

**T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**SAKARYA HAVZASINDAKİ HİDROELEKTRİK ENERJİ
SANTRALLERİNİN ENERJİ POTANSİYELLERİNİN YAPAY SİNİR
AĞLARI YÖNTEMİ İLE İLERİYE DÖNÜK ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed ÇALIŞKAN

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Gökmen ÇERİBAŞI

Haziran 2019

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SAKARYA HAVZASINDAKİ HİDROELEKTRİK ENERJİ
SANTRALLERİNİN ENERJİ POTANSİYELLERİNİN YAPAY SINIR
AĞLARI YÖNTEMİ İLE İLERİYE DÖNÜK ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed ÇALIŞKAN

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 19/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

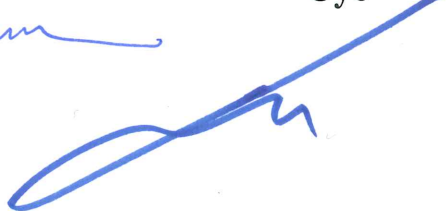
Prof. Dr.
Metin İPEK
Jüri Başkanı



Dr. Öğr. Üyesi
Gökmen ÇERİBAŞI
Üye



Prof. Dr.
Emrah DOĞAN
Üye



BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Muhammed ÇALIŞKAN
24/05/2019

TEŐEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gökmen ÇERİBAŞI'na teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında destek ve anlayışları için aileme, sabrı ve sevgisi ile yanımda olan sevgili eşim Mimar Merve ÇALIŞKAN'a ve oğlum Muhammed Halil ÇALIŞKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
ÖZET.....	vii
SUMMARY.....	viii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Hidroelektrik Enerji	2
1.2. Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Ana Bölümleri.....	3
1.2.1. Hazne (Reservoir).....	3
1.2.2. Su alma yapısı (Intake).....	4
1.2.3. İletim kanalı.....	5
1.2.4. Cebri (Basınçlı) borular.....	5
1.2.5. Türbin	6
1.2.6. Jeneratör	7
1.2.7. Transformatörler.....	7
1.2.8. Şalt alanı.....	7
1.2.9. Diğer teçhizat	8
1.3. Hidroelektrik Santral Sınıflaması:	8
1.3.1. Depolama yapılarına göre	8
1.3.2. Düşülerine göre	8
1.3.3. Kurulu güçlerine göre.....	8
1.3.4. Ulusal elektrik sisteminin yükünü karşılama durumuna göre.....	9
1.3.5. Baraj gövdesinin tipine göre	9
1.3.6. Santral binasının konumuna göre.....	9

BÖLÜM 2.	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	10
BÖLÜM 3.	
MATERYEL VE METOT.....	17
3.1. Çalışma Alanı.....	17
3.1.1. Pamukova hidroelektrik santali.....	17
3.1.1.1. Genel özellikleri	17
3.1.1.2. Karakteristik özellikler	20
3.1.1.3. Teknik özellikler.....	21
3.1.1.4. Mevcut yapılar.....	25
3.1.2. Adasu regülatörü ve hidroelektrik santali.....	29
3.1.2.1. Genel özellikler	29
3.1.2.2. Karakteristik özellikler	30
3.1.2.3. Teknik özellikler.....	31
3.1.2.4. Mevcut yapılar.....	33
3.2. Yapay Sinir Ağları	36
3.2.1. Biyolojik ve yapay nöronlar	36
3.2.2. Yapay sinir ağı yapısı, eğitimi ve testi.....	37
3.2.3. Yapay sinir ağı formülasyon.....	38
3.2.4. Karesel ortalama hata	40
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI	41
4.1. Pamukova HES'in YSA Yöntemi Sonuçları.....	41
4.2. Adasu Regülatörü ve HES'in YSA Yöntemi Sonuçları	47
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ	55
KAYNAKÇA.....	58
ÖZGEÇMİŞ.....	62

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
°C	: Sıcaklık
GWh	: Gigawatt saat
HES	: Hidroelektrik santral
hm ³	: Hektometreküp
kWh	: Kilowatt saat
m	: Metre
MSE	: En Düşük Karesel Hata
MW	: Megawatt
OKH	: Ortalama Hataların Karekökü Toplamı
R	: Korelasyon katsayısı
YSA	: Yapay sinir ağı
WEC	: Dünya Enerji Konseyi
Σ	: Toplam Fonksiyonu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Hidroelektrik Santral Örneği	3
Şekil 1.2. Hidroelektrik Santral Hazne (Adasu Regülatörü ve HES)	4
Şekil 1.3. Hidroelektrik santral su alma yapısı (Adasu Regülatörü ve HES)	4
Şekil 1.4. Hidroelektrik İletim Kanalları (Pamukova Hes).....	5
Şekil 1.5. Hidroelektrik Santral Cebri Boru (Kazankaya Regülatörü ve HES)	6
Şekil 1.6. Hidroelektrik Santral Türbin	6
Şekil 1.7. Hidroelektrik Santral Jeneratör	7
Şekil 3.1. Pamukova HES uydu görüntüsü (yakın).....	18
Şekil 3.2. Yatay eksenli kaplan tipi türbin	21
Şekil 3.3. 3700 KVA Jeneratör	22
Şekil 3.4. 3600 KVA Transformatör.....	23
Şekil 3.5. Acil ihtiyaç dizel jeneratörü.....	24
Şekil 3.6. Pamukova HES Su Alma Yapısı	25
Şekil 3.7. Pamukova HES İletim Kanalları.....	27
Şekil 3.8. Pamukova HES Santral Giriş Kapak Kreni	28
Şekil 3.9. Pamukova Hes Tavan Vinci.....	28
Şekil 3.10. Pamukova HES Santral Çıkış Kapak Kreni.....	29
Şekil 3.11. Adasu HES uydu görüntüsü (yakın)	30
Şekil 3.12. Biyolojik bir nöronun basitleştirilmiş bir modeli	36
Şekil 3.13. Yapay bir nöronun basitleştirilmiş bir modeli	37
Şekil 3.14. Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağının şematik diyagramı	38
Şekil 3.15. YSA formülasyon	39
Şekil 4.1. Yıllara göre üretilen enerji miktarı	41
Şekil 4.2. Yıllara göre su seviyelerindeki düşüş miktarı	42
Şekil 4.3. Yıllara göre debi miktarı.....	42
Şekil 4.4. Kullanılan YSA modeli	43

Şekil 4.5. YSA modeline öğretilen eğitim sonuçları.....	43
Şekil 4.6. YSA modelinin eğitimdeki saçılma diyagramı.....	44
Şekil 4.7. YSA modeline öğretilen test sonuçları	44
Şekil 4.8. YSA modelinin testteki saçılma diyagramı	45
Şekil 4.9. YSA modeline göre ileri tahmini sınamaya grafiği.....	46
Şekil 4.10. YSA modeline göre ileri tahmini sınamasının saçılma diyagramı	46
Şekil 4.11. 2019-2030 yılları arasındaki tahmin edilen enerji (Pamukova).....	47
Şekil 4.12. Yıllara göre üretilen enerji miktarı (Adasu).....	48
Şekil 4.13. Yıllara göre su seviyelerindeki düşü miktarı (Adasu)	48
Şekil 4.14. Yıllara göre debi miktarı (Adasu)	49
Şekil 4.15. Kullanılan YSA modeli	50
Şekil 4.16. YSA modeline öğretilen eğitim sonuçları.....	50
Şekil 4.17. YSA modelinin eğitimdeki saçılma diyagramı.....	51
Şekil 4.18. YSA modeline öğretilen test sonuçları	52
Şekil 4.19. YSA modelinin testteki saçılma diyagramı	52
Şekil 4.20. YSA modeline göre ileri tahmin sonuçları	53
Şekil 4.21. YSA modeline göre ileri tahmini sınamasının saçılma diyagramı	53
Şekil 4.22. 2019-2030 yılları arasındaki tahmin edilen enerji (Adasu)	54

SAKARYA HAVZASINDAKİ HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALLERİNİN ENERJİ POTANSİYELLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE İLERİYE DÖNÜK ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Enerji insanlık tarihinin gelişimine etki eden en önemli faktörlerden bir tanesidir. Dünya’da son zamanlarda enerji hem hayatın vazgeçilmezi olmuş hem de sanayi devriminden sonra hızla gelişen dünya düzeni ve teknoloji enerjiye olan ihtiyacı daha da zorunlu hale getirmiştir. Ülkemizde geneli itibari ile enerji üretiminde kullanılan ana kaynaklar kömür, petrol, doğal gaz ve barajlardır. Enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararın minimumda olması ve yenilenebilir kaynaklardan olması insanlığın başlıca tercihleri haline gelmiştir. Son yıllarda çevre ile barışık enerji çeşitliliğinin artırılması çevreye verilen zararın minimize edilmesi ve ülkemizde mevcut olan su gücü potansiyelinin daha etkin bir şekilde kullanılması istenmiştir. Bu yüzden hidroelektrik santraller enerji üretimi için kullanılan kaynakların en önemlileri haline gelmiştir. Bu santrallerde enerji için kullanılan su miktarı ve düşü yüksekliği ile elde edilebilecek enerjinin önceden tespit edilebilmesi enerji planlaması açısından çok önemlidir. Ayrıca ileriye dönük tahmin modelleri kullanılarak gelecekte üretilen enerjinin yaklaşık olarak tespit edilmesi yine enerji planlanması için son derece önem teşkil etmektedir. Dolayısıyla, bu tez çalışmasında Aşağı Sakarya Havzası’nda bulunan 2 hidroelektrik santralin (Pamukova HES, Adasu Regülatörü ve HES) enerji değerleri kullanılmıştır. Enerji değerlerinin geçmişten günümüze kadar olan mevcut tüm verilerinin gidiş grafikleri oluşturulmuştur. Gidiş grafikleri, üretilen enerji verilerinin PYTHON yazılım programına aktararak elde edilmiştir. Bu verilerle oluşturulan YSA modeli ile 2030 yılına kadar üretilen enerji miktarları tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidroelektrik Enerji Santralleri, Yapay Sinir Ağları, Enerji Potansiyeli, Sakarya Havzası

PROSPECTIVE INVESTIGATION OF ENERGY POTENTIAL OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS IN SAKARYA BASIN BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

SUMMARY

Energy is one of the most important factors affecting the development of human history. In recent years, energy has become an indispensable part of life, and the rapidly developing world order and technology after the industrial revolution has made the need for energy even more compulsory. In our country, the main sources of energy production are coal, oil, natural gas and dams. Minimal damage to the environment and being a renewable source have become the main choices of humanity. In recent years, it has been requested to increase the diversity of the environmentally friendly energy and to minimize the damage to the environment and to use the water power potential that is present in our country more effectively. Therefore, hydroelectric power plants have become the most important sources for energy production. In these power plants, it is very important to predetermine the energy that can be obtained by the amount of water used for energy and height of net drop, in terms of energy planning. Besides, the approximate determination of the energy to be generated in the future by using prospective forecasting models will be of utmost importance for energy planning. In this thesis, energy values of 2 hydroelectric power plants (Pamukova HEPP, Adasu Regulator and HEPP) in the Sakarya Basin are used. stream graphs of all current data of energy values have been created. The graphs of the stream are obtained by transferring the generated energy data to the PYTHON software program. With this data, the amount of energy to be produced until 2030 with the ANN model is estimated.

Keywords: Hydroelectric Power Plants, Artificial Neural Networks, Energy Potential, Sakarya Basin

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Sanayileşmenin artışı ve teknolojinin gelişmesi sonucunda, günümüzde kişi başına düşen enerji miktarında büyük oranda artmıştır. Sanayi tesislerinin çalışması, iletişim, ısınma, aydınlatma, haberleşme ve ulaşımın sağlanması büyük ölçüde enerji gerektirmektedir. Enerji, ülkelerin kalkınmasında potansiyel bir güç olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla ülkelerin gelişmişlik seviyelerine bakılırken ürettikleri ve tükettikleri enerji miktarları da göz önünde bulundurulmalıdır. Enerji krizini son yıllarda sürekli olarak yaşayan ülkemiz her şeye rağmen büyümek zorunda olan ve kişi başına tüketilen yıllık enerji miktarı dünya ortalamasının çok altındadır. Bu yüzden enerjinin yenilenemeyen enerji kaynaklarından (kömür, petrol doğal gaz ve nükleer) sağlanması yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarından (jeotermal, güneş, hidroelektrik, rüzgâr, biyoenerji ve dalga) karşılanması çok önemlidir (Bozkurt, 2009).

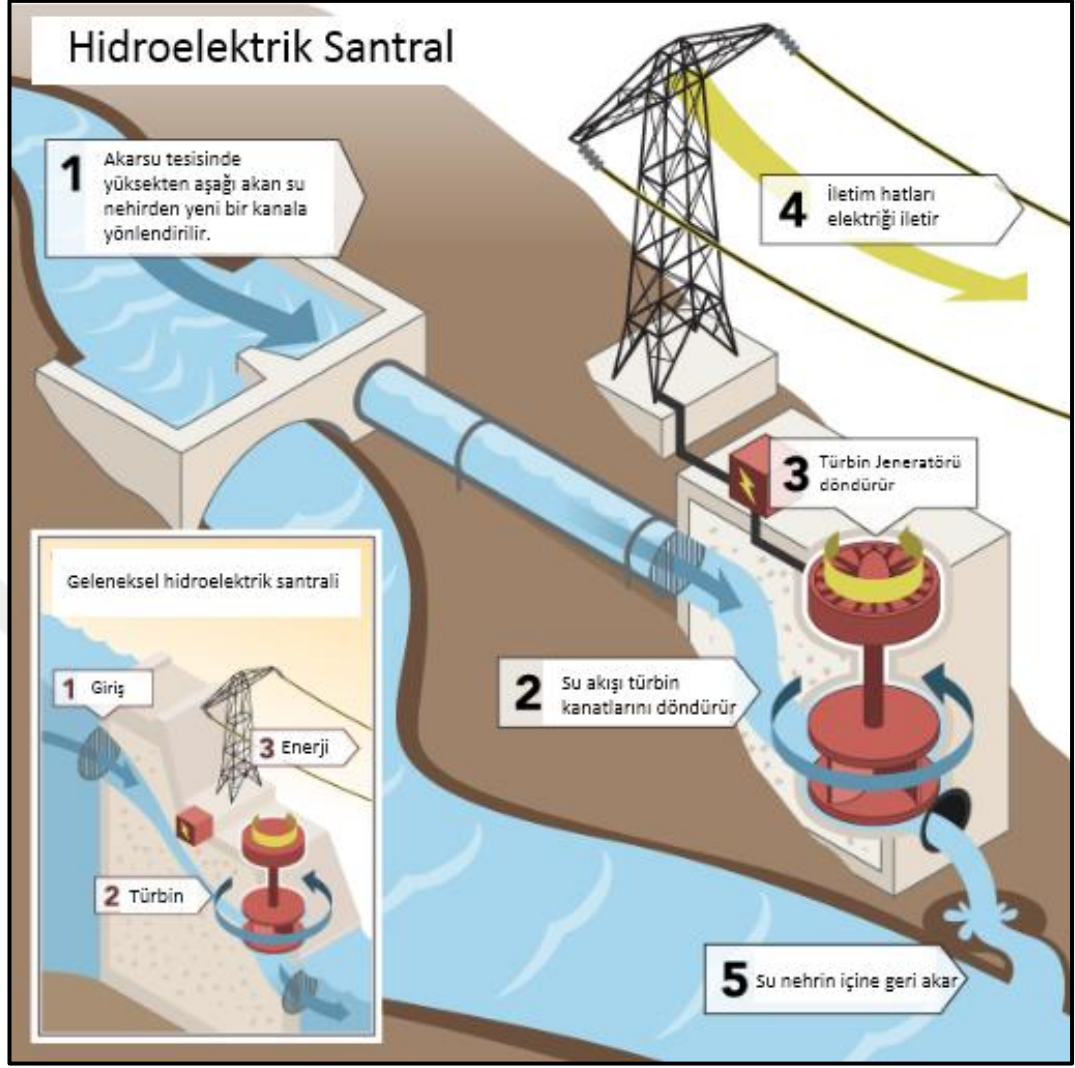
Bu yenilenebilir kaynaklarından biri olan Hidroelektrik santrallerin (HES) yakıt masrafları yoktur ve sudan elektrik enerjisi üretmek için inşa edilen santrallerin ilk yatırım maliyetleri çok yüksek olmasına rağmen uzun vade de düşünüldüğünde diğer enerji kaynakları için inşa edilen tesislere nazaran birim enerji başına düşen maliyet daha azdır. Bakım onarım maliyetleri hidroelektrik santrallere göre daha külfetli olan diğer enerji kaynakları için yapılan tesisler, ekonomikliğini yitirmekte ve hidroelektrik santrallerin yapımı zamanla artmaktadır (Bozkurt, 2009).

Çevre ile barışık enerji çeşitliliğinin artırılması çevreye verilen zararın minimize edilmesi ve ülkemizde mevcut olan su gücü potansiyelinin daha etkin bir şekilde kullanılması istenmiştir. Bu yüzden hidroelektrik santraller enerji üretimi için kullanılan kaynakların en önemlileri haline gelmiştir. Bu santrallerde enerji için kullanılan su miktarı ve düşü yüksekliği ile elde edilebilecek enerjinin önceden tespit edilebilmesi enerji planlaması açısından çok önemlidir. Ayrıca ileriye dönük tahmin modelleri

kullanılarak gelecekte üretilecek enerjinin yaklaşık olarak tespit edilmesi yine enerji planlanması için son derece önem teşkil edecektir. En yaygın olarak bilinen ileriye dönük tahmin modellerinden biri yapay sinir ağlarıdır. Dolayısıyla, bu tez çalışmasında Aşağı Sakarya Havzası'nda bulunan Hidroelektrik Santrallerinin enerji potansiyelleri araştırılacaktır. Bunun için bu havzada bulunan 2 hidroelektrik santral (Pamukova HES ve Adasu Regülatörü ve HES) ele alınacaktır. Ele alınan bu HES'lerden ileriye dönük üretilebilecek enerji tahminin yapılması çalışma bölgesi için hidroelektrik enerji potansiyelinin değerlendirilmesinde önemli rol oynayacaktır. Dolayısıyla mevcut hidroelektrik santrallerinin ileriye dönük tahminleri önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu sebeple bu tez çalışmasında, bu konu araştırılması planlanmaktadır. Yapay sinir ağları ile ileriye dönük tahminlerde girdi olarak su yılı, debi, net düşü ve üretilmiş olan enerji verileri kullanılacak, çıktı olarak ileriye dönük enerji miktarları alınacaktır. YSA ile ileriye dönük tahmin edilmiş olan enerji, enerji planlanması için son derece önem teşkil edecektir.

1.1. Hidroelektrik Enerji

Akan suyun gücü ile üretilen elektrik enerjisine hidroelektrik enerji denir. Hidroenerji, büyük bir nehirde akan sudan ya da çok yüksek bir noktadan aşağıya akan suyun türbinler yardımı ile mekanik enerjiye dönüşme işlemine denir. Bu meydana gelen Hidroelektrik enerjisi; mekanik enerji de suyun akışının olduğu kısımda bulunan jeneratörler ile elektrik enerjisine dönüştürülür ("Enerji", 2019).

