

KARADENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HİDROLİK DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

TEZ NUMARASI

Genel :
Anabilim Dalı :
Program :

DOĞU KARADENİZDE DALGA TAHMİNİ VE
TASARIM DALGASI ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ

Turan ÇAM

Yönetici: Yard.Doç.Dr. Basri ERTAŞ

Trabzon, Temmuz 1986

İ Ç İ N D E K İ L E R

	Sayfa
ÖZET	iii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	v
TABLolarIN LİSTESİ	vi
SEMBOLLER	vii

BÖLÜMLER

1. <u>GİRİŞ</u>	1
1.1 Genel	1
1.2 Çalışmanın Amacı	2
2. <u>DALGA TAHMİN YÖNTEMLERİ</u>	4
2.1 Ampirik Formüller	5
2.2 Belirgin Dalga Yöntemleri	6
2.2.1 SMB Yöntemi	6
2.2.2 Basitleştirilmiş JONSWAP Yöntemiyle Dalga Hesabı	9
2.3 Dalga Spektrumu Yöntemi	13
2.4 Gecikme (Decay) Uzaklığı Ölçülmüş Fırtınalardan Dalga Tahmini (Ölü Deniz Hali)	18
3. <u>DALGA ÖLÇÜMLERİ</u>	22
4. <u>VERİLERİN ANALİZİ</u>	25
4.1 Kıyı Meteoroloji İstasyonlarında Ölçülen Rüzgar Verileri ve Analizi	25
4.2 Sinoptik Yer Basınç Haritalarından Rüzgar Analizi	27
4.3 Kabarma Uzunluğu (Feç)	32
5. <u>TASARIM DALGASININ TAHMİN EDİLMESİ</u>	36
5.1 Uzun Süre İstatistiği	36
5.2 Ekstrem Değer İstatistiği	37
5.3 Ekstrem Değerleri Olasılık Kağıdına Noktalama Yöntemi	38

5.4 Tasarım Dalgasının Seçimi	38
5.4.1 Tekerrür Periyodu (Dönüş Aralığı)	38
5.4.2 Dalga Periyodu	39
6. <u>DOĞU KARADENİZDE DALGA TAHMİNİ VE TASARIM DALGASI</u> <u>ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ</u>	40
6.1 Çalışmada Kullanılan Veriler	40
6.1.1 Sinoptik Haritalardan Rüzgar Verilerinin Çıkarılması	40
6.1.2 Saatlik Rüzgar Cetvelleri ve Değerlendirme	41
6.2 Kabarma Uzunluğunun (FEÇ) Hesaplanması	44
6.3 Ortalama Rüzgar Hızlarından Dalgaların Hesaplanması	44
64 Ekstrem Dalga İstatistiği	46
6.5 Dalga Diklikleri ve Çeşitli Tekerrür Aralıkları için Dalga Değerleri	60
7. <u>SONUÇLAR</u>	63
<u>KAYNAKLAR</u>	65
<u>KONU İLE İLGİLİ YAYINLANMIŞ DİĞER KAYNAKLAR</u>	66

Birinci Bölümde, konunun önemi vurgulanmış ve amaçlar açıklanmıştır.

İkinci Bölümde, dalga tahmin amacıyla geliştirilmiş yöntemler tanıtılmış, burada kullanılanların ayrıntıları verilmiştir.

Üçüncü Bölümde, dalga ölçümlerinin nasıl yapıldığı ve kullanılan aletler açıklanmıştır.

Dördüncü Bölümde, rüzgar ve dalga verilerinin analiz yöntemleri verilmiştir.

Beşinci Bölümde, tasarım dalgası tahmin yöntemleri tanıtılmıştır.

Altıncı Bölümde, yapılan çalışmanın ayrıntıları açıklanmıştır.

Yedinci Bölümde, sonuçlar verilmiştir.

Sekizinci Bölümde kaynaklar yer almaktadır.

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2.1	SMB Yöntemi ile Derin Deniz Dalga Tahmini	8
Şekil 2.2	Abaklaştırılmış JONSWAP Yöntemi	14
Şekil 2.3	Abaklaştırılmış JONSWAP Yöntemi	15
Şekil 2.4		16
Şekil 2.5	Kabarma Uzunluğu Sınırlamasıyla Fırtına Süresi Sınırlaması Arasındaki İlişki	18
Şekil 2.6	Ölü Deniz Hali	18
Şekil 2.7	Gecikme Eğrileri	20
Şekil 2.8	Ölü Deniz Halinde Gecikme Zamanının Bulunması	21
Şekil 3.1	Fırtına Dalgası Tanımları (Yükselirken sıfır olma yöntemi)	23
Şekil 3.2	Denize Yerleştirilmiş Bir Dalga Kaydedici Şeması	24
Şekil 4.1	Deniz/Kara Rüzgar Hızı Oranı	27
Şekil 4.2	Bir Sinoptik Haritada Türkiyenin Görünümü	29
Şekil 4.3	Geostrofik Rüzgar Ölçümü	30
Şekil 4.4	Geostrofik Rüzgar Hızının 10 yükseklikteki Hıza Dönüştürülmesi	31
Şekil 4.5	Deniz-Hava Sıcaklık Farkı Eğrisi	32
Şekil 4.6	Feç Sahalarının Cephesel Zonlar ve İzobarlarla Değişimi	33
Şekil 4.7	Komşu Kıyıların Kabarma Uzunluğuna Etkisi	34
Şekil 6.1	Çalışmada İncelenen Meteoroloji İstasyonları ve Bölgeler	42
Şekil 6.2a	Rüzgarın iki saatten az Kesiklik Göstermesi Halinde Fırtına Tarifi	43
Şekil 6.2b	Rüzgarın iki Saatten Fazla Kesiklik Göstermesi Halinde Fırtına Tarifi	43
Şekil 6.3	Deniz ve Kara Üzerindeki Rüzgar Hızı Dağılımı	43
Şekil 6.4	I.BÖLGE-ORDU En Büyük Derin Deniz Dalga Yükseklikleri Olasılık Dağılımı	54
Şekil 6.5	I.BÖLGE-GİRESUN En Büyük Derin Deniz Dalga Yüksekliklerinin Olasılık Dağılımı	55
Şekil 6.6	II.BÖLGE-TRABZON En Büyük Derin Deniz Dalga Yüksekliklerinin Olasılık Dağılımı	56
Şekil 6.7	III.BÖLGE-HOPA En Büyük Derin Deniz Dalga Yüksekliklerinin Olasılık Dağılımı	57

TABLolarIN LİSTESİ

Tablo 4.1	ORDU Meteoroloji İstasyonu Ocak 1969 Saatlik Rüzgar Cetveli	26
Tablo 4.2		35
Tablo 6.1	İncelenen Bölgeler için Efektif ve Doğrusal Feç Değerleri	45
Tablo 6.2	I.BÖLGE-ORDU, GİRESUN (1977-1985) Yılları Arasındaki En Büyük Belirgin Dalga Yükseklikleri ve Gumbel Olasılıkları (Sinoptik Harita)	47
Tablo 6.3	ORDU (1969-1985) Yılları Arasındaki Yıllık En Büyük Derin Deniz Belirgin Dalga Yükseklikleri ve Gumbel Olasılıkları (Meteoroloji İstasyonu)	48
Tablo 6.4	GİRESUN (1969-1985) Yılları Arasındaki Yıllık En Büyük Derin Deniz Belirgin Dalga Yükseklikleri ve Gumbel Olasılıkları (Meteoroloji İstasyonu)	49
Tablo 6.5	II. BÖLGE-TRABZON (1977-1985) Yılları Arasındaki Yıllık En Büyük Derin Deniz Belirgin Dalga Yükseklikleri ve Gumbel Olasılıkları (Sinoptik Harita)	50
Tablo 6.6	TRABZON (1969-1985) Yılları Arasındaki Yıllık En Büyük Derin Deniz Belirgin Dalga Yükseklikleri ve Gumbel Olasılıkları (Meteoroloji İstasyonu)	51
Tablo 6.7	III. BÖLGE-HOPA (1977-1985) Yılları Arasındaki Yıllık En Büyük Derin Deniz Dalga Yükseklikleri ve Gumbel Olasılıkları (Sinoptik Harita)	52
Tablo 6.8	HOPA (1972-1985) Yılları Arasındaki Yıllık En Büyük Derin Deniz Belirgin Dalga Yükseklikleri ve Gumbel Olasılıkları (Meteoroloji İstasyonu)	53
Tablo 6.9	I. BÖLGE-ORDU Çeşitli Tekerrür Aralıkları için Belirgin Dalga Yükseklikleri ve Periyotları	61
Tablo 6.10	I.BÖLGE-GİRESUN Çeşitli Tekerrür Aralıkları için Belirgin Dalga Yükseklikleri ve Periyotları	61
Tablo 6.11	II.BÖLGE-TRABZON Çeşitli Tekerrür Aralıkları için Belirgin Dalga Yükseklikleri ve Periyotları	61
Tablo 6.12	III.BÖLGE-HOPA Çeşitli Tekerrür Aralıkları için Belirgin Dalga Yükseklikleri ve Periyotları	62

SEMBOLLER

- A : Gumbel dağılımı modu
- B : Gumbel dağılımında yayılma ölçütü
- D : Gecikme mesafesi (ölü deniz halinde)
- F : Kabarma uzunluğu (Feç)
- F_{FAS} : Tam kabarmış deniz durumuna erişebilmek için gerekli olan kabarma uzunluğu
- F_{min} : En küçük kabarma uzunluğu
- f : Koriolis katsayısı ($f=2 w \sin \phi$)
- g : Yer çekimi ivmesi ($g=9.81 \text{ m/sn}^2$)
- H : Dalga yüksekliği
- H_c : Weibull dağılımında ortalama dalga yüksekliği
- H_D : Gecikme mesafesi sonundaki dalga yüksekliği
- $H_{1/3}$: Belirgin dalga yüksekliği
- L : Dalga boyu
- i, j, ... : Tam sayı
- k : Gruplandırılmış verilerde her bir gruptaki veri adedi
- m : Küçükten büyüğe dizilmiş verilerin sıra numarası
- m' : Küçükten büyüğe dizilmiş verilerin sıra numarası (gruplandırılmış verilerde)
- n : Veri sayısı
- $P(H_{1/3})$: Belirgin dalgaların birikimli olasılığı ($P(H_{1/3})=P(H \leq H_{1/3})$)
- R : Dünyanın yarıçapı (=6371 km)
- R_p : Tekerrür periyodu, dönüş aralığı (yıl)
- $S_{H^2}(\omega)$: Frekans spektrumu, dalgaların enerji spektrumu ($\text{m}^2 \cdot \text{sn}$)
- T : Dalga periyodu
- T_D : Gecikme mesafesi sonundaki dalga periyodu
- t : Fırtına (rüzgar) süresi
- t_{FAS} : Tam kabarmış deniz için gerekli olan rüzgar süresi
- t_{min} : t_{FAS}
- U_d : Deniz üzerindeki rüzgar hızı
- U_k : Kara üzerindeki rüzgar hızı
- U_z : Kara yüzeyinde z metre yükseklikteki rüzgar hızı
- U_{10} : Deniz yüzeyinden 10 m yükseklikteki rüzgar hızı
- $U_{19.5}$: Deniz yüzeyinden 19.5 m yükseklikteki rüzgar hızı
- w : Dünyanın açısal dönüş hızı ($w=7.292 \times 10^{-5} \text{ rad/sn}$)
- y : Ekstrem olasılık dağılımlarındaki indirgenmiş değişken

- Z : Yükseklik
 ρ_a : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)
 α : Pierson-Moskowitz Spektrumundaki boyutsuz katsayı
(= 0.0081, tam kabarmış deniz için)
 β : Pierson-Moskowitz Spektrumundaki boyutsuz katsayı
(= 0.74, tam kabarmış deniz için)
 γ : Weibull dağılımındaki boyutsuz biçim parametresi
 τ : Olaylar arasındaki ortalama zaman (genellikle bir yıl)
 Δn : Yerbasiñç haritalarında iki nokta arasındaki uzaklık
(Derece-Enlem)
 \emptyset : Enlem derecesi
 λ : Boylam derecesi

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

1.1 Genel

Dalgalar, en geniş anlamıyla, değişik etkilerle su yüzeyinde oluşan karışıklıklardır. Diğer bir anlatımla dalga; hidrolik sistemin dengesini bozan hareket olarak tanımlanabilir. Dalgaları doğuran nedenler; rüzgarlar, depremler ve gel-git olaylarıdır. Ayrıca su içerisindeki patlamalar ve gemi hareketleri gibi yapay nedenler de önemli büyüklükte dalgalar oluşturabilir. Türkiye'de Kıyı ve Liman Mühendisliği açısından önemli olan tek dalga tipi rüzgarların oluşturduğu dalgalardır. Bu nedenle, bu çalışmada yalnızca rüzgarlardan oluşan dalgalar (rüzgar dalgaları) incelenmiştir.

Deniz yapılarının projelendirilmesi ve güvenle işletilmesi için gerçek dalga verilerinin mevcut olması oldukça önemlidir. Kıyı ve liman problemleriyle ilgilenen bir araştırmacının ilgilendiği bölgede oluşabilecek dalga özelliklerini (yükseklik ve periyot) ve oluşma olasılıklarını bilmesi zorunludur. Ancak, çoğu zaman yapının inşa edileceği yerde gerçek dalga ölçümlerinin bulunmaması ya da çok az olması nedeniyle rüzgar verilerini kullanarak dalga tahmini yapılması gerekmektedir.

Gerçek dalga ölçümlerinin eksikliği, kıyı ile ilişkisi olan bütün dünya ülkeleri için bir sorundur. Bu sorunu ortadan kaldırmak için kıyı ile ilişkisi olan birçok batı ülkesi ve Japonya 20-30 yıl kadar önce dalga araştırma programına başlamıştır.

Türkiye gibi, gerçek dalga ölçümleri bulunmayan ülkelerde tasarım dalgasının tahmin edilmesinde rüzgar verilerinden yararlanmak tek çıkar yol olarak görülmektedir. Rüzgar verilerinden dalga tahmini yapmak için kullanılacak rüzgar değerleri ne şekilde alınırsa alınsın (sinoptik haritalardan veya saatlik rüzgar cetvellerinden) kolaylıkla kullanılabilir duruma getirilmelidir.

Son yıllarda kıyıyla ilişkisi olan birçok ülkede ulaşım amacıyla limanlar, büyük dalgakıranlar, doğal kaynaklardan yararlanmak için; petrol platformları ve açık deniz terminalleri yapılmaktadır. Bunun yanısıra, özellikle kıyıların kayalık olmadığı bölgelerde şiddetli aşınmayı önlemek amacıyla koruyucu kıyı duvarları yapmaya gerek duyulmaktadır.

Konuyu Türkiye açısından gözönüne alırsak; sadece Karadeniz Bölgesi'nde barınak ve koruyucu kıyı duvarları yapımı için milyarlarca lira harcanmaktadır. Tasarım dalgası, ayrıntılı bir araştırma yapılmadan belirlendiği takdirde, geriye dönüşü güç ve çözümü pahalı bazı problemlerle karşı karşıya kalınmaktadır. Bu nedenle tasarım dalgasının sağlıklı bir şekilde tahmin edilmesi oldukça önem kazanmaktadır.

Tasarım dalgası tahminini yapabilmek için önem sırasına göre aşağıdaki verilerden en az birinin bilinmesi gereklidir:

- a) Gerçek dalga ölçümleri,
- b) Kıyıda rüzgar ölçümleri,
- c) Gözle yapılan dalga ölçümleri (dalga gözlemleri),
- d) Eşbasınc eğrilerini veren hava haritaları (sinoptik haritalar).

Elde hiç gerçek dalga ölçümü yoksa rüzgar değerlerinden faydalanarak dalga tahmini yapmak gerekmektedir.

Rüzgar verilerinden dalga tahmini yapmak için SMB (SVERDRUP-MUNK-BRETSCHNEIDER), PM (PIERSON-MOSKOWITS) veya BASİTLEŞTİRİLMİ JONSWAP gibi yöntemlerden birisi kullanılabilir.

1.2 Çalışmanın Amacı

Daha önce de belirtildiği gibi birçok ülkelerle birlikte Türkiye'de de deniz yapılarının yapılacağı yörelerde gerçek dalga ölçümleri mevcut değildir. Bu durumda dalga tahmini için iki yol vardır:

- a) Kıyı meteoroloji istasyonu rüzgar verileri yardımıyla yapılan tahminler,

b) Sinoptik harita rüzgar değerleri yardımıyla yapılan tahminler.

Bu çalışmada Doğu Karadenizde bulunan dört meteoroloji istasyonu seçilmiş ve bu istasyonlardaki saatlik rüzgar cetvelindeki değerler dalga tahmininde kullanılabilecek duruma getirilmiştir. Aynı şekilde, binlerce sinoptik haritadan bu istasyonların bulunduğu bölgelere gelen rüzgar değerleri de hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın amacı sürekli dalga etkisi ile aşınmaya maruz Doğu Karadeniz Kıyı Karayolunun güvenli bir şekilde korunabilmesi için inşa edilecek koruyucu kıyı yapılarının projelendirilmesinde gerekli olacak tasarım dalgası özelliklerinin belirlenmesidir.

Bu amaca ulaşmak için şu işlemler yapılmıştır:

1) Doğu Karadeniz Bölgesinde kıyıya yakın dört meteoroloji istasyonu seçilmiş ve istasyonların saatlik rüzgar ortalama cetvelleri değerlendirilmiştir.

2) Bölge bu istasyonların bulunduğu yerleşim yerlerini içine alacak şekilde üç altbölgeye ayrılmış ve bu bölgelere gelebilecek rüzgar değerleri sinoptik haritalardan hesaplanmıştır.

3) Bütün rüzgar değerleri, yön, feç (kabarma uzunluğu) ve süre dikkate alınarak dalgaya dönüştürülmüştür.

4) Tasarım dalgasının seçimi için uzun dönem (ekstrem) istatistik yapılmıştır.

BÖLÜM 2

DALGA TAHMİN YÖNTEMLERİ

Elde gerçek dalga ölçümleri bulunmadığı zaman dalgalar rüzgar verilerinden ya da eşbasınç değerlerini gösteren yer basınç haritalarından hesaplanabilir. Bu işlemler için sinoptik verilerin rüzgar değerlerine dönüştürülmesi, ayrıca saatlik ortalama rüzgar cetvellerinin iyi bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Rüzgarca oluşturulan dalga özelliklerinin tahmini için ilk çalışmalar 19. yüzyılda gerçekleşmiş, 20. yüzyılda da devam edilmiştir (1). Bu tür araştırmalar özellikle 1950 lerden sonra yaygınlaşmıştır. 1917 yılında Svendrup ve Munk tarafından kısmen teorik kısmen de ampirik bir yöntem geliştirilmiştir (2). Bu yöntem, 1958 yılında Bretscheider tarafından kolaylıkla kullanılabilir hale getirilmiş ve yönteme Svendrup-Munk-Bretscheider (SMB) adı verilmiştir.

Aynı yıllarda, rüzgar dalgalarının kısa dönem istatistiksel özellikleri ve rüzgarın dalgalara enerji transferi (enerji spektrumu) konularında araştırmalar yapılmıştır (3, 4).

Yayınlanmış olan dalga tahmin yöntemleri üç gruba ayrılabilir:

a) Bir istatistiksel dalga yüksekliği ve dalga dönemi tahmin (çoğunlukla belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) ve dönemi ($T_{1/3}$)) veren gözlemsel eğriler ya da denklemler (2,5,6).

b) Bir model dalga enerji spektrumu kabul eden, rüzgar verilerini kullanarak dalgaların enerji spektrumunu hesaplayan ve spektrumu kullanarak da belirgin dalga yüksekliği ve dönemini bulan yöntemler (7;8).

c) Karmaşık rüzgar dalgalarını oluşturan birey sinüs dalgalarının yayılmasını, büyümesini ve sönmesini modelleyen yarı kuramsal yarı gözlemsel denklemleri bilgisayarda sayısal çözerek belirli noktalarda birey dalgalarının yüksekliklerini ve yayılma yönlerini daha sonrada yönsel spektrumlarını hesaplayan yöntemlerdir.

Bu çalışmada kullanılan dalga tahmin yöntemleri (a) grubuna dahil olan yöntemlerden SMB yöntemidir. Bu yöntemle beraber diğer bazı yöntemlerde aşağıda açıklanmıştır.

2.1 Ampirik Formüller

Dalga tahmini için ilk ampirik formül 1864 yılında STEVENSON tarafından çıkarılmıştır (1). Burada kabarma uzunluğu (Feç) ve dalga yüksekliği (H) arasında şu bağıntı verilmiştir.

$$H = 1.5F^{1/2} \quad F > 30 \quad (2.1a)$$

$$H = 1.5F^{1/2} + 2.5-F^{1/4} \quad F < 30 \quad (2.1b)$$

Burada H feet, F ise deniz mili cinsinden verilmiştir.

D.A.MOLITOR (10) 1934 de STEVENSON'un formülüne rüzgar hızını da katarak aşağıdaki bağıntıyı bulmuştur. (10).

$$H = 0.17(UF)^{1/2} \quad F > 20 \quad (2.2a)$$

$$H = 0.17(UF)^{1/2} + 2.5-F^{1/4}, \quad F < 20 \quad (2.2b)$$

Burada; H feet, F karamili, U ise karamili/saat cinsinden rüzgar hızı olarak verilmiştir. (1 karamili=1.6935 km, 1 denizmili=1.852 km). ROSSBY ve MONTGOMERY (10) 1935 de şu bağıntıyı vermiştir.

$$H = 0.3U^2/g \quad (2.3)$$

Burada, H dalga yüksekliği (cm); U rüzgar hızı (cm/sn) ve g yerçekimi ivmesidir. (g=9.81 cm/sn²).

