

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BELİRGİN DALGA YÜKSEKLİĞİNİN YAPAY SINIR
AĞLARI MODELİ İLE TAHMİN EDİLMESİ, KOCAELİ
İLİ, DARICA BAYRAMOĞLU ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Semra ÖZTÜRKLER

Enstitü Anabilim Dalı : **İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**
Enstitü Bilim Dalı : **HİDROLİK**
Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Emrah DOĞAN**

Nisan 2013

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BELİRGİN DALGA YÜKSEKLİĞİNİN YAPAY SINIR
AĞLARI MODELİ İLE TAHMİN EDİLMESİ, KOCAELİ
İLİ, DARICA BAYRAMOĞLU ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Semra ÖZTÜRKLER

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez 23/04/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Y. Doç. Dr. Mehmet Sındakcı
Jüri Başkanı

Yrd. Doç. Dr. Adem AKPINAR
Üye

Doç. Dr. Emrah DOĞAN
Üye



ÖNSÖZ

Kıyı yapılarının planlaması ve projelendirilmesinde öncelikli ve en önemli aşama belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesidir. Bu çalışmada çeşitli yöntemlerle belirgin dalga yüksekliği hesaplanmış ve yapay sinir ağları ile de tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Bu tez aşamasında beni yönlendiren ve yardımcı olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Emrah DOĞAN'a teşekkür ederim.

Kıyı Mühendisliği alanında yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Adem AKPINAR'a ve Yrd. Doç. Mehmet SANDALCI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi okuyan ve düzelten, her zaman bilgisiyle ve sevgisiyle yanımda olan arkadaşım Sinem ŞENOĞLU'na ve bu tez çalışması sırasında beni sabırla dinleyen, her zaman yardım eden Kocaeli Büyükşehir Belediyesindeki mesai arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Son olarak her zaman yanımda olan ve motive eden annem Münire TARAK'a, babam Osman Burhan TARAK'a, ağabeyim Erkan TARAK'a ve eşim Murat ÖZTÜRKLER'e sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Konu İle İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	3
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	6
BÖLÜM 2.	
RÜZGÂR DALGALARI.....	8
BÖLÜM 3.	
ÇALIŞMA SAHASI.....	12
3.1. Meteorolojik Veriler	15
3.1.1. Rüzgâr.....	15
3.1.2. Bölgenin iklimi	17
BÖLÜM 4.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
4.1. Giriş.....	19
4.2. YSA'nın Temel Özellikleri	20
4.2.1. İşlem elemanı	21

4.2.2. YSA'nın planlanması	22
4.2.3. Eğitim ve test	23
4.2.4. Yapay sinir ağ yapıları.....	25
4.2.4.1. İleri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı (İBGYYSA).....	25
4.2.4.2. Geri beslemeli yapay sinir ağları (GBYSA).....	26
4.2.4.3. Bellek tabanlı yapay sinir ağları (BTYSA)	27
4.2.4.4. Radyal tabanlı fonksiyon ağları (RTFA).....	28
4.2.4.5. Fonsiyonel link ağları (FLA)	29
4.2.4.6. Çağrışimli bellek ağları (ÇBA).....	29
4.2.4.7. Modüler yapay sinir ağları (MYSA).....	30
4.3. Aktivasyon Fonksiyonları	31
4.3.1. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu.....	31
4.3.2. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu.....	32
4.3.3. Hiberbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu.....	33
4.3.4. Adımsal aktivasyon fonksiyonu.....	34
4.4. Performans Ölçütleri.....	34
4.5 . YSA'ların Öğrenme Kuralları	35
4.5.1. Danışmanlı öğrenme (Denetimli öğrenme)	35
4.5.2. Danışmansız öğrenme (Denetimsiz Öğrenme).....	36
4.5.3. Takviyeli öğrenme.....	36
4.6. Çok Katlı Algılayıcılar ÇKA (Multi Layer Perceptron MLP).....	37
4.7. Çoklu Lineer Regresyon Analizi (ÇLR)	38
4.8. Basitleştirilmiş Dalga Tahmin Modelleri.....	42
4.8.1. Coastal engineering manual (CEM, US Army, 2003) yöntemi	42
4.8.2. Jonswap spektrum yöntemi (Hasselmann vd., 1973).....	43
4.8.3. Shore protection manual (SPM) yöntemi (US Army, 1984)..	43
4.8.4. Wilson yöntemi.....	44
 BÖLÜM 5.	
UYGULAMA.....	45

BÖLÜM 6.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER 57

KAYNAKLAR..... 60

EKLER..... 65

ÖZGEÇMİŞ 114

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ANFIS	: Adaptive neuro fuzzy inference system
BM	: Bulanık mantık
BNS	: Bayesian ağları
BTYSA	: Bellek tabanlı yapay sinir ağları
C_D	: Sürüklenme katsayısı
CEM	: Coastal engineering manual
ÇBA	: Çağrışımli bellek ağları
ÇKA	: Çok katmanlı algılayıcı
ÇKYSA	: Çok katmanlı yapay sinir ağları
ÇLR	: Çoklu lineer regresyon analizi
d	: Su derinliği
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DVM	: Destek vektör makinaları
F	: Feç mesafesi
f	: Feç genişliği
FAS	: Tam gelişmiş deniz durumu
F_{efektif}	: Efektif feç mesafesi
FLA	: Fonksiyonel link ağları
F_{min}	: Minimum feç uzunluğu
GBYSA	: Geri beslemeli yapay sinir ağları
g	: Yer çekimi ivmesi
HKOK	: Hata kareler ortalaması karekökü
HKT	: Hata kareler toplamı
İBGYYSA	: İleri beslemeli geri yayılımlı yapay sinir ağları
MLP	: Multi layer perception
MYSÄ	: Modüler yapay sinir ağları
OKH	: Ortalama karesel hata

OMH	: Ortalama mutlak hata
OMYH	: Ortalama mutlak yzdesel hata
R	: Korelasyon katsayısı
R^2	: Determinasyon katsayısı
RTFA	: Radyal tabanlı fonksiyon ağları
SPM	: Shore protection manual
SWAN	: Simulating waves near shore
t	: Zaman
$T_s (T_{1/3})$: Belirgin dalga periyodu
TÜMAS	: Meteorolojik veri arşiv sistemi
U	: Rüzgâr hızı
U_A	: Rüzgâr gerilme faktörü
U_{10}	: 10 m yükseklikte rüzgâr hızı
U^*	: Sürtünme hızı
T_w	: Rüzgâr esme süresi
YSA	: Yapay sinir ağları
YZ	: Yapay zekâ

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Feç boyunca dalgaların değişimi	9
Şekil 2.2. Feç mesafeleri.....	11
Şekil 3.1. Proje alanının Türkiye haritasındaki yeri.....	12
Şekil 3.2. Proje alanı.....	13
Şekil 3.3. 1/1000'lik uygulama imar planı.....	14
Şekil 3.4. Çalışma sahasından görüntüler.....	15
Şekil 3.5. Rüzgar hızını gösteren rüzgar güllü	16
Şekil 3.6. Mevsimsel rüzgar gülleri.....	16
Şekil 3.7. Mevsimsel dalga gülleri	17
Şekil 4.1. Tek ve çok katmanlı YSA modelleri.....	20
Şekil 4.2. Motor sinir hücre yapısı	21
Şekil 4.3. Bir işlem elemanı	22
Şekil 4.4. Genelleştirme yeteneği olmayan YSA mimarisi	23
Şekil 4.5. Genelleştirme yeteneği olan YSA mimarisi	24
Şekil 4.6. Eğitim ve test verilerine göre hatanın dağılımı.....	24
Şekil 4.7. İleri beslemeli YSA.....	25
Şekil 4.8. İki katmanlı geri beslemeli YSA	26
Şekil 4.9. Bellek hücreli yapay sinir ağı ve bellekli bir hücrenin yapısı	27
Şekil 4.10. Radyal tabanlı fonksiyon ağı.....	28
Şekil 4.11. Fonksiyonel link ağı.....	29
Şekil 4.12. Çağrışımli bellek ağları	30
Şekil 4.13. Modüler yapay sinir ağları.....	31
Şekil 4.14. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu.....	32
Şekil 4.15. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu	33
Şekil 4.16. Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu.....	33
Şekil 4.17. Tek kutuplu ve çift kutuplu adımsal aktivasyon fonksiyonu.....	34

Şekil 4.18. Danışmanlı öğrenme yapısı	36
Şekil 4.19. Danışmansız öğrenme yapısı	36
Şekil 4.20. Takviyeli öğrenme yapısı	37
Şekil 4.21. Çok katlı algılayıcı	37
Şekil 4.22. Çok katlı algılayıcı model	38
Şekil 4.23. Regresyon doğrusu gözlem noktalarının düşey uzaklıklarının karelerinin toplamını en küçük yapacak şekilde geçirilmesi.....	40
Şekil 4.24. Regresyon denklemiyle yapılan tahminler için belli bir güven düzeyindeki güven bölgesi	41
Şekil 5.1. Cem, Jonswap spektrum yöntemi, SPM, Wilson yöntemleri ile hesaplanmış H_s	48
Şekil 5.2. Wilson yöntemi ile hesaplanmış H_s ile YSA kullanılarak Senaryo 8-18 ile hesaplanmış H_s 'in karşılaştırılması.....	50
Şekil 5.3. Senaryo 8-18'in Tutarsızlık	51
Şekil 5.4. Wilson yöntemi ile hesaplanmış H_s ile ÇLR ile tahmin edilmiş Senaryo 16-17'in karşılaştırılması	52
Şekil 5.5. Wilson yöntemi ile hesaplanmış H_s ile YSA kullanılarak Senaryo 4-18 ile hesaplanmış H_s 'in karşılaştırılması	54
Şekil 5.6. Senaryo 12.31'in Tutarsızlık Oranı.....	54
Şekil 5.7. Wilson yöntemi ile hesaplanmış H_s ile ÇLR ile tahmin edilmiş Senaryo 12-31'in karşılaştırılması	55

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 5.1. YSA deneme sonuçları.....	46
Tablo 5.2. Feç karşılaştırmaları.....	48
Tablo 5.3. Efektif feç yöntemi ile hesaplanmış feç uzunlukları kullanılmış YSA.....	49
Tablo 5.4. Efektif feç yöntemi ile hesaplanmış feç kullanılarak ÇLR ile hesaplanmış R^2	51
Tablo 5.5. Düz çizgi metodu ile hesaplanmış feç uzunlukları kullanılmış YSA.....	53
Tablo 5.6. Senaryo 12-31'in ÇLR analizi sonucu hesaplanan katsayılar	55

ÖZET

Anahtar kelimeler: Dalga Tahmini, Belirgin Dalga Yüksekliği, Yapay Sinir Ağları (YSA), Kocaeli.

Kıyı yapılarının planlaması ve projelendirilmesinde öncelikli ve en önemli aşama belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesidir. Sunulan çalışmada Marmara denizinin Kocaeli ili sınırlarında kalan Mankafa burnu ile Mezar burnu arasında yer alan Balyanoz Koyu olarak adlandırılan doğal korunaklı koyda yapılabilecek kıyı yapılarının modellenmesinde kullanılabilir belirgin dalga yüksekliğinin (H_s) yapay sinir ağı modeli (YSA) ile yapılan tahmininde uygulanabilirliği araştırılmış ve sonuçları çoklu lineer regresyon analizi (ÇLR) metodu ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada Balyanoz koyuna ait günlük ortalama rüzgâr hızı (m/sn), günlük ortalama basınç (hpa), günlük ortalama sıcaklık (C°), günlük toplam açık yüzey buharlaşması (mm) verilerinin kullanılması amacıyla en yakın meteoroloji istasyonu olan Gebze İstasyonuna ait 1984-2012 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Çalışmada günlük belirgin dalga yüksekliği (H_s); CEM (Coastal Engineering Manual) yöntemi, Jonswap spektrum yöntemi, SPM (Shore Protection Manual) yöntemi ve Wilson yöntemi ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesinde önemli etkiye sahip feç mesafesi; düz çizgi metodu ve efektif feç metodu ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan feç mesafelerinin belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesindeki etkileri, kullanılan dört farklı yöntem ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Hesaplanan belirgin dalga yükseklikleri çeşitli senaryolarla irdelenerek YSA ve ÇLR modelleri ile belirgin dalga yüksekliklerinin tahmin edilmesi ve tahmin edilen verilerin sağlıklı olduğunun kontrolü amacıyla birçok analiz yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda YSA'nın ÇLR'dan daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Hesaplamalarda kullanılan verilerden en iyi sonucu veren ikili, üçlü ve dördü veri grubu, tüm verilerin bir arada bulunduğu veri grubu için kullanılan tüm yöntemler ile tek tek analizler yapılarak korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda en iyi ikili parametrenin rüzgâr hızı ve feç uzunluğu olduğu görülmüş ve en iyi üçlü, dördü parametrelerde ise rüzgâr hızı ve feç uzunluğu bir arada bulunmakta olup sıcaklık-açık yüzey basıncı ve buharlaşma parametrelerinin yöntemden yöntemde değişiklik gösterdiği görülmüştür. Bununla birlikte iki farklı feç hesap yöntemi kullanılarak hangi feçin modele nasıl etki ettiği tartışılmıştır.

SIGNIFICANT WAVE HEIGHT ESTIMATION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS: CASE OF DARICA BAYRAMOGLU, KOCAELI

SUMMARY

Key words: Wave Estimation, Significant Wave Height, Artificial Neural Networks, (ANN), Kocaeli.

In planning and projecting of coastal structures the prior and most important stage is the determination of significant wave height. In the proposed study, the applicability of significant wave height (H_s) (that can be used in the design of coastal structures in Balyanoz bay which is a natural sheltered bay located between Mankafa and Mezar capes in Kocaeli part of Marmara sea) in the estimation made with artificial nerve networks (ANN) was examined and the results were compared by multi-linear regression analysis method. In the study, data between 1984 and 2012 belonging to Gebze meteorological station which is the closest station was used with the purpose of using the daily average wind speed (m/sn), daily average pressure (hpa), daily average temperature (C°), daily total evaporation data of Balyanoz bay. In the study, significant wave height (H_s); was calculated separately by CEM (Coastal Engineering Manual) method, Jonswap spectrum method, SPM (Shore Protection Manual) method and Wilson method. Fetch length which has important effect in determination of significant wave height was calculated separately by linear line method and effective fetch method. The effects of calculated fetch length on determination of significant wave height were determined by four different parametric methods. The calculated significant wave heights were examined under various scenarios and various analyses were performed with the purpose of estimation of significant wave heights by ANN and MLR methods and control the accuracy of estimated data. In the calculations it was observed that ANN gave better results than MLR. Analyses were made one by one with all methods on the effects of the data used in the calculations on their own, with dual, triple and quadruple data groups that gave the best result and with the data group where all data are found together in order to determine correlation and error coefficients. In the calculations made it was observed that best dual parameter was wind speed and fetch length. Wind speed and fetch length was found together in best triple and quadruple parameters while it was observed that temperature, open surface pressure and vaporization parameters differed from method to method. Besides, two different fetch calculation methods were used to discuss which fetch has which kind of effect on the model.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünya üzerinde deniz ve göl kıyılarının geniş ölçüde kullanıma açılmasıyla kıyı mühendisliği alanında doğan birçok probleme karşı farklı çözümler üretmek zorunda kalınmıştır. Bunun neticesinde kıyı mühendisliği alanında kullanılan yapıların çeşitlerinde ve boyutlandırma kriterlerinde değişiklikler oluşmuştur (Kabdaşlı, 1992).

Çok geniş ölçüde kullanıma açılan kıyı yapılarında ortaya çıkan problemlerin çözülmesinde farklı yöntemler gerekebilmektedir. Kıyı alanlarında alınması gereken önlemleri özetleyecek olursak;

Kıyı çizgisinin korunması ya da yeni bir kıyı çizgisi oluşturması amacıyla yapılan çalışmalar;

- a) Mahmuzlar
- b) Kıyı duvarları
- c) Kaplamalar
- d) Bitişik dalgakıranlar
- e) Kum aktarma yapıları
- f) Bölme perdeleri

Kıyı arkasında bulunan alanın deniz etkilerine karşı korunması amacıyla yapılan çalışmalar;

- a) Kum tepeleri
- b) Kıyı duvarları
- c) Kaplamalar
- d) Koruyucu kumsallar
- e) Bölme perdeleri

Liman oluşturma amaçlı;

- a) Dalgakıranlar
- b) Jetler

yapılmaktadır.

Kıyı yapılarını etkileyen çevresel faktörler arasında en önemlisi dalgalardır. Belirgin dalga yüksekliği (H_S) ise dinamik kuvvetlerin kıyı yapıları üzerindeki etkinliğini gösteren temel dalga parametresidir. Belirgin dalga yüksekliği (H_S) yalnızca kıyı yapılarının tasarımında değil Kıyı Mühendisliğinin pek çok alanında kullanılan etkin bir parametredir. Bu sebeple H_S 'nin doğru olarak belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmada dört farklı dalga tahmin yöntemi ile H_S hesaplanmış olup her biri için yapay sinir ağı (YSA) ve çoklu lineer regresyon (ÇLR) ile yapılan tahminlerde günlük ortalama rüzgâr hızı (m/sn), feç (kabarma) mesafesi, günlük ortalama basınç (hpa), ortalama günlük sıcaklık (C°), günlük toplam açık yüzey buharlaşması (mm) parametrelerinin H_S 'nin hesaplamasında en iyi sonucu veren parametre grupları da belirlenmiştir. Literatürde, karşılaştırma işlemini anlamlı kılan çeşitli istatistiksel performans parametreleri mevcuttur. Çalışmada istatistiksel performans parametrelerinden ortalama mutlak hata (OMH), ortalama karesel hata (OKH) ve determinasyon katsayısı (R^2) kullanılmıştır. Çalışmalarda istatistiksel performans parametrelerinin sonuçları en uygun modelin seçiminde anahtar rol oynamaktadır (Nayak ve diğ., 2008). YSA ağları ile modelleme yapılırken ağda kullanılacak parametreler, gizli katman sayısı ve nöron sayısı deneme yanılma yoluyla bulunur. YSA dalga parametrelerinin tahmininde sıklıkla kullanılmaktadır. YSA'nın istatistiksel regresyon, zaman serisi analizi, sayısal yöntemler ve bu tür yaklaşımlara iyi bir alternatif olduğu görülmektedir. YSA'nın avantajları; diğer yöntemlere göre daha az karmaşık, hassasiyetinin yüksek olmasıdır (Agrawal ve Deo, 2002; Makarynsky, 2004; Makarynsky ve diğ. 2005).

10 m. yükseklikteki günlük ortalama rüzgâr hızı ve yönü, günlük ortalama sıcaklık (C°), günlük ortalama hava basıncı (hpa), günlük toplam açık yüzey buharlaşması (mm) parametreleri kullanılarak yatırım maliyeti yüksek olan kıyı yapılarının

tasarımdaki en önemli parametre olan H_s tahmin edilmeye çalışılmıştır. Konu ile ilgili çeşitli denemeler yapılmış bunlardan en iyi sonucu veren YSA modeli oluşturularak tahminler yapılmıştır. Geliştirilen beş farklı senaryo ile istatistiksel performans parametreleri ile modeller test edilmiştir.

1.1. Konu İle İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Kıyı yapıları uzun süreli ve maliyeti yüksek yapılardır. Bu yapıların tasarımında belirgin dalga yüksekliği (H_s) en önemli parametredir. Belirgin dalga yüksekliği şamandıra ile ölçülerek veya parametrik ve sayısal yöntemlerle yapay zekâ teknikleri ile tahmin edilebilmektedir. Literatürde, dalga parametrelerinin tahmini için rüzgâr ve dalga parametrelerinin karşılıklı etkileşimine dayanarak pek çok parametrik model (örneğin; SMB (Bretschneider, 1970), Wilson (Wilson, 1965), Jonswap (Hasselmann ve diğerleri, 1973), Donelan (Donelan, 1980; Donelan ve diğerleri 1985), Shore Protection Manuel (SPM, 1984), Coastal Engineering Manuel (CEM, 2003)) geliştirilmiş ve önerilmiştir. Meteorolojik verilerinden yararlanılarak H_s hesabında meteorolojik faktörler arasından bölgeye ait rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, hava basıncı, hava sıcaklığı ve deniz suyu sıcaklığının dalga üremesi ve oluşumu üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Dalga tahmini çalışmalarında genellikle meteorolojik faktörlerden rüzgâr hızı ve yönü kullanılmaktadır. Ancak Massel (1996) tarafından yapılan çalışmada meteorolojik verilerden deniz yüzey basıncı ve hava sıcaklığı gibi faktörlerin tahmin üzerindeki etkileri rüzgâr hızı ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucunda deniz yüzey basıncı ve hava sıcaklığının hesaplamalarda açıkça yararlı olduğu görülmüştür.

Son yıllarda dalga parametrelerinin tahmininde yapay zeka tekniklerinden yapay sinir ağları (YSA) ve bulanık mantık yöntemleri de kullanılmaktadır (Kazeminezhad ve diğ., 2005). Mahjoobi ve diğ., (2008) tarafından dalga parametrelerinin tahmini için YSA ve CEM yöntemleri kullanılmış, YSA sonuçlarının CEM yönteminin sonuçlarından daha doğru olduğunu ispat etmişlerdir.

Browne ve diğ. (2007) çalışmalarında rüzgâr etkenli soluşan dalgaların yüksekliklerinin tahmininde YSA yaklaşımını uygulamışlar ve sonuçlarını spektral bir dalga modeli olan SWAN (Simulating Waves Near Shore) ile karşılaştırmışlardır. Deo ve Kumar (2000) tarafından ortalama aylık gözlemlerden haftalık önemli dalga yükseklikleri türetilmiştir. Yapılan çalışmalar, belirgin dalga yüksekliğini YSA kullanılarak üç saat öncesinden tahmin etmek için şimdiki ve önceki zamana ait rüzgâr akım hızı kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca bir aya ait haftalık dört girdi kullanılarak haftalık belirgin dalga yüksekliğinin tahmin edilebileceği öngörülmüştür.

Makarynsky ve diğ. (2004) Portekizin batı kıyısında önceden YSA kullanarak 3, 6, 12 ve 24 saat dilimi içinde dalga yüksekliği ve periyodunun tahminini gerçekleştirmişlerdir. Saatlik deniz seviyesinin tahminini bu süreyi takip eden 24 saat için yapılmış olup yarı-günlük günlük, 5 günlük ve 10 günlük ortalama deniz seviyesi için de tahmin yapılmıştır. Ayrıca 1-24 saat için belirgin dalga yüksekliği ve dalga periyotlarını tahmin etmek için YSA metodu uygulanmıştır.

Kalra ve diğ. (2005a; 2005b) Hindistan'ın batı kıyıları boyunca bulunan yerlerde H_s 'i elde etmek için radyan tabanlı fonksiyon ve ileri beslemeli geri yayılım metotlarını kullanmışlardır. Denizin dokuz derin yerinde bir uydu tarafından algılanan günlük belirgin dalga yüksekliği, ortalama dalga periyodu ve rüzgâr hızı ağa girdi olarak verilmiştir. Ayrıca açık denizde yirmibir derin yerde bir uydu tarafından algılanan dalga yükseklikleri radyal tabanlı fonksiyon, ileri beslemeli geri yayılım metotları ve ANFIS metodu kullanılarak kıyıya yakın yerlerdeki belirgin dalga yükseklikleri belirlenmiştir.

Kalra ve Deo (2007), belirgin dalga yüksekliğini; TOPEX uydusu tarafından açık denizde ondokuz noktadan toplanmış dalga periyodunu, rüzgâr hızı verilerini kullanarak YSA yöntemi ile tahmin etmiştir.

Lee (2006) tarafından YSA uygulaması ile rüzgâr hızı, basınç, rüzgâr yönü ve gelgit seviyesi olmak üzere dört veri kullanılarak Tayvan Jiangjun istasyonunda tayfun sırasındaki gelgit seviyesi tahmini yapılmıştır.

Deo ve diğ., (2001) açık denizde YSA ile rüzgâr hızlarına dayalı bir dalga tahmin çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmada, korelasyon katsayılarının sonuçları arasında gerçek ve tahmin edilen değerlerin çok da tatmin edici olmadığı ortaya çıkmaktadır. Günaydın (2008) ise Atlantik açık denizinde aylık ortalama rüzgâr hızı, deniz yüzey basıncı, hava sıcaklığı ve üç şamandıra istasyonunda ölçülmüş dalga yüksekliği verilerini kullanarak yedi YSA modeli ile hesaplanan en iyi performansın tüm meteorolojik veriler ile alındığını öne sürmektedir. YSA ile rüzgâr hızının dalga yüksekliğinin tahmininde en etkili parametre olduğu, deniz yüzey basıncının da tek girdi olarak kullanıldığında en az etkili parametre olduğu belirlenmiştir.