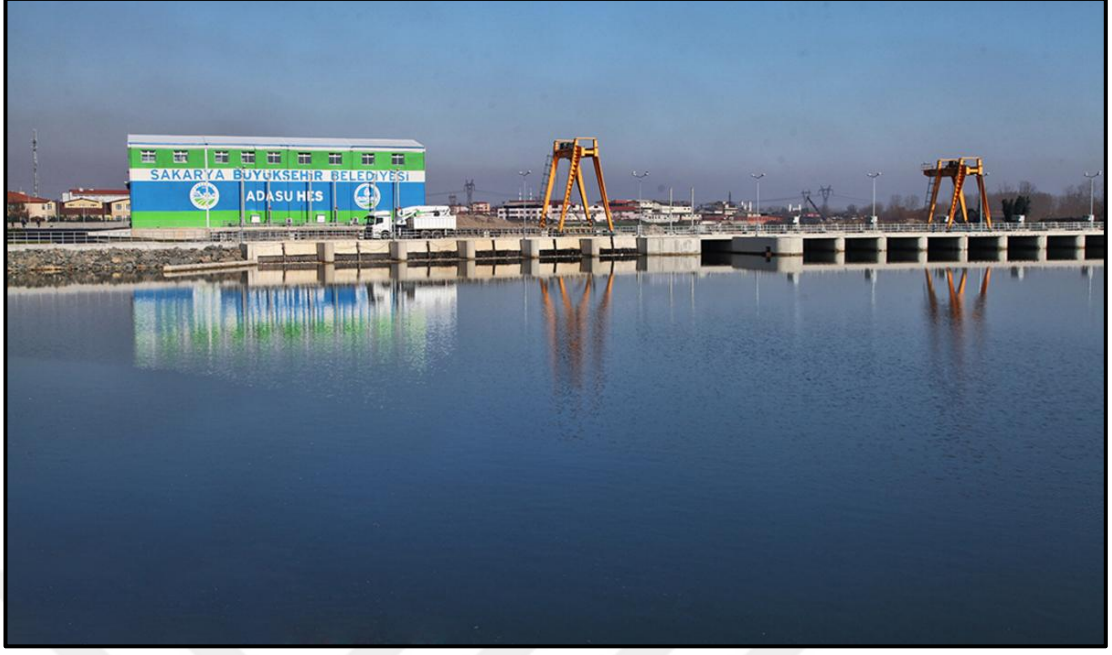


Şekil 1.1. Hidroelektrik Santral Örneği (“Enerji teknolojileri”, 2019)

1.2. Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Ana Bölümleri

1.2.1. Hazne (Reservoir)

Rezervuarlı (Hazneli) santrallerde baraj, kanal tipi santrallerde açık kanal veya tünel, nehir tipi santrallerde ise regülâtör şeklinde olabilirler (“Enerji teknolojileri”, 2019).



Şekil 1.2. Hidroelektrik Santral Hazne (Adasu Regülatörü ve HES) (“Saski”, 2019)

1.2.2. Su alma yapısı (Intake)

İletim hattına suyun giriş yaptığı yapıdır. Kapak, kapak açma-kapama ve ızgaralar olmak üzere üç kısımdan oluşur. Rezervuarlı santrallarda su girişinden dolayı cisimlerin borulara girmemesi için baraj gövdesinin orta kotlarında yapılırlar (“Enerji teknolojileri”, 2019).



Şekil 1.3. Hidroelektrik santral su alma yapısı (Adasu Regülatörü ve HES) (“Saski”, 2019)

1.2.3. İletim kanalı

Hidroelektrik santralde, su alma yapısından santrale doğru suyun devam ettiği yapıdır. Trapez, duvarlı, kapalı duvarlı, tünel veya cebri boru gibi çeşitleri vardır.



Şekil 1.4. Hidroelektrik İletim Kanalları (Pamukova Hes)

1.2.4. Cebri (Basınçlı) borular

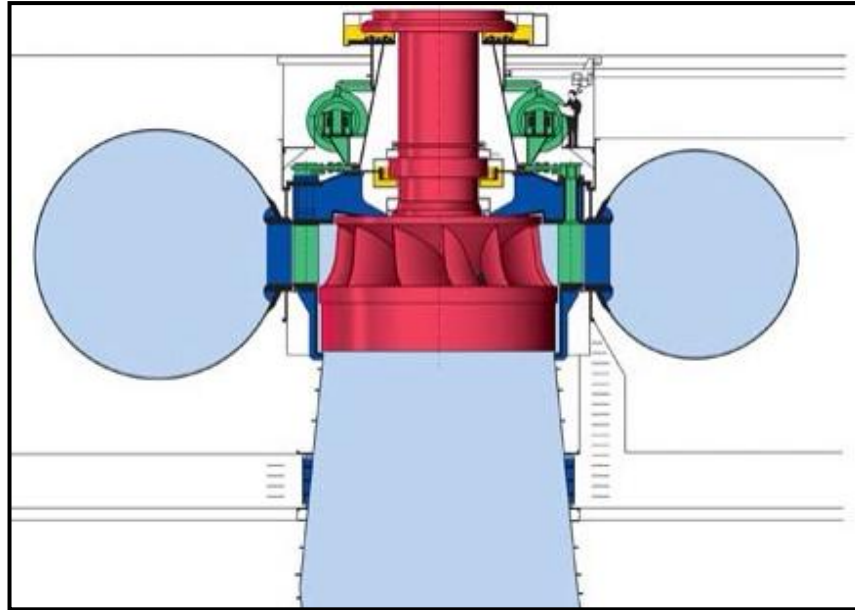
Suyun kaynaktan (rezervuar) taşınmasını sağlayan, türbinlerin bulunduğu hidroelektrik santrale getiren çelik borulardır. Hidroelektrik santralin jeolojik yapısına göre yerin altında veya yerin üstünde olabilirler. Türbin çarkını çeviren suyun geçişine olanak sağlar.



Şekil 1.5. Hidroelektrik Santral Cebri Boru (Kazankaya Regülatörü ve HES) (“Ygm”, 2019)

1.2.5. Türbin

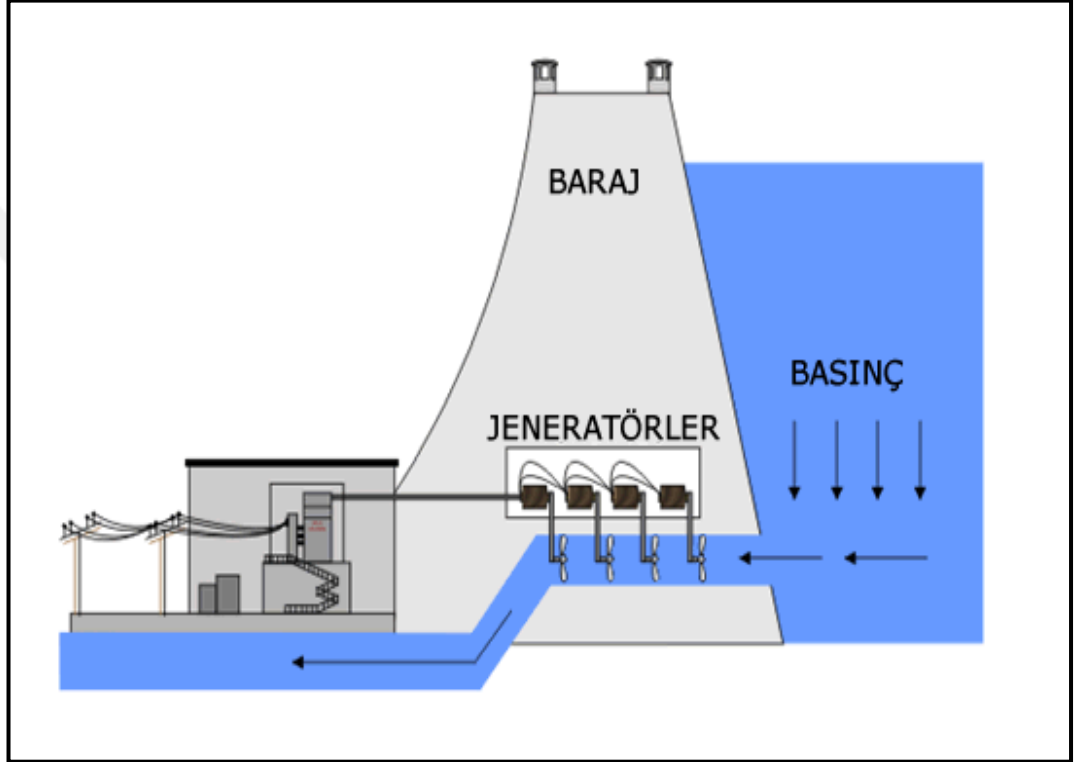
Türbin kapağı, hız regülatör sistemi, basınçlı yağ sistemi, türbin çarkı, türbin şaftı, türbin yatağı, kumanda panosu, soğutma sistemi ve yardımcı teçhizattan oluşur (“Enerji teknolojileri”, 2019).



Şekil 1.6. Hidroelektrik Santral Türbin (“Enerji teknolojileri”,2019)

1.2.6. Jeneratör

Hidroelektrik santraller elektrik üretmek için düşen suyun enerjisini alırlar. Türbin, düşen suyun kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür. Daha sonra bir jeneratör mekanik enerjiyi türbinden elektrik enerjisine dönüştürür.



Şekil 1.7. Hidroelektrik Santral Jeneratör (“Enerji teknolojileri”,2019)

1.2.7. Transformatörler

Oluşan gerilimi alçaltma ya da yükseltme görevinde yer alırlar. Mono fazlı veya trifazlı olabilirler. Her üniteye bir transformatör bağlanabildiği gibi birden fazla üniteye de bir transformatör bağlanabilir

1.2.8. Şalt alanı

Hidroelektrik santrallerde bulunan transformatörlerden çıkan yüksek gerilimin iletim hatlarına olan bağlantı noktasıdır.

1.2.9. Diğer teçhizat

Hidroelektrik santralde bulunan ana teçhizatın dışında aydınlatma sistemleri, ısıtma sistemleri, havalandırma sistemleri, söndürme sistemleri, vinçler, krenler gibi taşıma, kaldırma sistemleri, batardo kapakları doğru akım acil enerji, alternatif akım acil enerji (dizel generatör) sistemleri, besleme pompaları, haberleşme sistemleri, yangın koruma vb bölümlerdir.

1.3. Hidroelektrik Santral Sınıflaması:

Hidroelektrik Santrallar En genel anlamıyla altı ana başlık altında incelenmektedir (“Ygm ”,2019).

1.3.1. Depolama yapılarına göre

1. Depolamalı(rezervuarlı) HES’ler
2. Nehir Tipi(regülatör) HES’ler

1.3.2. Düşülerine göre

1. Alçak düşülü HES’ler ($H < 10m$)
2. Orta düşülü HES’ler ($H = 10-50 m$ arası)
3. Yüksek düşülü HES’ler ($H > 50 m$ ’den büyük düşülü)

1.3.3. Kurulu güçlerine göre

1. Çok küçük (mikro) kapasiteli ($< 100 kW$)
2. Küçük (Mini) kapasiteli (100-1000 kW)
3. Orta kapasiteli (1000-10000 kW)
4. Büyük kapasiteli ($> 10000 kW$)

1.3.4. Ulusal elektrik sisteminin yükünü karşılama durumuna göre

1. Baz Yük HES
2. Puant (Pik)Yük HES
3. Hem Baz hem de Puant (Pik)Yük HES

1.3.5. Baraj gövdesinin tipine göre

1. Ağırlıklı Beton Gövdeli Barajlı HES
2. Beton Kemer Gövdeli Barajlı HES
3. Kaya Dolgu Gövdeli Barajlı HES
4. Toprak Dolgulu Gövdeli HES vb.

1.3.6. Santral binasının konumuna göre

1. Yer Üstü HES
2. Yer Altı HES
3. Yarı Gömülü veya Batık HES

BÖLÜM 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapay sinir ağları yöntemi ile enerji tahmini dünya genelinde araştırmacılar tarafından önemli bir konu olarak görülmüş ve bu konuyla ilgili birçok kapsamlı araştırmalar yapılmıştır.

Aksoy ve Dahamsheh (2018), yarı kurak ve kurak iklimin hakim olduğu Ürdün bölgesi ele almışlardır. Kurak bölgelerde yağış değişiminin yüksek olması yapay sinir ağı modellerinin performansını olumsuz yönde etkilediği belirtmişlerdir. Araştırmacılar aylık yağış tahmini elde etmek amaçlı yapay sinir ağına markov zinciri eklemişler ve bu şekilde elde ettikleri sonuçların daha verimli olduğunu ortaya koymuşlardır. Yapay sinir ağı modelleri deneme yanılma prosedürüne dayandığından söz konusu çalışmadaki yapay sinir ağı modellerinden hiçbiri en iyi seçenek olarak nitelendirilemeyeceği öngörülmüştür. Çünkü her zaman farklı aktivasyon işlevlerine ve yayılma katsayılarına sahip daha iyi sonuç veren modeller oluşturulabilir (Aksoy & Dahamsheh, 2018).

Sözen ve ark. (2012), çalışmalarında elektrik üretimi için kullanılan 10 hidrolik santralin yeterlilik analizlerini, veri zarflama analizinin ve pencere analizinin doğrultusunda araştırmışlardır. İki yeterlilik indeksi, üretim ve enerji birimlerinin tutar performansını temel alarak tamamlamışlardır. İşletme verimleri hesaplamasında; ana üretim faktörleri girdi, net üretim ise çıktı olarak kullanmışlardır. Bu çalışma analizleri için, ölçeğe göre sabit veri ve ölçeğe göre değişken veri tipi veri zarflama analizleri kullanmışlardır. Böylece önceki ve takip eden yıllar ile ilgili performanstaki değişimleri pencere analizi ile araştırmışlardır (Sözen, Alp, & Kılınç, 2012).

Nastos ve ark. (2014), Yunanistan Atina'da aşırı yağışların yol açabileceği sel felaketleri için ileriye dönük önlemler alınabilmesi amaçlı yapay sinir ağları ile yağış tahmini elde etmeye çalışmışlardır. 1891-2009 süreci dikkate alınmıştır. 1891-1980

dönemine ait veri setleri eğitime, 1980-2009 dönemi ise geçerlilik veri seti olarak kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda sonuçlar tatmin edici ve cesaret verici bulunmuştur. Yapılan analizlerin sonucunda elde edilen değerler, yağış gibi böylesine rastgele bir olay düşünüldüğünde tatmin edici ve daha sonraki araştırmalar için teşvik edici bulunmuştur. Anlaşma endeksi (IA=0.817), belirleme katsayısı (R²=0.482) bulunmuştur (Nastos, Paliatsos, Koukouletsos, Larissi, & Moustris, 2014).

Akın ve ark. (2010), çalışmalarında mevsimsel değişimlerin; fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişkenler ile baraj gölünün su kalitesini tespit etmeyi amaçlamıştır. Gökçekaya barajı yaklaşık 38 yaşında olan ve Eskişehir Sakarya nehri üzerinde bulunan barajlardan biridir. Şimdiye kadar baraj gölünün su kalitesi hakkında yapılmış bir çalışma yoktur. Derinlik odaklı su örnekleri 2005-2008 yıllarında seçilen 5 farklı yerden alınmış ve analiz edilmiştir. Suyun kalitesi, sonuçlara göre ve birçok değişken göz önüne alınarak derecelendirilmiştir. Aynı zamanda çözülmüş ağır metallerin ve yosun kütlelerinin sayısı ve çeşitli tipleri analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Gökçekaya baraj gölü önceden oligotrofik bir göl iken mezotrofik bir göl haline geldiğini göstermiştir ve sonuçlara göre bazı yerlerdeki ani değişimler (eve ait atık su akışı ve Sarıyer baraj gölü kepenlerinin açılmasını kapsayan) gölün mezotrofik özelliklere sahip olmasına neden olmuştur. Hiyerarşik kümeleme analizi ölçülen değerler arasında önemli bir fark olmadığını meydana çıkarmıştır. WPCR'YE göre Gökçekaya baraj gölü, anyon, kation, ağır metaller, sıcaklık ve pH değerleri bakımından 1. Sınıf kalitesindedir. Buna rağmen göldeki suda nitrit oluşu bu birinci sınıf kaliteyi düşürmekte ve gölün 4. Sınıf kalitede derecelendirilmesine sebep olmaktadır (Akın, Atıcı, Katırcıoğlu, & Keskin, 2010).

Çevik (2009), Isparta iline ait yapay sinir ağları metodu ile aylık yağış tahmini yapmıştır. Bu ilde yer alan Senirkent, Uluborlu, Eğirdir, Yalvaç, Isparta istasyonlarına ait yağış verileri kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda girdi parametre sayısı çok olan modellerde yapay sinir ağları metodunun, az parametrelili modellerde ise lineer yağış tahmin modellerinin kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır (Çevik, 2009).

Uzlu ve ark. (2014), Bu çalışmada, Türkiye'nin 1980-2020 yıllarındaki enerji tüketimi, önerilen üç senaryoda GSYİH, nüfus, ithalat ve ihracat göstergelerine göre

modellemişlerdir. Test ve eğitim veri setlerinin hata değerlerine göre önerilen ANN-TLBO modeli, Türkiye'nin enerji tüketimini tahmin etmek için klasik BP eğitilmiş ANN modelinden daha iyi performans göstermiştir. Senaryo analizinde, 2013-2020 döneminde Türkiye'nin enerji tüketimini tahmin etmek için ANN-TLBO tekniğini kullanmışlardır. Tüm senaryolar, ETKB projeksiyonlarından daha düşük enerji tüketimi tahminleri vermiştir. Üç senaryo, Türkiye'nin gelecekteki enerji tüketiminin 2020'de 142.65 ile 158.00 Mtoe arasında değişeceğini göstermiştir (Uzlu, Kankal, Akpınar, & Dede, 2014).

L.Ekonomou (2010), Yunanistan'ın uzun vadeli enerji tüketiminin tahmin edilmesi için yapay sinir ağlarını (YSA) ele almıştır. Çok katmanlı algılayıcı modeli (MLP), bu amaçla, en iyi genelleme yeteneğine sahip olanı seçebilmek için birkaç olası mimariyi test ederek kullanmıştır. Eğitim, validasyon ve test sürecinde uzun vadeli enerji tüketimini etkileyen gerçek kayıtlı girdi ve çıktı verileri kullanmıştır. Geliştirilen YSA modeli 2005–2008, 2010, 2012 ve 2015 Yunan enerji tüketiminin tahmini için kullanılmıştır. 2005-2008 yılları arasında elde edilen ANN sonuçları, doğrusal bir regresyon yöntemi, bir destek vektör makinesi yöntemi ve büyük bir doğruluk gösteren gerçek enerji tüketim kayıtları ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırmıştır (Ekonomou, 2010).

Sözen ve ark (2006), Bu çalışmada, Türkiye'de enerji tüketiminin gelecekteki seviyesini belirlemek için yapay sinir ağı (YSA) tekniğini kullanarak net enerji tüketimini (NEC) tahmin etme denklemlerini geliştirmek istemişlerdir. Şebekede lojistik sigmoid transfer fonksiyonu kullanılmışlardır. Sinir ağını, popülasyonu ve brüt üretimi eğitmek için, ağı giriş katmanında kurulu kapasite ve yılları kullanmışlardır. Net enerji tüketimi çıktı katmanındadır. 1965, 1981 ve 1997'deki girdi değerleri yalnızca bu yöntemi doğrulamak için test verileri olarak kullanılmış. Birden fazla tespit istatistiksel katsayısı (R, 2-değeri) sırasıyla eğitim ve test verileri için 0.9999 ve 1'e eşittir. Sonuçlara göre, ANN tekniğini kullanan NEC açıkça kabul edilebilir hatalar içerisinde tahmin etmişlerdir. Gereken süreyi azaltmanın yanı sıra, YSA yaklaşımının önemi, enerji uygulamalarını daha uygulanabilir ve dolayısıyla potansiyel kullanıcılar için daha cazip hale getiren

çözümler bulmak için mümkün olduğunu öne sürmüşlerdir (Sözen, Akçayol, & Arcaklioğlu, 2006).

Vu vd. (2016), Bangkok-Tayland alanını ele alarak yağış tahmini yapmışlardır. Sonuç olarak yapay sinir ağlarını kullanılabilir olarak görmüşlerdir. Korelasyon katsayısı 0.8, verimlilik oranı 0,65 olarak gözlenmiştir (Vu, Aribarg, Supratid, Raghavan, & Liang, 2016).