Kısa kabarma uzunlukları için BRETSCHEIDER (1) şu formülü önermiştir.

$$H = 0.0241(U^2F)^{1/2} \quad (2.4a)$$

$$T = 0.60(U^2F)^{1/4} \quad (2.4b)$$

$$F_{\min}/T_{\min} = 0.681(U^2F)^{1/4} = 1.14 T \quad (2.4c)$$

Burada, H belirgin dalga yüksekliği (m), T belirgin dalga periyodu (sn), U rüzgar hızı (m/sn), F kabarma uzunluğu (km)

F_{\min} en küçük kabarma uzunluğu (km) ve T_{\min} ise rüzgarın en küçük esme süresidir (saat). Denklem (2.4a) ve (2.4b) kullanılacak kabarma uzunluğu denklem (2.4c) den bulunacak en küçük kabarma uzunluğuna eşit ya da daha küçük olmalıdır.

2.2 Belirgin Dalga Yöntemleri

2.2.1 SMB Yöntemi

Yöntemin esası deniz yüzeyi durumunun istatistiki olarak kısmen teorik kısmen ampirik olarak anlatılmasıdır. Burada esas olan belirgin dalga kavramıdır. Yani belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) ve belirgin dalga periyodu ($T_{1/3}$) dür.

Belirgin dalga yüksekliği : 10-20 dakikalık bir dalga dizisinde en yüksek dalgaların 1/3 ünün yüksekliklerinin ortalamasıdır. Belirgin dalga periyodu

Belirgin dalga periyodu: Bu dalga dizisindeki en yüksek dalgaların 1/3 ünün periyotlarının ortalamasıdır (6). Rüzgar enerjisinin deniz suyu üzerine aktarılması, diferansiyel denklemlerle ifade edildikten sonra, bu denklemlerin çözümü doğadan elde edile ölçüm verileri ile sağlanabilmektedir (6). Bu yöntemle göre, veriler bir rüzgar hızının meydana getirebileceği dalganın yüksekliği ve periyodu, kabarma uzunluğu ve süreye bağlı olarak bulunabilmektedir (6). Burada dikkat edilecek husus kabarma uzunluğu ya da fırtına süresinden hangisi dalganın tam olarak büyümesini sınırlıyorsa o anda okunan değerler dalga parametreleridir.

SMB yöntemi ile ilgili denklemler (6):

$$\frac{g H}{U^2} = 0.283 \tanh \left[0.0125 \left(\frac{g F}{U^2} \right)^{0.42} \right] \quad (2.5)$$

$$\frac{g T}{2\pi U} = 1.20 \tanh \left[0.077 \left(\frac{g F}{U^2} \right)^{0.25} \right] \quad (2.6)$$

ve

$$\frac{g t}{U} = K \exp \left\{ \left| A \left(\ln \left(\frac{g F}{U^2} \right) \right)^2 - B \ln \left(\frac{g F}{U^2} \right) + C \right|^{1/2} + D \ln \left(\frac{g F}{U^2} \right) \right\} \quad (2.7)$$

Burada;

H belirgin dalga yüksekliği (m), U Rüzgar hızı (m/sn), g yerçekimi ivmesi (m/sn^2), F kabarma uzunluğu (km), T belirgin dalga periyodu (sn), t Fırtına (rüzgar) süresi (saat), $K=6.5882$, $A=0.0161$, $B=0.3692$, $C=2.2024$, $D=0.8798$ dir. Bu denklemlerden kabarma uzunluğu, rüzgar hızı ve süresi bilindiği takdirde dalga yüksekliği ve dalga periyodu hesaplanabilmektedir. Dalga hesabında kullanılan denklemler bir takım eğrilerden oluşan abaklar haline getirilmiştir. (Şekil 2.1).

SMB grafik yöntemiyle dalga hesabı yaparken genellikle şu durumlarla karşılaşılır:

a) Fırtına tek faz halinde ise yatay eksenden Feç, düşey eksenden rüzgar hızı alınarak Feç veya fırtına süresi değerlerinden birinin kestiği noktada yükseklik ve periyot değerleri okunur.

b) Fırtına basamaklar halinde ise ve hız artıyorsa fırtınanın ilk basamağındaki değerler (a) 'daki gibi hesaplanır. Bu noktadan enerji çizgisine paralel olarak U_2 hızına kadar çıkılır. Bu noktadaki t_m değeri okunur. $t=t_m+t_2$ hesaplanır U_2, t, F_2 değerlerini kullanarak ikinci basamak sonundaki fırtına parametreleri okunur.

c) Fırtına basamaklar halinde devam ediyor ve hız azalıyorsa (b) de anlatılan durumun tersine U_2 değerine kadar inilir ve t_m değeri okunur, (b) deki gibi işleme devam edilir. Şayet daha önce Feç uzunluk eğrisini keserse bu noktadan doğrudan U_2 değerine inilerek fırtına parametreleri hesaplanır. (6).

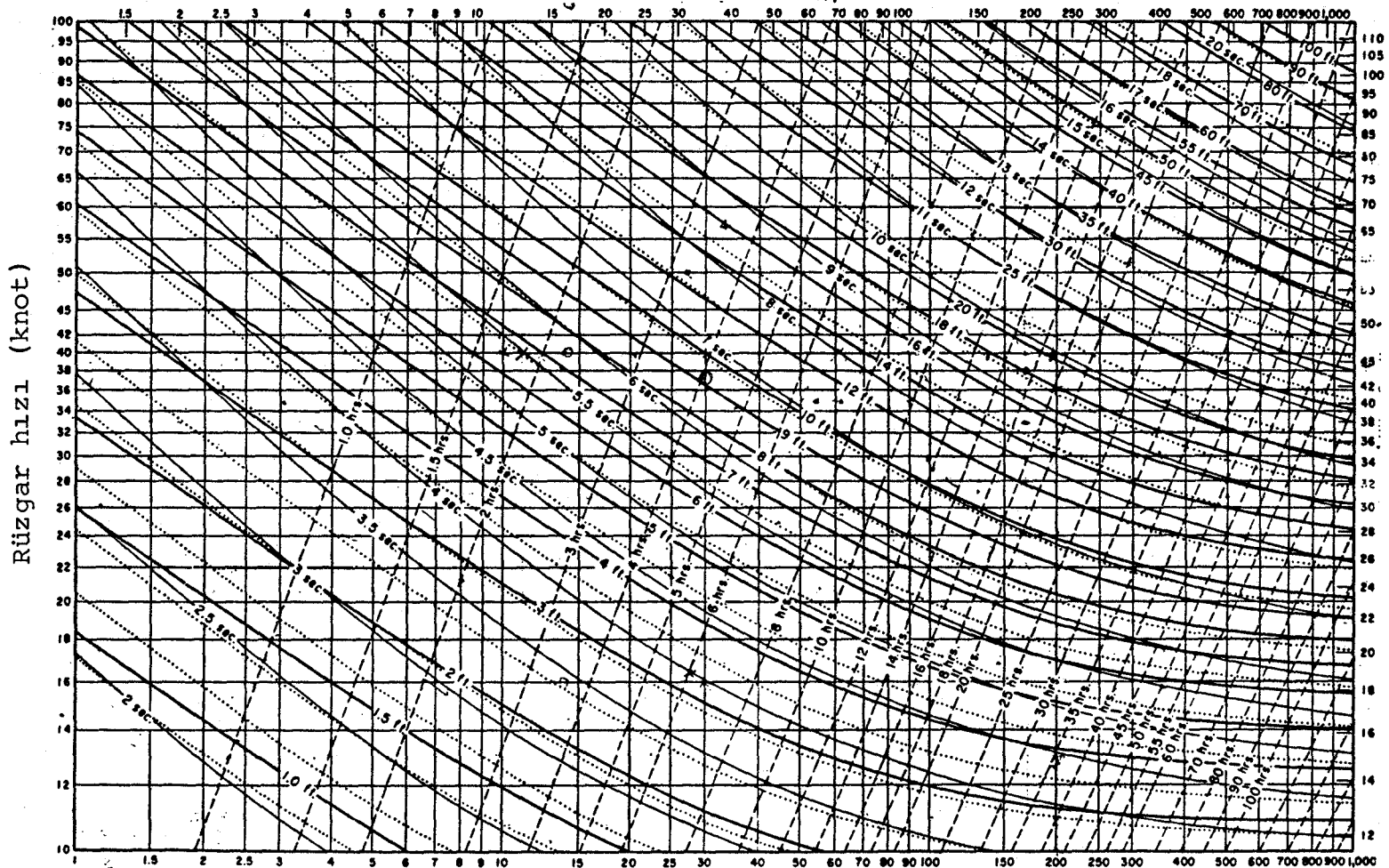
Bu üç durumu içeren bir örnek aşağıda verilmiştir:

a) Fırtına tek faz halinde ise:

$U_{10} = 30$ knot (deniz mili/saat), $F=250$ denizmili, $t=6$ saat
(Şekil 2.1 den) $H_{1/3}=8.1$ feet, $T_{1/3}=6.3$ sn bulunur.

b) Fırtına devam ediyor ancak hız artıyorsa:

$(U_{10})_1=30$ knot, $F_1=250$ deniz mili, $T_1=6$ saat, $(U_{10})_2=40$ knot
Feç ve süre sabit. (Şekil 2.1 den) $(H_{1/3})_1=8.1$ feet, $(T_{1/3})_1=6.3$



Rüzgar hızı (knot)

Belirgin yükseklik (feet)

Belirgin periyot (sn)

Min süre (saat)

Sabit

Feç uzunluğu (deniz mili)

$t_m = 2.6$ saat, $t = t_m + t_2 = 8.6$ saat, Şekil 2.1 den okunan değerler

$(H_{1/3})_2 = 15$ feet, $(T_{1/3})_2 = 8.5$ sn bulunur.

c) Fırtına devam ediyor ancak hız azalıyorsa:

$(U_{10})_1 = 40$ knot, $F_1 = 200$ deniz mili, $t_1 = 8$ saat, $(U_{10})_2 = 30$ knot
 $F_2 = 150$ deniz mili, $t_2 = 6$ saat (Şekil 2.1 den)

$(H_{1/3})_1 = 14.5$ feet, $(T_{1/3})_1 = 8.4$ saniye bulunur. İkinci basamakta
 feç sınırladığı için doğrudan U_2 değerine inilir ve dalga parametreleri okunur. $(H_{1/3})_2 = 13$ feet, $(T_{1/3})_2 = 7.9$ sn bulunur.

$F_2 = 1000$ deniz mili olsaydı feç sınırlamayacağı için $t_m = 20$ saat
 değeri okunurdu. $t = 20 + 6 = 26$ saat buradan $(H_{1/3})_2 = 15.1$ feet,
 $(T_{1/3})_2 = 8.2$ sn bulunur.

2.2.2 Basitleştirilmiş JONSWAP Yöntemiyle Dalga Hesabı

Bu yöntem temelde SMB yöntemine benzemekle birlikte U_{10} hızı yerine $U_{19.5}$ ve U_A rüzgar hızlarını kullanarak sonuca ulaşılmaktadır. Yöntem aşağıda özetlenmiştir.

$$U_A = 0.71 (U_{10})^{1.23} \quad (2.8)$$

$$F_{FAS} = 16 (U_{19.5})^{3/2} \quad (2.9)$$

$$t_{FAS} = 11.1 (U_{19.5})^{1/2} \quad (2.10)$$

Burada, F_{FAS} tam kabarmış deniz durumuna erişebilmek için gerekli olan kabarma uzunluğu (km), t_{FAS} tam kabarmış deniz durumuna erişebilmek için gerekli olan rüzgar süresi (saat).

F_{FAS} ve t_{FAS} değerleri hesaplandıktan sonra bu değerleri, hesap başlangıcındaki feç ve fırtına süresi (F ve t) değerleriyle karşılaştırmak gerekmektedir.

$F \geq F_{FAS}$ ve $t \geq t_{FAS}$ ise:

$$\frac{gH_{m_0}}{U_A^2} = 2.433 \times 10^{-1} \quad (2.11)$$

$$\frac{gT_m}{U_A} = 8.134 \quad (2.12)$$

Denklemleri kullanılarak H_{m_0} ve T_m değerleri hesaplanır.

Eğer $F < F_{FAS}$ veya $t < t_{FAS}$ ise:

$$\frac{gH_{m_0}}{U^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left(\frac{gF_j}{U_A^2} \right)^{1/2} \quad (2.13)$$

$$\frac{gT_m}{U_A} = 2.857 \times 10^{-1} \left(\frac{gF_j}{U_A^2} \right)^{1/3} \quad (2.14)$$

$$\frac{gt_m}{U_A} = 68.8 \left(\frac{gF_m}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (2.15)$$

Denklemlerin kullanılışı şu şekildedir:

Önce (2.15) denkleminde $t_m = t$ değeri için F_m değeri hesaplanır. Şu karşılaştırma (test) yapılır:

$F_m < F$ ise $F_j = F_m$
eğer, $F_m > F$ ise $F_j = F$ alınarak denklem (2.13) ve (2.14) den H_{m_0} ve T_m değeri çözülür.

Sonuçta:

$$(H_{1/3})' = H_{m_0} \quad (2.16)$$

$$(T_{1/3})' = 0.95 T_m \quad (2.17)$$

$$t' = t_m \quad (2.18)$$

$$F' = F_j = F_m \text{ bulunur.} \quad (2.19)$$

Fırtına tek faz halinde devam ediyorsa dalga parametrelerini bulmak kolaydır. (2.8) ile (2.17) arasındaki denklemleri kullanarak bulunabilir. Fırtına basamaklar halinde devam ediyorsa durum daha karışıktır.

Söyleki;

Gerçek fırtına değerleri:

$$U_1, F_1, t_1$$

$$U_2, F_2, t_2$$

$$U_3, F_3, t_3$$

v.b. gibi birkaç basamak halinde ise, U_1, F_1, t_1 değerleri ile (2.8) (2.17) denklemleri yardımıyla $(H_1)', (T_1)', F_1', t_1'$ değerleri hesaplanır.

$$K = (H_1)'^2 \left(\frac{(T_1)'}{0.95} \right)^2 \quad (2.20)$$

(2.20) bağıntısından K değeri hesaplanarak

$$K = H_{m0}^2 T_m^2 \quad (2.21)$$

$$K = 2.089 \times 10^{-7} \frac{F_j^{5/3} U_A^{8/3}}{g^{7/3}} \quad (2.22)$$

(2.22) bağıntısında $(U_A)_2$ değeri yerine konarak F_j değeri bulunur. F_j değeri denklem (2.15) de yerine konarak t_m değeri bulunur.

$$t_m = t_m + t_2 \quad (2.23)$$

değeri hesaplanır. $(U_2)_{19.5}$ değeri denklem (2.9) ve (2.10) da yerine konarak $(F_{FAS})_2$ ve $(t_{FAS})_2$ değerleri hesaplanır. Denklem (2.23) den bulunan t_m değeri denklem (2.15) de yerine konarak F_m değeri hesaplanır. Bu adımdan sonra şu kriterlere göre işleme devam edilir.

Eğer $F_m < F_2$ ve $F_m > F_{FAS}$ ise;

F_{FAS} ve $(U_2)_A$ değerleri ile denklem (2.17) den $(H_{m0})_2$ ve $(T_m)_2$ değerleri hesaplanır.

Sonuçta:

$$(H_{1/3})_2 = (H_{m0})_2$$

$$(T_{1/3})_2 = 0.95 (T_m)_2$$

$$t'_2 = t_{FAS}$$

$$F'_2 = F_{FAS}$$

alınır.

Eğer $F_m < F_2$ ve $F_m < F_{FAS}$ ise:

F_m ve $(U_2)_A$ değerleri ile denklem (2.13) ve (2.14) den $(H_{mO})_2$ ve $(T_m)_2$ değerleri bulunur.

$$\text{Sonuçta; } (H_{1/3})_2 = (H_{mO})_2$$

$$T_{1/3} = 0.95 (T_m)_2$$

$$t'_2 = t_m$$

$$F'_2 = F_m$$

alınır.

Eğer $F_m > F_2$ ve $F_2 > F_{FAS}$ ise;

$(U_2)_2$ ve F_{FAS} değerlerini denklem (2.11) ve (2.12) ye uygulayarak $(H_{mO})_2$ ve $(T_m)_2$ değerleri hesaplanır.

Sonuçta;

$$(H_{1/3})_2 = (H_{mO})_2$$

$$(T_{1/3})_2 = 0.95 (T_m)_2$$

$$t'_2 = t_{FAS}$$

$$F'_2 = F_{FAS}$$

alınır.

Eğer $F_m > F_2$ ve $F_2 < F_{FAS}$ ise;

$(U_2)_A$ ve F_2 kullanılarak denklem (2.13) ve (2.14) den $(H_{mO})_2$, $(T_m)_2$ değerleri hesaplanır.

Sonuçta;

$$(H_{1/3})_2 = H_{mO}$$

$$(T_{1/3})_2 = 0.95 (T_m)_2$$

$$t'_2 = t_{m2}$$

$$F'_2 = F_2$$

alınır.

Yukarıda teorik olarak anlatılan Basitleştirilmiş JONSWAP yönteminde, dalga hesabı formülleri abaklar halinde de verilmiştir. Abaklarda düşey eksenden U_A , yatay eksenden kabarma uzunluğu alınarak abak üzerindeki eğrilerden dalga parametreleri bulunur. Bu abak iki şekilde düzenlenmiştir. Bunlardan birincisinde: Rüzgar hızı (U_A) (m/sn), Kabarma uzunluğu (km), Dalga yüksekliği (m), fırtına süresi (saat), dalga periyodu (sn) cinsindedir. (Şekil 2.2).

İkinci abakta ise rüzgar hızı deniz mili/saat, fırtına süresi (saat), kabarma uzunluğu (deniz mili) dalga yüksekliği (feet) cinsindedir. (Şekil 2.3). (9).

Örnek: (Grafik çözüm için)

$$U_{10} = 20 \text{ m/sn}, F=200 \text{ km}, t=8 \text{ saat}$$

$$U_A = 0.71 \times (U_{10})^{1.23} = 28.3 \text{ m/sn}$$

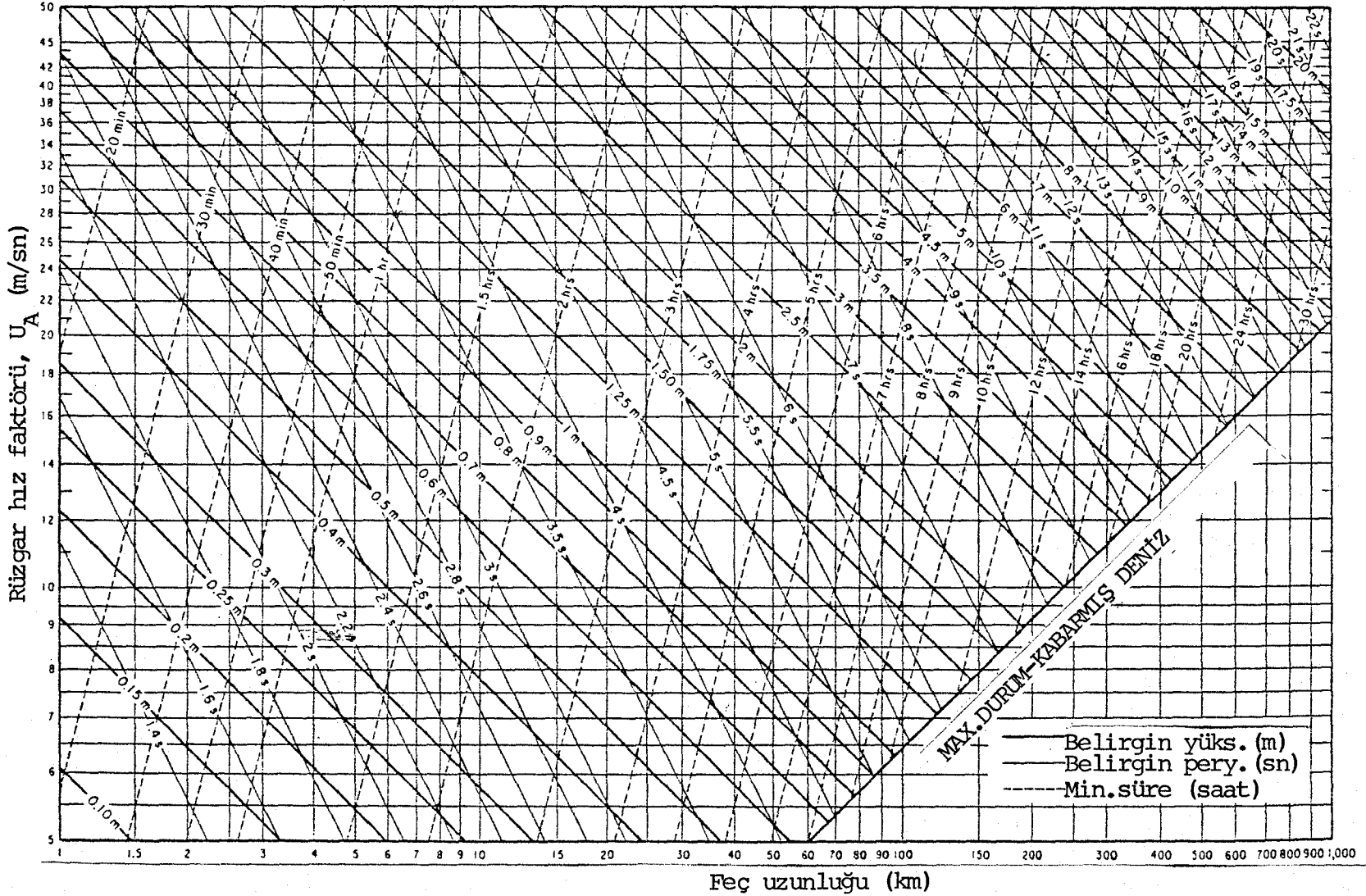
(Şekil 2.2 den) $H_{1/3} = 5.4 \text{ m}$, $T_{1/3} = 9.9 \text{ sn}$ bulunur.