Tür ve Balas (2006) tarafından farklı üyelik fonksiyonları ve algoritmalar ile denenerek en iyi sonuçları veren beş model önerilmiştir. Çalışmada, H_S günlük tahmin edilerek H_S ve T_S verileri girdi değişkenleri olarak kullanılmıştır. Modellerden elde edilen tahmin değerleri sahada ölçülmüş gerçek H_S değerleri ile karşılaştırılmıştır. H_S ve T_S 'in birlikte kullanıldığı modellerin gerçeğe daha yakın tahmin sonucu verdiği gözlemlenmiş sadece H_S 'e bağlı modellerin tahmin sonuçlarının düşük korelasyona sahip ve gerçek değerlerden daha uzak oldukları belirlenmiştir.

Mandal ve Prabakaran (2003) tarafından YSA kullanılarak 3, 6, 12 ve 24 saat dilimi içinde dalga parametrelerinin tahmini yapılmıştır.

Namakar ve Deo (2006) ise Pierson–Moskowitz and Jonswap yöntemi kullanılarak hesaplanan belirgin dalga yüksekliğinin hesabını yaparak ileri beslemeli geri yayımlı ağ modeli ile H_S 'in YSA ile tahmini yapılmıştır.

Londhe ve Panchang (2007) tarafından A.B.D'nin kuzeydoğu kesiminde ve Meksika körfezinde altı şamandıra ile yapılan dalga ölçümlerinin sonuçları YSA tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda YSA'nın güvenilir olduğu görülmüştür.

Malekmohamadi ve diğ. (2010) belirgin dalga yüksekliğinin tahmininde destek vektör makinaları (DVM), Bayesian ağları (BNS), yapay sinir ağları (YSA) ve bulanık mantık (BM) yöntemleri kullanılarak modellerin etkinliğini araştırmışlardır.

Sonuçlar değerlendirildiğinde DVM, YSA ve BM'nin doğruluğunun kabul edilebilir sonuçlar verdiği, BNS'nin ise güvenilirmez sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Zamani ve diğ. (2008) Hazar denizi için şamandıra ölçümlerini kullanarak önceden birkaç saat için belirgin dalga yüksekliklerini YSA ve örnek tabanlı öğrenme yöntemi ile tahmin edilmesi için deneyler yapmıştır. Deneyler sonucunda YSA ile örnek tabanlı öğrenme yönteminin bir arada iyi sonuç vermediğini gözlemlemişlerdir.

Asma ve diğ. (2011) tarafından Hindistan'ın batı sahili Goa'nın YSA ve ÇLR yöntemleri kullanılarak dalga yüksekliği tahmin edilmeye çalışılmıştır. Modelde belirgin dalga yüksekliğinin tahmininde en iyi sonuca atmosfer basıncı, su sıcaklığı ve hava sıcaklığı rüzgâr hızının kullanıldığı modelle ulaşılmıştır.

Öztürkler ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmada rüzgâr hızı (m/sn), feç mesafesi (km) ve sıcaklık (C°) verilerinin H_s 'nin hesaplanmasında yüksek doğruluk ve yüksek korelasyona sahip olduğu ve hesaplamalarda en iyi sonucu veren girdi grubunun (rüzgâr hızı, feç mesafesi, sıcaklık) determinasyon katsayısının (R^2) 0,99 gibi yüksek bir değere sahip olduğu belirlenmiştir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tez kapsamında, yüksek maliyetli olan kıyı yapıların projelendirilmesinde kullanılan ve en etkin parametre olan belirgin dalga yüksekliğinin yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Öncelikle belirgin dalga yükseklikleri literatürde yer alan Wilson yöntemi (Wilson, 1965), SPM yöntemi (US Army, 1984), Coastal Engineering Manual (CEM) yöntemi (US Army, 2003), Jonswap yöntemi (Hasselmann vd., 1973) ile ayrı ayrı hesaplanarak yöntemler arasındaki farklar irdelenmiştir.

H_s 'in hesabında etkin rol oynayan feç uzunluğunun hesabı için düz çizgi metodu ve efektif feç metodu kullanılarak iki yöntem arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

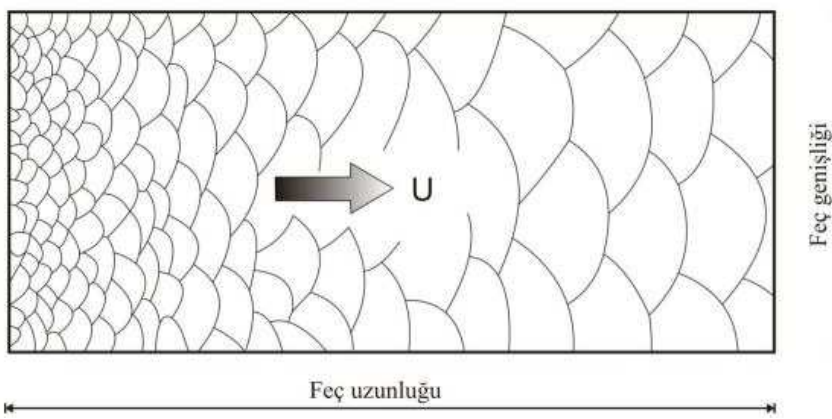
Tahminler, yapay sinir ağları (YSA) ve çoklu lineer regresyon analizi (ÇLR) ile yapılmış ve hangi yöntemin daha iyi sonuç vereceği irdelenmiştir.

Tahminlerde girdi verisi olarak rüzgâr hızı (m/sn), feç uzunluğu (efektif feç ve düz çizgi yöntemi ile ayrı ayrı hesaplanmış feç uzunlukları), günlük ortalama sıcaklık (C°), günlük ortalama basınç (hpa), günlük toplam açık yüzey buharlaşması (mm), çıktı verisi olarak hesaplanmış H_s (Wilson, SPM, Jonswap spektrum ve CEM yöntemlerinin sonuçları ayrı ayrı) kullanılmıştır. Modelde girdi verilerinin ikili, üçlü, dörtlü ve tümünün ne gibi etkisi olduğu araştırılmış ve çalışma kapsamında irdelenen girdi değişkenlerinden H_s tahmini için en iyi parametreler belirlenmiştir.

BÖLÜM 2. RÜZGÂR DALGALARI

Dalgalar; rüzgârın su yüzeyinde esmesi sonucu oluşur. Dalga oluşumunu; rüzgâr hızı (U), feç (kabarma) mesafesi (F), feç genişliği (f), su derinliği (d), fırtına süresi (t), vb. başlıca parametreler etkilemektedir. Rüzgâr dalgaları dik tepeli, yayvan çukurlu asimetrik bir yapıya sahip olup düzensizdirler. Periyot ve yükseklikler her bir tekil dalga için birbirinden farklıdır. Rüzgâr dalgalarının periyotları ve yükseklikleri rüzgâr hızı (U), feç (kabarma) mesafesi (F) ve rüzgâr esme süresine (T_w) bağlıdır (Yüksel ve diğ. 1998; Özger, 2007).

Rüzgâr dalgalarının meydana getirdiği denizin üzerindeki yüzey alanına feç (fetch) denir. Ayrıca rüzgâr hızı ve doğrultusunun sabit kaldığı bölge olarak bilinir. Rüzgâr hızındaki değişim $\pm 2.5 \text{ m/s}$ 'yi, doğrultudaki değişim ise 15° 'yi geçmemelidir. Doğrultuda maksimum 45° 'lik sapma aşıldığında sonuçlar doğru olarak elde edilemez. Feç uzunluğu, üretilen dalgaların karakteristiklerini kontrol eden önemli bir faktördür. Kısa feçler için, dalgalar tam gelişmiş haldeki boyutlarına ulaşmaya fırsat bulamadan üreme alanı dışına yayılmakta ve böylece beklenenden daha küçük yüksekliklere sahip olmaktadır. Dalgaların yükseklikleri ve periyotları feçin başlamasıyla mesafe büyüdükçe artmaktadır. Dalgalar bu durumda feçin sonunda maksimum yüksekliklerine ulaşmaktadır (Yüksel ve diğerleri 1998). Feç boyunca dalgaların değişimi Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1. Feç boyunca dalgaların değişimi (Akınar,2012)

Rüzgâr hızı, feç uzunluğu ve esme süresi arttıkça rüzgârın ürettiği dalgaların ortalama yükseklikleri artmakta ancak bu belirli limitler içinde olmaktadır. Verilen rüzgâr hızı, sınırsız feç ve esme süresi için gelişecek olan dalgaların ortalama yüksekliği ve periyodu sabit bir limit değere sahiptir. Bu limit şartında rüzgârdan dalgalara geçen enerji miktarı, dalgaların kırılma ve türbülansı nedeniyle harcadıkları enerji miktarı ile dengede olmaktadır. Dalgaların bu denge durumu “Tam Gelişmiş Deniz Durumu (FAS)” olarak bilinir (Fully Arisen Sea). Bu durum şu şekilde de açıklanabilir; rüzgârdan dalgaya olan enerji aktarımı ancak rüzgârın su yüzeyi üzerindeki bileşeni, dalga yayılma doğrultusundaki hızına eşit veya daha büyük bir hıza sahip olması durumunda meydana gelir. Ancak verilen bir U rüzgâr hızıyla üretilen dalgaların sahip olabilecekleri sadece bir maksimum dalga yayılmaz hızı ve periyodu vardır. Bu durumda dalgalar, rüzgâr ile denge konumuna ulaşırlar, işte bu hal FAS olarak bilinir. Bu durumda dalga spektrumunda artık bir değişim meydana gelmez. Bu hale ulaşabilmek için feç ve rüzgâr esme süresinin yeterince uzun olması gerekmektedir. FAS’ın meydana gelmesi için bir minimum rüzgâr esme süresi de vardır, eğer rüzgâr esme süresi bu minimumdan büyük ise dalga feç limitlidir, buna karşın rüzgâr esme süresi bu minimumdan daha küçük ise FAS meydana gelmez ve bu durumda dalga ‘süre limitli’ olmaktadır (Yüksel ve diğerleri 1998).

Verilen bir rüzgâr hızında (U , m/s) denizdeki denge halinin ulaşması için gerekli minimum feç uzunluğu (F_{FAS} , km) aşağıdaki ifade ile verilmiştir.

$$F_{FAS} = 16U^{3/2} \quad (2.1)$$

Benzer şekilde, verilen bir rüzgâr hızında, denizdeki denge halinin oluşması için gerekli minimum esme süresi (t_{FAS} =saat)

$$t_{FAS} = 11.1U^{1/2} \quad (2.2)$$

ile verilmiştir (Nayak ve diğ., 2008).

Gerçek feç uzunluğu minimum değerden küçük ise dalgalar beklenen maksimum dalga yüksekliğine erişemez. Bu deniz durumuna “Gelişmekte olan deniz durumu” adı verilir. Aşağıda özetlersek;

$F_{gerçek} > F_{FAS}$ ve $t_{gerçek}(T_w) > t_{FAS}$ Tam gelişmiş deniz durumu

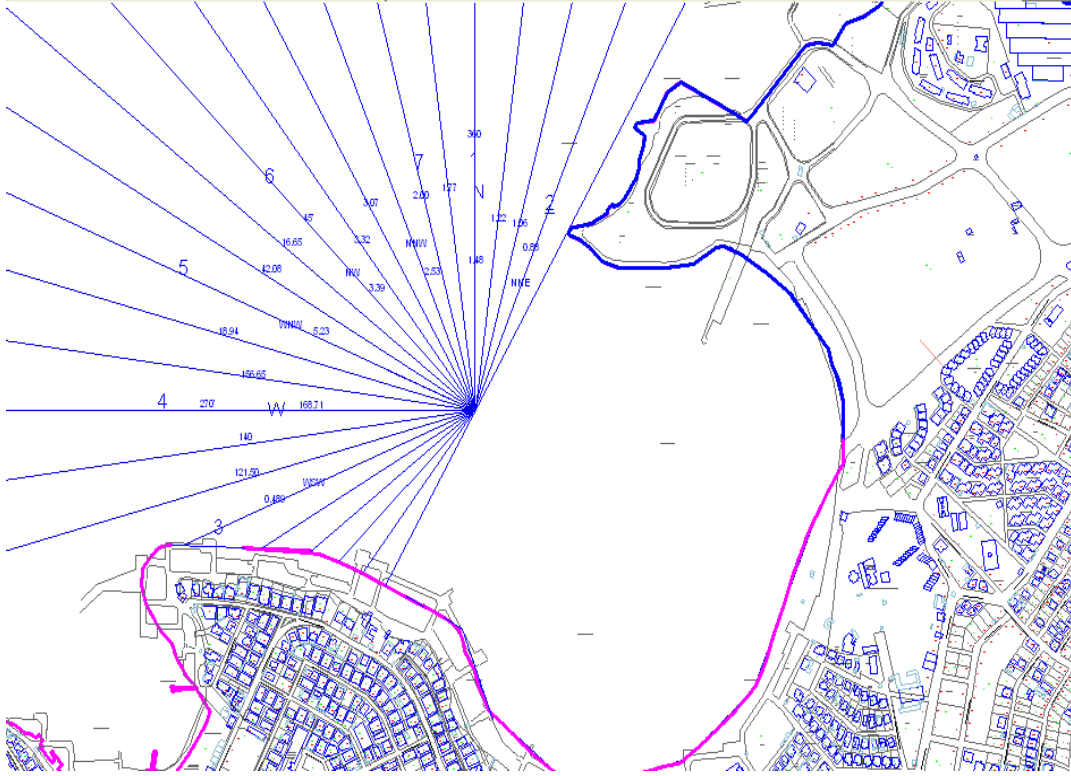
$F_{gerçek} < F_{FAS}$ ve $t_{gerçek}(T_w) < t_{FAS}$ Gelişmiş olan deniz durumu

Körfezler, göller ve kapalı denizlerde feç mesafesi, limit hali oluşturur. Ancak feç mesafesinin açık denizlerde meydana gelen dalga oluşumuna etkisi yoktur (Yüksel ve diğ., 1998; Yüksek, 2010).

Literatürde feç uzunluğunun belirlenmesinde pek çok yöntem kullanılmaktadır. En sık kullanılan yöntem efektif feç mesafesinin hesaplanmasıdır. Kıyılarda belirlenen konum dikkate alınarak dalga yönünden her iki tarafta ± 45 lik bir bantta 7.5° lik aralıklarla denklem (2.3) ile feç mesafesi hesaplanır.

$$F = \frac{\sum F_i \cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \quad (2.3)$$

Feç (kabarma) mesafesinin hesaplanmasında kullanılan diğer yöntem ise düz çizgi yöntemidir. Bu yöntemde feç mesafesi, rüzgâr yönlerinde düz çizgiler çizilerek hesaplanır. NETCAD 5.1 programı ile çizilmiş olan feç mesafeleri Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Feç mesafelerinin hesaplanmasında merkez olarak seçilen nokta, dalga transformasyonu oluşturmadığından tercih edilmiştir. Noktanın bulunduğu yer açık denizi temsil ettiğinden dalganın deniz tabanından etkilenmediği kabul edilmiştir.



Şekil 2.2. Feç mesafeleri

BÖLÜM 3. ÇALIŞMA SAHASI

Türkiye'nin Marmara Bölgesinin Çatalca-Kocaeli kısmında yer alan üç ilden biri olan Kocaeli ili Türkiye'de iki denize kıyısı olan altı ilden biridir. 29°22'-30°21' doğu boylamı, 40°31'-41°13' kuzey enlemi arasında yer alır. Doğu ve güneydoğusunda Sakarya, güneyinde Bursa ili, batıda Yalova ili, İzmit Körfezi, Marmara Denizi ve İstanbul ili, kuzeyde de Karadeniz'le çevrilidir. Marmara denizi; Türkiye'de bir iç deniz olup kuzey doğusunda İstanbul Boğazı ile Karadeniz'e, güney batısında Çanakkale Boğazı ile Ege Denizi'ne açılmaktadır. Toplam yüzölçümü 11.350 km²'dir. Karadeniz'in soğuk suları ile Akdeniz'in sıcak sularının birbirini dengelemeye çalışmasından ötürü ters yönlü çift akıntıya sahiptir. Proje alanının Türkiye haritasındaki yeri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



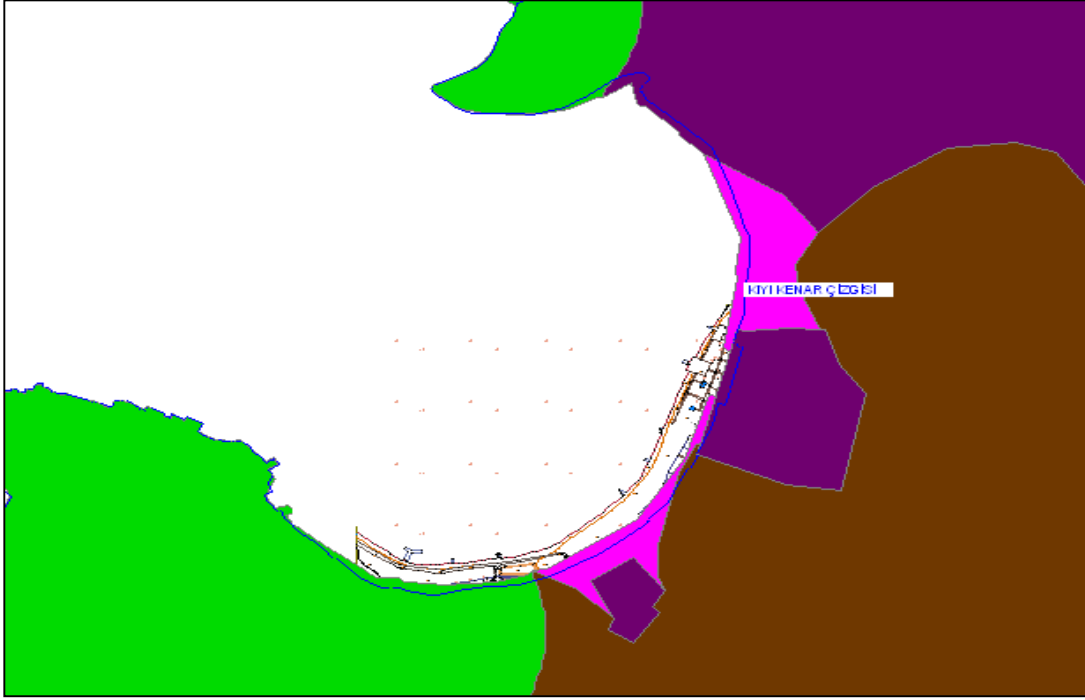
Şekil 3.1. Proje alanının Türkiye haritasındaki yeri



Şekil 3.2. Proje alanı

Şekil 3.2.'de gösterilen ve proje için seçilen alan; Darıca İlçesi, Bayramoğlu Mahallesi'nin kuzey kıyısında $40^{\circ}47'34$ enlem, $29^{\circ}20'41E$ boylamında yer alan Mankafa Burnu ile Mezar Burnu arasında yer almakta olup Balyanoz koyu olarak adlandırılmaktadır.

Şekil 3.3.'de gösterilen bölge Kocaeli İli, Darıca İlçesi 1/1000'lik Uygulama İmar planında "Turizm Alanı" nda kalmaktadır.



Şekil 3.3. 1/1000'lik uygulama imar planı

Proje alanının resimleri Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Aşağıdaki şekilde de görüleceği üzere seçilen alan doğal korunaklı bir koydur.



Şekil 3.4. Çalışma sahasından görüntüler

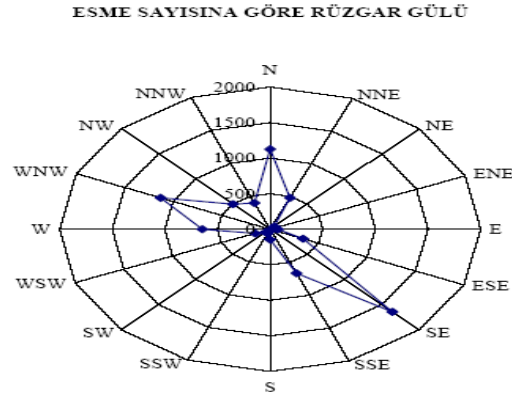


Şekil 3.4. Çalışma sahasından görüntüler (Devamı)

3.1. Meteorolojik Veriler

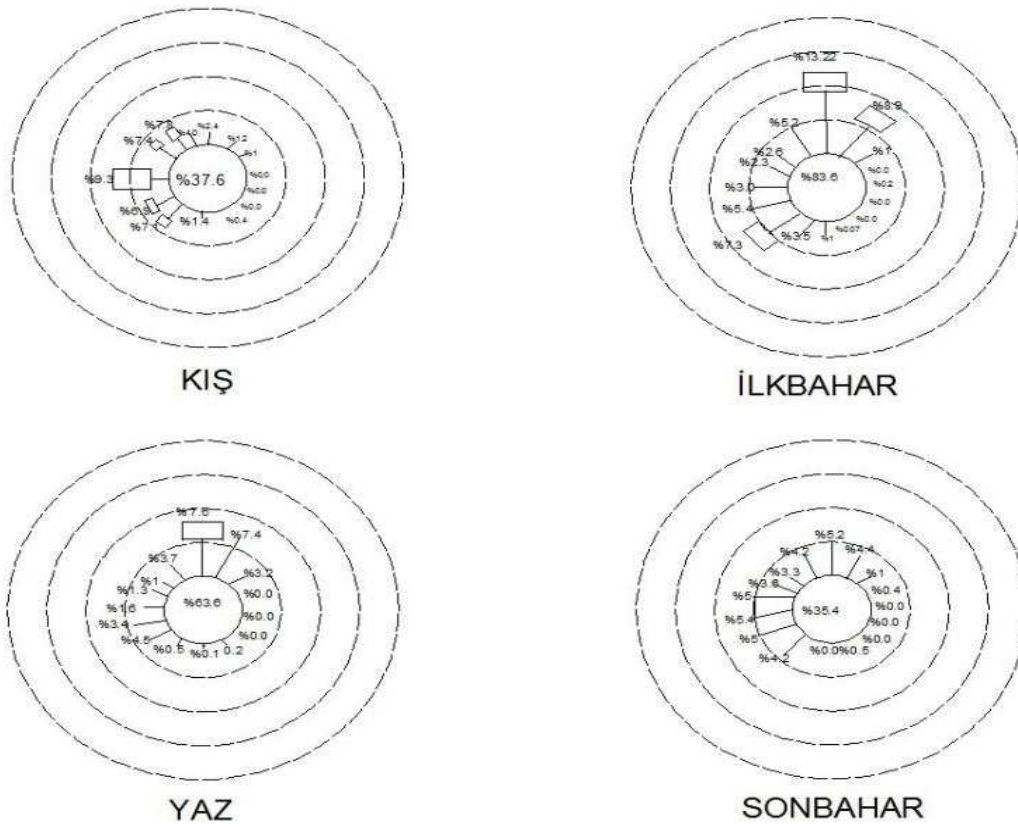
3.1.1. Rüzgâr

Kocaeli İline bağlı Gebze Meteoroloji İstasyonunun 10 yıllık ortalama verileri doğrultusunda bölgenin I. derece hâkim rüzgâr yönünün SE, II. derecede hâkim rüzgâr yönünün WNW, III. derecede hâkim rüzgâr yönünün N olduğu görülmektedir. DMİ verilerine göre I. derece SE yönünden esen hâkim rüzgâr NW yönünü etkileyecektir. II. derecede de WNW yönünden esen hâkim rüzgâr ESE yönünde etkili olacaktır. III. derece de ise N yönünden esen rüzgâr S yönünde etkili olacaktır. Kocaeli Meteoroloji İstasyonunun gözlem kayıtlarına göre; bölgede yıllık ortalama rüzgâr hızı 1,3 m/s dir. Aylık ortalama rüzgâr hızının en yüksek olduğu ay; 1,6 m/sn ile Mart ve Nisan ayları, en düşük olduğu ay ise; 1 m/s ile Eylül ve Ekim aylarıdır. Aylara göre rüzgâr yönleri ve hızları gösterilmiştir. Bir bölgede rüzgârın yıl içerisinde en fazla estiği yöne hâkim *rüzgâr yönü* denir. Şekil 3.5’de gösterilen rüzgar gülünde hâkim rüzgar yönlerinin kuzey-güneydoğu ve kuzeybatı-güneydoğu olduğu görülmektedir (DMİ, 2012).