Chang vd. (2017), çalışma alanı olarak Kuzeydoğu Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Adirondack Eyalet Parkı bölgesini ele almışlardır. Dalgacık teorisi yardımıyla aylık ve mevsimsel süreçleri baz alarak yapay sinir ağları aracılığıyla yağış tahmini yapmışlardır. 1983-2009 yıllarını kapsayan verisetinin yüzde altmışı eğitim için kullanılmış, yüzde kırkı test için ayrılmıştır. 2010 yılının aylık ve mevsimsel süreçlerdeki yağış tahminine ulaşılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda mevsim ölçeğindeki sonuçların daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuşlardır (Chang, Yang, Imen, & Mullon, 2017).

Uzlu ve ark. (2014), Bu çalışmalarındaki temel amaç, Türkiye'nin yıllık hidrolik enerji üretimini tahmin etmek için ANN (yapay sinir ağı) modelini ABC (yapay arı kolonisi) algoritmasıyla uygulamak istemişlerdir. Modelde GEED (brüt elektrik enerjisi talebi), nüfus, AYT (ortalama yıllık sıcaklık) ve enerji tüketimi bağımsız değişkenler olarak seçmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde ANN-ABC model performansı ile BP (geri yayılım) algoritması ile eğitilmiş klasik ANN modellerinin sonuçları karşılaştırmışlardır. Model doğruluğunu değerlendirmek için ortalama kare ve bağıl hata uygulamışlardır. Test seti hataları, ANN-ABC ve klasik ANN modelleri arasındaki pozitif farklılıkları vurgulamış. Optimal konfigürasyonların belirlenmesinden sonra, Türkiye için gelecekteki hidroelektrik üretim değerlerini öngörmek için üç farklı senaryo geliştirmişlerdir. Sonuçlar, ANN-ABC yönteminin, BP algoritması ile eğitilmiş klasik ANN'den daha iyi hidroelektrik üretimini öngördüğünü göstermiştir. Ayrıca, Türkiye'de gelecekteki hidroelektrik üretiminin 2021'de 69,1 ile 76,5 TWh arasında olacağını ve hidroelektrik tedarik oranlarının temsil ettiği yıllık toplam elektrik talebinin

%14,8 ile %18,0 arasında olacağını belirtmişlerdir (Uzlu, Akpınar, Öztürk, Nacar, & Kankal, 2014).

Kermanshahi ve Iwamiya (2002), Bu çalışmalarında Japonya'da en yüksek elektrik yüklerinin 2020 yılına kadar tahmini yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak ele almışlardır. Bu çalışmada, Japonya'daki dokuz enerji şirketi için mevcut ve gelecekteki eğilimleri yansıtan toplam sistem yükü tahmini yapmışlardır. İki katmanlı, üç katmanlı bir geri yayılım ve tekrarlayan bir sinir ağı olan bu amaç için tasarlanmış ve test etmişlerdir. Sırasıyla 1999, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 hedef yılları için tahminler yapmışlardır. 2010 ve 2020 yıllarının yüklerini tahmin etmek için de test etmişlerdir. Kısa vadeli yük tahmininin aksine, uzun vadeli yük tahminleri çoğunlukla hava koşullarından ziyade ekonomik faktörlerden etkilenmişlerdir. Bu çalışma, uzun vadeli elektrik yükü taleplerini etkiliyor gibi görünen ekonomik verilere odaklanmıştır. Burada, önerilen YSA'lar için girdi olarak 10 faktör seçmişlerdir: (1) gayri safi milli hasıla, (2) gayri safi yurtiçi hasıla, (3) nüfus, (4) hane sayısı, (5) klima sayısı, (6) CO₂ miktarı kirlilik, (7) sanayi üretim endeksi, (8) petrol fiyatı, (9) enerji tüketimi ve (10) elektrik fiyatı. Kullanılan veriler: yıllık, fiili, önceki yıla göre artan büyüme oranı ve her ikisi birlikte (önceki yıla ait fiili ve artan büyüme hızı). Sonuç olarak, 2010 ve 2020 taleplerinin sırasıyla 225.779 ve 249.617 GW olduğu tahmin etmişlerdir. Yapı reformu ile 2010 ve 2020 taleplerinin 219.259 ve 244.508 GW olacağı tahmin etmişlerdir (Kermanshahi & Iwamiya, 2002).

Azad vd. (2019), İran-İsfahan merkezli çalışma alanında çeşitli yöntemler kullanarak yağış tahmini elde etmeye çalışmışlardır. En iyi model ANFIS-ACOR ($R^2 = 0.92$, $RMSE = 2.73$ mm ve $SI = 0.26$) iken, tek ANFIS modeli ($R^2 = 0.33$, $RMSE = 9.98$ mm ve $SI = 0.90$ ile) en kötü sonucu vermiştir. Araştırmacılar yapılan çalışmalar sonucunda, optimizasyon algoritmalarının ANFIS ile birleştirilmesi aylık yağış-zaman serilerinin modellenmesinde performansının arttırabileceğini saptamışlardır. Korelasyon katsayısı ve girdi verilerinin hassasiyet analizi sayesinde gereksiz girdi parametreleri ihmal edilerek model doğruluğu artmış ve geçerli bir girdi sistemi meydana gelmiştir (Azad, Manoochehri, Kashi, Farzin, & Karami, 2019).

Yıldız (2016), çalışmasında Yapay Sinir Ağlarının ileriye dönük tahminlerdeki başarısı ve performans analizi üzerinde durmuştur. Gözlemlenen rüzgâr hızındaki data lar WASP programına aktarılarak enerji hesabı karşılaştırılması yapmıştır (Yıldız, 2016).

Xu vd. (2019), çalışma alanı olarak Çin’de yaptıkları araştırmada, yarı küresel bir yağış ürünü olan IMERG’in saatlik ve günlük yağış tahminlerinde farklı versiyonlarını kıyaslamıştır. Araştırmacılar, yapılan çalışmalar sonucunda 05B versiyonunun 04A versiyonuna göre daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir (Xu, Shen, & Niu , 2019).

Mazmancı (2009), çalışmasında baraj buharlaşma miktarı tahmini baraj yapılarının güvenliği için önem arz ettiğinden; buharlaşma miktarı tahminleri Yapay Sinir Ağı kullanılarak irdelenmiştir ve klasik yöntemle karşılaştırıldığında daha iyi bir sonuç vermiştir (Mazmancı, 2009).

Le vd. (2017), Kaliforniya bölgesinde kuraklığa önlemler geliştirebilmek için yapay sinir ağları yöntemi ile yağış tahmini yapmıştır. Yapılan araştırmalar umut vadeden sonuçlar göstermiştir (Le, El-Askary, Allali, & Struppa, 2017).

Zambrano vd. (2017), Şili’deki kuraklığa çözüm üretebilmek amacıyla uydu verilerinden faydalanarak yağış tahmininde bulunmuşlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda farklı teknikler de çözüme eklenerek daha iyi modellemelere ulaşılabileceği öngörülmüştür (Zambrano, Wardlow, Tadesse, Saavedra, & Lagos, 2017).

Trejo vd. (2017), çalışma alanı olarak Brezilya’da, uydu verileri kullanılarak seçilen 21 adet istasyonda aylık yağış miktarını belirlemek amacıyla araştırma yapmışlardır. Elde edilen bulgulara göre; CHIRPS v.2 veri setinin, yarı yarı NEB dışındaki yağmur ölçer yağış verisinin yerine kullanabileceği sonucuna varmıştır (Trejo, Barbosa, & Kumar, 2017).

Kökçam ve ark (2018), Bu çalışmalarında Meriç Nehri üzerinde bulunan İpsala, Plovdiv, Svilengrad ve Kirişhane akım gözlem istasyonlarındaki akımların tahmini için

YSA modeli oluşturmuşlardır. Model ile elde edilen tahminleri çeşitli performans metotları yardımıyla gerçek değerlerle karşılaştırdıklarında YSA'nın nehir akımlarının tahmini konusunda başarılı sonuçlar verdiğini görmüşlerdir. Modelden daha iyi sonuçlar elde edebilmek amacıyla eğitim ve test veri oranları, gizli katman sayısı, zaman gecikmesi, değerlendirme ve eğitim fonksiyonları gibi parametreleri ve yaklaşımları farklılaştırılarak denemişlerdir. Verilerin işlenmesi konusunda gerçek değerler ile normalize değerler karşılaştırmış, veriler [0, 1] aralığına normalize edilerek de model çalıştırmış, fakat eşik değerinde iyileşme görülmediği için normalize edilmeden kullanmışlardır (Kökçam, Doğan, & Erden, 2018).

Çeribaşı ve Doğan, (2017) Sakarya Nehrinde ölçülen yıllık ortalama akım ve askıda katı madde ve Sakarya iline ait ortalama yıllık yağış verileri trend analizi yöntemiyle, Sakarya Nehrinde ölçülen günlük, haftalık ve aylık ortalama akım ve askıda katı madde ve Sakarya iline ait ortalama günlük, haftalık ve aylık yağış verileri de YSA Modeli ile irdeleyip sonuçları karşılaştırmıştır. Yapılan çalışmada her iki yöntem ile ileriye dönük askıda katı madde miktarı tahmini yapılmış ve yapılan bu tahminler ile her iki yöntemde benzer sonuç verdiği görülmüştür (Çeribaşı, Doğan, Akkaya, & Kocamaz, 2017).

Öncül (2008), Bu tezinde, Yapay sinir ağlarını kullanarak Aşağı Sakarya Havzası'nda ki küçük akarsuların debileri tahmin etmiş ve daha sonra bu debilerden faydalanılarak bu akarsuların hidroelektrik enerji potansiyellerini tespit etmiştir (Öncül, 2008).

Pianosi ve ark. (2011), çalışmalarında Vietnam'daki Hoabinh havzasının su sisteminin birleşmiş yönetimi için, Yapay Sinir Ağlarını temel alarak yeni bir yaklaşımı sunmaktadırlar. Optimizasyon problemi ilk olarak genel koşullarda ve ana metodolojik zorluklar içinde formüle edilmiştir sonrasında teşvik edici simülasyon sonuçları elde edilip şimdiye kadar durum çalışması yorumlanmıştır (Pianosi, Thi, & Soncini-Sessa, 2011).

BÖLÜM 3. MATARYEL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

Bu tez çalışmasında Aşağı Sakarya Havzası'nda bulunan 2 hidroelektrik santral (Pamukova HES, Adasu Regülatörü ve HES) ele alınmıştır.

3.1.1. Pamukova hidroelektrik santali

3.1.1.1. Genel özellikleri

Pamukova Hidroelektrik Santrali (HES) Sakarya il sınırları içinde, Sakarya ilinin güneyinde, Pamukova ilçesinin yaklaşık 12 km güney batısında, Adapazarı'na da 50 km mesafede yer almaktadır ve Sakarya Nehri üzerinde, Pamukova regülatörünün sağ sahilinde mevcut düşüden yararlanarak enerji üretmek amacıyla kurulmuş bir nehir tipi santraldir.

Pamukova Regülatörü ile sulanan bölgenin sulama suyu ihtiyacı maksimum sulama ayında 6-7 m³/s ' yi geçmemektedir. Pamukova ve membaandaki ovaların su ihtiyacı düşünüldüğünde regülatör yerinden en az 20 m³/s su geçmektedir. Yapılan optimizasyon çalışmalarına göre regülatörün maksimum net 7 m düşüsünü kullanan 10 MW kurulu güçteki Pamukova Hidroelektrik santrali kurulmuştur. Pamukova Hes, yıllık üretim olarak ortalama 45 milyon kWh enerji üretmektedir.

Kurulu gücü 10 MW olan Pamukova HES'de birbirinin aynı üç adet ünite bulunmaktadır. Her bir ünite maksimum 3.4 MW gücüne çıkabilmekte ve üretim 10.2 MW olmaktadır.



Şekil 3.1. Pamukova HES uydu görüntüsü (yakın)

Santral su alma yapısından alınan $195 \text{ m}^3/\text{s}$ debi değerindeki su, her üniteye üç ayrı koldan girerek suyun geçişinin kontrol edildiği ana vana önünde bulunan çarkı çevirmektedir. Türbin çarkı yatay eksenli olup 146 d/dk ile sabit devirde dönmekte ve jeneratör milini döndürmektedir. Jeneratör devir sayısı 750 d/dk olup, çarkın devri olan 146 d/dk bir dişli kutusu ile bu devre çıkarılmaktadır. 750 d/dk ile dönen jeneratör 6.3 kV gerilim üretmekte, bu gerilim gerekli ölçüm ve koruma panolarından geçtikten sonra ana trafoya ulaşmaktadır. Ana trafoda 6.3 kV gerilim 34.5 kV değerine çıkarılarak bir ana bara üzerinde kesici, ölçme ve koruma sistemlerinin bulunduğu yüksek gerilim panosundan geçerek hat kesicilerinin panosuna gelir ve buradan santral nihayet direği üzerinden enerji nakil hattına verilir. Enerji nakil hattı 24.4 km uzaklıkta bulunan Pamukova Trafo Merkezine ve buradan da enterkonnekte şebekeye ulaşmaktadır.

Pamukova HES, alçak düşülü daha çok suyun debisinden yararlanmak üzere inşa edilmiş nehir tipi bir hidroelektrik santraldir. DSİ regülatörünün oluşturduğu havzada toplanan su santral girişindeki ızgaralardan geçerek iletim kanalları ile santral girişine

ulaşmaktadır. Girişteki ızgaralar sayesinde nehir akıntısıyla gelen büyük pislikler tutulmakta ve ilk temizleme burada yapılmaktadır. Yapı üzerinde bulunan vinç ile ızgaralarda biriken pislikler temizlenir. Her ünite için ayrı ayrı iletim kanallarıyla santral girişine su toplanır. Toplam 3 ünite bulunduğu için 3 ayrı iletim kanalından su girişi olur.

Ünitelere su girmeden, su daha önce çökertme havuzundan geçirilerek içerisinde bulunan toprak, çakıl, kum, tanecik gibi maddeler 2m yükseklikten çökelti olarak bu taneciklerin çarklara zarar vermesi engellenmiş olur. Suyun durumuna göre çökertilmiş olan bu partiküller, her ünite için konulmuş olan dip savaklar açılarak tahliye işlemi gerçekleştirilir.

Izgaralardan geçen su başlangıç aşamasında yani ilk su almaya başlandığında; servo motor sayesinde ana vananın (guide vane) kapaklarını açarak (%5 ile %10) arasında su girişi sağlanır. Gelen su çarkı döndürmeye başlar. Vana sayesinde çarka ilk olarak 8 m³/sn su alınır. Bu debi sayesinde generatör devri 750d/dk'a çıkar. Bu esnada üniteler senkronizasyona girer. Elektrik üretmeye başlanmış olur. Bu işlemleri operatör gerçekleştirir. Operatör kontrol odasından PLC kontrolü ile vana kapaklarını açarak üniteleri yüklemeye başlar. Gelen su miktarına göre iki çalışma modu vardır. Operatör bunlardan uygun olanını seçer. Bunlardan biri geçen su miktarını artırıp azaltarak istenilen güçte çalışmaktadır. Diğer çalışma modu ise seviye kontrolüdür. Operatör üniteyi seviye kontrol moduna alarak debi artışı ve düşüşlerine göre ünite gücünü otomatik olarak ayarlayabilmektedir. En çok ve en verimli kullanılan bu moddur. Bu çalışma modu sayesinde su seviyeleri istenilen değerde tutulur ve maksimum düşü elde edilir.

Santralde kullanılan türbinler yatay, bulp tipi kaplan türbindir. Her ünite 8 m³/sn ile 65 m³/sn debi aralığında çalışabilmektedir. Türbinlerin önemli bir mekanik özelliği de türbin çarkının kanatlarının ayarlanabilir olmasıdır (Pitch control). Debi ve düşüdeki artış ve azalışlara rağmen ana vana ve çark kanatları koordineli bir şekilde açılıp kapanarak türbin devir sayıları sabit kalmaktadır.

Generatörler yatayeksenli, pit, senkron tiptedir. Ürettiği nominal gücü 3700 kVA çıkış gerilimi ise 6.3kV dur. Daha sonra bu gerilim ana trafoda 34.5 kV çıkarılmakta ve ana hatta verilmektedir. Trafolar her ünite için ayrı ayrı olup 3 adettir. Trafolar 3600 kVA gücünde, ONAN, çıkış Gerilimi $34.5 \pm 2,5\%$ kV olup, harici tip, 3 fazlı yağ izolelidir.

Pamukova HES kontrol sisteminde oluşabilecek her türlü elektrik ve mekanik arızaya karşı %95 verimle kendini korumakta ve oluşabilecek arızalara müdahale bakımından operatörlere kolaylık sağlamaktadır. Santralde elektrik ve mekanik kontrol, yerel(local) ve uzaktan(remote) kontrol yapılabilen, koruma ise tamamen bilgisayar sistemi ile yapılmaktadır. Saha ile iletişim, yerel iletişim ağları (Local Area Network) ile sağlanmakta, DTL ve PLC yazılımları ile bilgisayarlarla kontrol edilmektedir.