Basamaklar halinde devam eden fırtınalardan dalga hesapları için enerji çizgisi ($H^2 T^2 = \text{sabit}$) bulunmadığından bu yöntemi grafik olarak kullanmak uygun olmamaktadır.

2.3 Dalga Spektrumu Yöntemi

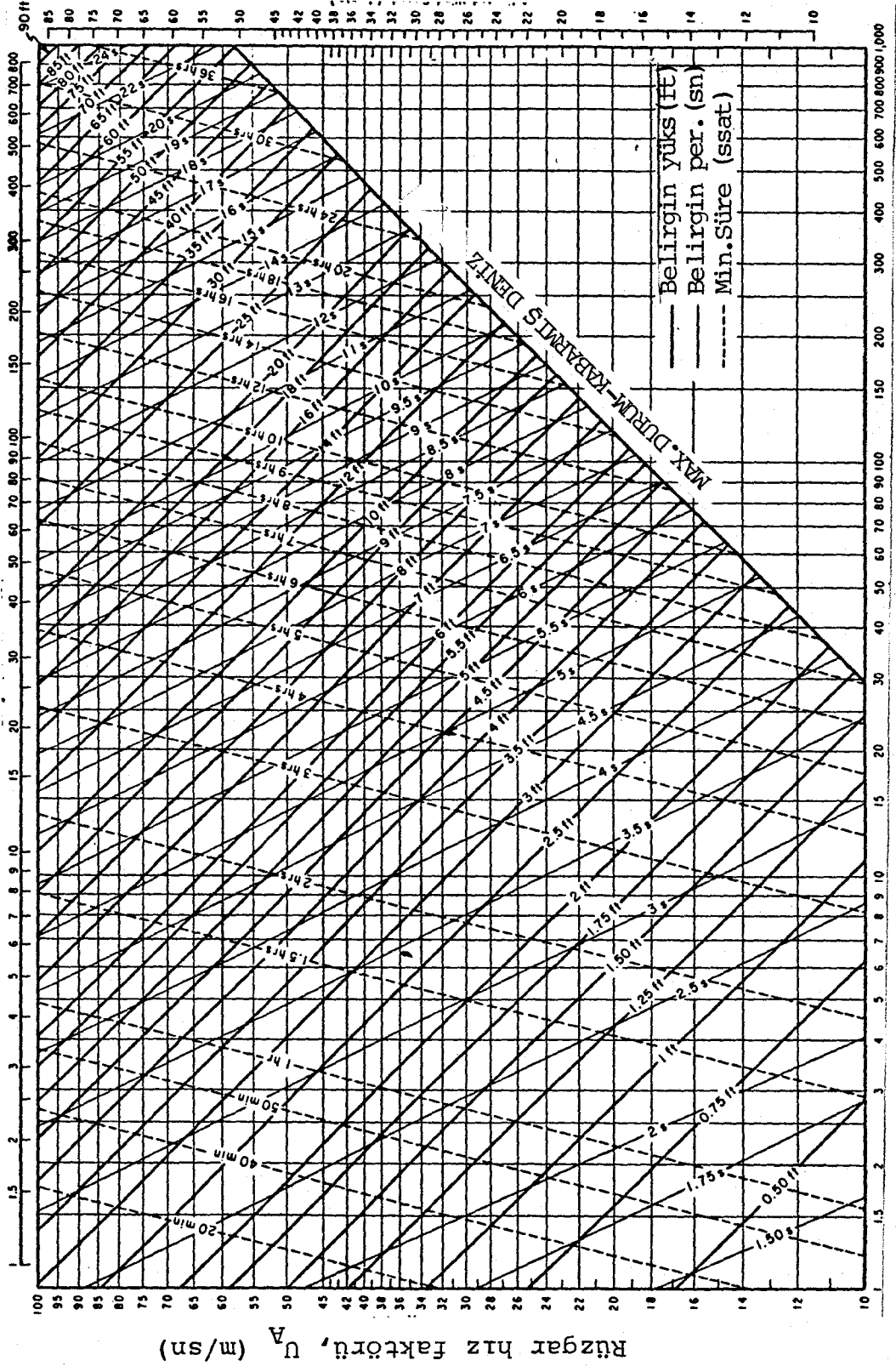
a. Kabarmış deniz:

Bu yöntem rüzgarın dalgalar üzerinde meydana getirdiği toplam enerji yoğunluğunun matematiksel olarak ifade edebilme kavramını getirmektedir. Değişik rüzgar hızlarına ait spektrumların boyutsuz değişkenler kullanılarak anlatılabileceğini ileri süren PIERSON ve MOSKOWITZ (10) PM dalga spektrumu olarak bilinen denklemi elde etmişlerdir.



Şekil 2.2: Abaklaştırılmış JONSWAP yöntemi

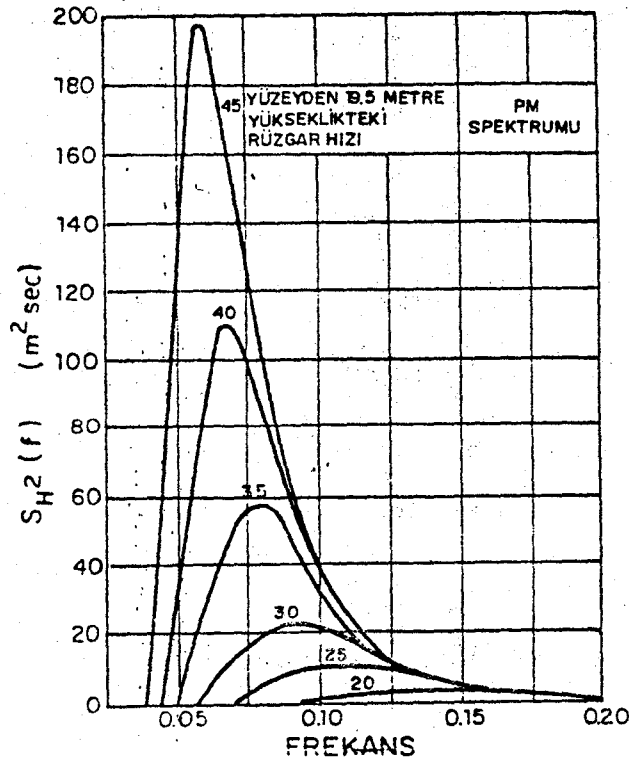
Feç uzunluğu (deniz mili)



Şekil 2.3: Abaklaştırılmış JONSWAP yöntemi

$$S_{H^2}(\omega)d\omega = \frac{\alpha g^2}{\omega^5} \exp\left\{-\beta\left(\frac{g}{\omega U_{19.5}}\right)^4\right\} d\omega \quad (2.24)$$

Burada; $S_{H^2}(\omega)$ dalgaların içerdiği enerjiyi ($m^2 sn$), ω açısal dalga frekansını ($\omega=2 f$, f dalga frekansı), g yerçekimi ivmesini ($g=9.81 m/sn^2$), $U_{19.5}$ deniz yüzeyinden 19.5 m yükseklikteki rüzgar hızını (m/sn) simgelemektedir. α ve β boyutsuz katsayılar olup, tam kabarmış deniz için değerleri PIERSON ve MOSKOWITZ tarafından $\alpha=0.0081$ ve $\beta=0.74$ olarak belirlenmiştir. Çeşitli rüzgar hızları için kabarmış deniz spektrumları Şekil 2.4 de verilmiştir.



Şekil 2.4

Denklem (2.24) ün $0 < f < \infty$ arasındaki integrali fiziksel anlamda, birim deniz alanına düşen dalga enerjisinin bir göstergesi olup, belirgin dalga yüksekliğinin karesi ile orantılıdır (9)

$$\int_0^{\infty} S_{H^2}(\omega)d\omega = \left(\frac{1}{4} H_{1/3}\right)^2 \quad (2.25)$$

Denklem (2.25) deki integralin çözümünden sonra belirgin dalga yüksekliğini rüzgar hızına bağlayan ilişki aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$H_{1/3} = \frac{2}{g} \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^{1/2} U_{19.5}^2 \quad (2.26)$$

PM Spektrumunun frekans değişkeni, $\omega = 2\pi/T$ ve $d\omega = 2\pi dT/T^2$ eşitlikleri kullanılarak dalga dönemi değişkenine çevrilebilir.

$$T_{1/3} = \left(\frac{9}{16\beta}\right)^{1/4} \frac{2\pi}{g} U_{19.5} \quad (2.27)$$

Bir fırtınada tam kabarmış deniz durumunun oluşması için gerekli kabarma uzunluğu ve fırtına süresi söz konusu fırtınanın şiddet ne bağlıdır. Bu ilişki aşağıdaki denklemlerde verilmektedir. (10)

$$F_{FAS} = 16.0 U_{19.5}^{3/2} \quad (2.28)$$

$$t_{FAS} = 11.1 U_{19.5}^{1/2} \quad (2.29)$$

Denklem (2.28) ve (2.29) da $U_{19.5}$ (m/sn) olarak kullanılmaktadır. Burada F_{FAS} (km), t_{FAS} ise (saattir).

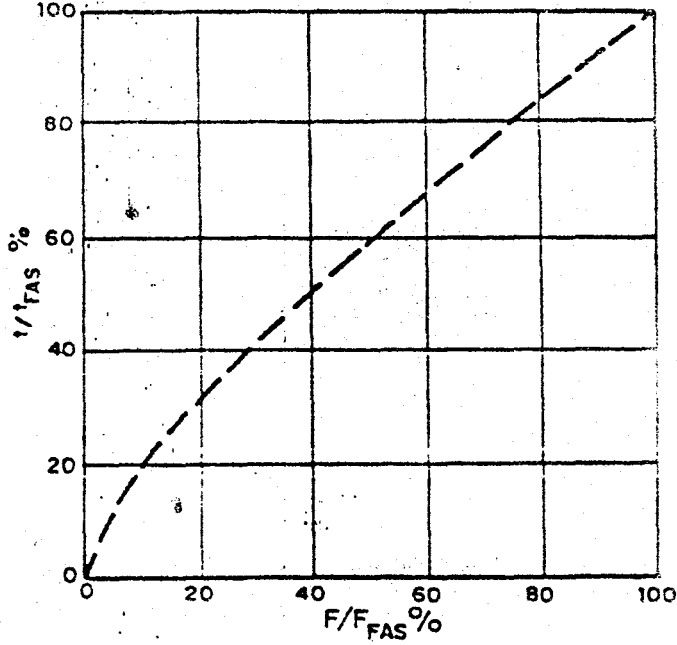
b. Gelişmekteki deniz:

Bir fırtınada kabarma uzunluğu ve fırtına süresi denklem (2.28) ve (2.29) dan hesaplanan değerlerden daha küçük ise, denizin denge durumu olan kabarmış deniz durumuna erişilemez. Gelişmekteki deniz durumunda boyutsuz α ve β katsayıları gözlemsel ve rilere dayanılarak sınırlı kabarma uzunluğunun tam kabarma uzunluğuna oranına göre verilmektedir. (10).

$$\alpha = 0.0081 \left(\frac{F}{F_{FAS}}\right)^{-0.194} \quad (2.30)$$

$$\beta = 0.1 \exp \ln 7.4 \left(\frac{F}{F_{FAS}}\right)^{-0.284} \quad (2.31)$$

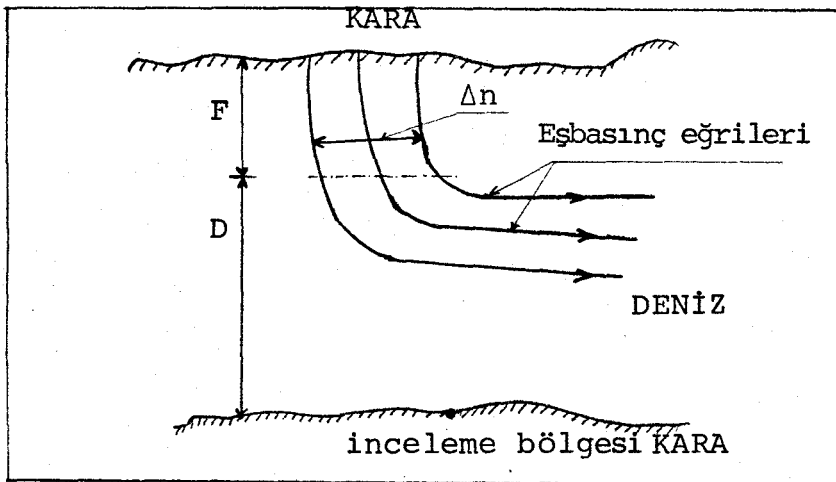
α ve β bulunduktan sonra denklem (2.26) dan belirgin dalga yüksekliği, denklem (2.27) den de belirgin dalga periyodu hesaplanabilir. Kabarma uzunluğunun sınırlı olmadığı ancak fırtına süresinin denklem (2.29) dan hesaplanan değerden küçük olduğu durumlarda, süreden dolayı meydana gelen bu sınırlama Şekil 2.5 den yararlanarak kabarma uzunluğu üzerine aktarılabilir. Sınırlamanın etkisi böylece denklem (2.30) ve (2.31) de içerilmiş olur.



Şekil 2.5: Kabarma uzunluğu sınırlamasıyla fırtına süresi sınırlaması arasındaki ilişki

2.4 Gecikme (Decay) Uzaklığı Ölçülmüş Fırtınalardan Dalga Tahmini (Ölüdeniz Hali)

Bir sinoptik basınç haritası değerlendirilirken kıyıdaki bir bölgede harita üzerinde rüzgar olmadığı görülmesine rağmen deniz üzerinde dalga gözlenmesi mümkündür. Bunun sebebi ise deniz üzerinde kıyıdan belirli bir uzaklıkta bir fırtınanın olması, ancak izobarların kıyı noktası üzerine gelmeden yön değiştirmesidir. Bunu Şekil 2.6 da görmek mümkündür.



Şekil 2.6: Ölü deniz hali

Gecikme uzunluğu ölçülmüş fırtınaların değerlendirilmesinde F feç, U rüzgar hızı ve D gecikme uzunluğudur. Bu fırtınalarla dalga hesabı yapılırken önce F, U, t değerlerini kullanarak SMB veya başka bir yöntemle F mesafesi sonundaki belirgin dalga yüksekliği ve periyodu ($H_{1/3}$ ve $T_{1/3}$) hesaplanır. Burada

$$H_F = H_{1/3}$$

$$T_F = T_{1/3}$$

olarak alınır. Bu değerler F uzunluğu sonundaki dalga parametreleridir. Ancak bu dalgalar kıyıya gelene kadar bazı değişikliğe uğrayacaktır. D mesafesi sonundaki dalga parametreleri (H_D ve T_D) Şekil 2.7 kullanılarak gecikme süresi t_D ise Şekil 2.8 kullanılarak bulunur.

Örnek: Bir ölüdeniz halinde sinoptik harita üzerinden ölçülen değerler

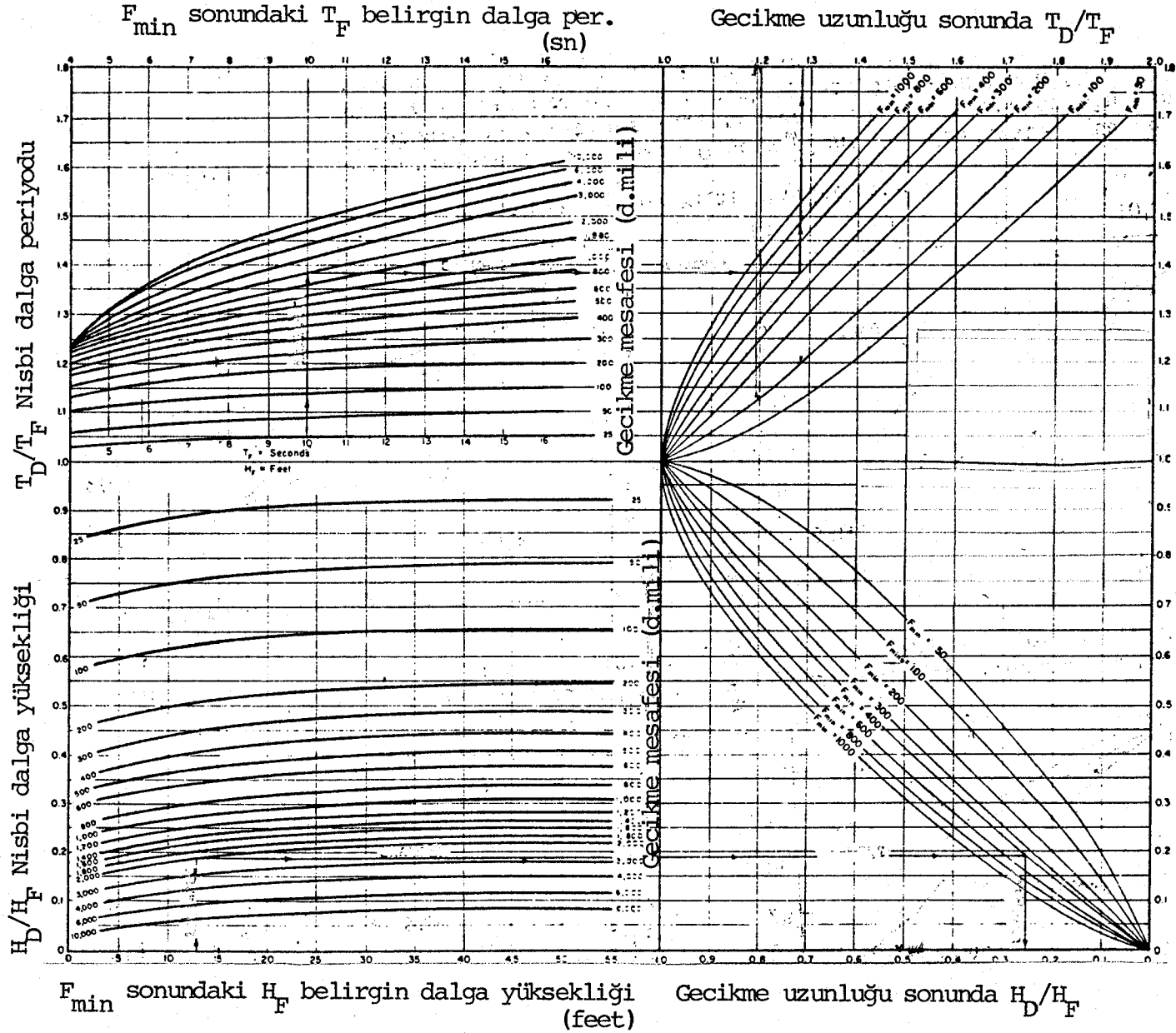
F =100 denizmili, U_{10} =40 knot, t=6 saat, D=300 denizmili olduğuna göre dalga parametreleri aşağıdaki gibi hesap edilir. feç uzunluğu (F) sonundaki dalga parametreleri Şekil 2.1 den

