

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖKÇEKAYA BARAJI ENERJİ ÜRETİM  
MİKTARININ YAPAY SINIR AĞLARI İLE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Zeynep Burcu AKGÜRBÜZ**

**Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Gökmen ÇERİBAŞI**

**Ağustos 2017**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖKÇEKAYA BARAJI ENERJİ ÜRETİM  
MİKTARININ YAPAY SINIR AĞLARI İLE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Zeynep Burcu AKGÜRBÜZ**

**Enstitü Anabilim Dalı : YAPI EĞİTİMİ**

**Bu tez 02/08/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

**Doç. Dr. Emrah DOĞAN**

**Jüri Başkanı**



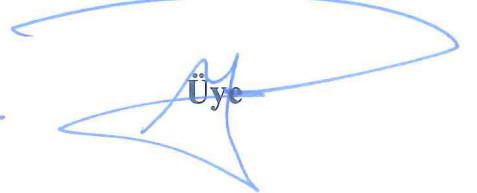
**Y. Doç. Dr. Gökmen  
ÇERİBAŞI**

**Üye**



**Doç. Dr. Mücahit OPAN**

**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.

Zeynep Burcu AKGÜRBÜZ

02.08.2017



## TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Gökmen ÇERİBAŞI'na ve değerli bilgileri ile bana destek olan Doç. Dr. Emrah DOĞAN'a, yüksek lisans eğitimimi tamamlamaya teşvik eden ve desteğini hiç esirgemeyen değerli arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Sezen SİVRİKAYA'ya, İdari anlayış ve desteklerinden dolayı Yapı Eğitimi EABD Başkanı Doç. Dr. Metin İPEK'e ve Sakarya Üniversitesi Rektörlüğüne, bölümümü sevdiiren kıymetli hocam Prof. Dr. İbrahim YÜKSEL'e gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Modelleme çalışmalarında kullanmış olduğum verilerin temininde yardımcı olan Elektrik Üretim Anonim Şirketi Hidrolik Daire Başkanlığına, Yapay Sinir Ağları konusunda bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan ve yardımcı olan Elektronik ve Haberleşme Yüksek Mühendisi Fatih GENÇ'e teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında destek ve anlayışları için aileme, sabrı ve sevgisi ile yanımda olan sevgili eşime ve çocuklarıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu Tez Çalışması Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (2017-50-01-040) tarafından desteklenmiştir.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
TABLolar LİSTESİ .....	vi
ÖZET .....	vii
SUMMARY .....	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	9
BÖLÜM 3.	
YAPAY SİNİR AĞLARI.....	16
3.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı .....	16
3.2. Yapay Sinir Ağlarının Eğitimi ve Testi .....	17
3.3. Yapay Sinir Ağlarının Avantajları ve Dezavantajları.....	18
3.4. Yapay Sinir Ağı Modelinin Tasarlama Aşamaları.....	19
3.4.1. Karesel ortalama hata.....	20
3.4.2. Mutlak hatalar ortalaması.....	21
3.5. Enerji Üretim Formülü.....	21
BÖLÜM 4.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	22

BÖLÜM 5.	
DEĞERLENDİRME.....	25
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR.....	31
KAYNAKLAR .....	38
ÖZGEÇMİŞ .....	42



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$\Sigma$	: Toplam Fonksiyonu
GD	: Dereceli Azalan Geri Yayılım
GDA	: Adaptif Öğrenme Oranlı Dereceli Azalan Geri Yayılım
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GWh	: Gigawatt saat
HES	: Hidroelektrik Santral
hm <sup>3</sup>	: Hektometreküp
kWh	: Kilowatt saat
L	: Doğrusal
LM	: Levenberg-Marquardt Geri Yayılım
MSE	: En Düşük Karesel Hata
MW	: Megawatt
OKH	: Ortalama Hataların Karekökü Toplamı
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
R	: Korelasyon katsayısı
S	: Sigmoid
tep	: Ton eşdeğer petrol
TH	: Tanjant Hiperbolik
YSA	: Yapay Sinir Ağı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Kaynaklara göre günlük elektrik üretimi (2016) .....	3
Şekil 1.2.	Ekonomik olarak yapılabilir projelerin durumu .....	4
Şekil 1.3.	Ekonomik olarak yapılabilir projelerin durumu .....	6
Şekil 3.1.	Genel bir YSA yapısı .....	17
Şekil 3.2.	YSA'nın eğitimi .....	18
Şekil 4.1.	Gökçekaya barajının konumu .....	23
Şekil 4.2.	Gökçekaya barajı havzası .....	23
Şekil 5.1.	Kullanılan YSA modeli .....	26
Şekil 5.2.	MATLAB YSA arayüzü .....	28
Şekil 5.3.	Kullanılan YSA modeli .....	29
Şekil 6.1.	Eğitim sürecinin regresyon analizi .....	32
Şekil 6.2.	20,40,20,1 nöronlu enerji üretim modeli .....	33
Şekil 6.3.	Tüm R analizleri .....	35
Şekil 6.4.	Model test sonuçlarının yazılım çıktıları ile karşılaştırılması .....	36



## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	2011 yılı kişi başına elektrik enerjisi tüketimi ve enerji yoğunluğu....	2
Tablo 1.2.	Ekonomik olarak yapılabilir projelerin durumu .....	6
Tablo 1.3.	Dünyada ve Türkiye’de bulunan hidroelektrik potansiyel dağılımı ....	7
Tablo 4.1.	Gökçekaya barajı yapım detayları .....	24
Tablo 5.1.	YSA parametrelerinin karşılaştırılması .....	26
Tablo 5.2.	Senaryo S2 döngü sayısına göre OKH değerleri .....	30
Tablo 6.1.	Eğitim ve test performanslarının karşılaştırılması.....	31
Tablo 6.2.	Gerçek üretim verileri ve tahmin edilen üretim değerleri .....	32
Tablo 6.3.	YSA uygulama sonuçları.....	36

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Enerji, enerji üretimi, hidroelektrik santraller, yapay sinir ağları

Enerji iş yapabilme gücüdür. Hizmet ve ürün üretmek için her zaman enerji gereklidir. Enerji olgusu, ekonomik büyüme sağlayan önemli bir etkidir. Belli düzeydeki ekonomik büyüme yine belli düzeyde enerji tüketmekle olabilir. Enerji kullanmadan üretimin olması mümkün değildir. Araştırmalara göre; en çok enerji tüketen ülkeler yine aynı zamanda en çok gelişmiş olan ülkelerdir. Yani gelişmiş ülkelerdeki kişi başı enerji tüketimi, gelişmekte olan ülkelerdeki kişi başı enerji tüketiminden fazladır. Kullanılan enerji miktarı ile gelişmişlik düzeyi arasında pozitif ilişki vardır. Hidroelektrik santraller enerji üretimi için kullanılan kaynakların en önemlilerindedir. Bu santrallerde elde edilebilecek enerjinin önceden tespit edilebilmesi enerji planlaması açısından çok önemlidir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında, enerji üretim miktarının tespitinde yapay sinir ağları kullanılmıştır. Çalışma, Gökçekaya Barajı özelinde değerlendirilmiştir. Gökçekaya Barajına ait su seviyesi, rezervuar hacmi, enerji için harcanan debi YSA Modelinde girdi olarak belirlenmiş, üretilen enerji miktarı ise YSA modelinde çıktı olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, oluşturulan modeller ile gerçek enerji miktarları karşılaştırılmıştır ve devamında bir yıllık enerji üretim tahmini gerçekleştirilmiştir.

# EVALUATION OF POWER GENERATION QUANTITY OF GÖKÇEKAYA DAM WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

## SUMMARY

Keywords: Energy, energy generation, hydroelectric power plants, artificial neural networks

Energy is a power to work. Energy is always a need for building serve and product. Energy is a big factor providing economic growth. The economic growth is only possible with using the energy. For the researches, countries that using too much energy are the most developed countries at the same time. Developed countries' per capita energy is more than the developing countries' per capita energy. There is a positive relationship between per capita energy and development level. Hydrology power plants are the most important resources in use. It is very important to identify the acquirable energy from these plants in terms of energy planning. Therefore artificial neural nets are used in this study to fasten the generation of energy. Study is evaluated specific to Gokcekaya dam. Water level, reservoir storage and flow spent for energy of Gokcekaya dam determined with YSA model as an input, and generated energy amount is determined in YSA model as an output. As a result of this study, created models are compared with real energy amounts and afterwards yearlong energy generation is forecasted.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Enerji; geçmişten günümüze tüm ülkelerin en önemli kaynağıdır, ekonomik ve sosyal ilerlemeyi sağlayan etkidir. Ekonomik kalkınmada ilk zamanlar tarımsal faaliyetler ön planda iken sanayi devrimi ile enerji; sanayinin lokomotifi olmuştur. Sanayi devrimi şehirleşme sürecine geçişi hızlandırmıştır ve enerjiye ihtiyacımız buna bağlı olarak artmıştır (Aydın, 2010).

Belli düzeydeki ekonomik büyüme yine belli düzeyde enerji tüketmekle olabilir. Enerji kullanmadan üretimin olması mümkün değildir. (Ghosh, 2002). Araştırmalara göre; en çok enerji tüketen ülkeler yine aynı zamanda en çok gelişmiş olan ülkelerdir. Yani gelişmiş ülkelerdeki kişi başı enerji tüketimi, gelişmekte olan ülkelerdeki kişi başı enerji tüketiminden fazladır. Kullanılan enerji miktarı ile gelişmişlik düzeyi arasında pozitif ilişki vardır (Dursun, 2011).

Enerji yoğunluğu ise; GSYH (Gayri Safi Yurtiçi Hasıla) başına tüketilen birincil enerji miktarını simgeleyen ve dünyada kullanılan bir göstergedir. (Bulgurcu vd. 2014). Bir ülkenin enerji yoğunluğunun düşük olması, o ülkede birim hâsıla üretmek için tüketilen enerjinin o kadar düşük olduğu anlamına gelmektedir. Bu da enerjinin verimli kullanıldığını gösterir (Kavak, 2005). Buna göre; aşağıdaki Tablo 1.1.'de 2011 yılında ülkelerin kişi başına elektrik tüketimi ve enerji yoğunluğu verilmektedir (Koç ve Şenel, 2013).

