yataklar, kaplinler ve hidrolik sistemler) analizi ile ilgili diğer istekler (Bölüm 6 ve 7'de verilen) dikkate alınacaktır.

B. Gerilmelerin Hesaplanması**1. Yapıların Yüğü ile İlgili Genel Notlar**

1.1 Mukavemet analizi için, analiz edilen yapısal alanlar için geçerli olan yükleme koşulları dikkate alınır. Yorulma mukavemetinin değerlendirilmesinde, kritik bölgelerde dinamik tekrarlı gerilmeler oluşturan yükleme durumları dikkate alınacaktır. Dizayn koşulları (yani işletme koşulları) ve dizayn yük durumları Bölüm 4, C.3'de verilmiştir.

1.2 Varsa, yük taşıyan bileşenlerdeki düzgünsüzlükler dikkate alınacaktır. Bu amaçla, burada lineer superpozisyon prensibinin uygulanmayacağına dikkat edilecektir. Bazı durumlarda, sadece belirli deformasyonlar için oluşan (örneğin; yapısal alanların teması suretiyle) kuvvetler ilave yük durumları şeklinde analiz edilebilir ve lineer olmayan yapısal davranış değerlendirmesi ile birleştirilebilir (örneğin; yataklardaki radyal bası yükleri).

1.3 Seçilen yük durumları ile genel mukavemet analizi kullanılan yaklaşıma alternatif olarak, yer değişimleri ve yüklerin değerlendirilmesine uygun özel yöntemler (zaman-serisi hesapları da denilir) kullanılabilir.

1.4 Zaman serisi hesaplarında, yüklemeler veya gerilme prosesi, dizayn yük durumlarının karakteristik verilerinden elde edilecektir (Bölüm 4, C.3'e bakınız). Yapısal analizlerin zaman serileri ve istatistiksel frekansları Bölüm 4'e göre seçilecektir. Hesaplamanın amacı için seçilen sadeleştirmelerin geçerliliği uygun bir tarzda dokümente edilecektir.

2. Analiz Yöntemi

2.1 Genel

2.1.1 Genel olarak, gerilme hesapları, konvansiyonel statik teori kullanılarak yapılabilir. Bu yöntemlerin kullanımıyla, gerilmelerin yeterli hassasiyette belirlenemediği hallerde, nümerik prosedürler kullanılarak (örneğin; sonlu elemanlar yöntemi) hesaplama yapılacaktır.

2.1.2 Mukavemet analizi için, bileşenlere etki eden yüklerden kaynaklanan etkiler genelde gerilmeler olarak hesaplanır. Kritik bölgelerde, ilgili standartlarda ve kodlarda belirtildiği üzere, nominal gerilme veya yapısal gerilme, geçerli teknolojik kurallara göre hesaplanacaktır. Seçilen kritik bölgeler dokümente edilecektir.

2.1.3 Aşağıda belirtilen analiz prosedürlerinde değişimler yapılması konusunda TL ile anlaşmaya varılacaktır. Burada uygun bir analiz kavramının uygulanması sağlanacaktır.

2.1.4 Amacın tanımı, mukavemet analizinin tipi ve kapsamı ile ilgili diğer tavsiyeler, hesaplamalar, değerlendirme ayrıntıları ve dokümanlar Ek 5-A "Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mukavemet Analizi"nde verilmiştir.

2.2 Nominal gerilme yaklaşımı

2.2.1 Nominal gerilme; lineer elastik mekaniğinin elementer teorisi vasıtasıyla hesaplanan gerilmedir. Çentik etkisinden kaynaklanan gerilme bileşenleri dahil değildir. Bunlar; nominal gerilmelerde belirtilen konsantrasyon faktörleri ve yorulma çentik faktörleri vasıtasıyla dikkate alınacaktır.

2.2.2 Nominal gerilme kavramı ince çubuk ve kirişlerle ve şerit çubuk veya kiriş şeklindeki bileşen olarak yaklaşım yapılabilen yapılarla sınırlıdır.

2.2.3 Kaynaksız yapıların yorulma analizi durumunda, dikkate alınacak ayrıntı kategorilerini veya geometrik devamsızlıkları içeren S/N eğrileri kullanılacaktır. Eğer kaynaklı bileşenlerde, dizayn ayrıntılarına ait seçilen ayrıntı kategorisinin kapsamadığı geometrik devamsızlık varsa, nominal gerilme değiştirilecektir (örneğin; Eurocode 3, Design of Steel Structures, Part 1.9: Fatigue Strength of Steel Structures, pr EN 1993-1-9:2002, A-Hobbacher; Fatigue Design of Welded Joint and Components, International Institute of Welding (IIW/IIS), Doc. XIII-1539-96/XV-845-96, 1996'ya bakınız.)

2.2.4 Kombine gerilmeler durumunda, Bölüm 5, C.3.2.4 ve 5, C.3.3 dikkate alınacaktır.

2.3 Yapısal gerilme yaklaşımı

2.3.1 Yapısal gerilme, bir gerilme durumunu bütünüyle tanımlayan gerilme olarak kabul edilir. Bu gerilme, karmaşık bileşen şekillerinin (uzamsal eğrisel yapılar), dizaynla ilgili çentiklerin (örneğin; pahlar, kademeler, delikler) ve yükün uygulandığı yerlerdeki lokal koşulların etkilerini içerir. Kaynaklı yapılarda, yapısal gerilme "hot-spot gerilmesi" olarak bilinir (Ek 5-A'ya bakınız). Bu ifade, bu yapısal geometrik gerilmenin, nominal gerilmeyi ve lokal etkileri içerdiğini, ancak kaynak dikişinin çentik etkisini içermediğini gösterir. Yapısal gerilmelerin belirlenmesi genelde, nümerik yöntemlerle hesaplamayı gerektirir.

2.3.2 Yorulma analizi durumunda, eğer yapısal gerilme, çentik etkisinin tüm lokal etkilerini içeriyorsa, kaynaklı yapılarda malzemeye bağlı S/N eğrileri kullanılacaktır.

2.3.3 Ayırma derecesine bağlı olarak, nümerik hesaplarda, yapısal gerilmeye dahil edilmeyen çentik etkisinin S/N eğrileri ile azaltılmış bir kısmının dikkate alınması gerekir.

2.3.4 Kaynaklı birleştirmelerde, yorulma analizinde "hot-spot gerilmeler" (geometrik gerilmeler) belirleyicidir.

2.3.5 Kombine gerilmelerde, Bölüm 5, C.3.2.4 ve 5, C.3.3 dikkate alınacaktır.

2.4 Etkiler

Mukavemet analizlerinde; yük tipine, geometriye veya malzemeye bağlı olan etkiler dikkate alınacaktır. Bunlar, aşağıda belirtilenlerin lineer olmayan etkilerine de uygulanır:

- Yüklerin (örneğin; rulmanlı veya kaymalı yatakların sadece basma yükleri),
- Geometrinin (büyük deformasyonları dikkate alarak, ikinci dereceden, lineer teori),
- Malzemenin (plastisite teorisi ve akma teorisi).

3. Dinamik Hesaplar

3.1 Dinamik hesaplarla; rüzgar türbininin bütününün yapısal dinamiğinin etkisi ile birlikte, zamana bağlı yüklerden kaynaklanan yapıların ve bileşenlerin titreşimle ilgili sistem tepkileri hesaplanır (Bölüm 4'e bakınız).

3.2 Tekil yapıların ve bileşenlerin dinamik hesaplarının istekleri Bölüm 6 ve 7'nin ilgili kısımlarında verilmiştir. Kulenin titreşim esaslı dizaynına bağlı olarak, Bölüm 6, F.5.2 uygulanır.

4. Yarı – Statik Hesaplamalar

4.1 Yarı - statik hesaplara ait yükler, rüzgar türbininin bütününün etkilerini sadece belirli bir derecede kapsar. Geri kalan dinamik bileşenler, dinamik arttırma faktörleri vasıtasıyla hesaba katılacaktır (örneğin; fırtına reaksiyon faktörü gibi arttırma faktörleri).

4.2 Tekil yapıların ve bileşenlerin yarı - statik hesaplarının istekleri, Bölüm 6 ve 7'nin ilgili kısımlarında verilmiştir. Kulenin titreşim esaslı dizaynına bağlı olarak Bölüm 6, F.5.3 uygulanır.

C. Metal Malzemeler

Aşağıdaki hususlar genelde metal malzemelerle ilgilidir. Daha ayrıntılı istekler Bölüm 6 ve 7'de verilmiştir (örneğin; Bölüm 6, F ve 6, G'deki kule ve temelin azami ve çalışabilirlik sınır durumlarının doğrulanması ile ilgili istekler).

1. Malzeme Özellikleri

1.1 Makina bileşenlerinin malzemeleri ile ilgili istekler, analizler ve sertifikalar Bölüm 3'de verilmiştir. Aşağıda ilave bilgiler verilmektedir.

1.2 Çelik yapıların hesaplama analizleri için gerekli olan malzeme parametreleri, örneğin; Eurocode 3, Part 1.9 veya DIN 18800, Part 1'de bulunabilir.

2. Genel Mukavemet Analizi

2.1 Genel

2.1.1 Genel mukavemet analizi uluslararası kodlara uygun olarak yapılacaktır.

2.1.2 Boyutlandırması kodlarda yer almayan makina bileşenleri, kabul göreceği teknoloji kurallarına göre dizayn ve analiz edilecektir. Cıvatalı bağlantıların boyutlandırılması için Bölüm 6, E'de belirtilen istekler dikkate alınacaktır.

2.1.3 Bileşenler, ilgili dizayn mukavemeti yönünden (Bölüm 1, C.2.4'e bakınız), dizayn yüklerine göre boyutlandırılacaktır (Bölüm 1, C.2.3'e bakınız).

2.1.4 Tüm yük durumu gruplarının metalik bileşenleri için esas alınacak γ_M kısmi malzeme emniyet faktörü :

$$\gamma_M = 1,1'dir.$$

2.1.5 Kule ve temel, dizayn yüklerine ait kısmi emniyet faktörlerinin üniform kavramına göre işlem görecektir (Bölüm 6, F.1 ve 6, G'ye bakınız).

2.2 Analiz yöntemi

2.2.1 Analizlerin yapılmasında, Bölüm 5, B.2'deki genel hususlar dikkate alınacaktır.

2.2.2 Yapının veya bileşenin boyutlandırılması, temelde olası arıza tipine bağlıdır. İki veya daha fazla yükleme tipi aynı anda oluşursa, kombine gerilmeler meydana gelir. Kural olarak, azami sınır durumu doğrulamaları, aşağıda belirtilen eşdeğer gerilme hipotezi kullanılarak, malzeme ve yükler yönünden yapılacaktır (Bölüm 5, C.3.3'e bakınız).

2.2.3 Gevrek malzemeler için, malzeme davranışı, maksimum ana gerilme hipotezi ile tanımlanır. Yarı sünek malzemelerde, maksimum ana gerilme hipotezi veya von Mises hipotezi (maksimum kesme zorlanması enerji kriteri, sekiz yüzeyle kesme gerilmesi hipotezi) uygulanabilir.

2.2.4 Sünek malzemeler için, von Mises veya maksimum kesme gerilmesi hipotezi, arıza mekanizmasını tanımlar. Eğer yararlılığı, inandırıcı bileşen testleri vasıtasıyla kanıtlanırsa, alternatif olarak, sünek malzemeler için kesme gerilmesi şiddeti hipotezi gibi, hipotezler kullanılabilir.

2.2.5 Sünek ve yarı-sünek malzemelerden yapılan bileşenler için, genelde küçük plastikleşmelere izin verilir. Eğer, bu malzemelerden yapılan yapılarda, lokal gerilme değerleri, elastik sınırın (akma başlangıcı) üzerinde yer alıyorsa, statik bileşen mukavemetinin değerlendirilmesi için, lokal gerilme dağılımı ve bu nedenle lokal zorlanmaların dikkate alınması gerekliliğine dikkat edilecektir. Burada, lokal gerilmeler ve zorlanma dağılımının, bileşen formuna (örneğin; çentik) ve yük tipine (çekme, basma, eğilme, burkulma) bağlı olduğu unutulmamalıdır. İzin verilen zorlanma malzemeye bağlıdır. Ayrıca, izin verilen zorlanma; kalıcı uzama durumunda, bileşen ve bitişik bileşenler için işlevselliğin kanıtı verilecek şekilde, yapının işlevine bağlıdır. Prosedür, **TL** ile anlaşarak belirlenecektir.

3. Yorulma Analizi

3.1 Genel

3.1.1 Rüzgar türbinlerinin, temel olarak dinamik yüklü

metal bileşenleri için, bir yorulma analizi yapılacaktır.

Kural olarak; bu husus, kanat bağlantısından jeneratöre tahrik sistemi bileşenlerine, kuleye bağlantısı dahil ana iskelete, temele bağlantısı dahil kuleye, bağlantı elemanlarına ve diğer türbine özgü bileşenlere (örneğin; kanat pıç mekanizması) uygulanır.

3.1.2 Yorulma analizi, bileşenin testi ile veya hesap analizi yoluyla yapılabilir. Bileşen testleri, çalışma ile ilgili yüklerle ve Bölüm 4 esas alınarak yapılacaktır. Test sonuçlarının değerlendirilmesi, doğrudan dikkate alınamayan etkenler (yük çevrim adedinin çoğu $>10^9$, test sonuçlarının dağılımı vb.) güvenilir şekilde kapsanacak şekilde olacaktır.

3.1.3 Yeterli yorulma mukavemetinin analizi, yani dinamik çalışma yükleri altında çatlak başlangıcına karşı direnç, yapısal dizayn kapsamı içinde bileşenlerde, çatlak başlangıcı olasılığının değerlendirilmesi ve azaltılmasına hizmet eder. Yükleme prosesindeki hesaplama zorlukları, malzeme ve üretimle ilgili farklılıklar ve yaşlanma etkileri nedeniyle, ileriki aşamalardaki çatlak başlangıcı tamamen hariç bırakılamaz ve periyodik muayeneler gibi önlemleri gerektirir.

3.1.4 Çatlağın başlangıcı, genel bir hata kriteri olarak alınacaktır (yani normal tahribatsız muayene yöntemleri ile sahada algılanabilen bir çatlak).

3.1.5 Özel durumlarda, yavaşça ilerleyen, başlamış çatlağın kalan ömrü, **TL** ile anlaşmaya varılarak, rüzgar türbininin çalışmasını sınırlı şekilde sürdürmesi için kullanılabilir.

Bunun için, kalan ömür uygun ve tanınmış bir analiz yöntemi ile doğrulanacaktır. ayrıca, **TL** ile anlaşarak, periyodik muayene aralıkları belirlenecektir.

3.2 Yorulma analizi yöntemleri

3.2.1 Genel

3.2.1.1 Gerekli hesaplama hassasiyetine bağlı olarak, yorulma analizi, aşağıda belirtilen 3 prosedürden birinin yardımıyla yapılabilir :

- Dış yükler ile yapısal tepkiler arasındaki karmaşık etkileşimi mümkün olduğunca hassas olarak kaydetmek için gerilme – zaman serilerini ve hasar birikimini kullanarak, veya
- Fiziksel olarak anlamlı şekilde, çeşitli yük etkilerinin olumsuz sonuca süperpoze edilmek suretiyle, gerilme spektrumu ve hasar birikimini kullanarak, veya
- Yorulma analizinin sadeleştirilmiş formu olarak, eşdeğer sabit – aralıklı spektrum ile. Burada, eşdeğer sabit aralıklı spektrum, Bölüm 4, Ek 4, B.2.3'e göre kullanılacak ve dokümanite edilecektir.

3.2.1.2 İkinci ve üçüncü yöntemler için, ortalama gerilmeye hassas olan malzemeler için, ortalama gerilmenin etkisi dikkate alınacaktır.

3.2.2 Sadeleştirilmiş yorulma analizi

3.2.2.1 Emniyet sınırlarının değerlendirilmesinde genelde uygulanan sadeleştirilmiş yorulma analizi için (örneğin; tesis değişkenlerinin farklı pervane çapları ile karşılaştırılması), eşdeğer sabit – aralıklı spektrum kullanılabilir. Burada, eşdeğer sabit – aralıklı spektrum'un Palmgren / Miner yöntemi esas alınarak detaylandırılmasının bilindiği kabul edilmektedir.

3.2.2.2 Eşdeğer sabit – aralıklı spektrum oluştururken, yapıya karşılık gelen S/N eğrisinin eğim parametresi kullanılacaktır. S/N dizayn eğrisinin eğim parametresinin kritik değerleri Bölüm 5, C.3.4'de verilmiştir.

3.2.2.3 Bu ve diğer analiz yaklaşımlarında, Tablo 5.1'de verilen kriterlere bağlı olarak, γ_M kısmi emniyet faktörü uygulanacaktır.

3.2.2.4 Çok eksenli gerilme durumunda, gerilmelerin toplanması için, Bölüm 5, C.3.2.4'e bakınız.

3.2.2.5 Emniyet sınırlarının değerlendirilmesinde, sadeleştirilmiş yorulma analizi kullanıldığında, kabul edilen referans yük çevrimi adedinin, hakiki adede karşılık gelmediğine dikkat edilecektir.

3.2.2.6 Yorulma direncini azaltıcı etkiler (P_0 beka olasılığı, yüzey etkisi, vb. gibi), Bölüm 5, C.3.4'e göre, S/N eğrilerinin değerlendirilmesine benzer şekilde dikkate alınacaktır.

Not :

Örnek olarak, değerlendirilecek bir rüzgar türbininin kuvvet ve moment ileten bileşenleri için Tablo 5.1'de listelenen kriterlere göre uygulanan yorulma analizler için, kısmi emniyet faktörü γ_M 'nin uygulama örneğin Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Yorulma doğrulaması için γ_M kısmi emniyet faktörü

Muayene ve ulaşılabilirlik	Bileşen arızasının rüzgar türbininin tahrip olmasına veya insanları tehlikeye düşürmesine neden olması	Bileşen arızasının rüzgar türbini arızasına veya bunun sonucunda hasarına neden olması	Bileşen arızasının çalışmanın kesilmesine neden olması
Periyodik izleme ve bakım: iyi ulaşılabilirlik	1,15	1,0	0,9
Periyodik izleme ve bakım: kötü ulaşılabilirlik	1,25	1,15	1,0

Tablo 5.2 Kısmi emniyet faktörü γ_M için örnek

Temel kısmında donatı çeliğinin yerleşimi	Muayene edilemez	$\gamma_M = 1,25$
Pervane şaftının yatak boğazı	Şaftı sökmeden muayene edilemez	$\gamma_M = 1,25$
Kilitleme cıvatası	Muayene edilebilir	$\gamma_M = 1,15$
Göbek / pervane şaftının cıvatalı bağlantısı	Muayene edilebilir	$\gamma_M = 1,15$

3.2.3 Hasar hesapları

3.2.3.1 Hasar birikimi yoluyla yorulma doğrulamalarının yapılmasının bilindiği kabul edilecektir. Bu yöntemin açıklamaları, örneğin; “Eurocode 3, Design of Steel Structures, Part 1.9: Fatigue Strength of Steel Structures, pr EN 1993-1 : 2002”den alınabilir.

3.2.3.2 Hasar birikiminin hesabında; prensip olarak, Bölüm 4’e göre işletme yüklerinden kaynaklanan tüm gerilme aralıkları $\Delta\sigma_i$ ilgili gerilme çevrimi adedi n_i ile birlikte kullanılacaktır. Yorulma mukavemeti hesaplarından elde edilen hasar toplama D , 1 değerini aşmamalıdır:

$$D \leq 1$$

Örneğin; Palmgren / Miner lineer hasar birikimi hipotezi kullanıldığında :

$$D = \sum_i n_i / N_i \leq 1$$

Burada;

n_i = Gerilme aralığının bir bölümündeki gerilme çevrimi adedi,

N_i = Gerilme aralığının bir bölümündeki izin verilen gerilme çevrimi adedi,

3.2.3.3 Burada, izin verilen gerilme çevrimi adedi N_i , $\Delta\sigma_i \cdot \gamma_M$ gerilme aralığına ait ilgili S/N eğrisinin izin verilen gerilme çevrimi adedidir.

3.2.3.4 Kısmi emniyet faktörü, γ_M Tablo 5.1’de verilmiştir.

3.2.3.5 Hasar birikimi için, aşağıdaki kısımlarda verilen S/N dizayn eğrileri (3.4’e bakınız) ve 3.3’de belirtilen eşdeğer gerilmeler kullanılacaktır.

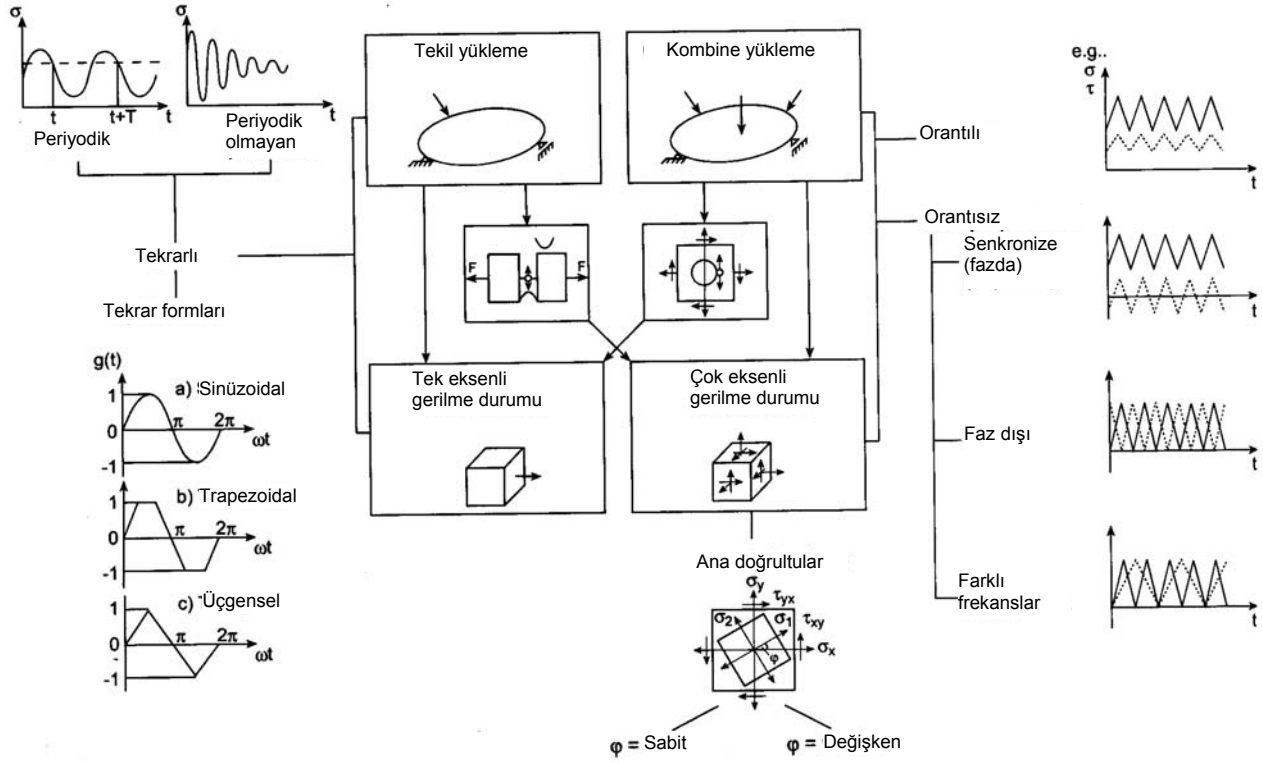
3.2.3.6 Çok-eksenli gerilme koşullarındaki gerilmelerin toplanması için, 3.2.4’e bakınız.

3.2.4 Çok-eksenli gerilme koşullarındaki süperpozisyonla ilgili notlar

3.2.4.1 Çok-eksenli gerilmeli bileşenler için (Şekil 5.1’e bakınız), gerçekçi bir tarzda kompleks gerilme durumunu dikkate almak ve fiziksel olarak anlamlı şekilde hasar birikimi hesaplarını hazırlamak gereklidir. Bunun için, Bölüm 4’e göre yorulma yüklerinin ilgili zaman serileri uygulanır.

3.2.4.2 Çok-eksenli gerilmelerin analizinde önde gelen (hasarla ilgili) gerilme dağılımı veya gerilme kombinasyonlarının, ana gerilmeler ve ana gerilme doğrultuları dikkate alınarak, kritik bölgeler için belirlenmesi önerilir. Bazen, önde gelen yük bileşeninin veya yük bileşenleri kombinasyonlarının bulunması, yarı-tek eksenli gerilme durumu oluşumuna yol açabilir. Bu gibi durumlarda, probleme uygun olası sadeleştirmeler yapılabilir.

3.2.4.3 Eğer, kaynaklı birleştirmelerde, normal ve kesme gerilmeleri aynı anda oluşursa, “Eurocode, 3, Design of Steel Structures, Part 1.9 : Fatigue Strength of Steel Structures, pr EN 1993-1-9 : 2002” veya “A-Hobbacher; Fatigue Design of Welded Joint and Components, International Institute of Welding (IIW / IIS), Doc. XIII-1539-96 / XV-845-96, 1996” ya göre kombine etkiler dikkate alınacaktır.



Şekil 5.1 Liu / Zenner'e göre, çok-eksenli sahalarda çeşitli terimlerin ilişkileri

3.2.4.5 Kullanılan prosedür TL ile anlaşarak tanımlanacaktır.

3.3 Eşdeğer gerilme hipotezi

3.3.1 Çok - eksenli gerilme durumunda, yorulma ile ilgili gerilme bileşenleri (aynı zamanda zaman serileri olarak), eşdeğer gerilme hipotezi vasıtasıyla, tek-eksenli gerilme durumuna çevrilecektir. Maksimum kesme zorlanması enerji kriteri hipotezinin uygulanmasında ("von Mises" hipotezi), ortalama gerilmeye bağlı olan, hasar etkisi, malzemenin hakiki hasar birikimi davranışından oldukça az olacak şekilde, eşdeğer gerilme eğrisi ortaya çıkar. Ortalama gerilme düzeyinden bağımsız olarak, normal gerilme hipotezi, hasar birikimi ile ilişkisini kaybetmeksizin, kritik düzlem yöntemi olarak uygulanabilir. Bu, gevrek ve yarı-sünek malzemeler için geçerlidir (örneğin; yarı-sünek malzemelere ait EN-GJS-400-18U-LT). Yararlılığına ait yeterli kanıt varsa, diğer hipotezler de kullanılabilir.

3.3.2 Kaynaklı birleştirmeler için, kritik gerilmeler; kaynak dikişine enine veya paralel doğrultuda olanlardır. Eğer, kaynaklı birleştirmelerde, normal ve kesme gerilmeleri aynı anda oluşursa, 3.2.4.3'de belirtilen referanslara göre, bunların kombine etkileri dikkate alınacaktır.

3.4 Boyutlandırma için S/N eğrileri

3.4.1 Kaynaklı çelik yapılar ve cıvatalı birleştirmeler için S/N eğrileri

3.4.1.1 S/N eğrilerinin seçiminde, örneğin; Eurocode 3, Part 1.9 kullanılır. Ayrıntı sınıfı seçimi, Eurocode 3 (EC 3)'e göre yapılır. TL ile anlaşarak, eşdeğer kodların kullanımına izin verilir.

3.4.1.2 Örneğin; malzeme kalınlığı veya kaynatılacak iki elemanın birbirine uyumsuzluğu nedeniyle, EC 3 veya IIW'ye göre azaltıcı etkiler dikkate alınacaktır.

3.4.1.3 Genelde $\Delta\sigma_i$ değişken gerilme aralığındaki gerilmelere maruz bileşenlerde yorulma analizi, Bölüm 4'de belirtilen gerilme aralığında, hasar birikimi kullanılarak yapılır.

3.4.1.4 Normal gerilmelerle yüklenme durumunda, EC3'e göre aşağıdaki ilave hususlar, S/N eğrisine uygulanır:

- Bölge I :
S/N eğrisinin eğim parametresi $m=3$,
Gerilme çevrimi sayısı $N_i \leq 5 \cdot 10^6$
- Bölge II :
S/N eğrisinin eğim parametresi $m=5$,
Gerilme çevrimi sayısı $N_i \geq 5 \cdot 10^6$

3.4.1.5 EC 3'de farklı olarak, yorulma mukavemetinin bir eşik değerine izin verilmez. Şekil 5.2'de esas alınacak S/N eğrisinin genel şekli verilmiştir.

3.4.1.6 Ağırlıklı olarak kesme gerilmelerine maruz bileşenler için, sabit eğim parametresi $m=5$ alınarak, EC 3'deki S/N eğrileri kullanılacaktır :

- Bölge I + II :
S/N eğrisinin eğim parametresi $m=5$,

3.4.1.7 İzin verilebilen gerilme çevrimi sayısı N_i 'nin belirlenmesinde (Bölüm 5, C.3.2.4'e bakınız), Tablo 5.1'e göre kısmi emniyet faktörü γ_M dikkate alınacaktır.

3.4.1.8 Bazı tipik gerilme çevrimi sayıları için izin verilen gerilme aralıkları Tablo 5.3'de verilmiştir. Burada kısmi emniyet faktörleri dikkate alınmaz.

3.4.1.9 Cıvatalı birleştirmelerin yorulma mukavemetinin analizinde (gerilme seviyelerinin cıvata üzerindeki çekme ve eğilmenin dikkate alınması ile belirlendiği), M30 boyutuna kadar, aşağıdaki ayrıntı sınıflarına izin verilir :

- Isıl işlemden önce çekilmiş sıcak daldırma ile galvanizlenmiş cıvatalar :

Ayrıntı sınıfı 50

- Isıl işlemden sonra çekilmiş cıvatalar :

Ayrıntı sınıfı 71

- Isıl işlemden sonra çekilmiş cıvatalar :

$$\text{Ayrıntı} \quad 71 \cdot \left(2 - \frac{F_{\text{smaks}}}{F_{0,2\text{min}}} \right) \leq 0,85 \quad \text{sınıfı}$$

Burada;

F_{smaks} = Aşırı yük altında maksimum cıvata kuvveti

$F_{0,2\text{min}}$ = %0,2 elastik zorlanma sınırındaki cıvata kuvveti.

3.4.1.10 Burada, boyutlandırma ile ilgili A kesiti, dışteki A5 gerilme kesitidir. Sıcak daldırma galvanizli kısımlar için kesitteki azalma etkisi ihmal edilebilir.

3.4.1.11 M30'dan büyük cıvatalar için, S/N eğrisinin azalması

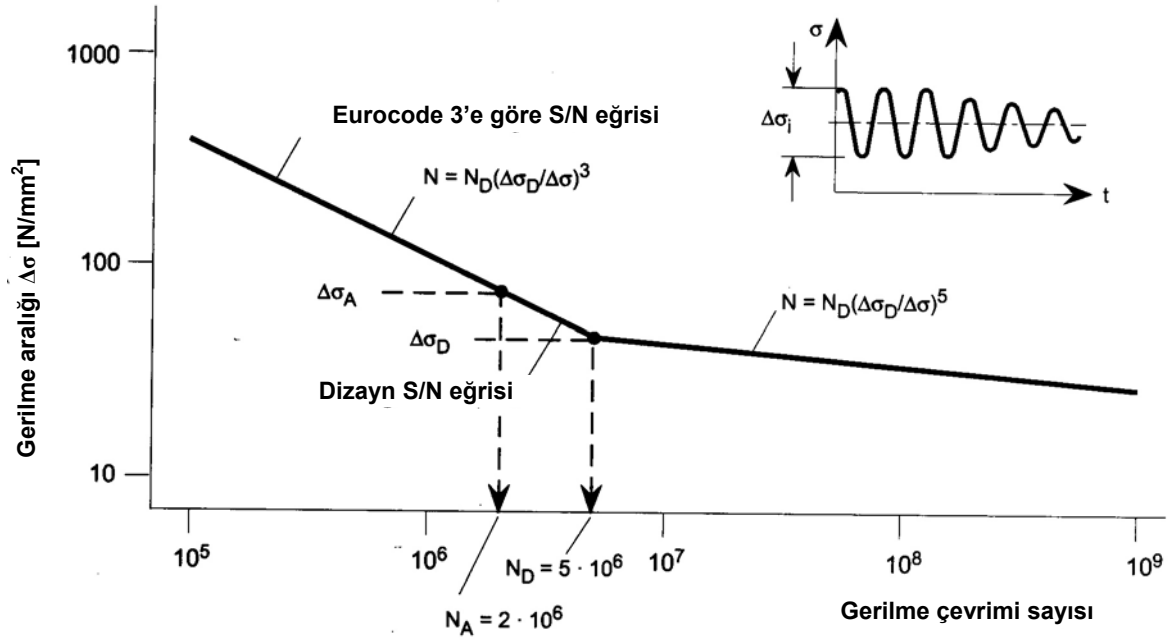
$$k_s = (30 \text{ mm}/d)^{0,25}$$

Dikkate alınacaktır. Burada d, nominal çaptır. Cıvata boyutlandırması ile ilgili diğer istekler Bölüm 6, E'de verilmiştir.

3.4.2 Kaynaksız ve çekme parçaların dizaynı için S/N eğrileri

3.4.2.1 Seçim

Prensip olarak, ham malzeme için istatistiksel olarak güvenilir S/N eğrisi kullanılmalıdır. Kullanılacak çelikler için bu tür S/N eğrileri mevcut değilse, ayrıntılı yorulma analizi için yapay S/N eğrileri kullanılabilir (Bölüm 5, C.3.2.3'e göre hasar birikim hesabı).



Şekil 5.2 Kaynaklı yapılar için S/N eğrisi, genel şekil

Tablo 5.3 Çelik cıvatalar ve kaynaklı birleştirmeler için izin verilen gerilme aralıkları

Sınıf [N/mm ²] $\Delta\sigma_A = \Delta\sigma(N = 2 \cdot 10^6)$	Yorulma gerilmesi aralığı $\Delta\sigma_A$			
	$\Delta\sigma(N = 5 \cdot 10^6)$	$\Delta\sigma(N = 5 \cdot 10^7)$	$\Delta\sigma(N = 1 \cdot 10^8)$	$\Delta\sigma(N = 2 \cdot 10^8)$
160	117,9	74,4	64,8	56,4
140	103,2	65,1	56,7	49,3
125	92,1	58,1	50,6	44,0
112	82,5	52,1	45,3	39,5
100	73,7	46,5	40,5	35,2
90	66,3	41,8	36,4	31,7
80	58,9	37,2	32,4	28,2
71	52,3	33,0	28,7	25,0
63	46,4	29,3	25,5	22,2
56	41,3	26,0	22,7	19,7
50	36,8	23,2	20,2	17,6
45	33,2	20,9	18,2	15,9
40	29,5	18,6	16,2	14,1
36	26,5	16,7	14,6	12,7

3.4.2.2 Azaltım etkileri

Yorulma mukavemeti üzerindeki aşağıda belirtilen azaltım etkileri dikkate alınacaktır. (Örneğin; Dubbel: Taschenbau für den Maschinenbau [Handbook for Mechanical Engineering], 20th edition, 2001):

- Yük tipi,
- Gerilme oranı,
- Gerilme yığılma faktörü,
- Çentik etki faktörü,
- Bileşen boyutu,
- Yüzey etkisi,
- Teknolojik parametrelerin etkisi,
- Beka olasılığı,
- Ortam koşulları (korozyon, vb.).

3.4.2.3 Beka olasılığı

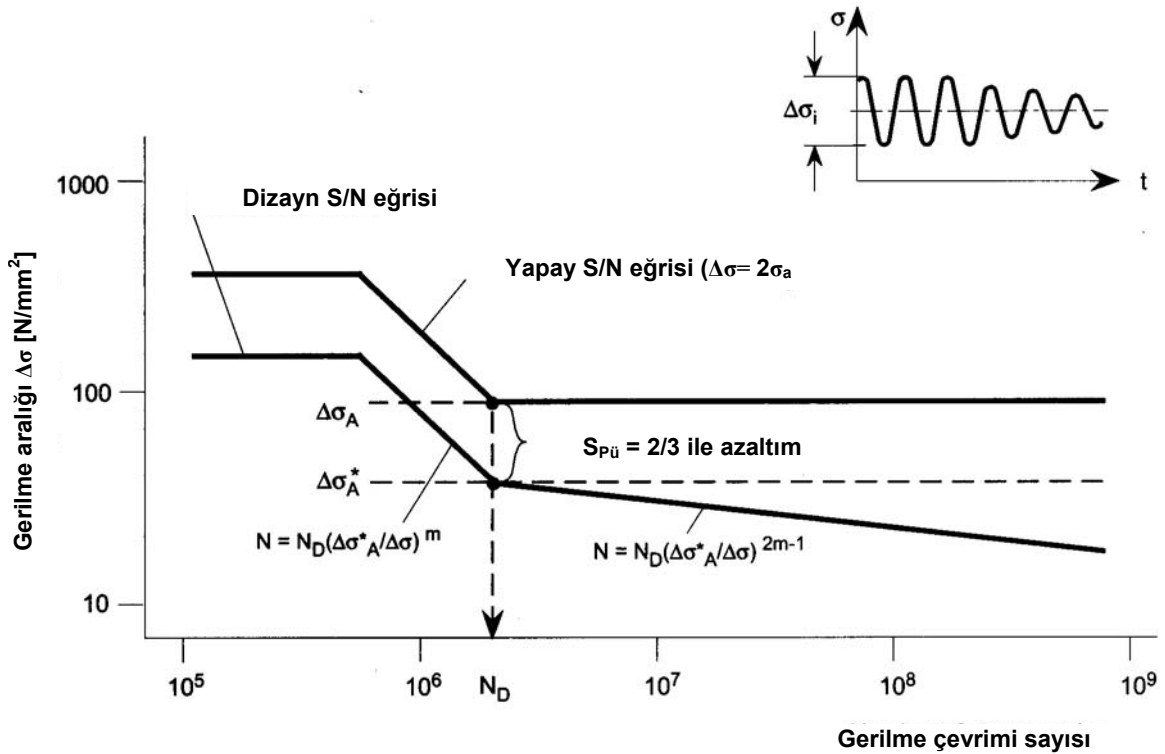
Genellikle, S/N eğrileri $P_0 = \%50$ beka olasılığına ayrılır. Yorulma analizi $P_0 > \%97,7$ beka olasılığı ile yapılacaktır. Aksi belirlenmedikçe, S/N eğrisi frekans değeri $\Delta\sigma_A$

$$\Delta\sigma_A^* = \Delta\sigma_A \cdot S_{P_0}$$

değerine azaltılacaktır. Burada; $S_{P_0} = 2/3$ 'dür. Bu $P_0 > \%97,7$ 'lik bir beka olasılığına karşılık gelir (ortalama değer -2. standart sapma). Eğer $P_0 > \%50$ 'lik beka olasılıklı S/N eğrileri kullanılırsa, TL ile anlaşarak $S_{P_0} > 2/3$ 'lük bir azaltma faktörü kabul edilebilir.

3.4.2.4 Gerilme çevrimi sayısı

$N_i > N_D$ gerilme çevrimi sayıları için, S/N eğrileri, $2m-1$ eğim parametresi ile $\Delta\sigma_A^*$ 'dan uzatılacaktır, burada; m , yorulma mukavemeti hattının eğim parametresidir (Şekil 5.3'e bakınız). Burada sınırlayıcı gerilme çevrimi sayısı N_D optimum test koşulları altındaki (korozyon, vb. etkisi olmaksızın), dayanım sınırındaki sayıdır. Yapay S/N eğrileri kullanıldığında, N_D hesaplamadan elde edilir.



Şekil 5.3 Kaynaksız dövme ve çekme parçalar için S/N eğrisi, örnek “yapay S/N eğrisi”, genel form

3.4.3 Çelik döküm ve küresel grafitli dökme demir parçaların dizaynı için S/N eğrileri

3.4.3.1 Seçim

Prensip olarak, istatistiksel olarak güvenilir malzeme S/N eğrileri kullanılacaktır. Kullanılacak döküm malzeme için bu tür S/N eğrileri mevcut değilse, ayrıntılı yorulma analizi için yapay S/N eğrileri kullanılabilir (Bölüm 5, C.3.2.3'e göre hasar birikim hesabı).

3.4.3.2 Etkiler

Yorulma mukavemeti üzerindeki aşağıda belirtilen etkiler dikkate alınacaktır.

- Yük tipi,
- Önemli artık gerilmeler,
- Gerilme oranı,
- Gerilme yığılma faktörü,
- Çentik etki faktörü
- Bileşen boyutu,
- Yüzey etkisi,
- Teknolojik parametrelerin etkisi,
- Beka olasılığı,
- Ortam koşulları (korozyon, vb.).

3.4.3.3 Beka olasılığı

Genellikle, S/N eğrileri $P_U = \%50$ beka olasılığına ayrılır. Yorulma analizi için, S/N eğrisi referans değeri $\Delta\sigma_A$

$$\Delta\sigma^*_A = \Delta\sigma_A \cdot S_{P_U}$$

Değerine azaltılacaktır. Burada; $S_{P_U} = 2/3$ 'dür. Bu $P_U > \%97,7$ 'lık bir beka olasılığına karşılık gelir (ortalama değer -2. standart sapma). Eğer $P_U > \%50$ 'lık beka olasılıklı S/N eğrileri kullanılırsa, **TL** ile anlaşarak $S_{P_U} > 2/3$ 'lük bir azaltma faktörü kabul edilebilir.

3.4.3.4 Azaltım faktörleri

Büyük et kalınlıkları ve yüzey pürüzlülüğünün etkisi dikkate alınacaktır. Homojen kalınlıklı bileşen bölgelerinden alınan örneklerden hesaplanan S/N eğrileri durumunda, bu etkiler S/N eğrilerine dahil edilir. Yapay S/N eğrilerinin belirlenmesinde, kalınlığa bağlı mekanik özellik değerleri (garanti edilen minimum çekme mukavemeti ve akma noktası) ile mevcut yüzey pürüzlülüğü nedeniyle azaltım dikkate alınacaktır.

3.4.3.5 Yapay S/N eğrilerinin kullanımında, hataların etkileri (örneğin; gaz kabarcıkları, metalik olmayan katkı maddeleri, çekme delikleri, mekanik işleme işlenen çekme delikleri ve cürufalara, üretim sonrası işlem olmaksızın izin verilmez, 3.3.2'ye bakınız);

$$S_d = 0,85^{(j-j_0)}$$

faktörü ile dikkate alınacaktır.

Burada ;

j = Yeterli yorulma mukavemeti ile dizayn edilecek bileşen veya bileşen kısımlarının kalite sınıfı (1...3, Bölüm 3, C.2.2 ve 2.5'e bakınız).

j_0 = Aşağıda verilen değerlerle, malzemeye ve test yöntemine bağlı sabit

Test yöntemi	Çelik döküm	Dökme demir
Ultrasonik veya radyografik muayene	$j_0 = 1$	$j_0 = 0$
Girici sıvı veya manyetik parçacık testi	$j_0 = 1$	$j_0 = 1$

Döküm kalitesinin ve uygulanacak test tekniklerinin değerlendirilmesinde, Bölüm 3, C.2.2 ve 2.5'de belirtilen hükümler dikkate alınacaktır.

3.4.3.6 Kalite seviyeleri sınıflandırılması; resimlerde, hesaplarda ve spesifikasyonlarda uygun şekilde dokümanite edilecek ve üretim ve montajda dizayn isteklerinin uygulanması veya üretim sırasındaki sorveyler kapsamındaki değerlendirmeler için **TL**'na sunulacaktır (Bölüm 1, B.3.2 ve 1, B.6.2'ye bakınız). Bölüm 3, C.2.12 (Çelik döküm) ve Bölüm 3, C.2.2 (Dökme demir) dikkate alınacaktır.

3.4.3.7 Dizayn S/N eğrisi

S/N eğrisi için esas olarak kullanılacak referans gerilme aralığı, N_D gerilme çevrimi sayısındaki ideal yorulma sınırı olarak (Şekil 5.4'e bakınız) :

$$\Delta\sigma^*_A = S_{Pu} \cdot S_d \cdot \Delta\sigma_A \text{ 'dır.}$$

$N_i > N_D$ gerilme çevrimi sayıları için S/N eğrileri $2m-1$ eğim parametresi ile $\Delta\sigma^*_A$ 'dan uzatılacaktır (eğer korozyon dikkate alınmazsa). Burada m ; yorulma mukavemeti hattının eğim parametresidir (Şekil 5.4'e bakınız).

3.4.4 Alüminyum parçaların dizaynı için S/N eğrileri

3.4.4.1 Prensip olarak, istatistiksel olarak güvenilir S/N eğrileri kullanılacaktır.

3.4.4.2 Ayrıntı sınıfları seçimi; "A. Hobbacker : Fatigue Design of Welded Joints and Components, International Institute of Welding, (IIW/IIS), Doc. XIII.1539-96/XV-845-96, 1996"ya göre yapılacaktır. Tereddüt halinde, prosedür hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır.

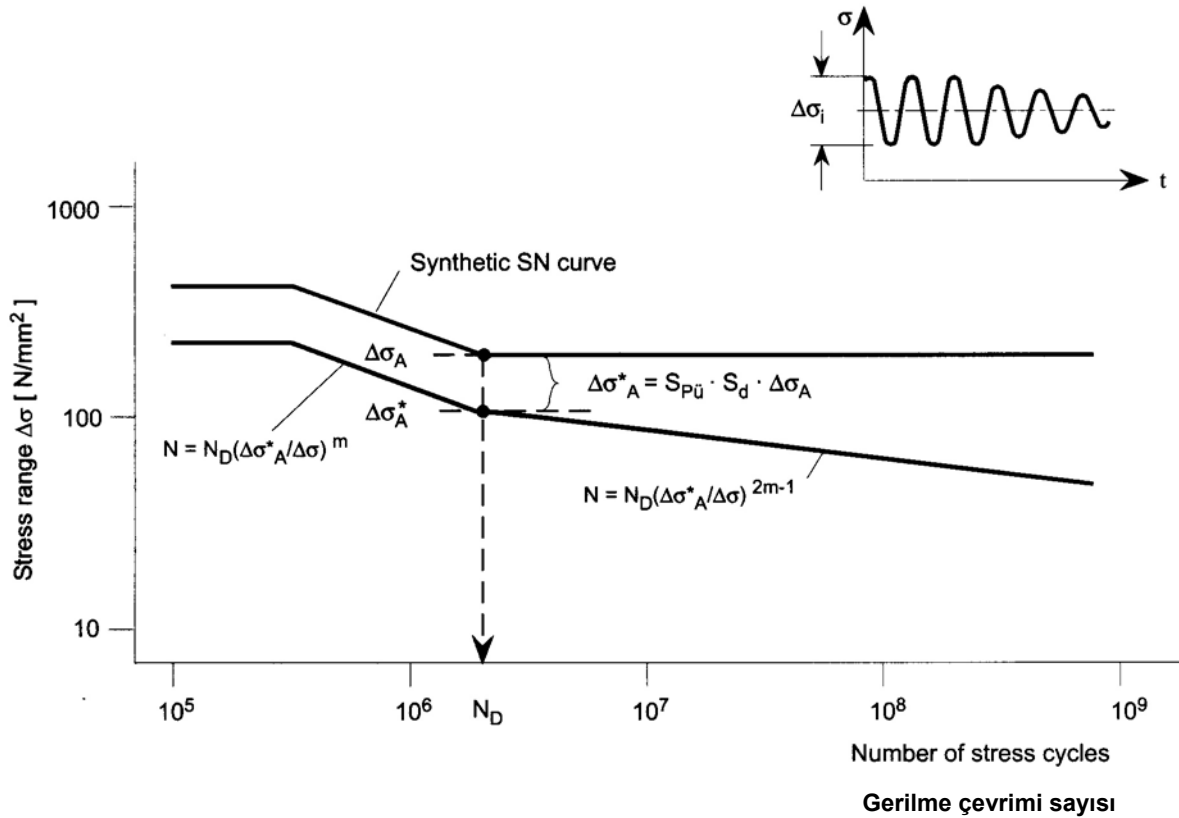
4. Çalışılabilirlik Analizi

4.1 Kısmi emniyet faktörleri

Çalışılabilirlik sınır durumlarının doğrulanmasında, kısmi emniyet faktörü $\gamma_M = 1,0$ olacaktır.

4.2 Deformasyon analizi

Tesisin çalışmasından herhangi bir özel istek oluşmazsa, deformasyonların sınırlandırılmasına gerek yoktur (Bölüm 5, C.2.2.5'e de bakınız).



Şekil 5.4 Çelik döküm ve küresel grafitli dökme demir için S/N eğrisi, örnek "Yapay S/N eğrisi" genel form

Yapay S/N eğrisi

$\Delta\sigma$ [N/mm²]

D. Beton

bileşenlerin analizinde, dizayn yükleri için kısmi emniyet faktörleri kavramı esas alınacaktır (Bölüm 1, C.2.3'e bakınız).

1. Malzeme Özellikleri**1.1 Karakteristik değerler**

Beton, donatı çelikleri ve öngerilmeli çeliklerin hesaplama analizleri için gerekli olan malzeme parametreleri örneğin; Eurocode 2, Bölüm 3 veya DIN 1045-1, Bölüm 9'dan elde edilebilir.

2.1.2 Analizler; Bölüm 4, C.3, Tablo 4.2'ye göre N, A ve T gruplarının hareketlerinin en olumsuz kombinasyonları ile yapılacaktır.

2.1.3 Donatılı beton ve öngerilmeli betonun analizi için Eurocode 2 veya DIN 1045-2 uygulanacaktır.

1.2 Kısmi emniyet faktörü γ_M

Dizayn direnci, Tablo 5.4'deki kısmi emniyet faktörü γ_M dikkate alınarak hesaplanacaktır. Donatılı betondan ve ön gerilmeli betondan yapılan kulelerin, ikinci derece teorisine göre yapılan hesaplarında, beton için $\gamma_M = 1,2$ kabul edilebilir.

2.1.4 Lineer olmayan etkilerden kaynaklanan iç kuvvetler ve momentlerdeki artışlar (örneğin; ikinci derece teorisi, çatlak oluşumu) dikkate alınacaktır. Bunlar, kuazi-statik hesaplardan belirlenebilir.

2.1.5 Öngerilmeli bileşenlerde, sürünme ve çekmenin etkileri dikkate alınacaktır.