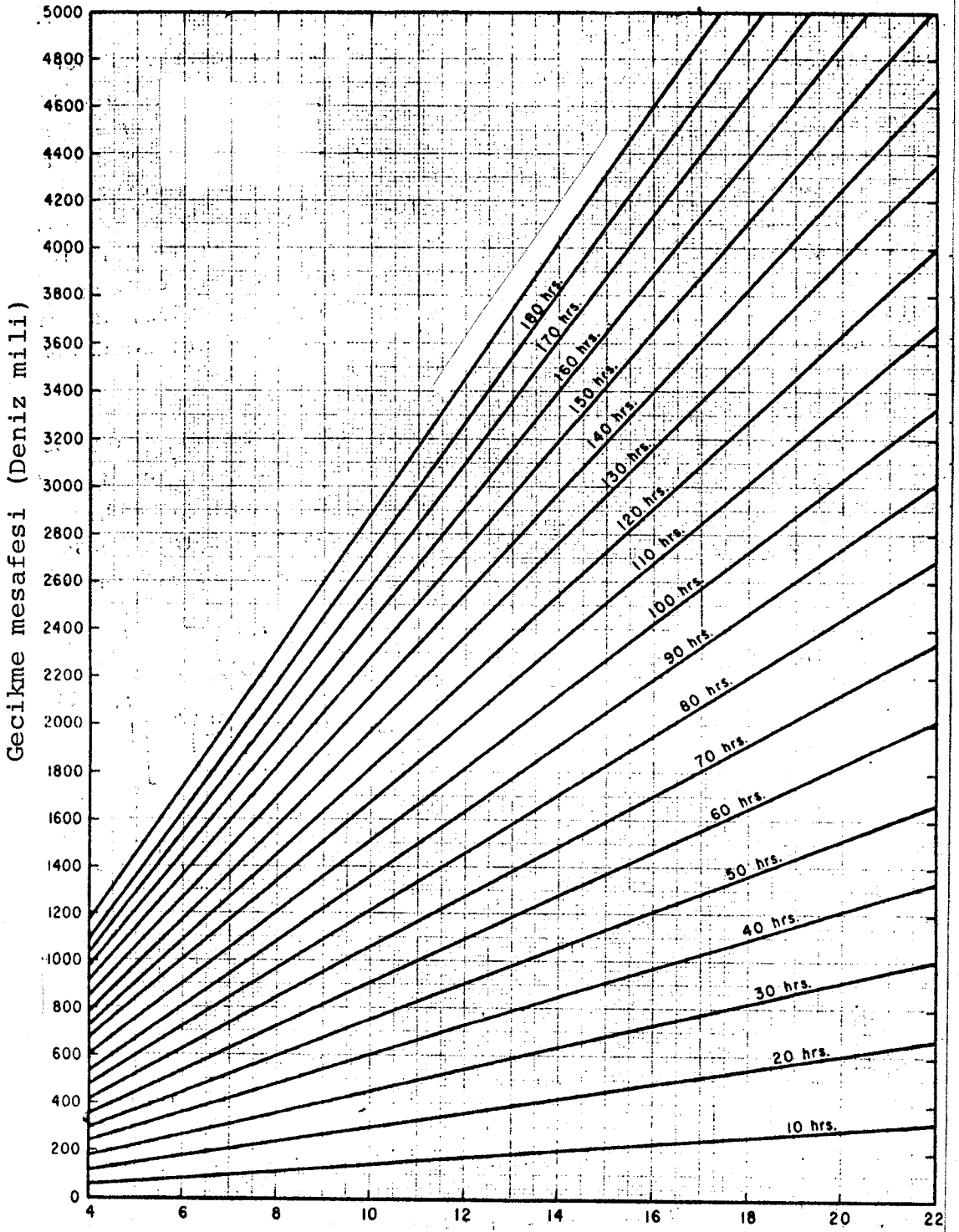
$$H_F = 12.7 \text{ feet}, T_F = 7.7 \text{ sn}$$

bulunur. Şekil 2.7 ve 2.8 kullanılarak bu değerler gecikme uzunluğu sonundaki değere çevrilirse

$$H_D = 4.4 \text{ feet}, T_D = 9.8 \text{ sn}, t_D = 25 \text{ saat}$$

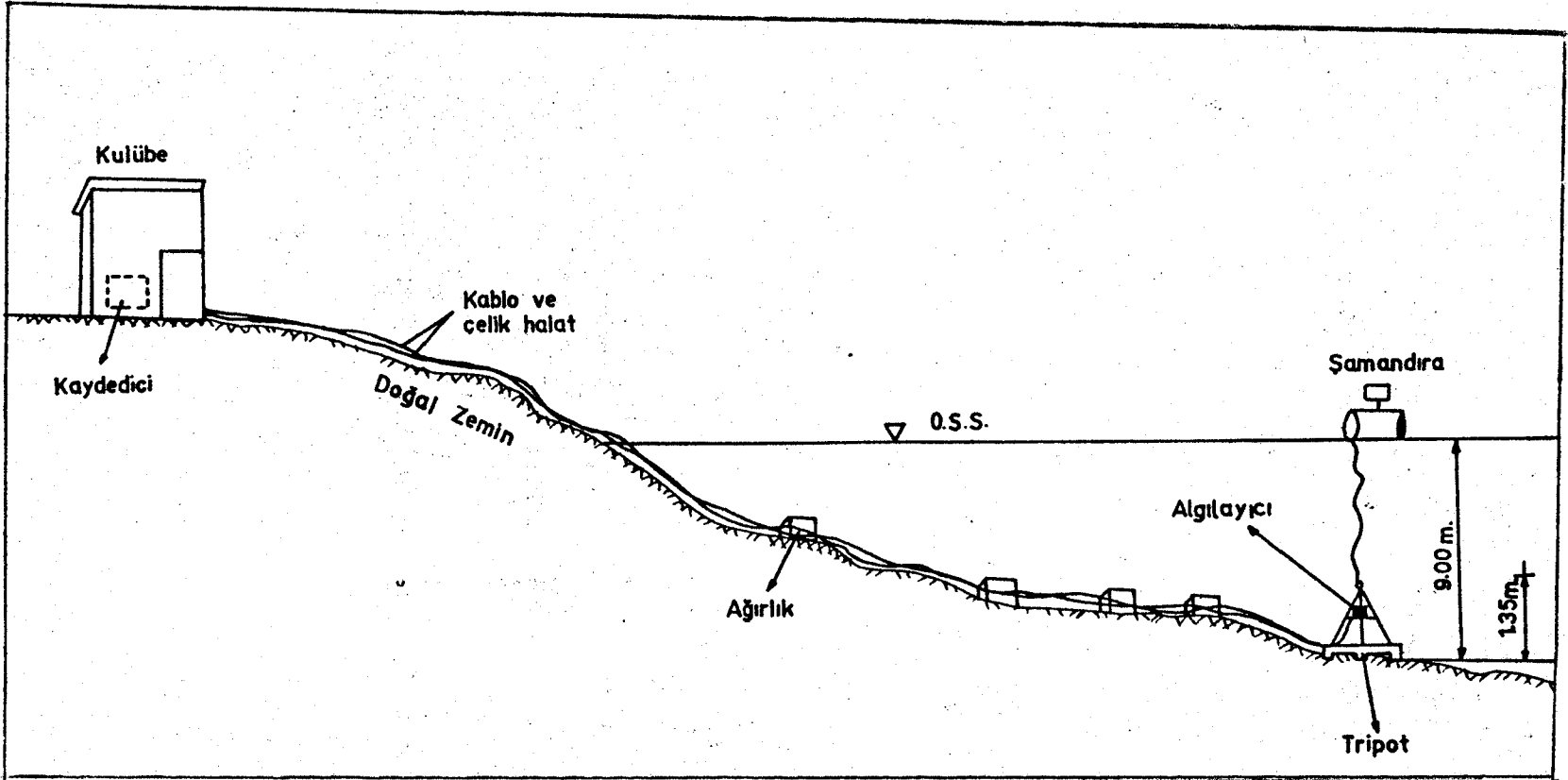
bulunur.





Gecikme uzunluğu sonundaki dalga periyodu T_D (sr

Şekil 2.8: Ölü deniz halinde gecikme zamanının bulunması



Şekil 3.2: Denize yerleştirilmiş bir dalga kaydedici şeması

BÖLÜM 4

VERİLERİN ANALİZİ

4.1 Kıyı Meteoroloji İstasyonlarında Ölçülen Rüzgar Verileri ve Analizi

Rüzgar verileri (rüzgar hızı, yönü ve süresi) rasat istasyonlarına yerleştirilen rüzgar ölçüm aletleriyle (Anemograf) yapılan kayıtlardan alınmaktadır. Dalga hesaplarının yapılmasında kullanılacak rüzgar ölçümleri deniz kıyısında veya kıyıya yakın rasat istasyonlarında toplanan ölçümlerdir. Bu istasyonlar deniz yüzeyine göre farklı yüksekliklerde bulunmaktadır. Bu tür istasyonlardaki kayıtlardan elde edilen rüzgar verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİGM) tarafından saklanmaktadır. Anemograf kayıtlarından aşağıda belirtilen üç biçimde bilgi toplanmakta ve saklanmaktadır.

1) Her fırtınanın en yüksek hız değeri, yönü ve süresi "Aylık Klimatolojik Rasat Cetvelleri"nde toplanmaktadır.

2) Günün bütün saatlerine göre rüzgarın hızı ve yönü alınarak "Saatlik Rüzgar Cetvelleri" hazırlanmaktadır. Burada verilen değerler her saat aralığındaki rüzgar hızlarının ortalamasıdır.

3) Her üç saatte bir rüzgar hızı değerleri alınarak "Sinoptik Hız Cetvelleri" hazırlanmaktadır. Burada verilen hız değerleri her üç saat aralığındaki ortalama değerler olmayıp, sözü edilen saatin civarında 10 dakikalık süre için bulunan ortalama hız değeridir.

Dalga tahmini çalışmalarında rüzgarın hızını ve yönünü sürekli olarak veren "Saatlik Rüzgar Cetvelleri" kullanılması uygundur (9). Saatlik rüzgar cetvellerine örnek olarak Ordu Meteoroloji İstasyonuna ait Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan saatli rüzgar cetveli Tablo 4.1 de verilmiştir. Bu kayıtlardan yararlanarak rüzgar verilerinin yönlere göre istatistiksel dağılımı elde edilmektedir. Bu dağılımlar "Ekstrem Dalga Dağılımı" çalışmalarında kullanılmaya uygundur.

Rüzgârın Günün Bütün Saatlerine Göre Yönü ve Hızı Dökümü Tablosu

Jiruet ve Fırıldığın Yerden Yüksekliği: 12 Aletin Adı: ... Modeli: ... Markası: K.P.

Saat	Gün																								Ortalama	Günlük en yüksek	
Gün	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	hür	hür	
1	17	10	05	0	0	05	18	16	02	03	17	10	10	06	05	01	0	15	15	14	17	13	12	11	216	350	
2	21	19	18	20	17	20	20	12	09	0	0	0	0	0	0	0	02	14	05	13	13	16	15	12	216	33	
3	08	15	08	15	18	16	09	02	02	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18	08	16	14	13	09	216	34	
4	07	07	18	15	16	07	10	02	10	01	01	04	05	06	06	05	05	03	14	03	08	05	05	09	137	37	
5	09	08	08	05	02	11	21	17	08	02	05	15	21	13	12	10	03	06	0	0	02	0	01	0	154	44	
6	0	0	0	01	01	04	01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	03	0	0	0	0	113	64	
7	20	13	12	04	24	16	24	19	15	10	14	22	29	19	20	33	45	31	21	05	05	08	12	09	440	94	
8	04	01	0	03	08	13	05	06	10	03	0	0	0	0	0	0	0	04	02	06	10	03	07	13	13	130	44
9	15	19	17	18	17	17	20	21	06	0	0	0	0	0	0	0	0	01	13	15	16	03	13	21	14	64	56
10	12	08	10	17	10	18	20	10	10	0	0	02	32	24	18	10	01	11	06	01	01	01	0	14	157	108	
Toplam	110	100	104	93	113	127	148	103	96	30	49	57	63	69	139	107	65	119	100	93	90	81	106	119	248	2	
11	39	16	05	63	48	26	24	11	07	05	18	37	34	31	31	26	30	25	29	06	01	01	08	06	501	110	
12	02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167	167
13	30	25	30	17	25	24	20	24	21	25	24	18	16	05	15	22	23	21	29	25	24	19	20	21	209	80	
14	22	28	19	21	21	24	23	30	36	34	35	35	25	18	01	0	05	20	19	18	17	18	21	21	209	62	
15	22	18	22	18	16	16	25	22	21	16	03	04	16	13	0	01	0	17	20	14	18	14	13	03	538	51	
16	08	07	03	06	05	10	10	09	11	09	0	02	01	0	02	0	0	0	0	04	18	25	23	39	192	70	
17	38	30	37	35	31	36	38	26	29	39	48	36	32	36	19	22	30	25	19	16	21	24	13	20	217	91	
18	10	13	12	11	08	07	06	08	04	08	07	03	06	01	05	03	02	03	11	07	17	21	27	11	111	50	
19	13	14	14	17	16	09	21	16	13	04	01	0	04	0	0	0	0	0	0	05	06	04	0	0	217	53	
20																										76	76
Toplam	125	158	142	129	103	167	157	150	100	100	102	132	160	120	100	102	106	116	120	119	140	106	100	104	200	20	
21	20	11	08	06	13	12	07	09	12	17	17	09	12	10	08	04	14	06	14	12	12	10	07	11	261	54	
22	16	18	16	18	14	21	11	11	15	05	08	10	14	14	20	30	30	32	36	36	15	34	45	41	169	110	
23	41	36	30	35	62	34	50	78	64	58	59	39	34	41	23	37	41	50	60	37	34	42	29	23	100	145	
24	17	16	23	22	03	07	12	18	33	25	13	17	21	16	12	19	13	14	17	23	20	25	27	17	178	65	
25	31	20	21	23	24	28	28	22	22	19	08	19	17	17	08	07	38	24	06	08	18	19	13	17	152	60	
26	15	11	18	20	17	12	28	29	30	33	35	44	34	18	13	16	16	14	13	16	14	08	10	18	27	60	12.5
27	18	11	16	04	11	13	06	12	15	09	11	06	17	02	15	09	26	17	23	30	24	22	25	25	20	15	64
28	21	21	15	16	18	13	12	16	17	20	27	29	25	24	19	16	17	16	22	14	23	12	16	23	45	15	63
29	22	14	24	23	28	25	23	14	17	13	15	19	28	26	24	29	29	27	22	25	32	25	24	28	32	15	84
30	27	24	30	31	28	31	27	33	24	19	0	0	0	0	0	0	0	10	20	18	16	18	09	01	165	72	
31	24	36	33	37	24	24	32	26	21	60	50	15	09	05	09	11	26	18	28	12	21	23	32	25	635	144	
Toplam	252	178	228	211	221	221	221	229	229	229	246	208	204	202	171	156	234	210	241	229	216	226	229	219	118	200	2
Aylık Toplam	549	496	684	511	525	511	605	619	506	511	684	486	529	500	473	416	449	519	519	426	450	620	670	571	1205	2	
Aylık Ort.	17	15	16	16	17	16	19	19	16	16	16	17	16	16	13	14	17	17	17	14	15	17	19	18	30	16	2
10 m. irt. edilmis ort.	11	14	15	15	16	13	17	16	15	15	15	15	16	15	15	12	17	16	16	13	14	16	17	17	15	15	1
En çok esen	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	2

% = N=11 NNE=11 NE=11 ENE=21 E=10 ESE=14 SE=16 SSE=30 S=16 SSW=11 SW=51 WSW=11 W=11 WNW=10 NW=19 NNW=10 G=1

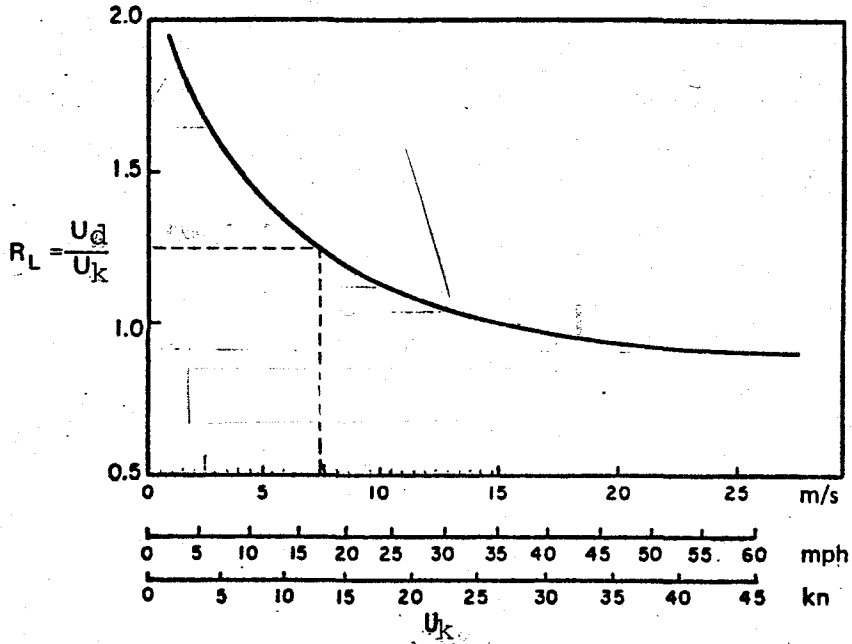
Esme sayısı: = 26 -16 -6 -11 -11 27 24 7 130 -38 -14 -12 15 -26 29 =

Tablo 4.1: ORDU meteoroloji istasyonu Ocak 1969 saatlik rüzgar cetveli

Bir kıyı meteoroloji istasyonundaki saatlik rüzgar cetvellelerinden alınan değerler istasyonun bulunduğu yerde, yerden z metre yükseklikteki hız değerleridir. Bu değerler;

$$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{z}\right)^{1/7} \quad (4.1)$$

bağıntısı kullanılarak yerden 10 metre yükseklikteki hıza çevrilir (6). Kara üzerinde 10 metre yükseklikteki değer ise deniz üzerindeki 10 m yükseklikteki değere dönüştürülmesi gerekir. Bu ise Şekil 4.1 kullanılarak yapılır.



Şekil 4.1: Deniz/Kara rüzgar hızı oranı

4.2 Sinoptik Yer Basınç Haritalarından Rüzgar Analizi

Dalga tahminlerinde kullanılan rüzgar verilerinden birisinde sinoptik yer basınç haritalarından elde edilmektedir. Sinoptik yer basınç haritaları, yapılan ölçümler sonucu atmosferde aynı hava basıncındaki yerlerin birleştirilmesi ile elde edilen eğrileri (eşbasınç eğrileri) gösteren haritalardır. Eşbasınç eğrileri haritaların üzerine üç veya dört milibarlık basınç farklarıyla çizilmektedir. Türkiye'de Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nce hazırlanan haritalarda bu aralık dört milibardır. Sinop haritalar günde dört kez (altışar saat arayla) 00.00,06.00,12.00,

18,00 saatleri için hazırlanmaktadır. Örnek olarak bir haritanın Türkiye bölümü Şekil 4.2 de verilmiştir.

Sinoptik yer basınç haritalarından elde edilen rüzgar Geostrofik Rüzgar diye adlandırılmaktadır. Rüzgar hızını veren bağıntıyı elde etmek için, dünyanın, dönüşünden kaynaklanan eylemsizlik kuvvetinin basınç farkı ile dengede olduğu kabul edilmektedir. Bu bağıntı aşağıda verilmiştir (6).

$$U_g = \frac{1}{\rho_a f} \frac{\partial p}{\partial n} \quad (4.2)$$

Burada; U_g Geostrofik rüzgar hızı (m/sn), ρ_a havanın yoğunluğu (kg/m^3), f Koriolis katsayısı, $\frac{\partial p}{\partial n}$ atmosferik basıncın yerel değişimidir.

Koriolis katsayısı bir yerin enlem derecesine bağlı olup, aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$f = 2 w \sin \phi \quad (4.3)$$

Burada;

w dünyanın açısal dönüş hızı ($w = 7.292 \times 10^{-5}$ rad/sn), ϕ enlem derecesidir.

Sinoptik yer basınç haritalarında iki nokta arasındaki uzaklık olan " ∂n " değeri noktalar arasındaki enlem ve boylam farkları kullanılarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

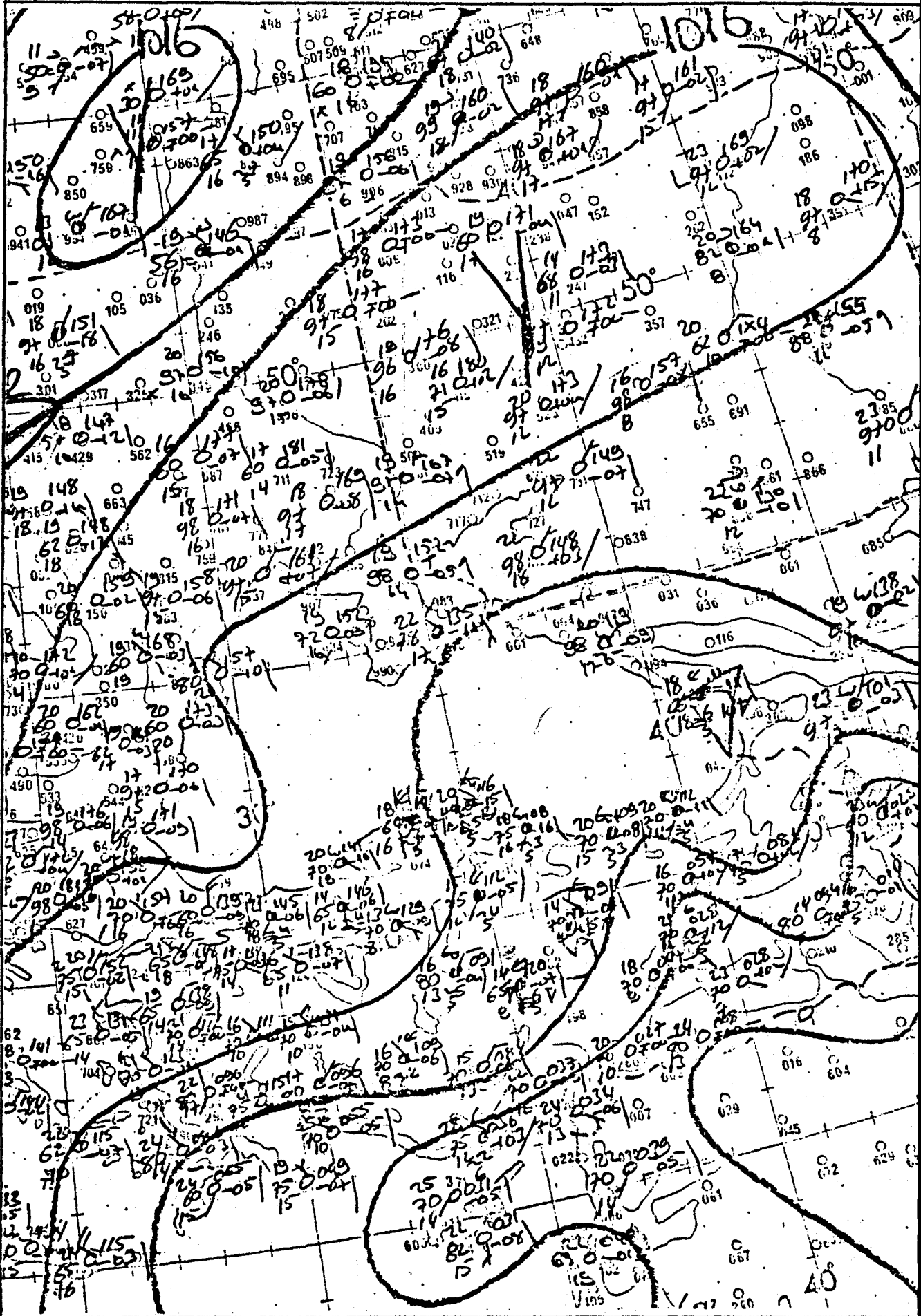
$$\partial n = R \Delta \psi \quad (4.4)$$

$$\cos \Delta \psi = \sin \phi_1 \sin \phi_2 + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \cos \Delta \lambda \quad (4.5)$$