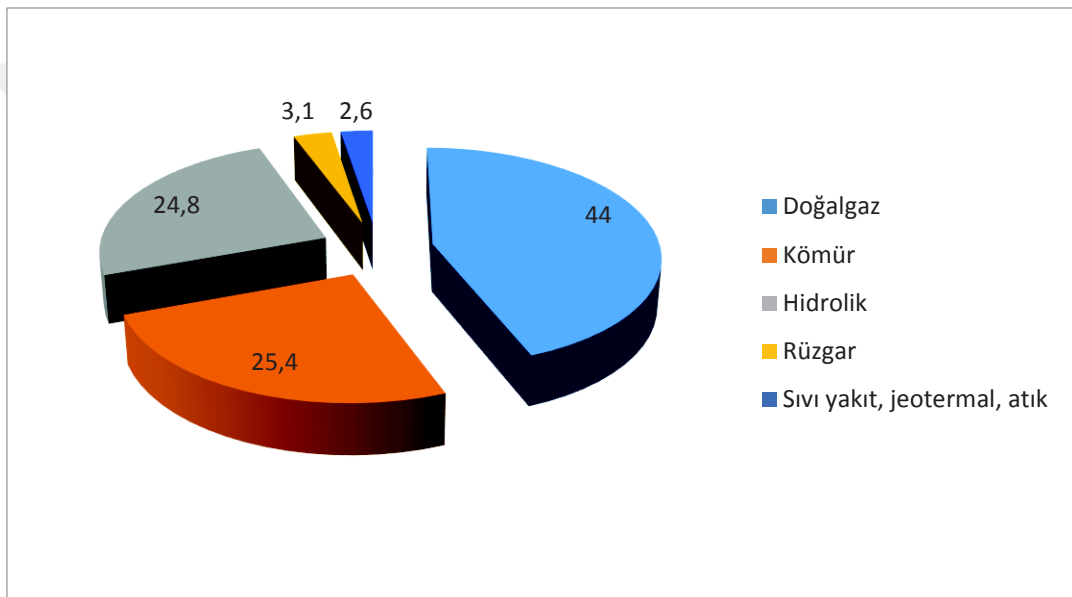
Tablo 1.1. 2011 Yılı ülkelerin kişi başına elektrik enerjisi tüketimi ve enerji yoğunluğu

Ülke	Kişi Başına Elektrik Tüketimi (kWh/kişi)	Kişi Başına Enerji Tüketimi (tep/kişi)	Enerji Yoğunluğu (tep/bin dolar)	Kişi Başına CO <sub>2</sub> Emisyonu (ton/kişi)
İzlanda	53,072	1,742	0,52	10,52
Norveç	25,876	8,77	0,14	9,14
Kuveyt	20,965	11,92	0,26	32,87
Katar	18,395	15,7	0,17	39,95
Kanada	17,620	9,58	0,22	18,1
İsveç	16,656	5,34	0,14	5,8
ABD	13,926	7,28	0,17	19,31
BAE	13,837	11,05	0,19	28,73
Finlandiya	13,653	5,14	0,20	9,8
TÜRKİYE	3,058	1,59	0,11	4,33
DÜNYA	3,155	1,87	0,19	4,88

Tablo 1.1.'de gördüğümüz gibi; 2011 yılında dünyada kişi başına enerji tüketimi 1,87 tep (ton eşdeğer petrol), elektrik enerjisi tüketimi ise 3155 kWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye de ise, aynı yıl kişi başı enerji tüketimi 1,59 tep, elektrik enerjisi tüketimi ise 3058 kWh olarak gerçekleşerek dünya ortalamasının altında yer almıştır (Koç ve Şenel, 2013).

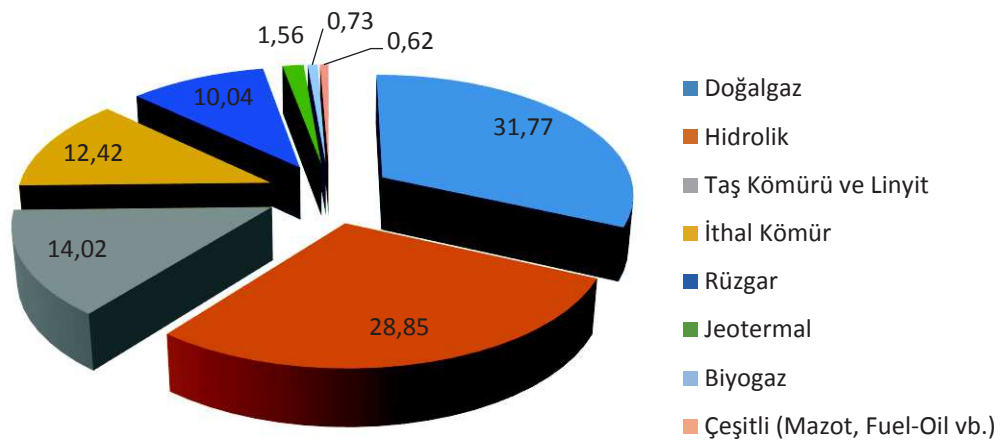
Enerji kaynakları, niteliklerini değiştirip değiştirmemesine göre “birincil” ve “ikincil” enerji kaynağı olarak ikiye ayrılır. Birincil enerji kaynakları; doğada buldukları hali ile direkt olarak kullanılabilirler. Kömür, petrol, doğal gaz, biokütle, güneş, su gücü örnek verilebilir. Birincil enerji kaynakları, başka enerji şekli elde etmek için kullanıldıklarında elde edilen enerji ise ikincil enerji kaynağıdır. İkincil enerji kaynağına verilebilecek en iyi örnek elektrik enerjisidir (Acaroğlu, 2003). Enerji kaynakları kendini yenileyebilme özelliğine göre de ikiye ayrılır. Konvansiyonel enerji; doğal olarak elde edilir. Bitki ve hayvan atıklarının milyarlarca yıl süren kimyasal değişimlerinin sonucudur. Alternatif enerji kaynakları ise; doğada bulunan ve kullanıldıkça miktarı değişmeyen enerji kaynağıdır. Doğada sınırsız bulunur, kullanıldığında çevreye zarar vermez, fosil kaynaklı değildir. Hidroelektrik, güneş, rüzgar, hidrojen enerjisi gibi kaynakları ifade eder (Öztürk, 2008).

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde, hidrolik enerji önemli bir kaynaktır. Çoğu ülkede enerji talebinin %25 ini karşılamaktadır. Hidroelektrik enerji yaklaşık 65 ülkenin elektrik talebinin %50 sini, 13 ülkenin ise elektrik ihtiyacının tamamını karşılamaktadır. Şekil 1.1.'de gördüğümüz üzere; Türkiye'de 2013 yılı itibariyle, toplam elektrik üretiminin % 44.0'ı doğalgazdan, %25.4'ü kömürden, % 24.8'i hidrolik kaynaklardan, % 3.1'i rüzgardan, % 1.6'sı sıvı yakıt ve asfaltitten, % 0.9'u atık ve jeotermalden, % 0.1'i de diğer kaynaklardan karşılanmıştır (Enerji Atlası, 2016).



Şekil 1.1. Türkiye'de 2013 yılı elektrik üretiminde enerji kaynaklarının payları (%) (EÜAŞ, 2013)

2016 yılında ise toplam elektrik üretiminin % 31,77'si doğalgazdan, % 28,85'i hidrolik kaynaklardan, % 14,02'si taş kömürü ve linyitten, % 12,42'si ithal kömürden, % 10,04'ü rüzgârdan, % 1,56'sı jeotermalden, % 0,73'ü biyogazdan ve % 0,62'si ise mazot, fueloil vb. gibi çeşitli kaynaklardan karşılanmıştır. (Şekil 1.2.) Kıyaslandığında; rüzgar, doğalgaz ve hidrolik kaynaklardan yararlanma oranı artarken, kömür oranında düşme görülmüştür (Enerji Atlası, 2016).



Şekil 1.2. Kaynaklara göre günlük elektrik üretimi (2016)

Hidroelektrik enerji hızla akan suyun gücüyle döndürülen elektrik jeneratörlerinden elde edilen elektriktir. İklim değişikliklerine sebebiyet vermesi nedeniyle çeşitli çevre örgütleri tarafından eleştirilmesine rağmen en temiz enerjilerin arasında sıralanmaktadır. En geniş tanımı ile hidrolik enerji sudan üretilen enerjidir (Öztürk, 2008a).

Dünyada en ucuz ve en geniş çaplı yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul gören hidroelektrik enerji (Özsabuncuoğlu ve Uğur, 2005);

1. Temiz bir enerji kaynağıdır. Atmosferi kirletmez, sera gazı etkisine neden olmaz.
2. Kurulum aşaması sonrasında, ucuz ve verimli bir enerji kaynağıdır.
3. Su gibi bir doğal kaynağın geniş kapsamlı olarak kullanımına olanak sağlar. Bu bakımdan küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramları göz ardı edilirse, su, var olduğu sürece sınırsız bir enerji kaynağı olacaktır.
4. Çevre açısından en yararlı enerji kaynağı olarak kabul edilir.
5. İşletme, çevre ve stratejik avantajlarının yanı sıra tamamen yerli kaynak kullanma avantajı sağlar.

6. Yakıt giderinin olmaması, uzun ömürlü olması, işletme giderlerinin çok düşük olması gibi nedenlerle beraber dışa bağımlılığı olmadığı ve yüksek verimli olduğu için tercih sebebidir.