2. Azami Sınır Durumları

2.1.6 Yoğun yüklerin uygulandığı bölgeler, ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.1 Çatlama ve denge arızaları

2.1.1 Donatılı çelikten veya öngerilmeli çelikten yapılan

Tablo 5.4 Malzeme için kısmi emniyet faktörleri γ_M

Malzeme	Azami sınır durumu		Çalışılabilirlik sınır durumu
	Çatlak ve denge arızası	Yorulma	
Beton	1,5 (1) (1,2) (2)	1,5	1,0
Santrifüjlü beton	1,4 (1) (1,2) (2)	1,4	1,0
Donatı ve öngerilme çeliği	1,15 (1)	1,15	1,0
(1) Olağandışı dizayn durumlarında (örneğin; deprem hesaplarında), beton ve santrifüjlü beton için $\gamma_M = 1,3$, donatı çeliği ve öngerilme çeliği için $\gamma_M = 1,0$ alınabilir. (2) Geometrinin ve / veya malzemelerin düzgünlüğü dikkate alındığında, deformasyon hesabı için $\gamma_M = 1,2$ alınabilir (parantez içindeki değer).			

2.2 Yorulma analizi

2.2.1 Donatılı beton veya öngerilmeli beton bileşenler durumunda, beton, donatı çeliği ve öngerilmeli çelik için grup F yükleri ile yorulma analizi yapılacaktır. Bu analiz, tam bir yorulma analizi olarak veya CEB-FIP Model Code 1990 (Dafstb booklet 439, Section 4.5 ve 4.4)'e göre sadeleştirilmiş analiz prosedürü olarak yapılabilir. Nominal işletme yük çevrimi sayısı $N_{nom} = r \cdot n_R \cdot T \leq 2 \cdot 10^9$ olan rüzgar türbinlerinde, eğer (D.1) eşitliğinde ifade edilen koşul sağlanıyorsa, basma yükü altındaki beton için ayrıntılı bir analize gerek yoktur.:

$$S_{cd,maks} \leq 0,40 + 0,46 \cdot S_{cd,min} \quad (D.1)$$

Burada;

$$S_{cd,min} = \gamma_{sd} \cdot \sigma_{c,min} \cdot \eta_c / f_{cd,fat}$$

$$S_{cd,maks} = \gamma_{sd} \cdot \sigma_{c,maks} \cdot \eta_c / f_{cd,fat} \text{ 'dır.}$$

$$\gamma_{sd} = 1.1 - \text{Gerilme hesabı modelinin hatasını dikkate alan kısmi emniyet faktörü,}$$

$$\sigma_{c,maks} = \text{Bölüm 4, C.3, Tablo 4.2'ye göre F grubu etkilerin kombinasyonu ile birlikte, maksimum beton basma gerilmesi şiddeti,}$$

$$\sigma_{c,min} = \text{Hareket etkisinin düşük değeri ile hesaplanan, } \sigma_{c,maks} \text{'in olduğu konumdaki basınç bölgesinde minimum beton basma gerilmesi şiddeti (çekme gerilmeleri için } \sigma_{c,min} = 0 \text{ alınacaktır),}$$

$$\eta_c = \text{Dafstb 439, eşitlik (8)'e göre, betonun basma gerilmesinin üniform olmayan dağılımını dikkate alan faktör. (sadeleştirme için } \eta_c = 1,0 \text{ alınabilir),}$$

$$f_{cd,fat} = 0,85 \cdot \beta_{cc}(t) \cdot f_{ck} \cdot (1 - f_{ck} / 250) / \gamma_c, \text{ basma yükü altındaki betonun yorulma mukavemetinin dizayn değerleri,}$$

$$f_{ck} = \text{Karakteristik silindir basma mukavemeti, [N/mm}^2\text{]}$$

$$\gamma_c = \text{Beton için kısmi emniyet faktörü (Tablo 5.1'e bakınız).}$$

$$\beta_{cc}(t) = \text{Betonda zamana bağlı mukavemet artışını dikkate alan katsayı. Burada } \beta_{cc}(t) \text{ beton yaşlanması } \geq 28 \text{ gün için çevrimsel başlangıç yüküne karşılık gelen 1,0'den büyük olmayacaktır. Betonun daha erken yaşlanmasındaki çevrimsel başlangıç yük durumunda, } \beta_{cc}(t) < 1,0 \text{ belirlenecek ve analizlerde dikkate alınacaktır.}$$

2.2.2 Prensip olarak, sadeleştirilmiş analiz prosedürü için, aşağıda belirtilenler incelenecektir:

- Maksimum güç aralığı,
- Betonun en büyük basma gerilmesi $\sigma_{c,maks}$ 'daki yük aralığı,
- Betonun en küçük basma gerilmesi $\sigma_{c,min}$ 'deki yük aralığı,
- Beton basma gerilmesi için en büyük ortalama değerli yük aralığı.

2.2.3 Makina olmaksızın, montaj koşullarından kaynaklanan yük etkilerinin hasar bileşeni, Bölüm 6, F.1.5'e göre dikkate alınacaktır.

3. Çalışılabilirlik Sınır Durumu

3.1 Kısmi emniyet faktörleri

Çalışılabilirlik sınır durumundaki doğrulamalar için, kısmi emniyet faktörü $\gamma_M = 1,0$ olacaktır.

3.2 Deformasyon analizi

Türbinin çalışmasından kaynaklanan özel istekler yoksa, deformasyonların sınırlandırılmasına gerek yoktur.

3.3 Gerilme sınır durumu

3.3.1 Donatılı beton ve öngerilmeli beton kuleler için, DYD 1.6'nın seyrek rastlanan kombinasyonları için beton basma gerilmeleri $0,6 \cdot f_{ck}$ ile sınırlandırılacaktır. Aksi halde, gerekli önlemler alınacaktır (örneğin; DIN 1045-1 : 2001-07, 11.1.2(2)'ye göre).

3.3.2 Ayrıca, öngerilmeli beton kuleler için, sabit yük altında beton basma gerilmeleri (kendi ağırlığı ve ön gerilmeler) $0,45 \cdot f_{ck}$ ile sınırlandırılacaktır. Aderanslı öngerilmeli beton kuleler için, DYD 1.1'in yarı-sabit kombinasyonu için dekompresyon doğrulaması sağlanacaktır.

3.4 Çatlak genişliği sınırlaması

0,2 mm.lik teorik çatlak genişliği için, çatlak genişliği sınırlamasının doğrulaması yapılacaktır. Burada, donatılı beton ve aderanslı öngerilmeli beton bileşenleri için, DYD 1.1'in yarı-sabit kombinasyonu ve aderanslı öngerilmeli beton bileşenler için DYD 1.5 ve 1.11'in sık rastlanan kombinasyonları kullanılacaktır. Bunun için, Bölüm 4, B.4.1'e göre ısı etkileri uygulanacaktır.

E. Elyaf Takviyeli Plastik (ETP) ve Yapıştırırmalı Birleştirmeler

1. Genel

1.1 Analizler: 2.3'de tanımlanan test sonuçlarından elde edilen karakteristik değerlerle yapılacaktır. Doğrulama; S_d 'nin dizayn değerinin, bileşen direnci R_d 'nin dizayn değerinden küçük olacağı şekilde sağlanacaktır (R_k karakteristik değerinin, malzemenin kısmi emniyet faktörü γ_{Mx} 'e bölümü):

$$S_d \leq R_k / \gamma_{Mx} = R_d$$

1.2 Eğer analiz için test sonuçları veya diğer doğrulanmış veriler yoksa, Bölüm 5, E.4 ÷ 6'da verilen minimum karakteristik değerler kullanılabilir. En geç üretimin başlangıcında, malzemenin, analiz için kabul edilen asgari karakteristik değerine ulaşmış olduğu doğrulanacaktır.

2. Malzemeler

2.1 Üreticilerden istenilenler

2.1.1 TL tarafından denetlenecek ETP bileşenlerin üretimi tercihen, TL onaylı üreticilerde yapılacaktır.

2.1.2 Pervane kanatlarının üretimi ile ilgili istekler, Bölüm 3, A'da verilmiştir. Üretim yerlerinin onay tipi ve kapsamı da aynı bölümde yer almaktadır.

2.1.3 Firmanın kalite yönetim sisteminin onayı ile ilgili istekler, onayı alınması ve sürdürülmesi prosedürü Bölüm 3, B'de verilmiştir.

2.1.4 Üretim ile ilgili özel istekler, Bölüm 3, D.3 ÷ 5'de verilmiştir.

2.2 Malzemelerle ilgili istekler

2.2.1 Sadece özellikleri doğrulanmış malzemeler kullanılabilir. Bazı durumlarda, ilave olarak TL onayı gerekir, Bölüm 3, D.3.4.1 ve Bölüm 5, E.6.5'e bakınız.

2.2.2 Normal yapı malzemeleri ile ilgili istekler ve kalite doğrulaması (sertifikalar, test raporları, onaylar), Bölüm 3, C.3.8 ve 3, D.5.2.1'de belirtilmiştir.

2.2.3 Kullanılan malzemelerin mukavemeti ve dayanımı (yani; elastisite modülü, Poission numarası, kullanılan tipik laminat tabakalarının hata zorlanması ve hata gerilmesi, liflere paralel ve dik doğrultudaki çekme ve basma yükü ve kesme yükü için).

2.2.4 Matrisin ve yapısal yapıştırıcı malzemelerin cam geçiş sıcaklığı (ISO 11357-2'ye göre T_{g} , ekstrapolasyon başlangıç sıcaklığı), 65°'den büyük olacak ve ayrıca yapısal elemanda öngörülen sıcaklıktan da büyük olacaktır.

2.3 Karakteristik değerler

2.3.1 R_k karakteristik değerleri genelde aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

$$R_k(\alpha, P, v, n) = x \left[1 - v \left(U_\alpha + \frac{U_p}{\sqrt{n}} \right) \right]$$

Burada ;

U_i = Normal dağılımın %1'inci yüzdeliği,

n = Test adedi,

$\bar{x}$ = Test değerlerinin ortalaması,

v = n test değeri için değişim katsayısı.

2.3.2 Eşitlik için, gözlemlenen değerlerin standart sapmasının normal dağılımına karşılık geldiği kabul edilir. Bu nedenle oluşan kusurlar, azaltım faktörleriyle karşılanır.

2.3.3 Normal bir dağılım kabul edilerek $P=96\%$ 'lık olasılık için (güvenirlilik düzeyi) $\alpha = 5\%$ kabul edilecektir (DIN 55303, Part 1). Bunun sonucunda;

$$R_k(5\%, 95\%, v, n) = x \left[1 - v \left(1,645 + \frac{1,645}{\sqrt{n}} \right) \right]$$

elde edilecektir.

2.4 Malzeme için kısmi emniyet faktörleri

2.4.1 Malzeme için kısmi emniyet faktörü γ_{Mx} aşağıda belirtilenler için ayrı ayrı belirlenecektir.

- Kısa süreli doğrulama ($x=a$),
- Yorulma doğrulaması ($x=b$),
- Dengelilik analizi ($x=c$) ve
- Yapışma analizi ($x=d$ ve $x=e$).

Bu faktörler; kısmi emniyet faktörü γ_{M0} ile C_{ix} azaltım faktörünün çarpımından elde edilir:

$$\gamma_{Mx} = \gamma_{M0} \cdot \prod_i C_{ix}$$

Tüm analizler için, kısmi emniyet faktörü γ_{M0} :

$$\gamma_{M0} = 1,35 \text{ dir.}$$

Aşağıda verilen azaltım faktörleri C_{ix} , ayrıca doğrulama yapılmaksızın uygulanır. Alternatif olarak, tecrübelerle doğrulanan azaltım faktörleri kullanılabilir.

2.4.2 Kısa süreli mukavemet doğrulamasında, γ_{Ma} ; 2.4.1'deki γ_{M0} ile C_{1a} azaltım faktörünün çarpımından hesaplanacaktır. Malzeme özelliklerinin etkisini dikkate almak için, aşağıdaki azaltım faktörleri kullanılacaktır:

$C_{1a} = 1,35$ Yaşlanma etkisi,

$C_{2a} = 1,1$ Sıcaklık etkisi,

$C_{3a} = 1,1$ Prepreglerden üretilen laminat, sarma tekniği, pultrüzyon veya reçine karıştırma yöntemi,

$= 1,2$ Elle serilen ıslak laminat, presleme tekniği,

$C_{4a} = 1,0$ Geç sertleşen laminat,

$= 1,1$ Geç sertleşmeyen laminat.

2.4.3 Yorulma doğrulamasında, γ_{Mb} ; γ_{M0} (2.4.1'e bakınız) ile aşağıdaki C_{1b} azaltım faktörünün çarpımından hesaplanacaktır.

$C_{1b} = N^{1/m}$ N yük çevrimi sayısı ve m eğim parametresi için, yüksek çevrimli yorulma eğrisi.
 m değeri, **TL** ile anlaşmaya varılacak bir analizle (S/N eğrisi) belirlenecektir.
 m için sadeleştirme kabulleri ile ilgili olarak, 4.4, 5. ve 6.'ya bakınız.

$C_{2b} = 1,1$ Sıcaklık etkisi

$C_{3b} = 1,0$ Tek yönlü (UD) takviyeli ürünler için

$= 1,1$ Dokuma olmayan kumaş ve UD fitil dokumalar için

$= 1,2$ Dokuma kumaş ve keçeler için

$C_{4b} = 1,0$ Geç sertleşen laminat

$= 1,1$ Geç sertleşmeyen laminat

$C_{5b} = 1,0 \div 1,2$ Kanat takip kenarı için lokal kısmi emniyet faktörü. Kesin değer, doğrulamanın kalitesine bağlıdır (kenar doğrultusunda dinamik kanat testi için 1,0, Sonlu elemanlar hesabı için 1,1, Bernoulli teorisine göre hesap için 1,2).

3. Analizler

3.1 Genel

3.1.1 Zorlanma veya gerilmelerin dizayn değerleri; tüm yük durumlarında, kısa-sürekli mukavemet, yorulma mukavemeti ve dengelilik yönlerinden laminat hatasını ve dengelilik hatasını önleyecek isteklerden hesaplanır. Laminattaki devamsızlıklar, yük uygulama bölgeleri ve yüksek yük çevrimi sayıları dikkate alınacaktır.

3.1.2 Hakiki emniyet; literatürde doğrulanan (örneğin; VDI 2014 veya Puck'a göre) anizotropik malzemeler için hata hipotezi vasıtasıyla, kısa süreli mukavemet ve yorulma mukavemeti analizinde dokümante edilecektir.

TL ile anlaşmaya varılarak, diğer hipotezlerin kullanımı mümkündür. Mukavemet analizi için, elyaf hatası ve elyaflar arası hataların ayrı bir doğrulaması daima sağlanacaktır.

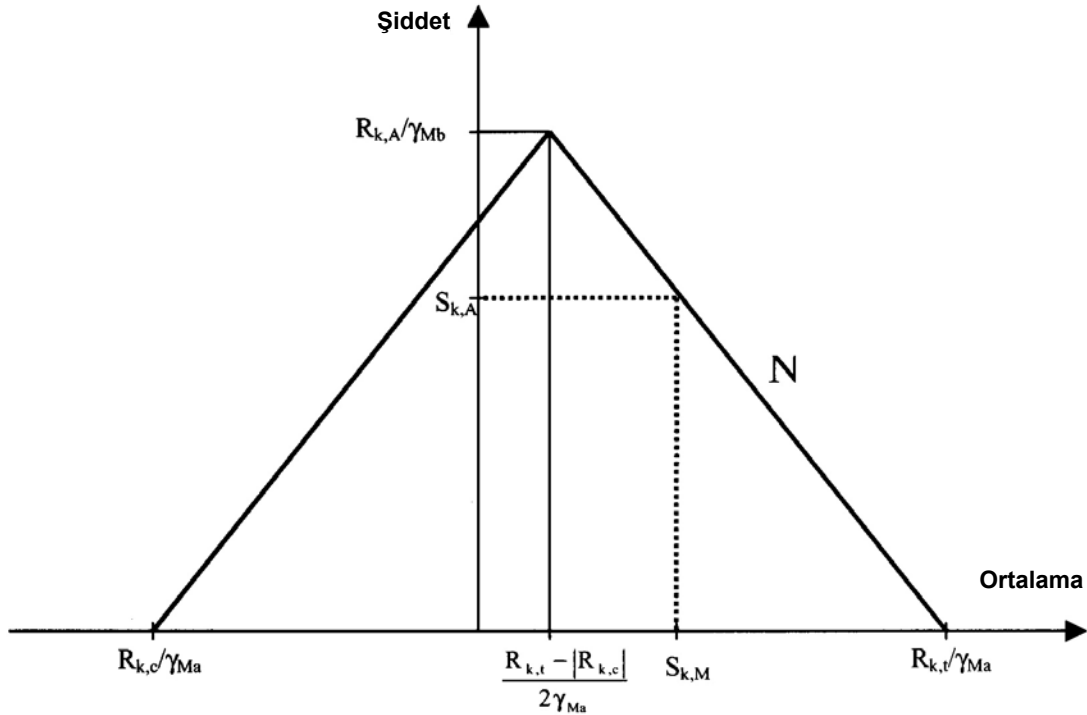
3.1.3 Elyaf hatası ve elyaflar arası hatanın, kısa-sürekli ve yorulma mukavemeti ile ilgili dengeliliğin doğrulanması, zorlanma veya gerilme analizleri şeklinde verilebilir.

3.2 Elyaf hatası analizi

3.2.1 Elyaf hatası analizi; S_d 'nin dizayn değerlerini kullanarak, basma, çekme ve / veya kesme yükleri altındaki alanlar için yapılacaktır.

3.2.2 Yorulma analizinde; söz konusu laminat için oluşturulan karakteristik S/N eğrisi ve bu eğri kullanılarak oluşturulan Goodman diyagramı esas alınır. Laminat için S/N eğrisi mevcut değilse, 2.4.3 (faktör C_{1b}), 4.4 ve 5.6'da verildiği şekilde kabul edilecektir.

3.2.3 Goodman diyagramı, R bileşen direnci ve S hareketinin (R ve S, ε zorlanmaları veya σ gerilmeleri olarak) ortalama ve aralık bileşenleri arasındaki ilişkiyi gösterir ve Şekil 5.5'deki gibi çizilebilir.



Şekil 5.5 Goodman diyagramı

Bunun için, izin verilen yük çevrimi sayısı N , aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

$$N = \left[\frac{R_{k,t} + |R_{k,c}| - |2 \cdot \gamma_{Ma} \cdot S_{k,M} - R_{k,t} + |R_{k,c}|}{2 \cdot (\gamma_{Mb}/C_{1b}) \cdot S_{k,A}} \right]^m$$

Burada;

$S_{k,M}$ = Karakteristik etkilerin ortalama değeri,

$S_{k,A}$ = Karakteristik etkilerin genliği
($|S_{k,max} - S_{k,min}| / 2$)

$R_{k,t}$ = Çekmede, karakteristik kısa-sürelili yapı elemanı dayanımı,

$R_{k,c}$ = Basmada, karakteristik kısa-sürelili yapı elemanı dayanımı,

m = S/N eğrisinin eğim parametresi

$R_{k,A}$ = Yük çevrimi sayısı $N=1$ için, karakteristik yapı elemanı dayanımı genliği

M ve $R_{k,A}$ yardımcı değişkenleri, **TL** ile anlaşmaya varılacak bir analiz (S/N eğrisi) ile belirlenir. Sadeleştirilmiş kabuller için, 4.'e ve 5.'e bakınız.

N = İzin verilen yük çevrimi sayısı,

γ_{Ma} = Malzeme için kısmi emniyet faktörü (2.4'e göre, kısa süreli mukavemet)

γ_{Mb} = Malzeme için kısmi emniyet faktörü (2.4'e göre, yorulma mukavemeti)

C_{1b} = $N^{1/m}$, 2.4.3'e bakınız [yani; C_{1b} olmaksızın γ_{Mb} 'ye karşılık gelen (γ_{Mb}/C_{1b})]

3.2.4 Verilen etkiler için Goodman diyagramı, hasar birikimi hesabının yapılması için kullanılabilecek olan, izin verilen yük çevrimi sayısı N 'nin belirlenmesinde kullanılabilir. D hasarı, mevcut yük çevrimi sayısı N_i 'nin

izin verilen yük çevrimi sayısı N_i 'ye oranlarının toplamı olarak tanımlanır. D 'den küçük olmalıdır.

$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

Burada ;

D = Hasar,

n_i = i sınıfı etkinin mevcut yük çevrimi sayısı,

N_i = i sınıfı etkinin izin verilen yük çevrimi sayısı.

3.3 Elyaf arası hatanın analizi

3.3.1 Her tekil laminat katmanı için, 3.1.2'ye göre ilgili kritik konumlarda çatlaklar hesaplama ile incelenebilir. Bu inceleme için gerekli olan, elyafa paralel ve dik izin verilen hata gerilmeleri ve hata zorlanmalarının ve kesmenin belirlenmesi için karakteristik parametreler ($\gamma_{Ma} \cdot C_{1FF}$) azaltılmış faktörü ile azaltılacaktır. Ancak, ($\gamma_{Ma} \cdot C_{1FF}$) 'den elde edilen faktör 1,35'den küçük olmayacaktır.

Not :

Enine zorlanmalar, hesaplama veya deneylerle belirlenebilir.

3.3.2 Eğer hesaplamalar, laminatın katmanlarının, gelen gerilmeleri çatlak olmaksızın aktaramadığını gösterirse, çatlak katmanlara etki eden ΔF kuvvet bileşeni, laminatın diğer katmanlarınca taşınacaktır. C_{1FF} , Tablo 5.5'e göre aktarılması gereken ΔF kuvvet bileşenin şiddetinden hesaplanır.

3.3.3 Kısmen çatlamış laminatın tekil katmanlarının aktarımından kaynaklanan gerilme değişimlerinin hassas olarak izlenmesi gerekli değildir.

3.4 Dengelilik analizi

3.4.1 Çekme, basma ve / veya kesme yükleri altındaki parçaların dengeliliği (burkulma ve katlanmaya karşı), S_d etkilerinin dizayn değerleri esas alınarak doğrulanacaktır.

Tablo 5.5 Elyaf arası hatanın analizi için C_{1FF}

Elyaf doğrultusuna göre hata durumu	Elyaf arası hata durumunda değiştirilecek ΔF kuvvet bileşeni	
	$\%0 < \Delta F > \%5$ için C_{1FF}	$\Delta F > \%5$ için C_{1FF}
Enine çekme ile birlikte kesme	0,60	0,80
Temel olarak kesme, enine basma ile birlikte	0,60	0,80
Temel olarak enine basma, kesme ile birlikte	0,80	1

3.4.2 Dengelilik analizi için; R_d bileşen dayanımının dizayn değerlerini belirlemek üzere, malzeme için kısmi emniyet faktörü γ_{Mc} , malzeme katılığının ortalama değerine uygulanacaktır. γ_{Mc} , kısmi emniyet faktörü γ_{Mo} 'ın (2.4.1'e bakınız) aşağıda verilen C_{1c} azaltım faktörü ile çarpımından elde edilecektir.

$C_{1c} = 1,1$ Modülün dağılımını dikkate almak üzere masif laminat ve sandviç yapıların cidar katmanları için,

$= 1,3$ Modülün dağılımını dikkate almak üzere öz malzemeleri için,

$= 1,0$ Eğer doğrulanan minimum özellikler kullanılıyorsa, öz malzemeleri için,

$C_{2c} = 1,1$ Sıcaklık etkisi (4.7 ve 5.8'e bakınız).

3.4.3 Doğrulamanın hesaplama ile yapıldığı ve genelde olduğu gibi fiili yapının ayrıntılı olarak analiz edilemediği hallerde, yapılan kabuller ve yaklaşımlar ılımlı olmalıdır.

3.4.4 Dengelilik analizi, lineer olmayan (geometrik) bir sonlu elemanlar hesabı ile yapılabilir. Her yükleme için, yapıya gerilmesiz öndeformasyon 1. lineer burkulma özdeğer formu uygulanacaktır. 1. lineer özdeğer formunun global hesabı kritik burkulmanın maksimum yüksekliği, en büyük yatay boyutun (kesit boyu) 1/400'ü olacak şekilde yapılacaktır. Yüksekliğinin doğrulandığı hallerde, daha

küçük öndeformasyona izin verilebilir. Bu koşullar altında, izin verilen gerilmeler, yüklerin dizayn değerlerini aşmayacaktır.

3.4.5 Lineer olmayan sonlu elemanlar hesabı kullanılan dengelilik analizinde, 1. bifurkasyon yükünü hesaplamak için lineer bir yöntemle göre ilave doğrulama sağlanacaktır. Bu, karakteristik yükten büyük olmalıdır. Ayrıca, öndeformasyondan sonraki burkulmanın sonucu olarak, bitişik yapı elemanlarında ve yapısal ayrıntılarda (örneğin; yapıştırılmalı birleştirmelerde) hasar oluşmadığı gösterilecektir.

3.4.6 Eğer dengelilik analizi lineer bir sonlu elemanlar hesabı ile yapılırsa, 1,25'lik ilave bir emniyet faktörü uygulanacaktır.

3.4.7 Analitik yaklaşımla yapılan gerekli dengelilik analizine alternatif olarak, dengelilik testlerle doğrulanabilir. Bu durumda, yükler için dizayn değerleri ve azaltım faktörleri, 3.4.2'ye göre dikkate alınacaktır. $C_{1c}=1,0$ azaltım faktörü uygulanacaktır. Eğer testler, yapısal bileşenlerde veya örneklerde yapılacaksa, bu testlerin onay koşulları, TL ile anlaşarak önceden belirlenecektir.

4. Cam Elyaf Takviyeli Plastikler (CTP)

4.1 -30°C ile +50°C arasındaki izin verilen ortam sıcaklıklarında, yapı elemanlarında kullanılan malzemelerin mukavemeti ve katılığını belirlemek için, TL tarafından onaylı veya akredite bir laboratuvar tarafından asgari olarak aşağıda belirtilen testler yapılacaktır.

Not :

Elyafların özellikleri ve boyutlar, dokuma olmayan kumaşınkinden daha önemlidir.

Matris ve yapıştırma malzemesi :

- Yük altında çökme sıcaklığının (DIN EN ISO 75-2, yöntem A'ya göre, en az 3 örnek), 2.2.4'e göre cam geçiş sıcaklığı için minimum sıcaklığın belirlenmesi.

Kompozit :

- Çekme mukavemetinin belirlenmesi için en az 6 örnekte, elyaf doğrultusuna paralel çekme testi (DIN EN ISO 527-5, Tip A), hata zorlanması, E-modülü ve Poisson sayısı,
- Çekme mukavemetinin belirlenmesi için en az 6 örnekte, elyaf doğrultusuna dik çekme testi (DIN EN ISO 527-5, Tip B) hata zorlanması, E-modülü,
- Basma mukavemetinin belirlenmesi için en az 6 örnekte, B form test parçası ile, elyaf doğrultusuna paralel yönde basma testi (DIN EN ISO 14126), hata zorlanması, E-modülü,
- Kesme mukavemetinin belirlenmesi için en az 6 örnekte, $\pm 45^\circ$ laminatlar için çekme testi (DIN EN ISO 14129),
- Basma mukavemetinin ve hata zorlanmasının belirlenmesi için en az 6 örnekte, elyaf doğrultusuna dik basma testi (DIN 65375).

4.2 -30°C 'dan daha düşük izin verilen ortam sıcaklıkları için aşağıdaki asgari ilave testler gereklidir:

Matris ve yapıştırma malzemesi :

- İzin verilen en düşük ortam sıcaklığı 10°C altındaki başlangıç sıcaklığı ile matris ve yapıştırma malzemesinin dinamik mekanik özelliklerinin (DIN EN ISO 6721-2'ye göre) belirlenmesi, 3 örnek

- Her biri 6 örnekte olmak üzere, oda sıcaklığında ve izin verilen en düşük ortam sıcaklığında DIN EN 1465'in sınırları içindeki bindirme-kesme testi veya eşdeğer testler. Test prosedürü ve örneğin oluşumu için önceden TL ile anlaşmaya varılacaktır.

Kompozit :

- İzin verilen en düşük ortam sıcaklığında, çekme gerilmesi hata zorlanması ve E-modülünün belirlenmesi için, en az 6 örnekte elyaf doğrultusuna dik çekme testi (DIN EN ISO 527-5, Tip B),
- İzin verilen en düşük kesme mukavemetinin ve kesme modülünün belirlenmesi için en az 6 örnekte, $\pm 45^\circ$ laminatlar için çekme testi (DIN EN ISO 14129),

4.3 Gerekli olabilecek diğer değerler testlerden çıkarılabilir veya literatürden alınabilir. TL ile anlaşarak, diğer standartlar kullanılabilir. Kural olarak, test sonuçları, her 4 yılda bir doğrulanacaktır.

4.4 Madde 2.4.3'e göre yorulma mukavemeti doğrulamasındaki C_{1b} faktöründeki m eğim parametresi, Bölüm 3, C.3.4.4 göz önünde bulundurularak, aşağıdaki şekilde kabul edilebilir:

- $m = 9$ polyester reçine matrisli laminatlar için.
- $m=10$ epoksi reçine matrisli laminatlar için.

4.5 Bu m değerleri, elyaf miktarı, hacimce en az %30, en çok %55 olan laminatlar için, ilave doğrulamalar olmaksızın uygulanır. Diğer elyaf hacim oranları ve matris reçineleri için, uygun bir analiz (S/N eğrisi) yapılacaktır.

4.6 $N = 1$ yük çevrimi sayısı için, karakteristik yapısal eleman direncinin şiddeti, aşağıdaki şekilde kabul edilebilir:

$$R_{k,A} = (R_{k,t} + |R_{k,c}|) / 2$$

4.7 Laminatların 50°C'daki kesme veya eğilme modüllerindeki azalma, 23°C'dakilere göre %20'den daha fazla değilse C_{2x} faktörü -30°C ile 50°C arasındaki ortam sıcaklıklarının etkisi için uygulanır.

4.8 Yük taşıyan laminatları, tek yönlü cam-elyafı takviyeli tabakalardan yapılan yapılar, kısa-sürelili ve yorulma mukavemeti bakımından, sadeleştirilmiş zorlanma doğrulaması ile sınıflandırılabilir. Etkilerin dizayn değerlerinde, elyaf doğrultusu boyunca zorlanma, aşağıdaki dizayn değerlerinin altında kalacaktır:

- Çekme zorlanması $\epsilon_{Rd,t} \leq \%0,35$
- Basma zorlanması $\epsilon_{Rd,c} \leq \% \left| -0,25 \right|$

4.9 Yük etki bölgelerindeki ortalama dayanma gerilmesi, ayrıca doğrulamaya gerek olmaksızın, elyaf doğrultusunda 100 N/mm²'yi aşmayacaktır.

5. Karbon Elyaf Takviyeli Plastikler (KTP)

5.1 Bu maddede tanımlanan karakteristik değerler, yüksek gerilmeli takviye elyaflarına aittir. Diğer elyaf tiplerinin (HM, HS, IM, piç-esaslı elyaf, "ağır çekmeli", vb) doğrulanması ile ilgili analiz için **TL** ile anlaşmaya varılacaktır (Bölüm 3, C.3.4.5'e bakınız).

5.2 KTP ile metal bileşenler arasındaki doğrudan temas durumunda, temas korozyonundan kaynaklanan olası hasarlar, uygun önlemlerle önlenmektedir.

5.3 Elyaf doğrultusuna paralel basmadaki mekanik özellikler testlerle kanıtlanacaktır. Test örneğinin laminat kalitesi daha sonraki üretim hattındakine eşdeğer olacaktır. Laminatın kalitesi (elyafın doğrultusu ve dalgalanması, porozite, vb.) bileşenin üretim spesifikasyonunda belirtilecektir.

5.4 -30°C ile +50°C arasında izin verilen ortam sıcaklıkları için kullanılan malzemelerin mukavemetinin ve katılığının belirlenmesi hususunda 4.1'e bakınız. Bundan farklı olarak -30°C ile +50°C arasındaki izin verilen ortam sıcaklıkları için aşağıdaki standartlara göre iki test yapılacaktır.

- Çekme mukavemeti, hata zorlanması ve E-modülünün belirlenmesi için en az 6 adet örnekle, elyaf doğrultusuna dik çekme testi (DIN EN 2597)

- Basma mukavemeti ve hata zorlanmasının belirlenmesi için, en az 6 adet örnekle, A1 test parçasında (8 mm $\pm$ 0,25 mm serbest burkulma boya azalmasına izin verilir) elyaf doğrultusuna paralel basma testi (DIN EN 2850, draft of April 1998'e göre).

5.5 -30°C'dan daha düşük izin verilen ortam sıcaklıkları için, 4.2 uygulanır. Bundan farklı olarak, -30°C'dan daha düşük ortam sıcaklıkları için, aşağıdaki standartlarda bir test yapılacaktır.

- Çekme mukavemeti, hata zorlanması ve E-modülünün belirlenmesi için en az 6 adet örnekle, elyaf doğrultusuna dik çekme testi (DIN EN 2597).

5.6 Madde 2.4.3'e göre yorulma mukavemetinin doğrulanmasındaki C_{1b} faktöründeki m eğim parametresi KTP için m = 14 olarak alınabilir. Bu m değeri, elyaf miktarı hacimce en az %50, en çok %60 olan laminatlar ve epoksi reçine matris için, ilave doğrulamalar olmaksızın uygulanır. Diğer elyaf hacim oranları ve matris reçineleri için, uygun bir analiz (S/N eğrisi) yapılacaktır.

5.7 N=1 yük çevrimi sayısı için, karakteristik yapısal eleman direncinin şiddeti, aşağıdaki şekilde kabul edilebilir:

$$R_{k,A} = (R_{k,t} + |R_{k,c}|) / 2$$

5.8 Laminatların 50°C'daki kesme veya eğilme modüllerindeki azalma, 23°C'dakilere göre %20'den daha fazla değilse C_{2x} faktörü -30°C ile 50°C arasındaki ortam sıcaklıklarının etkisi için uygulanır.

5.9 Yüksek laminat kalitesinin doğrulanabilmesi koşuluyla, yük taşıyan laminatları, tek-yönlü cam elyafı takviyeli tabakalardan yapılan yapılar, kısa-sürelili ve yorulma mukavemeti bakımından, sadeleştirilmiş zorlanma doğrulaması ile sınıflandırılabilir. Etkilerin dizayn değerinde, elyaf doğrultusu boyunca zorlanma, aşağıdaki dizayn değerlerinin altında kalacaktır:

- Çekme zorlanması $\varepsilon_{Rd,t} \leq \%0,24$
- Basma zorlanması $\varepsilon_{Rd,c} \leq \% \left| -0,18 \right|$

5.10 Yük etki bölgelerindeki ortalama dayanma gerilmesi, ayrıca doğrulamaya gerek olmaksızın, elyaf doğrultusunda 150 N/mm^2 'yi aşmayacaktır.

6. Yapıştırılmalı Bağlantılar

6.1 Yapıştırıcılar için mukavemet analizi, gerekli değişimlerle birlikte, 3.'e göre yapılacaktır. Yapışan yüzeyler ve hatalardaki gerilme yığılmaları dikkate alınacaktır (Bölüm 3, D.4.1.2'ye bakınız).

6.2 Üretici tarafından yapıştırıcı için verilen uygulama sınırlarına dikkat edilecektir. Yapıştırılmalı bağlantılar, sıyrılma momentleri veya kuvvetlerinden mümkün olduğunca kaçınılacak tarzda dizayn edilecektir.

6.3 Eğer analizlerde, testlerden elde edilen karakteristik değerler esas alınırsa, her durumda örnekteki gerilme yığılmaları ile ilgili bulguların hakiki yapı elemanlarına aktarılabilmesi kontrol edilecektir. Gerekirse, karakteristik değerler, çeşitli gerilme yığılmalarıyla orantılı olarak düzeltililecektir.

6.4 Kararlı gerilme eğrileri için izin verilen kesme gerilmesini belirlemek için, kullanılan yapıştırıcı için, 23°C 'da ve 50°C 'da bindirme-kesme testleri veya eşdeğer testler yapılacaktır. Test prosedürü ve örneğin hazırlanması için, **TL** ile anlaşmaya varılacaktır. Malzeme için kısmi emniyet faktörü γ_{Md} hesaplanan karakteristik değere uygulanacaktır. γ_{Md} ; γ_{M0} kısmi emniyet faktörünün (2.4.1'e bakınız) aşağıda verilen C_{id} azaltım faktörü ile çarpımından elde edilecektir :

- $C_{1d} = 1,5$ yaşlanma etkisi
- $C_{2d} = 1,0$ sıcaklık etkisi
- $C_{3d} = 1,1$ yapıştırılan yüzeyin çoğaltımı
- $C_{4d} = 1,0$ geç sertleşen yapışma
- $= 1,1$ geç sertleşmeyen yapışma

6.5 **TL** tarafından onaylı iki bileşenli termoset yapıştırıcılar için, ilave doğrulama olmaksızın

$$\tau_{Rk} = 7 \text{ N/mm}^2\text{'lik}$$

karakteristik kesme gerilmesi kullanılabilir. Yapısal elemandan oluşan gerilme yığılması $3,0$ 'e kadar olan bir faktör ile bu değerle karşılanır.

6.6 Yorulma doğrulaması için, karakteristik S/N eğrisi, 23°C 'daki testlerden hesaplanacaktır. Test prosedürü ve örneğin hazırlanması için **TL** ile anlaşmaya varılacaktır. Malzeme için kısmi emniyet faktörü γ_{Me} , hesaplanan karakteristik değere uygulanacaktır. γ_{Me} ; γ_{M0} kısmi emniyet (2.4.1'e bakınız) aşağıda verilen C_{ie} azaltım faktörü ile çarpımından elde edilecektir :

- $C_{1e} = 1,0$ (sadece biçimsel kod)
- $C_{2e} = 1,1$ sıcaklık etkisi
- $C_{3e} = 1,1$ yapıştırılan yüzeyin çoğaltımı
- $C_{4e} = 1,0$ geç sertleşen yapışma
- $= 1,1$ geç sertleşmeyen yapışma

Yorulma doğrulamasında, ortalama gerilmenin etkisi, 3.2.3 ve 4'e benzer şekilde dikkate alınacaktır.

6.7 Eğer, 10^7 yük çevrimi için eşdeğer sabit-aralıklı spektrumdan elde edilen gerilme aralığı $\tau_{Rd} = 1,0 \text{ N/mm}^2$ 'den küçükse **TL** tarafından onaylı iki bileşenli termoset yapıştırıcılar için, kesintili olmayan kararlı kesme gerilmesi eğrisini sahip birleştirmelerin yorulma doğrulaması (örneğin; pervane kanatlarının göbeği ve gövdesi veya üst ve alt kabuğu arasındaki birleştirmeler) yapılacaktır.

Yapısal elemanda oluşan gerilme yığılması, $3,0$ 'e kadar olan bir faktör ile bu değerle karşılanır.

6.8 Nokta yüklerin (örneğin; metal insertler) yorulma doğrulaması için, karakteristik S/N eğrisi, 23°C 'daki testlerden hesaplanacaktır. Birleştirmedeki nem etkisi dikkate alınacaktır.

F. Ahşap

1. Aşırı ve çalışılabilirlik sınır durumlarının doğrulaması kural olarak, Eurocode 5'e göre yapılacaktır.
2. Ahşap pervane kanatları gibi, dinamik olarak yüklü yapısal elemanların analizi, **TL** ile anlaşarak tanımlanacaktır.
3. Çeşitli tip lamine ahşaplardan yapılan pervane kanatlarının yorulma davranışı hakkındaki doğrulanmış bilgiler sınırlıdır.

4. Özellikle, ortam koşullarının uzun süreli etkileri büyük çapta belirsizdir. Ahşaptan yapılan pervane kanatları gibi, dinamik yüklü yapısal elemanlar için yeterli yorulma mukavemetinin sağlanmasına yönelik boyutlandırma için, buradaki esaslardaki isteklere göre etkin nem geçirmezlik temel ön koşuldur.

5. Kanat ile göbek arasındaki birleştirme elemanları, Bölüm 5, C'ye göre, makina ve çelik yapı bileşenleri olarak doğrulanacaktır.

EK 5-A

SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE MUKAVEMET ANALİZİ

1. Genel

Mukavemet analizinin amacı, tipi ve kapsamı, hesaplamalar ile değerlendirme ve dokümantasyon ayrıntılarının tanımına ait istekler ve öneriler aşağıda verilmiştir. Gerekli kapsam, her durumda özgün projeye bağlı olup burada verilen isteklerden farklılık gösterebilir.

1.1 Giriş

1.1.1 Bu ekin amacı, buradaki esaslarda belirtilen istekler ışığında, rüzgar türbininin sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile mukavemet analizine ait bilgiler ve yönergeler sağlamaktır. Buradaki hedef; yöntemin seçiminde, modellemede, analizin yapılmasında ve sonuçların yorumunda olası hataları önlemek, kişilerden ve ilgili programdan bağımsız olan sonuçların değerlendirilmesini sağlamak ve yararlı yapısal sonuçlar oluşturmaktır. Bu ek, sonlu elemanlar analizinin kalite güvencesine katkıda bulunan genel esaslara ve önerilere, uygulamayla ilgili ek olarak hizmet eder. Bu bağlamda, NAFEMS (International Association for the Engineering Analysis Community) yayınlarını da içeren ayrıntılı literatüre başvurulmalıdır. Aşağıda verilenler temel olarak metal yapılarla ilgilidir. Elyaf takviyeli plastikten yapılan yapılar için, gerekli değişimlerle uygulama yapılır.

1.1.2 Genelde, gerilme analizi, ilerideki kısımlarda daha ayrıntılı olarak açıklanan, aşağıdaki kademelerden oluşur:

- Yapının ve sınır koşullarının modellenmesi,
- Ana yüklerin ve yük durumlarının belirlenmesi ve modellenmesi,
- Analizin yapılması,
- Modelin doğrulanması,

- Sonuçların değerlendirilmesi.

Sonuçta, çalışma kademeleri dokümente edilecektir (5.'e bakınız).

1.1.3 Yapının, sınır koşullarının ve yüklerin modellenmesinde, analizin amacına ve yapının tipine bağlı olarak, bazı sadeleştirmeler mümkündür veya gereklidir. Bu konuların mevcut yazılım ve donanım olanakları ile ve öngörülen analiz kapsamı ile belirlenmesi ve ayrıca teknik ilerlemelere bağlı olarak değişebilmesi nedeniyle, geniş bir yelpazede uygulanabilmesi bakımından, aşağıdaki açıklamalar, genelleştirilmiş bir formda ifade edilmiştir. Halen kullanılmakta olan prosedürlerin kısa sunumlarına ilave olarak, özellikle rüzgar türbinlerinin çeşitli yapıları ve bileşenleri için, modelleme, analiz ve değerlendirme sırasında dikkat edilecek hususlara ait notlar verilmiştir. Daha ayrıntılı yönergeler ve bilgiler konuyla ilgili özel literatürden ve yazılım açıklamalarından elde edilebilir.

1.1.4 Analizin tipi ve kapsamı, genelde, değerlendirilecek yapısal tepkinin cinsine bağlıdır. Kural olarak, mukavemet analizinde, aşağıdaki yapısal tepkiler önceliklidir:

- Belirlenen yük durumları için gerilmeler ve deformasyonlar,
- Hata davranışı ve hata sınırı yükünün bütünlüğü (örneğin; burkulma yükü)
- Kritik yapısal tepkinin belirlenmesine ait özdeğerler.

Yapısal tepki doğrudan veya daha sonraki hesaplamalardan değerlendirilir.

1.1.5 Yükleme olarak; Bölüm 4'e göre dış yükler ile taşınan ağırlıktan ve ivmeli kütlelerden kaynaklanan olası ilave kuvvetler dikkate alınacaktır. Zamanla değişen yükler durumunda, varsa, yapının dinamik davranışı, dinamik olarak artırılmış yükler ve / veya yapısal tepkiler (örneğin; kule veya tahrik sistemi) formunda dikkate alınacak, ya da bir seçenek olarak, dinamik analizler yapılacaktır (ancak, bu konu daha ayrıntılı olarak incelenmeyecektir).

1.1.6 Yapısal tepki, lineer veya lineer olmayan tarzda yükün büyüklüğüne bağlı olabileceği dikkate alınacaktır. Aşağıdaki durumlarda lineer olmayan etkiler önemli olabilir:

- Genelde, yapının hata davranışının analizi için,
- Geometrik düzgünlük: büyük deformasyonlu, bağıl olarak esnek yapılar için,
- Yapısal düzgünlük: temas sorunları veya değişken sınır koşulları için, örneğin; cıvatalı birleştirmelerin yüke bağlı açıklıkları,
- Malzeme düzgünlüğü : yapısal bölgelerin plastikleşmesi nedeniyle lineer olmayan malzeme davranışı.

1.1.7 Rüzgar türbinlerinin yapısal dizaynında, yapısal koşullara bağlı olarak, deformasyonlar ve gerilmeler aşağıdaki kategorilere ayrılabilir :

- Birincil yapısal bileşenlerin global deformasyonları ve gerilmeleri (göbek, ana gövde, kule, vb.),
- Birincil yapısal bileşenlerin ve bunların yapısal ayrıntılarının lokal deformasyonları ve gerilmeleri (örneğin; stifnerler),
- Yapısal ayrıntılardaki lokal olarak artırılmış gerilmeler.

Mukavemet analizinin ve modelleme, yükleme ve değerlendirme çeşidi hedefi 1.3 ÷ 1.5'de daha ayrıntılı olarak incelenecek olan, bu ayrıntılardan birine ait olabilir.

1.2 Mukavemet analizinin hedefinin, tipinin ve kapsamının belirlenmesi

1.2.1 Yapının modellenmesi ve yüklenmesi üzerinde karar verici etkisinin olması nedeniyle, mukavemet analizinin hedefi, tipi ve kapsamı açıkça belirlenmelidir.

1.2.2 Analiz sonuçlarının hedefi; analizde dikkate alınacak deformasyonların ve gerilmelerin kategorisinin belirlendiği 1.1.4'de tanımlanan seçeneklerden elde edilir, aynı zamanda 1.1.7 ve 1.3 ÷ 1.5'e de bakınız.

1.2.3 Analizin tipi ; lineer veya geometrik, yapısal ve / veya malzeme ile ilgili lineer olmayan analizler içerir, 1.1.6'ya da bakınız.

1.2.4 Analizin kapsamı; modelin seçilen kapsamına ve gerekli ızgara hassasiyetine bağlıdır, 2.1 ÷ 2.3'e de bakınız.

1.3 Global deformasyonlar ve gerilmeler

1.3.1 Çekme, kesme, eğilme ve burulma yükleri altındaki yapının tepkisi, global (yani geniş-alanlı) deformasyonlar ve gerilmeleri içerir. Özellikle karmaşık geometriler (örneğin; ana gövde) veya yükler (örneğin; göbek) için, öngörülen yapısal tepkiler, kiriş veya levha teorisi kaideleriyle modellenemez.

1.3.2 Bileşke gerilmeler, nominal gerilmelerdir, yani kesit yüklerinin ve kesit değerlerinin birleşik miktarlarından oluşan gerilmelerdir. Global nominal gerilmeler, lokal gerilme artışlarını içermez, bunlar ilave olarak eklenmelidir (1.4 ve 1.5'e bakınız).

1.4 Lokal deformasyonlar ve gerilmeler

1.4.1 Stifnerler ve levhalar gibi bileşenlerin yapısal ayrıntılarında, lokal yükler nedeniyle ilave deformasyonlar ve gerilmeler oluşabilir.

1.4.2 Bileşenlerin yapısal ayrıntıları; stifnerleri, derin elemanları, flençli levhaları ve delikleri, köşeleri ve geçişleri içerir.

1.4.3 Bileşke lokal gerilmeler; global gerilmelerle birleştirilmiş nominal gerilmelerdir (1.3.2'ye bakınız). Bu birleştirmeler, lokal olarak ilave momentler veya kuvvetler oluşturan ekzantriklikler veya kuvvet doğrultusundaki diğer yön değişimlerinde oluşabilir. Ayrıca, yapısal ayrıntılarda, lokal olarak arttırılmış gerilmeler oluşabilir.

1.5 Lokal olarak arttırılmış gerilmeler

1.5.1 Yapısal ayrıntılarda ve devamsızlıklarda, özellikle yorulma mukavemeti ile ilgili olarak değerlendirilmesi gereken lokal olarak arttırılmış gerilmeler oluşabilir. Burada iki tür gerilmeden bahsedilebilir :

- Çentik bölümündeki maksimum gerilme, 1.5.2'ye bakınız.
- Özellikle kaynaklı birleştirmeler için tanımlanan yapısal veya sıcak-nokta gerilmesi, 1.5.3'e bakınız.

1.5.2 Çentikli bileşenlerdeki maksimum gerilmeler, malzemenin elastik sınırını geçebilir. Lineer olmayan çentik gerilmesi σ ve zorlanma ε yerine, lineer-elastik malzeme davranışı kabulü ile normal durumlar için σ_k çentik gerilmesi hesaplanabilir ve değerlendirilebilir. Çok keskin çentikler durumunda, malzemenin lokal destek etkisi (sünek) dikkate alınabilir.

1.5.3 Karmaşık kaynaklı yapılarda, değerlendirme sırasında (sadece) kaynak topuğunun neden olduğu gerilmeler dikkate alınırken, FE analizinde sadece yapısal geometrinin sonucu olarak gerilme artışı hesaplanır. Bu kaynaklarda σ_s yapısal veya sıcak-nokta gerilmesine yol açar ve bu, elastik metal davranışı kabulü ile hesaplanır.

1.5.4 Lokal olarak arttırılmış gerilmelerin doğrudan hesabının yanı sıra, listelenmiş gerilme yığılması faktörlerinin veya ayrıntı sınıflarının kullanımı mümkündür. Yığılma faktörleri ve ayrıntı sınıflarının kullanımında, ilgili nominal gerilmeler, tanımlarına göre yeterli hassasiyetle belirlenmelidir. Ayrıca, listelenmiş verilerin uygulama aralığı ve geçerliliği dikkate alınmalıdır.

1.5.5 Lokal olarak arttırılmış gerilmelerin tanımı ve belirlenmesi ile ilgili diğer hususlar, Bölüm 5'deki yorulma mukavemeti analizinde verilmiştir.