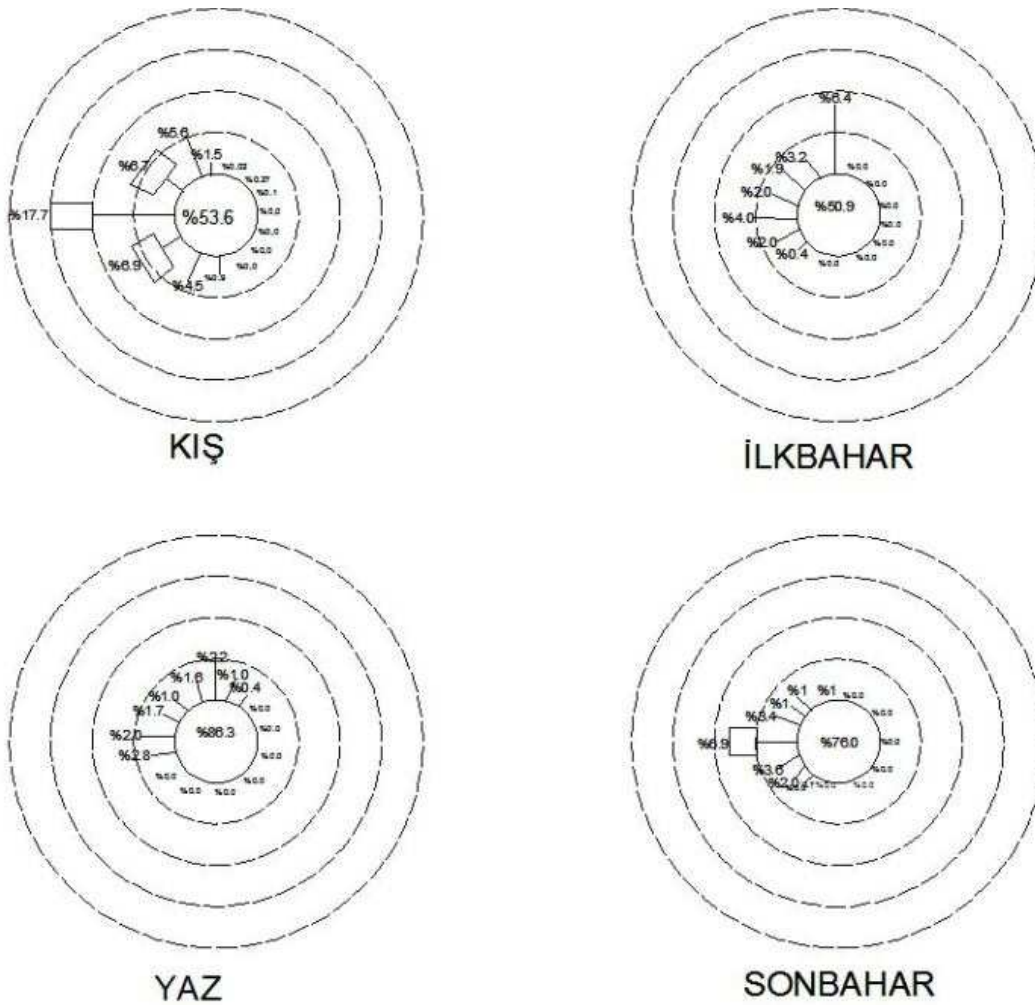


Şekil 3.5. Rüzgâr hızını gösteren rüzgâr gülü

NATO TU-WAVE projesi kapsamında oluşturulan “Türk Kıyı Rüzgârları ve Derin Dalga Atlası”ndan yararlanılarak Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de mevsimsel rüzgar ve dalga gülleri gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Mevsimsel rüzgar gülleri



Şekil 3.7. Mevsimsel dalga gülleri

3.1.2. Bölgenin iklimi

Kocaeli dünya üzerinde dört mevsimin yaşanabildiği ender coğrafi yörelerden biri üzerinde kurulmuştur. Genel anlamda Karadeniz ile Akdeniz ikliminin kesiştiği bir iklim tipi bölgede egemendir. Yazlar sıcak ve az yağışlı, kışlar yağışlı ve Türkiye'nin pek çok yöresine oranla ılık geçer. Kocaeli ilinin kuzey kesimlerinde Karadeniz kıyılarında yaşanan yaz mevsimi, ilin güney bölümlerinde yaşanan yaz mevsimine oranla daha serindir. Yağış miktarı da bununla doğru orantılı olarak kuzeyden güneye inildikçe azalır. Ilıman iklimin egemen olduğu Kocaeli'de yağışlar kış ve bahar aylarında en fazla olmakla birlikte her mevsim görülür. Karadeniz kıyısında yıllık ortalama yağış miktarı 1.000 mm.'yi aşar. Bu miktar güneye doğru gidildikçe azalır, İzmit'te 800 mm.'nin de altına düşer (784,6 mm). Samanlı Dağları'nın körfeze bakan yamaçlarında iklim Karadeniz kıyılarına benzer. Yağış miktarı da bu kesimde

farklıdır. Kocaeli'ye düşen yıllık toplam yağış miktarı ortalaması 786.0 kg/m²'dir. Yıllık bağıl nem ortalaması %72.4'tür. 1975-2010 yılları arasındaki Devlet Meteoroloji istasyonunun verilerine göre Kocaeli'de ocak ayı sıcaklık ortalaması 6.2°C, temmuz ayı sıcaklık ortalaması 23.8°C, yıllık sıcaklık ortalaması ise 14.71°C'dir.

BÖLÜM 4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Giriş

YSA çoğu bilim alanında uygulanmasının yanı sıra hidrolik ve hidroloji bilim dallarında da uygulanmakta ve iyi sonuç vermektedir. Su kaynakları sistemleri lineer olmayan ve birçok parametreye sahip karmaşık ilişkilerden oluşur. Bu tür problemler YSA yöntemi kullanılarak etkili bir şekilde çözülebilir.

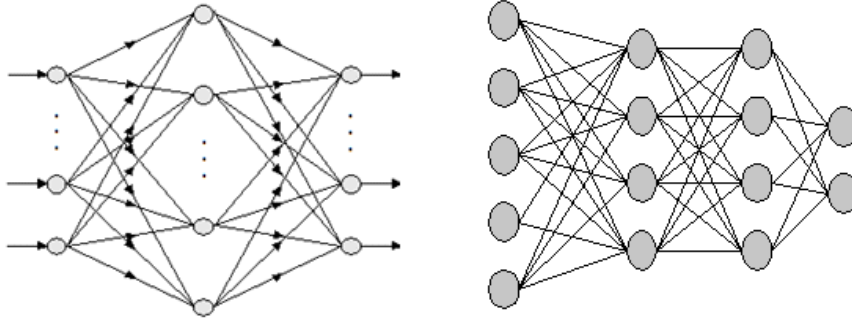
YSA, Yapay Zekâ (YZ) biliminin bir alt dalıdır ve insan beyninin varsayılan çalışma prensibini kendine model edinmiş yapay sistemlerdir. YSA öğrenme kabiliyeti, adaptasyonu, az bilgi ile çalışabilme özelliği, hızlı çalışması ve tanımlama kolaylığı ile modern bilimin en popüler konularının başında gelmektedir. YSA'lar, öğrenme yoluyla bilgi ve tecrübenin artırılması ve öğrenilenlerden faydalanarak sonuç üretilmesi prensibiyle işlemektedir (Şen, 2004).

YSA hesaplamaları arasında birisi ileriye doğru girdileri çıktılar haline dönüştürmek diğeri de hataların azaltılması için ağırlıkları geriye doğru yenilemek olmak üzere iki aşama vardır. Bir YSA modelinin geleceğe ait güvenilir tahminlerde kullanılabilmesi için değişik açılardan sınanması gereklidir (Şen, 2004).

YSA'lar algıladığı bilgileri hatalar yaparak eğitim yolu ile öğrenirler. Eğitimden başarı ile geçtikten sonra YSA'lar artık algıladığı yeni bilgileri sınyarak kabul veya reddine karar verirler. YSA'lar ile desenler tanınabilmekte, tarafsız sınıflamalar yapılabilmekte ve hatta bilgilerin biraz eksik olması durumunda bile genelleştirmeler yaparak tam sonuca ulaşabilmektedir (Şen, 2004).

YSA'larda bilgi işlemede ard arda gelen en azından üç tabaka bulunmaktadır (Şekil 4.1). Bunlar dış ortamdan bilgileri algılama tabakası ki buna giriş tabakası adı verilir.

Bilgileri işleme tabakası ki bu ortada bulunur ve nihayet bilgileri YSA ortamından insanın anlayacağı şekilde dışarıya veren çıkış tabakasıdır (Şen, 2004).



Şekil 4.1. Tek ve çok katmanlı YSA modelleri (Sönmez O., 2010),

Çoklu lineer regresyon analizi ise iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Regresyon analizinin amacı alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını belirlemek, bu tarz bir ilişki varsa da bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemini elde etmek ve bu denklemi kullanarak yapılacak tahminlerin güven aralıklarını hesaplamaktır (Doğan E. ve diğ.).

4.2. YSA'nın Temel Özellikleri

Örneklerden öğrenme: YSA'ya, öğrenilmesi beklenen girdi ve çıktı ilişkilerinin örnekleri verilir. YSA bu örnekleri kullanarak genellemeler yapar (Doğan E., 2008).

Biçim tanıma ve sınıflandırma: YSA'ya örnekler girdi olarak verilir. YSA, oluşturulan girdi/çıkı eşleşmeleri ile bilgiyi depoladığı yerdeki yayılı belgeleri kullanarak, karşılık gelen çıkıyı üretir (Doğan E., 2008).

Eksik bilgileri tamamlama: Ağa eksik bilgiye sahip bir örnek verildiğinde, örnekteki kayıp olan veriyi belleğinde bulunan örnekteki bilgilerle bağdaştırarak eksik örnekteki kayıp bilgiye karşılık gelen örnekteki bilgiyi bulabilir (Doğan E., 2008).

Kendi kendine adapte olma: Bazı YSA modelleri, kendi kendine öğrenme yeteneğine sahiptir. Ortamda değişiklikler olduğunda, bu tür ağlar yeni duruma kendilerini adapte edebilir (Doğan E., 2008).

Hatalara tolerans gösterme: Bazı işlem elemanlarının ağdan çıkarılması veya işlem elemanın olmaması durumunda yapay sinir ağının sonuç vermemesi gibi bir durum söz konusu değildir. Bilgiler, bütün ağ boyunca yayılı olduğundan birtakım bilgilerin kayıp oluşu ağın performansının kısmen başarısız olmasına sebep olacaktır. Bu özellik ile hesaplamada ufak bir eksikliğin kötü sonuçlara yol açabileceği kritik problemlerde çok faydalıdır (Doğan E., 2008).

Eksik bilgilerle çalışabilme: Bulanık veya eksik bilgiler ağa sunulduğu zaman, yayılı bellek bilinen girdi için en uygun çıktıyı seçer. El yazısı tanıma, bu özelliğe güzel bir örnektir (Doğan E., 2008).

4.2.1. İşlem elemanı

Sinir hücresinden ilham alınarak tasarlanan, YSA'nın ana elemanı ve işlem elemanı olarak adlandırılan yapay sinir hücresi Şekil 4.2'de gösterilmektedir. İşlem elemanı beş öğeden oluşmaktadır. Bunlar: girdiler, ağırlıklar, birleşme fonksiyonu, transfer fonksiyonu ve çıktılar.

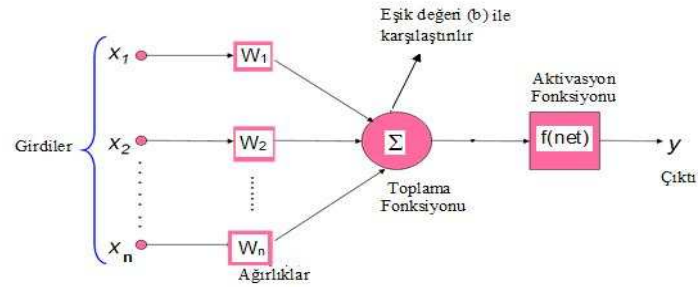


Şekil 4.2. Motor sinir hücre yapısı (Doğan G., 2010)

Ağın dışından veya diğer işlem elemanlarından gelen bilgiler girdi olarak adlandırılmaktadır. Girdi değerlerinin işlem elemanı üzerindeki tesirini ağırlıklar kontrol eder. Sabit değerler haricinde değişken değerle alabilen ağırlıklar öğrenme

sırasında ağ, girdi ve çıktı arasındaki en elverişli ilişkiye ulaşabilmek amacıyla sürekli değişir. Ağı haricinde dışarıdan gelen bilgiler son ağırlık değerlerine göre şekillenerek son halini alır.

İşlem elemanından gelen bilgileri birleştiren fonksiyona birleştirme fonksiyonu denir. En sık kullanılanları; birleşme fonksiyonları, maksimum, minimum, çoğunluk, çarpım, toplam ve kümülatif toplam fonksiyonlarıdır. Ağırlıklı girdileri toplayan "toplam fonksiyonu" en sık kullanılan toplam fonksiyonudur. Şekil 4.3'de bir işlem elemanı gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Bir işlem elemanı (Doğan G., 2010)

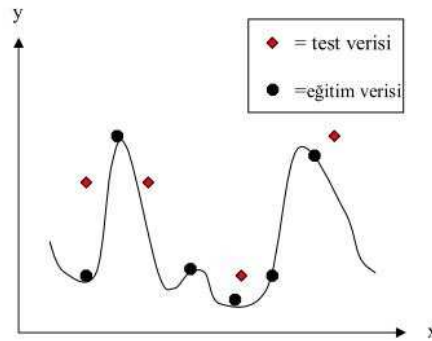
Birleştirme fonksiyonun sonucunu aktivasyon fonksiyonu değerlendirir. Son olarak çıktılar, aktivasyon fonksiyonunun sonuçlarını bağlantılı olduğu işlem elemanına iletir (Bayazıt M., 1994; Doğan G., 2010).

4.2.2. YSA'nın planlanması

Yapay sinir ağlarının mimarisinin belirlenmesi ve eğitim algoritmasının seçimi planlama kısmında yapılmaktadır. Ağı performansını gizli tabakadaki nöron sayısı büyük ölçüde etkilemektedir. Gizli tabakada bulunan nöron sayısının çok az ya da çok fazla olması sistemin performansını zayıflatır. Nöron sayısının çok az olması sisteminin yeterli düzeyde eğitilmemesine, çok fazla olması da aşırı eğitim sebebiyle ezberleme yoluna gidilmesine sebep olmaktadır.

4.2.3. Eğitim ve test

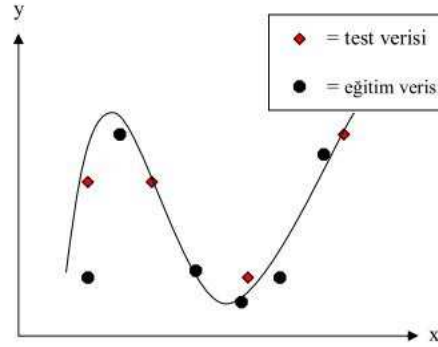
Problemdeki toplam veriler eğitim ve test grupları olmak üzere ikiye ayrılır. Eğitimin amacı problemin YSA tarafından algılanmasıdır. Performans fonksiyonları vasıtasıyla ağırlıklarda yapılacak ayarlamalar sayesinde YSA'nın ürettiği sonuçlar tolerans limitlerine ulaşması hedeflenir. Bu işlem kısaca eğitim olarak adlandırılabilir. YSA mimarisin o problem için yeterli düzeyde tahmin yapabilmesi için eğitim safhasında kullanılacak veri sayısı yeterli miktarda olmalıdır. Eğitim işlemi sona erdikten sonra ağırlık test edilme işlemine sıra gelir. Test için ayrılan veri grubunun girdi parametreleri, eğitim yoluyla oluşturulan YSA modeline verildiğinde, YSA çıktı değerleri üretir. Yine daha önce bahsedilen performans fonksiyonları kullanılarak YSA'nın etkinliği tespit edilmiş olur (Doğan, 2008). Ağırlık eğitiminin başlangıcında ağırlıklar ağırlık tarafından belirlenir. Eğitim esnasında, hatalara bağlı olarak ağırlıklar güncellenir. Bu düzenleme hata düzeyini belirlenen değere indiren ağırlık matrisi bulununcaya kadar devam eder. Fakat burada eğitimin fazla yapılması olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu durum sonucu elde edilen modeldeki ağırlık değerleri eğitime çok bağlı kaldığından genelleştirme yeteneği azalır. Eğitim veri grubundaki olası hatalı değerleri sistem tarafından mutlak doğruymuş gibi algılanacağından eğitimin kalitesi düşük olacaktır (Doğan, E., 2008).



Şekil 4.4. Genelleştirme yeteneği olmayan YSA mimarisini (Doğan E., 2008)

Bu durumla karşılaşmamak için eğitim safhası ezberleme olmadan durdurulmalıdır. Uygun bir YSA mimarisini Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Eğitim takımındaki hata değerleri Şekil 4.4'e göre daha büyük gözükse de asıl hedef olan test takımının

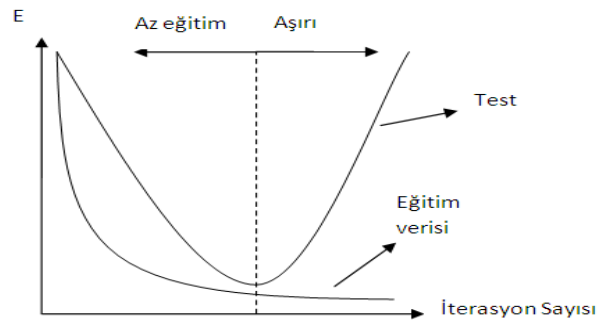
performansı diğer duruma göre oldukça yüksektir. Eğilim çizgisinden de anlaşılacağı üzere YSA modelinin uygunluğu görülmektedir.



Şekil 4.5. Genelleştirme yeteneği olan YSA mimarisi (Doğan E., 2008)

Sonuçta YSA ile oluşturulmuş modelin eğitim ve test takımlarındaki hata değerlerinin benzer olması o modelin iyi tasarlanmış uygun bir model olabileceğini gösterir. Eğitim ve test değerlerinin hataların iterasyon sayısına göre değişimi Şekil 4.6'da verilmiştir. Öncelikle eğitim ve test verilerinin hata değerleri birlikte düşer.

Optimum eğitim düzeyine ulaşıldıktan sonra, eğitim takımının hataları düşerken test takımının hataları da artmaya başlar. Bu durum aşırı eğitimin (ezberleme) başladığını gösterir. O anda iyi bir YSA modelinin elde edilmesi için eğitimin durdurulması gerekir (Doğan E., Işık S.). Eğer eldeki veri sayısı çok az ise diğer bir kontrol mekanizması olarak OKH değerleri önemli ölçüde değişmezse eğitimin durdurulması aşırı eğitimi engelleyebilir.



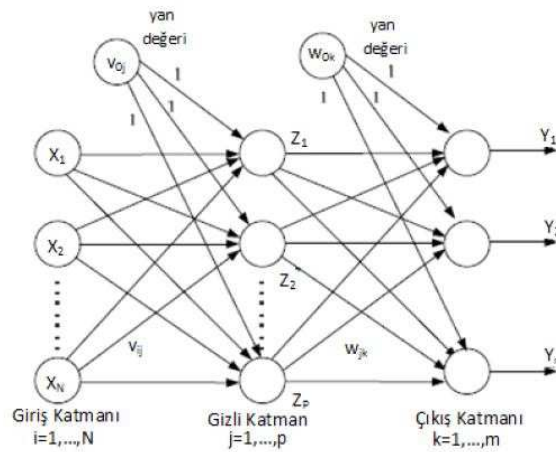
Şekil 4.6. Eğitim ve test verilerine göre hatanın dağılımı (Doğan E., 2008)

4.2.4. Yapay sinir ağı yapıları

Hücrelerin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmalarından yapay sinir ağları oluşur. Ağırlıklar üzerinden kendisine veya diğer hücelere giriş olarak bağlanabilen yapay sinir ağları ile bağlantılarda gecikme birimi de kullanılabilir. YSA yapıları hücrelerin öğrenme kurallarına, aktivasyon fonksiyonlarına ve bağlantı şekillerine göre geliştirilmiştir. Değişik türlerdeki problemlerin çözümünde kullanılan YSA yapıları genel olarak tanıtılacaktır.

4.2.4.1. İleri beslemeli geri yayımlı yapay sinir ağı (İBGYYSA)

Bu yapay sinir ağında hücreler katmanlar halinde düzenlenir. Bir katmanda yer alan hücrelerin çıkışları ağırlıklar üzerinden giriş olarak bir sonraki katmana aktarılır. Dış ortamdan alınan bilgiler giriş katmanında hiçbir değişikliğe uğratılmadan gizli katmanda bulunan hücelere aktarılır. Orta ve çıkış katmanında işlenen bilgi ağ çıkışı olarak belirlenir. Üç katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağları, orta katmanda uygun sayıda hücre olması koşuluyla rastgele bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabilmektedir. Şekil 4.7’de ileri beslemeli YSA gösterilmektedir.



Şekil 4.7 .İleri beslemeli YSA (Doğan G., 2010)

Üç katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağlarının matematiksel modelinde giriş vektörü x , o , orta katman vektörü, çıkış vektörü $ü$, ağ çıkış vektörü y ile gösterilir.

Probleme göre kaç tane gizli katman kullanılacağı belirlenmektedir. Her katmanda bir veya birden çok sayıda nöron bulunabilir.

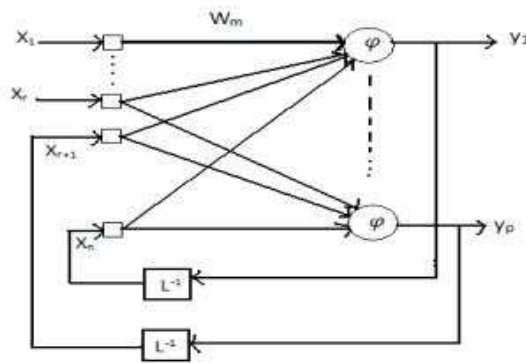
İBYSA'lar içerdiği katman sayısına göre tek ve çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağları olarak sınıflandırılır (Doğan G., 2010).

Rastgele bir problemin çözümünde kullanılan yapay sinir ağlarında katman sayısı ve orta katmandaki hücre sayısı vb. bilgiler kesinleştirilememesine rağmen sinyal işleme ve nesne tanıma vb. alanlarda kullanılmakta olup ayrıca yaygın olarak sistemlerin tanımlanması ve denetiminde de kullanılmaktadır.

4.2.4.2. Geri beslemeli yapay sinir ağları (GBYSA)

Bu yapay sinir ağında en az bir hücrenin çıkışı kendisine veya diğer hücelere giriş olarak verilir. Geri beslemesi bir geciktirme elemanı üzerinden yapılır.

Bir katmanda bulunan hücreler arasında geri besleme olabileceği gibi katmanlardaki hücreler arasında da olabilir. Bu özelliği ile geri beslemeli yapay sinir ağları doğrusal olmayan dinamik bir davranış göstermektedir. Böylece geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapıda ve davranışta geri beslemeli YSA yapıları elde edilir. Bunları tam ve kısmi geri beslemeli yapay sinir ağları olarak sınıflandırabiliriz. Şekil 4.8'de iki katmanlı geri beslemeli YSA gösterilmektedir.

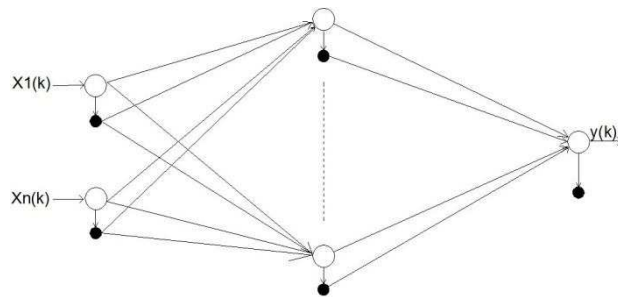


Şekil 4.8. İki katmanlı geri beslemeli YSA (Subaşı H., 2010)

İki katmanlı geri beslemeli yapay sinir ağlarının matematiksel modelinde giriş vektörü r adet dış giriş ve p adet gecikmiş ağ çıkışlarından meydana gelmektedir. Geri beslemeli YSA'lar; hücreler arası veya katmanlar arası geri besleme yapılış şekline göre farklı adlandırılmaktadır. Bu YSA'lar bozucu ve ölçülemeyen girişleri olan dinamik sistemlerin modellenmesinde kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Mandal ve diğ., 2006).

4.2.4.3. Bellek tabanlı yapay sinir ağları (BTYSA)

Bu yapay sinir ağı doğrusal olmayan sistemlerin tanımlanması ve denetiminde etkin olarak kullanılmaktadır. Bellek tabanlı yapay sinir ağlarında öğrenme çok hızlıdır ayrıca gereken YSA öğrenme sırasında oluşturulmaktadır. Ağ yapısı ile ilgili herhangi bir ön kabule de ihtiyaç duyulmamaktadır. Sistem tanımlamasında etkin model yapısının seçilmesi ve model girişlerinin belirlenebilmesi için sistemin giriş ve çıkışının gecikme derecelerinin bilinmesi gerekmektedir. Sistem derecesinin doğru belirlenememesi, modelde yer almayan dinamikler sebebiyle kararlı ve değişken dinamik şartlarda doğru bir model elde edilmesini etkiler. Bu sebeple geri beslemeli YSA kullanılarak sistemin derecesine gereksinim duymayan tanı modelleri geliştirilmiştir. Şekil 4.9'da bellek hücreli YSA gösterilmektedir.