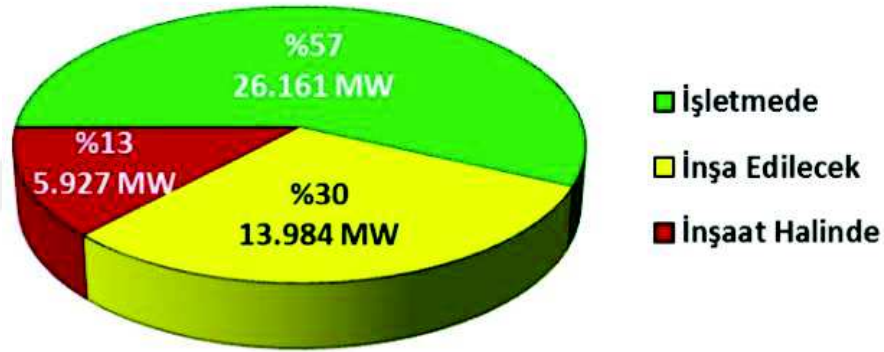
Hidroelektrik üretiminden bahsedilebilmesi için, hidroelektrik potansiyele sahip olunması gerekir. Hidroelektrik potansiyel; brüt, teknik ve ekonomik hidroelektrik potansiyeldir. Brüt hidroelektrik potansiyel; var olan düşü ile ortalama akışlı bir senede gelen akımların tamamının oluşturduğu potansiyeldir. Dolayısıyla bu potansiyeli; topografik yapı ve hidrolojik veriler belirler, değişkenlik göstermez. Türkiye'nin brüt hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh/ yıldır. Teknik potansiyel; brüt potansiyelin yüzdesi olarak belirtilir ve temel kayıpların (enerji dönüşüm kayıpları, düşü kayıpları, debi kayıpları gibi) çıkarılmasıyla elde edilir. Türkiye'nin teknik hidroelektrik potansiyeli 216 milyar kWh/yıl olarak belirlenmiştir (Önöz, 2011). Ekonomik hidroelektrik potansiyel ise; üretilecek hidroelektrik enerji alternatif kaynaklarla karşılaştırılır ve ekonomik analiz yapılarak belirlenir. Bu kaynaklar doğal gaz dayalı termik santraller olabilir ve bundan dolayı değişkenlik gösterir. Bizim gibi enerjide dışa bağımlı ülkelerde bu potansiyel artışın olduğunu söyleyebiliriz. DSİ verilerine göre Ekonomik potansiyelimiz 158 milyar kWh/yıldır. Yeni projelerle birlikte (Tablo 1.2.; Şekil 1.3.) ekonomik potansiyelin 180 milyar kWh/yıla ulaşacağı tahmin edilmektedir (dsi.gov.tr, 15.06.2017).



Tablo 1.2. Ekonomik olarak yapılabilir projelerin durumu

Potansiyel	HES Adedi	Toplum Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	562	26,161	90,773	58
İnşaat halinde	104	5,927	17,875	11
İnşaatına henüz başlanmayan	717	13,984	48,911	31
<b>TOPLAM</b>	<b>1,383</b>	<b>46,072</b>	<b>157,559</b>	<b>100</b>

### HİDROELEKTRİK POTANSİYEL



Şekil 1.3. Ekonomik olarak yapılabilir projelerin durumu

Türkiye değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyeli olarak dünya potansiyelinin %1,5'ine, Avrupa potansiyelinin ise %17,6'sına tekabül etmektedir. (Tablo 1.3.) Mevcut potansiyelimiz ile Avrupa ülkelerinin içerisinde Rusya'dan sonra en büyük potansiyele sahip ikinci ülke olan Türkiye, gelişim oranı açısından iyi bir konumda değildir (DSİ, Devlet Su İşleri, www.dsi.gov.tr, Haziran 2017).

Tablo 1.3. Dünyada ve Türkiye’de bulunan hidroelektrik potansiyel dağılımı

Bölge	Brüt Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik ve Ekonomik Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)
Afrika	4,000,000	1,665,000	1,000,000
Asya	19,000,000	6,800,000	3,600,000
Avustralya/ Okyanusya	600,000	270,000	105,000
Avrupa	3,150,000	1,225,000	800,000
Kuzey ve Orta Amerika	6,000,000	1,500,000	1,100,000
Güney Amerika	7,400,000	2,600,000	2,300,000
Dünya	40,150,000	14,060,000	8,905,000
Türkiye	433,000	216,000	127,820
Türkiye/Dünya (%)	1,07	1,54	1,84

DSİ'nin Türkiye'nin 25 havzasında yaptığı çalışmalar ve istatistikler sonucunda Türkiye, dünya hidroelektrik potansiyeli içinde %1'lik pay ile sekizinci sıradadır. (Tablo 1.3.) Teknik yapılabilir potansiyeli 250 milyar kWh/yıl ile Avrupa potansiyelinin ortalama %20 sine tekabül eden hidroelektrik potansiyele sahiptir. Bu bilgiye göre; Türkiye, Avrupa hidrolik potansiyelinde Rusya ve Norveç'ten sonra Üçüncü sıradadır (Bayazıt, 2013).

OECD ülkeleri içerisinde en büyük hidroelektrik üreticisi 69,205 MW ile Kanada'dır. Norveç ve Kanada'dan sonra en büyük üreticilerden Amerika Birleşik

Devleti yer almaktadır. Bu üç ülke OECD ülkelerinin toplam üretimlerinin üçte ikisine tekabül etmektedir. 1971-1990 yılları arasında Türkiye'nini %12,2 lik artışı önemlidir. 1990 ile 2008 yılları arasında hidroelektrik üretiminin ortalama artışı %2 civarındır. Bu azalmanın sebebi; kuraklıklar, doğalgaz santrallerine yatırımın artmasıdır (Oğuz, 2008).

Ülkemizin büyük ölçekli sanayi yatırımları yapabilmesi için, enerji talepli faaliyetlerin ihtiyacını karşılayabilecek miktarda enerji üretmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, ülkenin enerji politikası, mevcut tüketim talebinin karşılanmasının yanında, yeni yatırımlar için gerekli enerji altyapısının da sağlanması olmalıdır. Bu doğrultuda hidroelektrik santraller önem arz etmektedir. Yapay sinir ağları kullanılması suretiyle enerji üretim miktarının tespitinin Gökçekaya Barajı örneğinde değerlendirildiği bu çalışmada, Gökçekaya Barajı enerji üretiminin tahmini yapay sinir ağları ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Gökçekaya barajına ait su seviyesi, rezervuar hacmi ve enerji için harcanan debi miktarları girdi olarak, üretilen enerji miktarları ise çıktı olarak belirlenmiştir. Oluşturulan on beş adet model ile elde edilen değerler ve gerçek enerji değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan en iyi tahmin modeli belirlenip saçılım diyagramı çizilmiştir.

## BÖLÜM 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Saltabaş vd. (2003), çalışmalarında baraj gibi hidrolik yapıların inşaatından sonra nehrin hidrolojisinde önemli değişiklikler olabileceğinden dolayı, 1975'te Gökçekaya Barajı'nın inşaatından sonra Aşağı Sakarya Nehri'nde meydana gelen katı madde taşınım karakteristiği ve akımı gibi önemli değişiklikleri araştırmışlardır.

Castellano-Mendez vd. (2004), çalışmalarında İspanya'nın kuzey batısındaki Xallas nehir havzasının hidrolojik hareketlerini, nehir tarafından sergilenen akış performansının modellemesini esas alarak araştırmışlardır. Aylık ortalama akışın yanı sıra ortalama şelale akışı tahmini için Box-Jenkins modelleri kullanılmıştır. Karmaşık şelale akış ilişkileri modellemesinin sinirsel ağlar gücü gözlemlenmiştir. Sinirsel ağ performansları, bazı zirve akışlarını saptamak için yeterli olmamasına rağmen, sonuçların çoğu ümit vaat edicidir.

Işık vd. (2005), çalışmalarında bir nehrin herhangi bir noktasından yapılan müdahalenin o noktanın hem membasını hem mansabını etkilediğinden dolayı Orta Sakarya Havzasında Gökçekaya Barajı yapıldıktan sonra Aşağı Sakarya Nehrindeki hidrolojik, morfolojik değişimleri incelemişlerdir. Gökçekaya Barajının yapılmasıyla beraber katı madde taşınım oranı %40-65 oranında azalmıştır. Çünkü barajlar gelen katı maddeyi tutar ki mansaba temiz su bıraksın. Katı madde taşıma kapasitesi artan nehirde oyulmalar oluşur. 1965 ve 2003 yıllarında yapılan nehir en kesit ölçümleri karşılaştırıldığında 7m ye kadar oyulma olduğu saptanmıştır.

Hamzaçebi (2007), çalışmasında Türkiye'nin 2020'ye kadarki net elektrik enerjisi tüketim tahminini gerçekleştirmiştir. Tahmin aracı olarak yapay sinir ağları tercih etmiştir. Yapay Sinir Ağı seçilmesinin arkasındaki sebepler; birden fazla değişkenin gelecek değerlerini aynı anda tahmin edebilmesi ve veri yapısındaki ilişkiye doğrusal

olmayan modellik yapabilmesidir. Yapay Sinir Ağı tarafından bulunan tahmin sonuçları resmi tahminlerle karşılaştırılmıştır.

Yüksek (2008), çalışmasında Türkiye'nin hidrolik enerji potansiyelini ve uzun dönem elektrik enerji talep tahminlerini irdelemiştir. İlk olarak Türkiye'nin enerji kaynaklarını kısaca gözden geçirmiştir. Daha sonra, hidrolik enerji potansiyelini analiz etmiş ve Türkiye'nin yıllık ekonomik uygulanabilir hidrolik enerji potansiyeli ile ilgili; 188TWh, bir önceki tahmin sayısı 128Wh'tan neredeyse %47 daha büyük olduğu sonucuna varmıştır. Türkiye'nin uzun dönem elektrik enerji talebi için gözden geçirilen bir önceki tahmin modellerini sunmuştur. Gelecek talebi tahmin etmek için; gözlemlenen veri, gelecekteki nüfus tahminlerine ve kişi başına düşen enerji tüketimi ve toplam enerji tüketimine bağlı olan, yeni oran artış senaryoları geliştirilmiştir. Hidrolik enerjinin uzun dönem talebi karşılama rolüne tezde yer verilmiştir. Hidrolik enerjinin Türkiye'nin 2020'deki elektrik enerji talebinin %25-35 ini karşılayabileceği tahmin etmiştir.

Doğan vd. (2008), çalışmalarında insan kökenli çalışmaların Aşağı Sakarya nehrine etkilerini incelemişlerdir. 1975 yılı ağır insan çalışmalarının başlangıcı olarak belirlenmiştir. Verilerin değerlendirilmiştir ve görülmüştür ki yıllık ortalama akıntı 1975ten sonra %20 azalmıştır. 1975 sonrası 1975 öncesi ile karşılaştırıldığında akıntı, mevsimlerle daha az verimlilik göstermiştir. Bu doğrultuda, yağış ve sıcaklığın rota üzerindeki etkisi yakın denetimlerde ortaya konmuştur ki akıntı rejimindeki bu değişimler doğal etkilere atfedilemez. İnsan kökenli aktiviteler tarafından harekete geçirilmiş olmalıdır. Bu araştırma açıkça insan aktivitelerinin, nehir subilim ve morfolojisini nasıl değiştirebileceğini ortaya çıkarmaktadır. Bu değişimlerin Sakarya nehrinin akarsu ekolojisine ters etkisi maalesef çözümsüz kalmıştır.