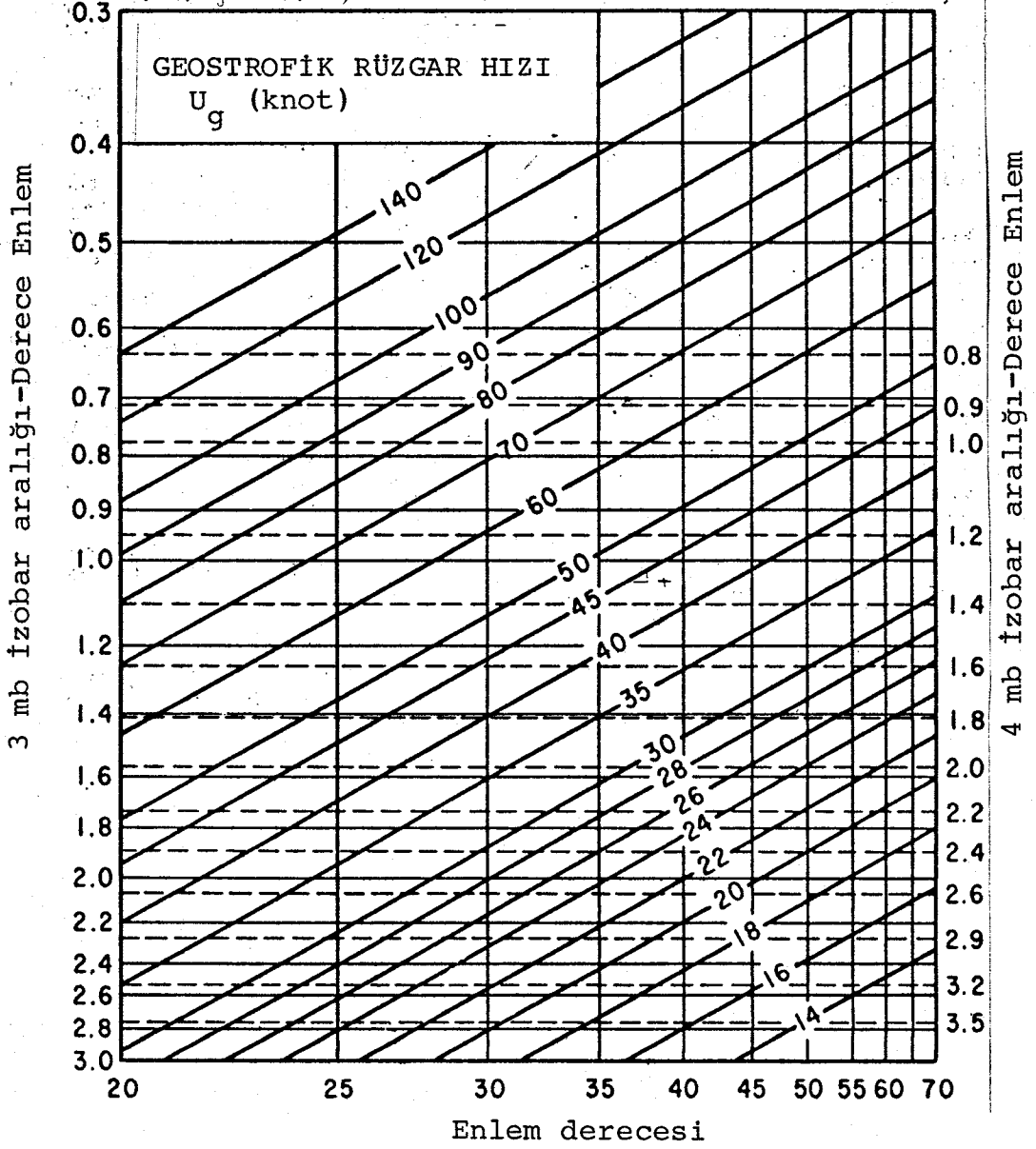
Burada;

R Dünyanın yarıçapı ($R = 6371$ km); $\phi_1, \phi_2, \lambda_1, \lambda_2$ sözkonusu iki noktanın enlem ve boylamları, ve $\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ boylam farkıdır.

Yukarıda anlatılan bilgiler belirli bir şekilde düzenlenerek Şekil 4.3 de görüldüğü şekle getirilmiştir. Bu şekilde düşey eksen izobar aralıkları ($\Delta n =$ derece enlem), yatay eksen o bölgenin enlem derecesi, eğik çizgiler ise bu değerlere göre hesaplanan Geostrofik rüzgar hızlarıdır. Gerek teorik gerekse Şekil 4.3 den hesaplanan rüzgar hızları yerden 1000 m yükseklikteki Geostrofik rüzgar hızlarıdır.



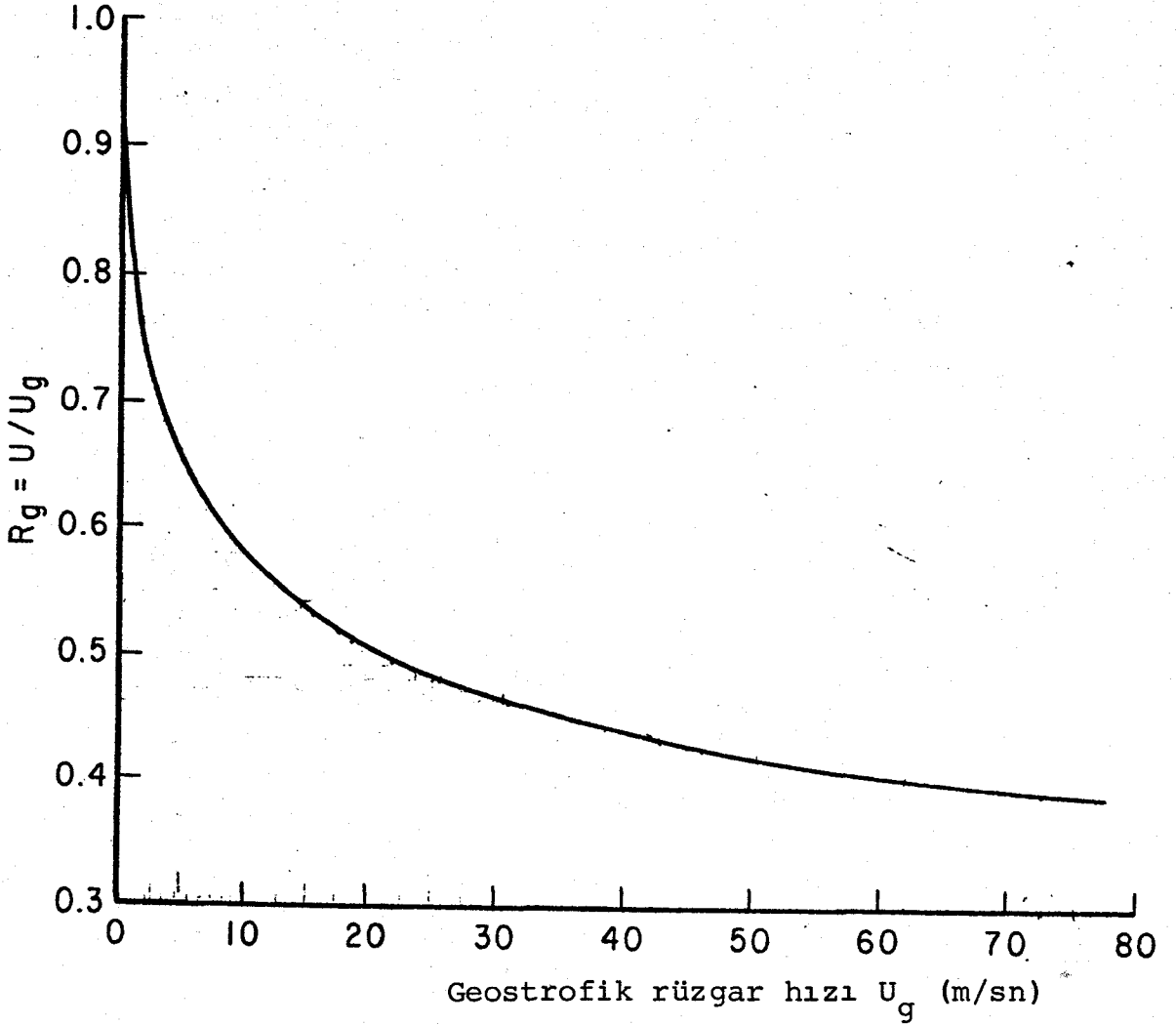
Şekil 4.2: Bir sinoptik haritada Türkiyenin görünümü



Şekil 4.3: Geostrofik rüzgar ölççeği

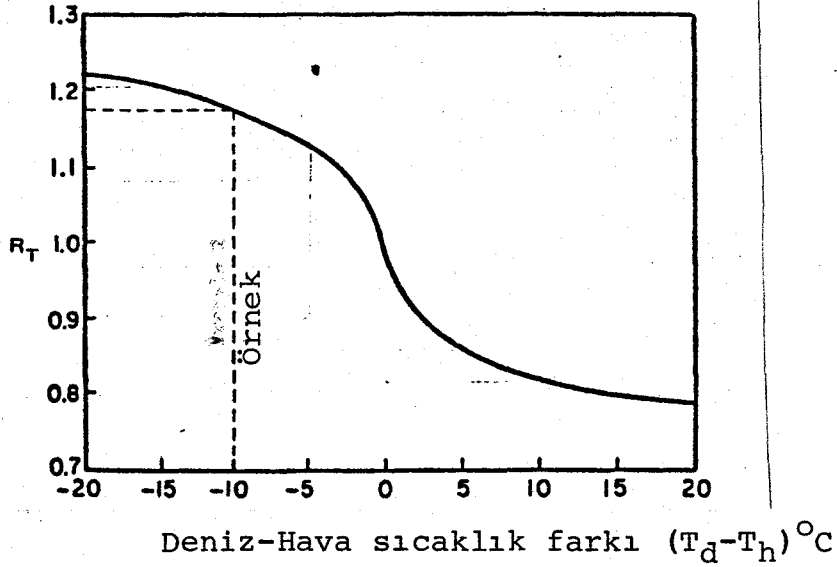
Geostrofik rüzgar izobarlara paralel yönde eser, Esmeye yönü Kuzey yarımkürede alçak basınç etrafında saat akrebinin tersi yönünde, yüksek basınç etrafında saat akrebi yönünde eser. Güney yarımküresinde ise durum bunun tersidir.

Dalga tahminlerinde kullanılacak deniz seviyesinden 10 m yükseklikteki rüzgar hızını elde etmek için; hesaplanan rüzgar hızını Şekil 4.4 den okunan R_g katsayısı ile çarpmak gerekir.



Şekil 4.4: Geostrofik rüzgar hızının 10 m yükseklikteki hıza dönüştürülmesi

Deniz ile hava sıcaklıkları arasındaki fark deniz seviyesi üzerindeki rüzgar hızını etkilemektedir. Bu nedenle rüzgar hızı Şekil 4.4 deki katsayı ile çarpılan U_{10} değeri Şekil 4.5 de okunacak R_T katsayısıyla çarpılmalıdır. (R_T katsayısı kış aylarında 1 'den büyük, yaz aylarında ise 1 'den küçük değerler almaktadır.)



Şekil 4.5: Deniz-Hava sıcaklık farkı eğrisi

4.3 Kabarma Uzunluğu (Feç)

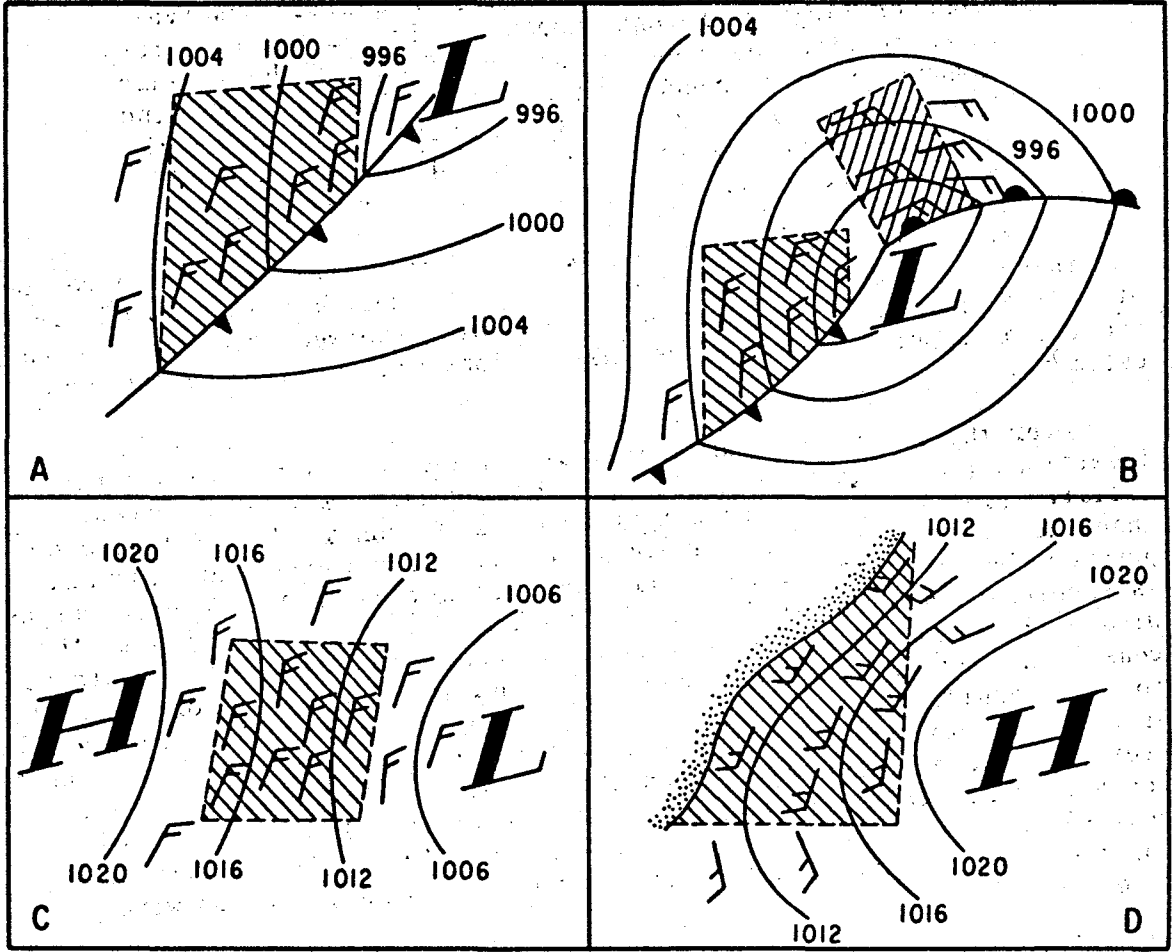
Rüzgarın sabit yön ve sabit hızla estiği deniz yüzeyi sahasıdır. (9.). Açık deniz üzerinde gerçek feç; gerek yönü gerek kabarma yüzeyinin eni ve boyu sabit olan feç'dir. Feç sahaları genellikle cephesel zonlar, izobarlar veya kıyılarla sınırlıdır. feç sahaları sabit olmayıp genellikle değişkendirler. Şekil 4.6 feç sahalarının değişimini göstermektedir.

Efektif Feç Hesabı: Rüzgarın üzerinde estiği deniz alanı olarak tanımlanan kabarma alanı uzunluğunun hesaplanmasında, rüzgarın estiği ana ve ara yönler bölgenin önemine göre $30^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ lik dilimler halinde incelenir. Bir dilim içerisinde çizilecek ara doğrular arasındaki açılar $3^\circ, 4.5^\circ, 7.5^\circ$ alınabilir. (7). Efektif Feç'in hesaplanmasında kullanılacak denklem aşağıda verilmiştir.

$$F_{ef} = \frac{\sum x_i \text{Cos}\alpha}{\sum \text{Cos}\alpha} \quad (4.6)$$

Burada;

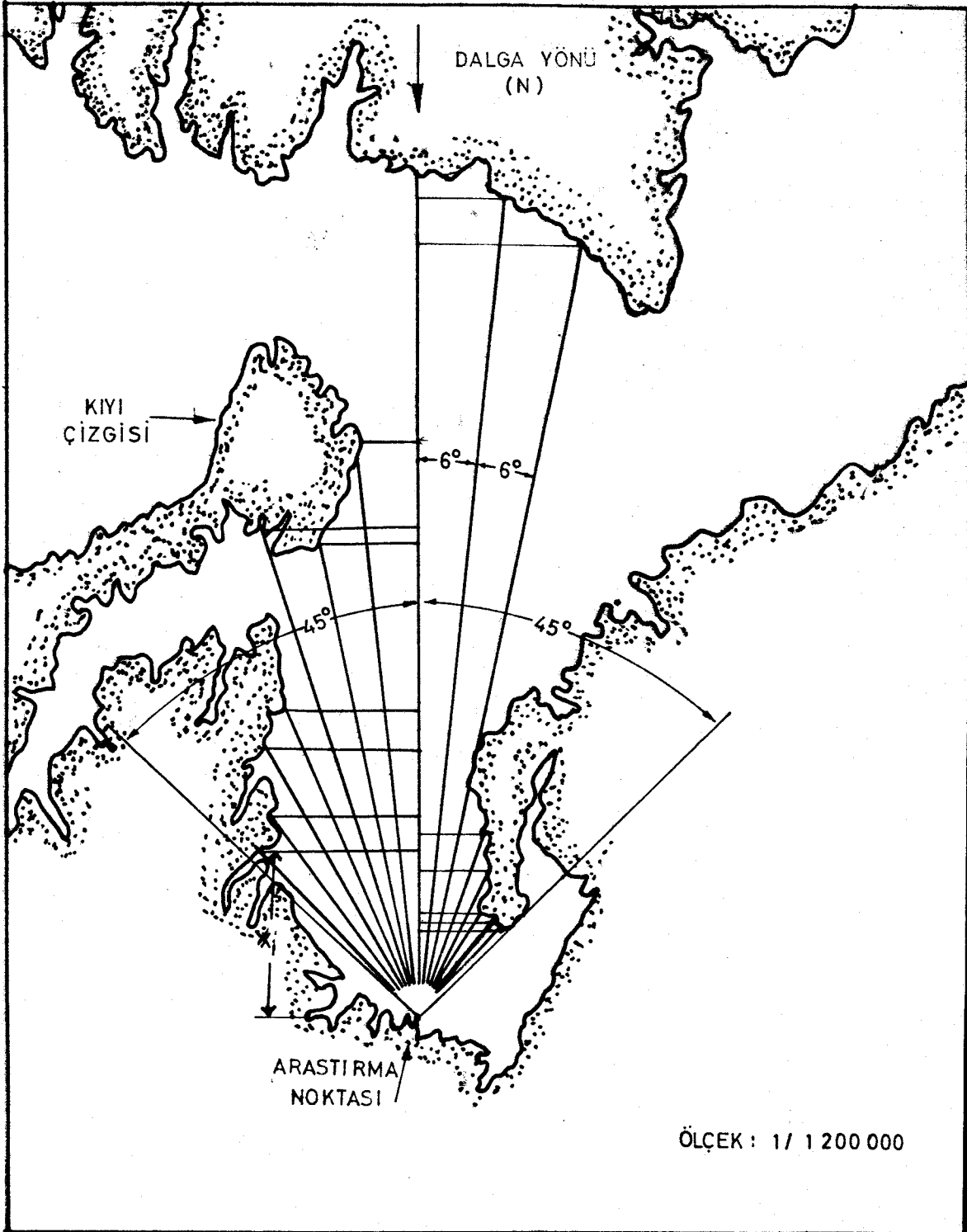
α iki ara doğru arasındaki açı, x_i ara doğruların karşı kıyıyı kestiği noktalardan feç uzunluğu hesaplanan doğrultu üzerindeki izdüşüm noktalarının kıyıya olan uzunluğu.



Şekil 4.6: Feç sahalarının cephesel zonlar ve izobarlarla değişimi

Komşu kıyıların kabarma uzunluğuna etkisi Şekil 4.7 de gösterilmektedir.

Örnek: Şekil 4.7 deki ölçek dikkate alınarak bu şekil üzerinde kuzey yönündeki efektif feç'in hesabı Tablo 4.2 deki gibi yapılmıştır.



Şekil 4.7: Komşu kıyıların kabarma uzunluğuna etkisi

Tablo-4.2

α	$\text{Cos}\alpha$	x_i (km)	$x_i \text{Cos}\alpha$
42	0.7431	31.2	23.185
36	0.8090	38.4	31.066
30	0.8660	51.6	44.686
24	0.9135	58.8	53.714
18	0.9511	90.0	85.599
12	0.9781	93.6	91.550
6	0.9945	109.2	108.599
0	1.0000	192.0	162.000
6	0.9945	156.0	155.142
12	0.9781	147.8	144.563
18	0.9511	34.8	33.098
24	0.9135	27.6	25.213
30	0.8660	20.4	17.666
36	0.8090	19.2	15.533
42	0.7431	16.8	12.484
TOPLAM	13.5107		1004.098

$$F_{ef} = \frac{\sum x_i \text{Cos}\alpha}{\sum \text{Cos}\alpha}$$

$$F_{ef} = \frac{1004.98}{13.5107} = 74.38 \text{ km bulunur.}$$

BÖLÜM 5

TASARIM DALGASININ TAHMİN EDİLMESİ

Bir deniz yöresine ait tasarım dalgasının seçilebilmesi için ekstrem dalgaların tahmin edilmesi gerekmektedir. Ekstrem dalgalar o yöreye ait bütün dalga verileri kullanılarak yapılırsa buna uzun süre istatistiği denir. Belirli zaman aralıklarındaki en yüksek dalgalar, örneğin her yılın en yüksek dalgaları göz önüne alınarak yapılan istatistiğe ekstrem değer istatistiği denilmektedir (9).