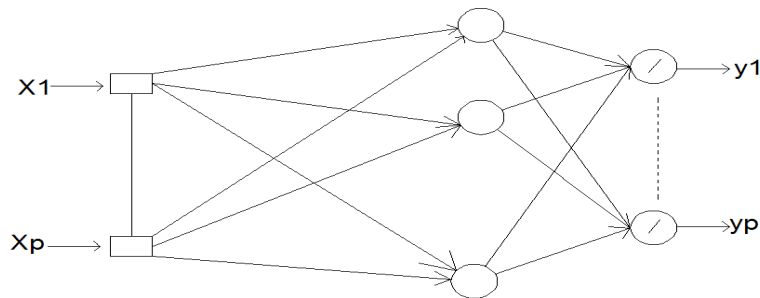
Şekil 4.9. Bellek hücreli yapay sinir ağı ve bellekli bir hücrenin yapısı (Subaşı H., 2010)

BTYSA'da her bir ağ hücresine ait bellek hücresi, bir ağırlık (b_j) üzerinden öz geri besleme girişine ve başka bir ağırlık üzerinden (a_j) ait olduğu hücrenin gecikmiş girişine göre bir çıkış üretir. Çıkış katmanında yalnızca öz geri besleme kullanılır.

BTYSA'nın doğrusal olmayan bir sistemi modelleme ve denetim yeteneği, yalnızca sistemin o an ki giriş ve bir önceki çıkış verileri model girişi alınarak incelenmiş ve tatmin edici sonuçlar alınmıştır. İleri beslemeli katmanlı YSA'nın yalnızca gizli katmanında kullanılan bellek hücrelerinin ait olduğu hücre çıkışının geçmişteki örneklerini giriş olarak alana ve zaman gecikmeli YSA olarak tanımlanan geri beslemeli ağ yapıları da incelenmiştir (Subaşı H., 2010).

4.2.4.4. Radyal tabanlı fonksiyon ağları (RTFA)

Bu yapay sinir ağı katmanlı YSA'nın tasarımında eğiticili geriye yayılım öğrenme algoritmasının en iyileme uygulamasıdır. Radyal tabanlı fonksiyon ağın dizaynı ise çok boyutlu uzayda eğri uydurma yaklaşımıdır. Bu sebeple RTFA'nın eğitimi, çok boyutlu uzayda eğitim verilerine en elverişli bir yüzeyi bulma problemine dönüşmektedir. RTFA'nın genellemesi ise test verilerini interpolate etmek maksadıyla eğitim esnasında bulunan çok boyutlu yüzeyin kullanılması ile eşdeğerdir. Çok değişkenli interpolasyon problemlerinin çözümünde ve sayısal analizinde kullanılan radyal tabanlı fonksiyonlardan YSA tasarımında yararlanılmıştır. Bu yapay sinir ağı ileri beslemeli YSA yapıları gibi giriş, orta ve çıkış katmanından meydana gelmektedir. Ancak giriş katmanından orta katmana dönüşüm, radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonları ile doğrusal olmayan durağan bir dönüşümdür. Şekil 4.10'da radyal tabanlı fonksiyon ağları gösterilmektedir (Subaşı H., 2010).



Şekil 4.10. Radyal tabanlı fonksiyon ağı (Subaşı H., 2010)

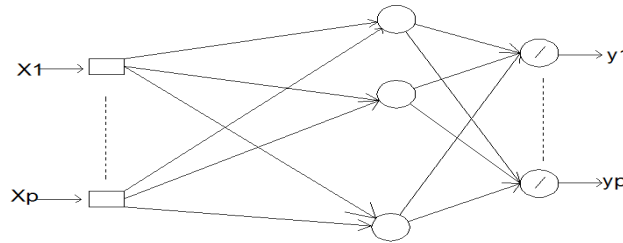
Bu yapay sinir ağında adapte edilen serbest parametreler; merkez vektörleri, radyal fonksiyonların genişliği ve çıkış katman ağırlıklarıdır. Çıkış katmanının doğrusal

olması nedeniyle ağırlıklar, eğim düşme ve ya doğrusal en iyileme yöntemleriyle kolayca bulunabilir.

4.2.4.5. Fonksiyonel link ağları (FLA)

Bu yapay sinir ağı katmanlı YSA orta katmanda bulunan doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları sebebiyle doğrusal olmayan öğrenme algoritmaları ile eğitilmelidir. Ancak bu hal öğrenme hızını yavaşlatır ve fonksiyon yaklaşımında da en aza ulaşılabilmesini sağlamaktadır. Bu mesele ağı girişlerini önce doğrusal olmayan bir dönüşümle genişlettikten sonra doğrusal çıkış katmanlı ağı yapılarıyla giderilmesi sağlanır.

Fonksiyonel Link Ağları iyi bir fonksiyon yaklaştırma performansına sahiptir. Bu taraflıyla FLA merkezleri ve genişliğı sabit tutulan RTFA'ya benzemekle birlikte FLA'da orta katmanın görevi ve aktivasyon fonksiyonları farklıdır (Subaşı H., 2010). Şekil 4.11'de fonksiyonel link ağı gösterilmektedir.

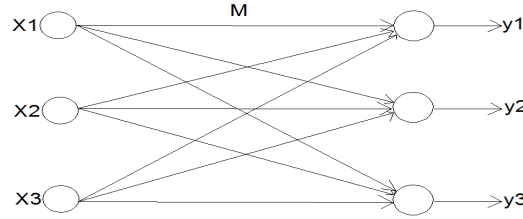


Şekil 4.11. Fonksiyonel link ağı (Subaşı H., 2010)

4.2.4.6. Çağrışımli bellek ağları (ÇBA)

Belirli giriş vektörlerini belirli çıkış vektörlerine dönüştüren veya ilişkilendiren sistemler Çağrışımli sistemler olarak adlandırılır. Böylelikle çağrışımli bellek ağları (ÇBA), eğitim sırasında ağı verilen eğitim örneklerini ağırlıkları aracılığı ile saklar veya ezberler ve hatırlama veya genelleme sırasında saklanmış örneklerin gürültülü versiyonları da ağı verilmiş olsa doğru örnekleri verebilir. Bu özelliğı ile ÇBA'lar

kod çözücüler ve kodlayıcıların benzer işlevleri yerine getirir ve beynin yapısal özellikleri yerine işlevsel özelliklerini benzeştiren ağ yapısı olduğu söylenebilir. Çoğunlukla ÇBA'lar eldeki eksik verilerden doğru verilere ulaşmada yaygın olarak kullanılır (Subaşı H., 2010). Şekil 4.12'de çağrışımlı bellek ağları gösterilmektedir. Burada, x ; giriş vektörü, y ; çıkış vektörü ve M ; bellek matrisidir.



Şekil 4.12. Çağrışımlı bellek ağları (Subaşı H., 2010)

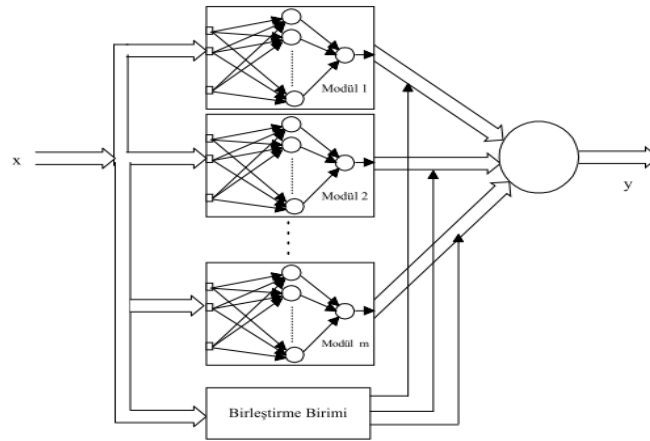
4.2.4.7. Modüler yapay sinir ağları (MYSA)

Fazla sayıda YSA yapısının birleşiminden modül yapay sinir ağları oluşur. Şayet, bir ağın yapması gereken işlemler birbirleriyle de haberleşmeksizin iki veya daha fazla alt yapıya ayrılabilir ise bu ağlar modül YSA olarak tanımlanır (Şekil 4.13). Modüllerin çıktıları, modüllerden bilgi geri beslenmemek üzere bir birleştirme birimi ile birleştirilir ve birleştirme birimi;

- MYSA çıktısını elde etmek için modül çıktılarının nasıl birleştirilmesi gerektiğini,
 - Hangi eğitim örneklerini hangi modülün öğreneceğini kararlaştırmalıdır.
- (Subaşı H., 2010).

Bu sebeple modül YSA'ların böl ve yönet temeline dayanarak çalıştığı söylenebilir. Böylece kompleks problemler daha basit alt bileşenlerine ayrılarak çözülebilir ve sonuçta çözümler birleştirilebilir (Subaşı H., 2010).

Çalışmamızda yapay sinir ağları yapılarından modüler yapay sinir ağları kullanılmıştır.



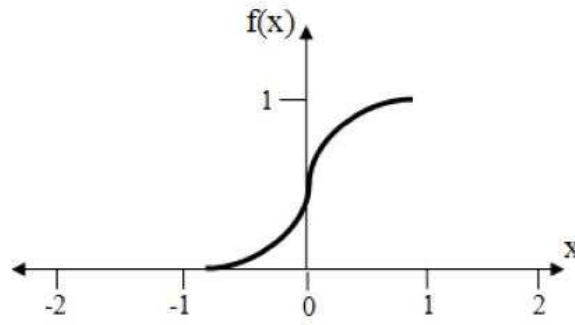
Şekil 4.13. Modüler yapay sinir ağları (Subaşı H., 2010)

4.3. Aktivasyon Fonksiyonları

Yapay sinir ağlarının davranışını etkileyen önemli faktörlerden biri de aktivasyon fonksiyonudur. Kullanım maksadına uygun olarak tek ya da çift yönlü aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. YSA'ların farklı modelleri için aktivasyon fonksiyonu da farklı olabilir. En elverişli aktivasyon fonksiyonunu belirlemek için geliştirilmiş bir metot yoktur. Hangi problemlerde hangi fonksiyonun kullanılacağı, YSA ile çalışılan problemin şartlarına bağlıdır ve deneme yanılma yoluyla tespit edilebilir. En sık kullanılan aktivasyon fonksiyonları aşağıda tanıtılacaktır.

4.3.1. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu

YSA. doğrusal olmayan problemlerin çözümünde sürekli ve doğrusal olmayan bir fonksiyon olması sebebiyle tercih edilmektedir. Girdi değerleri hangi aralıkta olursa olsun, çıktı 0 ile 1 arasında olmalıdır (Şekil 4.14). Türevlenebilir olması nedeniyle geri yayılım algoritmaları ile kullanılabilir. Sürekli olmakla birlikte her bir değer birbirinden farklıdır (Doğan G., 2010).



Şekil 4.14. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu (Doğan G., 2010)

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-\lambda net}} \quad (4.1)$$

$f(x)$: sigmoid aktivasyon fonksiyonu

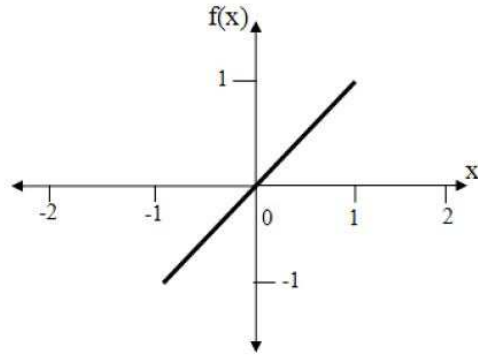
λ : eğim parametresi

net : aktivasyon değeri.

Çalışmamızda aktivasyon fonksiyonlarından sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.

4.3.2. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu

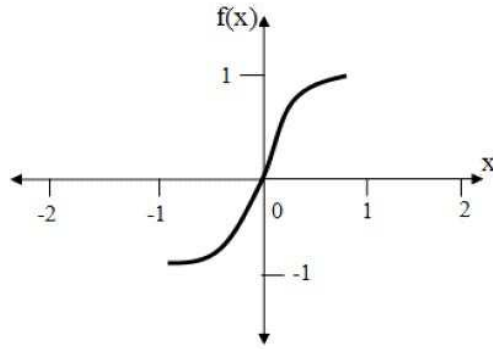
Hücrenin net girdisini doğrudan hücre çıktısı olarak veren ve doğrusal bir problemi çözmek için kullanılan aktivasyon fonksiyonudur (Şekil 4.15). Çoğunlukla doğrusal süzgeç problemlerinde kullanılır (Doğan G., 2010).



Şekil 4.15. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu (Doğan G., 2010)

4.3.3. Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu

En sık kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biridir. Çift kutupludur (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu (Doğan G., 2010)

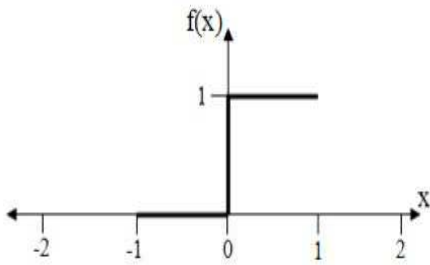
$$f(x) = \frac{1 - \exp(-2x)}{1 + \exp(-2x)} \quad (4.2)$$

$f(x)$: hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu

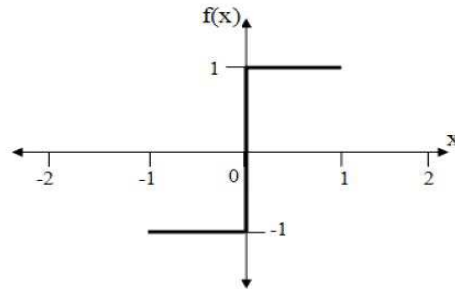
x : girdi değeri

4.3.4. Adımsal aktivasyon fonksiyonu

Aktivasyon fonksiyonları, mantıksal çıktı vermekle birlikte sınıflandırıcı ağlarda tercih edilir. Tek kutuplu (Şekil 4.17a) ve çift kutuplu (Şekil 4.17b) olmak üzere ikiye ayrılır.



Şekil 4.17. a) Tek kutuplu adımsal aktivasyon fonksiyonu



Şekil 4.17. b) Çift kutuplu adımsal aktivasyon fonksiyonu

4.4. Performans Ölçütleri

En iyi YSA mimarisinin belirlenmesinde çeşitli performans ölçütlerinden yararlanılır (Aladağ vd., 2009). Çoğunlukla ortalama karesel hata kullanılmaktadır.

$$OKH = \sum_{i=1}^N \frac{(e(n))^2}{N} \quad (4.3)$$

N : test kümesi büyüklüğü,

E (n) : orijinal değer ile tahmin edilen değer arasındaki farktır.

$$\text{Ortalama Mutlak Hata (OMH)} = \sum_{i=1}^N \frac{|e(n)|}{N} \quad (4.4)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Yüzdesele Hata OMYH} = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N \left| \frac{e(n)}{y(n)} \right| (100) \quad (4.5)$$

$$\text{Hata Kareler Toplamı} \quad \text{HKT} = \sum_{i=1}^N (e(n)) \quad (4.6)$$

$$\text{Hata Kareler Ortalaması Karekökü HKOK} = \sqrt{HKO} \quad (4.7)$$

$$\text{Determinasyon Katsayısı } R^2 = r_{x,y}^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N s_x s_y} \right]^2 \quad (4.8)$$

N : test kümesi büyüklüğü

e (n) : orijinal değer ile tahmin edilen değer arasındaki fark,

y (n) : n dönemine ait gözlem değeri,

O.K.H. : ortalama karesel hata

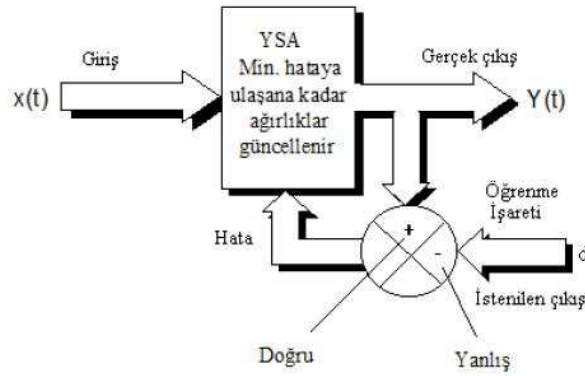
(DOĞAN G., 2010)

4.5. YSA'ların Öğrenme Kuralları

Gözlem, eğitim ve hareketin doğal yapıda meydana getirdiği davranış değişikliğine öğrenme denilmektedir. YSA'larda üç öğrenme türünden ve bunların uygulandığı değişik öğrenme kurallarından söz edilebilir.

4.5.1. Danışmanlı öğrenme (Denetimli öğrenme)

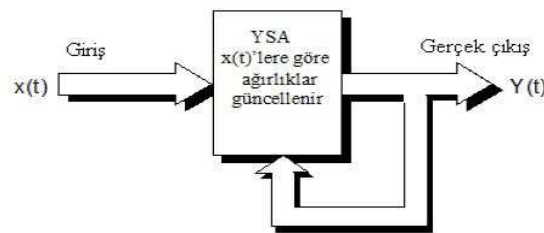
Bu tarz öğrenmede, YSA'ya örnek olarak bir doğru çıkış verilir. Danışmanlı öğrenme algoritmasında bir "öğretmene" ya da "danışmana" ihtiyaç vardır. Danışmanlı öğrenme algoritmalarına örnek olarak Widrow-Hoff tarafından geliştirilen delta kuralı ve Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen genelleştirilmiş delta kuralı ya da geri besleme (back propagation) algoritması verilebilir. Şekil 4.18'de danışmanlı öğrenme yapısı verilmiştir (Doğan G., 2010).



Şekil 4.18. Danışmanlı öğrenme yapısı (Doğan G., 2010)

4.5.2. Danışmansız öğrenme (Denetimsiz Öğrenme)

Danışmansız öğrenmede ağa öğrenme esnasında yalnızca örnek girdiler verilir. Hiçbir beklenen çıktı bilgisi verilmez. Girdiye verilen bilgilere göre ağ her bir örneği kendi arasında sınıflandıracak şekilde kendi kurallarını oluşturur ve bağlantı ağırlıklarını aynı özellikleri gösteren desenler oluşturmak üzere ayarlar. Böylelikle ağ öğrenme işlemini sonlandırır. Danışmansız öğrenmedeki ağ sınıflandırma kuralları, girdiye verilen örneklerden elde edilen çıktı bilgisine göre kendi kendine yapar. Şekil 4.19’da danışmansız öğrenme yapısı verilmiştir.

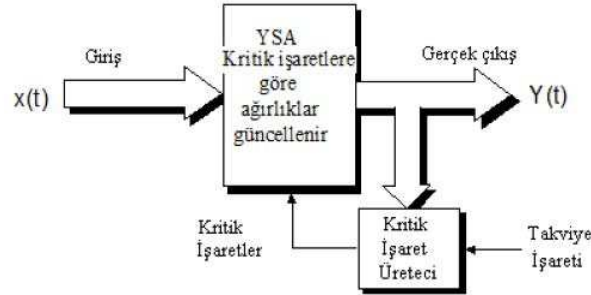


Şekil 4.19. Danışmansız öğrenme yapısı (Doğan G., 2010)

4.5.3. Takviyeli öğrenme

Takviyeli öğrenme danışmanlı öğrenmeye benzer bir yöntemdir. Danışmansız öğrenme algoritmasında istenilen çıktının bilinmesine gerek yoktur. Bu öğrenmede ağın her iterasyonu sonucunda elde edilen sonucun iyi veya kötü olup olmadığına

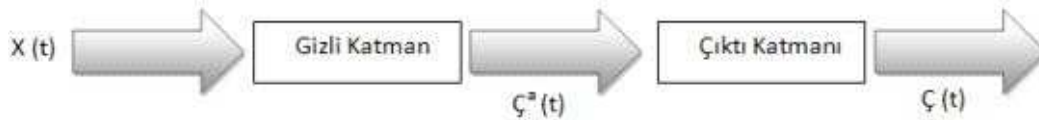
dair bilgi verilir. Bu bilgilere göre ağ kendini yeniden düzenler. Bu yüzden ağ herhangi bir girdi dizisiyle öğrenerek ve sonuç çıkararak işlemeye devam eder. Şekil 4.20’de takviyeli öğrenme yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Takviyeli öğrenme yapısı (Doğan G., 2010)

4.6. Çok Katlı Algılayıcılar ÇKA (Multi Layer Perceptron MLP)

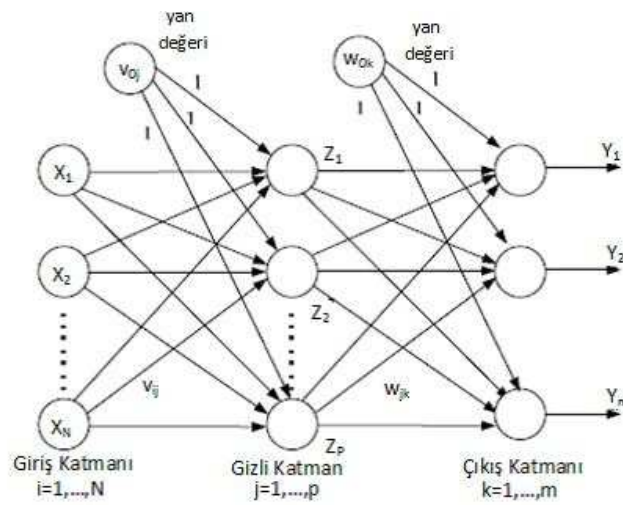
Çok Katmanlı Algılayıcı modeller doğrusal olmayan bir ilişki gösteren problemleri çözmek için geliştirilmiştir. Rumelhart ve arkadaşları tarafından geliştirilen bu model geriye yayılım modeli olarak da adlandırılmaktadır. Bu ağ modeli mühendislik uygulamalarında en sık kullanılan ağ modellerinden biridir. Özellikle bu ağın kullanılmasındaki sebeplerden en önemlisi öğretme algoritmasının bu ağı eğitmede kullanılabilir olmasıdır. Bu ÇKA modeli, bir giriş, bir ya da birden fazla ara ve bir de çıkış katmanından meydana gelmektedir. Bir katmandaki tüm işlem elemanları bir üst katmandaki bütün işlem elemanlarına bağlıdır. Bilgi akışı ileri doğru olmakta olup geri beslemesi yoktur. Şekil 4.21’de çok katmanlı algılayıcı gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Çok katlı algılayıcı (Doğan G., 2010)

İşlem elemanı sayısı uygulanan problemin giriş sayısına bağlı olmakla birlikte çıkış katmanındaki eleman sayısı da uygulanan probleme göre bulur. Ara katman ve ara katmanda yer alan işlem elemanı sayısı deneme-yayılma yoluyla belirlenir. Bilhassa

sınıflandırma, tanıma ve genelleme yapmayı gerektiren problemlerin en önemli çözüm aracı olan bu ağ modelinde delta öğrenme kuralı kullanılır. Bu modelde temel amaç ağın beklenen çıktısı ile ürettiği çıktı arasındaki hatayı minimuma indirmektir. Hem girdiler hem de o girdilere karşılık beklenen çıktılar eğitim sırasında gösterilir. Ağın işlevi her girdiye karşılık gelen çıktıyı üretmektir. Modeller giriş katmanına uyulmakta olup ara katmanda işlenir ve çıkışlar elde edilir. Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Çok katlı algılayıcı model

İçerdiği çok sayıda ağ çeşidi ve Microsoft Excel programı ile uyumlu çalışması sebebiyle program tercih edilmektedir. Uygulamalarda ÇKA modelleri yapısında Multilayer Perceptron” (Çok katmanlı algılayıcı), “Generalized Feed Forward” (Genellenmiş ileri besleme) ve “Modular Neural Network” (Modüler sinir ağı) bulunmaktadır.