3.1.1.2. Karakteristik özellikler

Su Kaynağı	: Sakarya Nehri
Suyun Alındığı Yer	: Pamukova Rerülatörü Sağ Sahili
Santral Tipi	: Nehir Tipi HES
Kurulu Güç	: $3 \times 3,1 = 9,3$ MW
Yıllık Ortalama Güvenilir Enerji	: 12,89 GWh
Yıllık Ortalama Sekonder Enerji	: 46,20 GWh
Yıllık Ortalama Toplam Enerji	: 59,09 GWh
Santrale Verilecek Maximum Debi	: 50, 100, 150 m ³ /s (1, 2, 3 ünite için)
Santrale Verilecek Minimum Debi	: 20 m ³ /s
Regülatör Normal Su Kotu	: 85,60 m
Santral Kuyruksuyu Kotu	: 77.50, 77.86, 78.17 m (1, 2, 3 ünite için)
Brüt Düşü	: 8.10, 7.74, 7.43 m (1, 2, 3 ünite için)
Net Düşü	: 7.98, 7.53, 6.96 m (1, 2, 3 ünite için)
Türbin Tipi	: Yatay Eksenli, Bulb, Kaplan
Türbin Ünite Adedi	: 3 adet
Türbin Ünite Gücü	: 3,19 MW
Türbin Dönme Hızı	: 146 d/d
Generatör Tipi	: Yatay eksenli senkron generatör

Generatör Gücü	: 3700 kVA
Generatör Nominal Gerilimi	: 6,3 kV
Generatör Dönme Hızı	: 750 d/d
Transformatör Tipi	: Harici tip, 3 fazlı
Transformatör Gerilimi	: 6,3/34,5±%2x2,5 kV
Transformatör Adedi	: 3

3.1.1.3. Teknik özellikler

Hidrolik türbinler

Miktarı	: 3 Takım
Tipi	: Yatay Eksenli, Bulp, Kaplan
Nominal Gücü	: 3270 kW
Nominal Debisi	: 50.00 m ³ /s
Maksimum net düşüsü	: 7,00 m
Devir Sayısı	: 146 d/dk



Şekil 3.2. Yatay eksenli kaplan tipi türbin

Jeneratörler

Miktarı	: (3) Takım
Tipi	: Yatay eksenli bulp, senkron jeneratör.
Çalışma Şekli	: Devamlı
Nominal Gücü	: 3700 kVA
Çıkış gerilimi	: 6,3 kV
Güç faktörü	: 0,90 (geri)
Frekans	: 50 Hz
Devir Sayısı	: 750 d/dk
Dönüş yönü	: Akış yönüne göre bakıldığında saat ibresi yönü
Tahrik şekli	: Türbin hız artırıcı vasıtasıyla akuple
İkaz şekli	: Döner diyotlu fırçasız ikaz



Şekil 3.3. 3700 KVA Jeneratör

Transformatörler

Miktarı	: (3) Adet
Tipi	: Harici Tip, üç fazlı, yağ izoleli
Nominal gücü	: 3600 kVA
Anma Gerilimi	: 6,3 / 34,5 \pm %2x2,5 kV
Frekans	: 50 Hz
Bağlantı grubu	: YNd5
Soğutma Şekli	: ONAN
Nötr bağlantısı	: 20 ohm direnç üzerinden toprak bağlantılı

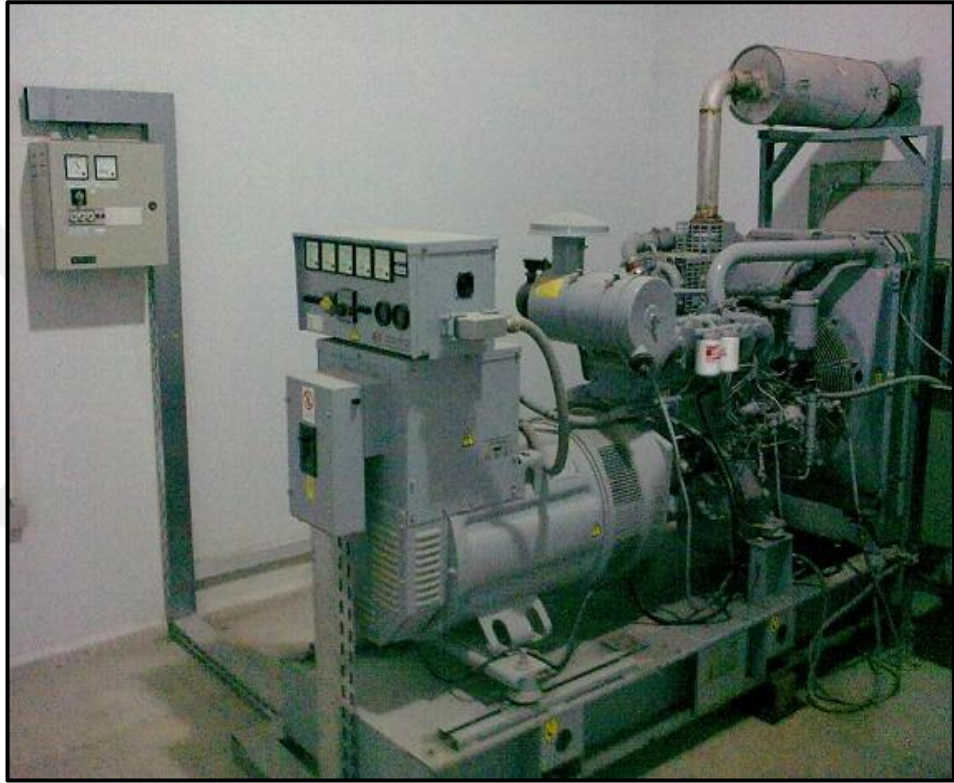


Şekil 3.4. 3600 KVA Transformator

Acil ihtiyaç dizel jeneratörü

Tipi	: 4 zamanlı düşey silindirli
Nominal gücü	: 125 kVA

Gerilimi	: 400/230 V
Frekansı	: 50 Hz
Güç faktörü	: 0,8 (geri)
Devir sayısı	: 1500 d/d
Soğutma şekli	: Radyatör, kapalı devre su soğutma sistemi
İkaz şekli	: Döner diyotlu ikaz



Şekil 3.5. Acil ihtiyaç dizel jeneratörü

İç ihtiyaç transformatörü

Tipi	: Dahili, suni reçineli kuru tip
Nominal gücü	: 200 kVA
Anma gerilimi	: 34.5/0.4+-%2*2.5 kV
Frekansı	: 50 Hz
Bağlantı grubu	: DYn5
Devir sayısı	: 1500 d/d
Soğutma şekli	: Tabii hava

Nötr bağlantısı : Doğrudan topraklı

Redüksiyon dişlisi

Düşük hız : 146d/dk

Yüksek hız : 750d/dk

Verim : $\geq 97\%$

3.1.1.4. Mevcut yapılar

Su alma yapısı

Sakarya Nehrinden iletim kanallarına (3 adet) 2 adet kapak ile su geçişini sağlar. Giriş bölümünde 6 m derinliğe sahip 20 m kanal genişliği ve yaklaşık 6 m üst platform kuruludur. Bu platformda vinç bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Pamukova HES Su Alma Yapısı

İletim kanalları

Su alma yapısından santrale doğru devam eder. Su alma yapısından santral binasının önüne kadar düz ölçüde yaklaşık 175 m uzunluğa sahiptir.

Ancak, kanalın tepe yamacına göre S çizmiş olması nedeni ile reel uzunluk 300 m'dir. Kanalların su alma yapısından itibaren yaklaşık 100 m'sinde taşkın savağı, yaklaşık 200 m arasında da çökertme havuzu (dip savaklar) bulunmaktadır.

Çökertme havuzundan sonra kanallar santral binasına ilerlemekte ve santral binası önünde yaklaşık 10m önceden kanalların üzeri kapatılmış durumdadır. Kapalı olan bu bölümde santral giriş kapaklarını kapamak için kullanılan gezer vinç bulunmaktadır.

Kanal duvarları 6m yüksekliğe sahiptir. Kanal duvarları 6m temel betonları üzerine alt 50 cm, üst 30 cm konik kesit şeklinde inşa edilmiştir.

Kanal duvar perdeleri blokaj beton atılmış aralarında tam izolasyon sağlamak için, beton içinde plastik malzeme kullanılmıştır. Santral önünde ise debiyi yükseltmek için 16 m derinliğinde havuz oluşturulmuştur. Kanallar su alma yapısında 20 m genişlikle yaklaşık 45 m santral binasına doğru ilerlemektedir. Yaklaşık 100 m sonra çökertme havuzunun başlangıç noktasında 30 m genişliğe ulaşmaktadır. 33 m uzunluğunda çökertme havuzunun sonundan, türbin girişinde kanal eni 17 m'ye düşmektedir. Tüm kanalın zemininde tek parça 3 m derinliğinde temel betonu bulunmaktadır.



Şekil 3.7. Pamukova HES İletim Kanalları

Santral binası

İletim kanallarının bittiği yerde, temellerinde 3m kalınlığa sahip perde blok duvarlarla suyu karşılayan binadır. Bina türbin dairesinden zemin katına kadar perde betonarme olarak inşa edilmiştir. Suyu karşıladığı yönden bakıldığında sırası ile; türbinler makine holü, kontrol ve koruma panoları, yüksek gerilim şalt tesisleri ve kontrol odası bulunmaktadır. Yükseklik olarak da kademeli bir yapı sergilemektedir. Makine bakım holünde köprülü vinç (gezer vinç) bulunmaktadır. Binanın altında 3 adet türbin kanalı bulunmaktadır. Türbin geçişleri çelik kaplama malzemesi ile kaplanmıştır. Binanın zemininde 67,50 kotunda drenaj kanalı bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Pamukova HES Santral Giriş Kapak Kreni



Şekil 3.9. Pamukova Hes Tavan Vinci

Kuyruk suyu kanalı

Türbin çıkışından sonra, tek hareket alanlı yaklaşık 150 m uzunluğa sahiptir. Ancak, kanalın tepe yamacına göre S çizmiş olması nedeni ile reel uzunluk daha fazladır. Kuyruk suyu kanalı bina çıkışından 30 m ileriye kadar 45 m eninde ilerler. Bu şekilde bittiği yerde araç köprüsü bulunmaktadır. Köprüden yaklaşık 20 m ilerledikten sonra kanal genişliği 10 m' ye düşmektedir. Kanalın bitiminde açıklık tekrar artar.



Şekil 3.10. Pamukova HES Santral Çıkış Kapak Kreni

3.1.2. Adasu regülatörü ve hidroelektrik santali

3.1.2.1. Genel özellikler

Adasu Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali (HES) Türkiye'nin kuzeybatısında, Aşağı Sakarya Havzasında Adapazarı şehir merkezinin hemen güneyinde Büyükşehir Belediyesi Küpçüler Mahallesi hudutları içinde, Sakarya Nehri üzerinde yer alır. Önerilen tesis DSİ III. Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanı içinde bulunmaktadır.

Tesislerin koordinatları $x = 535469 \sim 535732$ ve $y = 4\ 512\ 046 \sim 4\ 512\ 022$ arasında bulunmaktadır. Proje yeri Adapazarı şehir merkezine çok yakın olduğundan ulaşım yönünden hiçbir problem yoktur. Regülatör, İstanbul-Ankara E-5 Devlet karayolu köprüsünün 300 m mansabında inşa edilecektir. İnşaat bitiminde Sakarya nehrinin her iki sahilinde 35,00 m kotunda kıyı koruma seddeleri inşa edilerek taşkınlarla karşı önlem alınacaktır. Regülatör ve HES Tesisleri $40^{\circ}44'27''$ Kuzey Enlemi ve $30^{\circ}25'10''$ Doğu Boylamında Sakarya nehri doğal yatağı içinde bulunmaktadır. Projenin Türkiye'deki yeri ve ulaşım yolları Şekil 3.10.'da verilmiştir.



Şekil 3.11. Adasu HES uydu görüntüsü (yakın)

3.1.2.2. Karakteristik özellikler

Regülatör 6° UTM Koordinatları	: 282 221.18 Doğu, 4 513 369.95 Kuzey
Santral 6° UTM Koordinatları	: 282 191.80 Doğu, 4 513 524.99 Kuzey
İli	: Sakarya/Adapazarı
İlçesi	: Merkez
Havza Adı	: Aşağı Sakarya Havzası
DSİ Bölgesi	: III. Bölge
Akarsu Adı/Anakol Adı	: Sakarya Nehri
Drenaj Alanı (km ²)	: 52685.4
Ort. Debi (m ³ /s)	: 109.02
Ort. Yıllık Toplam Akım (hm ³)	: 3432.321

Q25 Taşkın Debisi (m ³ /s)	: 946.8
Q100 Taşkın Debisi (m ³ /s)	: 1270.4
Regülatör Tipi	: Kontrollü (Kapaklı)
Kret Kotu (m)	: 25.50
Maksimum Su Kotu (m)	: 32.00
Minimum Su Kotu (m)	: 32.00
Talveg Kotu (m)	: 23.00
Santral Kuyuksuyu Kotu (m)	: 25.00
İletim Yapısı Tipi	: Etek Santrali
Türbin Tipi	: S Tipi Kaplan
Ünite Adedi	: 3
Brüt Düşü (m)	: 7.00
Net Düşü (m)	: 6.75
Proje Debisi (m ³ /s)	: 165.00
Kurulu Güç (MW)	: 9.510
Firm Güç (MW)	: 1.522
Firm Enerji (GWh)	: 13.34
Sekonder Enerji (GWh)	: 35.87
Toplam Enerji (GWh)	: 49.21

3.1.2.3. Teknik özellikler

Hidrolik türbinler

Miktarı	: 3 Takım
Tipi	: S Tipi Kaplan
Nominal Gücü	: 3390 kW
Nominal Debisi	: 55.00 m ³ /s
Maksimum net düşüsü	: 6,75 m
Devir Sayısı	: 143 d/dk

Jeneratörler

Miktarı	: (3) Takım
Tipi	: 3- faz AC senkron jeneratör yatay milli
Çalışma Şekli	: Devamlı
Nominal Gücü	: 4000 kVA
Çıkış gerilimi	: 6,3 kV \pm 5 %
Güç faktörü	: 0.8~1.0
Frekans	: 50 Hz
Devir Sayısı	: 750 d/dk
Dönüş yönü	: Saat ibresi yönü tahrik mili tarafında bakıldığında
İkaz şekli	: Brushless (Fırçasız)-WP44 Statik ikaz (Opsiyonel)

Transformatörler

Miktarı	: (3) Adet
Tipi	: Harici Tip, üç fazlı, yağ izoleli, çekirdek tip, yükseltici tip
Nominal gücü	: 4000 kVA
Anma Gerilimi	: 6,3 / 33 \pm %2x2,5 kV
Frekans	: 50 Hz
Bağlantı grubu	: YNd11
Soğutma Şekli	: ONAN
Topraklama Hücresi	: 33 (36) kV, 50 Hz, 300 A

Acil ihtiyaç dizel jeneratörü

Nominal gücü	: 100 kVA
Gerilimi	: 400/230 V
Frekansı	: 50 Hz
Güç faktörü	: 0,8
Devir sayısı	: 1500 d/d

Soğutma şekli	: Radyatör, kapalı devre su soğutma sistemi
İkaz şekli	: Devamlı ikaz metodu, Fırçasız ikaz sistemi

İç ihtiyaç transformatörü

Tipi	: Dahili, kuru tip, 3 faz, iki sargılı, çekirdek tip
Nominal gücü	: 160 kVA (AN), Uk= %4
Anma gerilimi	: 33/0.4+-%2*2.5 kV
Frekansı	: 50 Hz
Bağlantı grubu	: DYN11
Soğutma şekli	: AN soğutma sistemi

Redüksiyon dişlisi

Düşük hız	: 143d/dk
Yüksek hız	: 750d/dk
Verim	: >=%98

3.1.2.4. Mevcut yapılar

Su alma yapısı

Sualma yapısı sol yakada öngörülmüştür. Sualma ağzında eşik kotu 25.00 m'dir. Yüzer malzemelerin prizden çökeltim havuzuna girmemesi için 6 adet kaba ızgara düşünülmüştür. Izgara önündeki hız 0,60 m/s alınarak ızgara alanı boyutlandırılmıştır. 6 adet ızgara: plan boyutu 7,00 m x düşey boyutu 7,00 m olarak düzenlenmiştir. Sualma yapısında ızgaraların dışında batardo kapağı için yuva, ayrıca ızgara ile aynı boyutta olacak 6 adet işletme kapağı yer almaktadır.

Derivasyon kanalı ve batardolar

Sakarya nehrinin ve çevresinin regülatör mevkiindeki topoğrafik durumu, inşaatlar için açık derivasyon yapılmasına imkân vermektedir. Su çevrilmesi sağ sahilde açık kanal ile yapılmaktadır. Derivasyon kanalı eğimi Sakarya nehrinin o kesimdeki eğimi dikkate alınarak 0.001 seçilmiştir.

Derivasyon kanalı $Q_{10} = 843,6 \text{ m}^3/\text{s}$ taşkın debisine göre boyutlandırılmıştır. Derivasyon kanalı taban kotu takribin talveg kotundan biraz aşağıda 22,50 m olarak belirlenmiştir. Derivasyon kanalı genişliği 70 m seçildiğinde kanaldaki su derinliği $h = 4,50 \text{ m}$ bulunmaktadır. Derivasyon kanalı koruma duvarı üst kotu, 1.50 m'lik hava payı ilave edilerek 28,50 m olarak belirlenmiştir. Derivasyon kanalı kazısı ve koruma duvarı inşaatı tamamlandıktan sonra ön batardo yapılarak Sakarya nehri derivasyon kanalına çevrilmiştir. Daha sonra 1. aşama memba ve mansap batardoları inşa edilmiş ve regülatör gövdesi ile sualma yapısı inşaat işlerine başlanmıştır. Regülatör gövde inşaatı 1. aşaması tamamlandıktan sonra su, yapılan bu kesime alınarak ve radyal kapaklar tam açık iken regülatör eşiğinden akmasına devam etmiştir. Bu arada derivasyon kanalı giriş ve çıkışında 2. aşama batardolar oluşturularak, kapama seddesinin inşaatına başlanmıştır. Kapama seddesi tamamlandıktan sonra batardolar tümüyle kaldırılarak yatak tanzimi yapılmıştır.

Memba ve mansap batardoları kil çekirdekli zonlu dolgu olarak düşünülmüş olup suya temas eden yüzeyleri kaya ile tahkim edilmiştir.

Kanat seddesi

Sakarya nehri regülatör mevkiinde oldukça geniş bir yatakta aktığından regülatör yapısını kıyı koruma seddelerine bağlamak için kret genişliği 12,00 m olan kanat seddesi inşa edilmiştir. Kanat seddesi kil çekirdekli kum-çakıl dolgu tipinde, memba ve mansap şevleri 3/1 (yatay/düşey) olup, şevler riprap ile kaplanmıştır. Kil çekirdek tabanında sızmaya karşı geçirimsizlik perdesi oluşturmaktadır.

Çökeltim havuzu

Sualma yapısı çıkışında inşa edilecek çökeltim havuzu 3 bölmeli olarak projelendirilmiştir. Çökelecek dane çapına bağlı olarak yapılan hesaplamalar neticesinde çökeltme havuzu ortalama derinliği 8,00 m, genişliği 48,00 m, uzunluğu ise 75,00 m olarak bulunmuştur.

Çökeltim havuzu tabanı 0.01 eğimli olarak tasarlanmış ve havuz sonunda yıkama kanalı düşünülmüştür. Yıkama galerisi kapakla komuta edilecektir. Çökeltim havuzu bölme duvarları üzerinde inşa edilecek yan savak kotu 32.00 m'dir. Çökeltim havuzundan sonra su santral giriş yapısına alınacaktır.

Santral binası

Adasu HES Binası çökeltim havuzu sonunda yer almaktadır. Santralin çevre kotu 35,00 m'dir. S tipi Kaplan türbinlerinin eksen kotu 26,50 m seçilmiştir. Kuyruksuyu kotu 25,00 m olarak dikkate alınmıştır. Santral Binası uzunluğu 18 m, genişliği 22,50 m olarak belirlenmiştir.

Üniteler Bloğu

Su Akışı yönünde	: 21,00 m
Su akışına dik yönde	: 28,00 m
Yükseklik Alt yapı	: 17,50 m
Üst yapı	: 6,50 m
Temelden	: 24,00 m
Montaj Alanı Bloğu	
Su Akışı yönünde	: 24,00 m
Su akışına dik yönde	: 7,50 m
Yükseklik Alt yapı	: 15,25 m
Üst yapı	: 8,75 m
Temelden	: 24,00 m

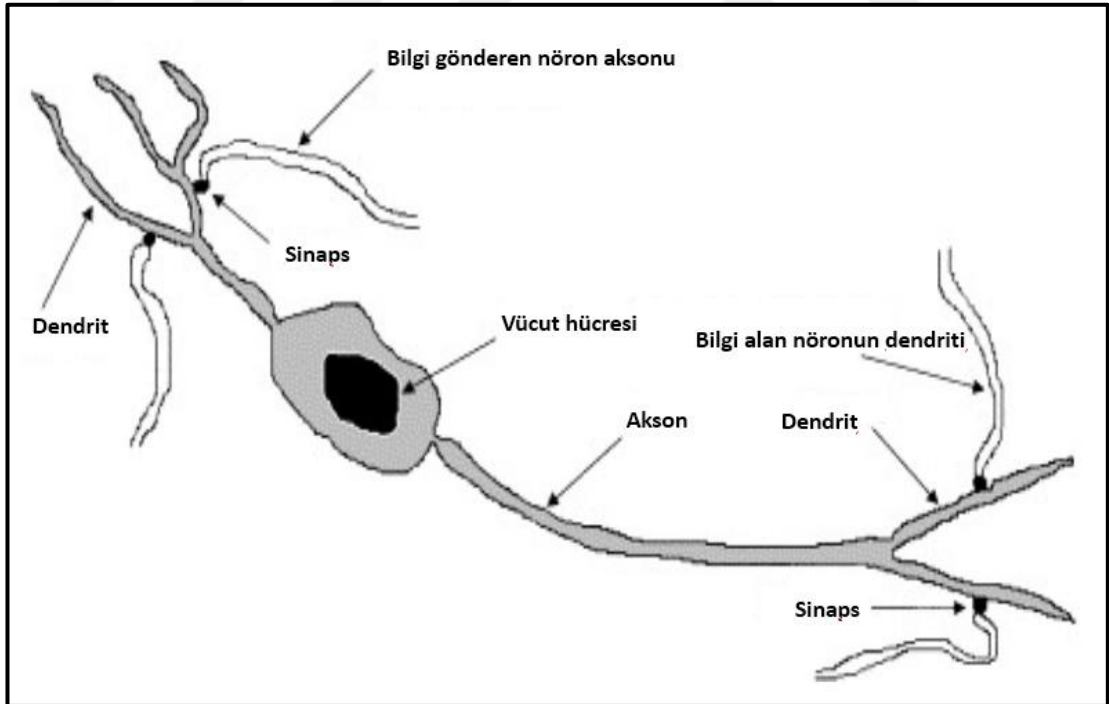
Kuyruk suyu kanalı

Kuyruksuyu kanalı dikdörtgen kanal şeklindedir. Taban yüksekliği talveg kotuna bağlanmıştır. Kanal yan duvarları santral çevre kotundadır.