Akın vd. (2008), çalışmalarında Sakarya nehri üzerinde bulunan Gökçekaya baraj gölü suyunun fizokimyasal, zehir bilimsel ve ekolojik değişkenlerini incelemişlerdir. Seçilen alan diğerlerinden farklı özelliklere sahiptir. Bu göl Sakarya nehri üzerinde bulunan diğer iki baraj gölünün arasında bulunmaktadır. Yani gölün ana suyu

Sakarya barajından gelmektedir. 2005-2006 yıllarında göl yüzeyinden ve diplerinden değişik mevsimlerde alınan su örnekleri; fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişkenler ile su kalitesi değişikliklerini saptamak amacıyla incelemişlerdir. Kalitede belirgin değişiklikler görülmezken, suyun içindeki besinlerin az olduğu saptanmıştır. Gökçekaya baraj gölündeki suyun yapısının, mezotrofik (besin seviyesi ortalama olan) olduğu sonucuna varılmıştır.

Öncül (2008), çalışmasında klasik yöntemler ile akım debilerinin tahmini, vakit kaybettireceğinden dolayı Yapay Sinir Ağı kullanarak Aşağı Sakarya Havzasındaki akarsuların debilerini tahmin etmiştir. Debilerden faydalanarak da akarsuların hidroelektrik enerji potansiyelleri üzerinde durmuştur.

Türktemiz (2008), çalışmasında akarsu debisi yıl içinde fazla değişiklik göstermektedir. Bir baraj projelendirilirken, inşa edileceği kesit civarında mümkün mertebe uzun süreli debi ölçümü olmalıdır. Proje uygulayıcıları, barajın inşası için düşünülen yerde akım rasatı yoksa ya da yetersiz ise daha uzaktaki kesitlerde yapılmış akım ölçümlerini baz alırlar ve drenaj alanları esas alındığından sonuç güvenilir olmaz. Bu sebeple Yapay Sinir Ağları kullanılarak baraj haznesine girecek akarsu akımı tahmini için model oluşturulmuştur ve rasyonel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

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.

Akın vd. (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 çözünmüş 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, katyon, 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.

Dindar (2010), çalışmasında Yapay Sinir Ağları metodu kullanarak Tahtaköprü barajındaki aylık buharlaşma miktarı tahminini incelemiştir. Barajlar su tutan yapılar olduğundan buharlaşma, barajdaki su miktarını belirlemede oldukça etkilidir. Barajlar içme, sulama ve kullanma suyu sağladığından buharlaşma miktarının bilinmesi önemlidir.

Bayram (2011), çalışmasında Doğu Karadeniz havzasının en büyük alt havzası olan Harşit Çayının mambadan mansaba, seçilen on gözlem istasyonunda, on beş gün aralık ile su kalitesi incelemiştir. Askı madde konsantrasyonunun bulanıklık, toplam demir ve krom parametrelerine dayalı tahminini Yapay Sinir Ağları yöntemiyle uygulamıştır.

Manzano-Agugliaro vd. (2011), çalışmalarında yenilenebilir ve sürdürülebilir enerjiye uygulanmış bilgi sayısal iyileştirme yöntemlerinin geçerli teknolojisinin, bugünkü durumunun değerlendirmesini ortaya koymuşlardır. Bilgisayar yazılım ve donanımlarındaki ilerlemeler, araştırmacıların iyileştirme problemleriyle baş etmesine imkân vermektedir.

Pianosi vd. (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.

Can (2012), çalışmasında su yapılarının güvenilirliği ve ekonomik planlaması için gerekli olan, belirli bir zaman sürecindeki akım değerlerini elde etmek için yapay sinir ağları yönetimi kullanarak bu modelin hidrolojide kullanılabileceğini göstermiştir.

Jothiprakash ve Magar (2012), çalışmalarında Yapay zeka tekniklerinin uygulanabilirliğini sergilemek amacıyla, Hindistan Maharashtra'daki Koyna nehrinin havzası arasındaki seti durum çalışması olarak seçmişlerdir. Günlük ve saatlik yağış miktarı ve hazne içeri akışının çeşitli zaman serileri, neden-sonuç ve birleştirilmiş modeller esas alınarak parçalı ve dağınık girdi verileri ile geliştirilmiştir. Sonuçta LGP (Linear genetic programming) modellerinin performansı, Yapay Sinir Ağları ve ANFIS modellerine göre özellikle günlük ve saatlik zaman adımlı yağış akışlarını tahmin etmede üstün gelmiştir. Bütün performansların detaylı karşılaştırılması gösteriyor ki birleştirilmiş girdi modeli (yağış miktarı ve içeri akış birleşimi) hem parçalı hem dağınık girdi modellerinde daha iyi performans gösterdi. Dağınık verinin biraz daha zayıf performansı, geniş değişimler ve gözlenen değerlerin daha az sayıda olmasından kaynaklanmaktadır.

Sözen vd. (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.



Uzlu vd. (2014), çalışmalarında öncelikle ANN-ABC model performansını, ANN modelleri ile BP algoritması sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Model doğruluğunu değerlendirmek için ortalama kare ve bağıl hata uygulamışlardır. Test set hataları, ANN-ABC ve klasik ANN modelleri arasındaki pozitif farklılıkları belirtmiştir. Doğruluk biçimlerini belirledikten sonra Türkiye'nin hidrolik elektrik üretiminin gelecek değerler tahminleri için üç farklı senaryo geliştirilmiştir. Sonuçlara göre, ANN-ABC yönteminin hidroelektrik üretimini, klasik ANN ile BP algoritmasından daha iyi tahmin etmiştir.

Kızılaslan vd. (2014), çalışmalarında Aşağı Sakarya Nehrindeki debi miktarını Yapay Sinir Ağları modeli kullanarak tahmin etmişlerdir. Dört gün zaman ötelemesi yapıp en iyi sonucu veren senaryo belirlemeye çalışmışlardır. Senaryolarda Aşağı Sakarya Havzasına dahil olan Doğançay Akım Gözlem İstasyonundan sağlanan akım verileri kullanmışlardır. Bu çalışmanın enerji planlamasına ve taşkın çalışmalarına faydası olacağı düşünülmektedir.

Sertkaya vd. (2015), çalışmalarında Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin dünyada ve ülkemizdeki durumlarını incelemişlerdir. Ülkemizde nükleer santraller ve yenilenebilir enerji kaynakların ve tüm gelişmiş ülkelerin portföyünde bulunan Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallere ihtiyaç vardır.

Doğan vd. (2016), çalışmalarında Barajların enerji üretmek, su ihtiyacını karşılamak ve taşkınları önleyebilmek gibi özelliklerinden dolayı Sakarya Nehri üzerinde bulunan Gökçekaya Barajının, Sakarya Nehrinin akımına olan etkisini araştırmışlardır. Öncelikle Aşağı Sakarya Nehrindeki Doğançay istasyonuna ait Gökçekaya Barajının işletmeye alındığı tarihin öncesi ve sonrası akım değişim grafikleri gösterilmiştir. Sonrasında Trend Analizi yöntemi ile analizler yapılmıştır. Analiz sonucuna göre; Gökçekaya Barajı inşa edildikten sonra Sakarya Nehri akım rejimlerinin düzenlendiği tespit edilmiştir.

Doğan vd. (2016), çalışmalarında barajların; üzerinde buldukları akarsuların hidrolojik, morfolojik ve sediment taşıma kapasitesi gibi karakteristik özelliklerinde

önemli değişiklikler meydana getirdiğinden Aşağı Sakarya Nehrinde meydana gelen hidrolojik değişiklikler araştırmışlardır. Bu sebeple Orta Sakarya Havzasında yer alan; Sarıyar, Gökçekaya, Yenice Barajlarının işletmeye alınmasından önceki ve sonraki durumlar için nehirdeki akımların değişimleri incelenmiştir. Sonuçta; nehirdeki taşkın pik debileri düşerken, nehir rejiminin düzenlendiği tespit edilmiştir.

Yıldız (2016), çalışmasında Yapay Sınır Ağlarının ileriye dönük tahminlerdeki başarısı ve performans analizi üzerinde durmuştur. Gözlemlenen rüzgar hızındaki datalar WASP programına aktarılarak enerji hesabı karşılaştırılması yapmıştır.

Singh ve Singal (2017), çalışmalarında hidrolik enerji santrallerinin çalışma prensibini incelemişlerdir. Tüm değişkenlerin; hidrolik enerji santrallerinin çalışmasına katkıları, hidrolik enerji çalışma üretiminin maksimize edilmesi ve hidrolik enerji çalışma tutarlarını minimize edilmesi esas alınarak tartışılmıştır. Hidroelektrik santralının, enerji üretimini maksimize etmek ve çalışma tutarını minimize etmek için matematiksel yöntemler geliştirilmiştir.

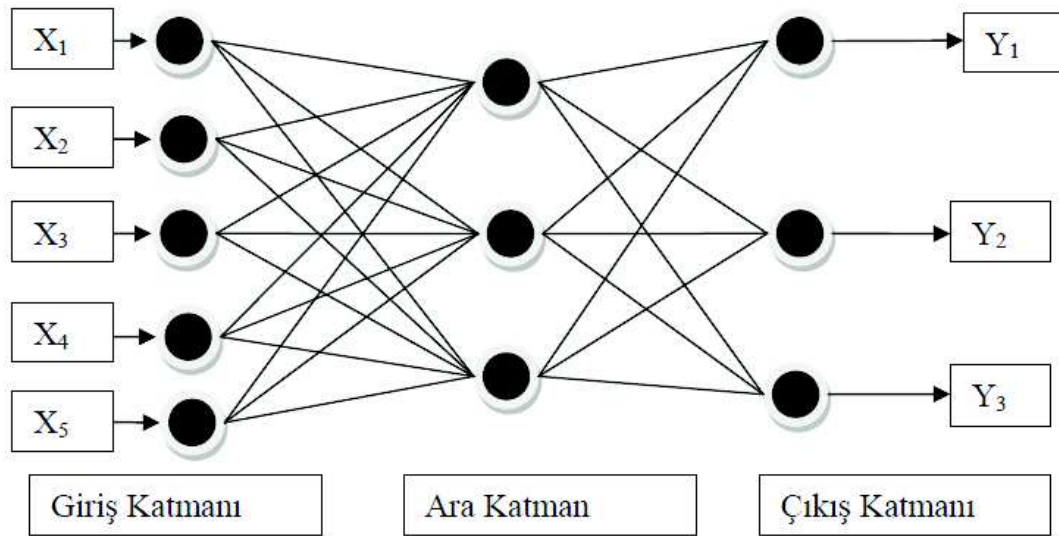
## **BÖLÜM 3. YAPAY SİNİR AĞLARI**

Sayısal işlemlerde; bilgisayarlar çok hızlı olmalarına rağmen, insan beyni gürültülü ortamda eksik bilgi ile görme, duyma hatta düzeltme gibi işlemleri çok daha kısa sürede gerçekleştirmektedir. Bu durum insanı, kendi beynini incelemeye yöneltmiştir (Baş, 2006).