4.7. Çoklu Lineer Regresyon Analizi (ÇLR)

Birçok mühendislik probleminde iki ya da daha fazla sayıda gelişigüzel değişkenin aynı gözlem esnasında aldıkları değerlerin birbirinden bağımsız olmadığı, böylelikle bu değişkenler arasında istatistiksel bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Değişkenler arasında bir bağlantı olabileceği gibi iki değişkenin başka bir değişkeni birlikte etkilemeleri de mümkün olabilmektedir. Ancak bu ilişkiler fonksiyonel nitelikte

değildir. Bununla birlikte değişkenler arasında var olan fonksiyonel olmayan bağıntının ortaya çıkarılması ve biçiminin belirlenmesi uygulamada önem taşımaktadır. Bu bağıntıyı kullanarak bir değişkenin alacağı değeri diğer değişkenlerin bilinen değerlerine bağlı olarak tayin edilebilir. Bu sonuç değişkenin alacağı gerçek değeri vermemekle birlikte bu değere yakın istatistiksel en iyi tahmin olur. Tahmin edilen değerlerin gerçek değerlerden olan farklarının (hata) hangi sınırlar içinde kalacağı söylenebilir. Bu tarz bir bağıntıyı gösteren matematiksel ifadeye regresyon denklemi denilmektedir. Regresyon analizinin amacı alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını belirlemek, bu tarz bir ilişki varsa da bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemini elde etmek ve bu denklemi kullanarak yapılacak tahminlerin güven aralıklarını hesaplamaktır (Doğan E. ve diğ.). Regresyon analizini oluştururken aralarında bir ilişki araştırılacak olan iki (veya daha fazla sayıda) değişkenin hangileri olduğuna karar vermek, ardında da bu değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren denklemin biçimi için bir kabul yapmak gerekir. Buna göre regresyon analizi aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- a) Basit doğrusal regresyon analizi: En sık kullanılan bu en basit analizde iki değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu kabul edilir.
- b) Çok değişkenli doğrusal regresyon analizi: İki'den daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu kabul edilir.
- c) Doğrusal olmayan (nonlinear) regresyon analizi: Burada iki ya da daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal olmayan ve biçimi önceden seçilen bir denklemle ifade edilen bir ilişkinin varlığı kabul edilir.

Basit doğrusal regresyon analizi; Y'nin X'e göre regresyon doğrusunun denklemi

$$y=a + bx \quad (4.9)$$

ifadesindeki a ve b regresyon katsayılarını hesaplamak için gözlenmiş (x_i, y_i) noktalarının regresyon doğrusuna düşey (y doğrultusundaki) uzaklıklarının (e_{yi}) karelerinin toplamı minimum yapılır.

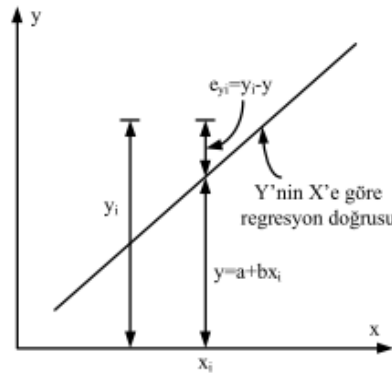
$$\min \sum_{i=1}^N e^2_{yi} = \sum_{i=1}^N (y_i - a - bx_i)^2 \quad (4.10)$$

$e^2_{y_i}$ için denklem (4.10) bağıntısında yer alan ifade kullanılarak a ve b katsayılarının diferansiyel denklemleri çözümlerse regresyon katsayıları için aşağıdaki ifadelere ulaşılır:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} = \frac{s_x}{s_y} \times r_{x,y} \quad (4.11)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (4.12)$$

Şekil.4.23'de regresyon doğrusunun gözlem noktalarının düşey uzaklıklarının karelerinin toplamını en küçük yapacak şekilde geçirilmesi gösterilmiştir.



Şekil.4.23. Regresyon doğrusu gözlem noktalarının düşey uzaklıklarının karelerinin toplamını en küçük yapacak şekilde geçirilmesi (Sönmez O., 2010)

Buna göre gözlenen noktaların regresyon doğrusuna düşey uzaklıklarının toplamını minimum yapacak şekilde geçirilen doğru aynı zamanda X'in verilen bir değeri için Y'nin beklenen değerini veren regresyon doğrusu olmaktadır. Bu uzaklıkların X'in her değerinde aynı olduğu kabul edilen varyansı için de şu ifade elde edilir.

$$S^2_{e_y} = \frac{\sum_{i=1}^N e_{y_i}^2}{N-2} = \frac{N-1}{N-2} \times (1 - r^2_{x,y}) \times s_y^2 \cong (1 - r^2_{x,y}) \times s_y^2 \quad (4.13)$$

Denklem (4.13)'de görüleceği üzere Y bağımlı değişkeninin varyansı olan s^2_y , regresyon doğrusu geçirildikten sonra gözlem noktalarının bu doğrunun çevresindeki dağılımında azalarak $(1-r^2_{x,y}) s^2_y$ değerine inmektedir. Böylece $r^2_{x,y}$ determinasyon

katsayısı, Y'nin varyansının regresyon doğrusu ile izah edilebilen yüzdesini gösterir. r_{xy} korelasyon katsayısı 1'e ne kadar yakınsa varyans yüzdesi o kadar büyük olur.

Verilen bir x_0 değeri için regresyon denklemi ile tahmin edilen Y'nin varyansı:

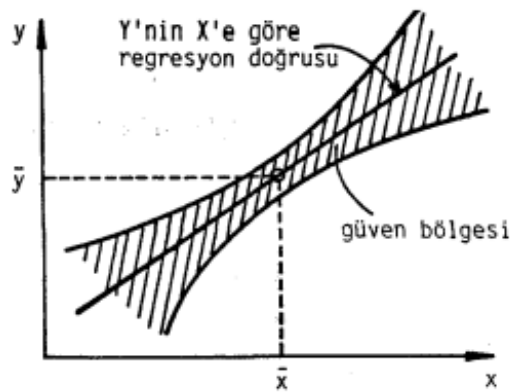
$$Var(Y) = s_{ey}^2 \times \left[\frac{N+1}{N} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{N \times s_x^2} \right] \quad (4.14)$$

Varyansın kareköküne Y'nin tahminindeki standart hata denilmektedir. Standard hatanın s_{ey}^2 ile arttığı anlaşılmakta olup bununla birlikte korelasyon katsayısının azalması ile de standart hata artar. Ayrıca Standard hata N ile ters orantılıdır.

Çok değişkenli doğrusal regresyon analizi; bağımlı bir değişkene karşı iki ya da daha fazla bağımsız değişken var ise ve bunlar arasındaki ilişki doğrusal ise:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{pi} + \varepsilon_i \quad (4.15)$$

şeklinde ifade edilir. Bu model "çoklu doğrusal regresyon" olarak tanımlanır. Regresyon denklemiyle yapılan tahminler için belli bir güven düzeyindeki güven bölgesi Şekil 4.24'te gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Regresyon denklemiyle yapılan tahminler için belli bir güven düzeyindeki güven bölgesi (Bayazıt ve diğ., 1994)

4.8. Basitleştirilmiş Dalga Tahmin Modelleri

Dalga tahmin modellerinden günümüze kadar (Sverdrup, Munk ve Breitshneider (SMB) yöntemi (Bretschneider, 1970), Wilson yöntemi (Wilson, 1965), Shore Protection Manual (SPM) yöntemi (US Army, 1984), Coastal Engineering Manual (CEM) yöntemi (US Army, 2003), Jonswap yöntemi (Hasselman vd., 1973), Donelan yöntemi (Donelan, 1980; Donelan vd., 1985) kullanılmıştır. Çalışmamızda bu yöntemlerden Wilson, Jonswap spektrum yöntemi, CEM yöntemi, SPM yöntemi kullanılmıştır.

4.8.1. Coastal engineering manual (CEM) (US Army, 2003) yöntemi

Bu yöntemde, feç sınırlı halin sonlanması için gerekli minimum esme süresi aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$t_{min} = 77.23 \frac{F^{0.67}}{U_{10}^{0.34} g^{0.33}} \quad (4.16)$$

F: Feç mesafesi (metre), t_{min} : minimum rüzgâr esme süresi (saniye)

Belirgin dalga yüksekliği ve periyodu feç sınırlı durumda aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$\frac{gH_S}{U_*^2} = 4.13 \times 10^{-2} \left(\frac{gF}{U_*^2} \right)^{0.5} \quad (4.17)$$

$$\frac{gT_S}{U_*} = 0.651 \left(\frac{gF}{U_*^2} \right)^{1/3} \quad (4.18)$$

Denklem (4.17) ve (4.18) U_* : Tahmin edilen sürtünme hızı (m/sn)

$$U_* = U(C_D)^{0.5} \quad (4.19)$$

Denklem (4.19) C_D : Sürüklenme katsayısı,

$$C_D = 0.001(1.1 + 0.035U) \quad (4.20)$$

(Etemad-Shahidi ve diğ., 2003)

4.8.2. Jonswap spektrum yöntemi (Hasselmann vd., 1973)

Gelişen deniz durumu için dalga karakteristiklerini tahmin etmede Jonswap spektrum yöntemi oldukça kullanılmaktadır. Belirgin dalga yüksekliği ve ort. dalga periyodu feç sınırlı durumda denklem (4.21) ve (4.22) ile hesaplanmaktadır.

$$H_S = 0.0163 F^{1/2} U \quad (4.21)$$

$$T_Z = 0.439 F^{3/10} U^{2/5} \quad (4.22)$$

4.8.3. Shore protection manual (SPM) yöntemi (US Army, 1984)

Bu yöntem belirgin dalga yüksekliği, rüzgar hızı, fırtına süresi ve pik periyot ile bağlantılıdır.

$$(H_S, T_S) = f(U_A, F, t)$$

U_A rüzgâr gerilme faktörü olup

$$U_A = 0.71U^{1.23} \quad (4.23)$$

(4.23) denklemiyle hesaplanmaktadır. Rüzgârdan açık deniz dalgaların SPM yöntemi ile tahminde feç sınırlı şart durumunda denklem (4.24), (4.25) ve (4.26) kullanılmaktadır.

$$gH_s/U_A^2 = 1.6 \times 10^{-3} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^2 \quad (4.24)$$

$$gT_m/U_A = 2.857 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3} \quad (4.25)$$

$$gt/U_A = 6.88 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (4.26)$$

4.8.4. Wilson yöntemi

Bu yöntemle feç sınırlı durumun sonlanması için gerekli minimum rüzgâr esme süresi aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$t_{min} = 1.0F^{0.73} U_{10}^{-0.46} \quad (4.27)$$

t_{min} : min. esme süresi (saat), F:feç mesafesi (km)

Belirgin dalga yüksekliği ve periyodu feç sınırlı durumda denklem (4.28) ve (4.29) ile hesaplanır.

$$H_S = 0.30 \frac{U^2}{g} \left[1 - \left[1 + 0.004 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{0.5} \right]^{-2} \right] \quad (4.28)$$

$$T_S = 8.61 \frac{U}{g} \left[1 - \left[1 + 0.008 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{1/3} \right]^{-5} \right] \quad (4.29)$$

(Yüksel ve Çevik, 2009; Etemad-Shahidi ve diğ., 2009; U.S. Army, 2003)

BÖLÜM 5. UYGULAMA

Analizlerde kullanılan veri kaynağı DMİ rüzgâr veri takımıdır. Hesabı yapılan alana en yakın Gebze 17639 no.lu istasyona ait 1984-2012 yılları arasında ölçülen 10 m. yükseklikteki saatlik ortalama rüzgâr hızı ve yönü, günlük ortalama sıcaklık (C°), günlük ortalama basınç (hpa), günlük toplam açık yüzey buharlaşması (mm) verileridir.

Bu çalışma kapsamında, belirgin dalga yüksekliği (H_S) parametreleri çıkış değerleri ağa öğretilmeye çalışılmıştır. Bu işlem esnasında ağın verilen değerlere göre tahminde bulunmak durumunda olması sebebiyle, amaca yönelik ağın çoklu katman ağı (ÇKA) ağı olduğuna karar verilmiştir. Bu çalışmada, bir yapay sinir ağı programı kullanılmıştır. Uygulamalarda simülatör içerisinde yer alan “Generalized Feed Forward” (Genellenmiş ileri besleme) ve “Modular Neural Network ” (Modüler sinir ağı) modelleri ÇKA yapısındadır. Her bir model için çok sayıda deneme yapılmıştır. Yapılan denemeler Tablo 5.1’de gösterilmiştir. Yapılan denemelerde en iyi sonucu “Modular Neural Network ” (Modüler sinir ağı)ın verdiği görülmüştür. Değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını belirlemek amacıyla çoklu lineer regresyon (ÇLR) analizi de yapılmıştır.

H_S 'nin günlük tahmin edilmesinde girdi verisi olarak rüzgâr hızı (m/sn), feç (kabarma) mesafesi (km), günlük ortalama basınç (hpa), ortalama günlük sıcaklık (C°), günlük toplam açık yüzey buharlaşması (mm) verileri olarak kullanılmıştır.

Tasarlanan modellerde 1984-2012 yılları arasında ölçülmüş beş farklı girdi değişkenine ait 2443 veri kullanılmış ve bu verilerin yaklaşık % 70'i (1711 veri) sistemin eğitilmesinde, % 30'u (733 veri) ise modelin doğruluğunu test etmede kullanılmıştır. Modelde kullanılacak aktivasyon fonksiyonunu, iterasyon sayısını ve yapay sinir ağı yapısını belirlemek için yapılan tahminlerde girdi parametresi olarak

rüzgâr hızı, feç, günlük ortalama basınç, sıcaklık, açık yüzey buharlaşması kullanılmıştır. Performans ölçütlerinden ortalama karesel hata (OKH), ortalama mutlak hata (OMH) ve determinasyon katsayısı (R^2) kullanılmıştır. OKH ve OMH 0'a ne kadar yakın ise, R^2 'de 1'e ne kadar yakın ise sonuç o kadar doğrudur. Bu üç performans ölçütünden en az ikisinin en iyi olduğu senaryo en iyi senaryo olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 5.1. YSA'da yapılmış deneme sonuçları

No	Yapay Sinir Ağı	Aktivasyon Fonksiyonu	İterasyon Sayısı	OKH	OMH	R^2	R
1	Modüler	Hiberbolik tanjant	500	0.0322	0.1087	0.8949	0.9460
2	Modüler	Hiberbolik tanjant	1000	0.0328	0.1036	0.8887	0.9427
3	Modüler	Hiberbolik tanjant	1500	0.0031	0.0416	0.9890	0.9945
4	Modüler	Hiberbolik tanjant	2000	0.0196	0.0837	0.9337	0.9662
5	Modüler	Sigmoid	500	0.0057	0.0500	0.9814	0.9907
6	Modüler	Sigmoid	1000	0.0170	0.0793	0.9401	0.9696
7	Modüler	Sigmoid	1500	0.0031	0.0401	0.9890	0.9945
*8	Modüler	Sigmoid	2000	0.0031	0.0385	0.9893	0.9946
9	İleri beslemeli geri yayımlı	Hiberbolik tanjant	500	0.0285	0.0914	0.9077	0.9528
10	İleri beslemeli geri yayımlı	Hiberbolik tanjant	1000	0.0213	0.0783	0.8986	0.9479
11	İleri beslemeli geri yayımlı	Hiberbolik tanjant	1500	0.0216	0.0814	0.906	0.9524
12	İleri beslemeli geri yayımlı	Hiberbolik tanjant	2000	0.0102	0.0609	0.9678	0.9838
13	İleri beslemeli geri yayımlı	Sigmoid	500	0.0181	0.0814	0.9466	0.9729
14	İleri beslemeli geri yayımlı	Sigmoid	1000	0.0036	0.0399	0.9883	0.9942

Tablo 5.1 YSA'da yapılmış deneme sonuçları (Devamı)

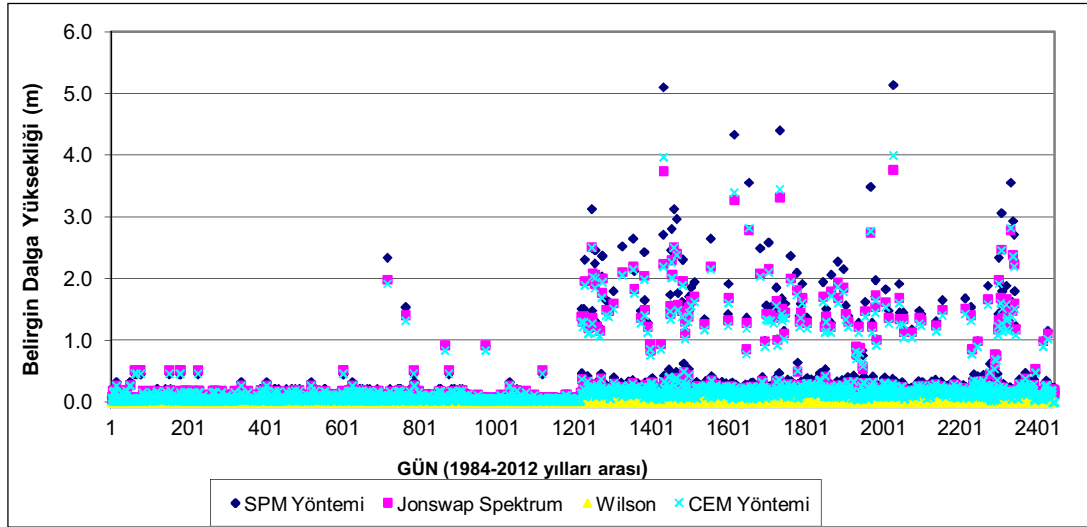
No	Yapay Sinir Ağı	Aktivasyon Fonksiyonu	İterasyon Sayısı	OKH	OMH	R ²	R
15	İleri beslemeli geri yayımlı	Sigmoid	1500	0.00065	0.005278	0.9791	0.9895
16	İleri beslemeli geri yayımlı	Sigmoid	2000	0.0031	0.0395	0.9888	0.9944

*: En iyi sonuç

Modelde kullanılacak aktivasyon fonksiyonunu belirleme için çeşitli denemeler yapılmış olup modelde en iyi sonucu veren sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. İterasyon sayısını belirlemede 500, 1000,1500 ve 2000 iterasyon için denemeler yapılmış olup en iyi sonucu 2000 iterasyon sayısının verdiği gözlenmiştir [Tablo 5.1].

Yapılan çalışmada beş farklı girdi verilerinden, hangi parametre çiftinin hesaplamada daha etkili olduğu, en etkili parametre üçlüsü ve dördülsü hangisi olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Her iki hesaplamada da (düz çizgi ve efektif feç yöntemi ile hesaplanmış feç uzunluğunda) en etkili parametre çifti rüzgâr hızı-feç uzunluğu, en etkisiz parametre çifti ise rüzgâr hızı-açık yüzey buharlaşmasıdır. Tüm modellerin en etkili üçlü ve dördü parametrelerinde rüzgâr hızı, feç uzunluğu bulunmakta olup diğer parametrede sıcaklık, buharlaşma ve açık yüzey basıncı kendi aralarında az farkla değişmektedir (Ek A).

Belirgin dalga yüksekliğini (H_s); dalga tahmin yöntemlerinden CEM yöntemi, Jonswap Spektrum yöntemi, SPM yöntemi ve Wilson yöntemi ile ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. CEM, Jonswap Spektrum, SPM ve Wilson yöntemi ile hesaplanmış Hs

Belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesinde etkin rol oynayan feç (kabarma) mesafesi; efektif feç mesafesi yöntemi ve düz çizgi yöntemiyle ayrı ayrı hesaplanmış (Tablo 5.2) ve çalışmada kullanılan dalga tahmin metotlarının hepsinde kullanılarak karşılaştırılmıştır. Hesaplamalarda sadece N, NNE, WSW, W, WNW, NW ve NNW yönleri için çalışma yapılmıştır. Diğer yönler için rüzgâr hızı yeterli feç uzunluğu oluşturmadığından hesaba katılmamıştır.

Tablo 5.2. Feç karşılaştırmaları

Yön	Düz Çizgi Metodu (km)	Efektif Feç Metodu (km)
N	1.48	1.46
NNE	0.88	0.85
WSW	0.489	45.94
W	168.71	55.73
WNW	5.23	48.82
NW	3.39	23.69
NNW	2.53	5.22

Belirgin dalga yüksekliği (H_s); efektif feç yöntemi ile hesaplanmış feç uzunluklarının CEM yöntemi, Jonswap Spektrum yöntemi, SPM yöntemi ve Wilson yöntemi kullanılarak YSA ile analizi yapılan tahminlerde YSA'ya en çok uyum sağlayan

sonuca Wilson yöntemi ile rüzgâr hızı, feç, açık yüzey buharlaşması parametrelerinin bir arada bulunduğu Model 8-Senaryo 18 ile ulaşılmış olup yapılan tahminlerde ortalama karesel hata (OKH) =0.000003, ortalama mutlak hata (OMH) =0.001017 ve $R^2=0.9921$ olduğu tespit edilmiştir. YSA'ya en az uyum sağlayan sonuca da SPM yöntemi ile ulaşılmıştır.

Çoklu lineer regresyon analizi ile yapılan tahminlerde de ÇLR'ye en çok uyum sağlayan sonuca Wilson yöntemi ile rüzgâr hızı, feç, sıcaklık parametrelerinin bir arada bulunduğu Model 16-Senaryo 17 ile ulaşılmıştır. Tahminlerde ortalama karesel hata (OKH) =0,0000647, ortalama mutlak hata (OMH) =0,416007 ve $R^2=0,8728$ olduğu tespit edilmiştir. ÇLR'ye en az uyum sağlayan sonuca SPM yöntemi ile ulaşılmıştır [Tablo. 5.3]. Ek 1'de sunulan modeller, senaryoları ile birlikte tablo halinde gösterilmiştir. CEM, Jonswap spektrum, SPM ve Wilson yöntemleri ile hesaplanmış belirgin dalga yüksekliğinin YSA ve ÇLR ile yapılan tüm tahminleri, sonuçları ile birlikte EK A'da verilmiştir. Yöntemlerin her birinin en iyi sonuçları Tablo 5.3 ve Tablo 5.5'de gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Efektif feç yöntemi ile hesaplanmış feç uzunlukları kullanılmış YSA

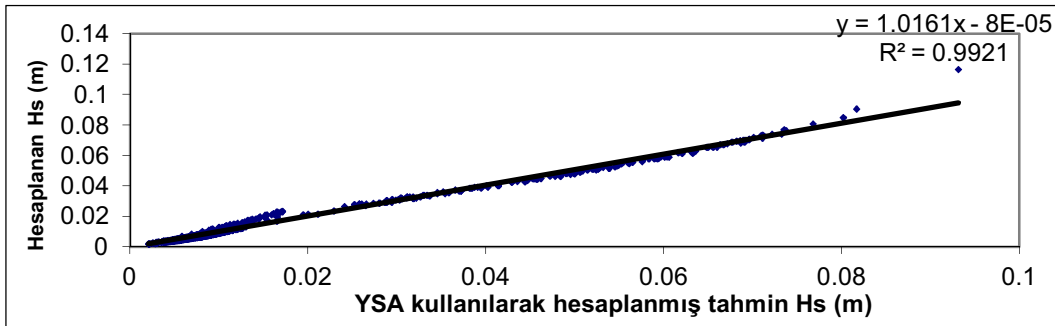
Model No Senaryo No	Çıktı Verisinin Hesap Yöntemi	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Belirlilik Katsayısı (R^2)
5-6	CEM	Rüzgâr hızı, Feç	0,00174	0,02420	0,98868
6-30	Jonswap Spektrum Yöntemi	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,00143	0,02429	0,99080
7-27	SPM	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,058242	0,1319	0,5999
*8-18	Wilson	Rüzgâr hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000003	0,001017	0,9920
Efektif feç yöntemi ile hesaplanmış feç kullanılarak ÇLR ile hesaplanmış R^2					
13-27	CEM	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,03239	0,4254	0,86168

Tablo 5.3. Efektif feç yöntemi ile hesaplanmış feç uzunlukları kullanılmış YSA (Devamı)

Model No Senaryo No	Çıktı Verisinin Hesap Yöntemi	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesele Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Belirlilik Katsayısı (R^2)
14-27	Jonswap Spektrum Yöntemi	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0293	0,412215	0,8776
15-20	SPM	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0807	0,547084	0,6468
*16-17	Wilson	Rüzgâr hızı, Feç, Sıcaklık	0,000064	0,41607	0,87285

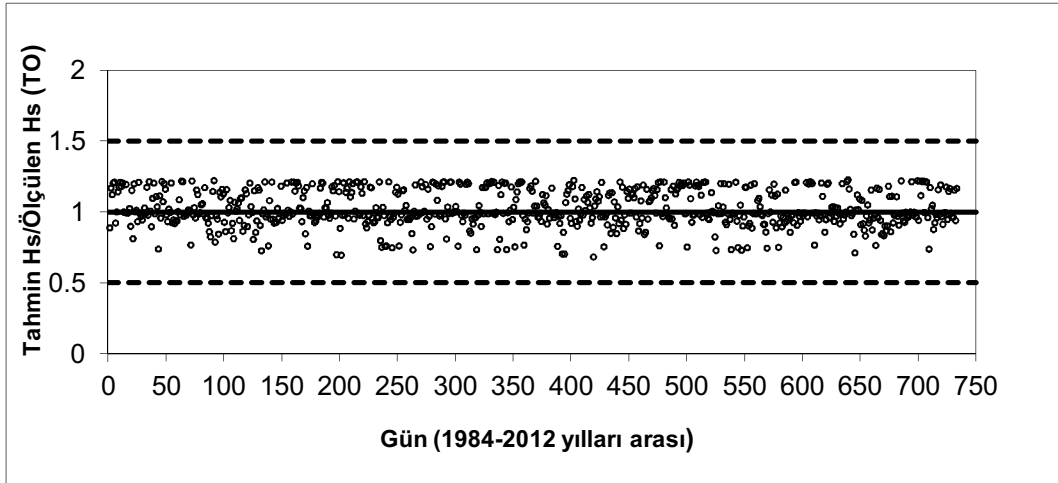
*: En iyi sonuçlar

Hesaplanan ve tahmin edilen belirgin dalga yüksekleri (H_s) arasındaki korelasyona bakılarak tahmin modellerinin performansı araştırılmıştır. Tahminleri en doğru veren YSA modeli istatistiksel hata performansı değerlendirme analizleriyle sağlanmıştır. Performans değerlerine ait grafik Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Wilson yöntemi ile hesaplanmış H_s ile YSA kullanılarak Senaryo 8-18 ile hesaplanmış H_s 'in karşılaştırılması

Hesaplanan ve tahmin edilen belirgin dalga yükseklikleri (H_s) arasında korelasyon kurularak analiz verimi ölçülmüş, Şekil 5.3’de verilmiştir. Şekil 5.3’de gösterilen tutarsızlık oranı grafiğinde 1 çizgisi mükemmellik çizgisi olmakla birlikte bu çizgi etrafında değerlerin toplanması sonucun doğruluğunu gösterir. 0,5-1,5 yer alan çizgiler ise %50 hata bantlarını göstermektedir. Değerlerin hata bantlarında toplanmaları sonucun kötü olduğunu göstermektedir. Şekil 5.3’de görüleceği üzere sonuçlar çoğunlukla mükemmellik çizgisi etrafında toplanmıştır.