Bu çalışmada sadece Ekstrem Dalga Değerleri İstatistiği yapılmıştır.

5.1 Uzun Süre İstatistiği

Uzun süre istatistiğinin en büyük özelliği, değerlendirmede bütün verilerin kullanılmasıdır. Genellikle WEIBULL dağılımı kullanılarak yapılır. Dağılım fonksiyonunun denklemi:

$$P(H_{1/3}) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{H_{1/3}}{H_c}\right)^\gamma\right] \quad (5.1)$$

şeklindedir.

Burada;

$P(H_{1/3})$ dağılım fonksiyonu, yani $H_{1/3}$ 'e eşit veya ondan küçük tüm değerlerin toplam olasılığı, H_c değişkenin ortalama değeri, γ dağılımın biçim parametresidir.

Denklem (5.1) yeniden düzenlenip iki kez tabii logaritması alındıktan sonra, sonuç y 'ye eşitlenirse;

$$y = \gamma \left| \ln(H_{1/3}) - \ln(H_c) \right| \quad (5.2)$$

$$P(H_{1/3}) = 1 - \exp(-\exp(y)) \quad (5.3)$$

Denklem (5.3), ekstrem değer Tip I (Gumbel) dağılımı ile aynı görünümündedir. Yalnız indirgenmiş değişkenler (y) farklıdır. Denklem (5.2) WEIBULL kağıdına çizildiğinde doğru bir çizgi elde

edilir. Eğer $H_{1/3}$ 'ün değerleri de bu olasılık kağıdına noktalandığında bir doğru elde ediliyorsa bu verilerin WEIBULL dağılımına uyduğu kabul edilir.

WEIBULL Kağıdına Noktalama Yöntemi: Daha önce de belirtildiği gibi uzun süre istatistiğinde bütün veriler hesaba katılarak ekstrem değerler bulunmaktadır. Ancak veri sayısı çok fazla olduğundan gruplandırma yapılması gerekmektedir. Bu gruplandırma, veriler küçükten büyüğe doğru sıralandığında aşağıdaki gibi yapılır.

$$m' = |m(m+k)|^{1/2} \quad (5.4)$$

$$P(H_{1/3}) = \frac{m'}{n+1} \quad (5.5)$$

Burada;

m küçükten büyüğe sıralanmış verilerin sıra numarası, n toplam veri sayısı, k gruptaki veri sayısı, m' gruplandırılmış verilerin sıra numarası, $P(H_{1/3})$, $H_{1/3}$ değerlerinin aşılmama olasılığı.

5.2 Ekstrem Değer İstatistiği

Bu çalışmada en büyük dalga yükseklikleri olasılık dağılımı için GUMBEL dağılımı kullanılmıştır.

Dağılım fonksiyonunun denklemi:

$$P(H_{1/3}) = \exp[-\exp(-y)] \quad (5.6)$$

$$y = (H_{1/3} - B)/A \quad (5.7)$$

Burada;

$H_{1/3}$ referans alınan sabit bir sürede (örneğin bir yıl) oluşan en büyük belirgin dalga yüksekliği, $P(H_{1/3})$ referans alınan süre içerisinde oluşan en büyük dalga yüksekliğinin $H_{1/3}$ değerine eşit ya da bu değerden küçük olma olasılığı, A ve B dağılım parametreleridir.

Denklem (5.1) den görüldüğü gibi GUMBEL dağılımı, çift üstsel bir dağılımdır. Dağılım denklemi aşağıdaki gibi de yazılabilir

$$H_{1/3} = A \ln \left| \frac{1}{\ln \left(\frac{1}{P(H_{1/3})} \right)} \right| + B \quad (5.8)$$

5.3 Ekstrem Değerleri Olasılık Kağıdına Noktalama Yöntemi

Ekstrem değerlerin olasılık kağıdına noktalanması için önce eldeki veriler küçükten büyüğe doğru sıralanır.

$$(H_{1/3})_1 < (H_{1/3})_2 < \dots < (H_{1/3})_m < \dots < (H_{1/3})_n$$

Bu yazılışa göre n veri sayısını, $m=1, 2, 3, 4, \dots, n$ ise dalga yüksekliğinin büyüklük sırasını göstermektedir. Dizideki her $H_{1/3}$ değerine karşılık gelen olasılık değeri aşağıdaki bağıntıdan bulunmaktadır.

$$P(H_{1/3})_m = \frac{m}{n+1} 100 \quad (5.9)$$

Dizideki her $H_{1/3}$ değerleri (düşey eksen) ve bu değerlere karşılık olarak denklem (5.9) den bulunan $P(H_{1/3})$ değerleri, yatay eksenin ölçeklendirilmesiyle hazırlanan GUMBEL olasılık kağıdına karşılıklı olarak noktalanırsa, GUMBEL olasılık dağılımını sağlayan veri noktalarının (yaklaşık olarak) bir doğru üzerine oturması gerekmektedir. Bu doğrunun denklemi ise denklem (5.8) de verilmiştir.

5.4 Tasarım Dalgasının Seçimi

5.4.1 Tekerrür Periyodu (Dönüş Aralığı)

Genel bir yaklaşım olarak tasarım dalgası yüksekliğinin seçilmesi sırasında önce yapı ömrüne göre bir tekerrür periyodu kabul edilmekte ve sonra en büyük dalga yükseklikleri dağılımından buna karşı gelen dalga yüksekliği bulunmaktadır. Tekerrür periyodu (R_p) ve olasılık değeri ($P(H_{1/3})$) arasında aşağıdaki bağıntı bulunmaktadır.

$$R_p = \frac{\tau}{1 - P(H_{1/3})} \quad (5.10)$$

Burada;

R_p tekerrür periyodu (yıl), $1-P(H_{1/3})$ en büyük dalğanın tasarım dalgası yüksekliğini aşma olasılığı, $H_{1/3}$ en büyük belirgin dalga yüksekliği, τ olaylar arasındaki ortalama zamandır (genelde bir yıl olarak alınır)

Örneğin 25 yıllık tasarım dalgası denildiğinde tekerrür periyodu 25 yıl olan en büyük dalga yüksekliği anlaşılmaktadır. Bu tasarım dalgası ortalama 25 yılda bir oluşacaktır. Tekerrür periyodu, denklem (5.10) dan hesaplanabileceği gibi GUMBEL olasılık kağıdından da doğrudan bulunabilir. GUMBEL olasılık kağıdının üst yatay eksenini tekerrür periyodunu göstermektedir. Tasarım dalgası olarak seçilen belirgin dalğanın tekerrür periyodu ya da saptanan bir tekerrür periyoduna karşılık olabilecek belirgin dalga yüksekliği GUMBEL olasılık kağıdında, verilerin oluşturduğu doğru kullanılarak kağıdın üst yatay eksenini (R_p) ve dik eksenini ($H_{1/3}$) yardımıyla doğrudan bulunabilir.

5.4.2 Dalga Periyodu

Dalga periyodu bazı araştırmacılar tarafından bağımsız bir değişken olarak ele alınmakta ve dalga yüksekliği için olduğu gibi dalga döneminin olasılık dağılımları elde edilmektedir. Halbuki bir fırtınada oluşan dalga yüksekliği ile periyodu birbirinden bağımsız değerler değildirler. Dalga tahminleri sonucunda elde edilen belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları karşılıklı noktalanarak dalga yüksekliğinin dalga boyuna oranı olarak tanımlanan dalga dikliğinin sabit değerleri için hesaplanan (örneğin 0.02, 0.03, 0.04, 0.05) eğrilerden en iyi hangisine uyduğu bulunabilir. Bu eğrilerin denklemleri aşağıdaki gibi bulunabilir.

Örneğin: $(H_{1/3})_o / L_o = 0.03$ için aşağıdaki eşitlik bulunur.

$$\frac{(H_{1/3})_o}{L_o} = \frac{(H_{1/3})_o}{gT_{1/3}^2 / 2\pi} = 0.03$$

$$(H_{1/3})_o = \frac{0.03 g}{2\pi} T_{1/3}^2 \quad (5.11)$$

Burada; g yerçekimi ivmesidir (9.81 m/sn^2). Hesaplanmış olan dalga yüksekliğine karşılık olacak dalga periyodu denklem (5.11) kullanılarak bulunabilir.

BÖLÜM 6

DOĞU KARADENİZDE DALGA TAHMİNİ VE TASARIM DALGASI ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

6.1 Çalışmada Kullanılan Veriler

Bu çalışmada kullanılan rüzgar verilerin alındığı kaynakları iki grup halinde incelemek mümkündür. Bunlar sinoptik haritalar ve saatlik ortalama rüzgar cetvelleridir.

6.1.1 Sinoptik Haritalardan Rüzgar Verilerinin Çıkarılması

Bu işlem için Doğu Karadeniz Bölümü önce şu alt bölgelere ayrılmıştır:

- I. Bölge ($37.5^{\circ}\text{E} - 39^{\circ}\text{E}$)- ORDU, GİRESUN
- II. Bölge ($39^{\circ}\text{E} - 40.4^{\circ}\text{E}$)- TRABZON
- III. Bölge ($40.4^{\circ}\text{E} - 41.7^{\circ}\text{E}$)- HOPA

Bu bölgeler dikkate alınarak binlerce sinoptik harita arasından izobar aralığı 3 cm den daha küçük olanlar seçilerek bir ön ayıklama yapılmıştır. 3 cm den büyük aralıklardaki rüzgar hızı çok küçük olacağından değerlendirme dışı bırakılmıştır. Bu ayıklama sonucu seçilen haritaların değerlendirilmesi şu şekilde yapılmıştır.

1) İlgili bölgeye gelebilecek fırtınanın yönü tespit edilmiştir.

2) Harita üzerinde izobarların $\pm 22.5^{\circ}$ dönmesine müsaade edilecek şekilde ilgili bölgeye gelebilecek kabarma uzunluğu ölçülmüştür.

3) Fırtına tespit edilen bölgedeki izobar aralıkları ortalama olarak ölçülmüş ve derece enlem değerine (Δn) çevrilmiştir.

4) İlgili bölgenin bulunduğu enlem derecesi okunmuştur.

Burada hesaplanan Δn ve okunan enlem derecesini kullanarak Şekil 4.3 den Geostrofik rüzgar (yerden 1000 m yükseklikteki) hızları okunmuştur. Şekil 4.4 yardımıyla bu değerler yerden 10 m yük-

seklikteki rüzgar hızına (U_{10}) çevrilmiştir. Daha sonra hava-deniz ısı farkı katsayısı R_T ile bu değerler çarpılmıştır (Şekil 4.5)

Böylece deniz üzerinde dalga meydana getirecek rüzgar hızları bulunmuştur.

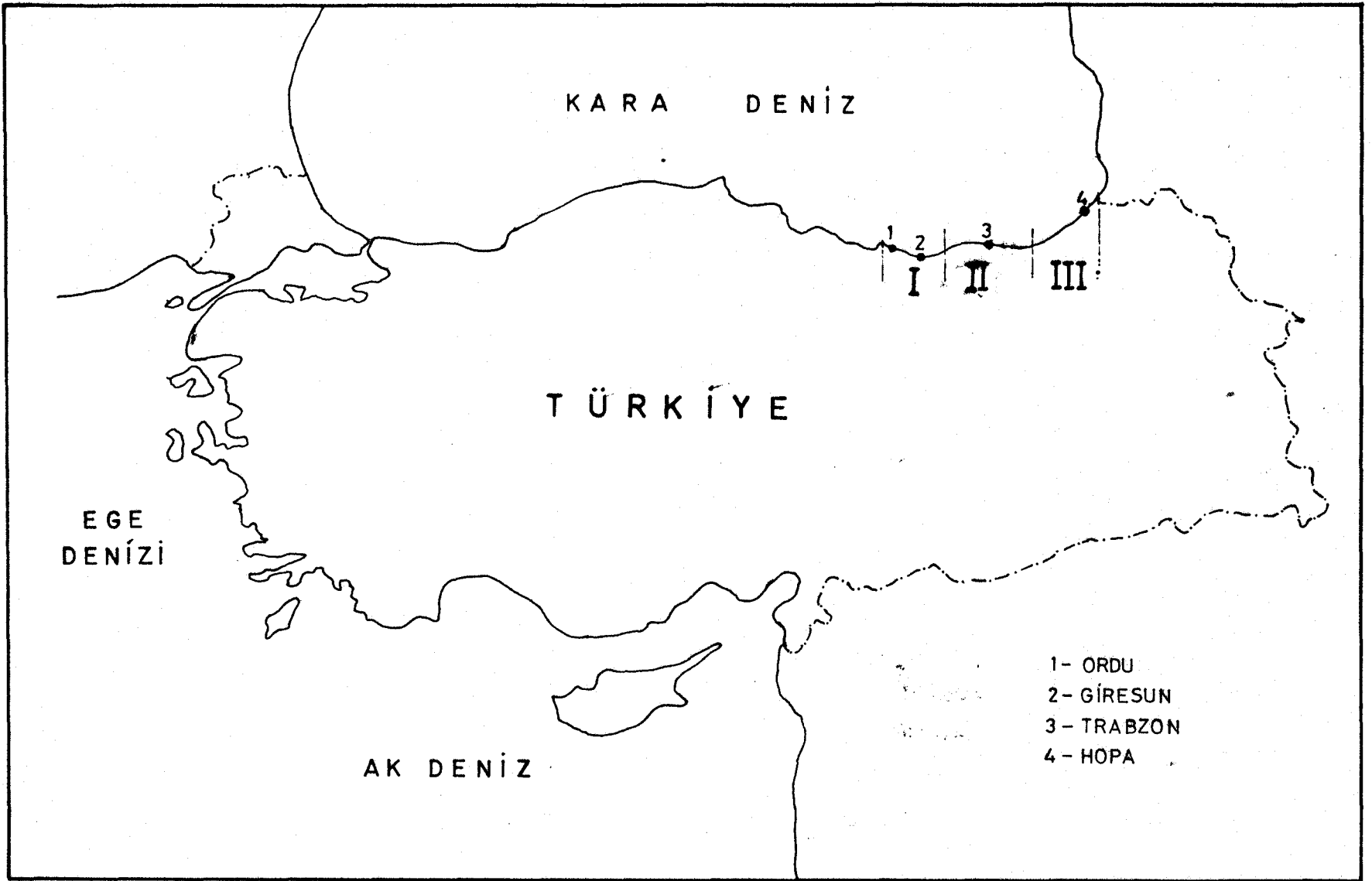
6.1.2 Saatlik Rüzgar Cetvelleri ve Değerlendirme

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı kıyı istasyonlarında yaklaşık 45 anemograf tipi rüzgar kayıt istasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlarda rüzgarın esme süresi, yönü ve şiddeti anemograf diyagramlarından analiz edilerek saatlik rüzgar cetvelleri haline dönüştürülmektedir. Bu cetvellerde günün her saatindeki rüzgar hızı ve yönü belirtilmektedir.

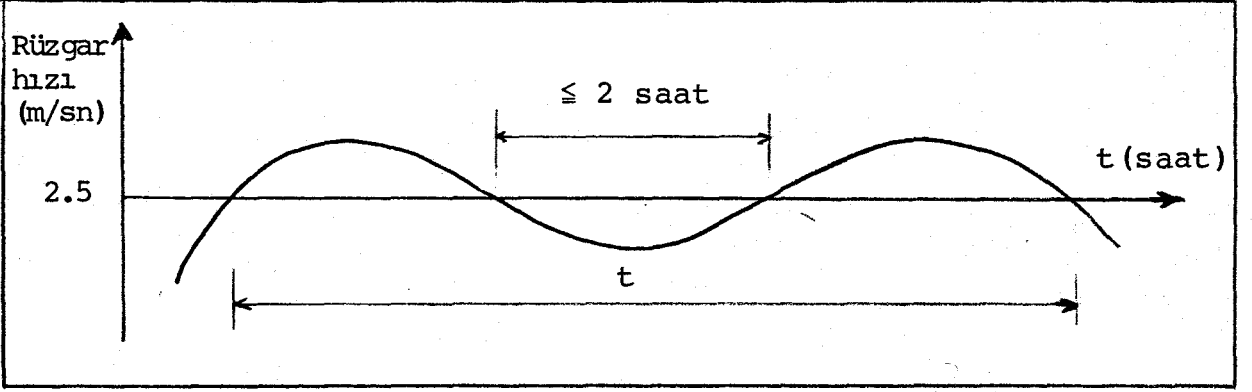
Bu çalışmada saatlik rüzgar cetvellerinin değerlendirilmesinde 4 istasyonun (ORDU, GİRESUN, TRABZON, HOPA) 1969-1985 (sadece HOPA 1972-1985) yılları arasındaki her yılın 12 ayına ait saatlik ortalama rüzgar cetvelleri kullanılmıştır. Çalışmada esas alınan bölgeler Şekil 6.1 de gösterilmiştir.

Bu cetvellerden ortalama rüzgar hızı ve süresi çıkarılırken önce bütün bölgeler için dalga gelebilecek yönler haritadan tespit edilmiş ve buna göre tarama yapılmıştır. Bu taramada daha önce belirlenen fırtına hızını aşan ve 2 saatten az kesiklik gösteren fırtınalar dikkate alınmıştır. Daha önce belirlenen hız değeri 3.1 m/sn dir. Bu değer sinoptik haritalardan elde edilen en küçük rüzgar değerinin karadaki 10 m yükseklikteki hız eşdeğeridir. Ayrıca bu taramada 3.1 m/sn yi kapsayan ve 2.5 m/sn ye kadar inen fırtınalarda dikkate alınmıştır. Şayet iki fırtına grubu arasında 2 saatten fazla kesiklik varsa bunlar ayrı fırtınalar olarak dikkate alınmıştır. Bu tanımlama Şekil 6.2a ve 6.2b de şematik olarak gösterilmiştir.

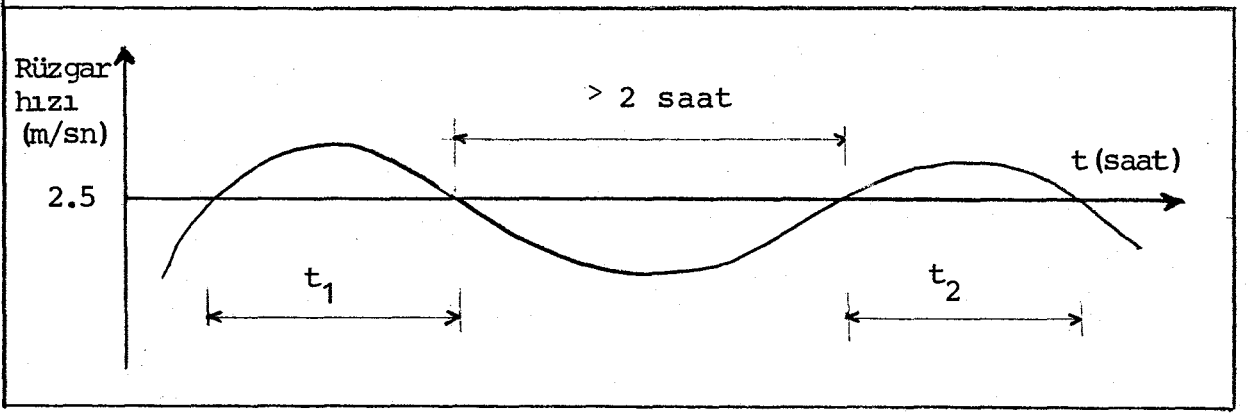
Yukarıda anlatılan fırtına tanımına göre seçilen fırtına değerlerinin ortalaması alınarak ortalama rüzgar hızı ve ortalamaya giren fırtınaların süreleri toplanarak fırtına süresi (t) değerleri bulunmuştur.



Şekil 6.1: Çalışmada incelenen meteoroloji istasyonları ve bölgeler



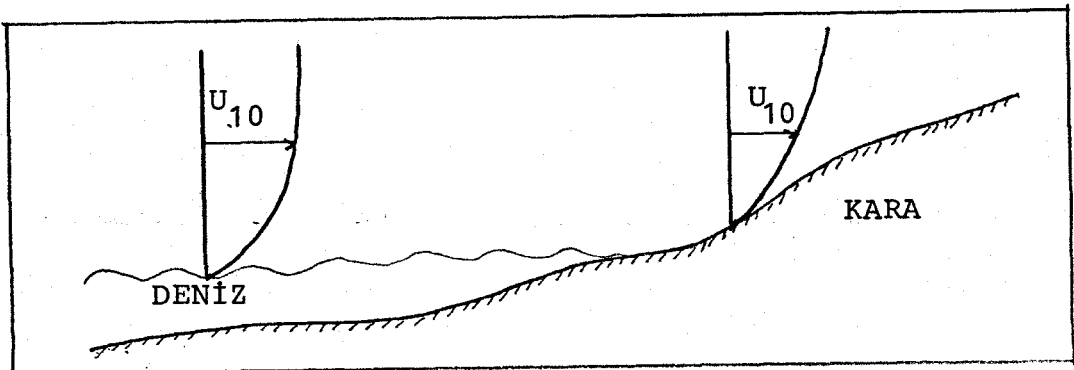
Şekil 6.2a: Rüzgarın 2 saatten az kesiklik göstermesi halinde fırtına tarifi



Şekil 6.2b: Rüzgarın 2 saatten fazla kesiklik göstermesi halinde fırtına tarifi

Bu adımdan sonra istasyonun bulunduğu yerden z , m yükseklikteki U değerleri denklem (4.1) yardımıyla yerden 10 m yükseklikteki değerlere çevrilmiştir. $((U_{10})_{\text{kara}})$. Bu değer (kara üzerindeki bir takım engellerden dolayı deniz üzerindeki $((U_{10})_{\text{deniz}})$ değerden farklıdır. Bu değerler Şekil 4.1 kullanılarak $((U_{10})_{\text{deniz}})$ değerine dönüştürülmüştür.