3.2. Yapay Sinir Ağları

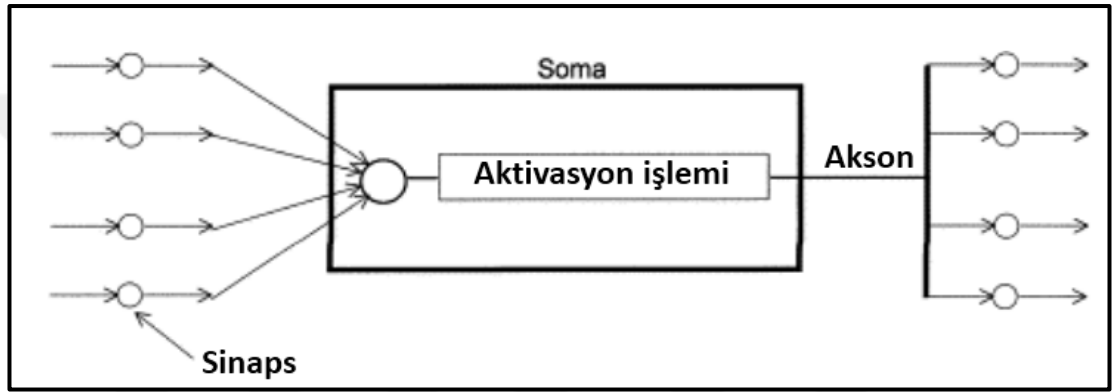
3.2.1. Biyolojik ve yapay nöronlar

Bir biyolojik nöron, Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Beyinde, sinapslardan aksona doğru kodlanmış bir bilgi akışı (elektrokimyasal ortam, nörotransmitterler denilen) kullanılır. Her bir nöronun aksonu bir dizi başka nörona bilgi iletir. Nöron, sinapslarda çok sayıda başka nörondan bilgi alır. Her bir nöronun, diğer 10.000 nörondan uyarın alabileceği tahmin edilmektedir. Nöron grupları alt sistemlere ayrılmıştır ve bu alt sistemlerin entegrasyonu beyni oluşturur. İnsan beyninin yaklaşık 100 milyar birbirine bağlı nöron olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 3.12. Biyolojik bir nöronun basitleştirilmiş bir modeli

Şekil 3.2.'de gerçek biyolojik nöronun bazı önemli yönlerini simüle etmek için kullanılabilen yapay bir nöronun oldukça basitleştirilmiş bir modelini göstermektedir. Bir YSA birbirleriyle uyumlu bir şekilde etkileşime giren, birbirine bağlı yapay nöron grubudur. Böyle bir sistemde, ağ girişine uyarma uygulanır. Bazı uygun işlemlerin ardından istenen çıktı ile sonuçlanır. Sinapslarda, yapay nöronlar durumunda, bağlantı ağırlığı olarak modellenen bir miktar potansiyel birikimi vardır. Bu ağırlıklar uygun öğrenme kurallarına göre sürekli olarak değiştirilir.



Şekil 3.13. Yapay bir nöronun basitleştirilmiş bir modeli

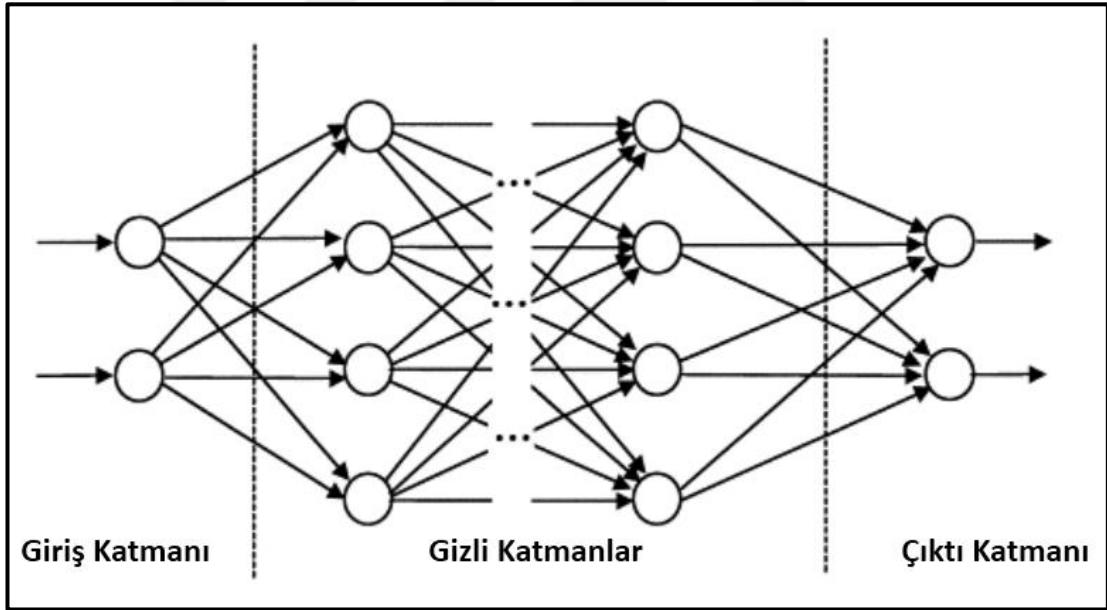
3.2.2. Yapay sinir ağı yapısı, eğitimi ve testi

Bir sinir ağı, deneyimsel bilgiyi saklama ve kullanım için uygun hale getirme eğilimi olan, büyük ölçüde paralel dağıtılmış bir işlemcidir. İnsan beynine iki açıdan benzer: bilgi ağ tarafından bir öğrenme süreci yoluyla elde edilir ve sinaptik ağırlıklar olarak bilinen nöronlar arası bağlantı güçleri bilgiyi depolamak için kullanılır.

Yapay sinir ağları (YSA) modelleri, mühendislik analizleri ve tahminlerinde alternatif yöntemler olarak kullanılabilir. YSA'lar bir insan beyninin öğrenme sürecini biraz taklit eder. Kara kutu modeli gibi çalışırlar ve sistem hakkında ayrıntılı bilgi gerektirmezler. Bunun yerine, girdi parametreleri ile kontrol edilen ve kontrol edilmeyen değişkenler arasındaki ilişkiyi daha önce kaydedilmiş verileri inceleyerek doğrusal olmayan bir regresyonun gerçekleştirilebileceğine benzer bir şekilde öğrenirler. YSA'ları kullanmanın bir başka avantajı, birbiriyle ilişkili parametrelerle büyük ve karmaşık

sistemleri yönetme yetenekleridir. Asgari öneme sahip olan fazla veriyi görmezden geliyorlar ve bunun yerine daha önemli girdilere odaklanıyor gibi görünüyorlar.

Tipik bir, çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı mimarisinin şematik bir diyagramı Şekil 3.3.'te gösterilmiştir. Ağ genellikle bir giriş katmanından, bazı gizli katmanlardan ve bir çıkış katmanından oluşur. Basit haliyle, her bir nöron uyarlanabilir sinaptik ağırlıklar vasıtasıyla bir önceki katmanın diğer nöronlarına bağlanır. Bilgi genellikle bir dizi bağlantı ağırlıkları olarak depolanır (büyük olasılıkla biyolojik sinir sistemlerinde sinaps etkinliğine karşılık gelir). Eğitim, bağlantı düzenlerini, düzenli bir şekilde uygun bir öğrenme yöntemi kullanarak değiştirme sürecidir. Ağ, bir ağa bir girişin istenen çıkış ile birlikte sunulduğu ve ağların istenen çıkışı üretmeye çalışması için ağırlıkların ayarlandığı bir öğrenme modu kullanır. Antrenman sonrası ağırlıklar anlamlı bilgiler içerir, antrenmandan önce ise rastgeledir ve anlamı yoktur (Haykin, 1994)

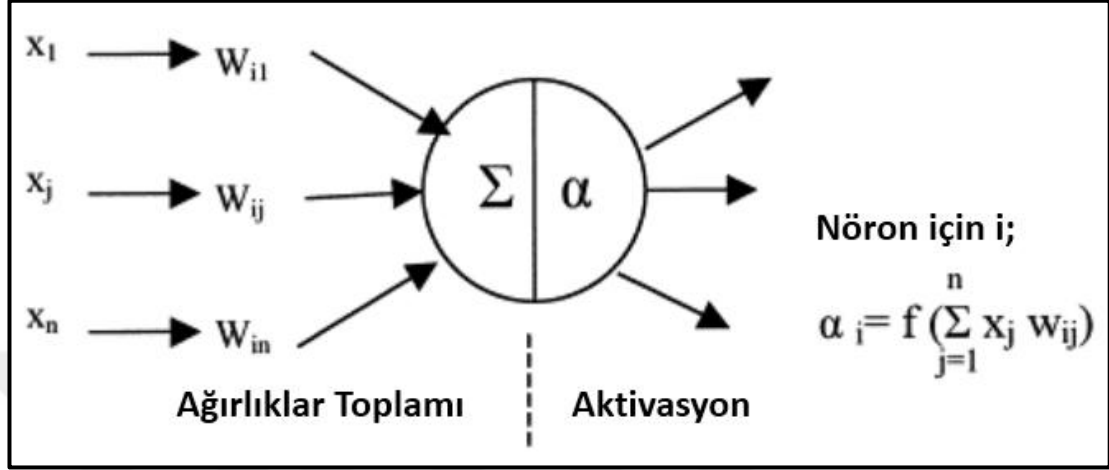


Şekil 3.14. Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağının şematik diyagramı

3.2.3. Yapay sinir ağı formülasyonu

Şekil 3.4.'te bilgilerin tek bir düğümden nasıl işlendiğini göstermektedir. Düğüm, gelen bağlantıları aracılığıyla diğer düğümlerin ağırlıklı aktivasyonlarını alır. İlk önce, bunlar

eklenir, daha sonra bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilir ve oluşan veriler düğümün aktivasyonu olur. Giden bağlantıların her biri için, bu aktivasyon değeri, belirli ağırlık ile çarpılır ve bir sonraki düğüme aktarılır.



Şekil 3.15. YSA formülasyon

Bir eğitim seti, ağı eğitmek için kullanılan, genellikle sinaptik ağırlıkların uygun şekilde uyarlanmasıyla kullanılan bir girdi ve çıktı düzenleri grubudur. Çıktılar, şebekenin karşılık gelen giriş için ürettiği bağımlı değişkenlerdir. Ağın öğrenmesi gereken tüm bilgilerin ağa bir veri kümesi olarak sunulması önemlidir. Her bir desen okunduğunda, ağ bir çıktı üretmek için girdi verilerini kullanır; bu daha sonra eğitim deseni ile karşılaştırılır, yani doğru veya istenen çıktıdır. Bir fark varsa, bağlantı ağırlıkları hatanın azaldığı bir yönde değiştirilir. Şebeke tüm girdi düzenlerini geçtikten sonra, hata hala istenen maksimum toleranstan büyükse, YSA, tüm hatalar istenen toleranslar dahilinde oluncaya kadar tüm giriş düzenlerinde tekrar tekrar çalışır. Eğitim güvenilir bir seviyeye ulaştığında, ağ ağırlıkları sabit tutar ve eğitmek için kullanılmayan yeni girdi veri setlerinde kararlar vermek, kalıpları tanımlamak veya ilişkilendirmeleri tanımlamak için eğitilmiş ağı kullanır.

$$y = k * x + b \quad (3.1)$$

$$y_{Eng} = \omega_H * x_H + \omega_Q * x_Q + b \quad (3.2)$$

3.2.4. Karesel ortalama hata

Öğrenme performansını etkileyen en önemli faktörlerden biri hata fonksiyonlarıdır. Öğrenme sürecini hata fonksiyonları yönetir. En sık kullanılan hata fonksiyonu karesel ortalama hatadır. Ölçülerin doğruluk derecesi ile ilgili en doğru yaklaşımı yapar.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{Gerçek} - y_{Tahmin})^2 \quad (3.3)$$

ile ifade edilir

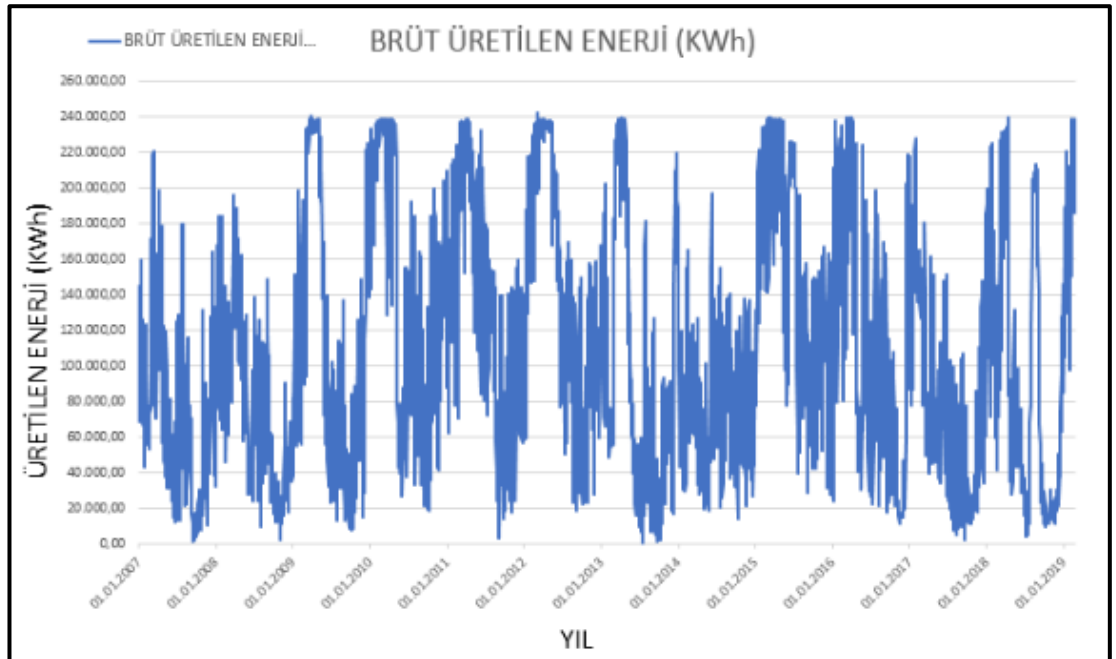


BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

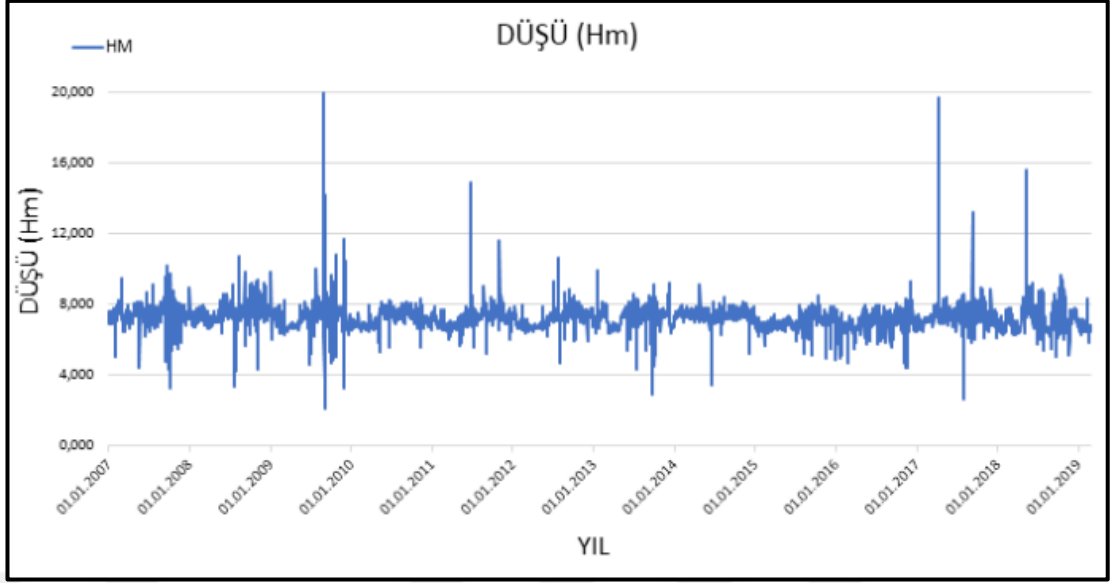
Bu tez çalışmasında, Pamukova Hes ve Adasu HES'ten alınan tüm: üretilen enerji, net düşü ve debi verilerininin gidiş grafikleri oluşturulmuştur ve YSA modelini kurmak için bu parametreler girdi olarak alınmıştır. Gidiş grafikleri, Pyton yazılım programına aktarılarak elde edilmiştir. Elde edilmiş olan bu grafiklerin geçmişten günümüze kadar olan belirli zaman dilimlerinde nasıl değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca YSA modeli kurularak her iki HES içinde ileriye dönük tahminler yapılmıştır.