Şekil 5.3. Senaryo 8-18'in Tutarsızlık oranı

Efektif feç yöntemi kullanılarak hesaplanmış feç uzunluğunun belirgin dalga yüksekliğinin hesabında kullanıldığı Wilson yönteminin ÇLR uygulaması:

Tablo 5.4. Senaryo 16-17'nin ÇLR analizi sonucu hesaplanan katsayılar

ÇLR Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	-0,00656
X Değişkeni 1	0,001844
X Değişkeni 2	0,000557
X Değişkeni 3	-3,20E-05

Denklem; $Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$ şeklindedir. Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar yukarıda gösterilmiştir. Efektif feç yöntemi ile hesaplanan feç uzunluğunun (km) Hs'in hesabında kullanıldığı Wilson yönteminin ÇLR uygulaması Tablo 5.3'de gösterilmektedir.

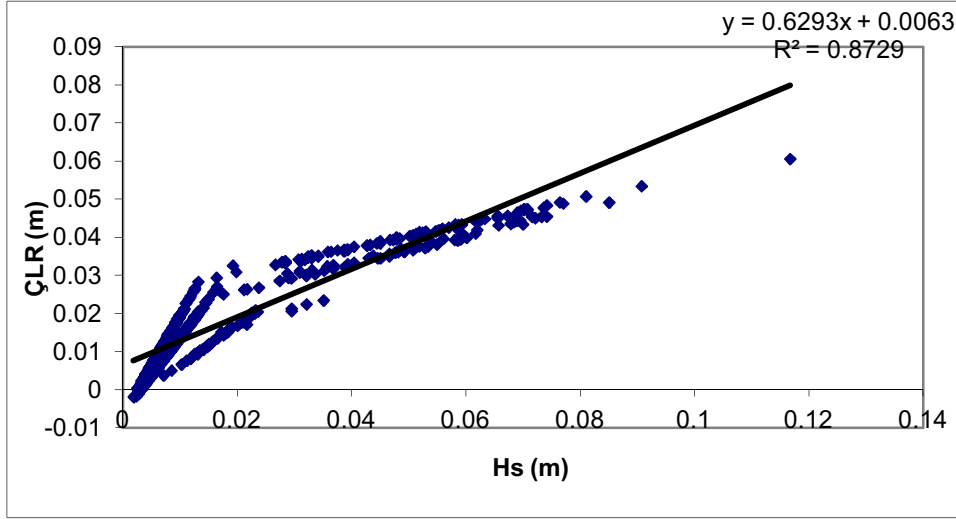
Denklem ;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = n.-0.00656 + 0.001844.X_1 + 0.000557.X_2 - 3.2E-05.X_3$$

şeklinde bulunmuştur.

ÇLR modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik şekil 5.4'de gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Wilson yöntemi ile hesaplanmış Hs ile ÇLR ile tahmin edilmiş Senaryo 16-17'in karşılaştırılması

Şekil 5.4'de görüleceğe üzere bazı sonuçlar negatif çıkmış olup bu da bize ÇLR'in iyi sonuç vermediğini göstermiştir.

Diğer bir tahminde de belirgin dalga yüksekliğinin (Hs); düz çizgi yöntemi ile hesaplanmış feç uzunluklarının CEM yöntemi, Jonswap Spektrum yöntemi, SPM yöntemi ve Wilson yöntemi kullanılarak YSA ile yapılan tahminlerde YSA'ya en çok uyum sağlayan sonuca Wilson yönteminin rüzgar hızı, feç, açık yüzey buharlaşması parametrelerinin bir arada bulunduğu Model 4-Senaryo 18 ile ulaşılmış olup tahminlerde ortalama karesel hata (OKH)=0,0000038, ortalama mutlak hata (OMH)=0,0013332 ve $R^2=0,9913$ olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.5). Diğer yöntemlerde YSA'ya en çok uyum sağlayan Wilson yöntemine yakın sonuçlar vermiştir [Tablo:5.5].

ÇLR'de de en çok uyum sağlayan sonuca Wilson yönteminin rüzgâr hızı, feç, günlük ortalama basınç, sıcaklık, açık yüzey buharlaşması parametrelerinin bir arada bulunduğu Model 12-Senaryo 31 ile ulaşılmıştır. Tahmin sonucuna göre ortalama karesel hata (OKH)= 8,22135E-05, ortalama mutlak hata (OMH)= 0,3959909 ve

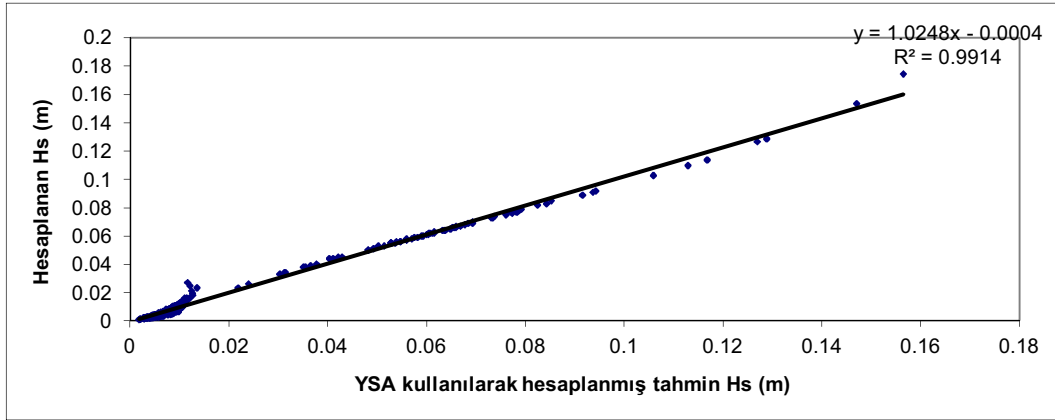
$R^2=0,8663$ olduğu tespit edilmiştir. ÇLR'ye en az uyum sağlayan sonucu ise SPM yöntemi vermiştir [Tablo:5.5].

Tablo 5.5. Düz çizgi metodu ile hesaplanmış feç uzunlukları kullanılmış YSA

Model No/Senaryo No	Çıktı Verisinin Hesap Yöntemi	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Belirlilik Katsayısı (R^2)
1-16	CEM	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,001298	0,024131	0,993917
2-18	Jonswap Spektrum Yöntemi	Rüzgâr Hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0022064	0,03238	0,99013
3-17	SPM	Rüzgâr hızı, Feç, Sıcaklık	0,002421	0,03321	0,9923
*4-18	Wilson	Rüzgâr Hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0000038	0,00133	0,9913
Düz feç yöntemi ile hesaplanmış feç kullanılarak ÇLR ile hesaplanmış R^2					
9-30	CEM	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,039995	0,7186	0,84920
10-31	Jonswap Spektrum Yöntemi	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,03742	0,39560	0,87460
11-27	SPM	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,06715	0,41391	0,8179
*12-31	Wilson	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	8,225E-05	0,39599	0,8663

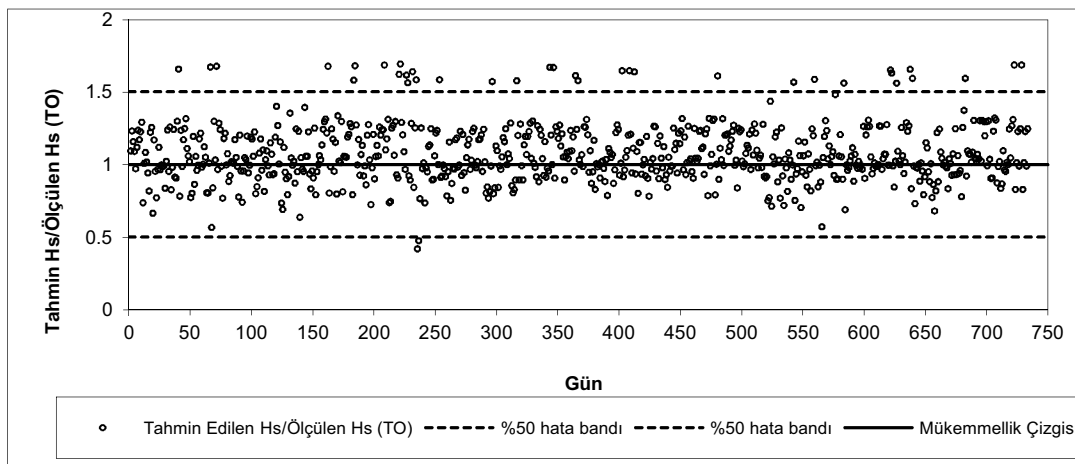
*: En iyi sonuçlar

Hesaplanan ve tahmin edilen belirgin dalga yüksekleri (H_s) arasında korelasyon kurularak analiz verimi ölçülmüştür. YSA modeli ile en uyumlu sonuç elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 5.5.'de verilmiştir.



Şekil 5.5. Wilson yöntemi ile hesaplanmış Hs ile YSA kullanılarak Senaryo 4-18 ile hesaplanmış Hs'in karşılaştırılması

Hesaplanan ve tahmin edilen belirgin dalga yüksekleri (Hs) arasında korelasyon kurularak analiz yapılmış olup grafik Şekil 5.6'da verilmiştir. Şekil 5.6'da görüleceği üzere düz çizgi yöntemi kullanılarak hesaplanmış feç mesafesinin kullanıldığı tahminin sonucu daha fazla hata oranına sahiptir. Şekil 5.3'de gösterilen grafikte görüleceği üzere efektif feç yöntemi kullanılarak hesaplanmış feç mesafesinin kullanıldığı tahmine göre Şekil 5.6'da gösterilen tahminin daha kötü sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 5.6. Senaryo 12.31'in Tutarsızlık Oranı

Düz çizgi feç yöntemi kullanılarak hesaplanmış feç uzunluğunun belirgin dalga yüksekliğinin hesabında kullanıldığı Jonswap spektrum yönteminin ÇLR uygulaması:

Denklem; $Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3 + a_4.X_4$ şeklindedir. Bilgisayar programı yardımıyla bulunan katsayılar aşağıda gösterilmiştir. Tablo 5.6'da düz çizgi yöntemi ile hesaplanan feç uzunluğu (km) kullanılarak Wilson yöntemi ile hesaplanmış Hs'in ÇLR analizi sonucunda hesaplanan katsayılar gösterilmektedir.

Tablo 5.6. Senaryo 12-31'in ÇLR analizi sonucu hesaplanan katsayılar

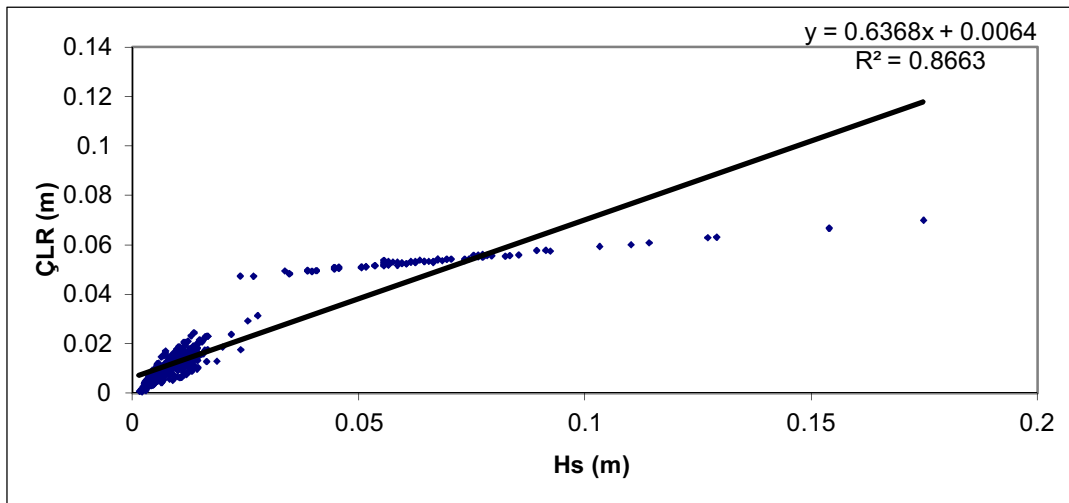
ÇLR Analizi Sonucu Hesaplanan Katsayılar	
Kesişim	0,093486
X Değişkeni 1	0,0014
X Değişkeni 2	-9,40E-05
X Değişkeni 3	-6,20E-05
X Değişkeni 4	-8,30E-05

Denklem ;

$$Q = n.a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3$$

$$Q = -0.0450242 + 0.0298273.X_1 + 0.0062205.X_2 - 0.0009714.X_3$$

şeklinde bulunmuştur. ÇLR modeli ile elde edilen performans değerlerine ait grafik Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Wilson yöntemi ile hesaplanmış Hs ile ÇLR ile tahmin edilmiş Senaryo 12-31'in karşılaştırılması

Tüm modellerde belirgin dalga yüksekliğinin YSA ve ÇLR ile yapılan tahminlerinde YSA'nın doğruya yakın sonuçlar verdiği ÇLR'nin ise pek iyi sonuç vermediği görülmüştür. Hesaplama yapılan modellerden YSA ve ÇLR'ye uyum sağlamada CEM, Jonswap ve Wilson yöntemlerinin benzer sonuçlar verdiği görülmekle birlikte bu dört yöntemden SPM yönteminin en az uyum sağlayan sonucu verdiği görülmüştür.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, YSA'nın belirgin dalga yüksekliğinin tahmini için uygulanabilirliği araştırılmış ve sonuçları ÇLR metodu ile karşılaştırılmıştır.

Bu konuda yapılan literatür çalışmalarından da görüleceği üzere, YSA'nın ÇLR'ye göre daha iyi ve gerçeğe yakın değerleri verdiği söylenebilir. ÇKA modellerinden Modüler YSA metodu çalışmalarda daha uygun görülerek bu metot kullanılmıştır.

Çalışmada Kocaeli İli, Darıca İlçesinde bulunan Balyanoz koyuna ait rüzgâr hızı (m/sn), günlük ortalama basınç (hpa), ortalama günlük sıcaklık (C°), günlük toplam açık yüzey buharlaşması (mm) verilerinin elde edilmesi amacıyla en yakın meteoroloji istasyonu olan Gebze İstasyonuna ait 1984-2012 yıllarına ait veriler kullanılmıştır.

Çalışmada belirgin dalga yüksekliği (H_s); CEM yöntemi, Jonswap Spektrum yöntemi, SPM yöntemi ve Wilson yöntemleri ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesinde önemli etkiye sahip feç mesafesi; düz çizgi metodu ve efektif feç metodu ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan feç mesafelerinin belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesindeki etkileri, kullanılan dört farklı yöntem ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Hesaplanan belirgin dalga yükseklikleri çeşitli senaryolarla irdelenerek YSA ve ÇLR modelleri ile belirgin dalga yüksekliklerinin tahmin edilmesi ve tahmin edilen verilerin doğruluğunun kontrolü amacıyla birçok analiz yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan verilerden en iyi sonucu veren ikili, üçlü ve dördümlü veri grubu, tüm verilerin bir arada bulunduğu veri grubu için kullanılan tüm yöntemler ile tek tek analizler yapılarak korelasyon ve hata katsayıları tespit edilmiştir. Tüm modellerde en iyi ikili parametrenin rüzgâr hızı ve feç uzunluğu olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan hesaplamalarda düz çizgi metodu ile hesaplanmış feç uzunluklarının kullanıldığı YSA ve ÇLR'ye en çok uyum sağlayan sonucun Wilson Yönteminin verdiği görülmektedir. Ayrıca efektif feç yöntemi ile hesaplanmış feç uzunluğunun kullanıldığı modeller ile düz çizgi yöntemi ile hesaplanan feç uzunluğunun kullanıldığı modellerden SPM yöntemi hariç diğer modellerin benzer sonuç verdiği görülmektedir.

Hesaplama sonucuna göre efektif feç yöntemi ile hesaplanmış feç uzunluğunun kullanıldığı tahminlerin düz çizgi yöntemi ile hesaplanmış feç uzunluğunun kullanıldığı tahminlere göre daha az hata oranına sahip olduğu ve daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki belirgin dalga yüksekliğinin hesaplanmasında rüzgâr hızı ve feç uzunluğunun etkisi kadar günlük ortalama basınç, sıcaklık, açık yüzey buharlaşmasında önemli bir etkisi vardır. Ayrıca çalışmada kullanılan meteorolojik verilerden başka diğer meteorolojik parametrelerinde (güneşlenme süresi, güneşlenme şiddeti...vb.) belirgin dalga yüksekliğinin hesaplanmasındaki etkileri araştırılmalıdır.

Belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesi amacıyla YSA ve ÇLR metotları kullanılarak yapılan tahminlerde YSA'nın daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Yapılan hesaplamaların doğruluğunu ölçmek için hesap yapılan yerin ölçülmüş gerçek verileri ve o yere ait meteorolojik verileri YSA modeli ile eğitilmeli ve sonuçlarının SPM, CEM, Jonswap Spektrum ve Wilson yöntemleri ile hesaplanmış değerleri karşılaştırılmalıdır.

Belirgin dalga yüksekliğinin hesabında kullanılan rüzgâr hızı (m/sn) verilerinin karadan ölçülen verilerden ziyade denizden ölçülmüş verilerin kullanılması hesabın doğruluğu açısından daha iyi olacaktır. Bu yüzden açık denizde meteorolojik istasyon kurulması gerekir. Açık denizde kurulacak olan şamandıra ile gün içindeki dalga yükseklikleri kayıt altına alınması halinde belirgin dalga yüksekliği daha doğru olarak hesaplanabilir. Ayrıca batimetrik ölçümlerin yapılması bize hesaplamamızın

yapılacağı yerin açık deniz mi yoksa sığ deniz olduğunu gösterecektir. Böylece belirlenen deniz durumun göre hesap yöntemlerinin kullanılması sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

AÇIKALIN S., İLERİ R., KELEŞ R., Adapazarı kentsel atıksu arıtma tesisi çıkış suyu parametreleri ve verim değerlendirmeleri yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi, üniversite öğrencileri 2. çevre sorunları kongresi, İstanbul, 2007.

AGRAWAL, J.D., DEO, M.C., On-line wave prediction. Mar. Struct. 15, 57–74, 2002.

ALADAĞ Ç.H., EĞRİOĞLU E., KADILAR C., Forecasting nonlinear time series with a hybrid methodology, Applied Mathematics Letters, 22, p. 1467-1470, 2009.

AKPINAR A., Karadeniz’de dalga modellemesi ve dalga gücü potansiyelinin belirlenmesi, Doktora tezi, Trabzon, 2012.

ASMA S., SEZER A., ÖZDEMİR Ö., MLR and ANN models of significant wave height on the west coast of India, Computers & Geosciences 49, s.231-237, 2012.

BAYAZIT, M., OĞUZ, B., Mühendisler için istatistik, Birsen Yayınevi, Cağaloğlu, İstanbul, 1994.

BRETSCHNEIDER, C.L., Wave forecasting relations for wave generation, vol. 1(3). Look Lab, Hawaii, pp. 31–44, 1970.

BROWNE, M., CASTELLE, B., STRAUSS, D., TOMLINSON, R., BLUMENSTEIN, M., LANE, C., Near-shore swell estimation from a global wind-wave model: spectral process, linear, and artificial neural network models, Coastal Engineering, Cilt 54, No 5, 445-460, 2007.

COASTAL ENGINEERING MANUAL (CEM), chapter ii-2, meteorology and wave climate, u.s. army engineer waterways experiment station, U.S. government printing office, No. EM 1110-2-1100, Washington (DC), USA, 77 s., 2003

COASTAL ENGINEERING MANUAL (CEM). US army engineer research and development center, coastal and hydraulics laboratory, Vicksburg, MS, 2003.

ÇAĞLAR, N., Yapay sinir ağları ile binaların dinamik analizi, Doktora Tezi, Sakarya, 2001.

DEO, N.C., KUMAR, N.K., Interpolation of wave heights, Ocean Engineering 27, 907–919, 2000.

DEO, M.C., JHA, A., CHAPHEKAR, A.S., RAVIKANT, K., Neural networks for wave forecasting, *Ocean Engineering* 28, 889–898, 2001.

Devlet Meteoroloji İşleri DMİ, Ankara, 2012.

DOĞAN, E., Akarsularda taşınan toplam katı madde miktarının yapay zeka metotları ile tahmin edilmesi, Doktora Tezi, Sakarya, 2008.

DOĞAN, E., IŞIK, S., Sapanca gölü günlük buharlaşma miktarının radyal temelli yapay sinir ağı modeli kullanılarak tahmin edilmesi, Kocaeli, 2005.

DOĞAN G., Yapay sinir ağları kullanılarak Türkiye'deki özel bir sigorta şirketinde portföy değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

DONELAN, M.A., Similarity theory applied to the forecasting of wave heights, periods and directions, In: *Proceedings of the Canadian Coastal Conference*, National Research Council of Canada, pp. 47–61, 1980.

DONELAN, M.A., Hamilton, J., Hui, W.H., Directional spectra of wind-generated waves, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A* 315, 509–562, 1985.

ETEMAD-SHAHIDI, A., KAZEMINEZHAD, M., H., MOUSAVI S. J., On the prediction of wave parameters using simplified methods, *Journal of Coastal Research*, Special Issue 56, 505-509, 2009.

GÜNAYDIN, K., The estimation of monthly mean significant wave heights by using artificial neural network and regression methods, *Ocean Engineering* 35, 1406–1415, 2008.

HASSELMANN, K., BARNETT, T.P., BOUWS, E., CARLSON, H., CARTWRIGHT, D.E., ENKE, K., WEING, J.A., GIENAPP, H., HASSELMANN, D.E., KRUSEMAN, P., MEERBURG, A., MULLER, P., OLBERS, K.J., RICHTER, K., SELL, W., WALDEN, W.H., Measurements of wind wave growth and swell decay during the joint north sea wave project (JONSWAP). *Deutsche Hydrograph, Zeit, Ergänzung-selb Reihe*, A 8 (12), 1973.

KABDAŞLI, S., Kıyı mühendisliği , İ.T.Ü. İnşaat fakültesi matbaası, İstanbul, 1992.

KALRA, R., DEO, M.C., KUMAR, R., AGGARWAL, V.K., Artificial neural network to translate offshore satellite wave data to coastal locations, *Ocean Engineering* 32, 1917–1932, 2005a.

KALRA, R., DEO, M.C., KUMAR R., AGGARWAL, V.K., RBF network for spatial mapping of wave heights, *Marine Structures* 18, 289–300, 2005b.

KALRA, R., DEO, M.C., Derivation of coastal wind and wave parameters from offshore measurements of TOPEX satellite using ANN, *Coastal Engineering* 54, 187–196, 2007.

KAZEMINEZHAD, M.H., ETEMAD-SHAHIDI, A., MOUSAVI, S.J., Application of fuzzy inference system in the prediction wave parameters, *Ocean Eng.* 32, 1709–1725, 2005.

LEE, .L., Neural network prediction of a storm surge, *Ocean Engineering* 33, 483–494, 2006.

LONDHE S.N., PANCHANG V., Correlation of wave data from buoy networks, *Sciencedirect Estuarine, Coastal and Shelf Science* 74,481-492. 2007.

MAHJOOBI, J., ETEMAD-SHAHIDI, A., KAZEMINEZHAD, M.H., Hindcasting of wave parameters using different soft computing methods, *Appl. Ocean Res.* 30, 28–36, 2008.

MAHJOOBI, M., MOSABBEB, E.A., Prediction of significant wave height using regressive support vector machines, *Ocean Engineering*, Cilt 36, No.5, 339-347, 2009.