2. Yapının Modellenmesi

2.1 Modelin kapsamı

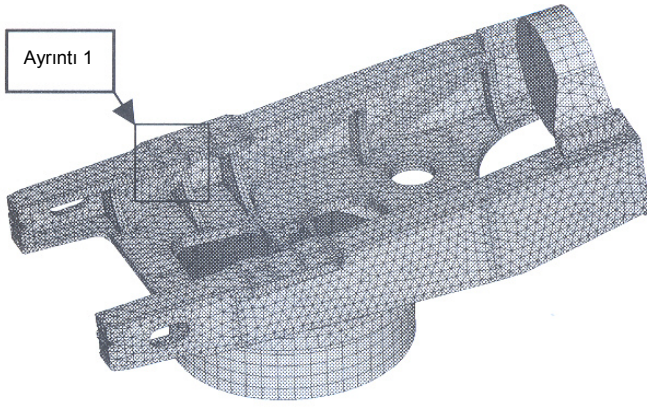
2.1.1 Rüzgar türbinlerinin FE modelleri, genelde, tekil bileşenler için oluşturulur. Bu modeller için, bitişik yapısal alanların etkileşimini uygun bir tarzda temsil etmek için, anlamlı sınır koşullarının girilmesi sağlanacaktır. Gerekirse, modelde bitişik bileşenler de dikkate alınabilir (Şekil 5.A.1'e bakınız). Lineer olmayan etkiler dikkate alınacak veya uygun sadeleştirmelerle lineer hale getirilecektir. Eğer, idealize edilmiş sınır koşulları ile sonuçların bozulması riski varsa, model sınırı ile incelenen yapısal alan arasında uygun bir arttırılmış mesafe sağlanmalıdır.

2.1.2 Rüzgar türbini bileşenlerinin parçalarının lokal mukavemet analizi için kısmi modeller veya alt modeller kullanılır (Şekil 5.A.2'ye bakınız). 3 boyutlu global modeller gibi, kısmi modeller veya alt modeller de, karmaşık, 3-boyutlu mukavemet davranışının analizinde kullanılır.

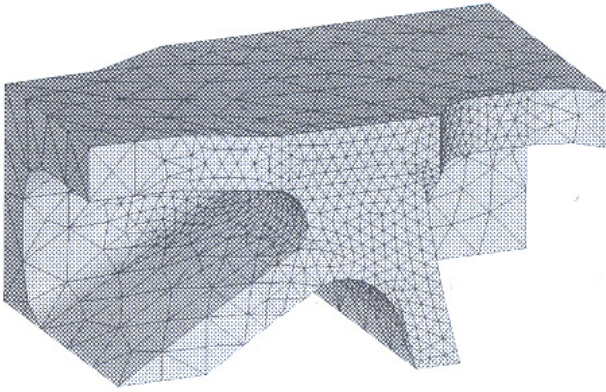
2.1.3 Lokal modeller, ikincil veya özel bileşenlerin ve yapısal ayrıntıların mukavemet analizinde kullanılır. İncelemelerin ana odağı genelde kaba modele dahil edilebilen (Şekil 5.A.3) ancak, mukavemet analizinin hedefi üzerinde hiçbir etkisi olmayan veya çok az olan (1.1.3'e bakınız), lokal yapısal davranışın ve / veya yapısal ayrıntılar ve devamsızlıklardaki lokal olarak arttırılmış gerilmelerin analizidir (Şekil 5.A.3 veya 5.A.4'deki ayrıntılar). Bu nedenle, taşıyıcı braketlerin kantitatif gerilme analizine uygun olmasa dahi, Şekil 5.A.3'deki yarım-modelin ızgara sistemi, mevcut göreve uygun olarak seçilmiştir.

Örnek :

Şekil 5.A.4'deki taşıyıcı braketin analizinin hedefi (tüm yapının yorulma davranışı bakımından, taşıyıcı braketlerin kaynak dikişinin etkilerinin analizi amacıyla alt model tekniğinin uygulanması) temelde, yarım-model kullanılan analizin hedefinden farklıdır (kulenin üst flencindeki kule kabuğu düzenlemesinin hassas incelemesi / Şekil 5.A.3'deki ayrıntı 1).



Şekil 5.A.1 Bitişik bileşenlerle birlikte ana gövde modeli



Şekil 5.A.2 Ana gövdenin alt modeli (Şekil 5.A.1'deki ayrıntı 1)

2.2 Elemanların seçimi

2.2.1 Kullanılan elemanların tiplerinin seçimi, genelde analizin amacına bağlıdır. Seçilen eleman tipinin özellikleri, yapının sağlamlığını ve analiz edilecek gerilmeleri yeterli hassasiyette yansıtabilmelidir. Mukavemet analizini yaparken, kullanılan elemanların karakteristikleri hakkında yeterli bilgi ön koşuldur, program dokümanları ve ilgili literatür izlenmelidir.

2.2.2 Genelde rüzgar türbini yapılarının mukavemet hesaplarında, aşağıdaki tip elemanlar kullanılır:

- Makas elemanları (aksiyal dayanımlı, eğilme dayanımsız 1 D elemanlar)

- Kiriş elemanlar (aksiyal, kesme, eğilme ve burkulma dayanımlı 1 D elemanlar)
- Levha ve kabuk elemanları (membran, eğilme ve burkulma dayanımlı 2 D elemanlar)
- Solid elemanlar (3 D elemanlar)
- Sınır ve yay elemanları
- Temas elemanları (lineer olmayan yay karakteristikli yay elemanları)

Farklı eleman tipleri kullanılırken, yer değiştirme işlevlerinin uyumluluğuna, özellikle düğümlerdeki eğilme dayanımlı ve eğilme dayanımsız elemanların eşleşmesi için, sınır yükleri ve gerilmelerin aktarılabilirliğine dikkat edilmelidir.

2.2.3 Seçilen eleman tipleri; yük durumları veya analiz edilecek özdeğerler için deformasyon ve gerilmeleri ya da hata sınırı yüklemesinin şiddetini belirlemedeki hata davranışını yansıtmalıdır. Bazı durumlarda, elemanların uygun şekilde seçilmesi vasıtasıyla ikinci derecedeki bazı etkiler hariç tutulabilir. Rüzgar türbini yapılarının modellenmesinde yaygın olarak kullanılan eleman tiplerine ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.2.4 Genel olarak, mukavemet analizinde, bileşenlerin eğilmesinin nasıl ve ne oranda dikkate alınacağı belirlenmelidir. Tam eğilme davranışı durumlarında, ilgili eleman tipleri ile birlikte, kiriş veya kabuk teorisi uygulanabilir. Solid eleman kullanımında, eğer ilgili eğilme davranışına izin verilecekse, daha yüksek derecede yer değiştirme işlevi (örneğin; ilave orta nokta düğümleri) veya daha sık bir ağ seçilmelidir.

2.2.5 Lokal modellerde, tüm rijit bileşenler-yapısal ayrıntılardakiler dahil-, levha, kabuk veya solid elemanlar uyumlu olacak şekilde, önemlidir. Lokal olarak artırılmış gerilmelerin hesabında, eleman seçimine ait bilgiler Kısım 5 "Mukavemet Analizleri"nde verilmiştir.

2.3.4 Lokal olarak arttırılmış gerilmelerin hesabında, ağ sıklığı, gerilme değişimine göre arttırılacaktır. Lokal olarak arttırılmış gerilmelerin hesabındaki ağ sıklığına ait ayrıntılar ilgili literatürde (örneğin; NAFEMS) verilmiştir.

2.4 Sadeleştirmeler

2.4.1 Rüzgar türbini yapısının karmaşıklığı nedeniyle özellikle global mukavemet analizinde olmak üzere, modellemede genel olarak sadeleştirmeler gereklidir. Sonuçların ihmal edilebilir miktarda bozulması koşuluyla sadeleştirmelere izin verilir.

2.4.2 Modellemede, sadece global modelin rijitliğine az oranda etki eden küçük ikincil bileşenler veya ayrıntılar ihmal edilebilir. Bunlara örnekler; küçük açıklıklar, delikler ve köşelerdir, ancak bunların lokal gerilme artışı etkileri uygun tarzda dikkate alınacaktır (örneğin; gerilme yığılması faktörü uygulanarak).

2.4.3 Büyük açıklıklar global yapıyı etkiler ve daima lokal yapıda etki oluşturur, bu nedenle her durumda dikkate alınmalıdır.

2.4.4 Levha kalınlığındaki veya profil ölçülerindeki farklılıklar, mümkün olduğunca eleman sınırında yer almalıdır. Eleman sınırlarında yer almadığı durumda, bunlar, eşdeğer rijitliğin elde edilmesi bakımından, uygun şekilde uygulanan eleman verileri veya özellikleri vasıtasıyla dikkate alınacaktır.

2.4.5 Levha elemanlar, genelde ilgili bileşenlerin orta-düzlemine yerleştirilecektir.

2.5 Sınır koşulları ve mesnetler

2.5.1 Modele, yer değişimlerini veya dönmeleri sınırlandırarak ve uygulayarak mesnet konulması çeşitli amaçlara hizmet eder:

- Model rijit gövde yer değişimini ve dönmelerini sınırlandırmak,
- Mevcut mesnet noktalarını fiziksel olarak modellemek,
- Model kenarlarındaki bitişik yapısal bölgelerin etkileşimini modellemek.

Mesnetlerin, gerçekçi olmayan yer değişimi veya dönme kısıtlamalarına neden olmaması sağlanacaktır.

2.5.2 Fiziksel olarak mevcut olan, kuvvetleri ve momentleri karşılayan mesnetler fiili mesnet boyu ve yay rijitliği ile gerçeğe mümkün olduğunca yakın olarak modellenmelidir.

2.5.3 Rüzgar türbinlerinin yapılarının ve bileşenlerinin parçalarının mukavemet analizi için, model kenarlarındaki bitişik yapısal bölgelerin etkileşimi, mümkün olduğu kadar gerçeğe yakın şekilde modellenmelidir. Bu, yük ve / veya yapı simetrik veya asimetrik olarak dağıtılırken, simetri düzleminde, simetrik veya asimetrik koşullarla yapılabilir.

Bazı durumlarda, etkileşim, sınırda öngörülen gerilmeler veya kuvvetler ve momentler ile tanımlanabilir. Bu parametreler, örneğin; daha büyük bölgelerin yapısal analizinden (alt model tekniği) veya giriş kuvvetleri ve momentlerinden (örneğin; kule kesiti) elde edilebilir. Lineer olmayan sınır koşulları dikkate alınacak ve gerekirse lineerize edilecektir (örneğin; flençli birleştirmedeki delikler, sadece basma yükleri ile rulmanlı ve kaymalı yataklar için yük aktarımı).

2.6 Giriş verilerinin kontrolü

2.6.1 Yapısal geometrinin modellenmesi ve malzeme özellikleri için kullanılan giriş verileri, hatalar yönünden ayrıntılı olarak kontrol edilecektir. Veri kontrolünün etkinliği, verilerin görselleştirilmesi ile önemli oranda artırılabilir.

2.6.2 Sonlu elemanlar ağının geometrisi genelde göz kontrolü ile yapılmalıdır. Burada tekil elemanların yanlışlıkla iki kez girilmesi veya bitişik elemanların birbirine bağlanmaması olasılığı dikkate alınmalıdır. Ayrıca, 2D elemanların kalınlığı veya 1D elemanların kesit özellikleri gibi kolayca görülemeyen geometrik veriler de kontrol edilmelidir.

2.6.3 Geometrik verilere ilave olarak, girilen malzeme verileri ile sınır koşulları ve mesnetler dikkatle kontrol edilmelidir. Bu parametrelerin, sonuçlar üzerinde önemli derecede etkili olduğu unutulmamalıdır.

2.6.4 Yapılan kontroller dokümanite edilmelidir.

2.6.5 Kapsam, istekler ve dokümantasyon ile ilgili diğer ayrıntılar 5.'de verilmiştir.

3. Yapının Yükleneşmesi

3.1 Genel

Rüzgar türbininin yapıları ve bileşenlerinin mukavemet analizi ile ilgili yükler, Bölüm 5, B.1'deki "yapının yükü ile ilgili genel notlar"a göre uygulanacaktır.

3.2 Yüklerin modellenmesi

3.2.1 Yükler gerçekçi bir şekilde modellenecektir. Gerekirse, yapının modellenmesi, yüklerin modellenmesine adapte edilmelidir, 2.3.2'ye bakınız.

3.2.2 Yayılı yükler (örneğin; doğrusal veya alan yükleri), elemanların yer değıştirme işlevi dikkate alınarak, eşdeğer düğüm kuvvetleri ve momentlerine uygulanabilirse dönüştürülecektir.

3.2.3 Eğer büyük yapısal alanların kaba modelinden elde edilen sınır deformasyonları lokal modele uygulanıyorsa, ara düğümler için enterpole edilmiş ilgili değerler tanımlanacaktır.

3.3 Yük girdilerinin kontrolü

3.3.1 Yüklerin giriş verileri hatalar yönünden kontrol edilecektir. Yapısal geometri nedeniyle, kontrolün etkinliği, uygun kontrol programları ve verilerin görselleştirilmesi ile önemli oranda artırılabilir.

3.3.2 Kuvvetlerin ve momentlerin toplamalarının kontrolü, özellikle önemlidir. Dengelenmiş yük durumları için, artık kuvvetler ve momentler ihmal edilebilir olması ve reaksiyon kuvvetleri ve momentlerinin uygulanan yükleri karşılık gelmesi sağlanacaktır.

3.3.3 Yapılan kontroller dokümanite edilecektir. Kapsam, istekler ve dokümantasyon ile ilgili diğer ayrıntılar 5.'de verilmiştir.

4. Hesaplar ve Sonuçların Değerlendirilmesi

4.1 Sonuçların makuliyeti

4.1.1 Değerlendirme sırasında sonuçlar makul olma bakımından kontrol edilecektir. Bu, özellikle büyüklüklerinin öngörülen aralık içinde yer almadığının ve yükler ve sınır koşulları veya mesnetlere göre anlamlı olup olmadığının anlaşılması için deformasyonların görsel sunumu ve kontrolünü içerir.

4.1.2 Ayrıca, mesnetlerdeki kuvvetlerin ve momentlerin öngörülen büyüklükte ve ihmal edilebilecek kadar küçük olup olmadığı kontrol edilecektir.

4.1.3 Büyük yapısal bölgeci modellerden alınan, belirli sınır deformasyonlarına sahip lokal modeller için, sınırlar civarındaki gerilmelerin, iki modele uygunluğunun kontrolü gereklidir (alt model doğrulaması).

4.1.4 Gerilme pikleri; yükler ve sınır koşulları bakımından gerilmelerin yeri, dağılımı ve büyüklüğünün makul olması kontrol edilecektir. Nominal gerilmelerin tanımı mümkün olup, yığılma faktörleri gerilme dağılımından hesaplanabilir ve verilen yığılma faktörleri ile karşılaştırılabilir.

4.1.5 Lineer olmayan hesaplamalar için, çözümün lineer olmayan bölgede yeterli doğrulukta belirlenip belirlenmediğinin kontrolü gereklidir.

4.2 Deformasyonlar

Yapının deformasyonları, diğer şahısların sonuçlarının makul olmasını kontrol edebilmesi bakımından genelde çizimle gösterilecektir.

4.3 Gerilmeler

4.3.1 Belirlenen yük durumlarına ait mukavemet analizinde (örneğin; azami yükler), bileşenin tümünün gerilmeleri genelde grafik olarak sunulacaktır. Sadece maksimum değerin yer almasının mümkün olduğu, artırılmış lokal gerilme analizi bundan istisnadır.

4.3.2 Gerilmeler, Bölüm 5'de tanımlanan izin verilen değerlere göre kontrol edilecektir. İlgili gerilme sınıfına dikkat edilmelidir, 1.1.7'ye bakınız.

4.3.3 Gerilme değerlendirmesinde, eleman merkezi ile eleman kenarı veya köşesi arasındaki gerilme değişimleri dikkate alınmalıdır. Değerlendirmeye, hakiki yapıya göre modelde sadeleştirme dahil edilecektir. Eğer, açıklıklar, kaba ağıllı modellerde, sadeleştirilmiş şekilde dikkate alınır, gerilmeler açıklığın yanında kalan kesite ait olacaktır.

4.3.4 Nispeten kaba ağıllı modellerde, mevcut yapısal ayrıntılarda ve devamsızlıklardaki lokal gerilme artışları, etkileri ayrıca dikkate alınmamışsa, değerlendirmeye dahil edilecektir.

4.3.5 Netliğin sağlanması bakımından, değerlendirmenin, izin verilen ve mevcut gerilmeler arasındaki ilişkiden elde edilen rezerv faktörleri yardımıyla yapılması önerilir. Büyük modellerde, sonuç tabloları oluşturulmalıdır.

4.3.6 Malzeme yönünden lineer olmayan analizler için, lokal elasto-plastik gerilmelere ilave olarak, lokal zorlanma da genel olarak hesaplanmalı ve değerlendirilmelidir.

4.3.7 Cıvatalı bağlantıların Bölüm 6, E.2.2'ye göre FEM ile yorulma doğrulması için, çekme ve eğilme gerilmelerinden kaynaklanan kenar gerilmeleri dikkate alınacaktır.

4.4 Yorulma mukavemeti

4.4.1 Genelde, tekrarlı gerilmelerin bulunması nedeniyle, rüzgar türbini bileşenlerinin değerlendirilmesinde yorulma mukavemeti dikkate alınmalıdır.

4.4.2 Yorulma mukavemeti yönünden gerilmelerin değerlendirilmesinde, gerilme tipi dikkate alınacaktır (yani seçilen model ile nominal gerilmelerin mi ya da lokal olarak arttırılmış çentik veya yapısal gerilmelerin mi hesaplanacağı), 1.1.7'ye de bakınız.

4.4.3 Değerlendirmede, kullanım oranı veya rezerv faktörünün uygulanması önerilir.

4.4.4 Özellikle özel yorulma analizi ile ilgili olmak üzere, diğer ayrıntılar, Bölüm 5'de verilmiştir.

4.5 Sonuçların sunulması

4.5.1 Elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlar esas alınarak verilen kararlar bütünüyle ve açık olarak dokümantasyon edilecektir.

4.5.2 Dokümantasyon, grafikler ve listeler formunda olabilir. Özellikle, grafiklerin sonuçları yeterli doğrulukta verememesi durumunda listeler gereklidir. Kapsamlı listeler, örneğin; kullanım oranı veya rezerv faktörlerine göre gruplanmalıdır.

4.5.3 Kullanılan tüm semboller ve kısaltmalar, açıklanmalıdır.

4.5.4 Kapsam, istekler ve dokümantasyon ile ilgili diğer ayrıntılar 5.4'de verilmiştir.

5. Rüzgar Türbinlerinin Sertifikalandırılması ile ilgili FE Analizlerinin Dokümantasyonu

5.1 Genel

Rüzgar türbini yapılarının sertifikalandırılması ile ilgili hesaplama analizinin dokümantasyonuna ait biçimsel ve içerikle ilgili istekler aşağıda verilmiştir. Gerekli kapsam, aşağıda belirtilenlerden farklılık gösterebilir.

5.2 Dokümantasyonla ilgili genel istekler

5.2.1 Bu kısımda, dokümantasyonla ilgili istekler, analiz yaklaşımından (analitik veya FEM) bağımsız olarak geniş kapsamlı olarak sunulmaktadır.

5.2.2 Teknik ve hesaplama açısından, hesaplamalı analizin dokümantasyonu, diğer tüm dokümanlarla birlikte bir bütün olacaktır (resimler, spesifikasyonlar).

5.2.3 Dokümanlarda, referans ve revizyon numaraları açıkça belirtilecektir. Çalışma ve yayımlanma tarihi açık olarak belirtilecektir.

5.2.4 Dokümantasyonda; her durumdaki revizyonları gösteren bir içerik tablosu bulunacaktır.

5.2.5 Aşağıda belirtilenler gösterilecektir:

- Hedefin, tipin (kullanılan yöntem ve uygulanan teoriler) ve hesaplama kapsamının tanımı,
- Ana yük durumlarının beyanı ve bu sonuçlar esas alınarak gelecekteki sınır çalışmalarında kullanılabilecek olan kullanım oranı ve / veya rezerv faktörlerinin gösterimi (Bölüm 5, C.3.2.2'ye de bakınız).

5.2.6 Terimler, semboller ve birimler, dokümanlarda açık olarak tanımlanacak ve uygulanacaktır.**5.2.7** Seçilen düzenleme sistemi açık olarak sunulmalıdır. Eğer birden fazla düzenleme sistemi kullanılırsa, bu sistemler birbirinden açık şekilde ayrılacaktır. Düzenleme sistemleri şunları içerir:

- Koordinat sistemleri,
- İşaret kuralları (örneğin; kesit veya yer değiştirme miktarları veya gerilmeler ve zorlanmalar için),
- Gösterimler (örneğin; madde numaraları, bileşenler, düğüm-eleman numaraları),
- Yük durumları ve bunların kombinasyonları, genel sisteme ait alt sistemler.

Düzenleme sistemlerinde kullanılan verilerin gösterimi (örneğin; girdiler ve sonuçlar) açıkça tanınabilir olacaktır.

5.2.8 Teknik düzeyi yansıtan, uygulanan standart ve kılavuzlardan alıntılar ve referanslar (özel analiz yöntemleri veya modelleri dahil) sıralı olarak listelenecektir.**5.2.9** Doğrulan yüklere atıflar; başlık, referans numarası ve revizyon numarası ile birlikte yük dokümantasyonu beyanı yoluyla yapılacaktır. Yükler ile ilgili olarak kullanılan kısmi emniyet faktörleri dokümanite edilecektir. Yorulma analizlerinde zaman serileri kullanıldığında; geçerli ve onaylı yüklerin kullanıldığını göstermek üzere, yük spektrumu grafik formda dokümantasyona eklenecektir.**5.2.10** Eğer yüklerin ayrı ayrı yerleştirilmesi / adaptasyonu için mekanik modeller kullanılırsa, bunların kaynakları dokümanite edilecektir. Bunlar, tercihen, skeçler veya (düzeltilmiş) montaj resimleri yardımıyla grafik formunda yapılmalıdır. Sonuçlar, kısmi veya geçici sonuçlar olarak sunulacaktır (5.4.2'ye bakınız).**5.2.11** Hesaplama analizinde kullanılan boyutlar ve egzantriklikler ile hesaplarda esas alınan sınır koşulları ve sadeleştirmelerin kanıtı olarak, aşağıda belirtilenler, dokümantasyonu ilave edilecektir:

- Geometriyi açık bir şekilde gösteren montaj resimleri ve kesit resimleri,
- Üretim ve malzeme spesifikasyonları (dizayn sınırlarının ve analiz hipotezlerinin kontrolü için),
- Tekil parça resimleri, ve / veya bitişik bileşenlerin tip dokümanları, verileri analizlerde kullanılan elastomer burçların yay karakteristikleri.

Not :

Bitişik bileşenler veya yapıların sertifikalandırması kapsamında, dokümanlar ayrı olarak verilmişse, bunlarda ilgili dokümanın başlığı, referans numarası ve revizyon numarası bulunacaktır.

5.3 Dokümantasyon için özel istekler**5.3.1** Aşağıdaki istekler, özellikle FE analizlerinin dokümantasyonu için uygulanacaktır. Bu maddede giriş verileri ele alınmış olup, sonuçlar 5.4'de belirtilmektedir. Uygulanabilen durumlarda, dokümanlar aşağıdaki verileri içerecektir:

- Kullanılan yazılımın açıklaması (isim, değişim ve versiyon işareti, varsa ön işlem, son işlemler ve çözüm fazı ile ilgili çeşitli yazılım paketlerinin açıklaması),
- Mekanik yapı modelindeki tepkilerin girdilerinin açık sunumu 5.2.9'da belirtilen yüklerden başka, tepkiler, özellikle sıcaklıkları, öngerilmeleri ve varsa kusurları içerir,

- İsimlendirerek veya aşağıdakileri bildirerek modelin tanımı :

- Kullanılan elemanlar (1D, 2D, 3D elemanlar, eleman yaklaşımının isimlendirilmesi, temas ve kütle elemanları),
- İlave eleman opsiyonları (örneğin; düzlem gerilme yaklaşımı, aksiyal simetri),
- İlave eleman sabitleri (örneğin; atalet momenti, kesit alanı tanımı, eleman kalınlığı),
- Malzeme değerleri (örneğin; elastik, plastik, sürtünme katsayısı),
- Ayrıntı düzeyini göstermek, mesnet ve sınır koşullarını açıklamak üzere tüm ilgili yönlerden ağırlı FE modeli. Burada ayrıntılar, modelin büyütülmüş perspektivi ve / veya kesitleri ile tanımlanacaktır (örneğin; iç görünüş),
- Tüm geometrik sadeleştirmeler, ihmal edilen delikler, açıklıklar, yarıçaplar, vb. belirtilecek ve sonuçlara atıflarla doğrulanacaktır,
- Konum, boyut ve etki yönüne göre yük uygulaması (tekil, alan veya hacim yükleri),
- Kavrama koşulları, kaynaşma ve temas elemanları,
- Cıvata ve yay öngerilme uygulamalarında kullanılan elemanlar,
- Doğrulamaları ile birlikte, burada listelenmeyen, modelde kullanılan opsiyonlar.

5.3.2 Hesaplarda esas alınan girdiler, programların birinde hazırlanacak ve uygun sayıda genel ve kısmi sunum halinde dokümanite edilecektir. Bu girdiler, grafik formda gösterilecektir. Veri setinin genel durumu ve açıklığı, grafik bir sunumla yeterince düzeltilemiyorsa, bunlar tablo halinde basılabilir. Gerekli tüm ilavelerin ve açıklamaların (el ile yazılı olsa dahi) eklenmiş olması önemlidir.

5.4 Sonuçlar

5.4.1 Genel

5.4.1.1 Sonuçlar, genel olarak, kısmi ve nihai sonuçlar olmak üzere ikiye ayrılır.

5.4.1.2 Eğer numerik sonuçlar başka işlemlere tabi tutulacaksa, genel sonuçların hassasiyetinin, geniş çapta modelin kalitesine bağlı olabileceğine dikkat edilecektir.

5.4.2 Kısmi sonuçlar

5.4.2.1 Kısmi veya geçici sonuçlar, giriş verilerinin makul olmasının kontrolünün dokümantasyonunda kullanılacaktır.

5.4.2.2 Kullanım durumuna göre aşağıdaki kısmi sonuçlar dokümanite edilecektir:

- Ağ kalitesinin değerlendirilmesi (yüksek gerilmeli bölgelerde)
 - Yüksek distorsiyonlu, dönmeli ve eleman kenarlarının aşırı dar veya geniş açılı olduğu FE modelindeki elemanların gösterimi ile,
 - Elemanların hata tahminleri ile (örneğin; enerji hipotezleri ile),
 - Özellikle karmaşık sistemler için, tüm FE modelinin veya kısmi modelin değiştirilmiş ağırlı hassasiyet çalışması sonuçlarının belirtilmesi ile.
- Aşağıda belirtilen etkiler;
 - Yük uygulamasının (örneğin; yardımcı yapılar, cıvata öngerilmesi, ispitli tekerlek / St.Venant prensibi)
 - Kullanılan simetri koşulları ve kaplin koşullarının (St. Venant prensibi)
 - Sapmaların ve sadeleştirmelerin (köşe, delikler, ortalama rijitlik, vb.)

Uygulanan birim yüklere göre deformasyon kontrollerini kullanarak, en yüksek gerilmeli bölgelerin sonuçlarına göre değerlendirilecektir.

Bunun için, ana gerilme ve zorlanmaların ve bunların yönlerinin sunumu yararlıdır. Bu sonuçlar, seçilen sınır koşullarının ve sadeleştirmelerin tartışılmasında esas olarak kullanılacaktır.

- Doğrusal olmayan durum kullanımında, dış yük ile gerilme (yani yapısal tepki) arasındaki bağlantı, grafik ve çizelge formunda (örneğin; cıvata gerilmesinin bağlantıdaki kısmi açıklık yüküne göre lineer olmayan eğrisi) sunulacaktır. Yapılan doğrusallaştırma tanımlanacaktır.
- Bileşenler ve yapı için, inceleme bölgelerinin (örneğin; geometrik çentikler) seçiminin değerlendirilmesi. Burada, global modeldeki konumu açık olarak göstermek için şekiller kullanılacaktır. Uygulandığı takdirde, bu inceleme bölgeleri için, asgari transfer faktörü (veya transfer fonksiyonu) olarak birim yüklerle birlikte, gerilmelerin (zorlanmaların) listesi verilecektir.
- İncelenen alt modeldeki gerilme yığılmalarının alt model kenarındaki sonuçlara etki etmediği gösterilecektir (St. Venant prensibi),
- Reaksiyon kuvvetlerini kullanarak, bir analiz vasıtasıyla dengenin kontrolü,
- FE modelinin hesaplanan ağırlığının, resimler ile karşılaştırılması suretiyle kalite denetimi,
- FE modelinden elde edilen değerlendirme verilerinin beyanı (örneğin; ortalaması alınan veya alınmayan eleman / düğüm sonuçları).

5.4.2.3 Hesaplama sonuçları programların birinde hazırlanacak ve uygun sayıda genel ve kısmi sunum halinde dokümanite edilecektir. Bu sonuçlar grafik formda gösterilecektir. Veri setinin genel durumu ve açıklığı, grafik bir sunumla yeterince düzeltilemiyorsa, bunlar tablo halinde basılabilir. Gerekli tüm ilavelerin ve açıklamaların (el yazılı olsa bile) eklenmiş olması önemlidir.

5.4.2.4 Sınır çalışmaları için, onaylı modellerin ve orada hesaplanan aktarım faktörlerinin kullanımına izin verilir.

5.4.2.5 Sık yapısal tekrarlamalar durumunda, referans örnekler kullanılabilir.

5.4.2.6 FE sonuçları ve modeller, genelde okunabilir formda, uygun veri ortamında, dokümantasyonla birlikte sunulacaktır (yani TL tarafından özellikle izin verilmedikçe/ istenmedikçe, makina veya programı kodu olmaksızın).

5.4.3 Nihai sonuçlar

5.4.3.1 Nihai sonuçlar, 5.2.5'de tanımlanan hedeftir. Bunlar, 4.5'deki sonuçları içerir. Sonuçlar, azami yük ve yorulma mukavemeti bakış açısından ayrı olarak dokümanite edilecektir.

5.4.3.2 Azami mukavemet analizinin dokümantasyonu:

- Azami yüklerin sonuçları, tercihen birim yüklerin bir kombinasyonu olarak, yorumları ile birlikte verilecektir. Yükler ile bunların grafikler / listelerde sunumu arasında kusursuz uyumluluk olması sağlanacaktır.
- Hesaplanan (eşdeğer) gerilmeler ile dizayn değerleri arasındaki karşılaştırma, Bölüm 5.'deki spesifikasyona göre dokümanite edilecektir.

5.4.3.3 Yorulma mukavemeti analizinin dokümantasyonu:

- Sonuçlar, Bölüm 5 ve 7'de tanımlanan hükümlerin dikkate alınması ve global FE modeline veya daha önce seçilen bölgelere atıfta bulunarak (örneğin; kritik kesitler, sıcak noktalar) sunulacaktır.

BÖLÜM 6

YAPILAR

Sayfa

A. Genel	6- 1
B. Pervane Kanatları	6- 1
C. Makina Yapıları	6- 5
D. Türbin Kaportası Kapakları ve Pervane Başlıkları	6- 6
E. Cıvatalı Birleştirmeler	6- 9
F. Kule	6-10
G. Temel	6-19

A. Genel

1. “Bir rüzgar türbininin yapıları” terimi, bu kurallar kapsamında, yük taşıyan bileşenleri ifade eder. Bunlar; pervane kanatlarını, dökme, dövme ve kaynaklı yapıları, türbin kaportası kapakları ve pervane başlıklarını, kuleyi, temeli ve bu yapıların bağlanmasında kullanılan cıvataları içerir. Makina bileşenleri ayrıca Bölüm 7’de incelenecektir.

2. Aşağıdaki kısımlarda, verilecek dokümanların ve yapılacak analizlerin kapsamı ve tipi açıklanmıştır. Ayrıca; üreticiler, malzemeler ve son muayenelerle ilgili istekler tanımlanmış ve gerektiği takdirde Bölüm 3’e atıfta bulunulmuştur.

3. Hesaplamalı mukavemet analizi için, Bölüm 5 dikkate alınacaktır. Bölüm 4’e göre belirlenen yük durumlarına ait dizayn yükleri (Bölüm 1, C.2.3.3’e bakınız) uygulanacaktır.

B. Pervane Kanatları**1. Genel****1.1 Dizayn**

1.1.1 Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin pervane kanatlarının mukavemeti ve çalışabilirliği, bu bölümdeki esaslara göre analiz edilebilir. Olağan dışı dizaynların analizi hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır.

1.1.2 Pervane kanatları ve birleştirme elemanları için tipik malzemeler, el ile yayma, püskürterek yayma, vakum ve vakum infüzyon teknikleri ile imal edilmiş elyaf takviyeli plastikler (ETP) ve ahşaptır. Bu malzemelerden yapılan pervane kanatları ve kanat parçalarının mukavemet analizi, Bölüm 5’e göre yapılacaktır.

1.1.3 Pervane kanatları, Bölüm 8, I.3.9’a göre uygun bir yıldırımdan koruma sistemi ile teçhiz edilecektir. O bölümde belirtilen iletken kesitinin pervane yapısına bağlantısının kanıtları sağlanacaktır. Yıldırımdan korunma donanımı, kanat-göbek geçişi veya diğer bağlantılar, yıldırım akımını, pervane kanadından kuleye emniyetle iletebilecek şekilde olacaktır.

1.2 Üreticiler ile ilgili istekler

Bölüm 5, E.2.1’e bakınız.

1.3 Malzemeler ile ilgili istekler

Bölüm 5, E.2.2’ye bakınız.

2. Değerlendirme Dokümanları

- Bölüm 5, E.2.2’de belirtilen malzeme testleri ile ilgili dokümanlar testler, E.1.2’ye göre tanınmış bir test laboratuvarı tarafından yapılacaktır.

- Madde 4’de belirtilen doğrulamalar için değerlendirmeye tabi yazılı dokümanlar,

- Teslim durumundaki kanadın resimleri,
- Üretim aşamasını tanımlayan resim ve spesifikasyonlar,
- ASCII veya MS Excel formatında, profil kesitlerinin koordinatları,
- Kanat test dokümanları (5.'e bakınız).

3. Teslim Kontrolleri

3.1 Nihai testler

3.1.1 Üretim sırasındaki kalite kontrolüne ilave olarak, üretici veya onun atadığı bir kuruluş, **TL** ile anlaşılacak kapsamda nihai testleri yapacaktır. Pervane kanadı tipine ait kalite dokümanları, seri üretim başlamadan önce, değerlendirme için **TL**'na verilecektir (Bölüm 1, B.5.3'e bakınız).

3.1.2 Nihai testler için asgari olarak aşağıdaki kontroller gereklidir:

- Üretim süresi boyunca pervane kanadı ile birlikte bulunacak olan; test dokümanları, kontrol dokümanları, iş-takip dokümanları ve kontrol listelerindeki veri ve girdilerin güvenilirlik ve doğruluk kontrolleri,
- Profil verisinin hassasiyeti dahil geometri kontrolü (bir serideki en az bir kanat için, kenar ve kanat doğrultusundaki doğal frekansların belirlenmesi, kütle ve ağırlık merkezinde büyük sapmaların olması halinde, bu işlem birkaç kanat için yapılacaktır,
- Kütle ve ağırlık merkezinin belirlenmesi,
- Pervanenin dışının ve mümkünse içinin, gözle muayene edilmek suretiyle yapışma kontrolü,
- Rastgele örnekleme yoluyla malzeme özelliklerinin kabul kontrolleri (kapsam hakkında **TL** ile anlaşmaya varılacaktır),
- Her kanat takımı için balans kalitesinin kontrolü (Bölüm 4, C.4.1'e göre).

3.2 Dokümantasyon

3.2.1 Nihai testlerin tamamlanmasından sonra, her pervane kanadı için, asgari olarak aşağıdaki verileri içeren bir teslim dokümanı düzenlenecektir:

- Pervane, kanat tipi,
- Seri numarası ve üretim yılı,
- Boyutlar,
- Kütle ve ağırlık merkezi,
- Varsa, aerodinamik fren tipi,

3.2.2 Her pervane kanadına ve seri numarası, kolayca ulaşılabilir bir yere markalanacaktır. Ayrıca, aşağıdaki bilgileri içeren bir bilgi etiketi konulacaktır:

- Üretici,
- Tip gösterimi,
- Seri numarası.

3.3 Hatalar

Üretim proseslerinden sapmalar, dokümante edilecektir. Eğer üretim gözetimi sırasında, emniyetle ilgili hatalar bulunursa, **TL** ile görüşerek düzeltici önlemler tanımlanacaktır.

4. Analizler

4.1 Analiz kavramı

4.1.1 Bileşen dirençleri R_d 'nin dizayn değerlerinin S_d tepkilerinin dizayn değerlerinden büyük olduğu gösterilecektir. Pervane kanatlarının mukavemeti, kural olarak azami mukavemet analiz ve yorulma analizi ile doğrulanacaktır. Basma ve / veya kesme yükü altındaki alanlar, azami yük durumundaki analizler vasıtasıyla, dengelilik hatasına karşı (burkulma, katlanma) incelenecektir.

4.1.2 Mukavemeti bilinen yöntemlerle doğrulanamayan bileşenler için, **TL** ile anlaşarak özel incelemeler gereklidir.

4.1.3 Pervane kanatları için, her durumdaki kritik yükler yönünden, en büyük yükleme / hasar ve en düşük emniyet (kritik noktalar) yerleri, gerek azami ve gerekse yorulma mukavemeti analizi için gösterilecektir. Eğer bu kritik noktalar ile bunların kritik yüklerinin tip ve şiddetleri yeterince açık değilse, bu bilginin sağlanması için hesaplar yapılacaktır. Geometrisi ve / veya malzemesi lineer olmayan noktalara özel dikkat gösterilecektir.

4.1.4 İstisnai hallerde (örneğin; yorulma analizi için), kritik noktalar yerine, ilgili yüklerle birlikte referans noktalarının (örneğin; ana eksenlerdeki noktalar veya kesit koordinat sistemi eksenindeki noktalar) sadeleştirme yoluyla doğrulanmasına izin verilir. Buradaki sonuçlar kritik noktaların emniyetinde kaynak olarak kullanılabilir. Referans noktaları ile kritik noktalar arasındaki minimum emniyet ilişkisi; temel incelemeler örnek raporlar, vb. vasıtasıyla uygun şekilde doğrulanacaktır. Kanat kökünün yorulma analizi için, eğer kanat ve kenar doğrultusu bakımından, artık emniyet 1,2 verilmişse, ayrıntılı bir muayene gerekli değildir.

4.1.5 Lokal yük uygulama bölgeleri civarındaki bağlantılar (örneğin; kanat kökünden metal insertler, uç şaftları), asgari olarak hasar-toleranslı olarak dizayn edilecektir.

Eğer bir hasar yapının ani arızasına yol açmıyorsa, o yapı hasar-toleranslı olarak kabul edilir.

4.1.6 Pervane kanatları ile tesisin diğer kısımları arasındaki asgari aralığın korunmasını sağlamak üzere, çalışılabilirlik sınır durumu içinde bir deformasyon analizi yapılacaktır. Eğer analiz statik yollarla yapılırsa, yüksüz durumdaki aralığa oranla pervane dönerken, tüm yük durumları için en az %50 ve pervane dururken, tüm yük durumları için %5'lik minimum aralık doğrulanacaktır.

4.1.7 Eğer deformasyon analizi dinamik ve aeroelastik yollarla yapılırsa, pervane dönerken, aralık en az %30'dan daha az olmayacaktır.

4.2 Tepkiler

4.2.1 Pervane kanatlarının mukavemet analizinde esas alınan yükler Bölüm 4'de verilmiştir. Dış kontrollerle çalışma koşullarının (dizayn durumları) (Bölüm 4, C'ye bakınız) süperpozisyonundan belirlenen yük durumları incelenecek ve boyutlandırma ile ilgili yük durumları doğrulanacaktır.

4.2.2 Kritik tepkiler olarak, aşırı iç kuvvetlerin ve momentlerin değişim fonksiyonunun belirlenmesi genelde yeterlidir.

4.3 Yapısal elemanların dirençleri

Yapısal elemanların dirençleri, Bölüm 5'e göre belirlenecektir.

5. Kanat Testleri

5.1 Genel

5.1.1 Hesaplamaların doğrulanması amacıyla, pervane kanatları, gerek doğal frekanslarda ve gerekse değerlendirme kapsamındaki statik yüklerde testlere tabi tutulacaktır. Bu testlerle ilgili istekler aşağıda tanımlanmıştır. Dizaynın özelliği nedeniyle, pervane kanatlarının, kanat kesitlerinin veya referans örneklerin ilave mukavemet testleri gerekli olabilir. Bununla ilgili istekler her durumda ayrı ayrı kararlaştırılacaktır.

5.1.2 Tüm testler ya tanınmış bir test laboratuvarı (yani, ilgili testler için akredite edilmiş veya **TL** tarafından tanınmış test laboratuvarı) tarafından veya **TL**'nin gözetiminde yapılacaktır. **TL**'nin gözetimi altında yapılan tüm testler için, onaylı bir test spesifikasyonu gereklidir. Bu spesifikasyon, testlere başlamadan yeterince önceden verilecektir.

5.2 Test istekleri

5.2.1 Test edilecek pervane kanatları, sunulan resimler ve spesifikasyonlara uygun olacaktır. Eğer testler nedeniyle lokal takviyeler gerekirse (örneğin; yük uygulama bölgelerinde), TL ile önceden anlaşmaya varılacaktır. Test raporunun bir parçası olarak, test edilen kanadın, resimler ve spesifikasyonlara uygunluğu belgelendirilecek veya uygun değilse, değişimler listelenecektir. Testin başlamasından önce, pervane kanadının kütlesi ve ağırlık merkezi belirlenecek ve dokümanite edilecektir.

5.2.2 Kural olarak, testler gerek pozitif gerekse negatif olarak, kanat ve kenar doğrultularında yapılacaktır. TL ile görüşerek, bazı hallerde testlerin kapsamı daraltılabilir. Ayrıca, asgari olarak, sabitlenmiş pervane kanadının 1. doğal frekansı, kanat ve kenar yönlerinde belirlenecektir. Boyu 30 m. den fazla olan pervane kanatları için, ikinci doğal frekansın kanat doğrultusunda ve burulma yönünden zayıf olan kanatlar için birinci burulma doğal frekansının ilaveten belirlenmesi gereklidir. Durma kontrollü türbinlerin pervane kanatlarında, kenar doğrultusundaki sönümlenme ölçülecektir.

5.2.3 S_{Test} test yükü aşağıdaki şekilde belirlenir:

$$S_{Test} = S_d \cdot \gamma_{1T} \cdot \gamma_{2T}$$

Burada ;

S_d = Yükün dizayn değeri,

γ_{1T} = 1,1 Seri üretimde pervane kanadı karakteristiklerinin dağılımı için,

γ_{2T} = 1,0 Testlerin; en az 20°C'lık hava ortamı sıcaklığında yapılması için,

= 1,1 Testlerin -30°C'lık hava ortamı sıcaklığında yapılması için

20°C'lık ile -30°C arasındaki değerler lineer enterpolasyonla elde edilir.

5.2.4 Testlerde görülen maksimum yükle ilgili olarak, kanat uzunluğunun en az %2,5 ile %70'i arasındaki her

nokta için, asgari olarak S_{Test} test yükü elde edilecektir. Ayrıca, en düşük kalan emniyetli kesitler için testler yapılacaktır. Burada, pervane kanadının deformasyonundan gelen yük etkileri dikkate alınacaktır.

5.2.5 Aşağıda belirtilen olası kritik alanlarda, düzgün yükleme gereklidir :

- Kesit özelliklerinin yavaşça ve sürekli olarak değiştiği, kanat kökünden profil kesitine kadar olan pervane kanadı kısmı,
- Esnemeye veya hataya karşı hesaplanmış en az artık emniyetli pervane kanadı kısımları,
- Lokal takviyelerin veya diğer özel dizayn özelliklerinin yer aldığı pervane kanadı kısımları.

Ayrıca analiz yapılmaksızın, yük uygulama bölgesinin her iki tarafında, lokal profil derinliğinin %80'i boyunca düzgün yükleme olmadığı kabul edilecektir.

5.2.6 Testler kapsamında, asgari olarak, aşağıdaki ölçümler yapılacaktır. Burada, sonuçlar S_{Test} maksimum test yükünün %40'ı ve %100'ü arasındaki en az 4 yükleme düzeyi için belirlenecektir:

- Uygulanan yükler, her yük uygulama noktasında ölçülecektir,
- Pervane kanadının eğilmesi, asgari olarak pervane yarıçapının yarısında ve kanat ucunda ölçülecektir,
- Üst ve alt cidardaki kirişin uzaması, 5.2.4'de belirtilen test alanına dağıtılmış en az 4 kesitte ölçülecektir,
- Önder ve takip kenarlarının uzaması, asgari olarak, maksimum kesit boyunda ve kanat uzunluğunun yarısında ölçülecektir,
- Tercihen en büyük yükün olduğu noktada olmak üzere, kanat kök alanında gövdenin kesme uzaması ölçülecektir,

- Testler sırasında dış sıcaklık kaydedilecektir.

5.2.7 Belirli koşullarda, diğer kritik noktalarda da uzama ölçümleri gerekli olabilir. Test sırasında ilgili yükleme düzeyi en az 10 saniye devam ettirilecektir. Test sırasında, lokal burkulma veya hataya izin verilmez.

5.2.8 Rüzgar türbinlerinin pervane ve kanatlarının, bitişik yapıları ile birlikte test edilmesi ve civatalı bağlantıların gerilme koşulları da belirlenebilecek şekilde cihazla teşhisi tavsiye edilir.

5.3 Dokümantasyon

5.3.1 Yükler ve yükleme düzeneği, test spesifikasyonunda açık olarak tanımlanacaktır. Özellikle, yük uygulamasının yeri ve büyüklüğü ile kanat boyunca hakiki ve gerekli test yükü S_{Test} arasındaki sapma kaydedilecektir.

Tüm ölçümler ve ölçme düzenleri belirtilecek ve öngörülen sonuçlar listelenecektir. Testlerde izin verilen maksimum sapmalar, hesaplamaların ve ölçümlerin hassasiyetine bağlı olarak tanımlanacaktır. Eğilme çökmesi için maksimum $\pm 7\%$, doğal frekanslar için $\pm 5\%$ ve zorlanmalar için $\pm 10\%$ sapmalara izin verilir. Test programı ve test kayıtları örneği eklenecektir.

5.3.2 Testler; testin konusunu ve test prosedürünü tanımlayan, test sonuçlarını listeleyen ve hesaplamalara göre değerlendiren bir raporla doküman edilecektir. Test raporu aşağıdaki hususları içermelidir:

- Testin tarihi ve süresi,
- Testten sorumlu kişi,
- Pervane kanadının tanımı ve özellikleri,
- Üretim dokümantasyonu (gerekirse ek olarak),
- Kütle, ağırlık merkezi ve doğal frekansların hesabı,
- S_{Test} test yükünün tanımı ve yük simülasyonundan türetimi,

- Test düzeneğinin ve yük uygulamasının tanımı,
- Ölçme düzenlerinin tanımı,
- Ölçme cihazlarının kalibrasyonu,
- Ölçümlerin hassasiyeti,
- Ölçüm parametreleri (kuvvetler, şekil değişimleri, zorlanmalar, sıcaklık, vb.).
- S_{Test} test yükünün fiili ve gerekli değerlerinin karşılaştırması,
- Hesaplanan ve ölçülen değerlerin karşılaştırması,
- Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi.

C. Makina Yapıları

1. Genel

Aşağıdaki kurallar; rüzgar türbinlerinin kuvvet ve moment ileten makina yapılarına veya Bölüm 3, C.2'ye göre metal malzemelerden yapılan rüzgar türbini bileşenlerine uygulanır.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Rüzgar türbinlerinin makina yapılarının mukavemet ve çalışabilirlik değerlendirmesi için, aşağıdaki dokümanlar gereklidir:

2.2 Malzeme özellikleri ile birlikte bileşen verileri, seri üretilen parçalarda üreticiden alınan veriler, standart parçalar için standartlarla ilgili veriler, kullanılan spesifikasyonlara ait notlar, vb. Ayrıca, kaynaklı yapılarda parça listeleri gerekli olabilir.

2.3 Bitişik birincil elemanlar da dahil, tanımlamalar ile birlikte (parça gösterimleri, resim numarası, değişim indeksi) dizayn dokümanları (montaj resimleri, gerekirse işçilik resimleri ve spesifikasyonlar) verilecektir. Bu dokümanlar şunları içerecektir:

- Döküm ve dövme malzemelerden yapılan yapılarda, yüzey durumu, ısıt işlem, korozyondan korunma, vb. gibi teslim koşullarıyla ilgili gerekli tüm veriler,
- Kaynaklı yapılarda, malzemelerle ilgili veriler, kaynak dikiş tipleri, ısıt işlem korozyondan korunma vb.

2.4 Seri üretilen parçalar arasında yer alan ve yeterli işlev görmesi suretiyle uygunlukları kanıtlanmış olan makina yapıları için genelde tip / veri dokümanları yeterlidir. Özellikle rüzgar türbini için değiştirilmiş yapılar için ilave dokümanlar veya doğrulamalar gereklidir.

3. Analizler

3.1 Makina yapıları için mukavemet hesapları, azami mukavemeti ve çalışılabilirlik durumunu net olarak doğrulayacaktır. Bu hesaplar, aşağıda belirtilenlerle ilgili yeterli bilgiyi içerecektir:

- Dizayn yükleri,
- Statik sistemler (analog modeller) ve uygulanan genel sınır koşulları (bitişik bileşenlerin etkisi dahil),
- Malzemeler,
- İzin verilen gerilmeler,
- Kullanılan referanslar.

3.2 Malzemelerle ilgili istekler, doğrulamalar ve sertifikalar Bölüm 3'de verilmiştir. İlave kurallar, Bölüm 5, C'den ve uygulanabilen hallerde Bölüm 7'den elde edilebilir. Yüklerle ilgili olarak, Bölüm 4.'de verilen esaslar dikkate alınacaktır.