Şekil 6.3 kara ve deniz üzerindeki rüzgar dağılımlarını göstermektedir.



6.2 Kabarma Uzunluğunun (Feç) Hesaplanması

Bir deniz alanında dalga oluşabilmesi için gerekli olan kabarma uzunlukları iki grup olarak ele alınır. Bunlardan birincisi sinoptik haritalardan rüzgar hesabı yaparken doğrudan harita üzerinde -izobarların dönüşleri v.b. dikkate alınarak- ölçülen değerlerdir. İkincisi ise bir kıyı rasat istasyonu rüzgar verileri kullanılarak yapılan dalga hesabında kullanılan feç değerleridir. Burada bir kıyı meteoroloji istasyonunda dalga gelebilecek yönde bir rüzgar kaydedilmiş ise bu rüzgarın aynı anda bütün feç boyunca estiği kabul edilir. Rüzgar verileri kullanılarak yapılan dalga hesaplarında feç değerlerinin hesaplanması için 1/1 200 000 ölçekli Karadeniz haritası kullanılmıştır.

Doğu Karadeniz kıyılarında her bölge için doğrusal ve efektif feç uzunlukları Bölüm 4.3 de anlatıldığı şekilde, dalga gelebilecek bütün yönler için hesaplanmıştır. Herhangi bir yön için feç uzunluğu hesaplanırken (7.5°) ara ile sağda ve solda 22.5° olmak üzere toplam 45° lik dilim gözönüne alınmıştır. Tablo 6.1 de her istasyon için hesaplanmış doğrusal ve efektif feç değerleri verilmiştir.

6.3 Ortalama Rüzgar Hızlarından Dalgaların Hesaplanması

Üç bölgeye ayrılan Doğu Karadenizde bu bölgelerin herbirine gelebilecek fırtınalar Bölüm 6.1.1 ve 6.1.2 de açıklandığı gibi hesaplanmıştır. Burada sinoptik haritadaki bölgelere karşılık gelen meteoroloji istasyonları şunlardır:

- I. Bölge - ORDU
- I. Bölge - GİRESUN
- II. Bölge - TRABZON
- III. Bölge - HOPA

Bölüm 6.1.1 ve 6.1.2 de hesaplanan rüzgar değerleri (süre, şiddet, yön) ve feç değerleri dikkate alınarak SMB yöntemine göre her fırtına için dalga parametreleri (yükseklik ve periyot) bulunmuştur. Bu dalga değerlerinden her yılın en büyük fırtına dalgası bulunmuştur. Değerlendirmeye alınan yıllar şöyledir.

Tablo 6.1: İncelenen bölgeler için efektif ve doğrusal feç değerleri

BÖLGE YÖN	ORDU		GİRESUN		TRABZON		HOPA	
	F (km)	F _{ef} (km)	F (km)	F _{ef} (km)	F (km)	F _{ef} (km)	F (km)	F _{ef} (km)
W	-	-	-	-	-	-	420.03	698.00
WNW	-	-	844.80	484.90	18.00	307.60	1012.80	658.70
NW	816.00	352.20	525.60	629.50	579.60	676.90	564.00	519.10
NNW	480.00	485.80	477.60	450.60	417.60	419.00	211.20	267.20
N	396.00	390.20	373.20	366.90	273.60	308.10	142.80	130.80
NNE	321.60	321.70	290.40	299.90	240.00	231.00	68.40	84.60
NE	309.60	269.40	295.20	281.40	210.00	201.20	-	-
ENE	322.80	274.20	285.60	282.80	163.20	143.80	-	-

Sinoptik harita:

- I. Bölge: 1977-1985
- II. Bölge: 1977-1985
- III. Bölge: 1977-1985

Meteoroloji istasyonu:

- ORDU : 1969-1985
GİRESUN : 1969-1985
TRABZON : 1969-1985
HOPA : 1972-1985

6.4 Ekstrem Dalga İstatistiği

İncelenen bölgeler için hesaplanmış bulunan yıllık en büyük belirgin dalga parametreleri Tablo (6.2-6.8) de verilmiştir. Bu tablolarda ayrıca dalga periyotları, fırtına süreleri, denklem (5.9) kullanılarak hesaplanmış GUMBEL olasılık değerleride verilmiştir. Tablo (6.2-6.8) deki $H_{1/3}$ ve karşılık gelen $P(H_{1/3})$ değerleri her bölge için ayrı ayrı GUMBEL olasılık kağıdına noktalanmıştır (Şekil 6.4-6.7). Her bölge için yapılan bu noktalama işleminden sonra bu noktalardan geçen en uygun doğru en küçük kareler yöntemi uygulanarak bulunmuş ve çizilmiştir.

Tablo 6.2: I. Bölge-ORDU, GİRESUN (1977-1985) yılları arasındaki en büyük belirgin dalga yükseklikleri ve GUMBEL olasılıkları (Sinoptik harita)

M	YIL	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	Fırtına Süresi (saat)	$P(H_{1/3})$
1	1978	2.01	5.7	12	10
2	1981	2.10	5.8	6	20
3	1983	2.16	5.8	6	30
4	1977	2.74	6.6	6	40
5	1980	2.74	6.6	6	50
6	1985	2.80	6.7	6	60
7	1982	3.02	6.9	6	70
8	1979	3.30	7.0	6	80
9	1984	4.30	8.2	6	90

Tablo 6.3: ORDU (1969-1985) yılları arasındaki yıllık en büyük derin deniz belirgin dalga yükseklikleri ve GUMBEL olasılıkları (Meteoroloji istasyonu)

M	YIL	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	Fırtına Süresi (saat)	$P(H_{1/3})$
1	1974	1.10	4.2	7	6
2	1975	1.10	4.2	9	11
3	1978	1.10	4.2	9	17
4	1983	1.10	4.2	7	22
5	1971	1.20	4.3	8	28
6	1972	1.20	4.3	8	33
7	1985	1.20	4.3	8	39
8	1982	1.24	4.4	9	44
9	1973	1.25	4.5	5	50
10	1980	1.30	4.6	8	56
11	1969	1.34	4.6	5	61
12	1976	1.40	4.7	9	67
13	1981	1.40	4.8	9	72
14	1984	1.40	4.8	8	78
15	1977	1.50	4.9	13	83
16	1979	1.60	5.0	12	89
17	1970	1.70	5.2	12	94

Tablo 6.4: GİRESUN (1969-1985) yılları arasındaki yıllık en büyük derin deniz belirgin dalga yükseklikleri ve GUMBEL olasılıkları (Meteoroloji istasyonu)

M	YIL	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	Fırtına Süresi (saat)	$P(H_{1/3})$
1	1984	0.70	3.4	6	6
2	1969	0.80	3.9	6	11
3	1970	0.90	3.8	8	17
4	1974	0.90	3.8	7	22
5	1979	0.90	3.8	8	28
6	1981	0.91	3.8	9	33
7	1975	1.00	4.1	9	39
8	1977	1.00	4.0	5	44
9	1978	1.00	3.9	9	50
10	1982	1.00	3.9	6	56
11	1985	1.00	4.0	5	61
12	1980	1.04	4.1	5	67
13	1983	1.10	4.3	19	72
14	1971	1.20	4.4	7	78
15	1976	1.30	4.6	13	83
16	1972	1.40	4.7	11	89
17	1973	1.70	5.3	11	94

Tablo 6.5: II. Bölge-TRABZON (1977-1985) yılları arasındaki yıllık en büyük derin deniz belirgin dalga yükseklikleri ve GUMBEL olasılıkları (Sinoptik harita)

M	YIL	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	Fırtına Süresi (saat)	$P(H_{1/3})$
1	1981	2.16	5.8	6	10
2	1985	3.10	7.0	6	20
3	1982	4.24	8.1	6	30
4	1984	4.24	8.1	6	40
5	1980	4.27	8.2	6	50
6	1979	4.30	8.2	6	60
7	1977	4.33	8.2	6	70
8	1983	4.50	8.4	6	80
9	1978	5.20	9.0	6	90

Tablo 6.6: TRABZON (1969-1985) yılları arasındaki yıllık en büyük derin deniz dalga yükseklikleri ve GUMBEL olasılıkları (Meteoroloji istasyonu)

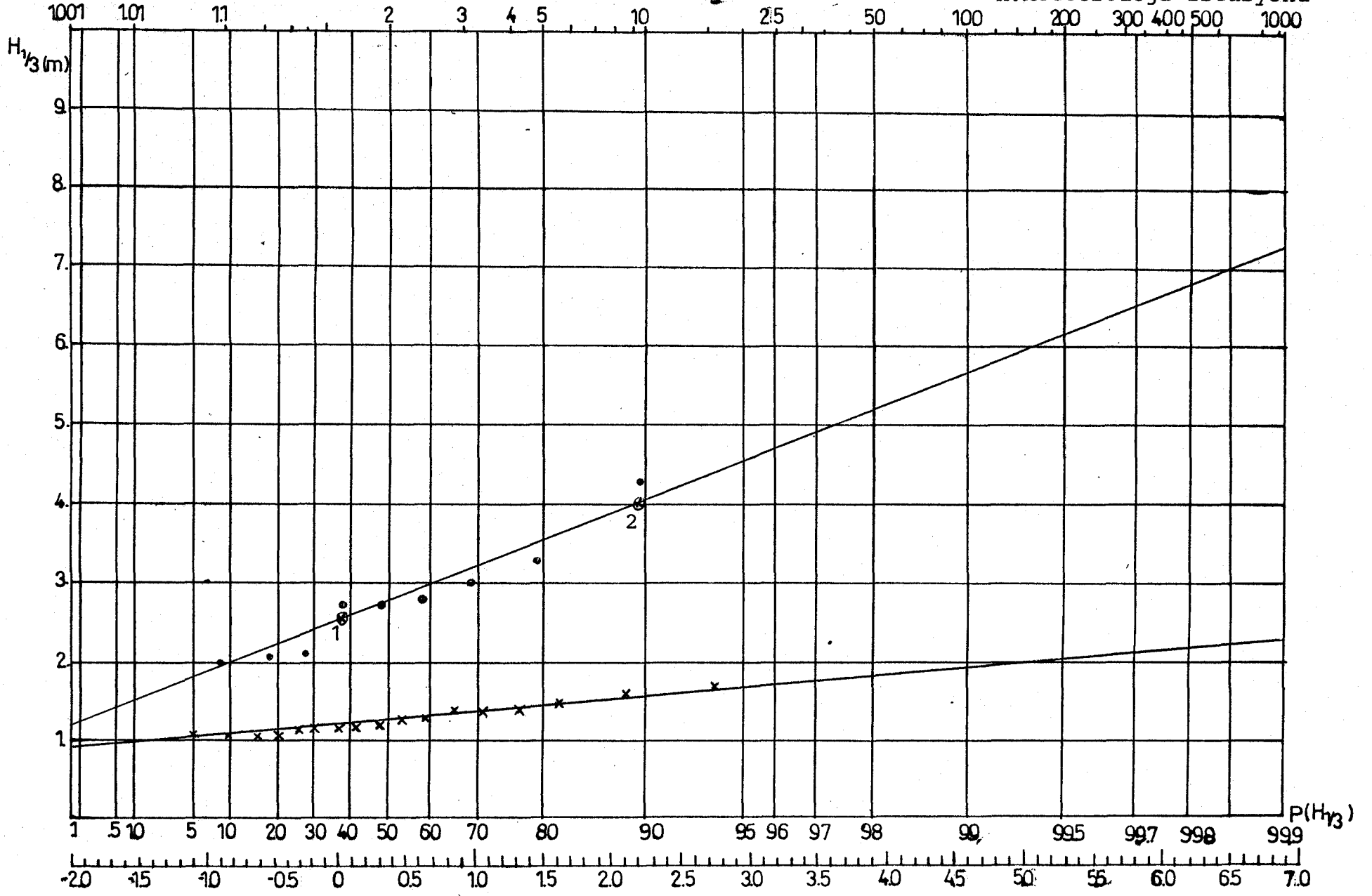
M	YIL	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	Fırtına Süresi (saat)	$P(H_{1/3})$
1	1981	1.24	4.4	7	6
2	1970	1.30	4.5	7	11
3	1978	1.30	4.6	6	17
4	1982	1.40	4.7	7	22
5	1980	1.50	5.0	28	28
6	1969	1.60	5.0	6	33
7	1974	1.60	5.0	15	39
8	1984	1.60	5.0	10	44
9	1971	1.70	5.2	8	50
10	1983	1.70	5.3	29	56
11	1985	1.70	5.2	15	61
12	1972	1.74	5.3	12	67
13	1976	1.80	5.4	23	72
14	1977	1.80	5.3	12	78
15	1979	1.80	5.4	19	83
16	1973	2.10	5.9	20	89
17	1975	3.20	7.1	9	94

Tablo 6.7: III. Bölge -HOPA (1977-1985) yılları arasındaki yıllık en büyük derin deniz dalga yükseklikleri ve GUMBEL olasılıkları (Sinoptik harita

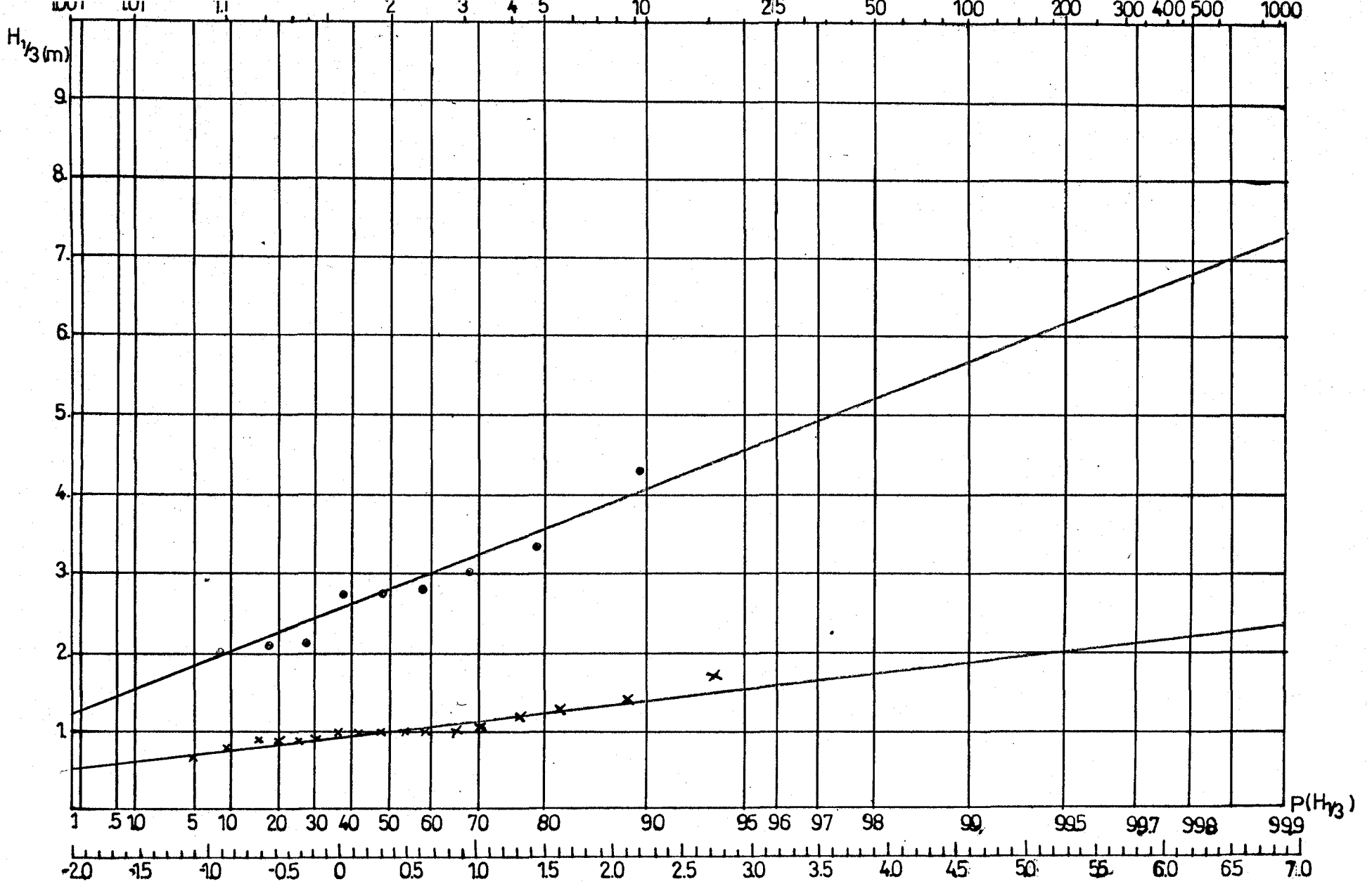
M	YIL	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	Fırtına Süresi (saat)	$P(H_{1/3})$
1	1981	2.10	5.8	6	10
2	1984	3.17	7.1	6	20
3	1982	3.23	7.4	6	30
4	1979	4.18	8.1	6	40
5	1983	4.20	8.1	6	50
6	1977	4.20	8.1	6	60
7	1980	4.40	8.2	6	70
8	1978	5.20	9.0	6	80
9	1985	5.50	9.2	6	90

Tablo 6.8: HOPA (1972-1985) yılları arasındaki yıllık en büyük derin deniz belirgin dalga yükseklikleri ve GUMBEL olasılıkları (Meteoroloji istasyonu)

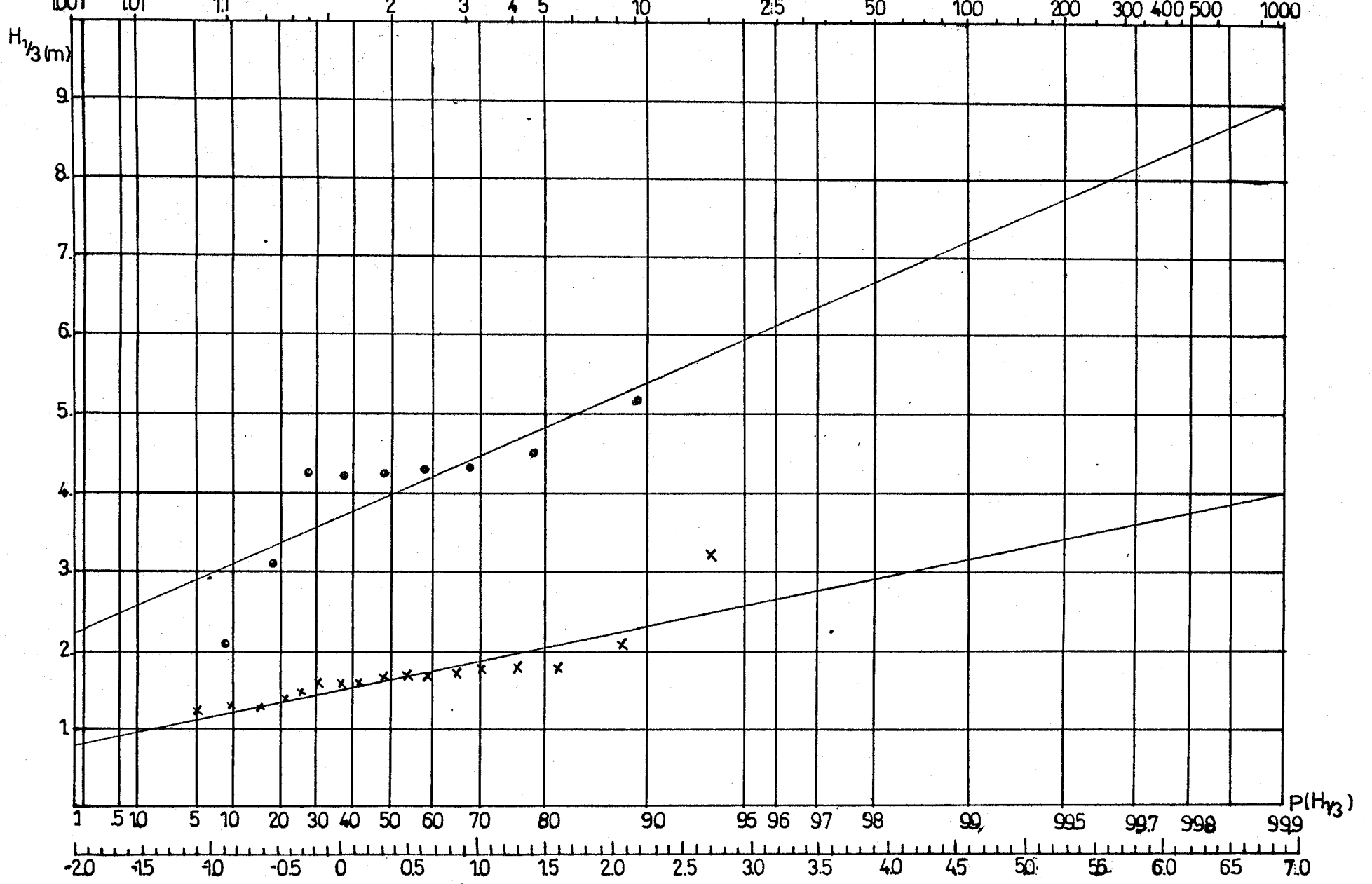
M	YIL	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	Fırtına Süresi (saat)	$P(H_{1/3})$
1	1974	1.00	4.0	7	7
2	1984	1.00	3.9	2	13
3	1985	1.10	4.3	12	20
4	1979	1.30	4.6	6	27
5	1976	1.40	4.7	13	33
6	1980	1.50	4.9	13	40
7	1973	1.60	5.1	13	47
8	1982	1.70	5.2	11	53
9	1981	2.00	5.6	11	60
10	1983	2.00	5.8	28	67
11	1978	2.30	6.0	12	73
12	1975	2.40	6.2	19	80
13	1977	2.80	6.7	19	87
14	1972	3.00	7.0	24	93