MAKARYNSKYY, O., Improving wave predictions with artificial neural networks, *Ocean Eng.* 31 (5–6), 709–724, 2004.

MAKARYNSKYY, O., PIRES-SILVA, A.A., MAKARYNSKA, D., VENTURA-SOARES, C., Artificial neural networks in wave predictions at the west coast of Portugal, *Comput. Geosci.* 31 (4), 415–424, 2005.

MALEKMOHAMADI I., LARI M. R. B., KERACHIAN R., NIKOO M. R., FALLAHNIA M., Evaluating the efficacy of SVMs, BNs, ANNs and ANFIS in wave height prediction, *Ocean Engineering*, No. 38, s. 487-497, 2011.

MANDAL, S., PRABAHARAN, N., An overview of the numerical and neural network accosts of ocean wave prediction, *Colombo Sri lanka Coastal hydrodynamics* S.101, 2003.

MANDAL, S., PRABAHARAN, N., Ocean wave forecasting using recurrent neural networks, *Ocean Engineering*, Cilt. 33, No. 10, s. 1401-1410, 2006.

MASSEL, S.R., *Ocean surface waves: their physics and prediction. Advanced series on ocean engineering*, vol. 11. World Scientific, Singapore, 1996.

MORE, A., DEO, M.C., Forecasting wind with neural networks, *Marines Structures*, Cilt. 16, No 1, 35-49, 2003.

NAYAK, P.C., SUDHEER, K.P., Fuzzy model identification based on cluster estimation for reservoir inflow forecasting, *Hydrological Processes*, Cilt. 22, No. X, 827-841, 2008.

NAMEKAR S., DEO M. C., Application of artificial neural network model in estimation of wave spectra, *Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering* s, 416-418, 2006.

ÖZGER M., Dalga enerjisi tahmini ve stokastik modelleme, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.

ÖZTÜRKLER S., DOĞAN E., SANDALCI M., Belirgin dalga yüksekliğinin yapay sinir ağları modeli ile tahmin edilmesi, Kocaeli İli, Darıca Bayramoğlu örneği, Uluslararası Bursa Su Kongresi ve Sergisi Cilt.2 s.886-890, 2013.

SÖNMEZ O., Akım ölçümü yapılmayan derelerde debi süreklilik çizgisinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

SHORE PROTECTION MANUAL (SPM), Coastal engineering research center, Waterway experiment station, Corps of engineers, Department of the Army, Vicksburg, MS, 1984.

SHORE PROTECTION MANUAL (SPM), U.S. army engineer waterways experiment station, U.S. Government Printing Office, Fourth Edition No. 20402, Washington (DC), USA, 652 s., 1984

SUBAŞI H., Yapay sinir ağı ile atıksu arıtma performansının modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

ŞEN, Z., Yapay sinir ağı ilkeleri, Su Vakfı, İstanbul, 2004.

TÜR R., BALAS C.E., Belirgin dalga yüksekliklerinin neuro-fuzzy yaklaşımı ile tahmini: filyos deniz yöresi örneği, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 25, No 3, 505-510, 2010.

WILSON, B.W., Numerical prediction of ocean waves in the North Atlantic for December 1959. Deutsche Hydrographische Zeitschrift 18 (3), 114–130, 1965.

YÜKSEK Ö., Kıyı Mühendisliği Ders Notları (Yayınlanmamış), K.T.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2010.

YÜKSEL, Y., ÇEVİK, E. VE ÇELİKOĞLU, Y., Kıyı ve liman mühendisliği, Alaz Ofset, Ankara, 1998.

YÜKSEL, Y. , ÇEVİK E., Kıyı Mühendisliği, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş. Deniz Mühendisliği Serisi – No. 1, Cağaloğlu, İstanbul, 732 s, 2009.

ZAMANI A., SOLOMATINE D., AZIMIAN A., HEEMINK A., Learning from data for wind wave forecasting, Ocean Engineering 35, 953– 962, 2008.

EKLER

Ek A

Tablo A.1.

Model No	Kullanılan Feç Hesap Yöntemi	Kullanılan Hs Hesap Yöntemi	Kullanılan Tahmin Yöntemi
Model 1	Düz çizgi	CEM	YSA
Model 2	Düz çizgi	Jonswap spektrum	YSA
Model 3	Düz çizgi	SPM	YSA
Model 4	Düz çizgi	Wilson	YSA
Model 5	Efektif	CEM	YSA
Model 6	Efektif	Jonswap spektrum	YSA
Model 7	Efektif	SPM	YSA
Model 8	Efektif	Wilson	YSA
Model 9	Düz çizgi	CEM	ÇLR
Model 10	Düz çizgi	Jonswap spektrum	ÇLR
Model 11	Düz çizgi	SPM	ÇLR
Model 12	Düz çizgi	Wilson	ÇLR
Model 13	Efektif	CEM	ÇLR
Model 14	Efektif	Jonswap spektrum	ÇLR
Model 15	Efektif	SPM	ÇLR
Model 16	Efektif	Wilson	ÇLR

Tablo A.2.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (R)
Model 1	Senaryo 1.1	Rüzgâr hızı	0,195822	0,256762	0,001851	0,043026
	*Senaryo 1.2	Feç	0,056969	0,123512	0,784969	0,885985
	Senaryo 1.3	Günlük Ort. Basınç	0,206357	0,190732	0,016276	0,127579
	Senaryo 1.4	Sıcaklık	0,209629	0,186133	0,000068	-0,008266
	Senaryo 1.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,211048	0,185376	0,003283	0,057298
	*Senaryo 1.6	Rüzgâr hızı, Feç	0,002435	0,035215	0,988172	0,994068
	Senaryo 1.7	Rüzgâr hızı, Günlük Ort. Basınç	0,281406	0,309765	0,015278	0,123603
	Senaryo 1.8	Rüzgâr hızı, Sıcaklık	0,193165	0,261703	0,008320	0,091213
	Senaryo 1.9	Rüzgâr hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,202137	0,244184	0,000012	-0,003414
	Senaryo 1.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,052446	0,115802	0,813847	0,902135

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (R)
Model 1	Senaryo 1.11	Feç, Sıcaklık	0,056057	0,119857	0,779409	0,882841
	Senaryo 1.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,063969	0,129325	0,753199	0,867871
	Senaryo 1.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,206348	0,190709	0,015949	0,126290
	Senaryo 1.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,208949	0,199712	0,020168	0,142015
	Senaryo 1.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,212776	0,206633	0,004111	0,064115
	*Senaryo 1.16	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,001298	0,024131	0,993917	0,996954
	Senaryo 1.17	Rüzgâr hızı, Feç, Sıcaklık	0,002336	0,035188	0,988568	0,994268
	Senaryo 1.18	Rüzgâr hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,002099	0,030750	0,990105	0,995040
	Senaryo 1.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,052887	0,117527	0,809876	0,899931
	Senaryo 1.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,066160	0,135740	0,791285	0,889542
	Senaryo 1.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,209744	0,212702	0,018810	0,137149

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (R)
Model 1	Senaryo 1.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,340153	0,287585	0,371728	-0,609695
	Senaryo 1.23	Rüzgâr hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,196605	0,265140	0,030033	0,173299
	Senaryo 1.24	Rüzgâr hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,449307	0,510522	0,000000	0,000000
	Senaryo 1.25	Rüzgâr hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,198548	0,236593	0,004444	0,066661
	Senaryo 1.26	Rüzgâr hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,002481	0,035972	0,987970	0,993967
	Senaryo 1.27	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buh.	0,002871	0,037511	0,986640	0,993297
	Senaryo 1.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,080217	0,137280	0,653036	0,808106
	Senaryo 1.29	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,200249	0,253980	0,027104	0,164634
	*Senaryo 1.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,002057	0,032326	0,989770	0,994872
	Senaryo 1.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,002289	0,032843	0,989063	0,994516

Tablo A.3.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 2	Senaryo 2.1	Rüzgar hızı	0,2097377	0,2671496	0,0084278	0,0918029
	*Senaryo 2.2	Feç	0,0529104	0,1221926	0,8251137	0,9083577
	Senaryo 2.3	Günlük Ort. Basınç	0,2195819	0,1956880	0,0148160	0,1217209
	Senaryo 2.4	Sıcaklık	0,2227771	0,1904071	0,0000052	-0,0022878
	Senaryo 2.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,2261533	0,1941690	0,0011759	0,0342918
	*Senaryo 2.6	Rüzgar Hızı, Feç	0,0029228	0,0412012	0,9865402	0,9932473
	Senaryo 2.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,2050260	0,2689515	0,0038518	0,0620628
	Senaryo 2.8	Rüzgar Hızı, Sıcaklık	0,2155595	0,2395849	0,0005995	-0,0244844
	Senaryo 2.9	Rüzgar Hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2149637	0,2534258	0,0006561	-0,0256141
	Senaryo 2.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0496399	0,1205134	0,8554208	0,9248896

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 2	Senaryo 2.11	Feç, Sıcaklık	1,2447611	0,7164508	0,6089167	0,7803311
	Senaryo 2.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0611125	0,1291096	0,7946652	0,8914400
	Senaryo 2.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,2170692	0,1993225	0,0330648	0,1818373
	Senaryo 2.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2223950	0,2047696	0,0184064	0,1356703
	Senaryo 2.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,2255895	0,2113746	0,0057665	0,0759374
	Senaryo 2.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0034570	0,0342239	0,9828055	0,9913655
	Senaryo 2.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,0020252	0,0337728	0,9907471	0,9953628
	*Senaryo 2.18	Rüzgar Hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0022064	0,0323877	0,9901329	0,9950542
	Senaryo 2.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,4000862	0,4507049	0,0213471	0,1461065
	Senaryo 2.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0609601	0,1301996	0,8296731	0,9108639
	Senaryo 2.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2220311	0,2184382	0,0231324	0,1520934

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 2	Senaryo 2.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,8257151	0,5964441	0,8207526	0,9059540
	Senaryo 2.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,2020782	0,2739674	0,0430658	0,2075231
	Senaryo 2.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2160742	0,2628821	0,0121550	0,1102496
	Senaryo 2.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,2082263	0,2499694	0,0048339	0,0695260
	Senaryo 2.26	Rüzgâr Hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0021307	0,0330184	0,9901463	0,9950610
	*Senaryo 2.27	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0025979	0,0374102	0,9881687	0,9940667
	Senaryo 2.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0721075	0,1360623	0,7384405	0,8593256
	Senaryo 2.29	Rüzgar Hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2054597	0,2600183	0,0291229	0,1706543
	Senaryo 2.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0022191	0,0344627	0,9894029	0,9946873
	Senaryo 2.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0026455	0,0364948	0,9876966	0,9938293

Tablo A.4.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (R)
Model 3	Senaryo 3.1	Rüzgar hızı	0,285209385	0,306766765	0,000387021	0,01967286
	*Senaryo 3.2	Feç	0,097114177	0,160023979	0,740683907	0,86062995
	Senaryo 3.3	Günlük Ort. Basınç	0,303378029	0,230619078	0,01758341	0,13260245
	Senaryo 3.4	Sıcaklık	0,308267383	0,225161386	4,0094E-05	-0,006332
	Senaryo 3.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,313370856	0,232739135	0,000754378	0,02746594
	*Senaryo 3.6	Rüzgar Hızı, Feç	0,003889108	0,046509803	0,986753983	0,99335491
	Senaryo 3.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,278136869	0,306645547	0,010775927	0,10380716
	Senaryo 3.8	Rüzgar Hızı, Sıcaklık	0,283281261	0,312281546	0,009694417	0,09846023
	Senaryo 3.9	Rüzgar Hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,292536847	0,287834902	0,000425077	0,0206174
	Senaryo 3.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,090171735	0,157278397	0,780126087	0,88324747

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (R)
Model 3	Senaryo 3.11	Feç, Sıcaklık	0,095718915	0,155599817	0,735758548	0,85776369
	Senaryo 3.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,111055985	0,169643912	0,70042322	0,83691291
	Senaryo 3.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,303317692	0,230607552	0,016636762	0,12898357
	Senaryo 3.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,3074648	0,243543479	0,020509652	0,14321191
	Senaryo 3.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,314020744	0,252366632	0,003060463	0,05532145
	Senaryo 3.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,003519094	0,042491034	0,988273389	0,9941194
	*Senaryo 3.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,002421001	0,033210921	0,992391177	0,99618832
	Senaryo 3.18	Rüzgar Hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,003329249	0,041761523	0,989059993	0,99451495
	Senaryo 3.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,091853887	0,154553599	0,761685458	0,87274593
	Senaryo 3.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,110307704	0,172622154	0,748928602	0,86540661
	Senaryo 3.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,310323059	0,259853692	0,014202267	0,11917327

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesele Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (R)
Model 3	Senaryo 3.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,139723589	0,178259533	0,555771485	0,74550083
	Senaryo 3.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,280243086	0,320054328	0,045471559	0,21324061
	Senaryo 3.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,301750924	0,309799688	0,020469091	0,14307023
	Senaryo 3.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,286665211	0,284850364	0,008337809	0,09131161
	Senaryo 3.26	Rüzgar Hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,003470879	0,042579347	0,988295324	0,99413044
	*Senaryo 3.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,002787158	0,037023529	0,990712176	0,99534525
	Senaryo 3.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,12119078	0,172898703	0,668493862	0,81761474
	Senaryo 3.29	Rüzgar Hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,293253672	0,304897104	0,029754396	0,17249463
	Senaryo 3.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,002900848	0,038049314	0,99026343	0,99511981
	Senaryo 3.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,003062672	0,038482679	0,989296917	0,99463406

Tablo A.5.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 4	Senaryo 4.1	Rüzgar hızı	0,0004263	0,0122128	0,0002240	-0,0149659
	*Senaryo 4.2	Feç	0,0001163	0,0057319	0,8138326	0,9021267
	Senaryo 4.3	Günlük Ort. Basınç	0,0004569	0,0089355	0,0152010	0,1232922
	Senaryo 4.4	Sıcaklık	0,0004636	0,0087058	0,0000124	-0,0035275
	Senaryo 4.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,0004657	0,0086992	0,0004235	-0,0205784
	*Senaryo 4.6	Rüzgar Hızı, Feç	0,0000032	0,0012840	0,9868175	0,9933869
	Senaryo 4.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,0004237	0,0121497	0,0056343	0,0750619
	Senaryo 4.8	Rüzgar Hızı, Sıcaklık	0,0004305	0,0123270	0,0032375	0,0568988
	Senaryo 4.9	Rüzgar Hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0004351	0,0115005	0,0003482	0,0186601
	Senaryo 4.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0001104	0,0055123	0,8411532	0,9171441
	Senaryo 4.11	Feç, Sıcaklık	0,0001136	0,0055385	0,8064872	0,8980463

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 4	Senaryo 4.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0001347	0,0061226	0,7818866	0,8842435
	Senaryo 4.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0004568	0,0089386	0,0148745	0,1219610
	Senaryo 4.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0004691	0,0086964	0,0142732	-0,1194706
	Senaryo 4.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,0004698	0,0096808	0,0052746	0,0726265
	Senaryo 4.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0000049	0,0016544	0,9891034	0,9945368
	Senaryo 4.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,0000063	0,0019220	0,9857297	0,9928392
	*Senaryo 4.18	Rüzgar Hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0000038	0,0013332	0,9913576	0,9956694
	Senaryo 4.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0001101	0,0055224	0,8197288	0,9053888
	Senaryo 4.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0001364	0,0064407	0,8209059	0,9060386
	Senaryo 4.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0004599	0,0098587	0,0250023	0,1581212
	Senaryo 4.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0001669	0,0063799	0,6733651	0,8205882
	Senaryo 4.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0004446	0,0130653	0,0632392	0,2514740

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Kareysel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 4	Senaryo 4.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0004496	0,0120443	0,0136274	0,1167366
	Senaryo 4.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,0004323	0,0113122	0,0052032	0,0721330
	*Senaryo 4.26	Rüzgar Hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0000049	0,0016694	0,9890271	0,9944984
	Senaryo 4.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0000052	0,0016621	0,9889363	0,9944528
	Senaryo 4.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0001530	0,0064499	0,7510835	0,8666507
	Senaryo 4.29	Rüzgar Hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0004283	0,0117912	0,0272056	0,1649412
	Senaryo 4.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0000067	0,0018712	0,9850243	0,9924839
	Senaryo 4.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0000046	0,0015423	0,9893763	0,9946740

Tablo A.6.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (R)
Model 5	Senaryo 5.1	Rüzgar hızı	0,1435755	0,2913392	0,0633913	0,2517764
	*Senaryo 5.2	Feç	0,0535365	0,1379118	0,7300973	0,8544573
	Senaryo 5.3	Günlük Ort. Basınç	0,1730021	0,2222013	0,0004270	0,0206647
	Senaryo 5.4	Sıcaklık	0,1735656	0,2219628	0,0052323	-0,0723347
	Senaryo 5.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,1754442	0,2216505	0,0003615	0,0190122
	*Senaryo 5.6	Rüzgar hızı, Feç	0,0017418	0,0242087	0,9886825	0,9943251
	Senaryo 5.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,1466843	0,2946474	0,0440321	0,2098382
	Senaryo 5.8	Rüzgar hızı, Sıcaklık	0,1428906	0,2901227	0,0705931	0,2656937
	Senaryo 5.9	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0825619	0,1927838	0,0470968	0,2170181
	Senaryo 5.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0541754	0,1388601	0,7248945	0,8514074

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (R)
Model 5	Senaryo 5.11	Feç, Sıcaklık	0,0546644	0,1379752	0,7137867	0,8448590
	Senaryo 5.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0559537	0,1412167	0,7139781	0,8449723
	Senaryo 5.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,1731758	0,2210660	0,0020223	0,0449695
	Senaryo 5.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,1759954	0,2246632	0,0017813	0,0422056
	Senaryo 5.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,1787794	0,2297575	0,0062778	-0,0792325
	Senaryo 5.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0021089	0,0279966	0,9866774	0,9933163
	Senaryo 5.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,0029800	0,0337337	0,9825064	0,9912146
	*Senaryo 5.18	Rüzgar hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0018029	0,0250901	0,9882725	0,9941190
	Senaryo 5.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0542504	0,1375388	0,7180951	0,8474049
	Senaryo 5.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,1159038	0,3029210	0,7517575	0,8670395
	Senaryo 5.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,1785994	0,2303235	0,0001778	-0,0133333

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (R)
Model 5	Senaryo 5.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0597964	0,1471869	0,6950396	0,8336903
	Senaryo 5.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,1735446	0,2209991	0,0006996	0,0264490
	Senaryo 5.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,1544415	0,2807636	0,0364942	0,1910346
	Senaryo 5.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,1449593	0,2794279	0,0603110	0,2455831
	*Senaryo 5.26	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0018799	0,0262273	0,9876895	0,9938257
	Senaryo 5.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0033770	0,0390879	0,9809258	0,9904170
	Senaryo 5.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0583254	0,1448374	0,6900251	0,8306775
	Senaryo 5.29	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0706939	0,1675722	0,0447691	0,2115871
	Senaryo 5.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0050251	0,0406217	0,9682519	0,9839979
	Senaryo 5.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0020271	0,0265482	0,9867826	0,9933693

Tablo A.7.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 6	Senaryo 6.1	Rüzgar hızı	0,2000093	0,2273602	0,0224955	0,1499850
	*Senaryo 6.2	Feç	0,0485410	0,1334971	0,7641721	0,8741694
	Senaryo 6.3	Günlük Ort. Basınç	0,1733841	0,2270569	0,0003953	0,0198825
	Senaryo 6.4	Sıcaklık	0,1738590	0,2265551	0,0048514	-0,0696523
	Senaryo 6.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,1757717	0,2252778	0,0003544	0,0188250
	*Senaryo 6.6	Rüzgar hızı, Feç	0,0015600	0,0242700	0,9896071	0,9947900
	Senaryo 6.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,1506749	0,3028174	0,0300210	0,1732657
	Senaryo 6.8	Rüzgar hızı, Sıcaklık	0,1467016	0,2985940	0,0605200	0,2460082
	Senaryo 6.9	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,1519599	0,2849883	0,0317806	0,1782711
	Senaryo 6.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0496014	0,1341341	0,7525330	0,8674866
	Senaryo 6.11	Feç, Sıcaklık	0,0485072	0,1322996	0,7579202	0,8705861

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 6	Senaryo 6.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0508751	0,1376911	0,7522791	0,8673402
	Senaryo 6.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,1736174	0,2254093	0,0020829	0,0456388
	Senaryo 6.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,1764363	0,2279189	0,0016604	0,0407480
	Senaryo 6.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,1788554	0,2327337	0,0053621	-0,0732265
	*Senaryo 6.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0015047	0,0255892	0,9904209	0,9951989
	Senaryo 6.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,0015684	0,0261403	0,9901015	0,9950385
	Senaryo 6.18	Rüzgar hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2799645	0,3183900	0,1252942	-0,3539691
	Senaryo 6.19	Feç,Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,1033702	0,2892929	0,7914934	0,8896591
	Senaryo 6.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0518545	0,1384169	0,7503035	0,8662006
	Senaryo 6.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,1787528	0,2333218	0,0000570	-0,0075497
	Senaryo 6.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0561524	0,1440564	0,7220054	0,8497090
	Senaryo 6.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,1544277	0,2953047	0,0477686	0,2185603

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 6	Senaryo 6.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,1610389	0,2880237	0,0233903	0,1529390
	Senaryo 6.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	1,4532839	0,8955752	0,0056584	0,0752221
	Senaryo 6.26	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0015919	0,0262902	0,9899897	0,9949822
	Senaryo 6.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0020079	0,0269004	0,9870382	0,9934980
	Senaryo 6.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0537705	0,1427709	0,7271973	0,8527586
	Senaryo 6.29	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	3,4279513	1,7626579	0,0339978	-0,1843850
	*Senaryo 6.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0014317	0,0242907	0,9908060	0,9953924
	Senaryo 6.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0016817	0,0276760	0,9892412	0,9946061

Tablo A.8.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(R)
Model 7	Senaryo 7.1	Rüzgar hızı	0,13211458	0,27365379	0,00150374	0,038778
	*Senaryo 7.2	Feç	0,25171581	0,36252536	0,67398299	0,82096467
	Senaryo 7.3	Günlük Ort. Basınç	0,14803997	0,20633980	0,001535347	0,03918351
	Senaryo 7.4	Sıcaklık	0,14878223	0,20361497	0,004066241	-0,063767085
	Senaryo 7.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,15090639	0,20656623	0,002125089	0,04609868
	*Senaryo 7.6	Rüzgar hızı, Feç	0,06265258	0,13603174	0,592754763	0,76990568
	Senaryo 7.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,13395834	0,27704534	0,002379135	0,04877638
	Senaryo 7.8	Rüzgar hızı, Sıcaklık	0,13717830	0,27392383	0,003732093	0,06109086
	Senaryo 7.9	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,13463542	0,25925577	0,003133708	0,05597953
	Senaryo 7.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,06654748	0,15887887	0,566482144	0,75265008
	Senaryo 7.11	Feç, Sıcaklık	0,06508932	0,15570652	0,572340188	0,75653168

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(R)
Model 7	Senaryo 7.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,08308486	0,20743509	0,618591157	0,78650566
	Senaryo 7.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,14821846	0,206133798	0,002845175	0,05334018
	Senaryo 7.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,15285405	0,21705780	0,005376748	0,07332631
	Senaryo 7.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,15329143	0,15329143	0,00020148	-0,01419438
	Senaryo 7.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,06210348	0,13413250	0,591715169	0,769230245
	*Senaryo 7.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,06185479	0,13602529	0,595394821	0,77161831
	Senaryo 7.18	Rüzgar hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,06198445	0,13353960	0,593736052	0,77054270
	Senaryo 7.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,06593574	0,15574784	0,566497106	0,75266002
	Senaryo 7.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,06682389	0,16065810	0,56975524	0,75482133
	Senaryo 7.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,15322969	0,21701224	0,002548862	0,05048626
	Senaryo 7.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,07049233	0,16573272	0,547652347	0,74003537
	Senaryo 7.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,14505222	0,27652612	0,003279976	0,05727108

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(R)
Model 7	Senaryo 7.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,14244826	0,26196932	0,002790622	0,05282634
	Senaryo 7.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,13573976	0,25862394	0,003185518	0,05644040
	Senaryo 7.26	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,06261158	0,13652511	0,58623029	0,76565677
	*Senaryo 7.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,05824231	0,13190616	0,599926898	0,77454948
	Senaryo 7.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,06826842	0,16295712	0,55908883	0,74772243
	Senaryo 7.29	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,14673956	0,26787736	0,004330449	0,06580615
	Senaryo 7.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,06441726	0,13738046	0,578330258	0,76048028
	Senaryo 7.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,05929675	0,13205296	0,58747257	0,766467591