3.3 Teknik ve hesaplama noktalarından, hesaplama analizlerinin dokümanları, diğer tüm dokümanlarla (resimler, spesifikasyonlar) birlikte bir bütün oluşturacaktır. Hesaplama analizlerinde belirtilen bitişik bileşenler ve yapısal alanların referanslarının dokümanlara dahil edilmesine dikkat edilecektir.

3.4 Eğer farklı standartların ve kuralların analiz kavramları kullanılıyorsa, bunlar birbiriyle karıştırılmamalıdır.

D. Türbin Kaportası Kapakları ve Pervane Başlıkları

1. Genel

1.1 Dizayn

1.1.1 Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin kaporta kapakları ve pervane başlıklarının mukavemeti ve çalışılabilirliği, bu maddedeki kurallar çerçevesinde analiz edilebilir. Olağan dışı dizayn analizleri için TL ile anlaşmaya varılacaktır.

1.1.2 Kaporta kapaklarının yıldırımdan korunma sistemleri ile ilgili olarak Bölüm 8, I'ya bakınız.

1.2 Üreticilerle ilgili istekler

Herhangi bir istek yoktur.

1.3 Malzemelerle ilgili istekler

1.3.1 Genel istekler için Bölüm 3'e ve elyaf takviyeli plastikler için (ETP) Bölüm 5, E.2.2'ye bakınız.

1.3.2 Elyaf takviyeli plastikler (ETP) için, Bölüm 5, E.2.2'den farklı olarak, aşağıda belirtilenler uygulanacaktır. Kullanılan malzemelerin mukavemeti ve katılığı her durumda yeterince bilinecektir (yani liflere paralel ve enine doğrultuda çekme ve basma yükleri ve kesme için, elastisite modülü (E-modülü), Poisson sayısı, kullanılan tipik laminatların hata zorlanması ve hata gerilmesi). Malzeme testleri gerekli değildir, modüller, mukavemetler ve katılıklar, üreticinin malzeme spesifikasyonlarından veya literatürden alınabilir. Üretici, devam eden üretim için, analizlerde esas alınan karakteristik değerlerin sağlandığını doğrulayacaktır.

2. Değerlendirme Dokümanları

- Eurocode 1.

- 3.'de belirtilen doğrulamaların değerlendirmesine tabi yazılı dokümanlar,

3.2.1.2 Taşınan ağırlık için, Bölüm 4'deki γ_F kısmi emniyet faktörü seçilecektir.

- Dizaynı açıklayan resim ve dokümanlar.

3.2.2 Hareketli yükler

3. Analizler

3.2.2.1 Platformlar, panyollar, yürünebilir kapalı kısımların içi, vb. :

3.1 Analiz kavramı

$$P_{Sk} = 3 \text{ kN/m}^2$$

3.1.1 Hesaplamalar veya testlerle, R_d dirençlerinin dizayn değerlerinin, S_d tepkilerinin dizayn değerlerinden büyük olduğu gösterilecektir. Global kuvvetler ve bağlantılardan gelen yük uygulamaları dikkate alınacak ve birincil yapı elemanlarında izlenecektir (örneğin; ana kas, göbek). Elyaf takviyeli plastikler (ETP) için şunlar uygulanır:

$$F_{Sk} = 1,5 \text{ kN } 20 \text{ cm x } 20 \text{ cm'de}$$

- Testlerle doğrulama durumunda, S_d tepkisi, Bölüm 6, B.5.2.3'e benzer şekilde test faktörleri ile arttırılacaktır.

3.2.2.2 Çatı yükleri, yürünebilir kapalı kısımların dışı :

$$P_{Sk} = 3 \text{ kN/m}^2$$

Çatıdaki toplam yük, sahadaki uygun işaretleme ile düşürülebilir (örneğin; çıkış kaportasındaki etiket)

- Elyaf arası hataların analizi yapılmayabilir.

$$F_{Sk} = 1,5 \text{ kN } 20 \text{ cm x } 20 \text{ cm. de}$$

3.1.2 Tepkiler olarak, sadece aşırı yükler uygulanacaktır.

3.2.2.3 Yatay direnç göstermesi öngörülen tüm yapısal elemanlardaki yatak yükler (zeminden ve duruş düzeyinden itibaren yük uygulamasının yüksekliği $H = 1,1 \text{ m}$. yük dağılımı genişliği 20 cm . veya geniş alanlı kaporta kapakları için $20 \text{ cm x } 20 \text{ cm}$ basınç alanı):

3.1.3 Çalışılabilirlik sınır durumu analizinde, hassas analiz yapılmayabilir. Karakteristik yükler altındaki bir yapı elemanının maksimum eğilme çökmesi, maksimum serbest (desteklenmeyen) aralığın $1/200$ 'ünden (çerçeve ve konsollar için $1/150$ 'sinden) büyük olamaz.

$$P_{Sk} = 1 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{Sk} = 1,5 \text{ kN her doğrultuda.}$$

3.2 Tepkiler

3.2.2.4 Her durumda, en olumsuz yük, kritik yüküdür.

3.2.1 Taşınan ağırlık

3.2.2.5 Düşmeye karşı koruma olarak, tutma kolları (kişisel emniyet için, belirgin renkle işaretlenecek):

3.2.1.1 Genel olarak, Eurocode 1'deki değerler kullanılacaktır. Eğer kullanılan malzeme listelenmişse, karakteristik değerlerin özellikle belirtilmediği durumlarda, üretici değerlerinin ortalamasının $1,05$ katı (karakteristik değerlerin tahmini olarak) kullanılacaktır. Tekil değerlerdeki çelişkiler ve bu değerlerin bulunmaması durumunda, aşağıdaki öncelik kullanılacaktır :

$$F_{Sk} = 20 \text{ kN her doğrultuda.}$$

- Üreticiden elde edilen ortalama değerlerin $1,05$ katı,

3.2.2.6 Yukarıda verilen değerler, minimum değerlerdir. Eğer rüzgar türbininin monte edildiği yerde uygulanan esaslar veya kurallar (örneğin; ulusal iş emniyeti kuralları) daha yüksek değerleri gerektirirse, bunlar kullanılacaktır.

3.2.2.7 Hareketli yükler için kısmi emniyet faktörü $\gamma_F=1,5$ 'dir.

3.2.2.8 Tutma kollarlı yükü için kısmi emniyet faktörü $\gamma_F=1,0$ 'dir (hata yükü ile doğrulanabilir).

3.2.3 Rüzgar yükleri

$W_{Sk} = \rho/2 \cdot v_{wind}^2 \cdot A \cdot c_w$ (rüzgar, harici bir olaydır, fırtına etki faktörleri ihmal edilebilir)

Burada;

ρ = Bölüm 4'e göre havanın yoğunluğu,

v_{wind} = Bölüm 4'e göre,

DYD 6.1 ($\gamma_F=1,35$ alınarak, cepheden $\pm 15^\circ$ 'lik bir sektör içindeki hava akımlı 50 yıllık fırtına,

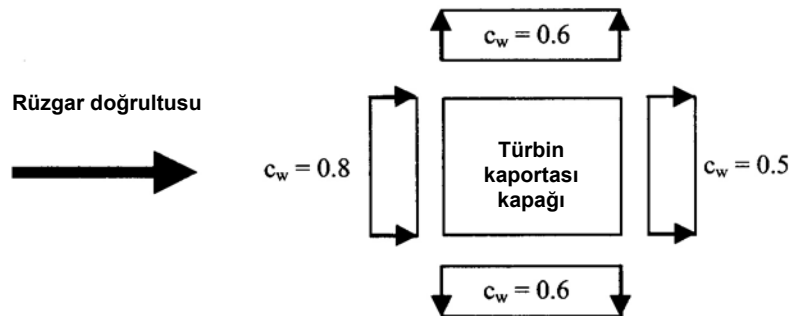
DYD 6.2 ($\gamma_F=1,1$ alınarak, yönlendirme tahriki için enerji desteği olmaksızın şebeke arızası için, tüm yönlerden 50 yıllık fırtına) veya,

DYD 7.1 ($\gamma_F=1,1$ alınarak, yönlendirme tahriki için enerji destekli, şebeke arızası için, tüm yönlerden yıllık fırtına),

A = w ve c_w için referans yüzey,

c_w = Eurocode 1'in hükümleri uygulanabilir. Sadeleştirme için Şekil 6.1 ve Tablo 6.1'de verilen kabullere izin verilir.

3.2.3.1 c_w değerleri, her yüzey için düşey akım, kritik durum oluşturacak şekilde seçilecektir.



Şekil 6.1 Kaporta için kabul edilen sadeleştirilmiş c_w değerleri

Tablo 6.1 Kaporta için kabul edilen sadeleştirilmiş c_w değerleri

A yüzeyinin rüzgara göre durumu	Rüzgar doğrultusuna bakış	Rüzgar doğrultusunun tersi	Rüzgar doğrultusuna paralel
c_w	+0,8 (basınç)	-0,5 (emme)	-0,6 (emme)

3.2.3.2 c_w için kabul edilen değerler, keskin kenarlı kaportalara uygulanır. Yuvarlatılmış şekiller için, tüm c_w değerleri %20 azaltılabilir. Yuvarlatılmış şekiller, köşe ağırlık yarıçapı, rüzgara açık olan ilgili yüzeyin %10'unu oluşturan şekillerdir (ara değerler lineer enterpolasyonla elde edilebilir).

3.2.3.3 Rüzgar yükleri kısmi emniyet faktörü: Bölüm 4'deki DYD 6.1, 6.2 ve 6.3'e göre γ_F değerleridir.

3.2.4 Kar ve buz yükleri

Kar ve buz yükleri, kaporta çatısındaki hareketli yüklerle dahil edilir. Yükler, 3.2.2'ye göre hesaplananlardır. Eğer rüzgar türbininin monte edildiği yerde uygulanan esaslar veya kurallar (örneğin; ulusal iş emniyeti kuralları) daha yüksek değerleri gerektirirse, bunlar kullanılacaktır.

3.2.5 Yük kombinasyonları

Aşağıdaki yük kombinasyonları incelenecektir:

- Taşınan ağırlık, hareketli yüklerle birleştirilecektir.
- Taşınan ağırlık, en olumsuz durumlar kapsanacak şekilde rüzgar yükleri ile birleştirilecektir.

3.3 Bileşen dirençleri

R_d bileşen dirençleri, genelde, Bölüm 5'e göre hesaplanacaktır, plastik rezervler ve büyük yer değişimleri kullanılabilir.

E. Cıvatalı Birleştirmeler

1. Değerlendirme Dokümanları

Cıvatalı birleştirmelerin değerlendirilmesi için, en az aşağıda belirtilen dokümanlar verilecektir:

- Madde 2. "Cıvatalı birleştirmelerin mukavemet analizi", F.7.1 "ring flenç birleştirmeleri" ve F.7.3 "Kesmeye maruz cıvatalı birleştirmeler"e göre cıvatalı birleştirmelerin dizayn hesapları.

- Cıvatalı birleştirmelerin yapılması ile ilgili iş talimatı (montaj talimatları). Bu talimatlar, asgari olarak şunları içerecektir :

- Birleştirilecek yüzeylerin ön işlemesi veya kontrolleri,
- Eğer dizaynda, birleştirme işleri sırasında flençlerde ilave işlemler (örneğin; alttan destekleme) öngörülüyorsa, bunlar, gerekli malzemelerle birlikte tanımlanacaktır. Bu işlemler sadece belirli kriterler aşıldığında gerekli ise (örneğin; maksimum açıklık genişliği), bu kriterler ve ölçme prosedürleri belirtilecektir,
- Dişlerin ve cıvata / somunların yağlama durumu,
- Sıkma prosedürü ve üretim için gerekli tüm veriler (örneğin; ön yükleme, gerekli tork, sıkma aletleri),
- Sıkma sırası.

- Asgari olarak, test aralıkları ve test prosedürü ile birlikte cıvatalı birleştirmenin kontrolü ile ilgili iş talimatı (bakım talimatı), 3.'e bakınız.

- Aşağıda belirtilen şekilde, dizaynın diğer parametrelerini sağlayan resimler ve spesifikasyonlar:

- Boyutlar ve toleranslar,
- Flenç yüzeylerin veya parçaların olası boyası ile ilgili veriler,
- Cıvataların, somunların ve pulların gösterimi,
- Korozyondan korunma.

2. Cıvatalı Birleştirmelerin Mukavemet Analizi

2.1 Cıvatalı hesapları ilgili TSE standartlarına veya TL tarafından kabul edilen diğer standartlara göre yapılacaktır.

2.2 Dinamik yüklü cıvatalı birleştirmeler için, uygun bir ön yükleme gereklidir. Egzantrik yükleme etkileri, birleştirmelerdeki olası aralıklar ve düzgünsüzlükler dikkate alınacaktır. Burada sonlu elemanlar yöntemi kullanılabilir (Bölüm 5, Ek 5.A “Sonlu elemanlar yöntemi ile mukavemet analizi”ne de bakınız).

2.3 Esas alınacak ayrıntı sınıfı, Bölüm 5, C.3.4.1.9'a göre uygulanacaktır. Tekrarlı yüklere maruz cıvatalı birleştirmelerde makina yapılarının bağlantısında, sadece 8.8 ve 10.9 mukavemet sınıflarına izin verilir.

3. Cıvatalı Birleştirmelerin Muayenesi

3.1 Rüzgar türbininin çalışma ömrü sırasında, cıvatalı birleştirmeler, bakımın bir parçası olarak test edilecektir. Bu testler bakım el kitabında belirtilecektir. Bu konuda aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır.

3.2 Tork kontrollü veya gergi kuvveti kontrollü yöntemler kullanılarak sıkılan tüm cıvatalı birleştirmeler, çalışmaya almadan önce en az bir kere yeniden sıkılacaktır. Bunun için gerekli aralık belirtilecektir. Bundan sonra, bu cıvatalı birleştirmeler düzenli olarak göz muayenesine ve gevşeme kontrolüne tabi tutulacaktır.

3.3 Yeniden sıkma ve düzenli kontrol talimatları ve süreleri bakım el kitabında belirtilecektir (Bölüm 9, D'ye bakınız).

3.4 Diğer yöntemlerle sıkılan veya gerilme uygulandığında plastik bölgeye getirilen cıvatalı birleştirmelerde, her durum için ayrı ayrı olmak üzere, özel muayene prosedürleri tanımlanacaktır.

3.5 Gerilme uygulanan malzemeye ETP, CTP veya betonun dahil olduğu cıvatalı birleştirmelerde, her durum için ayrı ayrı olmak üzere özel muayene prosedürleri tanımlanacaktır.

F. Kule

1. Genel

Analizler, madde 6'ya göre azami ve çalışabilirlik sınır durumları yardımıyla yapılacaktır.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Hesaplama dokümanları

Hesaplama dokümanları, hesaplama analizlerinin dokümanite edilmesine hizmet eder. Bunlar; eksiksiz, ayrıntılı ve açık olmalıdır.

2.2 Resimler

Gerekli tüm bilgileri ve teknik istekleri içeren işçilik resimleri hazırlanacaktır. Bu resimler özellikle şunları içerecektir:

- Genel görünüş dahil, kule geometrisinin sunumu,
- Dizayn ayrıntılarının detaylı gösterimi,
- Malzeme spesifikasyonları,
- Kaynak dikişi spesifikasyonları ve kabul kriterleri,
- Tolerans verileri,
- Korozyondan korunma sistemi spesifikasyonları.

2.3 Montajın tanımı

Montaja özgü sınır koşulları ile birlikte, montaj sırasının kısa tanımı, değerlendirme dokümanlarına eklenecektir. Montaja özgü sınır koşulları özellikle şunları içerir :

- Montaj için maksimum rüzgar hızı,
- Gerekirse, minimum / maksimum montaj sıcaklığı,
- Kulenin montajı ve pervane kanatları ile birlikte kaportanın montajı arasındaki maksimum aralık.

Montaj talimatları ile ilgili diğer istekler Bölüm 9, A'da verilmiştir.

3. Analiz Kavramı

Kulenin bileşenlerinin analizi için, Bölüm 5'de tanımlanan emniyet kavramı uygulanacaktır.

4. Uygulanacak Yükler

4.1 Analizler; Bölüm 4, C.3, Tablo 4.2'ye göre, tüm tepkilerin en olumsuz kombinasyonu ile yapılacaktır.

4.2 Azami ve çalışılabilirlik sınır durumlarındaki analizler için, kısmi emniyet faktörleri ile uyarlanan karakteristik yükler ve dizayn yüklerine gerek vardır.

5. İç Dizayn Kuvvetleri ve Momentlerinin Belirlenmesi

5.1 Genel

5.1.1 Genel olarak, kulenin ve temelin boyutlandırılmasında kullanılan iç kuvvetler ve momentler, 5.2'deki hükümler dikkate alınarak, genel dinamik hesaplar vasıtasıyla belirlenecektir. bu yolla hesaplanan iç kuvvetler ve momentler arasında, seçilen noktalarda lineer enterpolasyona izin verilir.

5.1.2 Bundan farklı olarak; (F.1) ve (F.2) eşitliklerine göre, kulenin $f_{0,n}$ doğal frekanslarının f_R ve $f_{R,m}$ ayarı frekanslarından yeterince uzakta olmasının sağlanması koşuluyla, aktif kanat piçi olmayan yatay eksensel türbinleri için, 5.3'e göre kule yapısının sadeleştirilmiş hesabı yapılabilir. Sadeleştirilmiş yöntem "çalışma dışı" durumda bulunan tesisler için de kullanılabilir.

$$\frac{f_R}{f_{0,1}} \leq 0,95 \quad (F.1)$$

$$\frac{f_{R,m}}{f_{0,n}} \leq 0,95 \quad \text{veya} \quad \frac{f_{R,m}}{f_{0,n}} \geq 1,05 \quad (F.2)$$

Burada ;

f_R = Normal çalışma aralığında, pervanenin maksimum dönüş frekansı,

$f_{0,1}$ = Kulenin 1. doğal frekansı,

$f_{R,m}$ = m pervane kanatlarının geçiş frekansı

$f_{0,n}$ = Kulenin n. doğal frekansı

Hesaplanacak doğal frekansların sayısı n, hesaplanan en büyük doğal frekans, kanat geçiş frekansından en az %20 büyük olacak şekilde fazla seçilecektir.

5.1.3 Kulenin doğal frekansları; malzeme için elastik davranış kabul edilerek, incelenen titreşim sistemi için belirlenecek ve belirtilecektir. Temelin etkisi de dikkate alınacaktır. Zemin için dinamik zemin parametreleri kullanılacaktır.

Not :

Kazıklı temellerde, yatay eksen etrafında dönmeye ilave olarak, temelin düşey eksen etrafında dönmesi ve yatay yer değiştirmesi dikkate alınacaktır.

5.1.4 Doğal frekansların hesabındaki belirsizliklerin dikkate alınması amacıyla, bu frekanslar $\pm\%5$ saptırılacaktır.

5.1.5 Devamlı çalışmada (F.1) ve (F.2) eşitliklerini sağlamayan rüzgar türbinlerinde (yani, rezonans bölgesi yakınında çalışan türbinler), işletimsel titreşim izlemesi yapılacaktır, Bölüm 2, C.2.6'ya bakınız.

5.2 Genel dinamik hesaplamalar

5.2.1 Tüm sisteme ait yükler; genel dinamik hesaplamalar vasıtasıyla, elastisite teorisine göre belirlenecektir.

Bazı analizler için tepki bileşenlerinin olumlu etkisi olabileceği dikkate alınacaktır. İç kuvvetlerin ve momentlerin tekil bileşenleri genelde fazda değildir, böylece en olumsuz zaman aşaması seçilmiş olur.

5.2.2 Zaman etkili genel dinamik hesaplarda, kısmi emniyet faktörü prosedürünün uygulanmaması mümkündür. Bu durumda, prosedür Bölüm 1, C.3'deki gibi olacaktır.

5.2.3 Genel dinamik hesaplamalar, ilgili kesitteki, incelenen yük kombinasyonları için tüm iç kuvvet ve momentlerin zaman serilerini verir. Bunlar, kule ve temelin dizaynında kullanılacaktır. Bu iç kuvvet ve momentler, azami ve çalışılabilirlik sınır durumlarındaki analizler için belirlenecektir.

5.2.4 Mukavemet ve dengelik hatasına ve çalışılabilirlik sınır durumuna ait analizler için, sadeleştirme yoluyla, incelenen kesitte aynı anda oluşan kalan iç kuvvetler ve momentler ile birlikte, sadece iç kuvvetlerin ve momentlerin azami değerlerinin belirtilmesine izin verilir.

5.2.5 Yorulma emniyeti analizi ile ilgili iç kuvvetler ve momentler, sadeleştirme yoluyla, yük spektrumu şeklinde ve cıvatalı bağlantılar için ortalama değerlerle belirtilebilir (Bölüm 4, Ek 4, B.2.3'e bakınız).

5.3 Sadeleştirilmiş hesaplamalar

5.3.1 Genel

5.3.1.1 Sadeleştirilmiş hesaplamalar, sadece 5.1'de belirtilen hükümler kapsamında, aktif kanat piçi olmayan yatay eksenli tesislerin kule yapısının analizi için uygulanabilir. Burada, genel dinamik hesaplamalardan elde edilen iç kuvvetler ve momentler, kuleye tepkiler olarak uygulanacaktır. Bu tepkilerden, kulenin tüm diğer noktalarındaki iç kuvvetler ve momentler elde edilir. Kuledeki rüzgar yükü, şiddet ve doğrultu bakımından, ilgili tepki kombinasyonlarında dikkate alınacaktır (5.3.2'ye bakınız).

5.3.1.2 Sadeleştirme olarak, tepkilerin tüm kombinasyonları maksimum değerleri ile veya bu daha uygun ise, minimum değerleri ile aynı anda etki ettiği kabul edilebilir.

5.3.1.3 Göbek yüksekliği +%20 ve -%10'a kadar değişen diğer kule biçimlerinde, makina / kule ara yüzündeki tepkiler de kullanılabilir. Ayrıca, bunlar asgari olarak, aynı eğilme ve burulma katılığına sahip olacak ve 2.'de verilen koşulları da sağlayacaktır.

5.3.2 Kulenin rüzgar doğrultusundaki rüzgar-kaynaklı titreşimi

5.3.2.1 "Servis dışı" türbinlerin, 5.1'e göre yapılan analizlerinde, rüzgar sağnağı nedeniyle, rüzgar yönünde kulede oluşan titreşim etkisi, artırılmış statik yük uygulaması ile dikkate alınacaktır. Türbülanslı aşırı rüzgar hızı modelinin (EWM) kullanımında, ortalama rüzgar hızından $V(z)$ kaynaklanan ve rüzgar yönünde doğrudan kuleye etki eden rüzgar yükü, G fırtına reaksiyon faktörü ile çarpılacaktır.

G 'nin belirlenmesi ile ilgili uygun bir yöntem, örneğin; DIN 1055-4'de verilmiştir. Sadeleştirme bakımından, yapı genişliği b 'nin yapı yüksekliğinin 0,1'i olduğu kabul edilebilir. Ön yüklemeli beton, donatılı beton veya çelikten yapılan kulelerde, gerek yapısal sönümlenmeyi ve gerekse aerodinamik sönümlenmeyi kapsayan, logaritmik azalma için $\delta_B = 0,1$ kabul edilebilir.

5.3.2.2 Eğer DIN 1055-4'e göre titreşime dayanıklı kule yapılarının hesaplarında durma - durumu aşırı rüzgar modeli (EWM) kullanılıyorsa - 3 sn. ortalama değer esasına göre (ani rüzgar hızı)- fırtına reaksiyon faktörü $G=1$ olarak kabul edilebilir.

5.3.2.3 "Hizmette" durumdaki türbinlerin, 5.1'e göre analizinde, ani rüzgar nedeniyle, kulede rüzgar doğrultusundaki titreşim etkisi ihmal edilebilir, yani fırtına reaksiyon faktörü $G=1$ kabul edilebilir.

5.4 Rüzgar kaynaklı enine titreşimler

5.4.1 Rüzgar doğrultusuna dik girdap kaynaklı titreşimlerden oluşan, dairesel veya dairesel yakın kulelerdeki yükler, örneğin; DIN 1055-4'deki prosedür kullanılarak hesaplanabilir.

5.4.2 Donatılı beton ve ön yüklemeli beton kulelerin yüklerinin analizi için, örneğin; DIN 4228:1989-02, A.2.2'deki kurallar uygulanacaktır.

5.5 Yorulma emniyeti analizi için iç kuvvetler ve momentler

5.5.1 Yorulma emniyeti analizi için iç kuvvetlerin ve momentlerin belirlenmesi ile ilgili istekler, Bölüm 4'de verilmiştir.

5.5.2 Eğer yorulma emniyeti analizi yük spektrumu esasına göre yapılırsa; bunlar, gerekirse yük ölçümleri ile birlikte, yorulma için kritik isteklerin simülasyonu vasıtasıyla, ilgili kesitler için hesaplama yoluyla belirlenecektir. Bölüm 10, E'ye bakınız. İç kuvvetlerin ve momentlerin dizisi, en olumsuz tarzda superpoze edilecektir.

5.5.3 Sadeleştirme için, spektrum, simülasyondan elde edilen yük spektrumu zarfları ile (örneğin, yamuk şeklinde) temsil edilebilir. Burada, tüm tepki bileşenleri için, üniform yük çevrimi sayısı tanımlanmalıdır.

Not :

Genelde, pervane itmesi F_x , yatırma momenti M_y ve kule burulma momenti M_z tepki bileşenlerinin dikkate alınması yeterlidir. Yatırma ve kule burulma momentlerinin, birbirine göre 90° 'lik bir faz farkı ile etki ettiği kabul edilebilir.

5.6 Arayüzler

5.6.1 Hesaplama kapsamında, kaporta / kule ara yüzündeki iç kuvvetler ve momentler ile ilgili rüzgar hızları ve hava akım açıları, karakteristik ve dizayn yükleri için bir tabloda özetlenecektir. Aeroelastik hesaplamalarda, ilgili komple sistemin (temel ile birlikte kule) geometrisi, katılığı, doğal frekansları ve sönümlenme faktörleri ayrıca belirtilecektir. Bu ara yüz için aşağıda belirtilenler ayrıca bildirilecektir :

- Rüzgar türbininin makina parçaları için kütleler ve atalet momentleri,
- Kulenin ve temelin yorulma analizi için yük durumlarının iç kuvvetleri ve momentleri,
- Kule üstü kaçıklıklarından oluşan etkiler.

5.6.2 Kule / temel arayüzü için 4.'e bakınız.

6. Kule İçin Doğrulama**6.1 Azami sınır durumları****6.1.1 Emniyet kavramı**

6.1.1.1 Yükler için kısmi emniyet faktörleri, Bölüm 4, C.5.2 ve 4, C.5.3'e göre belirlenecektir.

6.1.1.2 Analizler; Bölüm 4, C.3 Tablo 4.3'e göre N, A veya T gruplarının tepkilerinin en olumsuz kombinasyonlarına ait dizayn yükleri ile yapılacaktır.

6.1.1.3 Lineer olmayan etkilerin sonucu olarak iç kuvvetlerde ve momentlerdeki artış (örneğin; ikinci sıra teorisi, durum II) dikkate alınacaktır. Bunlar, yarı-statik hesaplardan elde edilebilir.

6.1.1.4 5.3'e göre sadeleştirilmiş tarzda hesaplanan iç kuvvetler ve momentlerin analizi için, tepkilerin dizayn değerleri, karakteristik değerlerin, Bölüm 4, C.5.2, Tablo

4.3'e göre γ_F kısmi emniyet faktörleri ile çarpımından elde edilebilir. En büyük kısmi emniyet faktörü γ_F 'nin olumsuz tepkileri için, ilgili yük kombinasyonunun tepkileri kullanılabilir.

6.1.2 Mukavemet için azami sınır durumu

6.1.2.1 Çelik yapılar için, Bölüm 5, C.2'de belirtilenler dikkate alınacaktır. Silindirik veya konik şekilli içi boş çelik kuleler için, azami sınır durumunun doğrulanması için gerekli olan gerilmeler, kabuk membran teorisine göre hesaplanabilir. Bunun anlamı, örneğin; rüzgar yüklerinin aktarımı için, elemanter boru eğilme teorisinin uygulanabileceğidir. Kulenin çevresine düzgün olarak yayılmayan rüzgar basıncından kaynaklanan kabuk eğilme momentlerinin veya flençlerde veya stifnerlerde kenar bozukluklarından oluşan ikincil gerilmelerin dikkate alınmasına gerek yoktur. Silindirik ve konik kule kesitleri arasındaki geçişlerde, ring takviyeler düzenlenmediği takdirde, lokal çevresel membran kuvvetleri ve kuvvet defleksiyonundan oluşan kabuk eğilme momentleri dikkate alınacaktır. Eğer buna olanak yoksa, ring stifnerlerin uygun şekilde boyutlandırıldığı doğrulanacaktır. açıklıklar nedeniyle zayıflayan kule alanları için, Bölüm 6, F.7.2 dikkate alınacaktır.

Not :

Burada tanımlanan analiz prosedürü, DIN 18800-1'deki terminolojiye göre kule duvarının lokal ve iç kuvvet ve momentlerinin elastik / plastik analizine, kulenin global iç kuvvet ve momentlerinin elastik / elastik analizine karşılık gelir.

6.1.2.2 Donatılı beton ve ön yüklemeli beton yapılar, Bölüm 5, D.2.1'e göre doğrulanacaktır. Et kalınlığının, yarıçapının en az $1/20$ 'si olması koşuluyla, kulenin iç kuvvetleri ve momentleri boru eğilmesi teorisine göre hesaplanabilir. Bu, kule açıklıkları civarındaki lokal analizlere uygulanmaz. Çelikten veya ön yüklemeli betondan yapılan kulelerdeki ısı etkisinden kaynaklanan yüklerin belirlenmesi için, çevre üzerine üniform olarak etki eden ve et kalınlığı boyunca lineer olarak değişen $\Delta T_M = 15$ K'lık bir sıcaklık bileşeni, 180° 'lik çevre üzerine kosinüs dağılımı ile etki eden ve et kalınlığı boyunca sabit kalan $\Delta T_N = 15$ K'lık bir sıcaklık bileşeni ile birlikte uygulanacaktır.

6.1.3 Kararlılık için azami sınır durumu

6.1.3.1 Çelik yapıların kararlılık analizleri için, örneğin; DIN V ENV 1993-1-6 veya DIN 18800, Part 2 ÷ 4 uygulanacaktır.

“Uzun silindir” olarak kule kısımlarının sadeleştirilmiş burkulma emniyeti analizinde, DIN 18800-4 1990-11’deki eşitlik (29), (30) yerine (F.3) eşitliği kullanılabilir :

$$C_X = 1,0 \cdot \frac{\sigma_{x,M}}{\sigma_X} + C_{x,N} \cdot \frac{\sigma_{x,N}}{\sigma_X}$$

Burada ;

σ_X = Boylamsal gerilme,

$\sigma_{x,N}$ = Kulenin dik kuvvetinden oluşan boylamsal gerilme bileşeni ,

$\sigma_{x,M}$ = Kule eğilme momentinden oluşan boylamsal gerilme bileşeni ,

$C_{x,N}$ = DIN 18800-4 : 1990-11 eşitlik (30)’a göre C_X katsayısı

Yukarıdaki formül

$$\frac{r}{t} \leq 150$$

$$\frac{1}{r} \cdot \left(\frac{t}{r} \right)^{0,5} \leq 6$$

Burada ;

l = Kabuk segmenti boyu,

r = Orta yüzeyin yarıçapı,

t = Et kalınlığı.

6.1.3.2 Burkulma emniyeti analizi “global hesaplamalı, nümerik destekli burkulma emniyeti analizi” olarak da yapılabilir (örneğin; sonlu elemanlar analizi ile). Bunun için ön koşul, DIN V ENV 1993 -1-6 : 2002-05, Bölüm 8.6÷8.8’de belirtilen özel değişimleri için uygulama koşullarının dikkate alınmasıdır.

6.1.3.3 Donatılı beton ve ön yüklü betondan yapılan yapıların burkulma ve esneme analizleri, örneğin DIN V ENV 1992, 4.3.5’e göre yapılabilir.

6.1.4 Yorulma için azami sınır durumu

6.1.4.1 Analizler; Bölüm 4, C.3, Tablo 4.2’ye göre F grubu tepkilerin kombinasyonu ile yapılacaktır.

6.1.4.2 Çelik yapılar için, Bölüm 5, C.3’de belirtilenler dikkate alınacaktır. Bölüm 11’e düzenli bakım ve periyodik izleme ön koşul olarak kabul edilir.

Not :

Rüzgar türbinlerinin kuleleri, özellikle arıza güvenli olmayan bileşenleri içerir. Kolaylıkla ulaşılabilir bileşenler, örneğin; kule cidarındaki ring flenç bağlantılarının civataları ve alın kaynaklarıdır.

6.1.4.3 Donatılı beton ve ön yüklü beton yapılar, Bölüm 5.4.2.2’ye göre doğrulanacaktır.

6.1.4.4 Çelik yapıların S/N eğrilerinin seçimi için, Bölüm 5, C.3’e beton, donatı çelikleri ve ön gerilmeli çelikler için bölüm 5, D.2.2’ye bakınız.

6.1.5 Rüzgar kaynaklı enine titreşimler

6.1.5.1 Rüzgar kaynaklı D_Q enine titreşimlerinden oluşan hasar etkileri daima dikkate alınacaktır. Burada, $D_{Q,1}$, “Makineli halde durma” ve $D_{Q,0}$ “Kulenin makinesiz duruşu” halleri Bölüm 6, F.5.4’e göre hesaplanacaktır.

6.1.5.2 D_{Q1} hasar etkisini hesaplarken, çalışma ömrünün 1/20’si oranındaki durma süresi dikkate alınacaktır.

6.1.5.3 $D_{Q,0}$ hasar etkisini hesaplarken, makinasız kule durumu üretici tarafından belirtilecek ve hesaplarda dikkate alınacaktır. $D_{Q,0}$ hasar etkisi, kulenin makinasız durma süresi 1 haftayı geçerse dikkate alınacaktır. Bir haftaya kadar doğrulanmayan durma süresi için, iç kuvvetlerin ve momentlerin belirlenmesinde rüzgar hızı, hesaplanan kritik rüzgar hızının en fazla %90'ı olacaktır. Bu sağlanamıyorsa, enine titreşimlere karşı önlemler alınacaktır.

6.1.5.4 Eğer, D_F 'nin hesaplanmasındaki rüzgar doğrultusun tüm tepki süresi için sabit olacağı kabul edilmiş ise, D_Q 'nun, D_F çalışma durumlarındaki tepkilerin hasar etkisi ile toplanmasına gerek yoktur.

6.1.5.5 D_F 'nin hesabında, rüzgar doğrultusu dağılımı dikkate alınır, bu durumda D_F ve D_Q toplanacaktır. Burada 6, F.4 ve 6, F.5'deki en olumsuz değer dikkate alınacaktır:

$$D = D_F \quad (F.4)$$

$$D = \frac{19}{20} \cdot D_F + D_Q \quad (F.5)$$

6.2 Çalışılabilirlik sınır durumu

6.2.1 Çalışılabilirlik sınır durumlarındaki analizler için karakteristik değerler kullanılarak, tepkilerin dizayn değerleri belirlenecektir (Bölüm 4, C.5.1 ve 4, C.5.4'e bakınız).

6.2.2 Çelik yapılar için Bölüm 5, C.4'de belirtilenler dikkate alınacaktır.

6.2.3 Donatılı beton ve ön gerilmeli beton yapılar, Bölüm 5, D.3'e göre doğrulanacaktır.

6.2.4 Bölüm 1, C.2'ye ek olarak, orada belirtilen sınır durumlarına bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

- Deformasyon sınır durumu; örneğin; bir emniyet boşluğunun muhafaza edilmesi ile tanımlanır (pervane kanadı / kule veya pervane kanadı / gergi teli arası mesafe). Termal genleşmeler de kritik değerde olabilir.

- Titreşim sınır durumu; örneğin; titreşim genliklerinin veya ivmelerinin kabul edilebilir sınırlar içinde tutulması ile tanımlanır. Bu sınır durumu, kontrol sistemi vasıtasıyla kontrol edilir (Bölüm 2, C.2'ye bakınız).
- Beton yapılarda, çatlak-oluşumu sınır durumu dikkate alınacaktır. Çatlak genişlikleri, kabul edilebilen sınırlar içinde tutulacaktır.
- Gerilme veya zorlanma sınır durumu, örneğin; beton yapılarda çekme ve / veya basma gerilmelerinin sınırlandırılması ile veya çelik yapıların karakteristik tepkiler altında plastik hale gelmemesi ön koşulu ile tanımlanır.

7. Dizayn Ayrıntıları

7.1 Ring flenç bağlantıları

7.1.1 Ring flenç bağlantıları, örneğin DIN 18800 Part 7'ye göre kontrollü sıkılacaktır.

7.1.2 Flenç bağlantılarının azami sınır durumu analizinde, cıvataların ön yükleme kuvvetinin dikkate alınmasına gerek yoktur, yani; azami sınır durumu analizi ön yüklemesiz cıvatalı bağlantılar olarak yapılabilir. Burada lokal plastikleşme dikkate alınabilir.

7.1.3 Flençli birleştirmenin yorulma emniyeti analizinde, cıvataların yorulma yükü, aşağıdaki koşullara uyulması şartıyla, flençlerin basma yüklemesi dikkate alınarak hesaplanabilir.

7.1.4 Konulan flençlerin arasındaki boşluk, dizayn ön yükünün en fazla %10'u ile üretici tarafından belirtilen tolerans değerlerini sağlıyorsa, flencin temas yüzeylerinde yeterli basma ön yüklemesi olduğu kabul edilebilir. Bunlar, özellikle resimlerde olmak üzere işçilik dokümanlarında belirtilecektir.

Notlar:

Kule cidarı bölgesindeki tüm flenç boşlukları k, özellikle sadece çevrelerinin bir kısmında yer almaları halinde, cıvataların yorulma yükleri için hasarla ilgili niteliktedir (Şekil 6.2'ye bakınız). Çevre boyunca l_k ara mesafesinin azalması ile hasar etkisi büyür (Şekil 6.2'ye bakınız).

Dizayn ön yüklemesinin maksimum %10'unda k flenç boşluğu için öngörülen tolerans değerlerinin belirtilmesi yerine, kule cidarı bölgesindeki k flenç boşlukları kapanıncaya kadar ön yükleme derecesi için (dizayn ön yüklemesine karşılık gelen) işçilik dokümanlarında maksimum değerlerin belirtilmesine izin verilir. Bu değerler hesaplarla doğrulanacaktır.

7.1.5 Eğer flenç boşlukları için işçilik dokümanlarında belirtilen tolerans değerlerine uyulmuyorsa, uygun önlemler alınacaktır. uygun önlemler; tekrardan işleme, takoz koyma veya ön yükleme yapılmadan önce hasarla ilgili boşluk mahallerinin doldurulması olabilir.

Not :

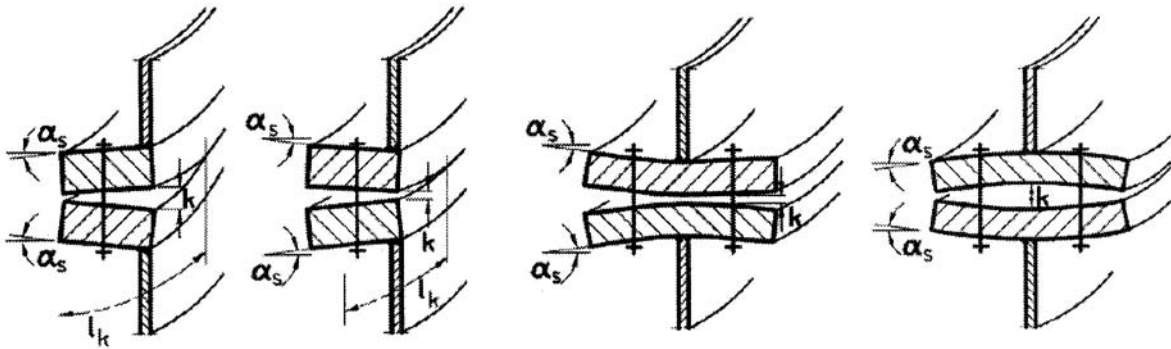
Boşlukların doldurulması için, basma mukavemeti (basma altındaki akma noktası) asgari olarak flenç malzemesininkine uygun olan laynerler kullanılacaktır. Eğer doldurma, ince parçaların yığılması ile yapılacaksa, her bir laynerin montaj hassasiyeti 0,5 mm. den büyük olmayacaktır. Doldurma, gerek her civatanın yakınında ve gerekse her bir civata ile kule cidarı arasındaki alanda (kule cidarının hemen altındaki alan dahil) ön yüklemenin hemen başlangıcında ve en geç ön yüklemenin %10'unun uygulanmasında, yeterli basınç teması oluşacak şekilde yapılacaktır. Boşlukların doldurulması için, E-modülü flenç malzemesininkine uygun olan filer malzemesi kullanılacaktır.

7.1.6 Eğer, ön yüklemeden sonra, dış flenç yüzeylerinin α_s kalan eğim açısı (Şekil 6.2'ye bakınız). DIN 18800-7, Element 814'e göre %2 sınır değerini aşarsa, normal pullar yerine yeterli sertlikte uygun pahlı pullar kullanılacaktır.

7.2 Silindirik çelik kulelerdeki açıklıklar

7.2.1 Eğer, açıklık bölgesindeki kule cidarının burkulma emniyeti, FE analizi yardımıyla doğrulanacaksa, "global hesaplamalı, nümerik destekli burkulma emniyeti analizi" (LA) veya "geometrik lineer olmayan elastik hesaplama" (GNA) (örneğin; DIN ENV 1993-1-6:2002-05, 8.6'ya göre) yapılacaktır. Burada, geometrik lineer olmayan elastik hesaplama (GNA), elastik kritik burkulma direnci R_{cr} hesaplanacaktır. Plastik referans direnci R_{pl} 'nin belirlenmesi için referans noktanın kararında, açıklık etrafındaki alan ihmal edilebilir, bu alanın $2(r \cdot t)^{0.5}$ den büyük olmayacaktır.

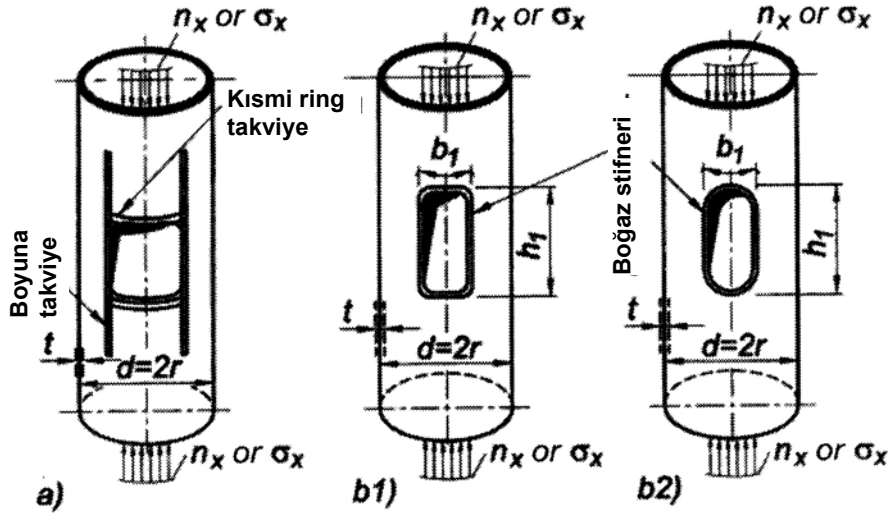
7.2.2 Kenarı boyuna takviyeli, kenar stifnerli alanda (Şekil 6.3 a)'ya bakınız), burkulma emniyeti analizi DAST Guideline 017'ye göre sadeleştirilmiş formda yapılabilir. Dizaynla ilgili sınır koşulları ve bunun için tanımlanan geçerlilik sınırlarına dikkat edilecektir.



a) L - Flenç

b) T- Flenç

Şekil 6.2 Çelik kulelerde ring flenç bağlantıları



Şekil 6.3 a) ilave boyuna takviyeli açıklıklar
b1), b2) çevresel olarak kenarı takviyeli açıklıklar

7.2.3 Çevresel olarak kenarları takviyeli ve ilave boyuna takviyesiz açıklık alanlarında ("boğaz stifnerleri", Şekil 6.3, b1), b2) ve Şekil 6.4), burkulma emniyeti analizi, DIN 18800-4'e göre meridyenel kritik burkulma gerilmesi yerine, eğer F.6'ya göre azaltılmış meridyenel kritik burkulma gerilmesi kullanılırsa, sadeleştirilmiş olarak zayıflatılmamış kule cidarı gibi yapılabilir :

$$\sigma_{xS,R,d} = C_1 \cdot \sigma_{xS,R,d-Din} \quad (F.6)$$

Burada ;

$\sigma_{xS,R,d-Din}$ = DIN 18800-4'e göre meridyenel kritik burkulma gerilmesi

C_1 = Açıklığın etkisini dikkate almak üzere (F.7) eşitliğine göre azaltım faktörü

$$C_1 = A_1 - B_1 \cdot (r/t) \quad (F.7)$$

A_1 ve B_1 , Tablo 6.2'ye göre

Burada ;

δ = Genişlik boyunca açıklık açısı

Yukarıdaki kurallar, aşağıda belirtilenler için geçerlidir :

- Kule cidarı $(r/t) \leq 160$
- Açıklık açısı $\delta \leq 60^\circ$ ve
- Açıklık boyutları $h_1 / b_1 \leq 3$

Burada açıklık açısı ve açıklık boyutları, açıklık kenar stifnerleri dikkate alınmaksızın kule cidarındaki deliklerle (Şekil 6.4'e bakınız) ve ayrıca aşağıdaki özellikli kenar stifnerli açıklıklarla ilgilidir :

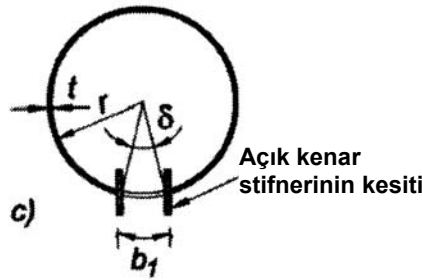
- Tüm açıklık çevresinde kesiti sabit olan veya en küçük kesiti dikkate alınan,
- Kesit alanı, kayıp açıklık alanının en az 1/3'ü olan.
- Açıklık kenarındaki kesiti, cidar orta eksenine göre merkezi olarak düzenlenenler (Şekil 6.4'e bakınız),
- Kesit kısmı, DIN 18800-1 : 1990-11, Tablo 15'e göre sınırlayıcı (b/t) değerlerini sağlayanlar.

Tablo 6.2 (F.7) eşitliğine göre katsayılar

	S235		S355	
	A ₁	B ₁	A ₁	B ₁
δ = 20°	1,00	0,0019	0,95	0,0021
δ = 30°	0,90	0,0019	0,85	0,0021
δ = 60°	0,75	0,0022	0,70	0,0024

Ara değerler doğrusal enterpolasyonla bulunabilir. Ekstrapolasyona izin verilmez.

7.2.4 Silindirik çelik kulelerdeki açıklıklar için, açıklık kenarındaki gerilme yığılması, burkulma emniyetine ilave olarak, gerilme analizinde ve yorulma mukavemeti analizinde dikkate alınacaktır.



Şekil 6.4 Çevresel olarak kenarı takviyeli açıklık (kesit)

7.3.3 GV ve GVP bağlantılar için, kesmeli bağlantılı cıvata da azami sınır durumunda etki eden maksimum kuvvetin (F.8) eşitliğine göre dizayn kayma direncini aşmadığı doğrulanacaktır :

$$F_{s,Rd} = 0,9 \cdot \frac{\mu}{\gamma_{M,3}} \cdot F_V \quad (F.8)$$

Burada ;

F_V = DIN 18800-7'ye göre düzenli ön yükleme kuvveti. Bu ön yükleme kuvveti, montajdan sonra ilk altı ay içinde kontrol vasıtasıyla ve gerekirse yeniden sıkarak sağlanacaktır. Bu işlem işletmeye aldıktan hemen sonra yapılamaz.

7.3 Kesme yüklü cıvatalı bağlantılar

7.3.1 Birincil taşıyıcı yapılara ait olan bileşenlerin birleşimlerdeki ve yüzlerindeki cıvatalı bağlantılar, kesmeli geçmeli bağlantılar olarak (SLP, SLVP) veya kayma-dirençli ön yüklemeli bağlantılar olarak (GV, GVP) yapılacaktır.

7.3.2 SLP ve SLVP bağlantı durumunda, F.1.2 ve F.1.4'e göre delikli bileşenler ve cıvatalar için, bir analiz yapılacaktır. Sıcak daldırma galvanizli bileşenlerin bağlantılarında, özel korozyondan korunma önlemleri uygulanacaktır.

$$\mu \geq 0,5$$

DIN 18800-7'ye göre temas yüzeylerindeki kayma faktörü. Diğer versiyonlar için, kayma faktörü Element 826'ya göre bir prosedür testi ile doğrulanacaktır

$$\gamma_{M,3} = 1,25$$

Bölüm 4, C.3, Tablo 4.2'ye göre grup N tepkileri ve 1 ÷ 4 işletme koşulları kombinasyonu için emniyet faktörü

$$\gamma_{M,3} = 1,1$$

Bölüm 4, C.3, Tablo 4.2'ye göre grup N, A ve T tepkileri ve 5 ÷ 8 işletme koşulları kombinasyonu için emniyet faktörü

7.3.4 Ayrıca, delikli bileşenler için azami sınır durumunun analizi ile kesme yırtılması ve alın yatak basıncı analizi yapılacaktır.

Not :

Bu analizler, yorulma emniyeti analizini de kapsar.

8. Dayanım

Rüzgar türbini yapılarının periyodik muayeneleri arasındaki zaman sürecinde dayanıma özel olarak dikkat edilecektir. Dayanıklı yapılar için ana esaslar; donatılı ve ön yüklemeli beton yapılar için örneğin; DIN V ENV 1992, Section 2.4 ve DIN 1045'de, çelik yapılar için DIN 18800, Part 1 Section 7.7, DIN 4133 ve DIN EN ISO 12944'de verilmiştir.