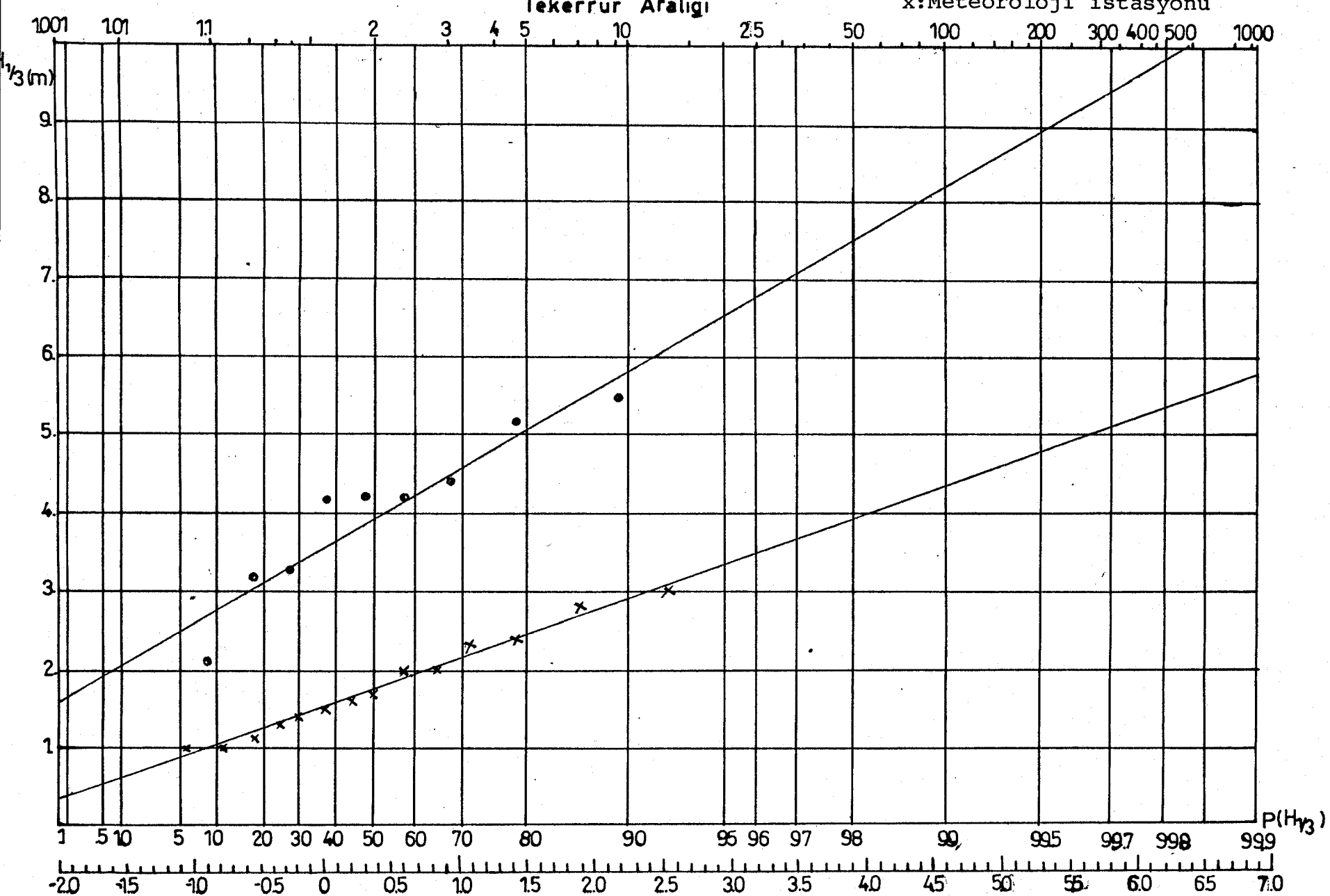
Şekil 6.4: I. BÖLGE-ORDU en büyük derin deniz dalga yükseklikleri olasılık dağılımı



Şekil 6.5: I. BÖLGE-GİRESUN en büyük derin deniz dalga yükseklikleri olasılık dağılımı



Şekil 6.6: II. BÖLGE-TRABZON en büyük derin deniz dalga yükseklikleri olasılık dağılımı



Şekil 6.7: III. BÖLGE-HOPA en büyük derin deniz dalga yükseklikleri olasılık dağılımı

Şekil (6.4-6.7) de Çizilmiş Doğrulara Ait Denklemlerin Belirlenmesi:

Her bir doğru için A ve B katsayıları hesaplanırken denklemin ifade ettiği doğru üzerinde alınan iki noktanın karşılıkları olan $(P(H_{1/3}))_1$, $(H_{1/3})_1$ ve $(P(H_{1/3}))_2$, $(H_{1/3})_2$ değerleri okunmuş her iki nokta için (5.6) ve (5.7) denklemleri kullanılarak A ve B katsayıları hesaplanmıştır. Aşağıda sadece birinci bölge için bu denklem bir örnekle açıklanarak gösterilmiş, diğer bölgeler için sadece sonuçlar verilmiştir.

Örnek: Şekil 6.4 de işaretlenmiş bulunan 1 ve 2 noktalarına karşılık gelen dalga yükseklikleri ve olasılıkları:

$$(H_{1/3})_1 = 2.5 \text{ m}$$

$$(P(H_{1/3}))_1 = 0.4$$

$$(H_{1/3})_2 = 4.01 \text{ m}$$

$$(P(H_{1/3}))_2 = 0.90$$

$$P(H_{1/3}) = \exp[-\exp(-y)] \text{ eşitliğinden}$$

$$y_1 = 0.088$$

$$y_2 = -2.25$$

bulunur.

$$y = (H_{1/3} - B)/A$$

denklemde her iki nokta için $H_{1/3}$ ve y değerleri yerlerine konarak aşağıdaki denklem takımı kurulur.

$$0.088A+B-2.5 = 0$$

$$-2.25A+B-4.01 = 0$$

Bu denklemlerden

$$A = 0.697$$

$$B = 2.439$$

hesaplanır.

Dağılım denklemleri:

I. BÖLGE- ORDU

$$H_{1/3} = 0.697 \ln \left[\frac{1}{\ln \frac{1}{P(H_{1/3})}} \right] + 2.439 \text{ [Sinoptik harita]} \quad (6.1)$$

$$H_{1/3} = 0.165 \ln \left[\frac{1}{\ln \frac{1}{P(H_{1/3})}} \right] + 1.219 \text{ [Meteoroloji istasyonu]} \quad (6.2)$$

I. BÖLGE- GİRESUN

$$H_{1/3} = 0.697 \ln \left[\frac{1}{\ln \frac{1}{P(H_{1/3})}} \right] + 2.439 \text{ [Sinoptik harita]} \quad (6.3)$$

$$H_{1/3} = 0.697 \ln \left[\frac{1}{\ln \frac{1}{P(H_{1/3})}} \right] + 0.931 \text{ [Meteoroloji istasyonu]} \quad (6.4)$$

II. BÖLGE- TRABZON

$$H_{1/3} = 0.765 \ln \left[\frac{1}{\ln \frac{1}{P(H_{1/3})}} \right] + 3.643 \text{ [Sinoptik harita]} \quad (6.5)$$

$$H_{1/3} = 0.359 \ln \left[\frac{1}{\ln \frac{1}{P(H_{1/3})}} \right] + 1.501 \text{ [Meteoroloji istasyonu]} \quad (6.6)$$

III. BÖLGE- HOPA

$$H_{1/3} = 1.039 \ln \left[\frac{1}{\ln \frac{1}{P(H_{1/3})}} \right] + 3.505 \text{ [Sinoptik harita]} \quad (6.7)$$

$$H_{1/3} = 0.620 \ln \left[\frac{1}{\ln \frac{1}{P(H_{1/3})}} \right] + 1.495 \text{ [Meteoroloji istasyonu]} \quad (6.8)$$

6.5 Dalga Diklikleri ve Çeşitli Tekerrür Aralıkları İçin Dalga Değerleri

Tablo (6.2-6.8) de verilen yıllık en büyük derin deniz dalga yükseklikleri ve ilgili dalga periyotları kullanılarak Bölüm 5.4.2 de açıklandığı gibi dalga diklikleri hesaplanmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

I. BÖLGE- ORDU

$$\frac{(H_{1/3})_o}{L_o} = 0.0407 \quad [\text{Sinoptik harita}] \quad (6.9)$$

$$\frac{(H_{1/3})_o}{L_o} = 0.0403 \quad [\text{Meteoroloji istasyonu}] \quad (6.10)$$

I. BÖLGE- GİRESUN

$$\frac{(H_{1/3})_o}{L_o} = 0.0407 \quad [\text{Sinoptik harita}] \quad (6.11)$$

$$\frac{(H_{1/3})_o}{L_o} = 0.0395 \quad [\text{Meteoroloji istasyonu}] \quad (6.12)$$

II. BÖLGE- TRABZON

$$\frac{(H_{1/3})_o}{L_o} = 0.0411 \quad [\text{Sinoptik harita}] \quad (6.13)$$

$$\frac{(H_{1/3})_o}{L_o} = 0.0401 \quad [\text{Meteoroloji istasyonu}] \quad (6.14)$$

III. BÖLGE- HOPA

$$\frac{(H_{1/3})_o}{L_o} = 0.0406 \quad [\text{Sinoptik harita}] \quad (6.15)$$

$$\frac{(H_{1/3})_o}{L_o} = 0.0399 \quad [\text{Meteoroloji istasyonu}] \quad (6.16)$$

Çeşitli tekerrür aralıkları için dalga yükseklikleri hesaplanırken (5.10) denklemindeki tekerrür aralığı (R_p) 10,25,50 yıl

olarak alınmıştır. Buna karşılık gelen olasılık değeri aynı denklem kullanılarak hesaplanmış bunun karşılığı $H_{1/3}$ değerleri ise ilgili bölgelerin dağılım denklemleri yardımıyla hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo (6.9-6.12) de verilmiştir.

Tablo 6.9: I. BÖLGE-ORDU çeşitli tekerrür aralıkları için belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları

Tekerrür Aralığı R_p (yıl)	Sinoptik Harita		Meteoroloji İstasyonu	
	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)
10	4.0	7.94	1.59	5.02
25	4.65	8.56	1.73	5.25
50	5.15	9.01	1.83	5.39

Tablo 6.10: I. BÖLGE-GİRESUN çeşitli tekerrür aralıkları için belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları

Tekerrür Aralığı R_p (yıl)	Sinoptik Harita		Meteoroloji İstasyonu	
	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)
10	4.0	7.94	1.40	4.77
25	4.65	8.56	1.60	5.09
50	5.15	9.01	1.75	5.34

Tablo 6.11: II. BÖLGE-TRABZON çeşitli tekerrür aralıkları için belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları

Tekerrür Aralığı R_p (yıl)	Sinoptik Harita		Meteoroloji İstasyonu	
	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	$H_{1/3}$ (m)	$H_{1/3}$ (sn)
10	5.36	9.14	2.30	6.06
25	6.09	9.74	2.67	6.53
50	6.63	10.17	2.91	6.82

Tablo 6.12: III. BÖLGE-HOPA çeşitli tekerrür aralıkları için belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları

Tekerrür Aralığı R_p (yıl)	Sinoptik Harita		Meteoroloji İstasyonu	
	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sn)
10	5.80	9.57	2.90	6.83
25	6.80	10.36	3.68	7.69
50	7.69	11.02	3.90	7.92

BÖLÜM 7

S O N U Ç L A R

Doğu Karadeniz Bölümünde kıyı ve liman mühendisliği ile ilgili her çeşit mühendislik yapısının projelendirilmesinde gerekli olabilecek proje dalgasının belirlenmesi çalışmalarında kullanılmak üzere en büyük derin deniz dalga yüksekliklerinin ve periyotlarının tahmini amacı ile yapılmış olan bu çalışmada varılan başlıca sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

1) Türkiye'nin diğer bölgelerinde olduğu gibi Doğu Karadenizde de gerçek dalga ölçümleri bulunmamaktadır. Derin deniz dalga tahminleri için başvurulacak yegâne kaynak kıyıdaki meteoroloji istasyonlarında kaydedilen saatlik ortalama rüzgar verileridir. Ayrıca, yine Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan sinoptik hava haritaları yardımıyla dalga tahminlerinde kullanılmak üzere rüzgar verileri çıkarılmıştır. Bu iki veri dizisi kullanılarak derin deniz dalga tahminleri yapılmıştır.

2) Dalga tahminleri konusunda geliştirilmiş çeşitli yöntemler arasından son yıllarda en çok taraftar bulan ve daha güvenilir tahminler verdiği saptanan SMB (U.S. Army Coastal Engineering Research Center -1975) yöntemi bu çalışmada esas alınmıştır.

3) Önceki çalışmaların verdiği sonuçlar göz önüne alınarak ekstrem dalga karakteristiklerinin belirlenebilmesi için Ekstrem Değer Tip I (GUMBEL) dağılımı esas alınmıştır.

4) Göz önüne alınan her proje yeri (ORDU, GİRESUN, TRABZON, HOPA) ve bölge (I, II, III) için GUMBEL dağılım fonksiyonu (doğrusu) grafiksel yöntemle çizilmiş (Şekil- 6.4-6.7) ve matematiksel olarak doğruların denklemleri hesaplanmıştır (denklem 6.1-6.8). Bu grafiklerden yararlanarak çeşitli tekerrür aralıkları (10, 25, 50 yıl) için proje dalgası yükseklikleri ve periyotları tahmin edilmiştir (Tablo 6.9-6.12).

5) Her proje yeri ve bölge için dalga diklikleri hesaplanmıştır (denklem 6.9-6.16)

6) İlgili tablolardan görüleceği üzere en büyük belirgin dalga yükseklikleri $(R_p)_{10}$ (tekerrür aralığı 10 yıl) için 1.59-5.80 m aralığında; $(R_p)_{25}$ için 1.60-6.80 m aralığında; $(R_p)_{50}$ için 1.75-7.69 m aralığında değişmektedir. Yukarıdaki değerlere karşılık gelen belirgin dalga periyotları ise, 4.77-9.57 sn; 5.09-10.36 ve 5.34-11.02 sn aralığında değişmektedir. Ayrıca en yüksek dalga tahminleri III. BÖLGE (HOPA) de en düşük dalga tahminleri ise I. BÖLGE (GİRESUN) de görülmüştür. Periyotlar da dalga yüksekliklerine bağlı olarak değişmektedir.

7) Sinoptik haritalardan çıkarılmış verilerle yapılan dalga tahminleri diğerine kıyasla daha büyük olduğu görülmektedir. Bu farklılığın başlıca nedeni, kıyıdaki meteoroloji istasyonlarına ait rüzgar kayıtlarının civardaki engellerden (ağaç, bina, tepe v.b.) etkilenmiş olabileceğidir.

8) Belirgin dalga yüksekliklerindeki ve periyotlarındaki bölgeler arası farklılıklar, dalga dikliklerinde gözükmemektedir. Bunlar 0.0395 ile 0.0411 arasında değişmektedir.

9) Sonuç olarak, ORDU-HOPA arasında, 50 yıllık bir proje dalgasına göre (yani 50 yılda bir görülebilecek dalgaya göre) boyutlandırılacak bir kıyı yapısı için en az 7.5 m yüksekliğinde, 11 sn periyodunda ve 0.041 dikliğinde bir dalga göz önüne alınmalıdır.

K A Y N A K L A R

- (1) QUINN, A.D.F. (1976) "Design and Concruction of Ports and Maritime Structures", 2.Ed. McGraw-Hill Book Co., New York.
- (2) BREITSCHNEIDER, C.L. (1958) "Revisions in Wave Forcasting Deep and Shallow Water" Proc. 6th Conf. Coastal Engineering, A.S.C.E., Florida
- (3) PHILLIPS, O.M. (1958) "The Equilibrium Range in the Spectrum of wind Generated Waves" Jour. Fluid. Mech., V.4
- (4) MILES, J.W. (1957-59) "On the Generation df Surface Waves by Shear Flows" Jour. Fluid Mech., Part I:V.3, Part II V.6
- (5) FALVEY, H.T. (1974) "Prediction of Wind Wave Heights" A.S.C.E. Jour. Waterways, Harbors and Coastal Eng.Div.,V.100
- (6) CERC (U.S. Army Coastal Engineering Research Center) (1975) "Shore Protection Manual" Vol.1
- (7) ÖZHAN, E. (1981) " Rüzgar Dalgalarının Kısa Dönem İstatistiksel Özellikleri, Enerji Spektrumu ve Dalga Tahminleri" ODTÜ Teknik Rapor No.25, Ankara
- (8) W.M.O. (1976)"Hand Book on Wave Analysis and Forcasting" Publication No.446, Geneva
- (9) ŞENDİL, U. (1978) "Kıyılarıdaki Rüzgar Verileri Yardımıyla Tasarım Dalgasının Saptanması", Doçentlik Tezi ODTÜ Ankara
- (10) ÖDTÜ (1985) "15 Deniz Yöresi için Dalga Tahminleri ve Tasarım Dalgası Özelliklerinin Belirlenmesi", Ankara

KONU İLE İLGİLİ YAYINLANMIŞ DİĞER KAYNAKLAR

- (1) AYBARS, S., TAMUR, E. (1975) "Deniz Yapılarının Projelendirilmesinde Hesap Dalgası Seçimi, Bayındırlık Bakanlığı, Ankara
- (2) BİLGİN, R. (1980) " Kıyı Hidroliği Ders Notları" K.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fak. Trabzon
- (3) BRUUN, P. (1981) "Port Engineering" Gulf Publ. Co. Houston Texas
- (4) BRUUN, P. (1985) "Design and Concruction of Mounds for Breakwaters and Coastal Protection", Elsevier, Tokyo
- (5) ÇIRAY, C. (1980) "TEK-Akkuyu Projesi" ODTÜ Ankara
- (6) CONF. PROCEEDINGS (1960) "9th Coastal Engineering Conference" Vol.I,II. Lisbon
- (7) CONF. PROCEEDINGS (1964) "10th Coastal Engineering Conference" Vol. I, II, Tokyo
- (8) CONF. PROCEEDINGS (1968) "11th Coastal Engineering Conference" Vol. I, II
- (9) CONF. PROCEEDINGS (1972) "12th Coastal Engineering Conference" Vol. I, II
- (10) DAVIS, R.A (1972) "Principles Oceanography" Addison-Wesley
- (11) DIFTICH, G. (1957) "General Oceanography" Interscience Publ.
- (12) ERGİN, A., CEYLANLI, Z. (1978) "Koruyucu Kıyı Duvarları" ODTÜ, Ankara
- (13) ERGİN, A., ÖNER, Ö., GÜNBAK, A.R. (1977) "Taş Dolgu Dalga Kıranlar" Teknik Yayın No.2, ODTÜ, Ankara
- (14) ERGİN, A. (1973) "Bodrum Yat Limanı Model Tecrübeleri" ODTÜ, Ankara
- (15) ERGİN, A. (1973) "Bodrum Yat Limanı Dalga Frekans Hesapları" ODTÜ, Ankara
- (16) ERTAŞ, B. (1986) "Kıyı ve Liman Mühendisliği Ders Notları" K.Ü. Müh.-Mim. Fak. Trabzon
- (17) KAMPHUIS, J.W. (1972) "Scale Selection For Mobile Bed. Wave Models"
- (18) KAMPHUIS, J.W. (1973) "Sediment Transport by Waves Over a Flat Bed.
- (19) KAMPHUIS, J.W. (1973) "Short Wave Models with Fixed Bed. Boundary Layer. Journ. of the Water Harbours and Coastal Eng. Div.

- (20) KAMPHUIS, J.W. (1975) "The Coastal Mobile Bed. Model-Does it work
- (21) KAMPHUIS, J.W. (1972) "Scale Selection for Wave Models. CE Research Report 71, Quens Univ. Canada
- (22) KAMPHUIS, J.W. (1975) "The Coastal Mobile Bed Model, CE Research Report 75, Quens Univ. Canada
- (23) K.Ü. (1980) "Kıyıların Korunması Paneli" Trabzon
- (24) K.Ü. (1983) " Türkiye Şehircilik Günü" Trabzon
- (25) KINSMAN, B.K. (1965) Wind Waves" Prentice-Hall
- (26) MINIKIN, R.R. (1969) Wind Waves and Maritime Structures" Griffin
- (27) Meteorological Office (1963) "Weather in the Black Sea" London
- (28) ÖZHAN, E., GÜNBUK, A.R., ERGİN, A. (1984) "Introduction to Coastal and Harbor Engineering" ODTÜ Kıyı ve Liman Mühendisliği, Ankara
- (29) ÖZHAN, E. (1979) "Kemer Yat Limanı Kirlenmesi" ODTÜ, Ankara
- (30) ÖZHAN, E. (1984) "Solved Problems" ODTÜ, Ankara
- (31) ÖZHAN, E. (1981) "Bilgisayarda Rüzgar Dalgalarının Tahmini" TÜBİTAK 6. Bilim Kongresi, İzmir
- (32) ÖZMEN, A. (1974) "Design of Rubble Mound Shere Protective Structures along the Black Sea Coast of Turkey" Msc Thesis, ODTÜ, Ankara
- (33) STROKER, J.J. (1957) "Water Waves" Interscience Publ.
- (34) Symposium Proceeding (1974) Ocean Wave Measurements and Analysis" Vol.I,II, San Fransisco
- (35) ŞENDİL, U. (1978) "Antalya Limanı Liman içi Çalkantılarının Önlenmesi" ODTÜ, Ankara