Beyin ve dokusu incelendiğinde varılan sonuç; beyindeki sinirlerin bilgileri paralel işlediğidir. Bilim adamları bu doğruyu referans alarak, insan davranışlarını mümkün olduğunca modelleyebilecek yöntemler geliştirmişlerdir. Yapay Sinir Ağları, karınca koloni, genetik algoritmalar, bulanık mantık, tabu arama gibi.. Bu bölümde Yapay Sinir Ağlarına dair bilgiler verilmiştir (Aziz ve Dar, 2004).

### **3.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı**

Yapay Sinir Ağları; birbirleri ile paralel iletişim içinde olan tabakalara ve her tabakasında olması gerektiği kadar nörona sahip olan bir sistemdir. İleri ve geri beslemeli olmak üzere 2 ye ayrılır. Şekil 3.1. ileri beslemeli ağlara örnek teşkil eder (Sağıroğlu, 2003).

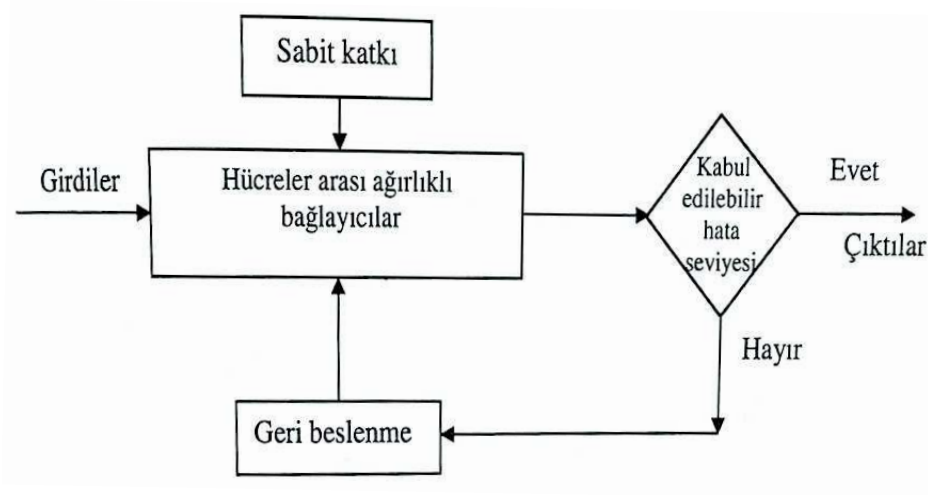


Şekil 3.1. Genel bir YSA yapısı

Bu tabakalar; girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olarak adlandırılır. Dışarıdan bilgileri alıp gizli katmanlara iletmekle görevli olan girdi katmanıdır. Gizli katman da aldığı bilgileri işleyerek çıktı katmanına iletmekle görevlidir. Gizli katman bir veya daha fazla olabilmektedir. Gizli katmanın olması veya sayısının artırılması çalışmanın verimini artırıp artırmayacağı konusunda garanti vermez. Ancak çok katmanlı YSA lar eğrisel tasvirlerde iyi sonuçlar vermektedir. Çıktı katmanı ise gizli katmandan gelen bilgileri dış ortama aktarır (Hamzaçebi, 2011).

### 3.2. Yapay Sinir Ağlarının Eğitimi ve Testi

Bir YSA önce mimariye sahiptir. Bu mimari yapının işlenmesini ise bünyesinde bulundurduğu matematiksel fonksiyonlar sağlar. Matematiksel fonksiyonlar sayesinde aldıkları bilgiyi faydalı çıktılara dönüştürürler. Beklenen ile gerçek değerler arasındaki fark hata olarak tanımlanır. YSA aldığı bilgileri hata yaparak eğitim yolu ile öğrenebilirler. Eğitim sırasında bağlantılardaki ağırlıklar, giriş ile çıkış arasındaki en iyi tasviri gerçekleyebilecek şekilde kendini yeniler. (Şekil 3.2.) İşte çıkış değerlerinin gerçek değerlere yakın oluncaya kadar yapılan işlemlerin tümüne YSA'nın eğitilmesi denir (Şen, 2004).



Şekil 3.2. YSA'nın eğitimi

Sonuç olarak; modelin, mutlak en küçük değere ulaşması istenir ancak bu konuda garanti vermek zordur. Eğitim esnasında en küçük değere ulaşılabilir fakat bu rastlantı da olabilir. Bu sebeple elde edilen veriler; eğitim, sınav ve uyum ziyadesi adı verilen kısma ayrılmalıdır. Smith ve Eli bu ayrımın %40-%30-%30 olmasını tavsiye etmiştir (Şen, 2004).

### 3.3. Yapay Sinir Ağlarının Avantajları ve Dezavantajları

Yapay sinir ağları uygulanarak yapılan analizlerde birtakım artı özellikler vardır. Bazıları aşağıda verilmiştir (Symeonidis, 2000).

1. Paralel çalışmasından, bilgileri hızlı işleyebilmesinden ve kolayca gerçekleştirilebilir olmasından dolayı, şekil tanıma, ilişkilendirme, sınıflandırma ve genelleme gibi pek çok alandan kullanılmaktadır.
2. Taşınan bilgiler birbirinden bağımsızdır. Aynı tabakadaki bağlantılar arasında zaman bağımlılığı olmadığından dolayı eş zamanlı çalışabilir, zamanı verimli kullanırlar.
3. Yapay sinir ağları değişen bir ortamda esnekliğe sahiptir.
4. Yapay sinir ağları, hata yaparak eğitim yolu ile öğrenerek kendini geliştirir.
5. Yapay sinir ağları doğrusal veya eğrisel olabilir.
6. Yapay sinir ağları uygulamalarının maliyetinin düşük olması tercih sebeplerinden biridir.

Yapay sinir bazı dezavantajları da vardır (Elmas, 2003; Öztemel, 2003). Bunlar;

1. Probleme uygun ağ yapısının deneme yanılma yoluyla belirlenmesi
2. Uygun çözüme ulaşılamaması
3. Sinir ağlarının donanım bağımlı olarak çalışmaları önemli bir sorun teşkil etmesi,
4. Ağ eğitime ne zaman son verileceği uzmanın görüşüne bağlı olunması
5. Ağın parametre değerlerinin, öğrenme katsayısı, katman sayısı vb. belirlenmesinde bir kural olmaması
6. Ağın davranışlarının açıklanamaması,
7. İstatistiksel çözümlerinin beraberinde sorun alanına dair anlaşılabilir ve yorumlamaya olanak veren parametreler üretmesine rağmen, bu parametrelerin henüz yorumlama olanağı bulunmamasıdır.

#### **3.4. Yapay Sinir Ağı Modelinin Tasarlama Aşamaları**

Yapay Sinir Ağlarında tasarımı etkileyen ve başarısına etki eden faktörler vardır (Sağiroğlu, Beşdok ve Erler, 2003). Bunlar genel olarak;

1. Uygun mimarinin tercihi
2. Bu mimariye uygun öğrenme algoritmasının seçimi ve bu algoritmaya uygun parametrelerin seçimi
3. Belirlenen mimariye uygun giriş, ara katman ve çıkış sayılarının belirlenmesi
4. Ara katman sinir hücresi sayılarının yeteri kadar seçilmesi
5. Saklı tabakada bulunan hücrelerde kullanılacak aktivasyon fonksiyonunun belirlenmesi
6. Eğitim ve test kümelerinin belirlenmesi
7. Bu kümelerde kullanılacak olan normalizasyon seviyelerinin belirlenmesi

Bu aşamaların düzgün işletilmediği durumlarda karmaşa artıp, YSA'nın performansını düşürecektir. YSA'nın genelleme yeteneğini; ağın büyüklüğü, öğrenme

seviyesi, ağırlıkların sınıflandırma seviyeleri etkilemektedir. YSA'nın karmaşıklığını azaltacak en etkin araç; mimari yapının değişmesidir. Fazla işlemci elemanı içeren ağlar düşük genelleme yapabilmektedir (Sağıroğlu, Beşdok ve Erler, 2003).

YSA ların genelleme yapabilmeleri, hızlı ve az veri ile öğrenebilmeleri açısından birçok problemin çözümünde tercih edilmektedir. Giriş ve çıkış bilgileri arasındaki tasviri, en iyi gerçekleyebilecek şekilde bağlantı ağırlıklarının yenilenmesine YSA'nın öğrenmesi denir. Her aşamada bağlantı ağırlığının nasıl değiştirilmesi gerektiğini öğrenme algoritması temin eder. Eğitim süresince performans fonksiyonu izlenmekle beraber genelleme testleri uygulanarak en uygun öğrenme seviyesi belirlenir. Öğrenmede tercih edilen transfer fonksiyonu önemlidir. Probleme göre fonksiyon tipinin belirlenmesi başarıyı etkiler. Bu sebeple birden fazla fonksiyon bir arada kullanılabilir (Sağıroğlu, Beşdok ve Erler, 2003).

#### 3.4.1. 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.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2 \quad (3.1)$$

ile ifade edilir. İleri beslemeli ağlarda kullanılan hata fonksiyonlarından diğeri ise kare ortalamalarının karekökü

$$SSE = \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2 \quad (3.2)$$

eşitliği ile hesaplanır.

### 3.4.2. Mutlak hatalar ortalaması

Tahminlerin sonuçlara ne kadar yaklaştığını ölçmek için kullanılan mutlak hatalar ortalaması; tahmin setindeki hataların büyüklüklerini ve yönlerini dikkate almadan ölçer (Wilmott ve Matsuura, 2005).