G. Temel

1. Genel

1.1 Yapım başlamadan önce yeterli bilgilerin sağlanmasıyla elde edilen zemin yapısı, temel tipi için belirleyicidir.

1.2 İç ve dış yük taşıma davranışı ile dinamik ve statik analizler birbirinden ayrılacaktır.

1.3 Tüm sistemin doğal frekanslarının hesaplanmasında, temel alt sistemleri kule tabanındaki burulma ve yer değiştirme yayları ile yer değiştirdiğinden, temel hesapları sırasında kabul edilen bu yay değerleri doğrulanacaktır (örneğin; uygun yaklaşım formülleri ile).

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Hesaplama dokümanları

2.1.1 Hesaplama dokümanları, hesaplama analizinin dokümante edilmesini sağlar. Bunlar, bir bütün halinde, anlaşılabilir ve açık olmalıdır.

2.1.2 Olağandışı eşitliklerin ve hesap yöntemlerinin kaynağı belirtilecektir.

2.2 Resimler

İşçilik resimleri, gerekli tüm bilgileri ve teknik istekleri içerecek şekilde oluşturulacaktır. Bu resimler, özellikle aşağıda belirtilenleri içerecektir :

- Temel geometrisinin tanımı,
- Donatı planının ayrıntılı sunumu,
- Malzeme spesifikasyonları,
- Zemin istekleri,
- Türbin tipi ve sınıfının belirtilmesi.

2.3 Zemin inceleme raporu

Sahaya özgü sertifikalandırma için, bir zemin inceleme raporu verilecektir.

TL, verilecek dokümanların kapsamının ayrıntılarını belirleme hakkına sahiptir.

3. Analiz kavramı

3.1 Donatılı beton ve ön yüklemeli betondan yapılan bileşenler ile çelik bileşenlerin analizi için, Bölüm 5, C ve 5, D'de belirtilen emniyet kavramı uygulanacaktır.

3.2 Zemin için (dış yük taşıma kapasitesi), kısmi emniyet faktörleri kavramı (örneğin; DIN 1054:2003-01'e göre) de uygulanacaktır.

4. Uygulanacak Yükler

4.1 Analizler; Tablo 4.2'ye göre tepkilerin en olumsuz kombinasyonları ile yapılacaktır.

4.2 Azami ve çalışılabilirlik sınır durumu analizleri için, kule / temel ara yüzünde, kısmi emniyet faktörleri ile uyarlanan karakteristik yükler ve dizayn yüklerine gerek vardır.

5. Temel

5.1 Yapısal çelik bileşenler

Yapısal çelik bileşenler, Bölüm 5, C veya 6, F'ye göre doğrulanacaktır.

5.2 Donatılı beton bileşenler

5.2.1 Donatılı beton bileşenler, Bölüm 5, D'ye göre doğrulanacaktır.

5.2.2 Konsantre yük uygulama alanları dikkate alınacaktır.

5.2.3 Zemindeki 0,5 m. lik bütünleşme derinliğinin üzerindeki temel alanları, 0,2 mm.lik çatlak genişliği yönünden ve tüm diğer alanlar 0,3 mm. lik çatlak genişliği yönünden doğrulanacaktır (Bölüm 5, D.3.4'e de bakınız).

5.2.4 Betona gelen su ve toprağın değerlendirilmesi DIN 4030'a göre yapılacaktır.

5.3 Kazıkların dizaynı

Temel kazıklarının iç yük taşıma kapasitesi, 5.1 ve 5.2'de belirtilen şekilde belirlenecektir. kazıkların dış yük taşıma kapasitesinin analizi, 6.4'e göre yapılacaktır.

6. Zemin

6.1 Emniyet kavramı

6.1.1 Zemin için, yüklerin izin verilen değerlerden küçük olduğu doğrulanacaktır. Bu, DIN 1054'e göre yapılabilir.

6.1.2 Lineer olmayan etkiler, Bölüm 5, D.2.1.4'e benzer şekilde dikkate alınarak, tepkilerin karakteristik değerlerinden yükler hesaplanabilir.

6.1.3 DIN 1054'e göre yapılacak analiz için, DIN 1054:2003-01'deki 1, 2 veya 3 yük durumları, Tablo 6.3'e göre Tablo 4.2'deki tepkilerin kombinasyonuna tahsis edilecektir.

Tablo 6.3 Tablo 4.2'deki tepkilerin kombinasyonlarının DIN 1054:2003-01'deki yük durumlarına tahsisi

Tablo 4.2'ye göre tepkilerin kombinasyonu (DYD)	DIN 1054'e göre yük durumları
1.0, 3.1, 4.1	1
6.0, 8.1	2
N, A, T (tümü F hariç)	3

6.2 Zeminin özelliği

6.2.1 Zemin özelliklerinin, statik ve dinamik hesaplardaki kabullere uygunluğu sağlanacaktır.

6.2.2 Temelin dizaynı sırasında zemin inceleme raporu mevcut değilse, zemin için olumsuz kabuller yapılacak ve yapım başlamadan önce bu durum bir zemin uzmanı tarafından doğrulanacaktır.

6.2.3 Dinamik analiz için, tüm yapının doğal frekanslarının uyarım frekanslarından mesafesi, rezonanstan kaçınılması bakımından önemlidir. Öngörülen doğal frekansların değerlendirilmesinde, dinamik zemin parametreleri için bir parametre çalışmasına gerek vardır. Bu olası zemin tipleri ve zemin özellikleri kapsanacak şekilde tanımlanacaktır.

6.2.4 İzin verilen en yüksek su düzeyi belirtilecektir.

6.3 Plaka temeller

6.3.1 Plaka temeller, aşağıda belirtilenler yönünden doğrulanacaktır:

- Eğilme (yük / esneme bağlantısı kaçıklığı),
- Taşıma kapasitesi hatası,
- Kayma,
- Sephiye,
- Yerleşim.

Doğrulama, örneğin DIN 1054:2003-01'e veya aşağıdaki standartlara göre yapılabilir :

- Taşıma kapasitesi hatası hesabı
DIN V 4017-100:1996-04
- Zemin basıncı dağılımı
DIN 4108
- Yerleşim hesabı
DIN V 4019-100:1996-04

6.3.2 Kayma dengesi analizi, örneğin; DIN 1054:2003-01, Bölüm 7.5.3'de verilmiştir.

6.3.3 DIN 1054:2003-01, Bölüm 7'ye göre azami ve çalışılabilirlik sınır durumu analizleri için, aşağıdaki prosedür dikkate alınacaktır:

- DIN 1054:2003-01, Bölüm 7.6.1 bakımından sabit yükler yük durumu 1'deki yüklerdir (Tablo 6.3'e bakınız).
- Sabit yük altında ($\gamma_F = 1,0$), zemin aralığı oluşmayacaktır.

6.3.4 Yük durumu 2'nin yüklerinden kaynaklanan kuvvetin (Tablo 6.3'e bakınız, $\gamma_F = 1,0$) temelin alt alanının ağırlık merkezine kadar bir zemin aralığına neden olmasına izin verilir.

6.3.5 Yük durumu 3'deki yükler için (Tablo 6.3'e bakınız, $\gamma_F = 1,0$), kalan temas alanındaki taşıma kapasitesi hatasına karşı emniyet, $\gamma_F = 1,5$ ile doğrulanacaktır.

6.4 Kazıklı temeller

6.4.1 Kazıkların dış taşıma kapasitesinin analizi, DIN 1054'deki tüm yükler ve 1, 2, 3 yük durumları için yapılacaktır (Tablo 6.3'e bakınız, γ_F Tablo 4.3'e göre).

6.4.2 Maksimum statik kazık yükleri belirlenecektir.

6.4.3 Kazıkların, çekme yükü yönünden dış taşıma kapasitesinin analizinde, kalıcı tepkiler $\gamma_F = 1,0$ kısmi emniyet faktörü ile ve kalıcı olmayan tepkiler ise Tablo 5.3'deki kısmi emniyet faktörleri ile uygulanacaktır. DIN 1054'den farklı olarak, yukarıdaki tepki kombinasyonları ve $\gamma_P = 1,4$ için çekme etkisinde akmaya karşı sınırlayıcı koşullara uyuluyorsa, doğrulama sağlanmış kabul edilir. Kazıkların aralıkları az ise, kazıkların grup etkisi dikkate alınacaktır.

6.4.4 Dış yük taşıma kapasitesi yönünden, hassas yorulma analizi yerine, Tablo 4.2'ye göre DYD 1.0 ve 1.1 tepki kombinasyonları ile, kazıklarda çekme kuvvetleri oluşmayacak şekilde bir analiz yapılabilir.

6.4.5 Yatay kuvvetleri taşımak ve burulma yükleri sonucu olarak, kazıklar meyil ettirilmelidir.

6.4.6 Statik yükten ziyade dinamik yüklere maruz kazıklar için daha yüksek emniyet düzeylerinin gerekli olduğu dikkate alınacaktır.

BÖLÜM 7

MAKİNA BİLEŞENLERİ

Sayfa

A. Genel	7- 1
B. Kanat Ayarlama Sistemi	7- 2
C. Yataklar	7- 4
D. Dişli Kutuları	7- 7
E. Mekanik Frenler ve Kilitleme Düzenleri.....	7-13
F. Kaplinler.....	7-15
G. Elastomer Burçlar	7-15
H. Yönlendirme Sistemi.....	7-17
I. Hidrolik Sistemler.....	7-19

A. Genel

1. Değerlendirme Dokümanları

1.1 Rüzgar türbinlerinin makina bileşenlerinin azami ve çalışılabilirlik sınır durumlarının değerlendirilmesi için aşağıdaki dokümanlar gereklidir.

1.2 Önemli bileşenler için; malzeme verilerini, seri üretilen parçalarda üreticiden sağlanan bilgileri, standart parçalarda standartları, vb. içeren parça listeleri gereklidir.

1.3 Tesisin önemli elemanlarının mühendislik resimlerinde (montaj resimleri ve tekil parça resimleri), ayrıntılı açıklamalar (parça gösterimi, resim numarası, değişim indeksi) bulunacaktır. Bunlar; yüzey işleme, ısıtma işlemi, korozyondan korunma, vb. ile ilgili verileri içerecektir.

1.4 Teknik uygulamalarla: başarılı hizmet görmesi suretiyle kullanıma uygunluğu kanıtlanmış olan, seri üretilen parçalar için genelde tip / veri tabloları yeterlidir. Ancak, bu parçalar için özel durumlarda ilave dokümanlar / doğrulamalar gerekli olabilir. Bu anlamda ana dişli kutuları seri üretilen parça olarak kabul edilmez. Bununla ilgili dokümanlar D.'de verilmiştir.

1.5 Tüm bileşenler ve bağlama düzenlerinin mukavemet hesapları ile azami sınır durumu ve çalışılabilirlik sınır durumu doğrulanacaktır. Analiz bir bütün halinde olacaktır. Bu analiz, aşağıda belirtilenlerle ilgili yeterli veriye içerecektir :

- Dizayn yükleri,
- Statik sistemler (analog modeller)
- Malzemeler,
- İzin verilen gerilmeler,
- Kullanılan referanslar.

1.6 Yorulma analizi, Bölüm 5, C'deki kodlar ve teknik literatür kullanılarak, Bölüm 5, C'ye göre yapılacaktır.

1.7 Tüm yağlama yağları ve hidrolik akışkanlar, ilgili veri listeleri ile birlikte belirtilecektir. Rüzgar türbininde, işletme maddesinin olası boşalmasına karşı yağ toplama tavaları sağlanacaktır (göbek ve kaporta).

1.8 Rüzgar türbininin çalışmasına ait soğutma ve ısıtma sistemlerinin dizaynı açıklanacaktır.

1.9 Makina bileşenlerinin dizaynı ile ilgili olarak rüzgar türbini üreticisinin spesifikasyonları (istekleri) doğrulamalara eklenecektir.

2. Malzemeler

İstekler, doğrulamalar ve muayene spesifikasyonu Bölüm 3, C'de verilmiştir. İlave veriler, ilerideki bölümlerde yer almaktadır.

3. Tahrik Sistemi Dinamiği

Dizayn yüklerinin belirlenmesinde (Bölüm 4, C.4.1'e bakınız), tahrik sisteminin dinamik davranışı uygun bir tarzda dikkate alınacaktır. Bunun için, tahrik sistemi, birkaç dönel kütle ve burulma yayından oluşan bir sistem yardımıyla yapılan yük simülasyon çerçevesinde ideal formda modellenir. Kompleks tahrik sistemindeki azaltım ve burulma yayları, dönel kütleler ve olası sönümlenme değerlerinin belirlenmesi makina bileşenlerinin değerlendirilmesi sırasında sunulacaktır.

B. Kanat Ayarlama Sistemi

1. Genel

1.1 Bu kısım, rüzgar türbinlerinin aşağıda belirtilen kanat ayarlama sistemlerine uygulanır. Diğer dizaynlardaki uygulamalar, gerekli değişimlerle yapılacaktır.

1.2 Döner hareket geçirmeli sistemlerde, pervane kanatlarının ayarlanması için gereken döndürme momenti, ilgili dönel tahriklerle birlikte bir motor tarafından sağlanır. Döndürme momenti; tahrik pinyonu vasıtasıyla, pervane kanadına bağlı hareketli ringe iletilir.

1.3 Kanat ayarlama mekanizmasının örneğin; bir veya daha fazla hidrolik silindir vasıtasıyla, harekete geçirildiği sistemlerde, pervane kanatlarının ayarlanması için gerekli döndürme momenti, bir hidrolik silindirle sağlanır. Döndürme momenti piston rodu tarafından doğrudan veya dolaylı olarak, pervane kanadına bağlı bir bağlantı noktasına iletilir.

1.4 Kanat ayarlama sistemi için, bu sistemin bakımı ve onarımı sırasında, insanların tehlikeye atılmasını önlemek üzere, sistemi kilitleyen bir kilitleme düzeni sağlanacaktır. Bu kilitleme sisteminin kanat ayarlama sisteminde sabit olarak yerleşimine gerek yoktur, gerektiğinde monte edilebilen harici bir kilit de olabilir.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Verilecek değerlendirme dokümanları ile ilgili genel bilgiler Bölüm 7, A'da verilmiştir.

2.2 Kanat ayarlama sisteminin bileşenleri için; tip bilgileri, spesifikasyonlar ve montaj resimleri verilecektir.

2.3 Hesaplama verilerine (örneğin; hesap giriş verileri, ilgili emniyet payları ile sonuçların sunumu) ve tahrik bileşenlerine ait raporlar verilecektir.

2.4 "Tahrik pinyonu / hareketli ring" geçiş kademesinin incelenmesi için, pinyon şaftının ve hareketli ringin tekil parça resmi, dönel tahrikli sistemlerde gereklidir. Ayrıca, bu kombinasyon için diş hesabı, pinyon şaftı ve yataklama düzeni için doğrulamalar da verilecektir.

2.5 Kanat ayarlama sisteminin işlevsel esaslarını açıklayan tanımlar ile birlikte, ilgili parça listeleri ve varsa parça resimleri dahil montaj ve kesit resimleri verilecektir.

2.6 Kanat ayarlama mekanizmalı sistemlerde, ayarlama mekanizmasının çeşitli kanat açısı pozisyonlarıyla gösterildiği ölçülendirilmiş resimler verilecektir. Asgari olarak, maksimum ve minimum pozisyonlar ve kanat ayarlama mekanizmasına en büyük yükün geldiği pozisyon gösterilecektir.

2.7 Kanat ayarlama mekanizmasının bileşenleri için, yorulma mukavemeti analizi ve statik mukavemet analizi verilecektir.

3. Uygulanacak Yükler

3.1 Kanat ayarlama sisteminin yüklerinin hesabında, Bölüm 4'deki dizayn yükleri uygulanacaktır.

3.2 Statik ve yüke bağlı yatak sürtünme momentleri dikkate alınacaktır.

3.3 Yorulma analizi için, yük süresi dağılımları (YSD) ve yük spektrumu kullanılacaktır. Kanat ayarlı ve ayarsız çalışmalar dikkate alınacaktır. Burada, ilave atalet yükleri -pervane dönüşünden kaynaklanan- ve dinamik titreşim kaynaklı yüklerde dikkate alınacaktır.

3.4 Bölüm 4'deki boyutlandırma yüklerinin dizayn yüklerine göre statik mukavemet analizi (kanat ayarlı ve ayarsız çalışmalar için) yapılacaktır.

3.5 Dönel tahrikli sistemlerde, statik mukavemet analizi için $K_A = 1,0$ uygulama faktörü kullanılır.

4. Mukavemet Analizi

4.1 Dişlilerin yük kapasitesinin doğrulanması

4.1.1 Tahrik pinyonu / hareketli ring kademesi ve ayar dişlisinin diş hesabında ISO 6336 esas alınacaktır.

4.1.2 Yorulma yüklerinden kaynaklanan yük kapasitesinin hesabı, DIN 3990 Part 6, Method II'ye göre yapılacaktır. Method II için, Tablo 7.1'deki emniyet faktörlerine uygun olarak $D \leq 1$ 'lik bir hasar oranı elde edilecektir.

4.1.3 Alternatif olarak, yorulma analizinin yapılacağı –Tablo 7.1'deki emniyet faktörlerine uygun olarak -yük / zaman dağılımından (DIN 3990, Part 6, Method III) eşdeğer bir yük hesaplanabilir.

4.1.4 Ayrıca, cebri kopma ve pittinglenmeye karşı statik mukavemet analizi de gereklidir (Tablo 7.2'deki emniyet faktörleri ile).

Tablo 7.1 Yorulma mukavemeti analizi için emniyet faktörleri

Emniyet	
Pittinglenmeye karşı, S_H	$\geq 0,6$
Diş dibi çatlamasına karşı, S_F	$\geq 1,0$

Tablo 7.2 Statik mukavemet analizi için emniyet faktörleri

Emniyet	
Pittinglenmeye karşı, S_H	$\geq 0,6$
Diş dibi çatlamasına karşı, S_F	$\geq 1,2$

4.2 Şaftlar ve bağlantı elemanları

4.2.1 Ayar tahrik sisteminin çıkış şaftı ve bağlantı elemanları için, yorulma mukavemeti analizi ve statik mukavemet analizi verilecektir. Analizler, DIN 743, DIN 6892 ve DIN 7190'a veya eşdeğer standartlara göre yapılacaktır.

4.2.2 Ayrıca, dönel tahrik sisteminin gövdesi ve pinyon kutusunun analizi verilecektir. Gerekirse, statik test vasıtasıyla aşırı yük doğrulanması da verilebilir.

4.2.3 Kanat ayarlama mekanizmalı sistemlerde, tüm yük ileten bileşenler ve bağlantı elemanları için bir yorulma mukavemeti analizi ve statik mukavemet analizi verilecektir.

4.2.4 Yük ileten ve emniyetle ilgili bileşenlerin ön gerilmeli cıvatalı bağlantıları için, yükleme prosesi sırasında gerdirilen yay elemanları etkin bir koruma olarak kabul edilmez.

Bunun yerine, hasarlanmaya karşı koruma olarak sürtünme-kilitli elemanlar ve cıvatalı bağlantıların gevşemesine karşı koruma olarak kitleleme elemanları kullanılacaktır. Etkinlikleri: çalışma ve uygulama sıcaklığına, bileşenin yüzey durumuna, sertleşme süresine ve çalışma sırasında oluşan dinamik yüklere bağlı olduğundan, yapıştırırmalı birleştirmeler tavsiye edilmez. Buna rağmen, yukarıda belirtilen bileşenlerin bağlanması için yapıştırırmalı elemanlar kullanılırsa, yapıştırma malzemesinin özellikleri verilecek ve ilgili bileşenlerin ayrılmasını önlemek için hasar önleme düzenlemesi yapılacaktır.

4.2.5 Kuvvetlerin dağılımı için cıvataların temel teşkil ettiği durumlarda, cıvatalı bağlantılar için mukavemet analizi gereklidir. (Bölüm 6, E'ye bakınız).

Not :

Dönel tahrik sisteminin çıkış pinyonu birlikte dövmelidir.

4.3 Yataklar

4.3.1 Kanat yataklarının hesabı ve diğer işlemleri için C'ye bakınız.

4.3.2 Sızdırmazlık elemanları, hüküm süren ortam koşullarından dolayı hasarlanmayacak şekilde işleme tabi tutulmalı veya korunmalıdır.

Notlar :

Döner gövde ve basma yüzeyi için, dış etkenlere karşı koruma olarak sadece bir tek sızdırmazlık elemanı yeterli değildir. Koruma derecesi, örneğin; bir kasnak veya ilave sızdırmazlık elemanı ile artırılabilir.

Kanat yatak sızdırmazlık elemanları, kanatlar sökülmeden değiştirilmelidir.

4.3.3 Kanat yatakları ve varsa dişliler için, yeterli yağlama ve kullanılan yağın değişiminin sağlandığı gösterilecektir. Eğer bu husus, bakım aralıklarında sağlanamıyorsa, otomatik tekrar yağlama sistemi bulunacaktır.

4.3.4 Hareketli yapılar ile basma yüzeyi arasında daima yeterli bir yağ filminin bulunduğu gösterilecektir.

4.3.5 Gerekirse, bu istek; örneğin 24 saat içinde bir kez, pervane kanatları ve böylelikle kanat yatakları olası maksimum piç açısı ile dönerken yapılan bir test çalıştırması ile karşılanacaktır.

4.4 İlave doğrulamalar

4.4.1 Elektrikle hareket geçirmeli tahrik sistemlerinde, Bölüm 8,'de dikkate alınacaktır.

4.4.2 Hidrolik sistemin doğrulanması için I. dikkate alınacaktır.

4.4.3 Tahrik sistemi ve frenlerin dizaynı, sistem kavramına göre düzgün işlev yönünden doğrulanacaktır.

C. Yataklar**1. Genel**

Bu kısımdaki esaslar; bir rüzgar türbininin tahrik sistemindeki pervane, dişli kutusu veya jeneratör yataklarında, kanat veya yönlendirme yataklarında ve diğer kuvvet iletici bileşenlerin yataklarında kullanımı öngörülen, rulmanlı yataklara uygulanır. Kaymalı yataklarla ilgili istekler, her durumda, **TL** ile anlaşarak, ayrı ayrı belirlenecektir.

2. Değerlendirme Dokümanları

Yukarıda 1. maddede belirtilen yataklar için; montaj resimleri, hesaplama dokümanları ve varsa ilgili parça resimleri (eğer yataklar özel tip ise) verilecektir. Tahrik sistemindeki her yataklama noktası için, kanat ve yönlendirme yatakları için yatak üreticisi bildirilecektir. Ayrıca, kullanılan yağlama yağları, hesaplanan yağlama yağı ihtiyacı ve varsa hareketle gövdelerin ve basma yüzeylerinin geometrisi ile ilgili ayrıntılar gereklidir.

3. Malzemelerin Değerlendirilmesi

3.1 Malzeme testlerinin kapsamı (yataklar standart tipte değilse) **TL** ile anlaşmaya varılarak ve Bölüm 3, C dikkate alınarak belirlenecektir.

3.2 Kanat ve yönlendirme yataklarının malzemelerinin doğrulanması Bölüm 3, C.1.2'ye göre yapılacaktır. Temelde küçük salınımlı hareketlere maruz bu tip yataklar için, aşağıdaki hususlara uyulacaktır:

- ISO-V testindeki çentik darbe işleminde, 3 testin ortalama değeri, -20°C'da ≥ 27 Joule olacaktır. En düşük tekil değer, ortalama değer %70'inden az olmayacaktır. Eğer daha düşük gerilme düzeyi kanıtlanabilirse veya test sonuçlar esas alınarak, **TL** ile anlaşmak suretiyle, bu değerlerden sapmalar mümkündür.
- Yatay basma yüzeylerinin minimum sertliği 55 HRC'dir.

4. Uygulanacak Yükler

4.1 Yatakların dizaynı için, iki parametre dikkate alınacaktır.

- Statik yük-taşıma kapasitesi esas alınarak yatak boyutunun belirlenmesi,
- Nominal ömür esas alınarak yatak boyutunun belirlenmesi.

4.2 Kanat ve yönlendirme yatakları statik yük-taşıma kapasitesine göre dizayn edilir. Statik yük - taşıma kapasitesi için, azami yük kullanılacaktır. Uygulanabilirse, çalışma yükleri esas alınarak, sadeleştirilmiş nominal ömür hesabı yapılabilir.

4.3 Nominal ömür hesabı için, normal çalışma yükü kullanılacaktır. Zaman sayımı yöntemi kullanılarak, yatak nominal ömür hesabına ait temsili yükler, Bölüm 4'e göre yorulma yüklerinin zaman serilerinden belirlenecektir (Bölüm 4, Ek. B.2.3'e de bakınız). Bu sayım yöntemi ile, yatağın n_i devir sayısı toplamı, eşdeğer dinamik yatak yükü P_i , tekil sınıf sınırları içinde etki ederken, belirlenir. DIN ISO 281'e göre, ana nominal ömürün analizi için, ömrü boyunca ortalaması alınan P eşdeğer dinamik yatak yükü, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$P = \sqrt[p]{\frac{\sum P_i^p n_i}{N}} \quad (C.1)$$

Burada ;

P_i = Eşdeğer dinamik yatak yükü,

P = 10/3 makaralı yataklar için,
3 bilyalı yataklar için,

n_i = P_i 'nin etki ettiği sıradaki devir sayısı,

N = Rüzgar türbinin dizayn ömrü için toplam devir sayısı.

4.4 Jeneratör yataklarının ve dişli kutusu çıkış şaftlarının yataklarının işletme yükü; jeneratör ve dişli kutusu arasındaki izin verilen maksimum dinamik ayarsızlıktan kaynaklanan, hesaplanan düzeltici kuvvetler ile süperpoze edilecektir.

4.5 Jeneratör yataklarının ve dişli kutusu çıkış şaftlarının yataklarının işletme yükü; jeneratör ve dişli kutusu arasındaki izin verilen maksimum statik ayarsızlıktan kaynaklanan, hesaplanan düzeltici kuvvetler ile süperpoze edilecektir.

5. Hesaplamalar

5.1 Genel

5.1.1 Tahrik sisteminde kullanılan makaralı yataklar için, C.2'de belirtilen her yatak üreticisi tarafından, DIN ISO 281, Amendent 4'e göre nominal ömür hesabı verilecektir (5.3.3 ÷ 6.'ya bakınız).

5.1.2 Diğer tüm yataklar için, TL ile anlaşmaya varılarak, DIN ISO 281'e göre sadeleştirilmiş analizler (nominal veya genişletilmiş) yapılabilir (5.3.1÷2.'ye bakınız).

5.1.3 Aşırı yükte, statik yük taşıma kapasitesinin analizi, 5.2'ye göre tüm yataklar için yapılacaktır. Pozitif ve negatif aşırı yükler dikkate alınacaktır.

5.2 Aşırı yük altında, statik yük taşıma kapasitesinin analizi

5.2.1 Statik yük taşıma kapasitesi f_s ; yatağın statik yük sayısı C_0 'ın eşdeğer statik yük P_0 'a oranı olarak tanımlanır.

5.2.2 Aşırı yük altındaki statik yük taşıma kapasitesi, f_s 2,0'den az olamaz (ana ve dişli kutusu yatakları). Kanat ve yönlendirme yataklarının yük taşıma kapasitesi 1,5'den (pervane kanadı yatakları ve tahrik pinyon şaftı için) veya 1,0'den (yönlendirme yatakları ve tahrik pinyon şaftı için) az olmayacaktır.

5.3 Nominal ömrün doğrulanması

5.3.1 Yatak nominal ömrünü sadeleştirilmiş analizi ISO 281'e göre "Temel Nominal Ömür" hesabı olarak veya "Genişletilmiş Temel Nominal Ömür" hesabı olarak yapılabilir. Hata olasılığı %10 olarak saptanacaktır.

Malzeme ve işletme koşulları faktörü a_{23} ve a_{DIN} , 3.8 ile sınırlandırılacaktır. Hesaplanacak faktör 1'den küçükse, Temel Nominal Ömür hesabı olarak yapılan analize izin verilmez. Hesaplanan nominal ömür 130.000 saatten az olamaz.

5.3.2 Geniştirilmiş nominal ömür hesabı için gerekli olan aşağıdaki giriş parametreleri, hesaplarda dikkate alınacaktır :

- Yatak sıcaklığı,
- Yağlayıcı madde katkı işlemi ve viskozitesi,
- Yağlayıcı madde kalitesinin devamlılığı için alınan önlemler (yağ değiştirme aralıkları, yağlama yağı kontrolü, vb.)

5.3.3 Nominal referans ömrün yatak üretici tarafından hesabı, yük süresi dağılımının her yük düzeyi için yapılacaktır. Hesaplama etkisini en aza indirmek için, Miner's Rule'a göre 10 yük düzeyinin belirlenen spektrumunda bir azaltıma izin verilir. Yük düzeyleri adedinin azaltımı ile ilgili ömür üssü, yatak hesaplarındaki üsse uygun olacaktır

5.3.4 İlgili yataklar için DIN ISO 281; Amendment 4'e göre kombine nominal referans ömür, şu şekilde elde edilir:

$$L_{nmr} = \frac{\sum q_i}{\sum_{L_{nmr i}} q_i} \quad (C.1)$$

Burada :

L_{nmr} = Yatağın kombine modifiye nominal referans ömrü,

q_i = i'inci yük düzeyindeki zaman payı,

$L_{nmr i}$ = i'inci yük düzeyindeki yatağın modifiye nominal referans ömrü.

5.3.5 Yatak üreticinin nominal ömür hesabında, yüklere ilave olarak asgari aşağıdaki etkiler dikkate alınacaktır :

- Yatağın iç geometrisi,
- Yatağın çalışma klerensi,
- Şaftların ve yatakların deformasyonu,
- Hareketli elemanlar arasındaki yük paylaşımı,
- Fiili makara ve oluk profilleri dikkate alınarak, hareket boyunca yük dağılımı,
- Realistik çalışma koşullarında yağlayıcı madde viskozitesi ve temizliği.

5.3.6 Yatağın bu şekilde belirlenen kombine nominal referans ömrü 175.000 saatten veya rüzgar türbininin çalışma ömründen az olmayacaktır.

5.3.7 Sadeleştirilmiş nominal ömür hesabı ve DIN ISO 281, Amendent 4'e göre yapılan hesapta, filtrelenmiş sistemler için ISO 4406 Edition 1999'a göre - /17/14 yağ temizlik sınıfı esas alınacaktır. Filtrelenmemiş sistemler için -21/18'lik bir temizlik sınıfı kabul edilecektir.

5.3.8 Eğer tesisin yatakları sahada kolayca değiştirilebiliyorsa ve ilgili yatak değiştirme aralıkları belirlenmişse, TL ile anlaşmaya varılarak, hesaplama yöntemine bakılmaksızın, daha kısa nominal ömüre izin verilebilir.

5.4 Minimum yük

Minimum yüke uygunluk, genel yapısal ve işletim koşullarına göre bileşen üreticisi ile yatak sağlayıcısı arasında kararlaştırılacaktır.

6. Çeşitli Konular

6.1 Prensip olarak, rüzgar türbini üreticisi tarafından önerilen gresler ve yağlar kullanılacaktır. Bunlar, bileşen üreticisinin spesifikasyonuna uygun olacaktır.

6.2 Montaj sırasında, yatak üreticisinin talimatları dikkate alınacaktır. yatakların taşınması makara ve oluklarda profillerinde hasar oluşmayacak şekilde yapılacaktır.

6.3 Yataklar; bitişik bileşenlerin işlevi üzerinde olumsuz etkisi olmayacak şekilde sızdırmaz hale getirilecektir.

6.4 Rüzgar türbinlerinin özel çalışma koşulları nedeniyle, tesiste jeneratör yataklarının değiştirilmesi mümkün olmalıdır.

D. Dişli Kutuları

1. Genel

1.1 Kapsam

Bu kısımdaki istekler; rüzgar türbinlerinin tahrik sisteminde kullanımı öngörülen alın ve planet dişli kutularına uygulanır.

1.2 Değerlendirme dokümanları

1.2.1 Dişli kutusunun montaj ve kesit resimleri, muhafaza resimleri, şaftların ve dişli çarkların tekil parça resimleri ve malzeme verilerini içeren parça listeleri, değerlendirilmek üzere verilecektir. Dişli bileşenlerin parça resimleri, asgari olarak, Tablo 7.4'deki verileri içerecek veya bu tablo doldurularak dokümanlara eklenecektir.

1.2.2 Tüm döndürme momenti ileten bileşenler için mukavemet analizi ve deformasyon analizi verilecektir. Dişli kutusu yataklarının boyutlandırması ve güç iletiminde önemli rol oynayan civatalı birleştirmelerin doğrulaması da verilecektir.

1.2.3 Ayrıca; kullanılan yağlama maddesinin spesifikasyonları ve izin verilen sıcaklık aralıkları, öngörülen bakıma ve aralıklarına ait talimatlar ile izleme donanımı ve yardımcı ünitelerle ilgili bilgiler (yağlama yağı soğutucusu, yağlama yağı pompası, vb.) de gereklidir. Kullanılan korozyondan korunma sistemi de dahil edilecektir. Ayrıca, rüzgar türbini üreticisinin dişli kutusu spesifikasyonu ile çalıştırma ve bakım el kitabı (10'a bakınız) da eklenecektir.

2. Malzemeler

2.1 Onaylanan malzemeler

Tüm dişli parçalar, dişli kutusu yapımında yaygın olarak kullanılan malzemelerden yapılacak, ancak asgari olarak ISO 6336-5'e göre MQ malzeme kalitesine uygun olacaktır (Bölüm 3, C.'ye de bakınız).

2.2 Malzemelerin değerlendirilmesi

2.2.1 Dişli kutusunun tüm döndürme momenti ileten bileşenleri **TL** Malzeme Kurallarına veya eşdeğer standartlara göre test edilecektir. Malzemeler için EN 10204'e göre doğrulamalar sağlanacaktır. Bölüm 3, C'ye göre malzeme test dokümanları (uygunluk beyanı) üreticide hazır bulunacak ve talep halinde verilecektir.

2.2.2 İstenen testler, boyutların küçük olmasından veya özel üretim proseslerinden dolayı tekil bileşenlere pratik olarak uygulanamıyorsa, Malzeme Kurallarında öngörülen testler, **TL**'nin onayı ile sınırlandırılabilir. Bu tür bileşenler için kalitenin kanıtı, başka yollarla **TL**'na gösterilecektir.

3. Uygulanacak Yükler

3.1 Genel

3.1.1 Dişli kutusunun kuvvet ileten parçaları, tahrik döndürme momenti ile statik ve dinamik olarak yüklenir. Dinamik kısım; tahrik tarafı (rotor) ve tahrik edilen tarafın (jeneratör, pompa) özelliklerine, tahrik eden ve edilen kısımların (şaftlar ve kaplinler) kütlelerine, katılığına ve sönümlenme değerlerine ve rüzgar türbininin dış çalışma koşullarına bağlıdır. Rüzgar türbininin tahrik sistemi kavramına bağlı olarak, düşük devirli dişli kutusu giriş şaftında ve yüksek devirli dişli kutusu çıkış şaftında kuvvetler ve eğilme momentleri formunda ilave yükler oluşabilir ve bunlar dikkate alınmalıdır.

3.1.2 Yorulma ve aşırı yükler, asgari olarak Bölüm 4'deki isteklere uygun olacaktır.

3.2 Yorulma yükleri

3.2.1 Yorulma yüklerinin zaman serileri kullanılarak (örneğin; döndürme momenti), dişlilerin, şaftların ve yatakların hesabı için yük süresi dağılımı (YSD) belirlenecektir. Bu şekilde, döndürme momentinin tanımlanacak sınıf sınırları içinde kaldığı süre toplamı elde edilir.

3.2.2 YSD’nda uygulanacak yorulma yüklerinin belirlenmesinde, Bölüm 4’deki tüm çalışma koşulları dikkate alınacaktır. Normal çalışma koşulları dışında, bu koşullar, devreye girme ve devreden çıkmayı, jeneratörün yük paylaşımını, mekanik frenin kullanımını ve rüzgar türbininin durma yükünü de içerir. Döndürme momenti düzeylerinin dönüş hızı ile açık bir bağlantısı bulunacaktır. Gerekirse, ilave yükler ve deformasyonlar, alıştırmaya hataları ve mekanik frenlerin asimetrik düzenlenmesi ve dikkate alınacaktır. Planet taşıyıcısı ve dişli kutusu muhafazası yük spektrumu ve ortalama değerler yardımıyla doğrulanacaktır.

3.2 Aşırı Yükler

Rüzgar türbininin tahrik sisteminde Bölüm 4’e göre oluşan maksimum yükler dikkate alınacaktır.

4. Dişlilerin Yük Kapasitesinin Hesabı

4.1 Genel

4.1.1 ISO 6336’ya göre yük kapasitesi hesabı vasıtasıyla, rüzgar türbininin ana dişli kutusundaki tüm kavrama durumları için, dişlilerin yeterli yük taşıma kapasitesine sahip olduğu kanıtlanacaktır. Yanak ve kök yükleri ile ilgili olarak gerekli minimum emniyet sınırları Tablo 7.3’de verilmiştir.

Tablo 7.3 Minimum emniyet faktörleri

	Pitinge karşı emniyet S_H	Diş dibi çatlağına karşı emniyet S_F
Yorulma analizi	1,2	1,5
Statik analiz	1,0	1,4

4.1.2 Rüzgar türbininin dişlileri için, dişlilerin dip ve yanaklarının yeterli mukavemetinin kanıtlanması, dişlerin dinamik yük taşıma kapasitesinin yeterli kullanımı ile birlikte, dişlilerin düzgün çalışmasını sağlayacak hassasiyette olması isteği ile bağlantılıdır.

4.1.3 ISO 1328-1 (DIN 3962)’e göre diş kalitesi, dış dişli kısımları için en az kalite 6 ve iç dişli kısımları için en az kalite 8’e uygun olacaktır.

4.1.4 Malzemeler için dayanım sınırları ISO 6336, Part 5’e uygun olacaktır.

4.1.5 TL; kullanılan dişli işleme makinalarının hassasiyetinin kanıtını ve dişliyi sertleştirmek için kullanılan test yöntemini talep etme hakkına sahiptir.

4.2 Dişlilerin kapasitelerinin belirlenmesi ile ilgili giriş verileri

Dişlilerin ömürlerinin belirlenmesi ile ilgili giriş verileri Tablo 7.4’de verilmiştir. Eğer profil değişimleri, orijinal resimlerden elde edilemezse, bu değerler her dişli takımı için liste halinde de verilecektir.

4.3 Yük hesabı için etki faktörleri

4.3.1 Uygulama faktörü K_A

4.3.1.1 Rüzgar türbinlerinin dişlileri; yük artışlarına veya sabit nominal yüke ilave edilen ilave yük değişimlerine tabidir. Dişli kutusu giriş ve çıkışına etki eden bu yük değişimleri, dişlilerde ilave dinamik yükler oluşturur. K_A uygulama faktörü, bu ilave dış dinamik kuvvetleri dikkate alır.

4.3.1.2 K_A uygulama faktörü, yanak ve diş dibi için, her diş takımında YSD’den, DIN 3990, Part 6 (Method III)’ya göre hesaplanacaktır.

4.3.1.3 Dişli kutusunun aşırı yüklerin tepkisi bakımından mukavemet analizi $K_A = 1,0$ uygulama faktörü kullanılarak yapılacaktır.

Tablo 7.4 Dişlilerin kapasitelerinin belirlenmesi ile ilgili giriş verileri

Dişli Kutusu					Sert. No.			
Üretici					Kademe			
Rüzgar türbini					Dişli kademesi ☐	Planet kademesi ☐		
Nominal güç	P			kW	Planet no.			
Normal devir.	n			1/min	Yük dağılım faktörü	K_γ		-
Uygulama faktörü	K_A			-	Dinamik faktör	K_V		-
Genişlik faktörü	$K_{H\beta}$			-	Enine yük dağılım faktörleri	$K_{H\alpha}$		-
	$K_{F\beta}$			-		$K_{F\alpha}$		-
Geometrik Veriler		Pinyon	Dişli çark		Takım verileri		Pinyon	Dişli çark
Diş sayısı	z			-	Diş başı değişim katsayısı	x		-
Normal modül	m_n			mm	Takım yuvarlatma yarıçapı katsayısı	ρ_{a0}^*		-
Normal basınç açısı	α_n			°	Takım diş başı katsayısı	h_{a0}^*		-
Eksenler arası uzaklık	a			mm	Takım diş dibi katsayısı	h_{f0}^*		-
Helis açısı	β			°	Çıkıntı	p_r		mm
Diş genişliği	b			mm	Çıkıntı açısı	α_{pr}		°
Diş başı çapı	d_a			mm	İşleme payı	q		mm
Diş dibi çapı	d_f			mm	Takımdaki faydalı diş dibi katsayısı	h_{FFP0}^*		
Yağlama verileri					Takımdaki BZ ölçüsü	B_{ZO}		mm
Kinematik viskozite 40°C	ν_{40}			mm ² /s	Kalite			
Kinematik viskozite 100°C	ν_{100}			mm ² /s	DIN'e göre kalite	Q		-
Yağ sıcaklığı	δ_{oil}			°C	Hassasiyet /tolerans sırası			
FZG sınıfı	-			-	Yanakta ortalama pürüzlülük derinliği	R_{aH}		µm
Malzeme verileri					Diş dibinde ortalama pürüzlülük derinliği	R_{aF}		µm
Malzeme tipi					Başlangıçtaki eşdeğer sapma hatası	$F_{\beta x}$		µm
Temas gerilmesi için dayanma sınırı	σ_{Hlim}			N/mm ²	Normal piç hatası	f_{pe}		µm
Eğilme gerilmesi için dayanma sınırı	σ_{Flim}			N/mm ²	Profil form hatası	f_f		µm
Yüzey sertliği				HV	Tarih : İmza :			
Göbek sertliği				HV				
Isıl işlem yöntemi				-				

4.3.2 Dinamik yük faktörü K_v

İlave iç dinamik yüklerin dikkate alınması için, K_v dinamik yük faktörü, yük kapasitesi hesaplarında ISO 6336, Method B'ye göre hesaplanacaktır. Ayrıntılı bir dinamik analiz olmaksızın $K_v < 1,05$ 'in kullanımına izin verilmez.

4.3.3 Yük dağılımı faktörü K_y

4.3.3.1 Yük dağılım faktörü K_y 'da yük dağılımındaki sapmalar göz önüne alınır. Örneğin; 2 veya daha fazla yük dağılımı olan dişli çarklarda veya 3'den fazla planet dişlisi olan planet dişli çarklarda.

4.3.3.2 Planet kademeleri için, planet dişli çark sayısına bağlı olarak, Tablo 7.5'deki değerler uygulanır.

Tablo 7.5 K_y yük dağılım faktörü

Planet dişli çark adedi	3	4	5	6	7
K_y	1,0	1,25	1,35	1,43	1,5

4.3.3.3 Analizlerde, Tablo 7.5'de verilenlerden daha küçük değerlerin kullanımı, TL ile anlaşmaya varılarak, ölçümlerle doğrulanacaktır. Kabul edilen modelin ölçümlerle doğrulanması halinde, hesaplamalar kabul edilebilir.

4.3.4 Genişlik faktörü $K_{H\beta}$ ve $K_{F\beta}$

4.3.4.1 Genişlik faktörü; diş yanakları üzerindeki yanak basıncında ($K_{H\beta}$) ve diş dibi gerilmesinde ($K_{F\beta}$), düzgün olmayan yük dağılımı etkisini dikkate alır.

4.3.4.2 Tanınmış hesaplama yöntemlerine göre belirlenen yanak düzeltmeleri durumunda, genişlik faktörleri önceden ayarlanabilir. Burada rüzgar türbininin özel çalışma koşullarının yük dağılımı üzerindeki etkiler dikkate alınacaktır (düşük devir sayılarındaki kısmi yük ve yüksek devir sayılarındaki aşırı yük). $K_{H\beta} < 1,15$ 'in kullanımına izin verilmez. Rüzgar türbininin makul bir çalışma süresi sonunda alınan temas izleri ile yanaktaki hesaplanan yük dağılımının karşılaştırılması tavsiye edilir.

4.3.5 Enine yük faktörleri $K_{H\alpha}$ ve $K_{F\alpha}$

Enine yük faktörleri $K_{H\alpha}$ ve $K_{F\alpha}$, birçok dişli çiftinin aynı zamanda kavramasındaki düzgün olmayan kuvvet dağılımını göz önüne alır. Rüzgar türbininin, diş kalitesi 4.1'e göre olan tahrik sisteminin dişlilerinde, enine yük faktörleri, $K_{H\alpha}$ ve $K_{F\alpha}$, için 1,0 değeri kullanılabilir. Aynı anda birden fazla dişli çiftinin kavrandığı dişli kutularında enine yük faktörü ISO 6336 veya eşdeğeri kodlara göre belirlenecektir.

4.4 Yorulma analizi

4.4.1 İstekler

Yorulma analizi ISO TR 10495 ve DIN 3990, Part 6'ya göre yapılacaktır. ISO 6336 Part 2 ve DIN 3990, Part 2'ye göre Z_{NT} ile ISO 6336 Part 3 ve DIN 3990, Part 3'e göre Y_{NT} ömür faktörlerinin esas alınacağı referans değer olarak $N_L = 10^{10}$ 'da 0,85 değeri kullanılacaktır.

4.4.2 Döndürme momentinin yük serisi dağılımının (YSD) uygulanması

4.4.2.1 YSD, her yük azalımı için diş dibi gerilmesi ve alın basıncının hesaplandığı, gerilme spektrumunun belirlenmesinde kullanılacaktır. Dişli kutusunun dinamik yükü YSD içinde temsil edildiği için, gerilme hesabında K_A faktörü uygulaması dikkate alınmayacaktır.

4.4.2.2 Elde edilen hesaplanmış gerilmeler (gerilme spektrumu) Tablo 7.3'deki emniyet faktörleri ile çarpılır ve birikmiş hasar Palmgren-Miner Kuralı kullanılarak hesaplanır (ISO TR 10945, Method II'ye de bakınız). Palmgren-Miner toplamı 1'den küçük veya 1'e eşit olacaktır.

4.4.3 Eşdeğer döndürme momentinin kullanımı

4.4.3.1 YSD'den diş dibi ve yanağı için, eşdeğer döndürme momenti hesaplanır (DIN 3990, Part 6, Method III'e göre 4.3.1'de belirtilen prosedür).

4.4.3.2 Tablo 7.3'deki emniyet faktörleri dikkate alınarak, diş dibi çatlağı ve pittinglenmeye karşı, ISO 6336'ya göre bir dayanım sınırı analizi yapılacaktır.

4.5 Statik mukavemet analizi

4.5.1 Statik mukavemet analizinde, dişli kutusunda maksimum döndürme momenti oluşturan, Bölüm 4'deki yük durumu esas alınacaktır.

4.5.2 Diş dibi ve yanaktaki gerilmeler, ISO 6336'ya göre statik mukavemet değerlerini aşmayacaktır.

4.5.3 Tablo 7.3'de verilen minimum emniyet faktörleri dikkate alınacaktır.

4.6 Sürüyerek aşınmaya karşı emniyet analizi

4.6.1 ISO 6336, sürüyerek aşınmaya karşı bir yöntem sağlamaz. Bu nedenle, sürüyerek aşınma analizi, türbin üreticisi ile dişli kutusu üreticisi arasındaki anlaşma sonucunda belirlenecektir.

4.6.2 Analiz için, tercihen temas sıcaklığı yöntemi (örneğin; DIN 3990, Part 4 veya ISO/TR 13989-1'e göre) kullanılacaktır. Hesaplanan emniyet faktörü dokümante edilecektir.

4.6.3 Sadece uygun katkı işlemine tabi tutulan dişli kutusu yağları kullanılabilir. Hesaplamalar için kullanılan yağın spesifikasyonunda izin verilenden en fazla bir FZG sınıfı düşük olan karşılık gelen giriş verileri (test döndürme momenti dahil) kullanılabilir.

5. Şaftlar ve Bağlantı Elemanları için Mukavemet Analizi

5.1 Genel

5.1.1 Tüm şaftlar için yorulma ve statik analizler (genel gerilme analizleri) yapılacaktır. Bağlantı elemanları için (örneğin; kamalar, kaymalı bağlantılar) sadece statik analiz gereklidir.

5.1.2 Analizler, DIN 743 (Şaftlar için yük kapasite hesabı), DIN 6892 (paralel kamalar) ve DIN 7190 (sıkı geçmeler) veya eşdeğer kodlara göre yapılacaktır.

5.2 Yorulma mukavemeti analizi

5.2.1 Eğer temsili yük spektrumu mevcutsa, yorulma analizi yapılacaktır. Yorulma analizi ile ilgili diğer bilgiler Bölüm 5, C.3'de verilmiştir.

5.2.2 DIN 743'de verilen yorulma sınırları kullanılarak, sadeleştirilmiş formda yorulma analizi yapılabilir. Burada, dişli hesabı için belirlenen uygulama faktörü dikkate alınarak, hesaplama için nominal yükler kullanılacaktır.

Teorik emniyet S , her durumda minimum emniyet $S_{min}=1,2$ 'ye eşit veya büyük olacaktır. Teorik emniyet, faz balansı kabul edilerek; eğilme, çekme / basma ve burulma dikkate alınarak belirlenecektir.

5.3 Statik mukavemet analizi

5.3.1 Cebri çatlamaya karşı statik mukavemet analizinde, bileşende maksimum yük oluşturan, Bölüm 4'deki yük durumları esas alınacaktır.

5.3.2 Bileşen yükleri, malzemenin akma noktasına göre $\gamma_M \geq 1,1$ 'lik bir kısmi emniyet faktörüne sahip olacaktır.

6. İlave Doğrulamalar

6.1 Dişli kutusu yatakları

Dişli kutusu şaft yatakları için verilecek dizayn, hesaplama ve değerlendirme dokümanları için C'ye bakınız.

6.2 Cıvatalı birleştirmeler

Güç iletiminde cıvataların önemli olduğu hallerde, cıvatalı birleştirmeler için mukavemet analizi gereklidir (Bölüm 6, E "Cıvatalı birleştirmeler"e bakınız).