Tablo A.9.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 8	Senaryo 8.1	Rüzgar hızı	0,000316	0,013828	0,050010	0,223630
	*Senaryo 8.2	Feç	0,000823	0,021256	0,794501	0,891348
	Senaryo 8.3	Günlük Ort. Basınç	0,000374	0,010488	0,000399	0,019975
	Senaryo 8.4	Sıcaklık	0,000375	0,010465	0,004890	-0,069928
	Senaryo 8.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,000379	0,010422	0,000338	0,018386
	*Senaryo 8.6	Rüzgar hızı, Feç	0,000005	0,001402	0,985843	0,992896
	Senaryo 8.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,000323	0,013982	0,031774	0,178252
	Senaryo 8.8	Rüzgar hızı, Sıcaklık	0,000314	0,013838	0,060584	0,246139
	Senaryo 8.9	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000321	0,013159	0,039353	0,198376
	Senaryo 8.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,000111	0,006335	0,737324	0,858676

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 8	Senaryo 8.11	Feç, Sıcaklık	0,000107	0,006224	0,755233	0,869041
	Senaryo 8.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000111	0,006434	0,753015	0,867764
	Senaryo 8.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,000375	0,010419	0,002028	0,045037
	Senaryo 8.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000381	0,010553	0,001643	0,040537
	Senaryo 8.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,000386	0,010778	0,005631	-0,075042
	Senaryo 8.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,000004	0,001220	0,989327	0,994649
	Senaryo 8.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,000003	0,001097	0,991312	0,995646
	*Senaryo 8.18	Rüzgar hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000003	0,001017	0,992076	0,996030
	Senaryo 8.19	Feç,Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,000107	0,006218	0,754487	0,868612
	Senaryo 8.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000118	0,006553	0,731010	0,854992
	Senaryo 8.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000386	0,010806	0,000088	-0,009388

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Kareysel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 8	Senaryo 8.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000244	0,013944	0,764736	0,874492
	Senaryo 8.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,000332	0,013732	0,048218	0,219585
	Senaryo 8.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000344	0,013280	0,025217	0,158798
	Senaryo 8.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,000317	0,013470	0,052892	0,229983
	*Senaryo 8.26	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000003	0,001109	0,990771	0,995375
	Senaryo 8.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000004	0,001122	0,988981	0,994475
	Senaryo 8.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000123	0,006790	0,724606	0,851238
	Senaryo 8.29	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000346	0,013484	0,031504	0,177495
	Senaryo 8.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,000036	0,003773	0,900489	0,948941
	Senaryo 8.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000005	0,001286	0,985977	0,992964

Tablo A.10.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 9	Senaryo 9.1	Rüzgar hızı	0,198836	1,404957	0,000090	0,009487
	*Senaryo 9.2	Feç	0,057228	0,584422	0,785900	0,886510
	Senaryo 9.3	Günlük Ort. Basınç	0,206695	0,777121	0,015000	0,122474
	Senaryo 9.4	Sıcaklık	0,209573	0,791483	0,000040	0,006325
	Senaryo 9.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,212832	0,729569	0,001200	0,034641
	*Senaryo 9.6	Rüzgar hızı, Feç	0,040375	0,741698	0,846500	0,920054
	Senaryo 9.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,196753	1,413915	0,000900	0,030000
	Senaryo 9.8	Rüzgar hızı, Sıcaklık	0,198920	1,397332	0,000080	0,008944
	Senaryo 9.9	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,198381	1,336975	0,000000	0,000026
	Senaryo 9.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,056413	0,583021	0,790300	0,888988

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 9	Senaryo 9.11	Feç, Sıcaklık	0,056679	0,603594	0,783500	0,885155
	Senaryo 9.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,057569	0,585852	0,785300	0,886172
	Senaryo 9.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,206709	0,776643	0,015100	0,122882
	Senaryo 9.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,209119	0,776164	0,021900	0,147986
	Senaryo 9.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,211677	0,940605	0,003700	0,060828
	*Senaryo 9.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,040258	0,746208	0,848100	0,920923
	Senaryo 9.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,040300	0,723209	0,846200	0,919891
	Senaryo 9.18	Rüzgar hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,040343	0,722976	0,846100	0,919837
	Senaryo 9.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,056347	0,597087	0,786600	0,886905
	Senaryo 9.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,057187	0,588147	0,790100	0,888876
	Senaryo 9.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,208980	0,927961	0,016600	0,128841

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 9	Senaryo 9.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,059321	0,658173	0,772400	0,878863
	Senaryo 9.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,196885	1,347305	0,001700	0,041231
	Senaryo 9.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,194870	1,286486	0,004100	0,064031
	Senaryo 9.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,195993	1,351144	0,000200	0,014142
	Senaryo 9.26	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,040310	0,721582	0,846100	0,919837
	Senaryo 9.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,040107	0,718099	0,848600	0,921195
	Senaryo 9.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,058978	0,654801	0,775900	0,880852
	Senaryo 9.29	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,193804	1,298923	0,004600	0,067823
	*Senaryo 9.30	Rüzgâr hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,039995	0,718673	0,849200	0,921520
	Senaryo 9.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,040008	0,715642	0,849100	0,921466

Tablo A.11.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 10	Senaryo 10.1	Rüzgar hızı	0,2137401	0,9138546	0,00170	0,0412311
	*Senaryo 10.2	Feç	0,0531087	0,4230689	0,82590	0,9087904
	Senaryo 10.3	Günlük Ort. Basınç	0,2199597	0,4631094	0,01340	0,1157584
	Senaryo 10.4	Sıcaklık	0,2227324	0,4399855	0,00000	0,0003162
	Senaryo 10.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,2262281	0,4401961	0,00130	0,0360555
	*Senaryo 10.6	Rüzgar Hızı, Feç	0,0376516	0,3982803	0,87290	0,9342912
	Senaryo 10.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,2116125	0,9215620	0,00000	0,0001732
	Senaryo 10.8	Rüzgar Hızı, Sıcaklık	0,2138237	0,9120487	0,00170	0,0412311
	Senaryo 10.9	Rüzgar Hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2133371	0,8749190	0,00100	0,0316228
	Senaryo 10.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0523507	0,4193545	0,82980	0,9109336

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 10	Senaryo 10.11	Feç, Sıcaklık	0,0524991	0,4132953	0,82390	0,9076894
	Senaryo 10.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0534387	0,4284755	0,82540	0,9085153
	Senaryo 10.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,2199796	0,4626791	0,01360	0,1166190
	Senaryo 10.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2225576	0,5189580	0,02030	0,1424781
	Senaryo 10.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,2244125	0,5539511	0,00530	0,0728011
	*Senaryo 10.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0375546	0,4020569	0,87420	0,9349866
	Senaryo 10.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,0376326	0,3948709	0,87230	0,9339700
	Senaryo 10.18	Rüzgar Hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0376478	0,3891829	0,87240	0,9340236
	Senaryo 10.19	Feç,Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0522136	0,4124233	0,82660	0,9091755
	Senaryo 10.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0531505	0,4366621	0,82940	0,9107140
	Senaryo 10.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2218663	0,5820826	0,01790	0,1337909

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 10	Senaryo 10.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0550389	0,4504785	0,81410	0,9022749
	Senaryo 10.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,2120016	0,9015323	0,00010	0,0100000
	Senaryo 10.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2098331	0,8503357	0,00140	0,0374166
	Senaryo 10.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,2104348	0,8503840	0,00020	0,0141421
	Senaryo 10.26	Rüzgar Hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0376377	0,3924850	0,87230	0,9339700
	*Senaryo 10.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0374709	0,3885273	0,87450	0,9351470
	Senaryo 10.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0547568	0,4538978	0,81710	0,9039358
	Senaryo 10.29	Rüzgar Hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2084533	0,8392944	0,00180	0,0424264
	Senaryo 10.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0374189	0,3995946	0,87460	0,9352005
	Senaryo 10.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0374259	0,3956099	0,87460	0,9352005

Tablo A.12.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 11	Senaryo 11.1	Rüzgar hızı	0,2876531	0,9227603	0,0004	0,0200000
	*Senaryo 11.2	Feç	0,0975982	0,4756234	0,7417	0,8612201
	Senaryo 11.3	Günlük Ort. Basınç	0,3038508	0,5019575	0,0164	0,1280625
	Senaryo 11.4	Sıcaklık	0,3081917	0,4823966	0,00001	0,0031623
	Senaryo 11.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,3134507	0,4951007	0,0008	0,0282843
	*Senaryo 11.6	Rüzgar Hızı, Feç	0,0676064	0,4226300	0,8155	0,9030504
	Senaryo 11.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,2845647	0,9302704	0,0031	0,0556776
	Senaryo 11.8	Rüzgar Hızı, Sıcaklık	0,2877884	0,9198357	0,0004	0,0200000
	Senaryo 11.9	Rüzgar Hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2870189	0,8851321	0,0008	0,0282843
	Senaryo 11.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0962105	0,4712467	0,7467	0,8641180
	Senaryo 11.11	Feç, Sıcaklık	0,0966147	0,4665562	0,7391	0,8597093

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 11	Senaryo 11.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0981643	0,4815795	0,741	0,8608136
	Senaryo 11.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,3038060	0,5025822	0,0159	0,1260952
	Senaryo 11.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,3077718	0,5644703	0,022	0,1483240
	Senaryo 11.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,3077718	0,5644703	0,0027	0,0519615
	Senaryo 11.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0674049	0,4274269	0,8172	0,9039912
	*Senaryo 11.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,0674836	0,4191058	0,8152	0,9028843
	Senaryo 11.18	Rüzgar Hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0675655	0,4133602	0,815	0,9027735
	Senaryo 11.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0960861	0,4649390	0,7423	0,8615683
	Senaryo 11.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0974841	0,4895902	0,7463	0,8638866
	Senaryo 11.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,3080703	0,6354058	0,0151	0,1228821
	Senaryo 11.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,1011142	0,5087938	0,726	0,8520563
	Senaryo 11.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,2846660	0,9085492	0,0045	0,0670820

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 11	Senaryo 11.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2818022	0,8624728	0,0074	0,0860233
	Senaryo 11.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,2837366	0,2837366	0,0016	0,0400000
	Senaryo 11.26	Rüzgar Hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0675087	0,4163162	0,815	0,9027735
	*Senaryo 11.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0671586	0,4139178	0,8179	0,9043782
	Senaryo 11.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,1005490	0,5117716	0,7297	0,8542248
	Senaryo 11.29	Rüzgar Hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,2666000	0,8104660	0,0024	0,0489898
	Senaryo 11.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0669566	0,4254784	0,8186	0,9047652
	Senaryo 11.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0669875	0,4210075	0,8184	0,9046546

Tablo A.13.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 12	Senaryo 12.1	Rüzgar hızı	0,000442868	0,893182823	0,0011	0,03316625
	*Senaryo 12.2	Feç	0,000116848	0,425072932	0,8148	0,90266273
	Senaryo 12.3	Günlük Ort. Basınç	0,00045757	0,455461105	0,014	0,1183216
	Senaryo 12.4	Sıcaklık	0,000463439	0,433369953	0,000001	0,001
	Senaryo 12.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,000470871	0,436962581	0,0013	0,03605551
	*Senaryo 12.6	Rüzgar Hızı, Feç	8,27177E-05	0,398671214	0,8646	0,9298387
	Senaryo 12.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,000438393	0,90048961	0,00005	0,00707107
	Senaryo 12.8	Rüzgar Hızı, Sıcaklık	0,000443064	0,891168011	0,0011	0,03316625
	Senaryo 12.9	Rüzgar Hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000442009	0,855459015	0,0006	0,0244949
	Senaryo 12.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,000115176	0,421331347	0,8189	0,90493094
	Senaryo 12.11	Feç, Sıcaklık	0,000115506	0,415292739	0,0004	0,02

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 12	Senaryo 12.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000117572	0,430464929	0,8142	0,90233032
	Senaryo 12.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,000457581	0,455366478	0,0141	0,11874342
	Senaryo 12.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000463085	0,512801478	0,0207	0,14387495
	Senaryo 12.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,000467317	0,546286708	0,0049	0,07
	Senaryo 12.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	8,25024E-05	0,402430215	0,866	0,93059121
	*Senaryo 12.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	8,26741E-05	0,395279249	0,8639	0,92946221
	Senaryo 12.18	Rüzgar Hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	8,27084E-05	0,389612198	0,864	0,929516
	Senaryo 12.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,000114876	0,4144025	0,8155	0,90305039
	Senaryo 12.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000116931	0,438589896	0,8185	0,9047099
	Senaryo 12.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000461877	0,573807434	0,0176	0,13266499
	Senaryo 12.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000121095	0,452470879	0,8021	0,89560036

	Senaryo 12.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,000439141	0,880955602	0,0003	0,01732051
Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Kareysel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 12	Senaryo 12.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,00043461	0,831789918	0,0018	0,04242641
	Senaryo 12.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,000436129	0,831962965	0,00005	0,00707107
	Senaryo 12.26	Rüzgar Hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	8,26853E-05	0,392914703	0,8639	0,92946221
	*Senaryo 12.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	8,23145E-05	0,388910729	0,8663	0,93075238
	Senaryo 12.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması.	0,000120471	0,455861005	0,8053	0,89738509
	Senaryo 12.29	Rüzgar Hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,000431867	0,821278736	0,0023	0,04795832
	Senaryo 12.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	8,2198E-05	0,399953459	0,8662	0,93069866
	Senaryo 12.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	8,22135E-05	0,395990912	0,8663	0,93075238

Tablo A.14.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 13	Senaryo 13.1	Rüzgar hızı	0,14175354	1,11385299	0,07136	0,26713
	*Senaryo 13.2	Feç	0,03418210	0,39911086	0,776038994	0,880931
	Senaryo 13.3	Günlük Ort. Basınç	0,17288489	0,60879370	0,000509524	0,022573
	Senaryo 13.4	Sıcaklık	0,17356301	0,60972788	0,005217545	-0,072233
	Senaryo 13.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,17555428	0,59361266	0,000320555	0,017904
	*Senaryo 13.6	Rüzgar hızı, Feç	0,03232441	0,42921600	0,861372222	0,928101
	Senaryo 13.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,14266915	1,15949744	0,067291263	0,259406
	Senaryo 13.8	Rüzgar hızı, Sıcaklık	0,14124159	1,13765446	0,075382758	0,274559
	Senaryo 13.9	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,14141455	1,12543250	0,073649423	0,271384
	Senaryo 13.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,08023156	0,52229782	0,775246751	0,880481
	Senaryo 13.11	Feç, Sıcaklık	0,07870214	0,51062832	0,763781414	0,873946

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 13	Senaryo 13.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,08040659	0,53262001	0,776024011	0,880922
	Senaryo 13.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,17313200	0,59517919	0,002455649	0,049555
	Senaryo 13.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,17658222	0,60913457	0,00135396	0,036796
	Senaryo 13.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,17817648	0,64688730	0,007181465	-0,084744
	*Senaryo 13.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,03227668	0,42819377	0,86160524	0,928227
	Senaryo 13.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,03228625	0,42824334	0,861001562	0,927902
	Senaryo 13.18	Rüzgar hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,03232745	0,42466135	0,86194747	0,928411
	Senaryo 13.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,07866331	0,51102211	0,763348523	0,873698
	Senaryo 13.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,08101685	0,52732258	0,773971979	0,879757
	Senaryo 13.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,17820533	0,64217181	0,00019131	-0,013831
	Senaryo 13.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,08254764	0,53745265	0,739472335	0,859926
	Senaryo 13.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,14189327	1,11866764	0,073184628	0,270527

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 13	Senaryo 13.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,14237208	1,10231149	0,068211996	0,261174
	Senaryo 13.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,14138218	1,12572878	0,073888145	0,271824
	Senaryo 13.26	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,03228024	0,42905048	0,860838246	0,927814
	*Senaryo 13.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,03239523	0,42543956	0,861686638	0,928271
	Senaryo 13.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,08256220	0,53731303	0,739508823	0,859947
	Senaryo 13.29	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buh.	0,14210937	1,10379139	0,070821527	0,266123
	Senaryo 13.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,03241970	0,43074429	0,860195229	0,927467
	Senaryo 13.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,03241374	0,43130656	0,860085677	0,927408

Tablo A.15.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 14	Senaryo 14.1	Rüzgar hızı	0,145675	1,146015	0,056856	0,238445
	*Senaryo 14.2	Feç	0,073885	0,513866	0,811816	0,901009
	Senaryo 14.3	Günlük Ort. Basınç	0,173254	0,604654	0,000473	0,021748
	Senaryo 14.4	Sıcaklık	0,173896	0,603322	0,004826	-0,069472
	Senaryo 14.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,175861	0,583560	0,000317	0,017806
	*Senaryo 14.6	Rüzgar hızı, Feç	0,029322	0,415884	0,877504	0,936752
	Senaryo 14.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,146501	1,150551	0,053330	0,230933
	Senaryo 14.8	Rüzgar hızı, Sıcaklık	0,145079	1,128575	0,060534	0,246037
	Senaryo 14.9	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,145204	1,116006	0,058839	0,242567
	Senaryo 14.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,073736	0,503859	0,810997	0,900554

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 14	Senaryo 14.11	Feç, Sıcaklık	0,072186	0,491122	0,800874	0,894916
	Senaryo 14.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,073839	0,513375	0,811867	0,901037
	Senaryo 14.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,173564	0,001736	0,002558	0,050574
	Senaryo 14.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,177019	0,597161	0,001290	0,035919
	Senaryo 14.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,178303	0,631384	0,006168	-0,078538
	Senaryo 14.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,029284	0,415114	0,877686	0,936849
	Senaryo 14.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,029311	0,414896	0,876989	0,936477
	*Senaryo 14.18	Rüzgar hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,029328	0,411553	0,877945	0,936987
	Senaryo 14.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,072147	0,491486	0,800530	0,894723
	Senaryo 14.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,074445	0,508467	0,809861	0,899923
	Senaryo 14.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,178453	0,626953	0,000067	-0,008186

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 14	Senaryo 14.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,075792	0,515577	0,779159	0,882700
	Senaryo 14.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,145902	1,111511	0,058992	0,242882
	Senaryo 14.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,146260	1,093753	0,054230	0,232874
	Senaryo 14.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,145174	1,116419	0,059094	0,243093
	Senaryo 14.26	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,029305	0,416555	0,876666	0,936305
	*Senaryo 14.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,029393	0,412215	0,877697	0,936855
	Senaryo 14.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,075810	0,515417	0,779193	0,882719
	Senaryo 14.29	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,146070	1,096356	0,056806	0,238339
	Senaryo 14.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,029454	0,417325	0,876148	0,936028
	Senaryo 14.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,029445	0,418648	0,875894	0,935892

Tablo A.16.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 15	Senaryo 15.1	Rüzgar hızı	0,143440	1,064097	0,000615	0,024804
	*Senaryo 15.2	*Feç	0,080454	0,548439	0,646253	0,803899
	Senaryo 15.3	Günlük Ort. Basınç	0,148062	0,496403	0,001276	0,035723
	Senaryo 15.4	Sıcaklık	0,148783	0,481131	0,004030	-0,063480
	Senaryo 15.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,063160	0,627002	0,506847	0,711932
	*Senaryo 15.6	Rüzgar hızı, Feç	0,063160	0,627002	0,506847	0,711932
	Senaryo 15.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,143970	1,077203	0,000242	-0,015546
	Senaryo 15.8	Rüzgar hızı, Sıcaklık	0,143509	1,057027	0,000265	-0,016268
	Senaryo 15.9	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,142391	1,037443	0,000222	-0,014884
	Senaryo 15.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,079899	0,538963	0,646351	0,803960
	Senaryo 15.11	Feç, Sıcaklık	0,078437	0,526162	0,633394	0,795860

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 15	Senaryo 15.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,080619	0,550036	0,646363	0,803967
	Senaryo 15.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,148297	0,493188	0,002809	0,053003
	Senaryo 15.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,151476	0,514385	0,005354	0,073173
	Senaryo 15.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,152488	0,508912	0,000277	-0,016648
	Senaryo 15.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,063176	0,627309	0,506727	0,711848
	Senaryo 15.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,063249	0,627584	0,506130	0,711428
	Senaryo 15.18	Rüzgar hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,062145	0,618560	0,506013	0,701640
	Senaryo 15.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,078447	0,526826	0,633040	0,795638
	*Senaryo 15.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,080794	0,547084	0,646853	0,804271
	Senaryo 15.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,152445	0,530525	0,001363	0,036913
	Senaryo 15.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,081469	0,554169	0,621847	0,788573
	Senaryo 15.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,144681	1,066613	0,000075	0,008676

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı(r)
Model 15	Senaryo 15.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,142505	1,031396	0,000053	0,007289
	Senaryo 15.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,142007	1,032704	0,000275	-0,016582
	Senaryo 15.26	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,062716	0,619277	0,509263	0,713627
	Senaryo 15.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,062951	0,622097	0,507565	0,712436
	*Senaryo 15.28	Feç ,Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,081475	0,553263	0,622130	0,788752
	Senaryo 15.29	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,143081	1,037814	0,000099	0,009931
	Senaryo 15.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,063358	0,628775	0,505273	0,710826
	Senaryo 15.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,062818	0,620260	0,508420	0,713036

Tablo A.17.

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 16	Senaryo 16.1	Rüzgar hızı	0,0003123	1,1295313	0,0589089	0,2427116
	*Senaryo 16.2	Feç	0,0001631	0,5158884	0,8065314	0,8980709
	Senaryo 16.3	Günlük Ort. Basınç	0,0003738	0,5907851	0,0004754	0,0218047
	Senaryo 16.4	Sıcaklık	0,0003752	0,5896738	0,0048511	-0,0696499
	Senaryo 16.5	Açık Yüzey Buharlaşması	0,0003795	0,5714999	0,0003034	0,0174176
	*Senaryo 16.6	Rüzgar hızı, Feç	0,0000647	0,4169954	0,8734011	0,9345593
	Senaryo 16.7	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç	0,0003141	1,1340871	0,0553980	0,2353678
	Senaryo 16.8	Rüzgar hızı, Sıcaklık	0,0003111	1,1124700	0,0625918	0,2501836
	Senaryo 16.9	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0003113	1,1002590	0,0609075	0,2467944
	Senaryo 16.10	Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0001628	0,5058682	0,8056701	0,8975913
	Senaryo 16.11	Feç, Sıcaklık	0,0001594	0,4931205	0,7951245	0,8916975

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 16	Senaryo 16.12	Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0001630	0,5154039	0,8065832	0,8980998
	Senaryo 16.13	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0003745	0,5752790	0,0024493	0,0494901
	Senaryo 16.14	Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0003820	0,5862620	0,0012705	0,0356440
	Senaryo 16.15	Sıcaklık, Buharlaşma	0,0003849	0,6200959	0,0064884	-0,0805506
	Senaryo 16.16	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç	0,0000646	0,4162207	0,8735917	0,9346613
	*Senaryo 16.17	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık	0,0000647	0,4160074	0,8728575	0,9342684
	Senaryo 16.18	Rüzgar hızı, Feç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0000647	0,4126539	0,8738559	0,9348026
	Senaryo 16.19	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0001593	0,4934860	0,7947660	0,8914965
	Senaryo 16.20	Feç, Atm. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0001643	0,5104923	0,8044863	0,8969316
	Senaryo 16.21	Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0003852	0,6162904	0,0001071	-0,0103513
	Senaryo 16.22	Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0001673	0,5176603	0,7725588	0,8789532
	Senaryo 16.23	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0003128	1,0958574	0,0610384	0,2470595

Model No	Senaryo Numaraları	Girdi Parametreleri	Ortalama Karesel Hata (OKH)	Ortalama Mutlak Hata (OMH)	Determinasyon Katsayısı (R ²)	Korelasyon Katsayısı (r)
Model 16	Senaryo 16.24	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0003136	1,0785112	0,0563145	0,2373067
	Senaryo 16.25	Rüzgar hızı, Açık Yüzey Buharlaşması, Sıcaklık	0,0003113	1,1006852	0,0611771	0,2473400
	*Senaryo 16.26	Rüzgar hızı, Feç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0000647	0,4176476	0,8725261	0,9340910
	Senaryo 16.27	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0000649	0,4133183	0,8735966	0,9346639
	Senaryo 16.28	Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0001674	0,5175023	0,7725929	0,8789727
	Senaryo 16.29	Rüzgar hızı, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0003131	1,0810951	0,0588789	0,2426498
	Senaryo 16.30	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık	0,0000650	0,4184396	0,8719810	0,9337992
	Senaryo 16.31	Rüzgar hızı, Feç, Günlük Ort. Basınç, Sıcaklık, Açık Yüzey Buharlaşması	0,0000650	0,4197448	0,8717205	0,9336597

ÖZGEÇMİŞ

Semra Öztürkler, 08.07.1983'de Waalwijk Hollanda'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İzmit'te tamamladı. 2002 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdi ve 2006 yılında mezun oldu. 2006-2007 yılları arasında Gelişim Yapı Ltd. Şti.nde mühendis olarak çalıştı. 2007 yılından bu yana Kocaeli Büyükşehir Belediyesinde inşaat mühendisi olarak görev yapmaktadır.