Hesaplama; hataların mutlak farkları toplanır ve mutlak hata bulunur. Sonrasında toplam hata sayısına bölünerek Denklem 3.3.'de ortalama hata bulunur.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_i - y_i| = n^{-1} \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (3.3)$$

Formülde  $f_i$  tahmini,  $y_i$  gerçek değeri ikisinin farkı da  $e_i$  hatayı belirtir.

### 3.5. Enerji Üretim Formülü

Enerji maddenin bir özelliği olup; kütle ile orantılıdır. Newton'un hareket kanununa göre; bir cisme etkileyen kuvvet, o cismin kuvvet doğrultusunda ki momentum değişimine eşittir.

Hidroelektrik santrallerde bulunan suyun sahip olduğu potansiyel enerji vardır. Su yüksekten bırakıldığında sahip olunan potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşür. Su türbine çarpar ve enerjisini türbine iletir. Dönmekte olan türbin bağlı olduğu jeneratörü döndürür ve elektrik enerjisi üretilmiş olur.

Bu kurala göre hidroelektrik santrallerden elde edilebilecek güç; debi, düşü yüksekliği, yer çekimi ivmesi ve suyun yoğunluğu ile doğru orantılı olabilecek şekilde Denklem 3.4. de hesaplanmıştır (Canada, 2001-2004; Elmasdere ve Çimen, 2006).

$$P = h \times Q \times \rho \times g \times n \quad (3.4)$$

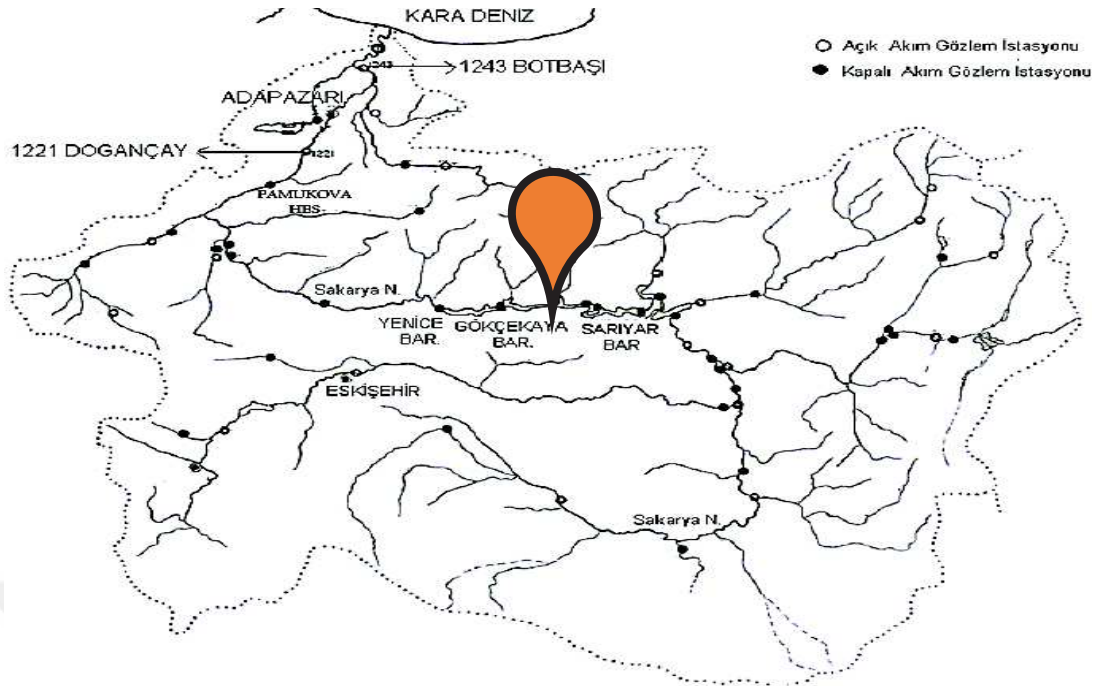
Burada gerçek güç (P), akışa bağlı hidrolik kayıplar ve türbin su kanalı verimi indirgemesi (n), debi (Q), düşü yüksekliği (h), yerçekimi ivmesi (g) ve suyun yoğunluğu ( $\rho$ ).



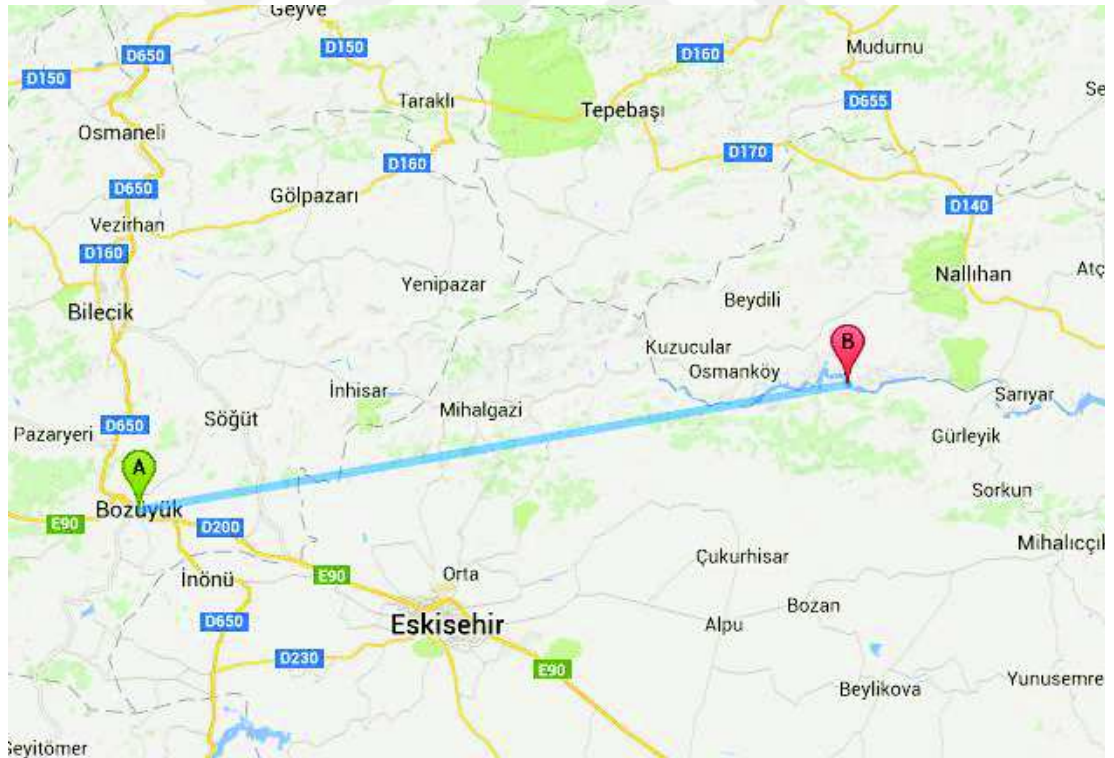
## **BÖLÜM 4. MATERYAL VE YÖNTEM**

Enerji sektöründe önemli bir yeri olan hidroelektrik enerji, Türkiye’de 25 havzada üretilmektedir. Sakarya Havzası 12 numaralı ve ülkemizin en önemli akarsularındandır. Sakarya Havzası Türkiye’nin kuzeybatısında bulunan üçüncü Kuzeybatı Anadolu akarsuyudur. Eskişehir ilimizin Çifteler ilçesinin 3km güneydoğusundan doğar, birçok dere ile beslenir. Sakarya iline ise Pamukova ilçesinin güneyinden girer. Önceleri taşkınlarla etrafına zarar veren nehir, son 40 yılda üzerine yapılan barajlarla bu zararları ortadan kaldırılmıştır. Yukarı, orta ve aşağı olmak üzere üç kısma ayrılır (Şekil 4.1.) (Kızılaslan, 2014).

Gökçekaya Barajı Orta Sakarya Havzasındaki ikinci tesistir. Eskişehir’in 60 km kuzeydoğusunda ve Sarıyar Barajının 50 km mansabında bulunmaktadır. (Şekil 4.2.) Gökçekaya Barajı ve Hidroelektrik Santrali kamuya ait olan Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) tarafından işletilir ve 278,40 MWe kurulu gücü ile Türkiye’nin 58. Büyük enerji santralidir. Amacı yalnızca enerji üretimidir ve Türkiye’nin ilk Beton Kemer Barajıdır (Tablo 4.1.) (www.enerjiatlası.com, 24.03.2017).



Şekil 4.1. Gökçekaya barajı bulunduğu bölge



Şekil 4.2. Gökçekaya barajı havzası

Tablo 4.1. Gökçekaya barajı yapım detayları

Gökçekaya HES	
Barajın Yeri	Eskişehir
Akarsuyu	Sakarya
Amacı	Enerji Üretimi
İnşaatın Başlama Yılı	1967-1972
Gövde Tipi	Beton Kemer
Gövde Hacmi	650 dam <sup>3</sup>
Yükseklik	115 m
Rezervuar Hacmi	910 hm <sup>3</sup>
Rezervuar Alanı	20k m <sup>2</sup>
Hizmete giriş tarihi	1972

Ballık Mevkiinde kurulmuş olan rasat istasyonu tarafından 1938-1956 yılları arasında su ölçümleri yapılmıştır. 1956 yılından itibaren Gökçekaya Barajı, Sarıyar rezervuarı içinde kaldığından dolayı ölçümler; türbinlerden geçirilen debinin ölçülmesine göre yapılmıştır (enerjiatlası.com, 24.03.2017).

Bu çalışmada Elektrik Üretim A.Ş. den temin edilen aylık veriler kullanılmıştır. Verilerin başlangıç tarihi Ocak 2010 olup bitiş tarihi Aralık 2016'dır. Modellemede; senaryo 1'de toplam 84 adet veri kullanılmıştır. Bunlardan 24 adeti test, 60 adeti eğitimde kullanmak üzere bu tarihlere ait su seviyesi, rezervuar hacmi, enerji için harcanan debi girdi olarak, üretilen enerji miktarı çıktı olarak kullanılmıştır. Senaryo 2'de ise ilk altı yıla ait 72 adet verinin 50 adeti eğitim, 14 adeti doğrulama, 8 adeti test olarak kullanılarak bir yıllık enerji üretim tahmini değerlendirilmiştir.

## BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRME

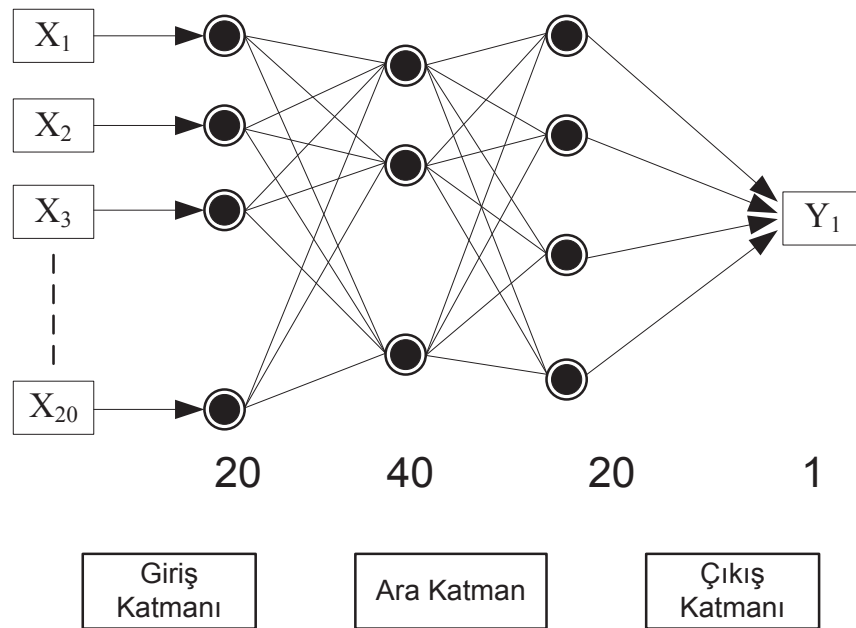
Bu tez çalışmasında geliştirilen Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Enerji Üretim Miktarının Tespiti YSA modülü eğitimi gerçekleştirilirken takip edilen adımlar aşağıda sırayla sunulmaktadır.

1. YSA mimarisinin oluşturulması
2. Eğitim veri setinin okunup, normalize edilmesi
3. İlk ağırlık değerlerinin atanması ile
4. Eğitime başlanması,
5. Belirlenen devir sayısına kadar eğitimin devam edilmesi
6. Sonuçların değerlendirilmesi

Senaryo 1 olarak belirlenen bu çalışmada; YSA yapılarından çok katlı perseptron tercih edilmiştir. YSA sınıflandırma performansı sınanmıştır. YSA performansında etkili olan; nöron sayısı, geçiş fonksiyonu parametreleri ve devir sayısı değiştirilerek uygun parametre aranmıştır. YSA giriş sayısındaki büyük artış sistem karmaşıklığını yükseltip eğitim performansını düşürdüğü için farklı bir yöntem arayışına gidilmiştir. Tablo 5.1.'de görüldüğü üzere farklı katman ve nöron sayısına göre tasarımlar denenmiş. En uygun modelin önerdiğimiz 3 numaralı model olduğu tespit edilmiştir. OKH değerinin diğer modellere göre en düşük değerde olduğu tespit edilmiş ve tahmin sürecinde bu önerilen model kullanılmıştır.

Tablo 5.1. YSA parametrelerinin karşılaştırılması

YSA	Ara Katman Sayısı	Her Katmanda Nöron sayısı	Transfer fonksiyonu	Öğrenme Algoritması	OKH
1	2	5,5,1	S,TH,L	LM	$2.4 \times 10^0$
2	2	10,30,1	S,TH,L	LM	$7.7 \times 10^{-22}$
3	3	20,40,20,1	S,TH,S,L	LM	$0.98 \times 10^{-29}$
4	2	30,40,1	S,TH,L	LM	$8.78 \times 10^{-24}$
5	2	5,5,1	S,TH,L	GD	$17.54 \times 10^0$
6	2	20,40,1	S,TH,L	GD	$2.3 \times 10^0$
7	2	30,80,1	S,TH,L	GD	$5.49 \times 10^0$
8	2	10,10,1	S,TH,L	GDM	$17.86 \times 10^0$
9	2	20,20,1	S,TH,L	GDM	$6.3 \times 10^0$
10	2	10,10,1	S,TH,L	GDA	$7.24 \times 10^0$
11	2	30,50,1	S,TH,L	GDA	$7.08 \times 10^0$
12	2	20,40,1	TH,S,L	LM	$2.28 \times 10^{-22}$
13	3	20,30,40,1	S,TH,TH,L	LM	$6.8 \times 10^{-16}$
14	3	20,30,40,1	S,S,TH,L	LM	$1.12 \times 10^{-26}$
15	3	20,30,40,1	TH,S,TH,L	LM	$2.67 \times 10^{-19}$



Şekil 5.1. Kullanılan YSA modeli

Şekil 5.1.'de verilen YSA modeli kesişim tespit yöntemi için kullanılmaktadır. Birleşim Tespit Yöntemi için Şekil 5.1.'de verilen YSA modeli 20 giriş olarak tasarlanmıştır. Temin edilen 7 yıllık verinin 84 aylık verileri düşünüldüğünde eğitime 15., 18., 21., 24., 27., 30., 33., 35., 38., 41., 44., 47., 50., 53., 56., 59., 62., 65., 68., 71., 74., 77., 80., 83. aylardaki veriler test verisi olarak kullanılmıştır. Böylelikle

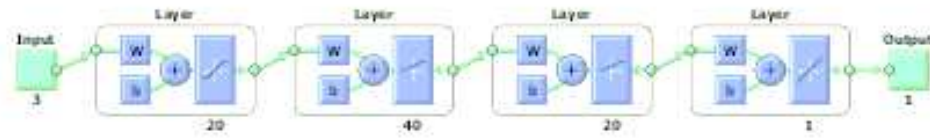
elimizdeki kısıtlı sayıdaki veriler ile YSA'nın eğitimi gerçekleştirilebilmiştir. Sonuç olarak 84 verinin içerisinde 60 veri eğitim için 24 veri test işlemi için kullanılmıştır. Verilerimiz %71.43 oranında eğitim için, %28.57 oranında test işlemi için kullanılmıştır. YSA modelinin eğitilmesi için yapılan testler sonucunda 1. ve 3. ara katmanda sigmoid transfer fonksiyonuna sahip 20 nöronlu yapı ile 2. ara katmanda tanjant hiperbolik transfer fonksiyonuna sahip 40 nöronlu yapının kullanılmasının daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo5.1.'e bakıldığında YSA yapıları karşılaştırılmış ve en uygun yapının 3. satırda belirtilen Levenberg-Marquardt öğrenme algoritmasına sahip 20, 40, 20, 1 nöron yapısındaki YSA modelinin uygun olduğu OKH değerinin düşüklüğünden dolayı olduğu gözlenmiştir.

Birinci senaryo (S1) olarak belirlediğimiz bu model koşturulmadan (çalıştırılmadan) önce test ve eğitim için iki bölüme ayrılmıştır. Eğitim aşamasında model eğitim algoritmasını kullanarak bağlantı ağırlıklarını değiştirir ve en uygun olan değeri belirler. Optimize edilmiş bağlantı verileri kullanılarak model çıktılar üretir ve istenilen çıktılar ile modelin çıktıları karşılaştırılır. Bu iki değer arasında fark alınarak hata değeri belirlenir. Hatanın istenilen değere kadara düşürülmesine eğitim döngüsü ya da devir (epoch) denir.

Şekil 5.2.'de görüldüğü üzere Şekil 5.1.'de oluşturulan modelin MATLAB (2016b) programının ara yüzünün kullanıldığı gösterilmiştir.

### Neural Network



### Algorithms

Training: Levenberg-Marquardt (`trainlm`)  
 Performance: Mean Squared Error (`mse`)  
 Calculations: MATLAB

### Progress

Epoch:	0	601 iterations	10000
Time:		0:04:21	
Performance:	1.90e+03	1.20	0.00
Gradient:	1.29e+04	1.59	1.00e-07
Mu:	0.00100	100	1.00e+10
Validation Checks:	0	0	6

### Plots

Performance	( <code>plotperform</code> )
Training State	( <code>plottrainstate</code> )
Regression	( <code>plotregression</code> )

Plot Interval:

 Opening Performance Plot

 Stop Training

 Cancel

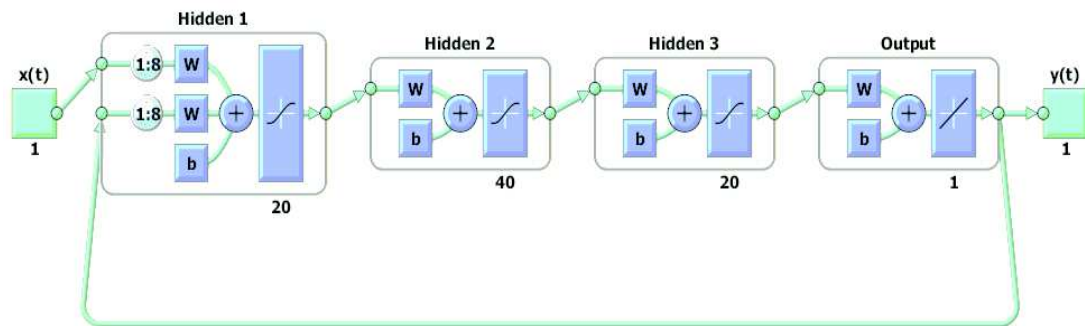
Şekil 5.2. MATLAB YSA Ara yüzü

Model girdileri olarak; ay sonu göldeki su miktarı, rezervuar hacmi, enerji için harcanan debi kullanılmaktadır. Brüt üretim verileri YSA modellemek için çıktı olarak kullanılmıştır.

Performans kriteri OKH (En Küçük Ortalama Karesel Hata) olarak belirlenmiştir. Eğitimin bu aşamasında hata oranının giderek düştüğü ve YSA modelinin uygulanan eğitim veri kümelerinden genelleme çıkartabildiği görülmektedir. Hata oranı sıfıra yaklaşırken sistem varsayılan eğimin minimum eğim düzeyine ulaşarak alınan bu

iyi sonuçlardan sonra eğitim işlemi sonlanmış ve tespit edilen bu parametrelerle sistemin eğitilmesi gerçekleştirilmeye karar verilmiştir. Bu işlemlerden sonra eğitim işlemine sokmadığımız verilerin doğru tahmin edilip edilmediğini gözlemleyebilmek için modelimize test verileri girdi olarak verilmiştir. Modelimizin çıktıları tahmin edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Bu senaryoda o aya ait girdi verileri baz alınarak tahmini üretim verileri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Sonuçlar ve Tartışma bölümünde ele alınmıştır.