6.3 Muhafaza, döndürme momenti kolu ve planet taşıyıcısı

Dişli kutusu muhafazası, döndürme momenti kolu ve planet taşıyıcısı için, güç iletiminde önemli rol oynamaları nedeniyle, yorulma ve statik mukavemet analizleri ve / veya deformasyon analizleri yapılacaktır (göbeğin doğrudan dişli kutusu giriş şaftına bağlandığı

hallerde, pervane kanadı yüklerinin muhafazaya etki etmesi).

Mukavemet analizi ile ilgili genel istekler Bölüm 5, C'de verilmiştir. Bu bileşenlerin sistem ve yataklar üzerindeki deformasyon etkisi dikkate alınacaktır. uygulanabilirse, hesaplama ile bulunan deformasyonlar, sistemin ve yatakların hesabında dikkate alınacaktır.

6.4 Soğutma analizi

Dizaynın termodinamik doğrulaması için, dişli kutusu ısı balansı verilecektir. Bu balansta, dişli kutusunun yeterince soğutulduğu kanıtlanacaktır.

7. Donanım

7.1 Yağlama yağı düzeyinin kontrolü için, mekanik bir düzenleme (örneğin; yağ seviye göstergesi, yağ ölçüm çubuğu) sağlanacaktır. Sıcaklık izlenecektir. Devri daim yağlamalı dişli kutularında, yağ basıncı kulerden sonra ve dişli kutusuna girişten önce izlenecektir. Kaymalı yataklarda, sıcaklık göstergeleri bulunacaktır. Rüzgar türbinini tüm işletme koşullarında, dişlilerin ve yatakların her noktasının yeterince yağlanması sağlanacaktır. Düşük sıcaklıklardaki çalışmalar için bir ısıtma sistemi sağlanacaktır.

7.2 Dişli kutusu yataklarının nominal ömür isteklerinin karşılanması için, bir yağ arıtma donanımı (filtre sistemi) sağlanacaktır. Dişli kutusuna, ulaşılabilir bir konumda flençli yağlama yağı pompaları bulunacak ve bunlar değiştirilebilecektir.

7.3 Dişli kutusunun sızdırmazlık sistemi, rüzgar türbininin işletim koşullarına ve dişli kutusunun yerleşim konumuna uygun olacaktır. Contaların, kullanılan dişli kutusu yağına uygun olduğunun kanıtları verilecektir.

7.4 Rüzgar türbinlerindeki ana dişli kutusu muhafazasında, dişlilerin kontrolünü sağlamak üzere, sökülebilir muayene deliği kapakları bulunacaktır.

8. Dişli Kutularının Muayenesi

8.1 Rüzgar türbinlerinin dişli kutuları, üretici işyerinde muayene edilecektir. Seri üretilen dişli kutularının nihai muayenesi, birkaç saat süren, kısmi yük altında deneme çalıştırmasından sonra yapılacaktır. Ayrıntılı test planı (gürültü değerlendirmesi dahil) üzerinde, dişli kutusu üreticisi ile rüzgar türbini üreticisi arasında anlaşmaya varılacaktır.

8.2 Deneme çalıştırmasından sonra, filtrelenmiş yağ dişli kutusunda bırakılmalıdır.

8.3 Rüzgar türbini için yeni geliştirilen ana dişli kutuları, uygun bir test yerinde ve ayrıca rüzgar türbini çalışmasında prototip testine tabi tutulacaktır (Bölüm 1, B.3.3'e bakınız). Rüzgar türbinlerinin dişli kutularının denemeleri için ayrıntılı prosedür, Bölüm 10, G'de tanımlanmıştır.

8.4 Prototip testinin olumlu sonuç vermesinden sonra, eşdeğer seri üretilen dişli kutularının denemeleri, yeterli üretim kalitesi sağlanacak tarzda azaltılabilir.

8.5 Prototip denemelerinin ayrıntılı kapsamı, denemelere başlamadan önce TL'na verilecektir. Seri üretimin azaltılmış testleri, prototip test dokümanında belirtilecektir.

9. Deneme Periyodu

9.1 Rüzgar türbinlerin dişli kutuları için, dişli kutusu üreticisi ile birlikte işletmeye aldıktan sonra düşük yükte bir deneme periyodu belirlenecektir. bu periyod sırasında, pervaneden güç çıkışı, kontrol sisteminde sınırlandırılacaktır. Eğer bir arıza algılanmazsa, dişli kutusu yükü, birkaç saat için tam yüke arttırılabilir ve devamlı kontrol sağlanır. Deneme periyodu içinde, yağ ve yatak sıcaklığı yakından izlenecek ve yağlama sistemi devamlı çalışmada tutulacaktır.

9.2 Ayrıca, uzun süreli servis dışı kalmadan sonra, yağ karteri sıcaklığına dikkat edilerek, çıkış sınırlandırılacaktır (Bölüm 2, C.2.16'ya da bakınız).

10. El Kitabı

Dişli kutusu üreticisi; dişli kutusunun dizayn ömrünün gerçekleştirilmesi için, montaj taşıma ve işletimle ilgili bakım, izleme ve koruyucu önlemleri bir el kitabında açıklayacaktır. 1.2'ye göre, el kitapları, rüzgar türbini dişli kutularının sertifikalandırma dokümanlarının bir parçasını oluşturur ve asgari olarak aşağıdaki hususlarda bağlayıcı beyanları içerir:

- İzin verilen yağlama maddelerinin karakteristik değerleri ve özellikleri,

- Yağ analizi (yağ saflığı da) ve yağ değişimi aralıkları,
- Gerekli bakım ve muayene aralıkları, her durumda alınacak önlemler. Bunlar, Bölüm 9, D'ye göre rüzgar türbininin bakım el kitabında yer alacaktır.
- Kaydedilecek işletim parametreleri ve ilgili sınır değerler,
- Dişli kutusunun doğru montajı için notlar,
- Gerek ayrı bileşenler olarak ve gerekse, rüzgar türbini muhafazası içinde olarak, deniz, hava veya kara yolu (demiryolu veya karayolu) ile taşıma bilgileri,
- 6 ayı geçen süreler için dişli kutusunun depolanması ile ilgili bilgiler.

E. Mekanik Frenler ve Kilitleme Düzenleri

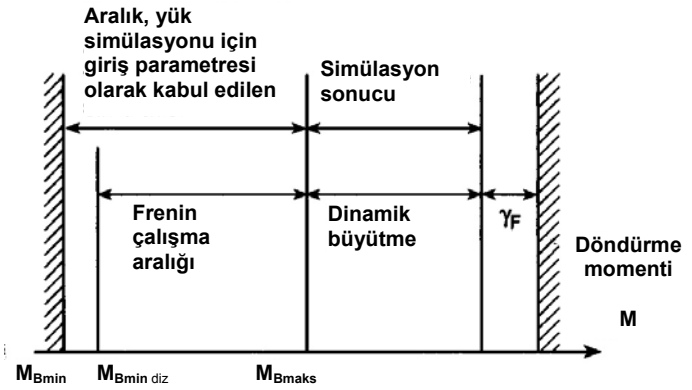
1. Genel

1.1 Aşağıdaki esaslar, pervane ve yönlendirme sisteminin frenlerine ve kilitleme düzenlerine uygulanır.

1.2 Terimlerle ilgili tanımlar Bölüm 2, B'de frenleme sistemi ve kilitleme düzenlerinin sistem mühendisliği dizaynı ile ilgili veriler Bölüm 2, C'de verilmiştir.

1.3 Mekanik frenlerin sürekli çalışmasından dolayı ısı ve aşınma oluşumu nedeniyle, pervanenin dönüş hızını sadece mekanik frenlerle sınırlandırmak mümkün değildir. Bu nedenle, frenler devreye alındığında pervane emniyetli olarak durma konumuna gelecek şekilde dizayn edilecektir (Bölüm 2, B.3.3.1'e bakınız).

1.4 Mekanik frenlerin dizaynıyla ilgili olan tahrik sistemindeki döndürme momentleri için, aşağıdaki tanımlar uygulanır. (Şekil 7.1'e bakın).



Şekil 7.1 Tahrik sistemindeki ilgili döndürme momentlerinin skesi

1.5 M_{Bmin} , gerekli minimum frenleme momenti, Bölüm 2, B.2.3'e göre frenin doğru çalışması için gerekli frenleme momentidir.

1.6 M_{Bmin} , gerekli minimum frenleme momenti, ve M_{Bmaks} maksimum fiili frenleme momenti, Bölüm 4, C.3'e göre rüzgar türbininin yük simülasyonu için giriş parametresi olarak kabul edilen frenleme momentleridir.

1.7 Mekanik frenin çalışma aralığı, temas basıncı ve sürtünme katsayısındaki değişimlerden kaynaklanan dalgalanmalara tabidir. Çalışma aralığı, $M_{Bmin\ diz}$ minimum dizayn frenleme momenti ile M_{Bmaks} maksimum fiili frenleme momenti arasında değişir.

1.8 Frenleme işlemi sırasında, tahrik sisteminde, dinamik büyütme ile frenlemenin M_{Bmaks} maksimum fiili frenleme momentini aşan bir döndürme momenti oluşur.

1.9 Bu tahrik sistemi döndürme momenti, Bölüm 4, C'ye göre uygulanacak γ_F kısmi emniyet faktörü ile artırılır.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Tüm frenleme sistemlerinin montaj ve genel yerleşim planları, hidrolik, pnömatik ve elektrik devre resimleri ile güç iletiminde önemli rol oynayan tüm bileşenlerin parça resimleri verilecektir.

2.2 Dizaynda kullanılan yük durumlarının listesi ve buradan elde edilen frenleme momentlerinin listesi gereklidir.

2.3 Dizayn hesaplarında, fren üreticisinin sağladığı veriler esas alınacaktır. Özel durumlarda ilave hesaplama dokümanları istenilebilir (örneğin; yay hesabı, cıvata hesabı).

2.4 Sürtünme katsayısını, sıcaklık dengesini, balata malzemesini ve aşınma özelliklerini içeren veri dokümanı, kullanılacak fren balataları için verilecektir.

3. Yükler

3.1 M_{Bmin} diz minimum dizayn frenleme momenti ve M_{Bmaks} maksimum fiili frenleme momenti, fren için hesaplanacaktır. Burada, aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır :

- Sürtünme katsayısındaki dalgalanmalar,
- Temas basıncındaki dalgalanmalar,
- Isınma ve aşınma.

3.2 Yönlendirme sistemindeki frenler, kontrol kavramı isteklerine göre dizayn edilecektir.

3.3 Dizaynda, aşınmadan kaynaklanan frenleme kuvveti azalımı dikkate alınacaktır.

3.4 Kanat ayarlama sistemi, pervane ve yönlendirme sistemine ait kilitleme düzeni pervane kanadını, pervaneyi veya kaportayı, aşağıda belirtilenlere karşı tutabilecektir:

- Yıllık fırtına (Bölüm 4, C.3, DYD 8.2) ve
- Montaj ve bakım sırasındaki fırtına (Bölüm 4, C.3 DYD 8.1).

4. Hesaplamalar

4.1 Genel olarak, fren hesapları için konvansiyonel analiz araçları kullanılacaktır. Mukavemet analizi, maksimum fiili frenleme momenti M_{Bmaks} ile yapılacaktır.

4.2 Kontrol için aşağıdaki veriler gereklidir:

- Tip ve konstrüksiyon,
- Yay karakteristikleri (sadece yaylı frenler için),
- Hidrolik ve pnömatik frenler için : çalışma basıncı, ünite tipi, basınç maddesi hacmi, sızıntı oranı,
- Fren balatalarının özgün aşınması,
- Fren balatası ve fren / diskinin malzeme kombinasyonu için minimum ve maksimum dinamik sürtünme katsayısı,
- Uygulanan hallerde, fren balatası ve fren dramı / diski'nin malzeme kombinasyonu için statik sürtünme katsayısı.

4.3 Hesaplar, aşağıda belirtilenleri içerecektir :

- Minimum dizayn frenleme momenti M_{Bmin} , diz'nin hesabı,
- Maksimum fiili frenleme momenti M_{Bmaks} 'ın hesabı,
- Frenleme işlemi sırasında, izin verilen sıcaklığın aşılmadığının doğrulaması. Bu analizde, çalışma aralığının en olumsuz frenleme momenti esas alınacaktır.
- Frenin güç ileten bileşenlerinin mukavemet analizi (cıvatalı birleştirmeler, fren diski, braketler vb.),

4.4 Aşağıdaki koşulun sağlandığı gösterilecektir :

$$\frac{M_{Bmindiz}}{1,1} \geq M_{Bmin}$$

5. Çeşitli Konular

5.1 Frenleme yüzeyleri istenmeyen etkilere karşı (örneğin; yağlama maddesi kaynaklı kirlenme) kapaklarla, çamurluklarla veya benzerleri ile korunacaktır.

5.2 Frenlerin otomatik izlenmesi gerekebilir, Bölüm 2, C.2.10'a bakınız.

5.3 Basınç hareketli frenleme sistemlerinde, frenler, güç beslemesi olmasa dahi pervaneyi tutabilecektir. Şebeke arızasının kabul edilecek süresi Bölüm 2, B.2.9'a verilmiştir.

5.4 Kilitleme düzenin dizaynı için, Bölüm 2, C.3'e bakınız.

F. Kaplinler

1. Genel

Bu kısımdaki esaslar, tahrik sistemindeki kaplinlere uygulanır.

2. Değerlendirme Dokümanları

Tüm döndürme momenti ileten bileşenlerin montaj ve parça resimleri, malzeme bilgilerini de içeren parça listeleri, DIN 740, Part 1, 1986, Section 4.12'ye göre gereken dokümanlar, döndürme momenti ileten tüm bileşenlerin mukavemet analizi ile kayıcı kaplinin (varsa) işlev testinin kaydı (örnek olarak) TL'na verilecektir.

3. Malzemeler

Bölüm 3, C (Malzemeler) ve 3, D (Üretim ve Testler)'ye bakınız.

4. Hesaplamalar

4.1 Tüm döndürme momenti ileten bileşenler için, genel bir mukavemet analizi, bir yorulma analizi ve periyodik döndürme momenti dalgalanmaları ile gerilme analizi verilecektir. Burada, aksiyal, radyal ve açışal kaçıklıklar dikkate alınacaktır.

4.2 Genel mukavemet analizinde, Bölüm 4'deki dizayn yükünden oluşan maksimum moment esas alınacaktır.

4.3 Maksimum momentin devamlı iletimi gerekli değildir, ancak bundan dolayı oluşan yük, kaplinde hasara

neden olmamalıdır. Eğer bu maksimum değerde, dizayn önlemleri vasıtasıyla (örneğin; kaymalı kaplin) bir indirim sağlanırsa, kaplin dizaynında bu indirilmiş değer kullanılabilir. Burada, kaydırma momentinin toleransı dikkate alınacaktır.

4.4 Genel mukavemet analizi Bölüm 5'de tanımlanmıştır.

4.5 Yorulma doğrulaması, çalışmaya benzer koşullardaki bileşen testleri ile veya hesaplamalı analizlerle yapılabilir.

4.6 Hesaplamalı analiz için, Bölüm 4'deki yorulma yükleri kullanılacaktır. Hesaplar, Bölüm 5'e göre yapılacaktır.

4.7 Pervane ve tahrik edilen makinalardan kaynaklanan uyarıların, rezonans aralığından geçişte veya nominal devirde çalışmada değişken döndürme momentlerine neden olması öngörülüyorsa, kaplinin bu döndürme momentleri nedeniyle hasarlanmayacağı kanıtlanacaktır.

5. Çeşitli Konular

5.1 Eğer lastik elemanlar kullanılırsa, bunlar Bölüm 7, G'ye göre (Elastomer Burçlar) doğrulanacaktır.

5.2 Fren diskinin (varsa) metal olmayan bileşenleri üzerindeki sıcaklık etkileri dikkate alınacaktır (örneğin; yangın tehlikesi, kaplinin lastik elemanlarının hasarlanması).

5.3 Özel durumlarda, seri üretilen kaplinlerin TL uzmanı tarafından muayenesi gerekebilir.

G. Elastomer Burçlar

1. Genel

1.1 Elastomer burçlar; bileşene etki eden titreşim, hareket veya şokların azaltılması gereken hallerde kullanılır.

1.2 Elastomerlerin davranışı üzerindeki etkiler, bileşenlerindeki, yapısal mekanikle sınırlı değildir (örneğin; yükün tipi, şiddeti ve frekansı, yükleme sırası), elastomer burçların özellikleri, üretim ve işleme teknolojisi ve dış etkenler tarafından etkilenir.

1.3 Elastomer burçların dinamik yükleri nedeniyle, kural olarak yıllık muayenesi yapılmalıdır (örneğin; gözle muayene).

1.4 Bu nedenle, dizayn yönünden, muayene olanağı sağlanmasına ve değiştirme gerektiğinde elastomer burçların aşırı kuvvet sarfetmeden değiştirilme olanağı sağlanmasına dikkat edilecektir.

1.5 Elastomer burçların erken yaşlanmasını önlemek için, bunlar dış etkilere, işletim maddesine (örneğin; çıkan yağ ve aşındırıcı madde) ve bunların buharlarına dirençli olacak şekilde seçilecektir. Alternatif olarak, elastomer burçların bu maddeler ile temas etmemesi, dizayn esaslı önlemlerle sağlanmalıdır.

1.6 Elastomer burçların seçiminde, rüzgar türbinin bulunduğu yerde hüküm süren ortam koşulları (örneğin; sıcaklık, nem, ozon) dikkate alınacaktır.

1.7 Dinamik yükler nedeniyle, elastomer burçların iç sıcaklığının, muhtemelen elastomer burçların izin verilen ortam sıcaklığını geçen, rüzgar türbinindeki elastomer burçların bulunduğu yerdeki ortam sıcaklığını geçebileceğine dikkat edilmelidir.

1.8 Elastomer burçlar, tercihen, basma ve / veya kesme yüküne tabi tutulacaktır.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Değerlendirme dokümanları ile ilgili genel bilgiler Bölüm 7, A'da verilmiştir.

2.2 Aşırı ve yorulma yükleri için analizler verilecektir.

2.3 Kuvvetlerin dağıtımında esas oluşturan tüm elastomer burçlar için analizler ve teknik dokümanlar gereklidir. Bunlar, örneğin; aşağıda belirtilen elastomer burçları içerir:

- Tahrik zincirinde yer alan türbin

- Kaporta kapağının ana gövde ile bağlantısındaki (sadeleştirilmiş analiz),
- Kanat ayarlama sisteminin bileşenleri ve besleme ünitesindeki (sadeleştirilmiş analiz).

2.4 İlgili parça listeleri ile birlikte, montaj ve varsa kesit resimleri verilecektir.

2.5 Rüzgar türbininin kuvvetlerinin dağılımında hangi noktadaki elastomer burçların yer aldığı gösterilecektir.

2.6 Ayrıca, elastomer burçlar veya kullanılan elastomerler için, fiziksel (örneğin; sertlik, yoğunluk) ve mekanik özelliklerin (örneğin; izin verilen yük tipi), izin verilen işletme ve ortam koşulları ile kimyasal direnç özelliklerinin gösterildiği bir spesifikasyon ve veri tablosu verilecektir.

2.7 Veri listesinde ayrıca, elastomerin veya tüm burcun mukavemet değerleri (çekme mukavemeti, kopma direnci, akma gerilmesi, izin verilen basınç) ve deformasyon parametreleri (maksimum yükte ve akma gerilmesindeki uzama, kopma uzaması) ile ilgili bilgiler de yer alacaktır.

2.8 Bir yük – deformasyon diyagramı verilecektir.

2.9 Yay karakteristiklerinin etkileri – elastomer burcun tipik yüklemesine kadar ve -20°C ile +50° C arasındaki sıcaklık aralığı için (asgari olarak -20°C, +23°C ve +50°C için) veya rüzgar türbininde yer alan elastomer burcun bulunduğu yerde öngörülen aşırı sıcaklıklar için- belirtilecektir.

2.10 Elastomer burcun akım karakteristikleri belirtilecektir (rüzgar türbininin dizayn ömrüne de bakınız, Bölüm 4, B.2).

2.11 Eğer, referans olarak testler kullanılıyorsa, testlerin açıklaması verilecektir.

3. Uygulanacak Yükler

Elastomer burçların yüklerinin hesabında, Bölüm 4'deki dizayn yükleri kullanılacaktır.

4. Mukavemet Analizi

4.1 Kullanılan elastomer burçların, aşırı ve yorulma yüklerine karşı yeterli emniyet sağladığı kanıtlanacaktır.

4.2 Eğer aşırı ve yorulma yükü analizleri, test sonuçları yardımı ile hesaplanırsa, test prosedürü ve testlerden elde edilen sonuçlar uygun bir tarzda sunulacaktır.

4.3 Test sonuçlarının gerçek elastomer burçlara uygulanmasında, kabul edilen azaltım faktörleri dokümante edilecektir.

4.4 Analizlerde, rüzgar türbininin elastomer burçlarının bulunduğu yerde genelde öngörülen ortam koşulları dikkate alınacaktır. Gerekirse, çeşitli ortam koşulları grupları için birkaç analiz yapılacaktır. Bu koşullar analizde belirtilecektir.

4.5 Elastomer burçların kullanıldığı yerde nadiren görülen ortam koşullarının da dikkate alındığı gösterilecektir. Bu koşullar analizde gösterilecektir.

4.6 Elastomer burçlar, elastomer ile birleştirilecek bileşenler arasında (set uskurlu dairesel yatak) bağlantı sağlayan diğer malzemelerle sıklıkla birlikte kullanılır. Bu durumda, bu sistem için de doğrulama sağlanacaktır. Tüm bileşenin hesaplamalı analizi için (örneğin; sonlu elemanlar yöntemi yardımı ile), Bölüm 5’de belirtilen hükümler hariç, elastomerin malzeme düzgünsüzlükleri dikkate alınacaktır.

Not :

Elastomerin ömrünün belirlenmesi için, elastomerin dinamik özellikleri genelde aşağıda belirtilenlere bağlı olduğundan, genelde geçerli olan hesaplama standardı mevcut değildir:

- *Frekans,*
- *Ortam koşulları,*
- *Yük şiddetleri,*
- *Ortalama yük ve*
- *Yüzey alanı ve hacim arasındaki ilişki.*

Bu nedenle, analizlerde tecrübelerden ve testlerden elde edilen bulguların kullanımı gereklidir.

5. İlave Doğrulamalar

5.1 Cıvatalı birleştirmeler için mukavemet analizi, bu birleştirmelerin kuvvet dağılımında önemli olduğu hallerde gereklidir (Bölüm 6, E’ye bakınız).

5.2 Bölüm 7, A.3 “Tahrik Sistemi Dinamiği” de dikkate alınacaktır.

Not :

Elastomer burçların bitişik bileşenler üzerine etkisi, uygun bir tarzda dikkate alınacaktır. Örneğin; yük kabullerinde esas alınan ve bitişik bileşenlerin dizayn hesaplarında kullanılan yay ve sönümlenme karakteristikleri, 2. de belirtilen veri listesi ile doğrulanacaktır.

H. Yönlendirme Sistemi

1. Genel

1.1 Bu kısım, rüzgar türbinlerinin aşağıda belirtilen yönlendirme sistemine uygulanır. Diğer tip dizaynlar için, kurallar gerekli değişimlerle uygulanacaktır.

1.2 Türbin kaportasının rüzgarı izlemesi için gerekli döndürme momenti, ilgili yönlendirme donanımı ile birlikte, bir servomotor ile sağlanır. Döndürme momenti, tahrik pinyonu vasıtasıyla kulenin gövdesine bağlı hareketli bir ringe iletilir.

1.3 Kule üzerindeki kaporta kısmı, bir kaymalı yatak veya rulmanlı yatakla taşınır. Kaportanın döner hareketi, genelde konumlandırma tahrik sistemindeki bir fren ile ve / veya kule üstüne veya kaportaya bağlı fren diskine etki eden fren blokları ile frenlenir.

1.4 Dişlilerin, erken hasarlanmaya neden olacak, değişken yüklenmesini önlemek için; kaportanın salınım hareketleri nedeniyle dişlilerdeki değişken gerilmeyi, sürekli etki eden artık frenleme momenti ile önleyen bir frenleme sistemi sağlanacaktır.

1.5 Bu artık frenleme momenti, yönlendirme tahrik sisteminin dizaynında dikkate alınacaktır.

1.6 Yönlendirme sistemi için bir kilitleme düzeni sağlanacaktır. (Bölüm 2, B.2.10 ve 2, C.3'e de bakınız). Bu düzen insanların yaralanma riskini önlemek üzeri, bakım ve onarım işleri sırasında yönlendirme sistemini kilitler. Bu kilitleme düzeninin yönlendirme sisteminde sürekli yer almasına gerek yoktur, gerektiğinde monte edilen harici bir kilit de olabilir.

1.7 Yönlendirme ringi dışlısından, tahrik pinyonundan ve kaporta yatağından gelen aşırı yağlayıcı maddeyi toplamak üzere yeterli bir toplama tavası sağlanacaktır.

2. Değerlendirme Dokümanları

2.1 Verilecek değerlendirme dokümanları ile ilgili genel bilgiler Bölüm 7, A'da verilmiştir.

2.2 Yönlendirme sisteminin bileşenleri için; tip açıklaması, spesifikasyonlar ve montaj resimleri verilecektir.

2.3 Hesaplama verileri (örneğin; hesap girdi verileri, ilgili emniyet payları ile sonuçların sunumu) ve dişli kutusu bileşenleri ile ilgili dokümanlar verilecektir.

2.4 Aktarım kademesinin değerlendirilmesi için (tahrik pinyonu / hareketli ring), bu kombinasyonla ilgili dişli hesapları ve pinyon şaftının ve yataklarının doğrulaması ile birlikte, pinyon şaftı ve hareketli ringin parça resimleri verilecektir.

2.5 Yönlendirme sisteminin işlev esaslarını açıklayan tanımlama ile birlikte, montaj ve kesit resimleri, parça listeleri ve varsa parça resimleri verilecektir.

3. Uygulanacak Yükler

3.1 Yönlendirme sisteminin yüklerinin hesabında, Bölüm 4'deki dizayn yükleri kullanılacaktır.

3.2 Statik ve yüke bağlı yatak sürtünme momentleri dikkate alınacaktır. Yorulma analizi için, yük süresi dağılımları (YSD) ve yük spektrumu kullanılacaktır. Yönlendirme sistemi ile ve yönlendirme sistemi olmaksızın çalışmalar dikkate alınacaktır.

3.4 Bölüm 4'de göre boyutlandırma yük durumunun dizayn yükü için statik mukavemet analizi - yönlendirme sistemli ve yönlendirme sistemsiz yapılacaktır.

3.5 Yönlendirme sırasında oluşan dış başına yük çevrimi adedi veya yük süresinin belirlenmesinde, Bölüm 4, C.3.1'de belirtilenler esas alınacaktır.

4. Mukavemet Analizi

4.1 Dişlilerin yük kapasitesinin doğrulanması

4.1.1 "Tahrik pinyonu / hareketli ring" aktarım kademesinin ve konumlandırma dışlısının dişli hesabında ISO 6336 esas alınacaktır.

4.1.2 Yorulma yüklerinden, yük kapasitesinin hesabı, DIN 3990 Part 6, Method II'ye göre yapılacaktır. Method II için, Tablo 7.6'da verilen emniyet faktörlerine uygun olarak $D \leq 1$ 'lik bir hasar oranı sağlanacaktır.

4.1.3 Alternatif olarak, eşdeğer yük, yorulma analizinin yapılacağı -Tablo 7.6'da listelenen emniyet faktörlerine uygun olarak -yük / zaman dağılımından hesaplanabilir (DIN 3990, Part 6, Method III'e göre).

4.1.4 Ayrıca, cebri kırılma ve pittinglenmeye karşı statik mukavemetin analizi de gereklidir (Tablo 7.7'deki emniyet faktörleri ile).

Tablo 7.6 Yorulma mukavemeti analizi için emniyet faktörleri

Emniyet	
Pittinglenmeye karşı, S_H	$\geq 0,6$
Diş dibi çatlamasına karşı, S_F	$\geq 1,0$

Tablo 7.7 Statik mukavemet analizi için emniyet faktörleri

Emniyet	
Pittinglenmeye karşı, S_H	$\geq 0,6$
Diş dibi çatlamasına karşı, S_F	$\geq 1,2$

4.2 Şaftlar ve bağlantı elemanları

4.2.1 Yönlendirme tahrik sistemi çıkış şaftı için, bir yorulma analizi ve bir statik mukavemet analizi verilecektir.

4.2.2 Analizler; DIN 743, DIN 6892 ve DIN 7190'a veya eşdeğer kodlara göre yapılacaktır.

4.2.3 Ayrıca, döner tahrik sisteminin gövdesi ve pinyon kutusunun analizi verilecektir. Gerekirse, statik test vasıtasıyla aşırı yük doğrulaması da yapılacaktır.

4.2.3 Cıvataların kuvvet iletiminde önemli olduğu hallerde, cıvatalı birleştirmelerin mukavemet analizi gereklidir.

Not :

Döner tahrik sisteminin çıkış pinyonu birlikte dövülecektir.

4.3 Yataklar

4.3.1 Türbin kaportası yataklarının hesabı ve yapımı için Bölüm 7, C'ye bakınız.

4.3.2 Sızdırmazlık elemanları, ortam koşulları nedeniyle hasarlanmayacak şekilde yapılacak veya korunacaktır.

Not :

Kaporta yataklarının sızdırmazlık elemanlarını, sistemi sökmeden değiştirmek mümkün olacaktır.

4.3.3 Kaporta yatağı ve dişliler için, yeterli yeniden yağlama ve kullanılan yağın giderilmesinin sağlandığı ve hareketli gövdeler ile bunların çalıştığı yüzeyler arasında daima yeterli yağ filminin sağlandığı gösterilecektir. Eğer bu husus bakım aralıkları ile sağlanamıyorsa, otomatik yağlama sistemi sağlanacaktır.

4.4 Yönlendirme freni

4.4.1 Frenlerin hesabı ile ilgili açıklamalar 7, E'de verilmiştir.

4.4.2 Sistem kavramına göre, sabit bir frenleme momentinin uygulanması gerekli ise, güç beslemesi arızası durumunda frenlerin işlev görmesi sağlanacaktır.

4.5 İlave doğrulamalar

4.5.1 Elektrik hareketli tahrik sistemlerinde, Bölüm 8'de dikkate alınacaktır.

4.5.2 Hidrolik sistemin doğrulanması için 7, I'ya bakınız.

4.5.3 Tahrik sistemi ve frenlerin dizaynı, sistem kavramına göre uygun işlev görme yönünden doğrulanacaktır.

I. Hidrolik Sistemler

1. Genel

1.1 Bu kısımdaki esaslar, işletim için gerekli olan (örneğin; yönlendirme hareketi ve pervane kanadı piç kontrolü) veya frenleme sisteminin bir parçasını oluşturan (örneğin; arıza durumunda kanat piç ayarı ve pervane frenleri) hidrolik sistemlere uygulanır.

1.2 Burada belirtilenlere ilave olarak, ulusal kurallar da dikkate alınmalıdır.

2. Değerlendirme Dokümanları

Aşağıda belirtilen değerlendirme dokümanları gereklidir :

- a)** İlgili parça listesi ile birlikte standart formda (örneğin; ISO 1219-2) hidrolik işlev diyagramı
- b)** Elektro-hidrolik kontrol ve ayarlama planlanmış ise, hidrolik sistem valflerinin harekete geçmesini gösteren elektrik devre diyagramları,
- c)** Emniyetli ilgili bileşenlerin verileri,
- d)** Aktüatörlerle (örneğin; piston çapı, piston rotu için burkulma hesabı, servomotorlara etki eden momentler, mafsallı bağlantılar ve kolların dizaynı), akümülatörlerle, borularla, hortumlarla ve valflerle (örneğin; akım oranları ve reaksiyon süreleri) ilgili hesaplar ve veriler,

- e) Pompa ünitesi dizaynı ile ilgili veriler (depolama hacmi, basınç sınırları, akışkan seviye kontrolü, vb.),
- f) Filtre üretimi verileri,
- g) Eğer, rüzgar türbininin dizayn ömründen daha kısa ise, kullanılan bileşenlerin servis ömürleri ile ilgili ayrıntılar (örneğin; hortumları, akümülatörler) (Bölüm 4, B.2'ye bakınız).

3. Malzemeler

3.1 Kuvvet ileten bileşenlerin malzeme seçiminde, bunların dinamik yüke maruz kalabilecekleri dikkate alınacaktır.

3.2 Boru devrelerinde dikişsiz veya boyuna kaynaklı çelik borular kullanılacaktır. Esnek boru bağlantıları olarak, DIN EN 853, DIN EN 855, DIN EN 856, ISO 6803 veya eşdeğeri uluslararası kodlara uygun yüksek basınç hortumları kullanılabilir.

3.3 Korozyona dayanıklı malzemelerden yapılmayan tüm bileşenlerde, korozyondan korunma sistemi bulunacaktır.

4. Dizayn ve Yapım

4.1 Hidrolik sistemlerin dizaynı ve yapısı, tanınmış kurallara göre olacaktır (örneğin; ISO 4413'e bakınız).

4.2 Aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır.

4.3 İstenilen reaksiyon sürelerini, harekete geçme hızını ve kuvvetini sağlamak için bileşenlerin uygun boyutlandırılması (örneğin; pompaların, boruların, valflerin, aktüatörlerin, akümülatörlerin).

4.4 Çalışma sırasında hidrolik bileşenlerde, yorulma hasarlarına neden olabilen basınç dalgalanmaları oluşabilir.

4.5 Bağımsız frenleme sistemlerinin bileşenleri ve donanımının birbirinden kesin olarak ayrımı gereklidir (Bölüm 2, B.3.3'e bakınız).

4.6 Hidrolik sistem, hidrolik devrede basınç olmaması veya arıza olması durumunda, rüzgar türbini emniyetli durumda olacak şekilde dizayn edilmelidir.

4.7 Hidrolik aktüatörlerin sadece hidrolik basınç olduğunda emniyet işlevlerini yerine getirdiği hallerde (örneğin; pervane fren veya kanat ayarlama sistemi), hidrolik sistem; pompa veya valflerin güç beslemesi arızasından sonra, rüzgar türbini emniyetli bir konumda muhafaza edilebilecek şekilde dizayn edilecektir. Bu arızanın süresi, Bölüm 2, B.2.9.2'de arıza durumu olarak belirtilen şebeke arızası süresine eşit olarak kabul edilecektir.

4.8 Tesisin çalışması öngörülen haldeki (yağ / akışkan viskozitesi, olası soğutma, ısıtma, vb.) hava koşulları dikkate alınacaktır.

4.9 Sızıntılar, sistemin işlev kapasitesini bozmayacaktır. Sızıntı olursa, bu belirlenecek ve rüzgar türbini buna uygun olarak kontrol edilecektir.

4.10 Eğer iki doğrultuda hidrolik olarak hareket ediyorsa, aktüatörler daima "hidrolik olarak yüklü" olacaktır.

4.11 Boruların yerleştirilmesinde, bileşenlerin birbirine göre hareket edebileceği ve bu nedenle borulara dinamik gerilme getireceği dikkate alınacaktır.

BÖLÜM 8

ELEKTRİK DONANIMI

Sayfa

A. Uygulama Alanı	8- 1
B. Elektrik Makinaları	8- 3
C. Transformatörler	8- 4
D. Statik Konvertörler	8- 5
E. Orta Gerilim	8- 5
F. Şarj Donanımı ve Akümülatörler	8- 6
G. Açma-Kapama ve Koruma Donanımı	8- 7
H. Kablolar ve Elektrik Tesisatı Donanımı	8- 9
I. Yıldırımdan Korunma.....	8-11

A. Uygulama Alanı

- Orta - gerilim açma kapama donanımı,

1. Uygulama

- Yıldırımdan korunma.

Bu bölümün hükümleri, elektrik gücünün üretimi, dağıtımı ve aktarımı ile ilgili donanım ve rüzgar türbini içinde yer aldıkları veya rüzgar türbininin ayrılmaz bir parçasını oluşturdukları takdirde, rüzgar türbininin elektrik ve elektronik kontrol donanımına uygulanır. Şebeke bağlantı istasyonu, uygulama alanı içine dahil değildir.

2. Kapsam

Bu bölümde, aşağıda belirtilenlerle ilgili istekleri kapsar:

- Döner elektrik makinaları,
- Statik konvertörler,
- Şarj donanımı ve aküler,
- Açma - kapama ve koruma donanımı
- Kablolar ve elektrik tesisat donanımı,
- Güç transformatörleri,

3. Standartlar

3.1 Tüm elektrik donanımı ve bileşenleri, teknik dokümantasyonda listelenecek olan tanınmış standartlara göre dizayn edilecektir.

3.2 Rüzgar türbinlerindeki elektrik donanımı için ilgili IEC yayınları veya eşdeğer ulusal kurallar dikkate alınacaktır.

3.3 IEC 60364 “Electrical Installations of Buildings” veya VDE 0100 “Erection of power installations with nominal voltages up to 1000 V” da belirtilen koruyucu önlemlere özel olarak dikkat edilecektir.

3.4 Ayrıca, IEC 60204-1 (2000-05) “Safety of machinery electrical equipment of machines – Part 1 : General Requirements” veya DIN EN 60204 -1 (VDE 0113, Part 1), 1998 -11’de uygulanacaktır.

3.5 Her durumda, dokümanların güncel versiyonu kullanılacaktır.

4. Çalışma ve Ortam Koşulları

4.1 Tüm elektrik bileşenleri, tesisin bulunduğu sahada öngörülen çalışma ve ortam koşullarına uygun olarak dizayn edilecektir.

4.2 Sahaya özgü değerler mevcut değilse, ortam sıcaklıkları ve diğer ortam koşulları, Bölüm 4, B. "Dış koşullar"dan alınacaktır. Kısıtlı ortam koşullarında, monte edilen bileşenler için ilgili temel spesifikasyonların değişebileceği dikkate alınacaktır.

4.3 Yabancı maddelere ve suya karşı, minimum koruma derecesi olarak (IEC 60529 "Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)"), örneğin; açma - kapama donanımı, motorlar, jeneratörler veya kumandalar gibi donanım için aşağıda belirtilenler sağlanacaktır :

- Kuru çalışma alanları IP 21
- Nemli çalışma alanları IP 43
- Dış alanlar IP 55

4.4 Jeneratörler, genelde IP 54 koruma sınıfında olacaktır.

Not :

Donanım koruma derecesi, rüzgar türbininin çalışma durumuna bakılmaksızın, monte edilen konfigürasyonda sağlanacaktır. Koruma derecesi değerlendirilirken, kaporta kapakları ve diğer koruyucu önlemler dikkate alınabilir.

5. Şehir Şebekesi ile Paralel Çalışma

5.1 Rüzgar türbinleri için öngörülen şebeke kalitesi ile ilgili olarak Bölüm 4, B.5'e bakınız.

5.2 Şehir şebekesi ile paralel çalışması öngörülen rüzgar türbinlerinin, ilgili şebeke operatöründen ilave onay alması gereklidir. Özellikle rüzgar çiftliklerinin belirli gerilim kademelerine bağlantısı için, elektrik davranışı ile ilgili özel koşullar uygulanabilir.

5.3 Güç elektroniği; oluşan harmoniklerin bağlı bulunan elektrik donanımının işlevine etki etmeyecek,

şebeke ile paralel çalışmada, donanım hasarlanmayacak ve izin verilmeyen bozulmalar oluşmayacak şekilde dizayn edilecektir.

5.4 İzin verilen değerler hakkında şebeke operatörü ile anlaşmaya varılacaktır. Bilgi değeri olarak %10'luk izin verilen harmonik oranı kullanılabilir.

6. Bağımsız Çalışma

6.1 Bağımsız çalışma durumunda, özel verilerin bulunmadığı hallerde, Tablo 8.1'de verilen değerler kabul edilecektir.

Tablo 8.1 Bağımsız çalışmada izin verilen gerilim ve frekans sapmaları

Parametre		Sapma	
		Devamlı	Kısa süreli
A	Frekans	± %5	± %10 (5 sn)
	Gerilim	± %10	± %10 (1,5 sn)
B	Gerilim	± %20	
A : Genel			
B : Akümülatörler ve statik konvertörler			

6.2 Bağımsız çalışmada, nominal devirdeki tam yük ile boşa çalışma arasında ± %2,5'luk bir jeneratör gerilim sapmasına izin verilir.

Not :

Bağlı bulunan tüketicilerin uygun olması halinde burada verilenlerden sapmalara izin verilir . DC şarj jeneratörleri için akü şarj işlemi ile ilgili gerilim koşulları uygulanır.

7. Değerlendirme Dokümanları

7.1 Elektrik bileşenlerinin değerlendirilmesi için aşağıdaki dokümanlar gereklidir :

- a) Elektrik donanımı için genel işlev tanımları ve bakım talimatları
- b) Kısa - devre ve aşırı akım koruma donanımı verileri ile birlikte ana devreler ve yardımcı devreler için genel devre şemaları,

- c) Kontrol donanımının verileri ve işlev düzeni,
- d) Kontrol donanımının emniyetle ilgili kısımları için uygulanacak sınıfların belirlenmesi (Bölüm 8, G.10'a bakınız),
- e) İzleme cihazları ve elektrik ölçüm donanımının özeti ve işlevsel tanımı,
- f) Sensörler ve limit anahtarlar dahil, tüm önemli elektrik donanımı için dizayn verileri ve üretici bilgileri ile birlikte parça listeleri,
- g) Eğer genel devre diyagramında yer almıyorsa, kablo ve iletkenlere ait veriler ve yük akımları ile birlikte kablo ve donanım diyagramları
- h) Aşağıda belirtilenleri içeren yıldırımdan korunma ve topraklama planları :
 - Yıldırımdan korunma bölgeleri ile birlikte, ayrı planlar dahil, rüzgar türbininin genel yerleşim planı,
 - Rüzgar türbininin yıldırım çubukları ve iletkenlerinin genel planı, toprak elektrotları ve gerilim sınıflandırma aranjmanı, bağlantı çubuklarının yerleşimi ve ayrı işletme yapısına bağlantılar.
 - Yıldırım akım iletkenleri ve gerilim yutucularının yerini gösteren genel yerleşim planı (tek-hat gösterimi)
 - Yıldırım akımının pervane kanatlarından nasıl uzaklaştırıldığına dizayn ayrıntıları, dişli kutusu ve yönlendirme yatağı iletkenlerinin yıldırım akımı taşıma kapasitesi.
- i) Emercensi güç sistemleri, yangın alarm sistemleri ve diğer elektrik donanımı ile ilgili resimler ve bilgiler,
- j) Gücü 50 kW'ı geçen jeneratörler için, IEC 60034-1 (1999-08)'e göre, ısı akışı verileri ile birlikte, rutin test kayıtları, resimler ve bakım talimatı.

7.2 Eğer güç transformatörleri ve / veya orta – gerilim donanımı rüzgar türbinine entegre ise, ilave olarak aşağıda belirtilen dokümanlar gereklidir :

- a) IEC 60076-1 (2000-04)'e göre transformatörün tip test kayıtları,
- b) IEC 60298 (1990-12)'ye göre orta-gerilim donanımının tip test kayıtları,
- c) Dahili ark testi sonuçları ve basınç artışı etkileri ile birlikte orta-gerilim donanımının montaj doğrulaması.

B. Elektrik Makinaları

1. Genel

Rüzgar türbinlerindeki elektrik makinaları (jeneratörler, yardımcı elektrik tahrik üniteleri), prensip olarak IEC 60034 (1999-08)'e uygun olacaktır.

2. Malzemeler

2.1 Elektrik makinalarının yapımı ile ilgili malzemeler, öngörülen ortam koşullarına uygun olacaktır. Deniz atmosferinin korrozif etkisi dikkate alınacaktır. Yeterli boyama veya kaplama ile korunması halinde deniz atmosferine uygun olmayan malzemeler de kullanılabilir.

2.2 Muhafazalar, terminal kutuları ve fan çarklarında plastik kullanılıyorsa, düşük sıcaklıklara uygun malzemeler kullanılacaktır.

2.3 Genel tesis konfigürasyonu nedeniyle şaft gerilimlerinin oluşma riski varsa, yataklar ve kaplinler izoleli tip olacaktır.

3. Havalandırma ve Soğutma

3.1 Rüzgar türbinlerinin elektrik makinaları tercihen, yüzey soğutmalı, tamamen kapalı formda dizayn edilecektir. Gücü 50 kW'ın üzerinde olan makinalarda, yoğunlaşan suyun birikimini önlemek için giderler bulunacaktır.

3.2 Giren hava nemden, yağ buharından ve tozdan arındırılmış ise, emici fan ile havalandırılmalı makinalar kullanılabilir.

4. Sargılar

4.1 Sağlanan koruyucu düzenlerle birlikte elektrik makinaları, kısa devre durumunda karşılaşılabilecek termal ve dinamik gerilmelere karşı koyabilecektir.

4.2 Elektrik makinaları, çalışma süresinden bağımsız olarak, izolasyon sınıfı için izin verilen aşırı sıcaklıklar aşılmayacak şekilde dizayn ve imal edilecektir. Bilgi değerleri olarak, IEC 60034, Part 1’de verilen değerler kullanılabilir.

4.3 Eğer makinalar statik konvertörlerde çalışıyorsa, ilave harmoniklerden kaynaklanan sıcaklık artışı dikkate alınacaktır. Makinanın ısı artış testi yapılırken, statik konvertörler aynı zamanda ve nominal çalışma koşullarına göre çalıştırılacaktır. Eğer, ısı artışı testi teknik nedenlerden dolayı mümkün değilse, alternatif olarak hesaplamaya izin verilir.

5. Yataklar

Yatakların doğrulaması, Bölüm 7, C’ye göre yapılacaktır.

6. Elektrik Makinalarının Çalışma Süreleri

6.1 Rüzgar türbinlerinin jeneratörleri devamlı çalışmaya göre dizayn edilecektir (IEC 60034-1’e göre çalışma tipi S1).

6.2 Eğer sargı sıcaklığı, sınır değerler bakımından izleniyorsa, termistörler veya eşdeğer sensörler kullanılmalıdır. İki metalli termal aşırı akım röleleri uygun değildir.

6.3 Yardımcı tahrik sistemlerinin motorları öngörülen çalışma sürelerine göre dizayn edilecektir. IEC 60034, Part 1’de veya eşdeğer kodlarda belirtilen çalışma sürelerine bakınız.

C. Transformatörler

1. Genel

1.1 Güç transformatörleri büyük oranda rüzgar türbini içine entegre edilmiştir. Eğer yapı bu şekilde ise ve transformatörler, rüzgar türbininin kule veya türbin kaportası içinde yer alıyorsa, bunlar değerlendirme kapsamı içindedir ve aşağıda belirtilen isteklere uygun olacaktır. Transformatörler kule ve kaporta dışında yer alıyorsa ve “jeneratör / konvertör” genel sisteminin bir parçasını oluşturmuyorsa, değerlendirme kapsamı içine dahil değildir.

1.2 Transformatörler IEC 60076-1 (2000-04), Part 1’e uygun olacaktır. Bu, üreticinin tip test kayıtları ile doğrulanacaktır.

1.3 Ayrıca, kuru tip transformatörler için IEC 60726 (1982-01) ve konvertör transformatörler için IEC 61378-1 (1997-09), Part 1 uygulanacaktır.

2. Tesis

Transformatörler, kilitlenebilir ayrı bir adada yer alacaktır. Transformatörlerin bulunduğu mahaller yeterince havalandırılacaktır. Transformatör odasına giriş sadece transformatör kapatıldığında mümkün olacaktır. Yetkisiz kişilerin girişi önlenecektir.

Not :

Transformatörlerin kule veya kaporta içinde yer aldığı rüzgar türbinlerinin montajında, ilgili ulusal kurallar dikkate alınacaktır.

3. Kuru Tip Transformatörler

Kuru tip transformatörler tercih edilmelidir. Sahaya bağlı olarak, ulusal kurallar gereğince bu durum zorunlu olabilir.

4. Sıvı - Soğutmalı Transformatörler

4.1 Sıvı - soğutmalı transformatörler, sıvının uygun kullanımını sağlayan bir toplama düzenine sahip olacaktır.

4.2 Sıvı-soğutmalı transformatörler sıvının gaz boşalmasına karşı korumaya sahip olacaktır.

4.3 Sıvı sıcaklığı izlenecektir. İzin verilen maksimum sıcaklığa ulaştığında bir alarm harekete geçecektir. Sıcaklık sınırına varıldığında transformatör devre dışına alınacaktır.

4.4 Sıvı doluluk düzeyi izlenmelidir.

5. Konvertör Transformatörler

Rüzgar enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde, rüzgar türbininin çalışma kavramı çerçevesinde, statik yarı iletken konvertörlerin kullanımı gerekli ise (örneğin; tam konvertörle senkron jeneratör, çift beslemeli asenkron jeneratör), transformatörün isteklere uygun olduğu doğrulanacaktır.

6. Koruma

6.1 Transformatörler kısa devreye ve aşırı yüke karşı korunacaktır.

6.2 Transformatörleri her iki taraftan kapatmak mümkün olacaktır.

6.3 Transformatörler, sıcaklık izlemesi ile teçhiz edilecektir.

D. Statik Konvertörler

1. Genel

1.1 Elektronik teçhizat, oluşan harmonikler elektrik donanımının işlevini etkilemeyecek ve donanımı hasara uğramayacak şekilde dizayn edilecektir.

1.2 Elektronik teçhizat, EN 50178 (VDE 0610)'a uygun olmalıdır.

1.3 Ayrıca IEC 61800-1 (1997-12) ve IEC 61800-2 (1998-03)'e bakınız.

2. Statik Konvertörlerin Donatımı

2.1 Elektronik teçhizat ayrı dolaplarda yer almalıdır.

2.2 Ünitelere ölçüm ve onarım için kolaylıkla ulaşılabilir. Çalışmanın kontrolü ve hata tespiti için, simülasyon devrelere, test soketleri, kontrol lambaları, vb. tavsiye edilir. Onarım amacıyla, tüm bileşenleri diğer akım taşıyan parçalardan izole etmek mümkün olacaktır. Sinyal ve kontrol teçhizatı, güç devrelerinden elektriksel olarak izole edilecektir.