4.1. Pamukova HES'in YSA Yöntemi Sonuçları

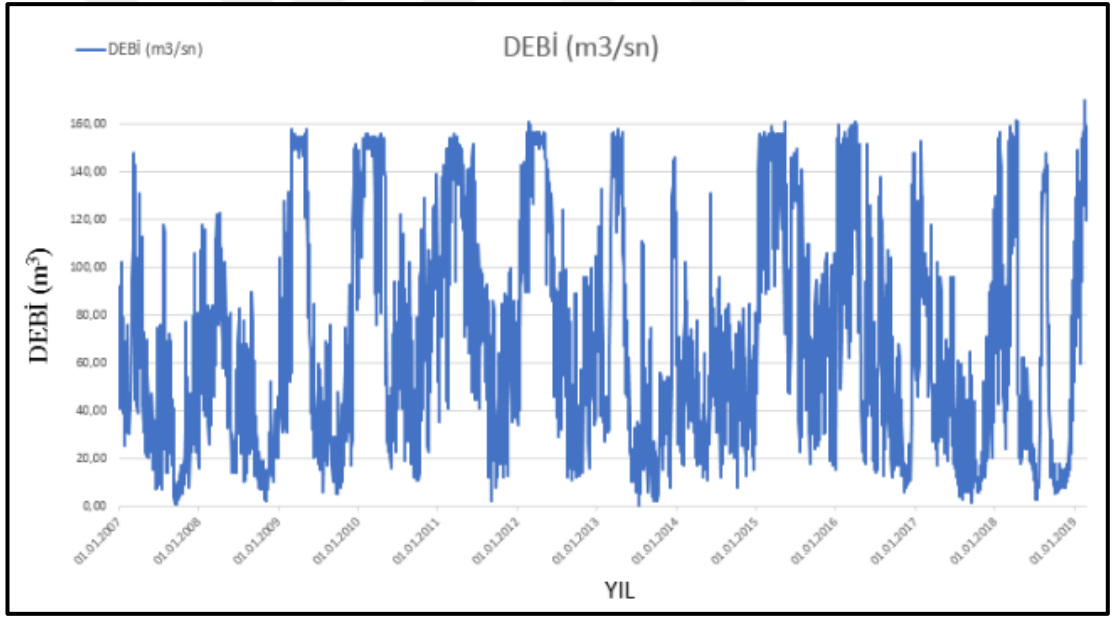
Pamukova HES'in 01.01.2007-28.02.2019 tarihleri arasındaki mevcut üretilen enerji, net düşü ve debilerin gidiş grafikleri sırası ile Şekil 4.1., Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Yıllara göre üretilen enerji miktarı



Şekil 4.2. Yıllara göre su seviyelerindeki düşü miktarı

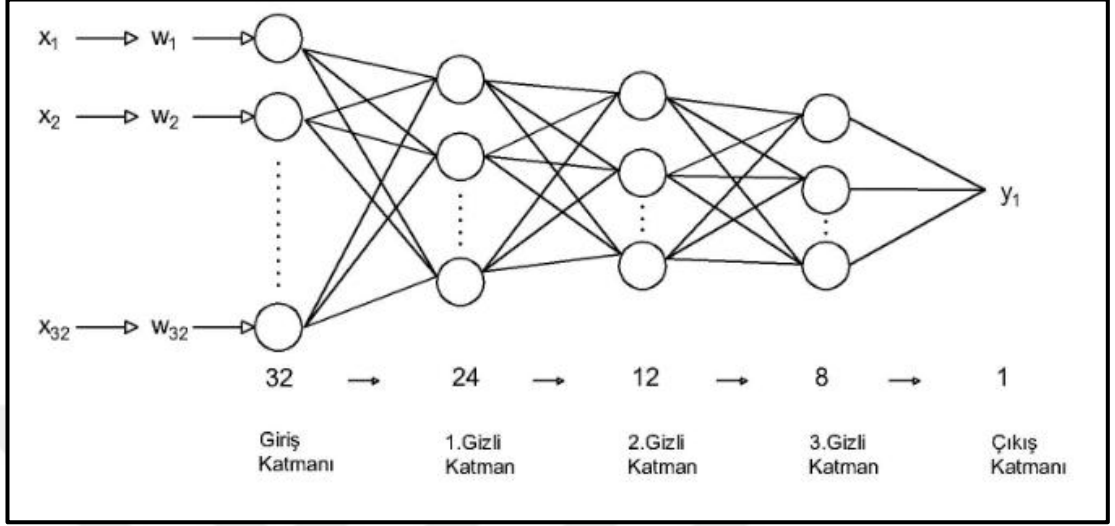


Şekil 4.3. Yıllara göre debi miktarı

Pamukova HES için YSA modelinde girdi olarak kullanılan üç parametrenin istatistiksel sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

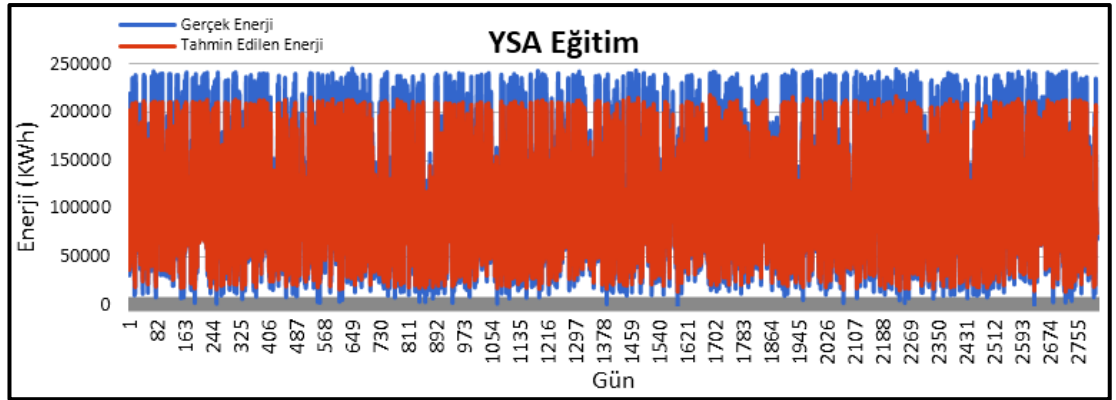
Modellemede; toplamda 4443 adet veri mevcuttur. Bu veriler 01.01.2007-28.02.2019 tarihlerini kapsamaktadır. Bu verilerden 4019 (01.01.2007-31.12.2017) tanesi %70 eğitim, %30 test amaçlı kullanılmıştır. Eğitim amaçlı kullanılan verilerden de %20’si

doğrulama testi (sınama testi) olarak kullanılmıştır ve YSA modeli Şekil 4.4.'de verilmiştir.

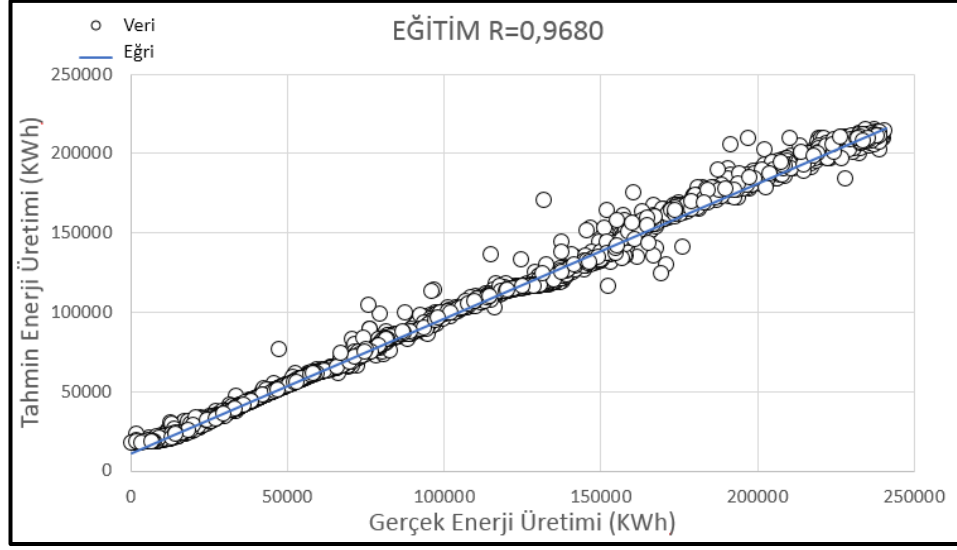


Şekil 4.4. Kullanılan YSA modeli

YSA modelinde eğitim için öğretilen 2813 (%70) tane verinin analiz sonuçlarına göre ortalama karesel hata %0,26 iken R^2 score %96,80 olarak hesaplanmıştır. Sonuçları Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da verilmiştir.



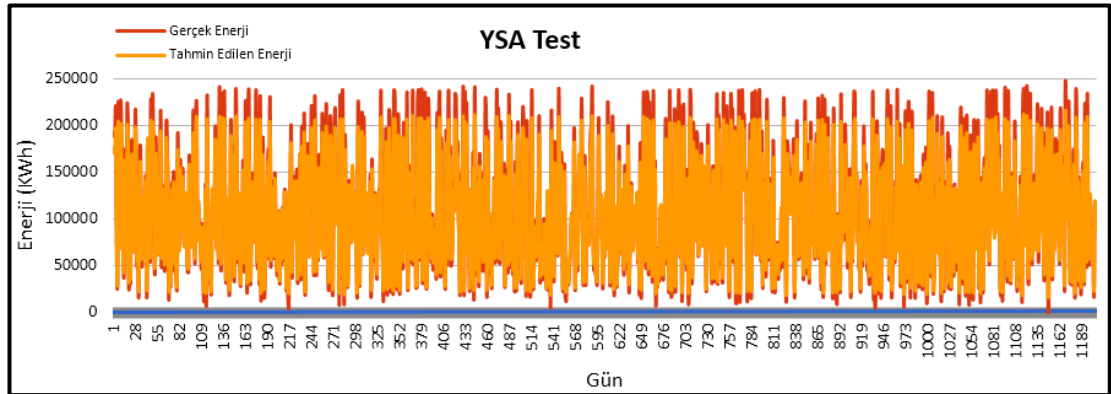
Şekil 4.5. YSA modeline öğretilen eğitim sonuçları



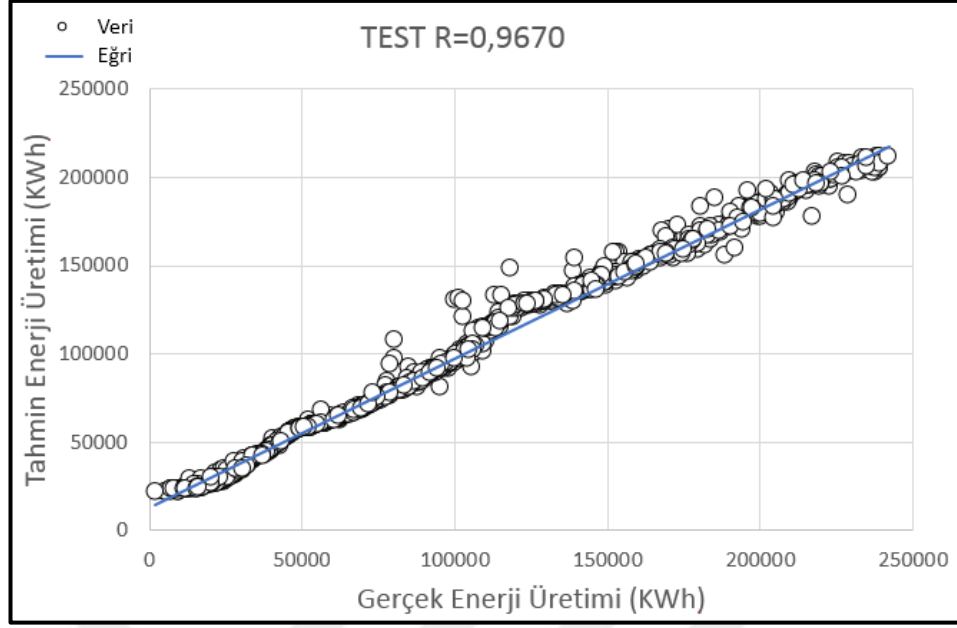
Şekil 4.6. YSA modelinin eğitimdeki saçılma diyagramı

YSA modelinin eğitim sonuçları incelendiğinde gerçek ile tahmin edilen enerji grafiklerinin yaklaşık olarak örtüştüğü görülmektedir. Ayrıca YSA modelinin saçılma diyagramının R^2 değeri incelendiğinde bu değer %96,80 olarak çıkması modelin çok iyi eğitildiğini göstermektedir.

YSA modelinde test için öğretilen 1206 (%30) tane verinin analiz sonuçlarına göre ortalama karesel hata %0,24 iken R^2 score %96,70 olarak hesaplanmıştır. Sonuçları Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'da verilmiştir.



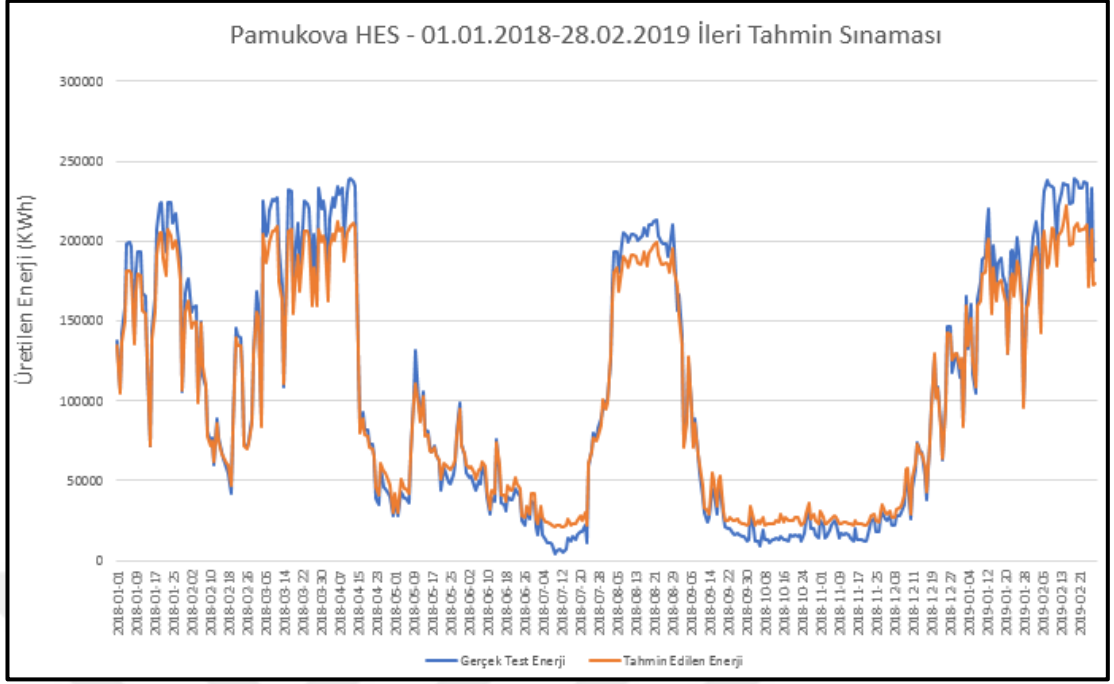
Şekil 4.7. YSA modeline öğretilen test sonuçları



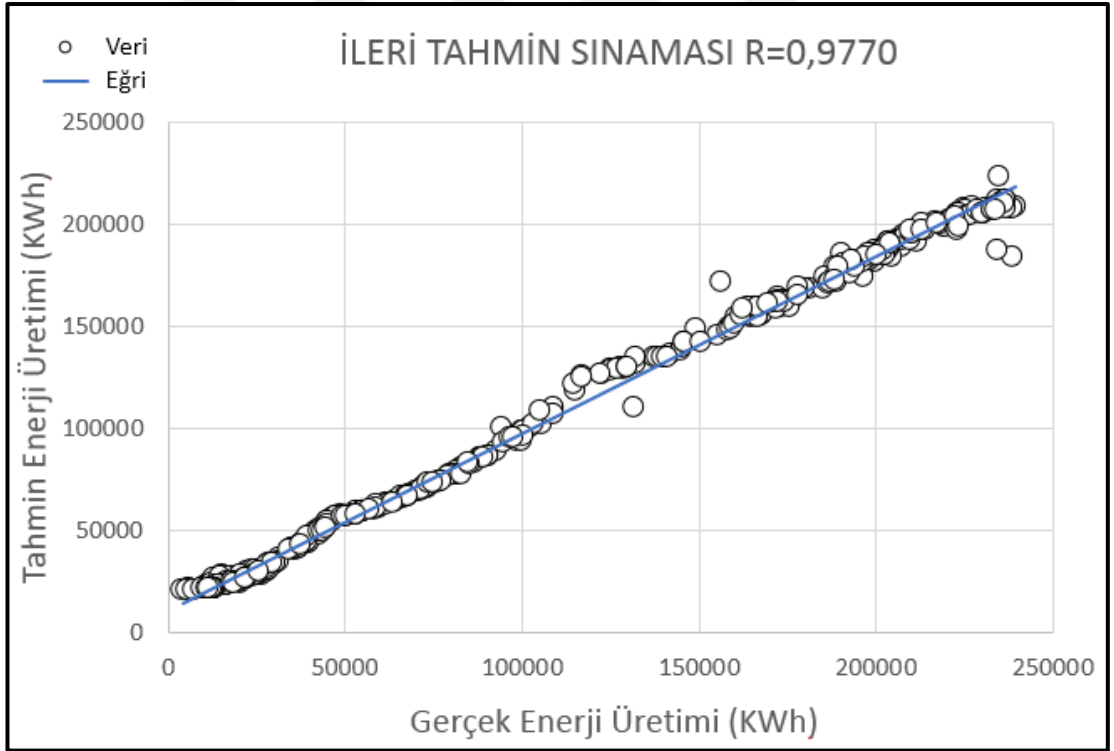
Şekil 4.8. YSA modelinin testteki saçılma diyagramı

YSA modelinin test sonuçları incelendiğinde gerçek ile tahmin edilen enerji grafiklerinin yaklaşık olarak örtüştüğü görülmektedir. Ayrıca YSA modelinin saçılma diyagramının R^2 değeri incelendiğinde bu değer %96,70 olarak çıkması modelin çok iyi test ettiğini göstermektedir.

Modellemede 4443 veriden 4019 tane eğitim ve test amaçlı öğretilen verilerin dışında hesaba katılmayan $4443-4019=424$ veriye (01.01.2018-28.02.2019) ait YSA modeline göre ileri tahmin ve gerçek veriler ile yapılan karşılaştırma sonuçları Şekil 4.9.'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ortalama karesel hata %0,25 iken R^2 score %97,70 olarak hesaplanmış ve saçılım diyagramı Şekil 4:10.'da verilmiştir.



Şekil 4.9. YSA modeline göre ileri tahmini sınama grafiği

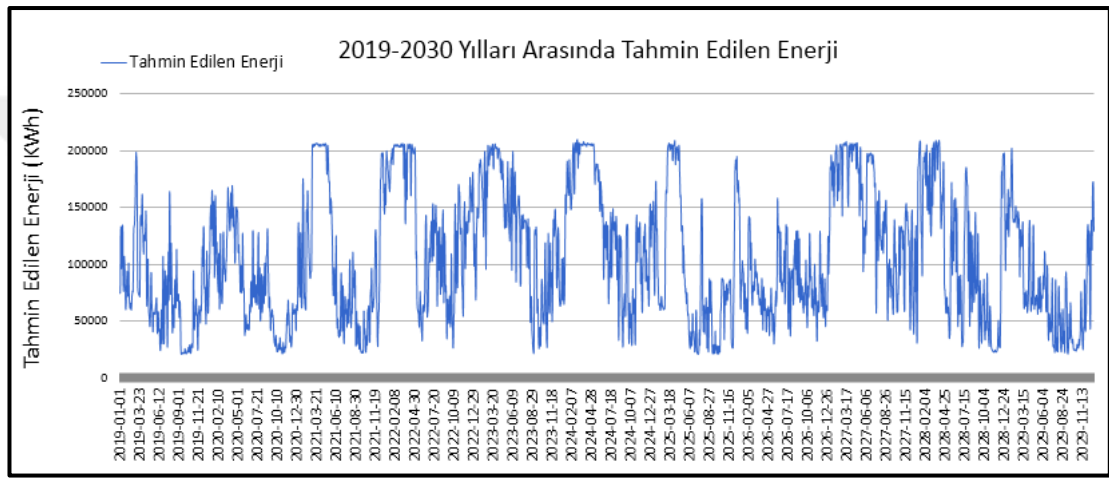


Şekil 4.10. YSA modeline göre ileri tahmini sınamasının saçılma diyagramı

YSA modelinin ileri tahminde sınama sonuçları incelendiğinde ise gerçek ile tahmin edilen enerji grafiklerinin yaklaşık olarak örtüştüğü yine görülmektedir. Ayrıca YSA

modelinin sınamadaki saçılma diyagramının R^2 değeri incelendiğinde ise bu değerin %97,70 olarak çıkması modelin ileriye dönük yapacağı tahminlerin gerçek ile çok iyi uyum sağlayacağı gözlemlenmiştir.