2.3 Tercihen doğal havalandırılmalı statik konvertörler kullanılmalıdır, fanların kullanımı tavsiye edilir. Ayrıca, cebri soğutmanın çalışması izlenecek ve aşırı ısınmayı önlemek üzere arıza durumu ikaz edilecektir. Güvenirliği kanıtlanabilirse, sıvı ile soğutma kullanılabilir.

3. Koruyucu Donanım

3.1 Tüm elektronik teçhizat aşırı yüke ve şebeke kısa devresine karşı korunacaktır. Bir arıza durumunda, yarı iletken elemanın hasarlanması mümkün olmayacaktır.

Tesisatın korunması; sigortalar, devre kesiciler veya kontrol sisteminin müdahalesi vasıtasıyla yapılabilir.

3.2 Koruyucu donanım; enerji kesilmesinde bileşenlerde ve yük devresinde depolanan enerjinin bir hasar etkisi oluşmamasını ana donanımın arızalanmasında, rüzgar türbininin kontrollü bir şekilde durma konumuna getirilmesini ve hasarlı alt sistemler mümkün olduğunca selektif olarak devre dışında kalmasını sağlayacaktır.

3.3 Koruyucu donanımın işlevinin sağlanması amacıyla, aşırı akım ve aşırı gerilim koruma donanımı için, kendinden test düzeneği tavsiye edilir.

3.4 IEC 60364-4-46, Part 4'e göre, izolasyon amacıyla yarı iletken düzenler kullanılmayacaktır.

E. Orta Gerilim

1. Genel

1.1 Orta gerilim donanımı, büyük oranda rüzgar türbini içine entegre edilmiştir. Eğer yapı bu şekilde ise ve orta gerilim donanımı rüzgar türbininin kule veya türbin kaportası içinde yer alıyorsa, bunlar değerlendirme kapsamı içindedir ve aşağıda belirtilen isteklere uygun olacaktır. Orta gerilim donanımı kule ve kaporta dışında yer alıyorsa, değerlendirme kapsamı içine dahil değildir.

1.2 Orta gerilim donanımı IEC 60298 (1990-12)'ye uygun olacaktır.

2. Koruyucu Önlemler

2.1 Yabancı maddeler ve suya karşı gerekli korumadan ayrı olarak, elektrik çarpması ve dahili kıvılcımlardan insanların yaralanma riski önlenecektir.

2.2 Orta gerilim donanımı, IEC 60298, Appendix AA6'ya göre dahili kıvılcım testine tabi tutulacaktır. Burada kriter $1 \div 6$ 'ya uyulacaktır. Donanım kullanıma öncesinde bulunduğu mahalde izole edilmişse, bu test yapılmayabilir.

2.3 Bunun doğrulaması, orta gerilim donanımı üreticisinin ilgili dokümanları ile sağlanacaktır.

3. Basınç Boşaltımı

3.1 Eğer tablo içindeki dahili kıvılcımlardan kaynaklanan gaz basıncı, basınç boşaltma flapları vasıtasıyla gideriliyorsa, tesis mahalli tablo üreticisi tarafından belirtilen şekilde olacak ve yeterli hacme sahip olacaktır. Mahal içinde oluşan aşırı basıncın fizyolojik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde kalmasını sağlayan önlemler alınacaktır. montaj mahalli dizaynında bu aşırı basınç dikkate alınacaktır.

3.2 Eğer tablo, dahili kıvılcımlardan kaynaklanan gaz basıncı aşağıya doğru boşaltılacak (veya sadece aşağıya doğru) şekilde dizayn edilmişse, zemin bu basınca karşı koyabilecek tarzda yapılacaktır. Dahili kıvılcım gazlarının genişmesi için, zemin altında yeterli hacimde mahal olmasına dikkat edilecektir.

3.3 Tehlikeli alanlarda, yanıcı malzemeler ve düşük gerilim kablolarına izin verilmez.

3.4 Donanımın doğrulaması uygun dokümanlarla sağlanacaktır.

4. SF 6 Açma Kapama Donanımı

SF 6 açma kapama donanımı sadece yeterince havalandırılan mahallere konulabilir.

Not :

SF6'nın havadan ağır olduğu ve dahili kıvılcımdan oluşan gazların zehirli ve korozyif etkisi olduğu dikkate alınacaktır.

F. Şarj Donanımı ve Akümülatörler

1. Genel

Şarj donanımı ve akümülatörler, küçük rüzgar türbinlerinde enerji depolanması için veya emniyet sistemlerinin emercensi beslemesi için kullanılır.

2. Şarj Donanımı

2.1 Akü şarj donanımı, rüzgar türbinlerinden gelen düzensiz enerji beslemesini ve olası gerilim ve frekans sapmalarını karşılayabilecektir.

2.2 Akümülatörlerin aşırı şarjı regülatörle veya gerekirse, devreye alınabilen sönümlleme yükleri ile önlenecektir.

2.3 Eğer tüketiciler, şarj işlemi devam ederken besleniyorsa, maksimum şarj gerilimi, akümülatörün nominal geriliminin %20'sini aşmayacaktır.

2.4 Akümülatör şarj donanımı, hızlı şarj sırasında dahi, hücre başına izin verilen gerilim aşılmayacak şekilde dizayn edilecek ve ayarlanacaktır.

2.5 Şarj donanımının gerek giriş ve gerek çıkış tarafında kendi kısa devre ve aşırı akım koruma donanımı bulunacak ve çalışmasını izleyen bir sisteme sahip olacaktır.

3. Akümülatörler

3.1 Rüzgar türbinlerine konulan akümülatörler, yeterli sayıda şarj / deşarj çevrimine uygun olmalıdır.

3.2 Akümülatör muhafazaları elektrolitlere, mineral yağlama ve temizleme maddeleri ile deniz atmosferinin korozyonuna dayanıklı olacaktır.

3.3 VDE 0510 serisine ve eşdeğer uluslararası kodlara bakınız.

4. Akümülatörlerin Yerleşimi ve Çalışması

4.1 Akümülatörler iyi havalandırılan odalara, dolaplara veya kutulara yerleştirilecektir.

4.2 DIN VDE 0510'da akümülatörlerle ilgili olarak yer alan VDE kuralları veya eşdeğer kurallar dikkate alınacaktır.

4.3 Akümülatörler; hücrelerin değişimi, muayene, seviye tamamlama ve temizlik için kolayca ulaşılabilir şekilde yerleştirilecektir.

4.4 Kurşun-asitli akümülatörler ve alkalın akümülatörler aynı odaya yerleştirilmeyecek ve ayrıca, ayrı havalandırma sistemleri sağlanacaktır.

4.5 Akümülatörler, damlayan suya, kirlenmeye ve düşen parçalara karşı etkin olarak korunacak şekilde yerleştirilecek veya muhafaza altına alınacaktır.

4.6 Akümülatör odaları girişinde ve akümülatör kutuları üzerinde patlama riskini gösterir ikaz işaretleri bulunacaktır. Bu odaların ve kutuların havalandırma giriş ve çıkışlarının 0,5 m. yarıçapı civarı içinde patlama riski olduğuna dikkat çekilmelidir.

4.7 Akümülatörler devreye alınmadan veya devre dışına çıkmadan önce, kıvılcımları önlemek üzere, devreler kapatılacaktır.

4.8 Göbeğe yerleştirilen akümülatörler, döner hareketten kaynaklanan özel isteklere uygun olacaktır.

G. Açma - Kapama ve Koruma Donanımı

1. Genel

1.1 Elektrik donanımının tüm bileşenleri aşırı yüke ve kısa devreye karşı korunacaktır. Eğer aşırı akım veya kısa devre oluşursa, koruma donanımı güvenilir şekilde devreye girecek ve rüzgar türbininin bileşenlerinin termal veya elektrodinamik aşırı yüklenmesini önleyecektir. Kullanılan cihazlar, IEC 60947 (2001-12)'ye uygun olacaktır.

1.2 Koruma donanımı ve açma - kapama donanımı, açılmadan sonra, bir devre kesici vasıtasıyla veya sigortanın değişiminden sonra yeniden devreye girme mümkün olmalıdır.

1.3 Anahtarların on / off durumu ayırt edilebilir olacaktır. Basmalı düğmelerde, devrelerin kapama durumu göstermek üzere gösterge lambaları veya eşdeğerleri sağlanacaktır.

2. Kısa Devre ve Aşırı Yük Koruma Düzenleri

2.1 Kısa devre koruması için kullanılan her devre kesicinin nominal açma kapasitesi, tesis noktasındaki olası maksimum kısa devre akımından az olmayacaktır.

2.2 Devre kesicinin nominal kapama kapasitesi, tesis noktasında oluşabilecek maksimum asimetrik kısa devre akımından az olmayacaktır.

2.3 Açma - kapama donanımının kapama ve açma kapasitesi üretici tarafından belirtilecek ve değerlendirme dokümanında yer alacaktır.

2.4 Öngörülen maksimum kısa devre akımı için yetersiz kapama ve açma kapasiteli donanım, yeterli açma kapasiteli destekleme sigortaları ile birlikte kullanılabilir.

2.5 Topraklanmamış, iki fazlı DC ve AC devrelerde, aşırı yük koruması asgari bir iletken için sağlanacaktır.

2.6 Topraklanmamış üç fazlı, dengeli yüklenmiş sistemlerde aşırı yük koruması en az iki iletkenle bulunacaktır.

2.7 Akümülatör sistemleri, her topraklanmamış iletkenle, kısa devre ve aşırı yük koruması ile teçhiz edilecektir. Kısa devre koruması, akümülatöre yakın olarak yerleştirilecektir.

2.8 Aşırı yük ve kısa devre koruma düzenlerinin seçiminde, kabloda veya devredeki nominal akımlar ve tesisin ilgili noktalarındaki olası kısa devre akımları esas alınacaktır.

Not :

Şehir şebeke beslemesi ile paralel çalışması öngörülen tesislerde, kısa devre durumları, şebeke operatörü ile anlaşarak analiz edilecektir.

2.9 Nominal gücü 1 kW'dan büyük olan yardımcı tahrik sistemi motorları için uygun aşırı akım koruması önerilir. Korunacak motorun işlevine bağlı olarak, bu amaçla bimetal röleler, termistörler veya kesme düzenli diğer sıcaklık sensörleri kullanılabilir.

Not :

Elektrik donanımının çalışması ve korunması için, güç devreleri için aşağıdaki konfigürasyonlar sağlanabilir :

- *Entegre kısa devre ve aşırı yük koruması ile birlikte devre kesici veya motor koruma şalteri,*
- *Yük şalteri ile birlikte sigortalar,*
- *Sigorta şalter – kesicileri,*
- *Kontaktörlerle birlikte sigortalar,*
- *Kontaktörlerle birlikte devre kesici ve / veya motor koruma şalteri,*
- *Devre kesici / kontaktör kombinasyonu.*

3. Kontrol Devreleri

3.1 Kontrol devreleri, genelde maksimum 10 A'e kadar ayrı kısa devre koruyucusu ile teçhiz edilecektir. Eğer ortak destekleme sigortası maksimum 10 A'e kadar ise, kontrol ve yük devrelerinin ortak sigorta ile korunmasına izin verilir.

3.2 Eğer kontrol devrelerindeki kontaklar, daha küçük akımlara göre dizayn edilirse, destekleme sigortaları izin verilen akım değerlerine karşılık gelecektir.

4. Ölçme ve Gösterge Devreleri

4.1 Ölçme ve gösterge cihazlarının, kısa devrelere karşı ayrı sigortalarla korunacak olan, kendi devreleri bulunacaktır.

4.2 Gösterge ve kontrol lambaları için, bir gösterge lambasındaki kısa devre, tüm sistemi etkilemeyecek şekilde seri bağlı ayrı sigortalar önerilir. Kısa devre emniyetli transformatörlü gösterge lambalarının kullanıldığı hallerde veya çalışma geriliminin 30 V'un altında olduğu hallerde, bu istekten sapmaya izin verilir.

5. Toprak Arızası Algılaması ve İzlenmesi

Şehir şebekesinden bağımsız topraklanmamış sistemler için, sistemin izolasyon değerini gösteren veya değerlerin kontrolünü sağlayan bir toprak arızası dedektörü veya monitörü önerilir.

6. Açma - Kapama Donanımının Dizaynı ve Seçimi

6.1 Açma - kapama donanımı IEC 60947 (2001-12)'ye uygun olacaktır. Yeterli açma kapasitesi sağlanacaktır.

6.2 Yük şalterleri, asgari olarak, destekleme sigortasının nominal akımına göre seçilecektir.

6.3 Baraların seçimi ve klerensler ve atlama mesafelerinin dizaynı için IEC 60439 (1999-09)'a ve IEC 60664 (2002-06)'ya bakınız.

7. Alçak Gerilim Tabloları ve Dolapları

7.1 Tablolara ve dolaplara yerleştirilen tüm ünitelere bakım, onarım ve değiştirme için kolayca ulaşılabilecektir.

7.2 Terminaller ve terminal mahalleri uygun şekilde boyutlandırılacaktır. Terminaller, akım taşıyan parçalardan, emniyetli çalışma koşulları garanti edilecek şekilde yeterince aralıktaki yer alacaktır.

7.3 Tabloların veya dolapların kapaklarındaki gerilimi 50 V'un üzerinde olan akım taşıyan üniteler, kaza ile temasa karşı korunacaktır.

7.4 Tüm devreler ve bağlantılar, titreşim gerilmelerine karşı emniyete alınacaktır. M4'e kadar olan küçük vidalar, vernik ile kilitlenebilir.

7.5 Tüm devreler ve izoleli akım taşıyan bileşenler, aşınma veya kesilmeye karşı izolasyon vasıtasıyla korunacaktır. Bu husus özellikle keskin kenarlara ve köşelere uygulanır.

7.6 Topraklama terminalleri veya çubukları vasıtasıyla, koruyucu topraklama sağlanacaktır. Topraklama terminalleri belirgin şekilde işaretlenecektir.

7.7 İletkenlerin sıkışmasını önlemek için, terminallerde arkalık levhası olacak veya iletkenlere koruyucu manson veya teller için eşdeğer koruyucular konulacaktır.

7.8 Giren ve çıkan tüm kablo ve devrelerin, terminallerde etiketlenmesi tavsiye edilir.

7.9 Tüm donanım, cihazlar ve işletim elemanları, ilgili devre diyagramlarına göre sabit olarak etiketlenecektir.

7.10 Sigortaların nominal akım değerleri belirtilecektir. Ayarlanabilir koruyucu donanımın ayar değerleri, devre diyagramlarında belirtilecek ve cihaz üzerine işaretlenecektir.

7.11 Sistemde akım olup olmadığını göstermek için, gösterge lambaları, ölçüm cihazları veya eşdeğer göstergeler bulunacaktır. Gerekli gösterge sayısı sistemin tipine bağlıdır.

8. Düzgün Bağlantı için Senkronizasyon Donanımı

Şehir şebekesi ile paralel çalışan rüzgar türbinlerinde, şebekeye düzgün bağlantıyı sağlamak üzere, senkronizasyon veya düzgün-bağlantı donanımı bulunacaktır. Şebeke operatörü tarafından istenilen özel istekler dikkate alınacaktır.

9. Emniyet Sistemindeki Elektrik / Elektronik Bileşenler

Bölüm 2, B.2.2'ye göre emniyet sistemindeki elektrik ve elektronik bileşenlerin seçimi ve uygulaması, Bölüm 2, A.2'deki hata değerlendirmesi sonuçlarına uygun olacaktır. Mümkün olduğu kadar, birkaç farklı gerilim veya kontrol düzeyi dahil edilmeden, emniyet sisteminin kesin yapısı elde edilecektir. Emniyet sisteminde sadece arıza güvenli bileşenlerin kullanılacağı kabul edilecektir.

10. Kontrol Sistemlerinin Emniyetle İlgili Kısımlarına ait Devreler

Kontrol sistemlerinin emniyetle ilgili kısımlarına ait devreler EN 954-1'de belirtilen kategorilere göre yapılacaktır. Her durumda, kategorinin belirlenmesi için kullanılan analiz, doğrulama kontrolü için verilecektir.

H. Kablolar ve Elektrik Tesisatı Donanımı

1. Kablo ve İletkenlerin Seçimi

1.1 Kablolar ve iletkenler, aşağıda belirtilen IEC yayınlarına veya eşdeğerlerine uygun olacaktır :

- IEC 60227 (1998-03)
- IEC 60502 (1998-11)
- IEC 60228 (1993-01)

1.2 Malzemeleri ve yapıları eşdeğer standartlara uygun olan uygulamaya uygunluklarının doğrulanması sağlanan diğer kablo ve iletkenler de onaylanabilir.

1.3 Kablolar ve iletkenler, sahadaki ortam koşullarına göre seçilecektir.

Not :

Açıkta yer alan kablo ve iletkenlerde, UV direnci sağlanacaktır. Arttırılmış çekme gerilmesi, işletimsel olarak gereken hareketlilik ve arttırılmış mekanik hasar riski gibi, olağandışı mekanik istekler dikkate alınacaktır.

1.4 Kablo ve iletkenlerin nominal gerilimi, ilgili devrenin nominal çalışma geriliminden daha az olamaz. Değişken gerilimli devrelerde, çalışma arasında oluşan maksimum gerilim belirleyicidir.

1.5 Arttırılmış hareket kabiliyeti isteğine bakılmaksızın, genelde birkaç veya çoklu iletkenli kablo ve devreler tavsiye edilir.

1.6 Teknik dokümanlarda, standart gösterimleri ile birlikte, kullanılan kablo ve / veya iletkenler belirtilecektir. Ayrıca, iletken kesitleri ve nominal akımlar da belirtilecektir.

2. Kablo ve İletkenlerin, Yük Taşıma Kapasitesi, Korunması ve Donatımı

2.1 Kablolar ve iletkenler kısa devrelere ve aşırı akıma karşı korunacaktır. Eğer donanımın devresinde aşırı akım koruması varsa, kısa devre koruması ilave edilecektir. Bu, tesis noktasındaki kısa devre yüklerine göre dizayn edilecektir.

2.2 Devrelerin dizaynı için IEC 60287 (2001-11) kullanılacaktır.

2.3 Kablo ve iletkenlerin kesitlerinin belirlenmesi için, bağlı bulunan elektrik ünitelerinin görevleri dikkate alınarak, çalışma sırasında tüketici ihtiyacına karşılık gelen, öngörülen yükler dikkate alınacaktır. Jeneratörün ve tüketicilerin akımı olarak, etiket değerleri esas alınacaktır.

2.4 Kendi aşırı akım ve kısa devre koruması olan her devrenin genelde ayrı kablosu olacaktır. Ortak bir kablo veya iletken sistemi altında devrelerin toplanması IEC 60364-5-52 (2001-8)'e veya eşdeğer standartlara göre yapılabilir.

2.5 Koruyucu alçak gerilimli devreler için, IEC 60364-4-41 (2001-08) veya eşdeğer standartlar dikkate alınacaktır.

2.6 AC ve trifaze sistemlerde tercihen çok damarlı kablolar veya iletkenler kullanılacaktır. Eğer tek damarlı kablolama yapılmışsa, aşağıdaki hususlar dikkate alınacaktır :

- Kablolar manyetik malzeme ile kılıflanmayacak veya zırhlanmayacaktır,
- Manyetik olmayan kelepçeler kullanılacaktır,
- Aynı devreye ait kablolar birbirine yakın ve aynı muhafaza veya kanal içine döşenecektir.
- Tek-damarlı paralel kablolar aynı tipte, uzunlukta ve kesitte olacaktır.

2.7 Çalışma sırasında bükülmeye maruz kablolar ve iletkenler için, izin verilen sınırların geçilmesine karşı koruyan bir kontrol cihazı sağlanacaktır. Çalışması

yönünden, cihaz, nötr durumu tekrar ayarlama mümkün olacak şekilde dizayn edilecektir (Bölüm 2, C.2.11'e bakınız).

2.8 Kablolar ve iletkenler, kabul edilemez çekme, bükme, basma veya ezilme gerilmeleri oluşmayacak şekilde emniyete alınacaktır. Dış tesisatlarda, korozyona dayanıklı veya sürekli olarak korozyondan korumalı klipsler veya bağlantı elemanları kullanılacaktır.

2.9 Eğer kablolar veya iletkenler metal borulara veya kanallara döşeniyorsa, bunlar etkin şekilde topraklanacaktır.

2.10 Boruların iç kısımları düzgün olacak ve uçları kablo kılıfına hasar vermeyecek şekilde korunacaktır.

2.11 Kural olarak, borulara, kesitlerinin %40'ından fazla kablo konulmayacaktır. Kabloların zorlanma olmaksızın çekilebildiği ve kabloların aşırı ısınmasının söz konusu olmadığı hallerde, bu kuraldan sapmalara izin verilir. Doldurma faktörü hiçbir zaman %60'ı geçmemelidir.

2.12 Mekanik hasarlanma riski varsa, kablolar ve iletkenler muhafazalarla etkin şekilde korunacaktır.

2.13 Açık kabloların gerilme giderme düzenleri, korozyona karşı sürekli olarak korunacaktır.

2.14 Asılı kablolar hasara ve kablo kılıfının uygun olmayan yapısına karşı uygun şekilde korunacaktır.

2.15 İlave gerilme giderimi olmaksızın serbestçe asılı kablolar için, kullanılan kablo tipinin uygunluğu doğrulanacaktır.

Bu bağlamda buz yükü olasılığı dikkate alınacaktır.

2.16 Metal kablo kılıfları, zırhları ve ekranları, her iki ucundan rüzgar türbininin metal yapısına topraklanacaktır. Elektronik sistemlerdeki kablo ve iletkenlerde, tek taraflı topraklama kabul edilir. Her bağlantı kutusunda ve dağıtım kutusunda, metal kablo kılıflarının devamlı bağlantısı sağlanacaktır.

I. Yıldırımdan Korunma

1. Genel

1.1 Buradaki esaslara göre, yıldırımdan korunma önlemleri alınacak, ayrıca ilave ulusal istekler varsa, bunlar da dikkate alınacaktır. Aşağıda belirtilen standartlar, teknik spesifikasyonlar ve teknik raporlar, son versiyonları ile birlikte dikkate alınacaktır :

- IEC 61024-1 (1990-04)
- IEC 61024-1-1 (1993-09)
- IEC 61312-1 (1995-03)
- IEC TS 61312-2 (1999-08)
- IEC TS 61312-3 (2000-07)
- IEC TS 61312-4 (1998-09)
- IEC TR 61400-24 (2002-07)

1.2 Şebeke operatörünün ilave istekleri dikkate alınacaktır.

2. Koruma Kavramı

2.1 İstekler

Rüzgar türbinlerinde karşılaşılan problemler standartlarda henüz yer almadığından, bunlar gerekli değişiklikler ile uygulanacaktır. Yıldırımdan korunma önlemleri, EMC / yıldırımdan korunma bölgesi kavramına göre uygulanacaktır. Bunun anlamı, koruma düzeyinin belirlenmesinden sonra, tüm rüzgar türbininin, ilgili isteklerin elde edileceği koruma bölgelerine ayrılması gerektirir.

2.2 Koruma düzeylerinin tanımı

Standartları uygulamak suretiyle, yapı için gerekli olan koruma donanımının belirleneceği koruma düzeyi tespit edilebilir. Aşağıdaki asgari koruma düzeyleri gereklidir:

- Göbek yüksekliği 60 m. ye kadar olan rüzgar türbini:
Koruma düzeyi III / IV

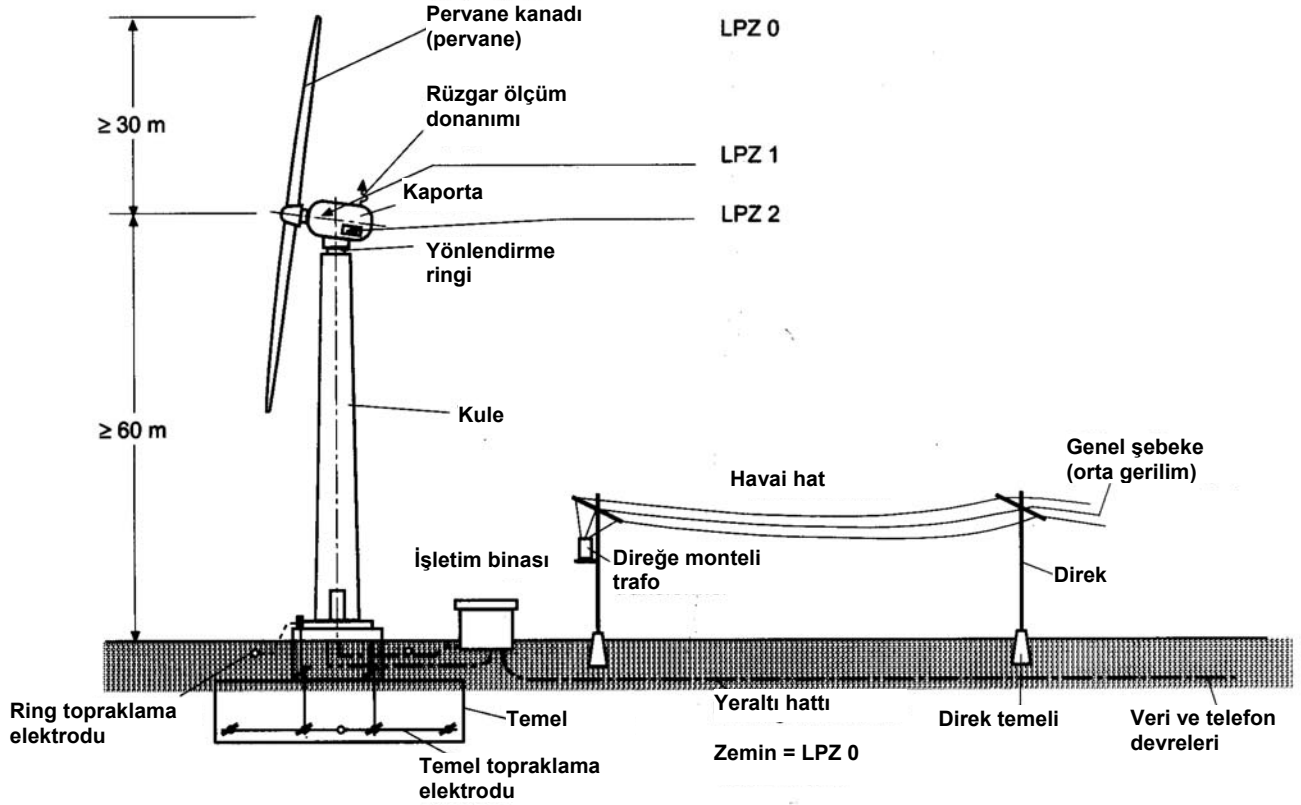
- Göbek yüksekliği 60 m. den fazla olan rüzgar türbini:
Koruma düzeyi II

2.3 Koruma bölgelerinin tanımı

2.3.1 Bölgelerin tanımı standartlarda verilmiştir. Bir koruma bölgesinin görevi, elektromanyetik alanın ve emisyon bozulmalarının öngörülen değerlere düşürülmesidir. Bir koruma bölgesine geçiş ile ilgili istekler, daha yüksek bir koruma bölgesinde yer alan donanımın gürültü dayanımına bağlıdır. Korunacak donanıma geçiş tek bir bölge birleşimiyle veya alternatif olarak iki birleşimle sağlanabilir.

2.3.2 LPZ 0_A ve LPZ 0_B yıldırımdan koruma bölgeleri, aşağıda belirtilenleri içerir (Şekil 8.1'e bakınız) :

- Pervane göbeği ve iç elemanlar (sensörler, aküatörler, vb.) dahil pervane kanatları,
- Kaporta kapağının dış kısımları,
- Metal muhafaza yoksa, kaporta içindeki tüm donanım (jeneratör, yardımcı tahrik sistemleri, kablolar, sensörler), metal şalter kutularının dış kısımları, metalik olmayan şalter kutularının iç kısımları,
- Rüzgar ölçüm donanımının sensörleri,
- Standartlara göre takviye bağlantıları ile teçhiz edilmeyen beton kuleler veya metal olmayan kuleler,
- Koruma önlemleri bulunmayan işletim binaları ve transformatör istasyonlarının iç kısımları,
- Koruma önlemleri bulunmuyorsa, rüzgar türbini ile işletim binaları veya transformatör istasyonları arasındaki toprak veya havai hatlardaki kablo bağlantıları.



Şekil 8.1 Yıldırımdan koruma bölgesi (LPZ) bir rüzgar türbininin şematik diyagramı

2.3.3 LPZ 1 yıldırımdan koruma bölgesi, aşağıda belirtilenleri içerir (Şekil 8.1'e bakınız) :

- Etkin yıldırım iletimi ve koruma önlemleri alınması koşuluyla, pervane göbeği dahil, pervane kanatlarının iç kısımları (sensörler, aktuatörler, vb.),
- İlgili yıldırım iletimi önlemleri ile birlikte, tamamen metal kaplı kaportaların iç kısımları,
- Uygun bir yöntemle eşpotansiyel bağ sistemine bağlı iseler, tüm metal kaplı donanımın iç kısımları,
- Ağ kılıfların veya metal boruların her iki taraftan eşpotansiyel bağa bağlandığı hallerde, kılıflı kablolar veya metal boru içine döşeli kablolar,

- Yıldırım çubukları ve uygun iletkenli olduğu takdirde rüzgar ölçüm donanımı sensörleri,
- Donatıları ilgili standartlara göre dizayn edilen ve temel topraklama elektroduna bağlı olan beton kuleler ve metal kulelerin iç kısımları,
- İnce çelik levhalarla kaplı veya koruma önlemlerine sahip işletim binaları ve transformatör istasyonlarının iç kısımları (temel veya ring topraklama elektrodulu, her tarafta takviye, metal kapılar ve tel kafesli pencereler).

2.3.4 LPZ 2 yıldırımdan koruma bölgesi, girişim etkilerinde ilave azaltımlar yapılması için ilave koruma önlemleri alınması durumunda LPZ 1 bölgesindeki donanımı içerir.

3. Önlemlerin Uygulanması

3.1 Kule için temel topraklama elektrodu

3.1.1 Temel topraklama elektrodunun (Şekil 8.2'ye bakınız) dizaynı IEC 61024-1'e uygun olacaktır. Temelin donatıları ve mevcut kazıkları bağlantı çubuğuna ikili olarak yönlendirilecektir. Ancak, betona gömülü ön gerilmeli temel cıvataları kullanılan kulelerde, bu elemanların topraklama amacıyla kullanılamayacağına dikkat edilmelidir.

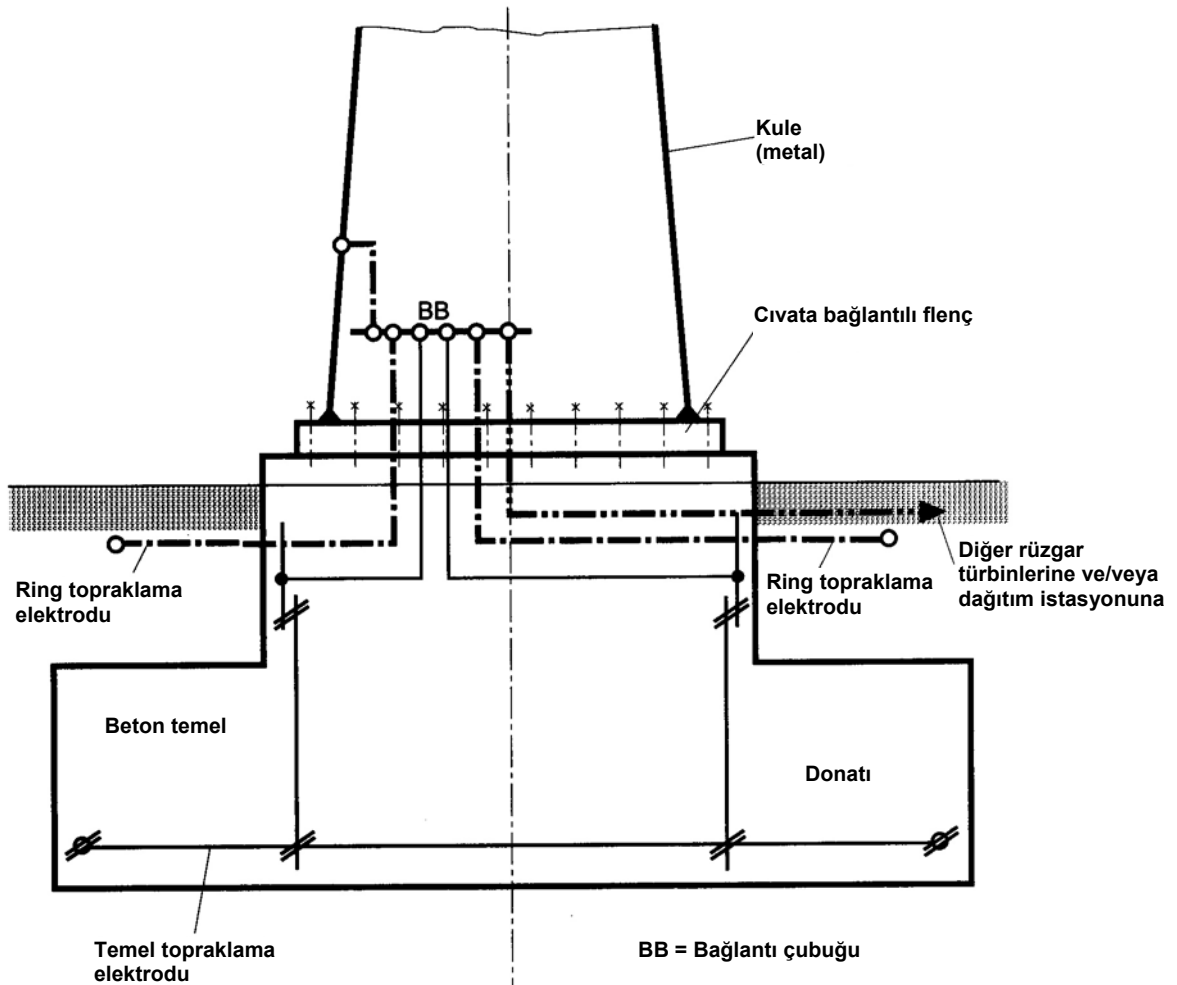
3.1.2 Temel topraklama elektrodundan, kulenin çelik yapısının 3 m. lik taban çapına kadar, en az iki noktada ve daha büyük çaplar için en az üç noktada bağlantı yapılacaktır.

3.1.3 Yerleşim yerine ve zemin özelliklerine bağlı olarak, gerektiğinde ring topraklama elektrodunu bağlamak için veya mevcut topraklama düzenlerine bağlantı yapmak için, temel topraklama elektrodu uzatılabilir olacaktır. Şekil 8.3'e bakınız.

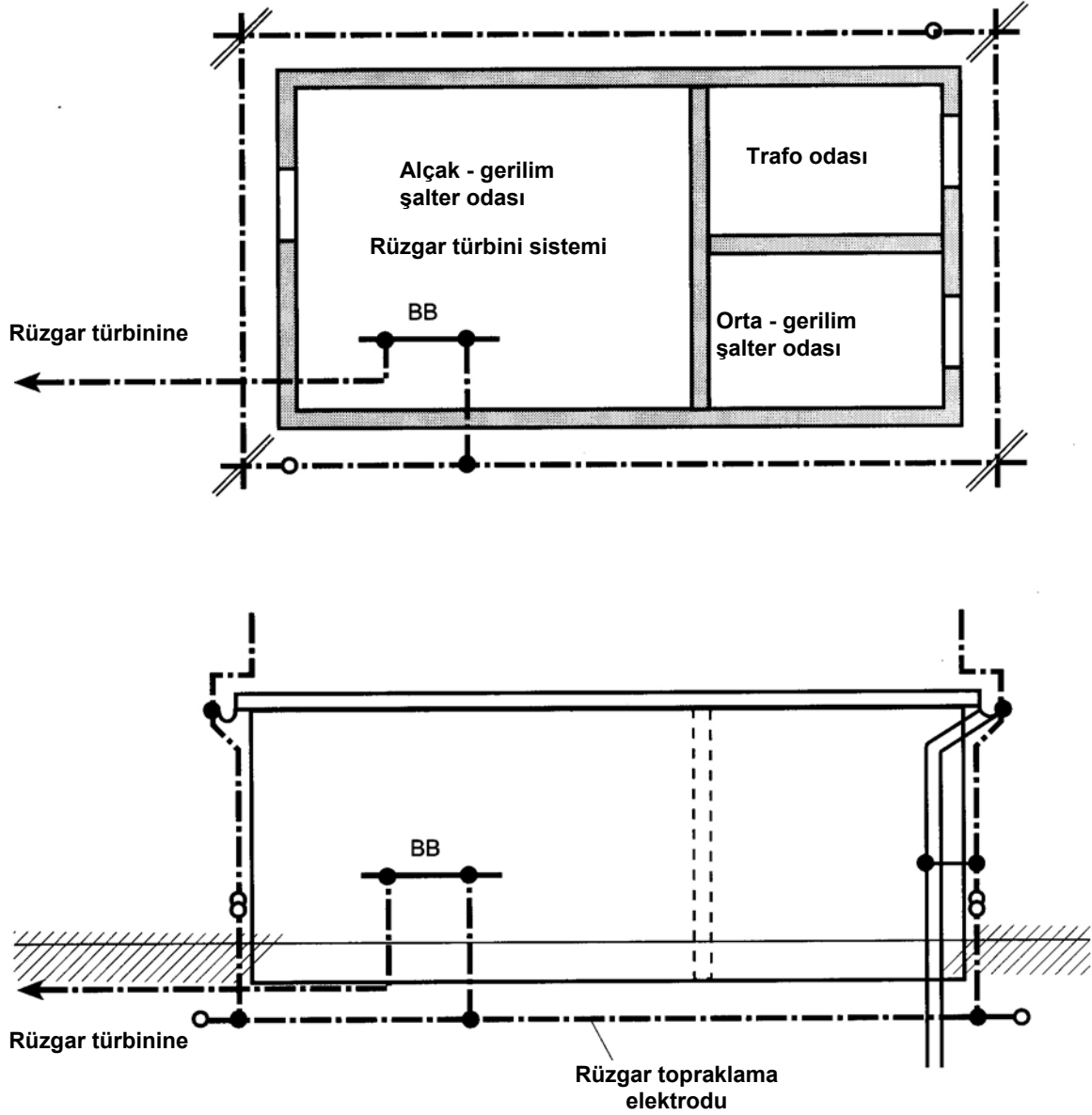
3.1.4 Topraklama terminalinin direnci $\leq 10 \Omega$ olacaktır.

3.1.5 Temel (donatı) ve / veya ring topraklama elektrodundan bir terminal kolu kule içine yönlendirilecek ve uygun şekilde işaretli bağ çubuğuna bağlanacaktır. (Şekil 8.2).

3.1.6 Temel topraklama elektrodu veya beton donatısından havaya olan tüm çıkışlar izoleli kablolarla yapılacaktır.



Şekil 8.2 Eşpotansiyel bağlantı çubuğunun temel topraklama elektroduna bağlanması



Şekil 8.3 Eşpotansiyel bağın ayrı bir istasyondan bağlantısı

3.1.7 Eğer donatı yüksek derecede iletken bir bağlantıya sahipse ve bağ çubuğuna iki noktadan bağlı ise, ilave temel topraklama elektrodundan vazgeçilebilir.

3.2 Kulelerin dizaynı

3.2.1 Çelik kuleler, kafes direkler ve donatılı beton kuleler, yıldırımdan korunma önlemleri bakımından özellikle uygundur. Bu tip kuleler önceden hazırlanan temel üzerine monte edilirler (3.1’de belirtilen şekilde). Bu suretle, yönlendirme ringine kadar, kulenin sürekli topraklanması ve korunması sağlanır. Ancak, LPZ1

koruma bölgesi, sadece kapalı çelik kulelerle ve donatılı beton kulelerle sağlanır. Kafes direkler, sadece yapının iç kısmında LPZ 0_B koruma bölgesini sağlar.

3.2.2 Donatılı beton yapılar için, üretim sırasında donatının mümkün olan en çok noktada özel kelepçelerle, galvanik olarak bağlanmasının sağlanması ve bir ya da birden fazla topraklama referans noktası ile kulenin içine yönlendirilmesi gereklidir. Ayrıca, metal bağlantı flençleri (temel için dipte ve yönlendirme ringi üstte) donatıya bağlanacaktır. Eğer bu bağlantılar sağlanırsa, kulenin iç kısmı LPZ 1 koruma bölgesi olarak kabul edilir.

3.3 Yönlendirme yatağındaki bağlantı

Kule vasıtasıyla temel topraklama elektrodundan makina temeline kadar sürekli bir topraklama bağlantısı elde etmek için, düşük - endüktanslı yüksek iletkenliğe sahip bir bağlantı sağlanacaktır. Yönlendirme aralığı içinde gerekli kablo boyu nedeniyle kablo bağlantıları uygun değildir, zira yüksek frekanslı yıldırım akımı vasıtasıyla kule ve makina temeli arasında yüksek bir gerilim farkı oluşabilir. Aşağıda belirtilenler, uygun bir önlem olarak kabul edilebilir.

- Yıldırım akımlarını toplayabilecek, uygun bir metalik temas pabuçlu slip ringler (bunlar yönlendirme ringinin iç kısmında da düzenlenebilir),
- Yıldırım akımlarını iletebilecek yataklar,
- Kıvılcım boşlukları.

3.4 Makina temelini topraklama sistemine bağlanması

Normalde, makina temeli topraklama sistemine, yönlendirme ringinin cıvatalı bağlantıları vasıtasıyla yeterli şekilde bağlanır. Ancak, makina temeli, yönlendirme ringine esnek sönümlleme elemanları vasıtasıyla bağlanıyorsa, tüm sönümlleme elemanları yeterli kesitteki yassı bakır şeritlerle köprülenecektir.

3.5 Jeneratör ve dişli kutusunun topraklama sistemine bağlanması

Normalde, jeneratör ve dişli kutusunun topraklama sistemine, makina temelini bağlantı cıvataları vasıtasıyla yeterli şekilde bağlanır. Ancak, dişli kutusu ve / veya jeneratör, makina temeline esnek sönümlleme elemanları vasıtasıyla bağlanıyorsa, tüm sönümlleme elemanları yeterli kesitteki yassı bakır şeritlerle köprülenecektir.

3.6 Kaportadaki diğer bileşenlerin bağlanması

Elektrik bileşenleri içeren tüm parçalar (aküatörler, açma kapama elemanları, metal limit sviçler, vb.) yapıları vasıtasıyla güvenilir olarak bağlanmamışsa, galvanik olarak birbirine ve makina temeline bağlanacaktır. Bu amaca en uygun yöntem, makina temeline galvanik olarak irtibatlı bağ çubuğudur.

Bağlama iletkenleri mümkün olduğunca kısa tutulacak ve en az 10 mm²'lik bakır kesitine sahip olacaktır.

3.7 Kaportanın metal muhafazaları

Eğer metal muhafaza kullanılırsa, bunlar eş potansiyel bağlantıya dahil edilecektir. Bu, çeşitli noktalarda makina temeline bağlı çelik bir şeritle yapılacaktır. Menteşeler, mümkün olduğunca geniş bir alanla, esnek bakır şeritlerle köprülenecektir.

3.8 Kaportanın metal olmayan muhafazaları

Eğer metal olmayan muhafaza kullanılırsa, bunlara yıldırım çubukları ve ilgili dış iletkenler konulacak ve makina temeline bağlanacaktır. Yıldırım çubuklarının ve iletkenlerin yükseklik ve adedi kaporta muhafazası boyutlarına bağlı olup, her durumda ayrı ayrı kararlaştırılacaktır. Yıldırım çubuklarının yüksekliğinin belirlenmesinde, yıldırım çubuğunun, tüm kaportayı kaplaması gereken maksimum 45°'lik koruyucu bir konu sağlayacağı kabul edilecektir.

3.9 Pervane kanatlarından yıldırım iletimi

3.9.1 Pervane kanatlarında, gerekli koruma düzeyi için yıldırım akımı göbek veya kaporta muhafazası vasıtasıyla emniyetle iletebilecek şekilde indirme iletkenleri bulunacaktır (2.2'ye bakınız).

3.9.2 İndirme iletkenleri, tüm uzunlukları boyunca, en az aşağıdaki kesite sahip olacaktır :

- Bakır veya alüminyum alaşımlı iletkenler için : en az 50 mm²
- Çelik şerit iletkenler için : en az 60 mm²
- Çelik yuvarlak iletkenler için : en az 78 mm²

Ayrıca, indirme iletkenlerinin dizaynında, pervane kanadında izin verilen sıcaklıkların (malzeme parametreleri, Bölüm 5, E.2.2.2'ye bakınız) aşılmamasına dikkat edilecektir.

Not :

30 m.lik pervane yarıçapından, en az iki reseptör (alıcı) pervane kanadına düzgün olarak dağıtılacaktır.

3.10 Pervane göbeğinden yıldırım iletimi

3.10.1 Göbekten makina temeline, gerekli koruma düzeyi için yıldırım akımı emniyetle iletebilecek şekilde yıldırım iletkenleri konulacaktır. Aşağıda belirtilenler, uygun önlemler olarak kabul edilebilir :

- Yıldırım akımlarını toplayabilecek, uygun bir metalik temas pabuçlu slip ringler,
- Yıldırım akımlarını iletebilecek yataklar,
- Kıvılcım boşlukları.

3.10.2 Dişli kutusu ile jeneratör arasındaki kaplin, yıldırım akımı jeneratör ve jeneratör yatakları vasıtasıyla iletilmeyecek şekilde izole edilecektir.

3.11 Rüzgar ölçümü sensörlerinden yıldırım iletimi

3.11.1 Göbek yüksekliği 60 m. nin üzerinde olan rüzgar türbinlerindeki rüzgar ölçüm sensörlerine “kılıflı” yıldırım çubukları ve ilgili dış iletkenler konulacaktır.

3.11.2 Göbek yüksekliği 60 m. den az olan rüzgar türbinlerindeki rüzgar ölçüm sensörlerine, basit yıldırım çubukları ve ilgili dış iletkenler konulabilir.

3.11.3 Her durumda, iletkenler makina temeline yönlendirilecek ve oraya bağlanacaktır.

3.12 Kuledeki açma-kapama donanımları

Genelde, ince çelik levhalardan yapılan panelli açma-kapama donanımı kabinleri kullanılacak (kablo glenli yanlar dahil) ve bağ çubuğuna bağlanacaktır. Çelik kabinlerden, bölge ara yüzü bağlantısı gerekli değilse veya açma-kapama donanımı içindeki üniteler öngörülen koruma bölgesine uygun ise vazgeçilebilir.

3.13 Rüzgar türbininden ayrılan işletim yapıları ve trafo istasyonları

3.13.1 İşletim yapısı ve / veya trafo istasyonunda LPZ 1 koruma bölgesini sağlamak için, bu yapıların çelik kaplamalı yapılması veya penceresiz donatılı-beton

yapının seçilmesi tavsiye edilir. Koruma önleminde donatılar her yüzeyde (zemin, tavan ve duvarlar) bulunmalıdır. Girişlere korumalı kapılar (örneğin; çelik kaplama, alüminyum veya ince telli ızgaralar) konulacaktır.

3.13.2 Eğer yapılar, yıldırımın doğrudan etkisi mümkün olacak tarzda, kulenin yakınında yer alıyorsa (yıldırım topu yöntemine göre test edilecek) yapıya IEC 61024-1 / ENV 61204-1 veya VDE 0185, Part 1'e göre yıldırım çubukları ve iletkenleri konulacak ve bunlar topraklama elektroduna bağlanacaktır.

3.13.3 Temel veya ring topraklama elektrotları içindeki bir noktaya yönlendirilecek ve bağ çubuğuna bağlanacaktır, Şekil 8.3'e bakınız.

3.13.4 Ayrı yapının topraklama elektrodundan kulenin topraklama elektroduna ve sahadaki diğer topraklama elektrotlarına bir bağlantı yapılacaktır.

3.14 Kule ile ayrı yapılar arasındaki kablo bağlantıları

Sürekli bir LPZ 1 koruma bölgesi elde etmek için, kule ile ayrı binalar arasında kılıflı kablo çekilmesi sağlanacaktır. Aşağıda belirtilenler uygundur :

- Her iki ucu da eşpotansiyel bağın ağ kılıfına bağlı kılıflı kablo,
- Her iki ucu da eşpotansiyel bağa bağlı metal borular,
- Kulenin ve yapının topraklama elektroduna bağlantılı takviyeli çelik kanallar.

3.15 Ayrı yapıların içindeki açma-kapama donanımı

Genelde, ince çelik levhalardan yapılan panelli açma-kapama donanımı kabinleri kullanılacak (kablo glenli yanlar dahil) ve bağ çubuğuna bağlanacaktır. Çelik kabinlerden, bölge ara yüzü bağlantısı gerekli değilse veya açma-kapama donanımı içindeki üniteler öngörülen koruma bölgesine uygun ise, vazgeçilebilir.

3.16 Yıldırımdan koruma bölgelerinin ara yüzlerinde kablo ve iletkenlerin donatımı

3.16.1 0_A ve 1 koruma bölgesi arasındaki ara yüzde, istisnasız olarak, gelen tüm kablolar ve iletkenler, yıldırımdan koruma bağına dahil edilecek ve öngörülen kısmi yıldırım akımlarını hasar oluşturmadan uzaklaştıracak bileşenlerle-terminaller, yıldırım iletkenleri, ayırıcı kıvılcım boşlukları gibi-teçhiz edilecektir.

3.16.2 Korunacak mahaldeki diğer her bir bölge ara yüzünde, içinde bu ara yüzden geçen tüm kablo ve iletkenlerin toplanacağı diğer lokal eşpotansiyel bağ sağlanacaktır.

3.16.3 Şalter panoları, motorlar ve jeneratörler gibi tüm metal donanım, lokal bağ çubuklarına bağlanacaktır. Lokal bağ için seçilen bileşenler ve koruma üniteleri, bölgenin tehlikesine ve ünitenin gürültü direncine göre seçilecektir.

3.16.4 Lokal bağ çubukları birbirlerine ve koruma bölgesi 0_A veya 0_B ile koruma bölgesi 1 arasındaki ara yüze, yıldırımdan koruma bağ çubuğu ile bağlanacaktır.