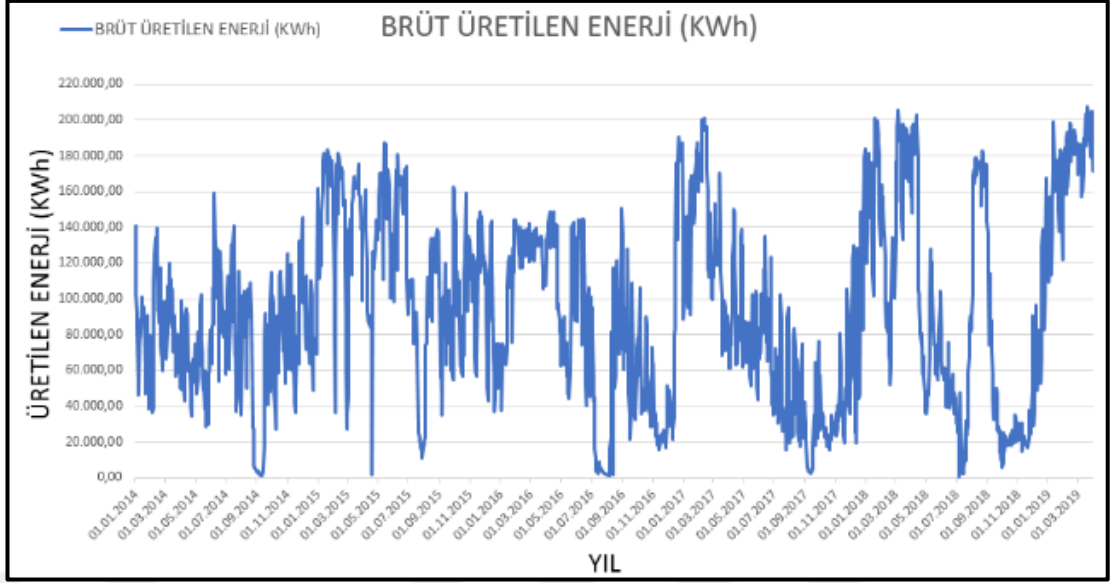
YSA modeline göre ileri tahmin analizi yapılarak Pamukova HES'ten 2019-2030 yılları arasında üretilen toplam enerjinin günlük olarak tahmini yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları Şekil 4.11.'de verilmiştir.



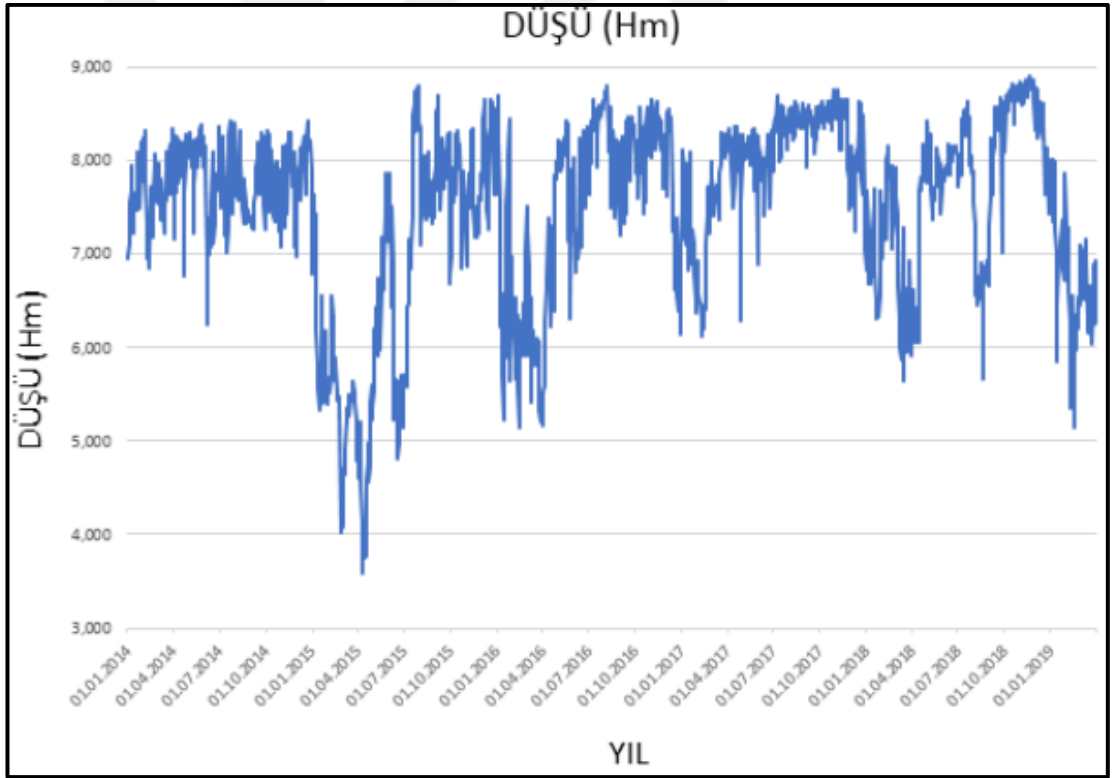
Şekil 4.11. 2019-2030 yılları arasındaki tahmin edilen enerji (Pamukova)

4.2. Adasu Regülatörü ve HES'in YSA Yöntemi Sonuçları

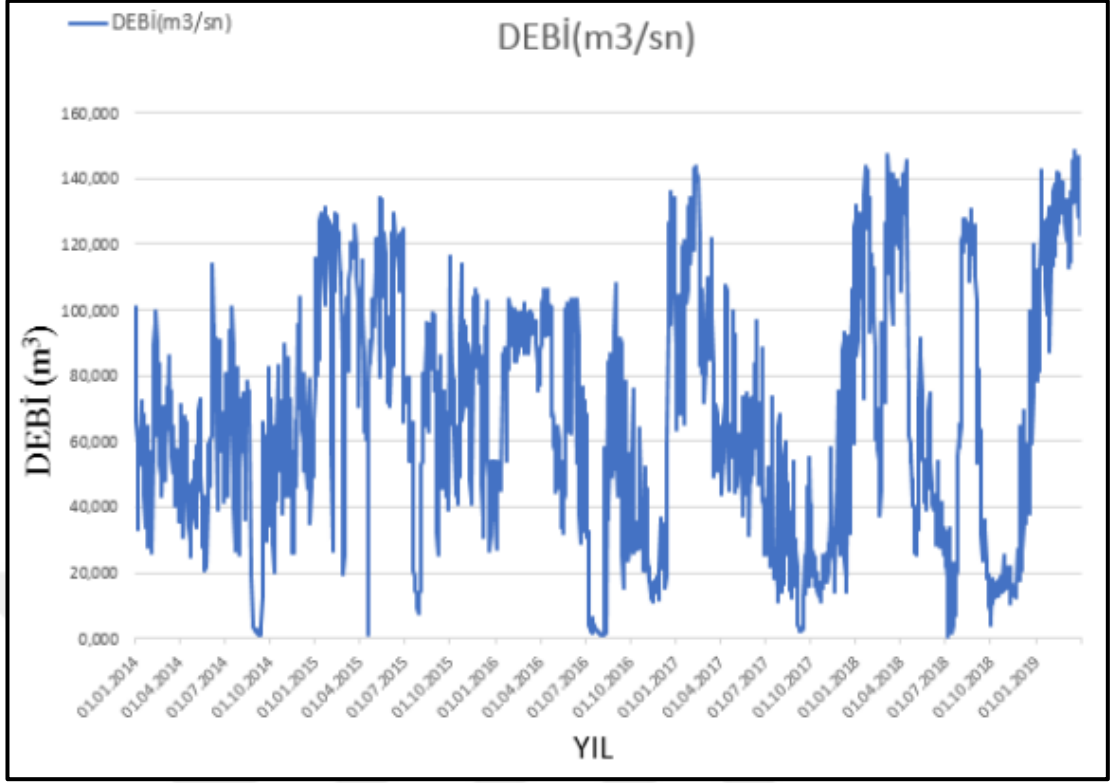
Adasu Regülatörü ve HES'in 01.01.2014-31.03.2019 tarihleri arasındaki mevcut üretilen enerji, net düşü ve debilerin gidiş grafikleri sırası ile Şekil 4.12., Şekil 4.13. ve Şekil 4.14.'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Yıllara göre üretilen enerji miktarı (Adası)



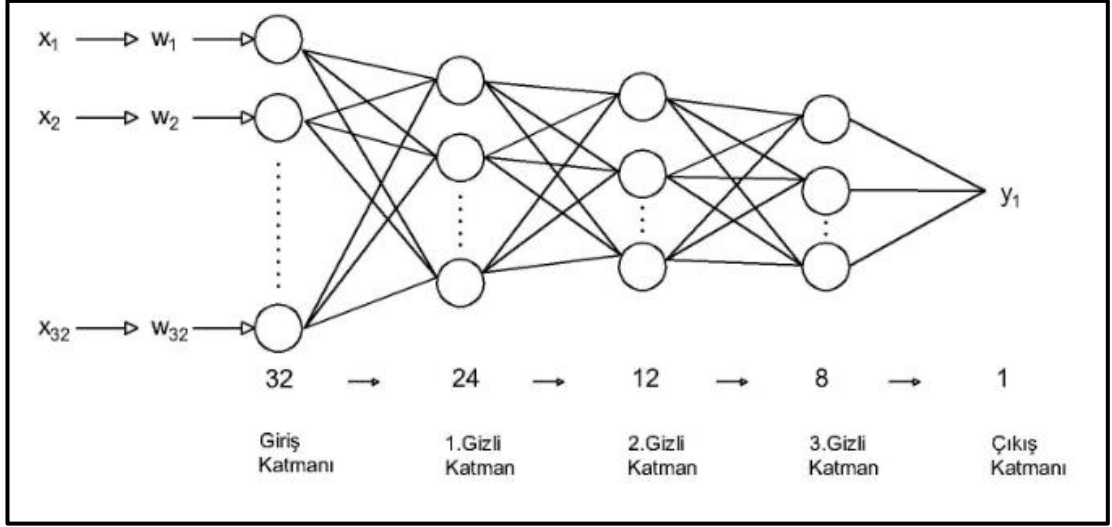
Şekil 4.13. Yıllara göre su seviyelerindeki düşü miktarı (Adası)



Şekil 4.14.Yıllara göre debi miktarı (Adasu)

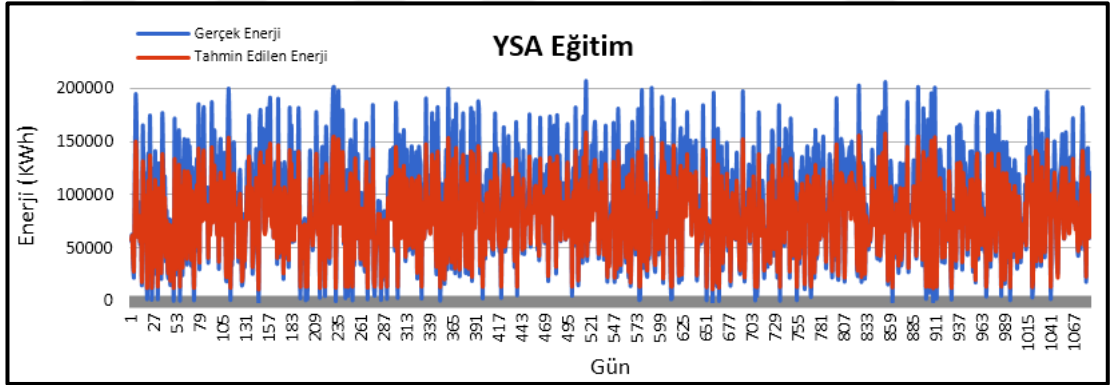
Adasu HES için YSA modelinde girdi olarak kullanılan üç parametrenin istatistiksel sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Modellemede; toplamda 1916 adet veri mevcuttur. Bu veriler 01.01.2014-31.03.2019 tarihlerini kapsamaktadır. Bu verilerden 1550 (01.01.2014-30.03.2018) tanesi %70 eğitim, %30 test amaçlı kullanılmıştır. Eğitim amaçlı kullanılan verilerden de %20’si doğrulama testi (sınama testi) olarak kullanılmıştır ve YSA modeli Şekil 4.15.’de verilmiştir.

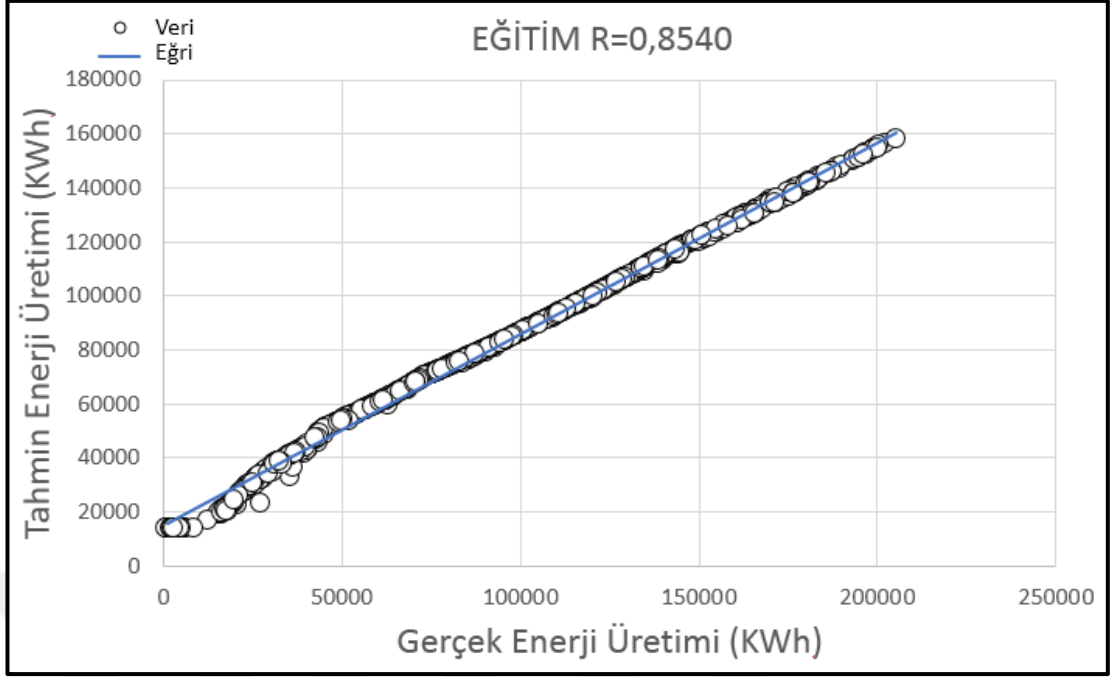


Şekil 4.15. Kullanılan YSA modeli

YSA modelinde eğitim için öğretilen 1085 (%70) tane verinin analiz sonuçlarına göre ortalama karesel hata %0,84 iken R^2 score %85,40 olarak hesaplanmıştır. Sonuçları Şekil 4.16. ve Şekil 4.17.'da verilmiştir.



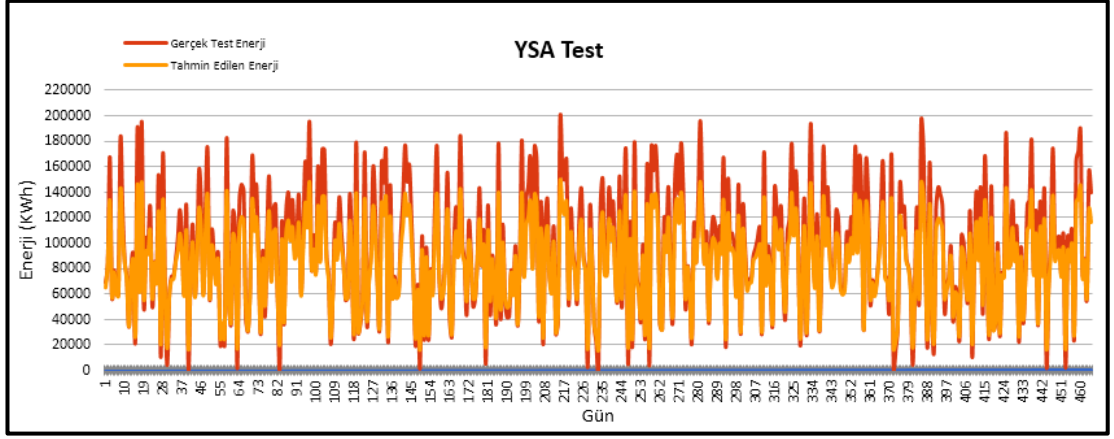
Şekil 4.16. YSA modeline öğretilen eğitim sonuçları



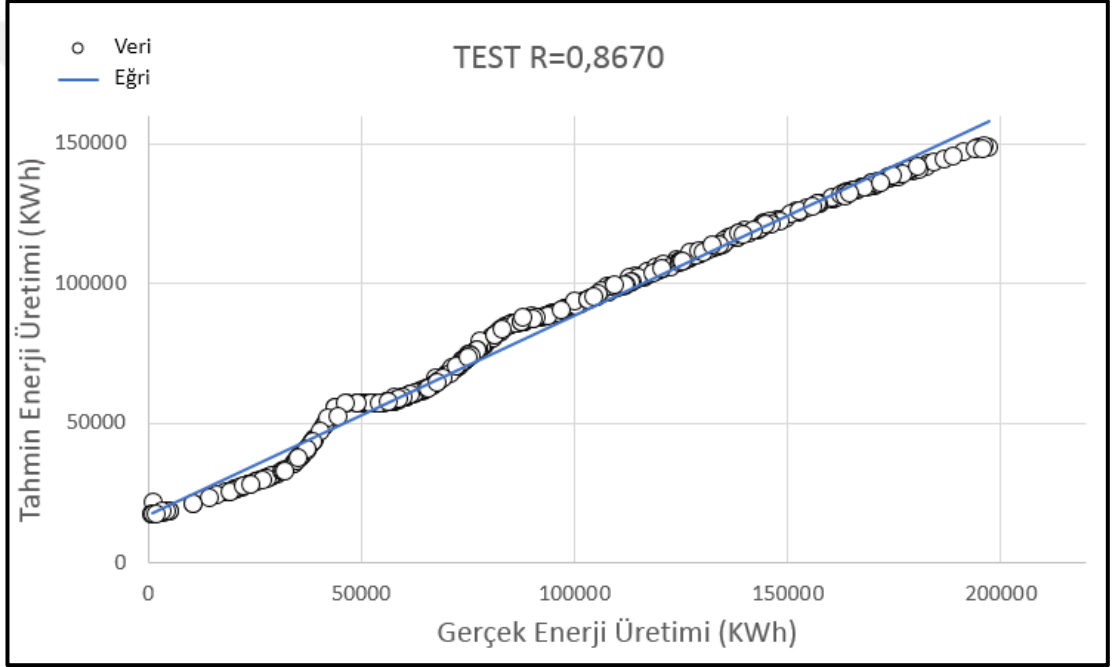
Şekil 4.17. YSA modelinin eğitimdeki saçılma diyagramı

YSA modelinin eğitim sonuçları incelendiğinde gerçek ile tahmin edilen enerji grafiklerinin yaklaşık olarak örtüştüğü görülmektedir. Ayrıca YSA modelinin saçılma diyagramının R^2 değeri incelendiğinde bu değer %85,40 olarak çıkması modelin çok iyi eğitildiğini göstermektedir.

YSA modelinde test için öğretilen 465 (%30) tane verinin analiz sonuçlarına göre ortalama karesel hata %0,73 iken R^2 score %86,70 olarak hesaplanmıştır. Sonuçları Şekil 4.18. ve Şekil 4.19.'da verilmiştir.



Şekil 4.18. YSA modeline öğretilen test sonuçları

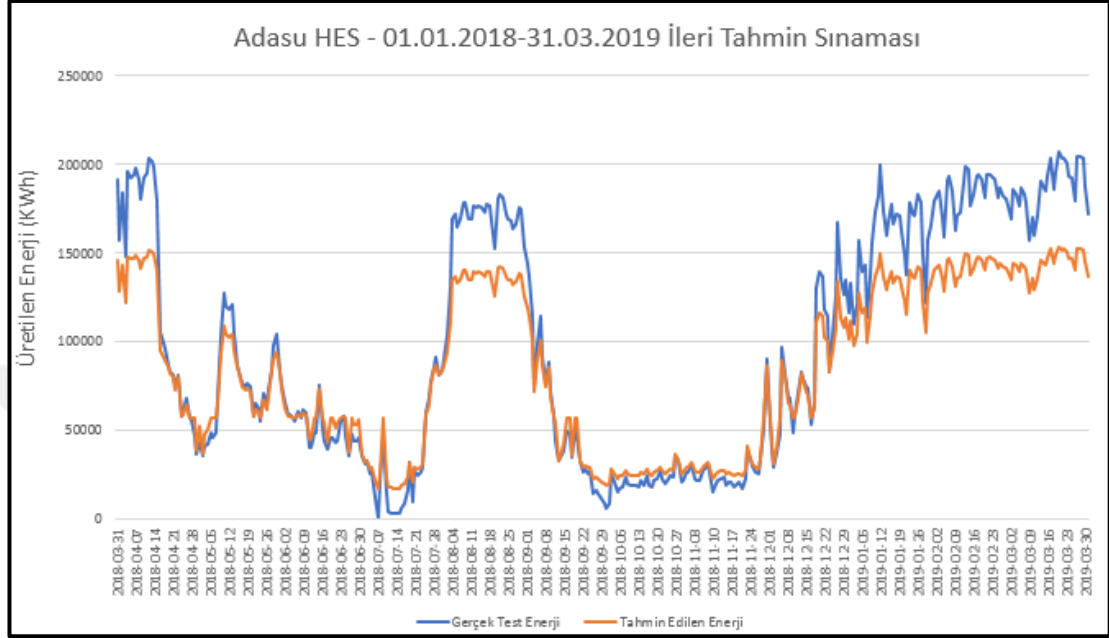


Şekil 4.19. YSA modelinin testteki saçılma diyagramı

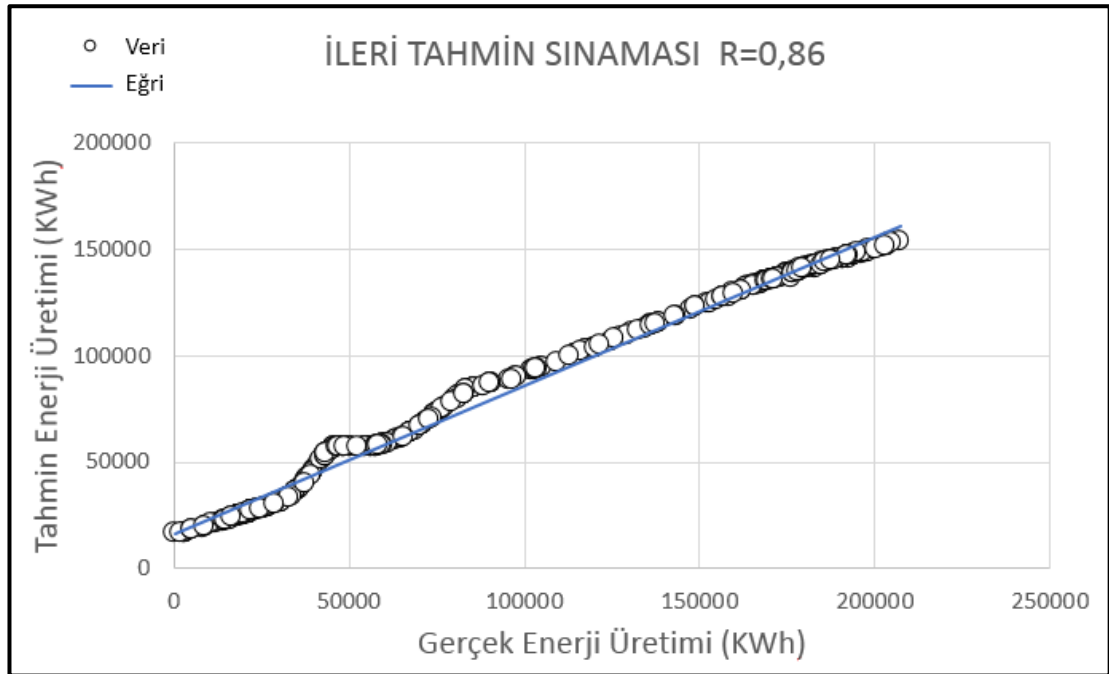
YSA modelinin test sonuçları incelendiğinde gerçek ile tahmin edilen enerji grafiklerinin yaklaşık olarak örtüştüğü görülmektedir. Ayrıca YSA modelinin saçılma diyagramının R^2 değeri incelendiğinde bu değer %86,70 olarak çıkması modelin çok iyi test ettiğini göstermektedir.

Modellemede 1916 veriden 1550 tane eğitim ve test amaçlı öğretilen verilerin dışında hesaba katılmayan 1916-1550=366 veriye (31.03.2018-31.03.2019) ait YSA modeline göre ileri tahmin ve gerçek veriler ile yapılan karşılaştırma sonuçları Şekil 4.20.'de

verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ortalama karesel hata %1,44 iken R^2 score %86,00 olarak hesaplanmış ve saçılım diyagramı Şekil 4.21.'de verilmiştir.

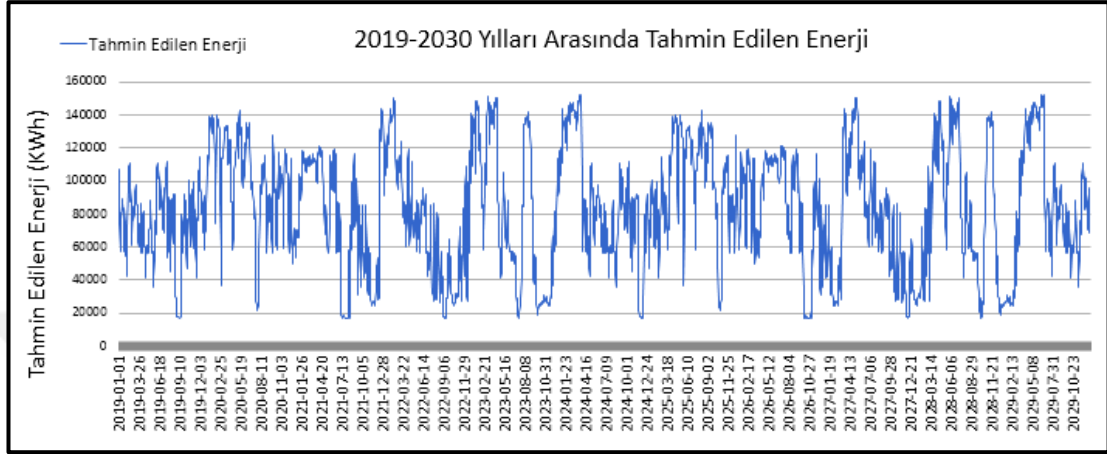


Şekil 4.20. YSA modeline göre ileri tahmin sonuçları



Şekil 4.21. YSA modeline göre ileri tahmini sınavasının saçılma diyagramı

YSA modeline göre ileri tahmin analizi yapılarak Adasu HES'ten 2019-2030 yılları arasında üretilen toplam enerjinin günlük olarak tahmini yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları Şekil 4.22.'de verilmiştir.



Şekil 4.22. 2019-2030 yılları arasındaki tahmin edilen enerji (Adasu)

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Enerji insanlık tarihinin gelişimine etki eden en önemli faktörlerden bir tanesidir. Dünya’da son zamanlarda enerji hem hayatın vazgeçilmezi olmuş hem de sanayi devriminden sonra hızla gelişen dünya düzeni ve teknoloji enerjiye olan ihtiyacı daha da zorunlu hale getirmiştir. Ülkemizde geneli itibari ile enerji üretiminde kullanılan ana kaynaklar kömür, petrol, doğal gaz ve barajlardır. Enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararı minimumda olması ve yenilenebilir kaynaklardan olması insanlığın başlıca tercihleri haline gelmiştir. Son yıllarda çevre ile barışık enerji çeşitliliğinin artırılması çevreye verilen zararın minimize edilmesi ve ülkemizde mevcut olan su gücü potansiyelinin daha etkin bir şekilde kullanılması istenmiştir. Bu yüzden hidroelektrik santraller enerji üretimi için kullanılan kaynakların en önemlileri haline gelmiştir. Bu santrallerde enerji için kullanılan su miktarı ve düşü yüksekliği ile elde edilebilecek enerjinin önceden tespit edilebilmesi yani ileriye dönük tahmin yapılabilmesi enerji planlaması açısından çok önemlidir.

Dolayısıyla, bu tez çalışmasında Aşağı Sakarya Havzası’nda bulunan 2 hidroelektrik santralin (Pamukova HES, Adasu Regulatorü ve HES) enerji değerleri kullanılmıştır. Enerji değerlerinin geçmişten günümüze kadar olan mevcut tüm verilerinin gidiş grafikleri oluşturulmuştur. Gidiş grafikleri, üretilen enerji verilerinin PYTHON yazılım programına aktararak elde edilmiştir. Bu veriler ile oluşturulan YSA modeli ile 2030 yılına kadar üretilen enerji miktarları tahmin edilmiştir.

Oluşturulmuş olan YSA modeli 3 katmandan oluşmaktadır. Bunlar giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanıdır. Giriş katmanında 32 nöron bulunmaktadır. Gizli katman kendi içerisinde üç katman olarak oluşturulmuştur. Bunların nöron sayıları sırasıyla 24, 12 ve 8’dir. Çıkış katmanı ise tek katman olarak oluşturulmuştur.

Yapılan bu çalışma sonucunda Pamukova HES için oluşturulan modellemenin YSA analiz sonuçları Tablo 5.1.de veilmiştir.

Tablo 5.1 Pamukova HES'in YSA sonuçları

Pamukova HES	Girdi	R ²	OKH
Eğitim	2813	%96,80	%0,26
Test	1206	%96,70	%0,24
İleri Tahmin	424	%97,70	%0,25

Tablo 5.1.deki analiz sonuçları incelendiğinde eğitim, test ve ileri tahmin için R² score değerlerinin çok iyi sonuç verdiği ve ortalama karesel hata (OKH) değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu sonuçlar YSA modeli ile ileriye dönük tahminlerin güvenilir sonuçlar vereceği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Diğer bir Hidroelektrik santral olan Adasu HES içinde oluşturulan modellemenin YSA analiz sonuçları Tablo 5.2.de veilmiştir.

Tablo 5.2 Adasu HES'in YSA sonuçları

Adasu HES	Girdi	R ²	OKH
Eğitim	1085	%85,40	%0,84
Test	465	%86,70	%0,73
İleri Tahmin	366	%86,00	%1,44

Tablo 5.2.deki analiz sonuçları incelendiğinde ise Adasu HES'in eğitim, test ve ileri tahmin verilerinin Pamukova HES'e göre R² score değerlerinin biraz daha düşük sonuç verdiği ve ortalama karesel hata (OKH) değerlerinin arttığı görülmektedir. Ancak R² değerlerinin diğer hidroelektrik santralin R² değerlerine göre düşük olması ileriye dönük tahminlerin yanlış olacağı sonucunu ortaya çıkarmamaktadır. Çünkü Adasu HES'in R² değerleri yaklaşık olarak %85 üzerindedir ve bu değer ile ileriye dönük yapılan tahminler doğru sonucu verebilir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında Pamukova HES, Adasu Regülatörü ve HES'in ileriye dönük enerji üretimi tahminin yapılması amaçlanmıştır. Oluşturulan iki farklı HES'e bakıldığında YSA modelleme tekniklerinin enerji üretim miktarının tahmininde

kullanılabileceği görölmektedir. Veri ağının artması ile hata payının azaldığı görölmüştür. Dolayısıyla enerjinin kesintisiz ve güvenilir bir şekilde teminin ön görölmese söz konusu olduğunda YSA ve benzeri tahmin algoritmaların önemi ortaya çıkmaktadır. Gelecek yıllara dair verilerin YSA ile yüksek oranda tespit edilebileceği ve yol gösterici olabileceği sonucuna varılmıştır.



KAYNAKÇA

Adasu hidroelektrik santrali görüntüleri Erişim adresi <https://www.sakarya-saski.gov.tr>

Akın, B., Atıcı, T., Katırcıoğlu, H., & Keskin, F. (2010). Investigation of water quality on Gökçekaya dam lake using multivariate statistical analysis, in Eskişehir, Turkey. *Environ Earth Sci*.

Aksoy, B. (2018, Haziran). Mevsimsel değişikliğin fiyos çayı su kalitesine etkilerinin yapay sinir ağı ile belirlenmesi.

Aksoy, H., & Dahamsheh, A. (2018). Markov chain-incorporated and synthetic data-supported conditional artificial neural network models for forecasting monthly precipitation in arid regions. *Journal of Hydrology*, 758-779.

Azad, A., Manoochehri, M., Kashi, H., Farzin, S., & Karami, H. (2019). Comparative evaluation of intelligent algorithms to improve adaptive neurofuzzy inference system performance in precipitation modelling. *Journal of Hydrology*, 214-224.

Bozkurt, S. (2009). Su Kaynakları, Barajlar ve Hidroelektrik Enerji Dünya ve Türkiye Geneline Bakış Su Yapıları Sempozyumu. Orhantepe, İstanbul.

Briefing. (2015). *Key Trends in Hydropower International Hydropower Association London Ünited Kingdom*.

Chang, N. B., Yang, N. J., Imen, S., & Mullon, L. (2017). Multi-scale quantitative precipitation forecasting using nonlinear and nonstationary teleconnection signals and artificial neural network models. *Journal of Hydrology*, 305-321.

Çeribaşı, G., Doğan, E., Akkaya, U., & Kocamaz, U. (2017). Application of trend analysis and artificial neural networks methods: The case of Sakarya River. *Scientia Iranica*, 993-999.

Çevik, E. (2009). Yapay Sinir Ağları Metodu ile Yağış Tahmini. *Yüksek Lisans Tezi*. Isparta, Türkiye.

- Çınar, D. (2007, Haziran). Hidroelektrik enerji üretiminin hibrid bir model ile tahmini.
- Ekonomou, L. (2010). Greek long-term energy consumption prediction using artificial neural networks. *Energy*, 512-517.
- Enerji teknolojileri Erişim adresi <https://enerjiteknolojileri.wordpress.com>
- Ferreira, R. N., Nissenbaum, M. R., & Rickenbach, T. M. (2018). Climate change effects on summertime precipitation organization in the Southeast United States. *Elsevier*, 348-363.
- Fırat, M., & Güngör, M. (2004). Askı madde konsantrasyonu ve miktarının yapay sinir ağları ile belirlenmesi. *İMO Teknik Dergi*, 3267-3282.
- Haykin. (1994). *Neural networks a comprehensive foundation* Macmillan New York.
- Hidrolojik enerji nedir Erişim adresi <https://www.enerji.gen.tr>
- İnalı, K., Işık, E., & Dağtekin, İ. (2014). Karakaya Hes'de verim ve üretim parametrelerinin yapay sinir ağı ile tahmini. *mühendislik dergisi*, 59-68.
- IPCC. (2007). IPCC.
- Kazankaya regülatör görüntüleri Erişim adresi <http://www.yegm.gov.tr>
- Kermanshahi, B., & Iwamiya, H. (2002). Up to 2020 load forecasting using neural nets. *Electrical power and energy systems*, 789-797.
- Kökçam, A., Doğan, E., & Erden, C. (2018, Mayıs). Meriç nehri akımlarının yapay sinir ağları ile tahmini. *ISHAD2018*.
- Le, J. A., El-Askary, H. M., Allali, M., & Struppa, D. C. (2017). Application of recurrent neural networks for drought projections in California. *Atmospheric Research*, 100-106.
- Makas, Y., & Karaatlı, M. (2016). Yapay sinir ağlarıyla hidroelektrik enerji üretiminin çok dönemli tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 757-772.
- Mazmancı, K. (2009). Çatalan Barajı Haznesindeki Buhalaşma Miktarının Yapay Sinir Ağları Modeliyle Tahmini.

Metin, H. (2018). Yapay sinir ağıları yöntemiyle türkiye'de elektrik enerjisi tüketimi tahminlemesi.

Nastos, P. T., Paliatsos, A. G., Koukouletsos, K. V., Larissi, I. K., & Moustris, K. P. (2014). Artificial neural networks modeling for forecasting the maximum daily total precipitation at Athens, Greece. *Elsevier*, 141-150.

Okkan, D., & Karakan, D. (2015, 03 26). İklim Değişikliğinin Balıkesir İli İçme Suyu Potansiyeline Etkilerinin Modellenmesi : İçme Suyu Talebinin 2015-2030 Projeksiyonu. Balıkesir.

Öcal, O. (2007, Temmuz). Yapay sinir ağıları algoritması kullanılarak akarsu havzalarında yağış-akış-katı madde ilişkisinin belirlenmesi.

Öncül, M. (2008, Mayıs). Aşağı sakarya havzasındaki küçük akarsuların yapay sinir ağıları yöntemiyle akım süreklilik eğrilerinin elde edilerek enerji potansiyellerinin tespiti.

Özpınar, M. (2007). Yenilenebilir enerji santrallerinde yapay sinir ağıları yöntemiyle enerji üretiminin modellenmesi ve planlanması.

Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Etkileri. *G. Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 47-65.

Pianosi, F., Thi, X., & Soncini-Sessa, R. (2011). Artificial Neural Networks and Multi Objective Genetic Algorithms for water resources management: an application to the Hoabinh reservoir in Vietnam. *Proceedings of the 18th Congress IFAC*.

Sözen, A., Akçayol, M., & Arcaklıoğlu, E. (2006). Forecasting net energy consumption using artificial neural network. *Energy Sources, Part B*, 147-155.

Sözen, A., Alp, İ., & Kılınç, C. (2012). Efficiency assessment of the hydro-power plants in Turkey by using Data Envelopment Analysis. *Renewable Energy*, 192-202.

Terzi, Ö., & Baykal, T. (2012). Akarsulardaki katı madde miktarının yapay sinir ağıları ile tahmini, kızılırmak nehri örneği. *SDU International Technologic Science*, 8-14.

Terzi, Ö., & Köse, M. (2012). Yapay sinir ağıları yöntemi ile göksunehri'nin akım tahmini. *SDU International Technologic Science*, 1-7.

- Terzi, Ö., & Köse, M. (2012). Yapay sinir ağları yöntemi ile göksunehri'nin akım tahmini. *SDU International Technologic Science*, 1-7.
- Trejo, F. J., Barbosa, H. A., & Kumar, T. L. (2017). Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. *Journal of Arid Environments*, 26-40.
- Türktemiz, B. (2008). Baraj haznelerine giren akımların yapay sinir ağları (YSA) ile tahmini.
- Uzlu, E., Akpınar, A., Öztürk, H., Nacar, S., & Kankal, M. (2014). Estimates of hydroelectric generation using neural networks with the artificial bee colony algorithm for Turkey. *Energy*, 638-647.
- Uzlu, E., Kankal, M., Akpınar, A., & Dede, T. (2014). Estimates of energy consumption in Turkey using neural networks with the teaching-learning-based optimization algorithm. *Energy*, 295-303.
- Vu, M. T., Aribarg, T., Supratid, S., Raghavan, S., & Liang, S. Y. (2016). Statistical downscaling rainfall using artificial neural network: significantly wetter Bangkok? *Theor Appl Climatol*, 453-467.
- Xu, S., Shen, Y., & Niu, Z. (2019). Evaluation of the IMERG version 05B precipitation product and comparison with IMERG version 04A over mainland China at hourly and daily scales. *Advances in Space Research*, 2387-2398.
- Yaşar, M. (2004, Temmuz). Günlük akışlardaki boşlukların yapay sinir ağları kullanılarak tamamlanması.
- Yıldız, C. (2016). Comparison of energy production between observed and predicted wind speed series with artificial neural networks.
- Zambrano, F., Wardlow, B., Tadesse, T., Saavedra, M. L., & Lagos, O. (2017). Evaluating satellite-derived long-term historical precipitation datasets for drought monitoring in Chile. *Atmospheric Research*, 26-42.

ÖZGEÇMİŞ

Muhammed alışkan, 23/06/1991'de Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2010 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2014 yılında bitirdi. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.