3.17 Koruma düzenlerinin uygulanması

3.17.1 Koruma düzenleri, sistemin özellikleri ve uyumluluğu dikkate alınarak, gerekli koruma düzeyine göre seçilecektir.

3.17.2 LPZ 0_A veya LPZ 0_B bölgesinden, LPZ 1 bölgesine giren kablolar ve iletkenler için, güç, iletişim ve veri teknolojisi ile ilgili olarak, uygun yıldırım iletkenleri sağlanacaktır.

3.17.3 LPZ 1'den LPZ 2 bölgesine giren kablolar ve iletkenler için uygun darbe tutucuları sağlanacaktır.

3.17.4 Diğer bölge bağlantıları, uygun şekilde düzenlenen darbe tutucular vasıtasıyla yerine getirilecektir.

BÖLÜM 9

EL KİTAPLARI

Sayfa

A.	Montaj El Kitabı.....	9- 1
B.	İşletmeye Alma Dokümanları	9- 2
C.	İşletme El Kitabı	9- 5
D.	Bakım El Kitabı	9- 6

A. Montaj El Kitabı	- Rüzgar türbininin tam tip işareti (3.1'e bakınız).
1. Genel	- Montaj ile ilgili ön koşullar (3.2'ye bakınız).
1.1 Montaj el kitabı, rüzgar türbininin emniyetli çalışmasını sağlamak amacıyla, rüzgar türbininin montajı sırasında tesis alanında yapılması gereken tüm çalışma aşamalarını tanımlar.	- Montaj işleminin çalışma aşamaları (3.3'e bakınız).
	- Tehlikeli durumlara karşı ikazlar (3.4'e bakınız).
1.2 Montaj el kitabı, bir tip rüzgar türbinine ve varsa varyantlarına uygulanır.	- Montaj kayıtları için boş form sayfaları (3.5'e bakınız).
2. Montaj El Kitabının Formatı	3.1 Rüzgar türbinini tip işareti
2.1 Montaj el kitabının formatı ve ayrıntı düzeyi, istenilen görevi gören teknik personelin dokümanı anlayabileceği şekilde olacaktır.	Asgari olarak, aşağıdaki bilgiler sağlanacaktır:
	- Üretici, temin edici, ithalatçı,
2.2 Proje sertifikasının düzenlenmesi için, montaj el kitabı rüzgar türbininin montaj alanındaki teknik personelin anlayabileceği bir dilde yazılmış olacaktır.	- İşaret, tip ve varsa tip varyantları,
	- Pervane çapı, göbek yüksekliği,
2.3 Emniyet ile ilgili notlar ve kazaların önlenmesine ait kurallar, metin içinde, ilgili çalıştırma işlemlerinden önce yer alacak şekilde düzenlenecektir. Bunların, emniyet ve kazaların önlenmesi ile ilgili notlar oldukları belirgin şekilde gösterilecektir.	- Nominal güç.
3. Montaj El Kitabının Kapsamı	3.2 Montaj için ön koşullar
Montaj el kitabında, en az aşağıdaki bilgiler bulunacaktır:	3.2.1 Montaj işleminin yapılması ile ilgili tüm ön koşullar belirtilecektir. Örneğin; hava koşulları ile ilgili istekler (rüzgar, sıcaklıklar, yağış), gerekli çalışma alanı, temelin uygun şekilde kürü.
	3.2.2 Monte edilecek tüm bileşenlerin açık gösterimi ve boyutları ile ağırlıklar, kaldırma noktaları, vb. gibi montaj için gerekli tüm veriler belirtilecektir.

3.2.3 Kulenin montajı ile kaportanın montajı arasındaki izin verilen maksimum gecikme belirtilecektir.

3.3 Montajın çalışma aşamaları

3.3.1 Montaj için gerek duyulan tüm çalışma aşamaları tanımlanacaktır. Yardımcı donanım ve kaynaklar, açık olarak belirtilecektir (örneğin; yağlama maddeleri, dişli kutusunu doldurmak için yağ).

3.3.2 Montaj sırasında gerek duyulan cıvatalı bağlantıların yapılması için, Bölüm 6, E.1.b)'de belirtilen iş talimatları, montaj el kitabında yer alacaktır.

3.3.3 Gerekli tüm testler ve kontroller listelenecektir.

3.4 Tehlikeli durumlara karşı ikazlar

Planlanan montaj programından sapmalar nedeniyle oluşan tehlikeli durumlar belirtilecek ve karşı önlemler açıklanacaktır. Bu durumlar şunları içerebilir: montaj sırasındaki çok şiddetli rüzgarlar, kritik rüzgar hızlarında kaporta olmaksızın kulenin uzun süre durması.

3.5 Montaj kayıtları form sayfası

3.5.1 Montaj kayıtları, montaj işlemindeki tüm kontrolleri ve çalışma aşamalarını dokümante edecektir. Her kontrol ve çalışma aşaması için, ölçüm değerlerinin ve test sonuçlarının kaydına ait kısımlar ile birlikte, doldurulacak ilgili kısımlar olacaktır.

3.5.2 Tüm ayarlamalar ve ayar değerleri ile öngörülen ölçüm sonuçları belirtilecektir.

3.5.3 Montaj kayıtları, birden fazla alt kayıttan oluşabilir (örneğin; farklı montaj grupları veya montaj fazları için).

3.5.4 Asgari olarak, aşağıdaki kısımlar bulunacaktır:

- 3.1'e göre rüzgar türbininin tip işareti,
- Rüzgar türbininin seri numarası, operatörü ve montaj yeri,

- İlgili çalışma aşamalarını gerçekleştiren kişinin ismi,
- Hava, işin kalitesini etkileyebiliyorsa, hava koşulları,
- Tüm çalışma aşamalarının kayıtları,
- Tüm testlerin ve kontrollerin kayıtları,
- Olası açıklamalar veya kalan hususlar için ilave yer,
- Sorumlu kişinin / kişilerin imzası ve tarih.

B. İşletmeye Alma Dokümanları

1. İşletmeye Alma El Kitabı

1.1 İşletmeye alma el kitabı, rüzgar türbininin emniyetli çalışmasını sağlamak amacıyla, işletmeye alma sırasında yapılması gereken tüm çalışma aşamalarını tanımlar.

1.2 İşletmeye alma el kitabı, bir tip rüzgar türbinine uygulanır.

2. İşletmeye Alma Kayıtları

İşletmeye alma kayıtları, işletmeye alma işlemi sırasındaki çalışma aşamalarının gerçekleştirilmesini dokümante eder. İşletmeye alma el kitabında, işletmeye alma kayıtlarına ait boş form sayfası eklenecektir.

3. Dokümanların Formatı

3.1 İşletmeye alma el kitabının formatı ve ayrıntı düzeyi, istenilen görevi gören teknik personelin dokümanı anlayabileceği şekilde olacaktır.

3.2 Proje sertifikasının düzenlenmesi için, işletmeye alma el kitabı, rüzgar türbininin montaj alanındaki teknik personelin anlayabileceği bir dilde yazılmış olacaktır.

3.3 Emniyet ile ilgili notlar ve kazaların

önlenmesine ait kurallar, metin içinde, ilgili çalıştırma işlemlerinden önce yer alacak şekilde düzenlenecektir. Bunların, emniyet ve kazaların önlenmesi ile ilgili notlar oldukları belirgin şekilde gösterilecektir.

4. İşletmeye Alma El Kitabının Kapsamı

İşletmeye alma el kitabında, en az aşağıdaki bilgiler bulunacaktır:

- Rüzgar türbininin tam tip işareti (4.1'e bakınız),
- İşletmeye almadan önce gerekli kontroller (4.2'ye bakınız),
- İşletmeye alma işleminin çalışma aşamaları (4.3'e bakınız),
- İşletmeye almayı tamamlamak için gerekli kontroller (4.4'e bakınız).
- İşletmeye alma kayıtları için boş form sayfaları (4.5'e bakınız).

4.1 Rüzgar türbininin tip işareti

Asgari olarak bilgiler sağlanacaktır:

- Üretici, temin edici, ithalatçı,
- İşaret, tip ve varsa tip varyantları,
- Pervane çapı, göbek yüksekliği,
- Nominal güç.

4.2 İşletmeye almadan önceki kontroller

İşletmeye almanın başlatılmasından önce gerekli olan tüm kontroller listelenecektir. Asgari olarak, aşağıdaki bildirimler sağlanacaktır:

- Montaj – bütünüyle tamamlandı,
- Rüzgar türbininin çalışması için gerekli olan yardımcı sistemlerin ve bununla ilgili dış donanımın (örneğin; transformatör, şebeke

bağlantı istasyonu) işletmeye alınması – tamamlandı,

- Atölyede veya sahada gerekli olabilecek olan bileşenlerin deneme çalıştırması – tamamlandı,
- Tüm işletim maddelerinin (örneğin; yağlama yağı, soğutucu madde, hidrolik akışkan, basınç tanklarındaki azot) doldurulması – tamamlandı,
- İdari kurallara göre gerekli olan tüm kabul testleri (örneğin; basınçlı kaplar, asansörler) – tamamlandı.

4.3 İşletmeye almanın çalışma aşamaları

4.3.1 İşletmeye alma için gerek duyulan tüm çalışma aşamaları tanımlanacaktır. Tekil bileşenlerin (örneğin; yönlendirme sistemi) işletmeye alınması için, her bileşen için ilgili işletmeye alma el kitaplarına bakılacaktır.

4.3.2 İşletme almanın uygun şekilde yapılması ile ilgili koşullar, örneğin; en düşük / en yüksek rüzgar hızı ve gerekli dış sıcaklıklar, belirtilecektir.

4.3.3 Emniyet sistemlerinin ve frenleme sistemlerinin tüm işlevlerinin testleri tanımlanacaktır. Ayarlanacak açma kapama değerleri ve karşılanacak kriterler belirtilecektir. Asgari olarak, aşağıdaki testler yapılacaktır.

- Tüm emercensi basma düğmelerinin işlevi,
- Aynı zamanda emniyet sistemi olarak çalışan tüm sensörlerin ve şalterlerin işlevi (örneğin; aşırı devir testi),
- Frenleme sisteminin önemli parametrelerinin ölçümü, örneğin; kanat ayarlama hızı, mekanik frenlerin hidrolik basıncı,
- Emniyet sistemi devreye girdikten sonra, gerekli tüm tesis işlevlerinin tepkisi (örneğin; frenleme sistemleri, jeneratörün ayrılması),
- Emniyet sisteminin devreye girmesine tepki

veren işlevlerin, kontrol sisteminden bağımsız olduğunu gösteren testler,

- Yük aktarımı,
- Emniyet sistemi için ayarlanmış olan tüm sınır değerlerin ve parametrelerin testleri.

4.3.4 Rüzgar türbininin kontrol sisteminin işlevlerine ait tüm testler tanımlanacaktır. Ayarlanacak açma-kapama değerleri ve karşılanacak kriterler belirtilecektir. Asgari olarak, aşağıdaki testler yapılacaktır:

- Otomatik çalıştırma,
- Tüm frenleme prosedürleri ile durdurma,
- Yönlendirme sisteminin uygunluk kontrolü,
- Ölçüm değerlerinin uygunluk kontrolü,
- Öngörülen değerlere ayarlı sınır değerlerin ve parametrelerin karşılaştırılması.

4.3.5 Ayrıca, aşağıdaki çalışma aşamaları tanımlanacaktır:

- Asgari pervane kanatları, dişli kutusu, jeneratör ve kule olmak üzere ana bileşenlerin bilgi levhalarındaki verilerin kaydı,
- Ölçüm sonuçları esas alınarak, kontrol sisteminde yapılacak olası ayarlar (örneğin; kulenin doğal frekansı),
- Rüzgar türbini çalıştırma personelinin işe alışması.

4.4 İşletmeye almayı tamamlama kontrolleri

İşletmeye almayı tamamlama için gereken tüm kontroller listelenecektir. Asgari olarak aşağıdaki bildirimler yapılacaktır:

- Gözle muayene (örneğin; pervane kanatları, korozyon koruması, hidrolik sistemin

sızdırmazlığı),

- Gerekli bilgi ve ikaz levhalarının kontrolü.

4.5 İşletmeye alma kayıtları için form sayfası

4.5.1 İşletmeye alma kayıtları, işletmeye alma işlemindeki tüm kontrolleri ve çalışma aşamalarını dokümente edecektir. Her kontrol ve çalışma aşaması için, ölçüm değerlerinin ve test sonuçlarının kaydına ait kısımlar ile birlikte, doldurulacak ilgili kısımlar olacaktır.

4.5.2 Tüm ayarlamalar ve ayar değerleri ile öngörülen ölçüm sonuçları belirtilecektir.

4.5.3 İşletmeye alma kayıtları, birden fazla alt kayıttan oluşabilir (örneğin; ana bileşenler için, işletme personelinin alışması için, vb.).

4.5.4 Asgari olarak, aşağıdaki kısımlar bulunacaktır:

- 4.1'e göre rüzgar türbininin tip işareti,
- Rüzgar türbininin seri numarası, operatörü ve montaj yeri,
- İşletmeye almada hazır bulunan kişiler,
- İşletmeye alma günündeki hava koşulları,
- İşletmeye almanın başlamasından önce, 4.2'ye göre gerekli tüm kontrollerin tamamlanmış olduğunun teyidi,
- 4.3'e göre işletmeye almanın tüm çalışma aşamalarının kayıtları,
- 4.4'e göre işletmeyi almanın tamamlanması için gerekli tüm kontrollerin tamamlanmış olduğunun teyidi,
- Olası açıklamalar veya kalan hususlar için ilave yer,
- Sorumlu kişinin / kişilerin imzası ve tarih.

C. İşletme El Kitabı**1. İşletme El Kitabının Amacı**

İşletme el kitabı işleticiye veya temsilcisine, rüzgar türbininin doğru işletimi için gerekli bilgiyi sağlar.

2. İşletme El Kitabının Formatı

2.1 İşletme el kitabının formatı ve ayrıntı düzeyi, teknik eğitilmiş deneyim sahibi işçilerin dokümanı anlayabileceği şekilde olacaktır. Emniyet ile ilgili notlar ve kazaların önlenmesine ait kurallar, metin içinde, ilgili çalıştırma işlemlerinden önce yer alacak şekilde düzenlenecektir. Bunların, emniyet ve kazaların önlenmesi ile ilgili notlar oldukları belirgin şekilde gösterilecektir.

2.2 Proje sertifikasının düzenlenmesi için, işletmeye alma el kitabı, rüzgar türbininin montaj alanındaki teknik personelin anlayabileceği dilde yazılmış olacaktır.

2.3 El kitabının basıldığı malzeme (kağıt, plastik folyo) rüzgar türbininin çalıştığı koşullara uygun olacaktır. Bu husus, özellikle doğrudan tesis üzerine yerleştirilen açıklamalar için uygulanır.

3. İşletme El Kitabının Kapsamı

İşletme el kitabında, en az aşağıdaki bilgiler bulunacaktır:

- Rüzgar türbininin tanımı,
- Kullanıcılar için notlar,
- Hata bulma ile ilgili yardımlar.

3.1 Rüzgar türbininin tanımı

- Üretici, temin edici, ithalatçı,
- İşaret, tip ve varsa tip varyantları,
- Üreticinin no.su veya seri no.su ve üretim yılı,

- Pervane çapı, göbek yüksekliği,

- Nominal güç, pervane devri, jeneratör devir sayısı, jeneratör tipi,

- Güç üretimi, nominal, kapanma rüzgar hızları,

- Koniklik ve eğim açıları,

- Pervane kanadı verileri,

- Yönlendirme sistemi tipi.

3.2 Kullanıcılar için notlar

- Çalışma kavramının tanımı,
- Çalıştırma ve durdurma prosedürleri,
- Hata mesajlarının açıklaması (düzenlendiği takdirde),
- Emercensi durdurma,
- Emniyet önlemleri, örneğin rüzgar türbininde buz oluşumu halinde gereken işlemler,
- Kazaları önleme kuralları, tehlikeli durumlar ve potansiyel tehlikeli arızalar sırasındaki davranış,
- Tüm işletim gösterge elemanlarının işlevlerinin ve çalışma durumlarının tanımları (şalterler, basma düğmeleri, lambalar, ölçüm cihazları),
- Arızaların tanımı ve giderme yolları,
- Mevsim esasına göre veya diğer nedenlerden dolayı servise / servis dışına alınması gereken bileşenlerin ve işlevlerin tanımı,

3.3 Hata bulma ile ilgili yardımlar

Herhangi bir onarım yapmaksızın kullanıcı, hatanın nedenini belirleyebilmeli –basit bir operasyon işlemi ile giderilmedikçe– ve bakım personeline önceden yararlı bilgiler sağlayabilmelidir.

D. Bakım El Kitabı**1. Genel**

Bakım el kitabı, DIN 31052'de veya eşdeğeri standartlarda tanımlandığı şekilde, bakım, muayene ve onarım ile ilgili yönergeleri içerir.

2. Bakım El Kitabının Amacı

Bakım el kitabının amacı, bakım personeline, bakım, muayene ve onarım ile ilgili bilgi sağlamaktır.

3. Bakım El Kitabının Formatı

3.1 Buradaki esaslara ilave olarak, DIN 31052 veya TL tarafından tanınan eşdeğer standartlar dikkate alınacaktır.

3.2 İçeriği ve formu bakımından, bakım el kitabı C.2'de belirtilen istekleri sağlayacaktır.

3.3 Gerekli bakım çalışmalarını tablo halinde ve uygun zaman planı halinde veren bir bakım planının yapılması faydalıdır.

4. Bakım El Kitabının Kapsamı

4.1 Bakım el kitabı, DIN 31052'de veya TL tarafından tanınan eşdeğer standartlara ilave olarak aşağıdaki bilgileri içerecektir:

4.2 Bakım el kitabı ile rüzgar türbini arasındaki bağlantıyı dokümante eden bilgiler (B.4.1'e göre tip gösterimine benzer).

4.3 Bakımdan önce veya bakım sırasında gerekli olan, emniyet ve kazaların önlenmesi ile ilgili

bilgiler, örneğin; tırmanma emniyeti ve kilitleme düzenlerinin kullanımı.

4.4 Yapılacak tüm işlerin tanımı. Tanımlara uygun resimli sunumlar dahil edilebilir. Bakım işlemlerinin (yağ düzeyleri, cıvata sıkma torkları, fren ayarları, yağ basınçları, vb.) amaçları açık olarak gösterilecektir.

4.5 Çalışma ömrü sırasında, programlı olarak değiştirilmesi gereken tüm rüzgar türbini bileşenleri ve yardımcı malzemeler (örneğin; hidrolik hortumlar, fren pabuçları, slpringler, dişli yağı) listelenecektir. Değişim aralıkları veya kriterleri belirtilecektir.

4.6 Ayrıca, yedek parçaların ve yardımcı malzemelerin (örneğin; yağlar) kalitesi ve miktarı ile ilgili bilgiler verilecektir.

4.7 Bakım el kitabına, belirlenen aralıklarda yapılacak işleri tanımlayan bakım ve muayene yönergelerinin bir listesi (bakım planı) eklenecektir. Yapılan işlemler bu listeye kaydedilecektir.

4.8 Emniyet sistemi için yapılması gereken testlerin (örneğin; aşırı devir testi, emercensi durdurma işlevleri, hidrolik akümülatörde azot miktarı ölçümü) bakım el kitabına dahil edilecektir. Bu testlerin gerekli sıklığı belirtilecektir (örneğin; yıllık). Test sonuçları bakım planına kaydedilecektir.

4.9 Varsa, ilgili ulusal kurallarda istenilen şekilde, uzman ve yetkili kişilerin muayeneleri (örneğin; asansörler, yangın söndürme sistemleri ve basınçlı kaplar için) bakım planına kaydedilecek ve bu muayenelerin yapıldığının teyidi ilgili sütuna / bölüme işlenecektir.

BÖLÜM 10

RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN TESTLERİ

Sayfa

A.	Genel	10- 1
B.	Güç Eğrisi	10- 2
C.	Gürültü Yayımı	10- 2
D.	Elektrik Karakteristikleri.....	10- 2
E.	Türbin Davranış Testleri.....	10- 2
F.	Yük Ölçümleri.....	10- 6
G.	Dişli Kutularının Prototip Tecrübesi.....	10- 6
H.	İşletmeye Almanın Gözetimi	10- 8

A. Genel

1. Prototip Testi

1.1 Genel istekler

1.1.1 Bir prototip testi kapsamı içinde yeni bir rüzgar türbini için gereken ölçümler Bölüm 1, B.5.4'de listelenmiş, diğer istekler B ÷ G'de verilmiştir. Ölçümlerin tamamlanmasından sonra takip edilecek prosedür için, Bölüm 1, B.5.4.3'e bakınız. Türbin varyantları veya değişikliğe tabi tutulan türbinler için prototip testin kapsamı, prototip testin ilk türbin için bütünüyle yapılmış olması koşuluyla, TL ile anlaşarak azaltılabilir.

1.1.2 B ÷ F'de belirtilen tüm ölçümler, bu ölçümler için akredite olan bir test kuruluşunca yapılacak ve dokümanite edilecektir. Alternatif olarak, TL ile önceden görüşmek suretiyle, E'de belirtilen türbin davranış testi ve F'de belirtilen yük ölçümleri, bu ölçümler için akredite olmuş bir test kuruluşunun gözetimi ve kontrolü altında yapılabilir. Her durumda, temel standartlara ve buradaki esaslara uygunluk, akredite kuruluşun sorumluluğunda olacaktır. Türbin varyantının ölçüm sonuçlarına etkisi, orijinal sistemdeki ölçümleri yapmış olan akredite kuruluş tarafından değerlendirilecektir.

1.1.3 G'ye göre yapılan rüzgar türbini dişli kutusu prototip denemesi, prototip testin bir parçasını oluşturur.

1.2 Test edilecek rüzgar türbini ile ilgili istekler

1.2.1 B ÷ F'ye göre ölçüm yapılan veya G'ye göre denemeye tabi tutulan rüzgar türbinleri, "Dizayn Değerlendirmesinin" esas alındığı dizayna büyük oranda uygun olacaktır. Uygunluk, üreticinin beyanı ile doğrulanacaktır. Farklılıklar, TL'na bildirilecektir. Eğer uygunluk, ilgili testin amacını sağlıyorsa, ölçümler sertifikalandırma için kullanılabilir.

1.2.2 Ölçümleri yapan test kuruluşu, muayene edilen tesisin ve ana elemanların (asgari olarak, pervane kanatları, dişli kutusu, jeneratör ve kule) isim levhalarına ilgili işaretleri ve verileri kaydedecek ve bunları ölçüm raporuna dahil edilecektir.

2. Dizayn Değerlendirmesi Kapsamındaki Testler

2.1 Pervane kanadının değerlendirilmesinin parçası olarak, Bölüm 6, B.5'de belirtilen kanat testleri gereklidir. Bu kanat testleri, A-dizayn değerlendirme düzenlenmeden önce tamamlanacaktır.

2.2 A-dizayn değerlendirme düzenlenmeden önce, G'ye göre test yerindeki ana dişli kutusu prototip denemesi tamamlanacaktır, G.1'e bakınız. Belirli koşullar altında, B-dizayn değerlendirme için test yerinde deneme gerekebilir, G.1'e bakınız.

2.3 Dizayn değerlendirmesi kapsamında, H'ya göre tipin ilk tesislerinin birinde işletmeye almanın gözetimi de gereklidir. Bu gözetim, A-dizayn değerlendirmesi düzenlenmeden önce tamamlanacaktır.

B. Güç Eğrisi

1. Rüzgar türbininin güç performansının ölçümü, IEC 61400-12, Part 12'ye veya DIN EN 61400-12'ye göre yapılacaktır.

2. Bu standartlardan sapmalar, **TL** ile anlaşmaya varılarak doğrulanacak ve tanımlanacaktır.

3. Ölçümlerin tamamlanmasından sonra, ölçülen güç eğrisi ile dizayn dokümanlarında kabul edilen güç eğrisi, test kuruluşu veya rüzgar türbini üreticisi tarafından karşılaştırılacaktır. Burada, nominal rüzgar hızı ile nominal güç için kabul edilen değerlerin uyumlu olmasına dikkat edilecektir.

4. Pervane kanadı tipi veya pervane çapı değiştiği takdirde güç performans ölçümlerinin yenilenmesi gerektiğine dikkat edilecektir. Pervanenin nominal dönüş hızından sapma olduğunda, ölçümler kural olarak yeniden yapılacaktır.

5. Akredite test kuruluşunun raporu ve karşılaştırması değerlendirilmek üzere **TL**'na verilecektir.

C. Gürültü Yayımları

1. Rüzgar türbininin gürültü yayımı ölçümü IEC 61400-11, Part 11'e veya DIN EN 61400-11'e göre yapılacaktır.

2. Bu standartlardan sapmalar, **TL** ile anlaşmaya varılarak doğrulanacak ve tanımlanacaktır.

3. Pervane kanadı tipinin, kule yüksekliği ve tipinin, ayrıca rüzgar türbini tahrik sistemindeki dış kutusunun (varsa) tipinin gürültü yayımı üzerinde etkisi olabileceği dikkate alınacaktır.

4. Akredite test kuruluşunun raporu, değerlendirilmek üzere **TL**'na verilecektir.

D. Elektrik Karakteristikleri

1. Rüzgar türbininin elektrik karakteristiklerinin ölçümü IEC 61400-21, Part 21'e veya DIN EN 61400-21'e göre yapılacaktır.

2. Bu standartlardan sapmalar, **TL** ile anlaşmaya varılarak doğrulanacak ve tanımlanacaktır.

3. Jeneratör tipinin ve invertör tipinin (varsa) değişimi halinde elektrik karakteristiklerinin ölçümünün yenilenmesi gerektiği dikkate alınacaktır.

4. Akredite test kuruluşunun raporu, değerlendirilmek üzere **TL**'na verilecektir.

E. Türbin Davranış Testleri

1. Genel

1.1 Türbin davranış testinin amacı, rüzgar türbininin dizaynında esas alınan parametrelerin ve karakteristiklerin doğrulanmasıdır.

1.2 Türbin davranış testi, aşağıdaki tekil testlerden oluşur:

- Emniyet sisteminin testi (3'e bakınız),
- Frenleme sisteminin testi (4'e bakınız),
- Otomatik çalışma testi (5'e bakınız),
- Açma kapama işlemlerinin testi (6'ya bakınız),
- Doğal frekansların ölçülmesi (7'ye bakınız),

1.3 Testler, tercihen rüzgar türbinine F'ye göre yük ölçümü cihazı takılı durumda yapılacaktır.

1.4 IEC TS 61400-13 Part 13'deki istekler,

aşağıda belirtilen hususlardaki gerekli değişimlerle birlikte uygulanacaktır:

- Kalibrasyon,
- Ölçüm parametreleri ve ölçüm sistemi ile ilgili istekler ,
- Raporlama.

1.5 Türbin davranış testleri, rüzgar türbininde yük ölçümü için akredite olmuş test kuruluşu tarafından yapılacak veya bu kuruluşun gözetimi ve doğrulaması ile yapılacaktır (A.1'e bakınız).

1.6 Ölçümlerin tamamlanmasında sonra, Bölüm 1, B.5.4.3'de belirtilen faaliyetler test kuruluşu veya rüzgar türbini üreticisi tarafından yapılacak ve ilgili dokümanlar **TL**'na verilecektir.

2. Test Planı

Testlerin başlamasından önce, bir test planı, değerlendirilmek üzere **TL**'na verilecektir. Test planında en az aşağıda belirtilen bilgiler bulunacaktır:

- a) Ölçüm parametreleri,

- b) Ölçüm verilerinin ayrıntılarını belirten, ölçümlerin kapsamı ve testlerin ayrıntılı tanımı,

- c) Öngörülen değerlendirmeler.

3) Emniyet Sisteminin Testi

3.1 Bu testler için, asgari aşağıdaki ölçüm parametreleri kaydedilecektir:

- a) Rüzgar hızı,
- b) Dönüş hızı,
- c) Elektrik gücü,
- d) Kanat açısı veya aerodinamik frenlerin konumu (varsa),
- e) Mekanik frenlerdeki hidrolik basınç (8'e bakınız),
- f) Ana şaftın döndürme momenti veya pervanenin tahrik döndürme momenti,
- g) Kanat dibi eğilme momentleri.

3.2 Tablo 10.1'de belirtilen testler yapılacaktır.

Tablo 10.1 Emniyet sisteminin testleri

No.	Test	Rüzgar hızı < %80 V_r için test sayısı	Rüzgar hızı $\geq 80 V_r$ için test sayısı	Açıklamalar
3.1	n_A 'nın aşılması suretiyle frenlerin çalıştırılması	-	2	
3.2	Emercensi durdurma butonunun hareketi geçirilmesi vasıtasıyla frenlerin çalıştırılması	2		Güç üretimi sırasında harekete geçme

4. Frenleme Sistemlerinin Testleri**e)** Mekanik frenlerdeki hidrolik basınç, (8'e bakınız)**4.1** Bu testler için, asgari olarak aşağıdaki ölçüm parametreleri kaydedilecektir:**f)** Ana şaftın döndürme momenti veya pervanenin tahrik döndürme momenti,**a)** Rüzgar hızı,**g)** Kanat dibi eğilme momentleri.**b)** Dönüş hızı,**4.2** Rüzgar türbininin frenlenmesinden sonra, kararlı duruma ulaşmaya kadar ölçümlerin kaydına devam edilecektir (boşta çalışma sırasında veya türbinin durmasında).**c)** Elektrik gücü,**d)** Kanat açısı veya aerodinamik frenlerin konumu (varsa),**4.3** Tablo 10.2'de belirtilen testler yapılacaktır.**Tablo 10.2 Frenleme sisteminin testleri**

No.	Test	Rüzgar hızı < %80 V _r için test sayısı	Rüzgar hızı ≥ 80 V _r için test sayısı	Açıklamalar
4.1	Bir aerodinamik frenleme sisteminin arızası ile frenleme	2	2	Birden fazla aerodinamik frenleme sistemi rüzgar türbinleri için (1)
4.2	Frenleme sistemi I'in arızası ile frenleme	2	2	İki frenleme sistemli rüzgar türbinleri için
4.3	Frenleme sistemi II'nin arızası ile frenleme	2	2	
4.4	Frenleme sistemlerinde öngörülen diğer arızalarla frenleme	Her bir öngörülen arıza için 2 test (rüzgar hızı gerçek duruma göre tanımlanacak)		(2)
4.5	Mekanik frenlerin etkinliği	2		(3)
(1)	Kanat dibi eğilme momentleri, kanatların birinde ve kanat ayarlama işlevi olmaksızın kanatta ölçülecektir. Eğer sadece bir kanada cihazlar yerleştirilmişse, testlerin sayısı her bir rüzgar hızı aralığı için iki katına çıkarılacaktır. Aerodinamik frenleme sisteminin arızası, cihazlı kanatta test edilecek ve sonra diğerinde tekrarlanacaktır.			
(2)	Bu testler, eğer diğer arızalar, Bölüm 2, A.2'deki olası hatalar dahilinde kabul edilmişse gerekli olabilir.			
(3)	Frenleme momentinin büyüklüğü ve frenleme momentinin artış eğrisi, uygun bir testle gösterilecektir.			

5. Otomatik Çalışma Testi**d)** Kanat açısı veya aerodinamik frenlerin konumu (varsa),**5.1** Bu testler için, asgari olarak aşağıdaki ölçüm parametreleri kaydedilecektir:**e)** Mekanik frenlerdeki hidrolik basınç, (8'e bakınız)**a)** Rüzgar hızı,**f)** Ana şaftın döndürme momenti veya pervanenin tahrik döndürme momenti,**b)** Dönüş hızı,**g)** Kanat dibi eğilme momentleri.**c)** Elektrik gücü,

Tablo 10.3 Otomatik çalışma testleri

No.	Test	Rüzgar hızı < %80 V_r için test sayısı	Rüzgar hızı $\geq 80 V_r$ için test sayısı	Açıklamalar
5.1	Otomatik çalışma	2	2	Test süresi: Yaklaşık 2 dakika

6. Açma-Kapama İşlemlerinin Testi

6.1 Bu testler için, asgari olarak aşağıdaki ölçüm parametreleri kaydedilecektir:

- a) Rüzgar hızı,
- b) Rüzgar ölçüm direğindeki rüzgar doğrultusu (yönlendirme kontrolü testi için),
- c) Kaporta konumu (yönlendirme kontrolü testi için),
- d) Dönüş hızı,
- e) Elektrik gücü,

f) Kanat açısı veya aerodinamik frenlerin konumu (varsa),

g) Mekanik frenlerdeki hidrolik basınç, (8'e bakınız)

h) Ana şaftın döndürme momenti veya pervanenin tahrik döndürme momenti,

i) Kanat dibi eğilme momentleri.

6.2 Açma-kapama işlemlerinden sonra, ölçüm kayıtlarına, kararlı duruma ulaşıncaya kadar devam edilecektir.

6.3 Tablo 10.4'de belirtilen testler yapılacaktır.

Tablo 10.4 Açma – kapama işlemlerinin testleri

No.	Test	Rüzgar hızı < %80 V_r için test sayısı	Rüzgar hızı $\geq 80 V_r$ için test sayısı	Açıklamalar
6.1	Türbinin çalıştırılması	2	2	
6.2	Tanımlanan tüm frenleme prosedürleri ile durdurma	Frenleme prosedürü başına 2		(1)
6.3	Jeneratör hızının değiştirilmesi	Her iki doğrultuda 2 değiştirme		2 veya daha fazla sabit hızlı rüzgar türbinleri için
6.4	Şebeke arızası veya yük aktarımı durumunda frenleme	2	2	
6.5	Yönlendirme sisteminin harekete geçmesi		Her iki doğrultuda 1 yönlendirme işlemi	
(1) Kanat piç kontrolü rüzgar türbinleri için, kanat ayarlama oranları raporda dokümanite edilecektir.				

7. Doğal Frekansların Ölçülmesi

7.1 Bu testler için, her durumla ilgili ölçüm parametreleri kaydedilecek ve incelenecektir. Doğal frekanslar titreşim çevrimlerinin sayılması ile veya uygun ölçüm sinyallerinin frekans analizi ile belirlenecektir.

7.2 Doğal frekanslar Tablo 10.5'e göre belirlenecektir.

7.3 Eğer kulede titreşim damperi sistemi varsa, kule için doğal frekanslar, hem titreşim damperi sistemi işlevi ile ve hem de işlevi olmaksızın sistem tarafından sönümlendirilen hareket doğrultularında belirlenecektir.

Tablo 10.5 Doğal frekansların ölçülmesi

No.	Bileşen	Bileşen	Üretim
7.1	Pervane kanadı	1. ve 2. doğal modlar, kanatçık doğrultusunda 1. ve 2. doğal modlar, kenar doğrultusunda	1. ve 2. doğal modlar, kanatçık doğrultusunda 1. ve 2. doğal modlar, kenar doğrultusunda
7.2	Tahrik sistemi	Jeneratör kapalı ve mekanik fren açık iken burulma için 1. doğal mod (örneğin; mekanik frenin kapatılması ve açılması vasıtasıyla uyarı)	Jeneratör açık iken burulma için 1. doğal mod
7.3	Kule	- XK doğrultusunda, eğilme için 1. doğal mod (1) (2) - YK doğrultusunda, eğilme için 1. doğal mod (1) (2) - Eğilme için 2. doğal mod - Burulmaya dayanımlı kuleler hariç, burulma için 1. doğal mod (örneğin; boru kuleler)	- XK doğrultusunda, eğilme için 1. doğal mod (2) - YK doğrultusunda, eğilme için 1. doğal mod (2)
(1)	<i>Pervane konumu, bir kanat düşey olarak aşağıya bakacak şekilde seçilecektir.</i>		
(2)	<i>XK ve YK, Ek 4- A.5'e göre koordinat sistemi.</i>		

8. Mekanik Frenlerdeki Hidrolik Basıncı

8.1 Hidrolik basıncın ölçülmesine alternatif olarak, eğer sinyal, uygulanan frenleme momenti ile açık bir ilişki sergiliyorsa, alternatif bir ölçüm parametresi kaydedilebilir (örneğin; bir kontrol valfinin konumu). Bu ilişki ölçüm raporunda doküman edilecektir.

8.2 Sabit düzeylerde harekete geçen frenlerde (örneğin; sert frenleme / yumuşak frenleme / off), fren durumlarının basitçe kaydı yeterlidir. Durum sinyali frende veya hidrolik sistemde hissedilecektir. Aynı düzeylerin basınçları veya frenleme momentleri raporda belirtilecektir.

2. Bu teknik spesifikasyondan sapmalar, TL ile anlaşarak belirlenecektir.

3. Ölçümler yapılmadan önce, mümkün olduğunca, ölçüm parametre planı ve ölçümlerin kapsamı hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır.

4. Ölçümlerin tamamlanmasından sonra, Bölüm 1, B.5.4.3'deki işlemler bir test kuruluşu veya rüzgar türbini üreticisi tarafından yapılacak ve belirtilen dokümanlar TL'na verilecektir.

G. Dişli Kutularının Prototip Tecrübesi

1. Genel

1.1 Rüzgar türbinlerinin tahrik sisteminde yer alan dişli kutusu tipleri (ana dişli kutusu) uygun bir test yerinde bir prototip testine ve bu dişli kutusunun yer aldığı rüzgar türbininde bir denemeye tabi tutulacaktır.

F. Yük Ölçümleri

1. Yük ölçümleri, IEC TS 61400-13, Part 13'e göre yapılacaktır.

Deneme, dişli kutusunun dizaynında yapılan kabullerin kontrolünü ve rüzgar türbini dişli kutularının üretimi sırasındaki seri testlerin yapılması ile ilgili önemli parametrelerin elde edilmesini sağlar.

Dişli kutusunun rüzgar türbininde kullanımına uygunluğunu, pratik çalışma vasıtasıyla doğrulanacak ve dokümanite edilecektir.

1.2 Dişli kutusunun dinamik özelliklerine ve dişli kutusunun bileşenlerinin yük dağılımına önemli etkileri olan dizayn değişiklikleri durumunda (örneğin; transmisyon oranının değişimi), prototip denemesinin yenilenmesi gereklidir. Test kapsamı, dizayn değişikliğine bağlı olarak ve TL ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir.

1.3 Tip sertifikası düzenlenmeden önce, tüm prototip denemesi tamamlanacak ve TL tarafından kabul edilecektir. A-dizayn değerlendirmesi düzenlenmeden önce, test yerindeki deneme tamamlanmış ve dokümanite edilmiş olacaktır. Test yeri düzenlenmesi ve test planı TL veya akredite test laboratuvarı tarafından, en az bir gün sürecek olan test mahalli muayenesi kapsamında değerlendirilecektir. Prototip denemenin ana sonuçları, Bölüm 7, D'ye göre dişli kutusunun hesapları ile birleştirilmiş ise, dişli kutusunun test yerindeki denemesinin tamamlanması B-dizayn değerlendirmesi için gerekli olabilir.

1.4 Prototip denemenin ayrıntılı kapsamı, deneme başlamadan önce TL ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir.

2. Prototip Denemenin Kapsamı

Rüzgar türbininin dişli kutularının denemeleri öncesinde ve sırasında asgari olarak, aşağıdaki hususlara dikkat edilecektir:

- Test edilecek dişli kutusu ve önemli bileşenleri belirlenebilir olacaktır. İlgili kalite dokümanları, denemeler sırasında hazır bulundurulacaktır.
- Kullanılan yağlama maddelerinin saflığı, test

yerindeki denemeler sırasında sağlanacak ve sürekli olarak izlenecektir.

- Test yerindeki denemeler aynı zamanda, öngörülen soğutma sistemi ve yağlama sisteminin işlevlerini de içerecektir. Gerçeğe uygun bir test yeri kurulacak ve aşırı işletim koşullarının simülasyonu sağlanacaktır.
- Sıcaklık, basınç ve titreşim gibi ölçüm parametreleri ayrıntılı olarak kaydedilecektir. Veriler, birbirleriyle net ilişkileri ile birlikte ve mümkün olduğunca elektronik olarak işlenebilecek formatta depolanacaktır.
- Test yerindeki denemeler sırasındaki yük spektrumu, tüm diş kavramalarının fiili temas izi dizaynda yapılan kabuller karşılaştırmayı sağlayacak şekilde tanımlanacaktır. Tekil yük denemelerinin süresi, dişli kutusunun termal dizaynının yeterince test edilmesini sağlayacak şekilde seçilecektir.
- Test yerindeki denemenin tamamlanmasıyla, tüm yatakların ve dişlerin durumu değerlendirilebilecek ve dokümanite edilebilecek şekilde de monte edilecektir.
- Test yerindeki denemeden sonra, bir rüzgar türbininde deneme çalışması yapılacaktır. Rüzgar türbinindeki bu çalışmanın süresi TL ile görüşmek suretiyle belirlenecektir. Dişli kutusunun yüklenmesi ile ilgili parametreler ile birlikte, sıcaklık, basınç ve titreşim gibi işletme parametreleri kaydedilecek ve değerlendirilecektir. Döndürme momentine ilave olarak, rüzgar türbinindeki dişli kutusunun ilgili yapısal bütünlüğünden elde edilecek yükler de dahil edilecektir.

3. Prototip Denemenin Dokümantasyonu

Prototip denemenin tüm aşamaları, örneğin ölçüm veri dosyaları, fotoğraflar, yağ analizleri ve muayene veya montaj raporları vasıtasıyla, ayrıntılı olarak dokümanite edilecek ve değerlendirilecektir. Değerlendirmenin

önemli bir kısmı olarak, dişli kutusunun serilerinin denemeleri için uygun bir plan tanımlanacaktır. Dokümantasyon ve değerlendirmeler, dişli kutusunun serilerinin denemesi ile ilgili plan, değerlendirilmek üzere TL'na verilecektir.

H. İşletmeye Almanın Gözetimi

1. Genel

1.1 Sertifikalandırılacak versiyondaki imal edilen ilk rüzgar türbinlerinin birinde işletmeye almanın gözetimi yapılacaktır. Bu gözetimin hedefi, tesisin gözle muayenesi ve işletmeye alma el kitabındaki emniyetle ilgili testlerin değerlendirilmesidir.

1.2 İşletmeye almanın gözetimi, elektrik mühendisliği ve emniyet teknolojisi alanındaki TL uzmanları tarafından yapılacaktır.

1.3 İşletmeye almanın gözetiminin olumlu olması, A-dizayn değerlendirmesinin düzenlenmesi için ön koşuldur.

2. Gözetim Prosedürü

2.1 Tesis muayene edilecek ve teknik veriler, dizayn dokümanlarının istekleri ile karşılaştırılacaktır.

2.2 Sertifikalandırma raporunda belirtilen herhangi bir sınırlamaya uygunluk mümkün olduğunca değerlendirilecektir.

2.3 İşletmeye alma el kitabından seçilen testler, emniyet testlerine odaklanarak yapılacaktır. İlave olarak, testlerin yapılabilirliği doğrulanacak ve türbin davranışı, dizayn dokümanlarına uygunluk yönünden değerlendirilecektir.

BÖLÜM 11

PERİYODİK İZLEME

Sayfa

A. Kapsam ve Uygulama	11- 1
B. Teknik Uzmanlar, Dokümantasyon ve Faaliyetler.....	11- 3

A. Kapsam ve Uygulama

1. Genel

1.1 Periyodik izlemenin amacı

1.1.1 Periyodik izleme rüzgar türbininin **TL** uzmanı tarafından periyodik olarak muayenesidir. Muayene, Sertifikalandırma Raporundaki koşullara göre yapılacaktır. Muayene aralıkları, ilgili sertifikalandırma raporunda veya eklerinde belirtilir.

1.1.2 Periyodik izlemenin amacı; rüzgar türbininin makinalarının, emniyet donanımının ve yapısal bütünlüğünün muayenesidir.

1.1.3 Rüzgar türbininden sorumlu kuruluş (aşağıda işletici olarak anılacaktır) periyodik izlemeyi organize edecektir. Muayene raporu, bakım el kitabına eklenecektir.

1.2 Teknik uzman ile ilgili istekler

1.2.1 Periyodik muayene, **TL** tarafından onaylı rüzgar türbini uzmanı tarafından yapılacaktır. Uzman, rüzgar türbininin tamamının değerlendirilmesi için gerekli teknik bilgiye sahip olacaktır. İlgili eğitim ve sürekli deneyim değişimi kanıtlanacaktır. DIN EN 45004 veya 45011'e veya eşdeğerine göre akreditasyon gereklidir veya uzmanın niteliği uzman bir heyet tarafından kontrol edilmelidir.

2. Kapsam ve Uygulama

2.1 Periyodik muayenenin yapılışı

Periyodik izleme sırasında, pervane kanatları dahil tüm rüzgar türbini muayene edilecektir. Muayene ile ilgili özel bir kontrol listesi, dokümantasyon esas alınarak hazırlanacaktır. Kontrol listesi, değerlendirme kriterlerini de içerecektir.

2.2 Periyodik izleme için değerlendirme esasları

Periyodik izleme, buradaki esaslara göre değerlendirilecektir. Sahada geçerli olan standartlar ve kurallar dikkate alınacak ve uygulanacaktır.

2.3 Muayene edilecek rüzgar türbininin dokümantasyonu asgari olarak aşağıdaki dokümanlar, periyodik izleme için incelenecektir :

- Tüm ekleri ile birlikte onay ve / veya sertifikalandırma raporları,
- Yapım izni,
- İşletme el kitabı,
- İşletmeye alma kayıtları,
- Bakım kontrol listesi (bakım kayıtları),
- Önceki periyodik izleme veya kondüsyon sürveyi (yapılmışsa) raporları,

- Yağ kalitesi doğrulaması,
- Yapılmışsa, türbinin değişim / onarım dokümanları ve gerekli onaylar.

2.4.2 Makinalar dahil, rüzgar türbininin yapısal bütünlüğü ile emniyet ve frenleme sistemlerinin işlevleri de kontrol edilecektir (Tablo 11.1'e bakınız).

2.4 Periyodik izleminin kapsamı

2.4.1 Türbin gözle muayene edilecek, bileşenler (pervane kanadı dahil) yakından muayeneye tabi tutulacak ve muayene edilecek alanlar, gerekirse temizlenecek veya açılacaktır.

B. Teknik Uzmanlar, Dokümantasyon ve Faaliyetler

1. Teknik Uzmanlar

1.1 Periyodik izleme, TL'nun teknik uzmanları tarafından yapılacaktır.

Tablo 11.1 Periyodik izleme ile ilgili muayenenin kapsamı

Eleman	Muayane / olası hatalar
Pervane kanadı	Yüzey hasarı, çatlaklar, yapısal kesiklikler (Bir kaldırma veya iskele düzeninden muayene: uygun yöntemler – örneğin; vurma, ultrasonik testler- kullanılarak gözle ve yapısal muayene) Cıvataların ön gerilmesi Yıldırımından koruma sisteminin hasarlanması
Tahrik sistemi	Sızıntılar, aşırı gürültü, korozyondan korumanın durumu, yağlama, cıvataların ön gerilmesi. Dişlilerin durumu (yağ örneği, varsa)
Türbin kaportası, kuvvet ve moment ileten bileşenler	Korozyon, çatlak, aşırı gürültü, yağlama, cıvataların ön gerilmesi
Hidrolik sistem, pnömatik sistem	Hasar, sızıntı, korozyon, işlev
Kule ve temel	Korozyon çatlak, cıvataların ön gerilmesi, temelin kaplaması
Emniyet cihazları, sensörler ve frenleme sistemleri	İşlevsel kontroller, sınır değerlere uygunluk, hasar, aşınma
Trafo istasyonu ve açma-kapama donanımı dahil kontrol sistemi ve elektrik donanımı	Terminaler, bağlantılar, işlev, korozyon, kir
Dokümanların incelenmesi	Eksiksiz olma, durumun gözlemlenmesi, Onaylı dokümanlara göre yapı, test dokümanları, düzenli aralıklarla yapılan bakım. Varsa; onaylara göre değişim / onarımların yapılması

1.2 Diğer teknik uzmanların raporları kabul edilebilir.

2. Dokümantasyon

2.1 Periyodik izleme ile ilgili muayene raporu teknik uzman tarafından yazılacak ve imzalanacaktır. Muayene raporu, asgari olarak aşağıdaki bilgileri içerecektir :

- Rüzgar türbini ve kulenin üreticisi, tipi ve seri no.su,
- Rüzgar türbininin yeri ve işleticisi,
- Çalışma süresi ve üretilen toplam enerji,
- Muayene tarihi ve o tarihteki hava durumu,
- Muayenede hazır bulunan kişiler,
- Muayene kapsamının ayrıntılı açıklaması,
- Açıklamalar ve bulunan hasar / eksiklikler,
- Muayene sonucu.

2.2 Sonuç, bulunan eksiklikler ve gerekli koşullar ile sınırlamalar ilk sayfada belirtilecektir.

2.3 Raporun bir kopyası işleticiye verilecektir.

3. Faaliyetler

3.1 Onarımlar

3.1.1 Teknik uzman raporunda bulunan eksiklikleri belirtecek ve onarım ile ilgili süreci tanımlayacaktır.

3.1.2 Gerekli tüm onarımlar, işletici tarafından organize edilecektir.

3.1.3 Onarımlar; rüzgar türbini üreticisi tarafından, üretici tarafından yetki verilen bir atölye tarafından veya bu alanda uzman olan ve gerekli bilgiye, tekniğe ve donanıma sahip bir atölye tarafından yapılacaktır.

3.2 Servis dışına alma ve tekrar işletmeye alma

3.2.1 Eğer eksiklikler, rüzgar türbininin yapısal bütünlüğünü kısmen veya tamamen tehlikeye düşürüyorsa veya eksikliklerin büyük hasarlara yol açabileceği öngörülüyorsa, teknik uzman türbinin servis dışına alınmasını önerebilir. Bu durumda işletici türbini servis dışına alacaktır.

3.2.2 Eksikliklerden dolayı veya işleticinin rüzgar türbininin devre dışına alınmasını reddetmesi halinde kamu emniyeti tehlikeye giriyorsa, teknik uzman, yapım iznini veren kuruluşa bildirimde bulunacaktır.

3.2.3 Madde 3.1'e göre uzman bir atölye tarafından yapılan türbin onarımını takiben, emniyetle ilgili eksikliklerin uygun şekilde onarıldığını onaylayacaktır. Bundan sonra, işletici / mal sahibi tekrar işletmeye alma işlemini başlatabilir.