Bu çalışmaya ilaveten ikinci senaryoda (S2) Şekil 5.3.'de gösterilen ağ yapısı kullanılarak closed-loop (Kapalı-döngü) bir sistem oluşturularak gelecek 12 aylık yani 1 yıllık enerji üretim tahmini gerçekleştirilmiştir. Veriler içerisinde eğitim için %70, doğrulama için %20 ve test için %10 lık kısmı kullanılmıştır. Bir önceki uygulamada olduğu gibi Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması kullanılmıştır. Gizli tabaka sayısı 3, çıktı tabakasındaki hücre sayısı 1 olarak belirtilmiştir. En uygun hücre sayısı 20, 40, 20, 1 olarak belirlenmiştir. Öğrenme oranı 0.001 olarak alınmıştır. Öğrenmenin tamamlanma kriteri olarak 10000 adım seçilmiştir.



Şekil 5.3. Kullanılan YSA modeli

Tablo 5.2.'de en iyi doğrulama performansına hangi döngüde elde edileceği hakkında bilgi verilmiştir. Bu sistem sıfır hata oranına ulaşmak için 601 döngü seviyesine kadar eğitime alınmıştır. Eğitim 0 döngü seviyesinde ortalama hata kareleri toplamı 724.1'dir. Eğitim 222. döngü seviyesinde ulaştığı zaman ortalama hata kareleri toplamı 1.202 olmaktadır.



Tablo 5.2. Senaryo S2 döngü sayısına göre OKH değerleri

OKH	Döngü Sayısı
35.24	50
29.13	100
28.02	150
2.156	200
1.202	250

Senaryo S1 de olduğu gibi senaryo S2’de de aynı arakatman ve nöron sayısında bir model tercih edilmiştir. Senaryo S1 ve S2 tanımlamalarının yapılmasının ardından Sonuçlar ve Tartışma bölümünde her iki senaryonun performans analizleri gerçekleştirilmiştir.



## BÖLÜM 6. SONUÇLAR

Enerji üretimi için, hidroelektrik santraller en önemli kaynaklardandır. Yenilenebilir olması ve çevreye en az zararı vermesi tercih sebebidir. Sınırlı veya değişkenlik arz etmesi, kaynaklardan optimum şekilde faydalanılmasını gerektirmektedir. Bu sebeple enerjinin önceden tespit edilmesi planlama açısından önemlidir. YSA kullanılarak yapılan çalışmalarda;

Senaryo S1’de tüm veriler %71’i eğitim aşamasında ve kalan diğer tüm veriler %29 ‘i test aşamasında kullanılmıştır. Test aşamasındaki veriler daha önce modele tanıtılmamıştır. Model en iyi değerine eğitim aşaması için %99.854 test aşaması için %99.73 ile ulaşmıştır. Tablo 6.1.’de eğitim ve test aşaması için hesaplanan R (korelasyon) değerleri verilmiştir.

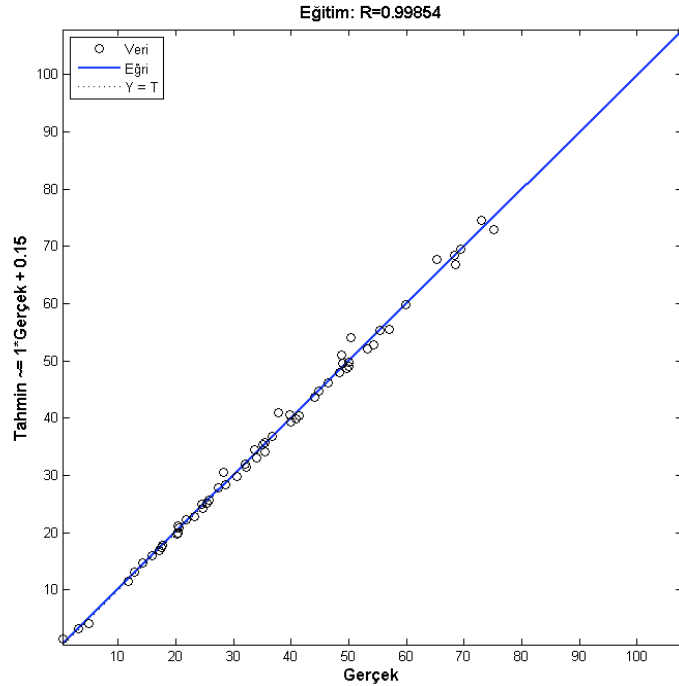
Tablo 6.1. Eğitim ve test performanslarının karşılaştırılması

Eğitim	60	0.99854
Test	24	0.99730
Toplam	84	0.92955

Tablo 6.1.’de görüldüğü üzere %99’luk bir oranın başarılı olduğu rahatlıkla söylenebilir. Kurulan modelde elde edilen enerji oranları ile gerçek enerji oranları Tablo 6.2. ve eğitim regrasyon analizi şekil 6. 1. grafiğinde verilmiştir. Burada elde edilen sonuçlara göre saçılım diyagramlarının 45<sup>0</sup>’lik eğime çok yakın oldukları ve regrasyon katsayısının da 0,99854 olduğu görülmüştür. Elde edilen bu değerlerin hem test hemde eğitim için hemen hemen aynı sonuçları vermesi eğitimin homojen olarak yapıldığı ve bütün örneklemelerin temsil edildiği sonucuna varabilmemiz anlamına gelmektedir.

Tablo 6.2. Gerçek üretim verileri ve tahmin edilen üretim değerleri

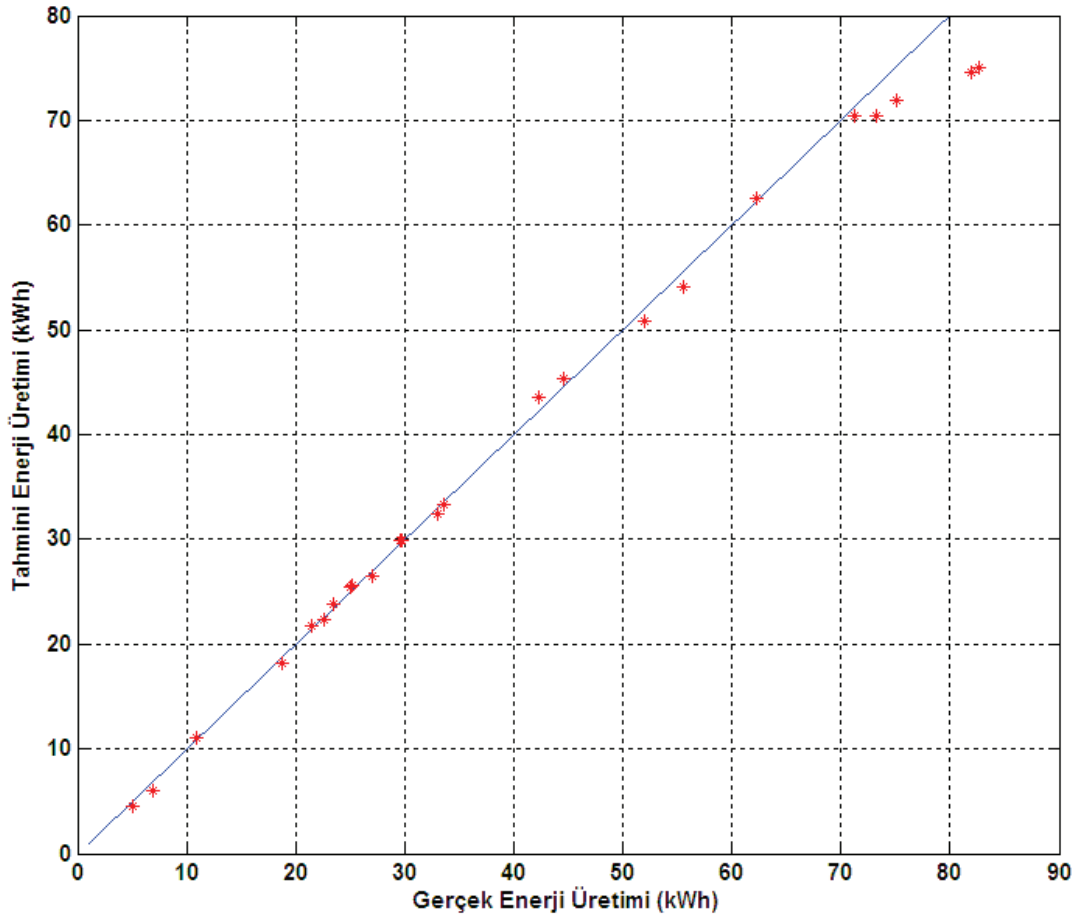
Ay:	15.	18.	21.	24.	27.	30.
Gerçek Veriler	75,148	42,24	25,01	27,09	73,19	44,54
Tahmin edilen veriler	71,93058	43,61021	25,42592	26,47312	70,48992	45,31571
Gerçek Veriler	33.	35.	38.	41.	44.	47.
Tahmin edilen veriler	29,67	33,06	82,69	5,13	10,92	62,32
Gerçek Veriler	29,97273	32,37166	74,98452	4,489751	11,10255	62,53648
Gerçek Veriler	50.	53.	56.	59.	62.	65.
Tahmin edilen veriler	18,82	23,40	29,59	6,86	55,61	71,29
Gerçek Veriler	18,24609	23,84847	29,92376	5,961869	54,0393	70,4053
Gerçek Veriler	68.	71.	74.	77.	80.	83.
Tahmin edilen veriler	25,12	22,55	81,96	33,60	21,40	51,94
Gerçek Veriler	25,58239	22,2723	74,61068	33,39459	21,75213	50,81308



Şekil 6.1. Eğitim sürecinin regresyon analizi

Şekil 6.1.'de eğitim sürecinin regresyon analizi gösterilmiştir. Eğitim regresyon analizinin sonucunda %99.854 başarımla onarına sahip olduğu görülmüştür. Bu durumda önerilen modelin eğitim başarısı yüksek olduğu gözlenmektedir.

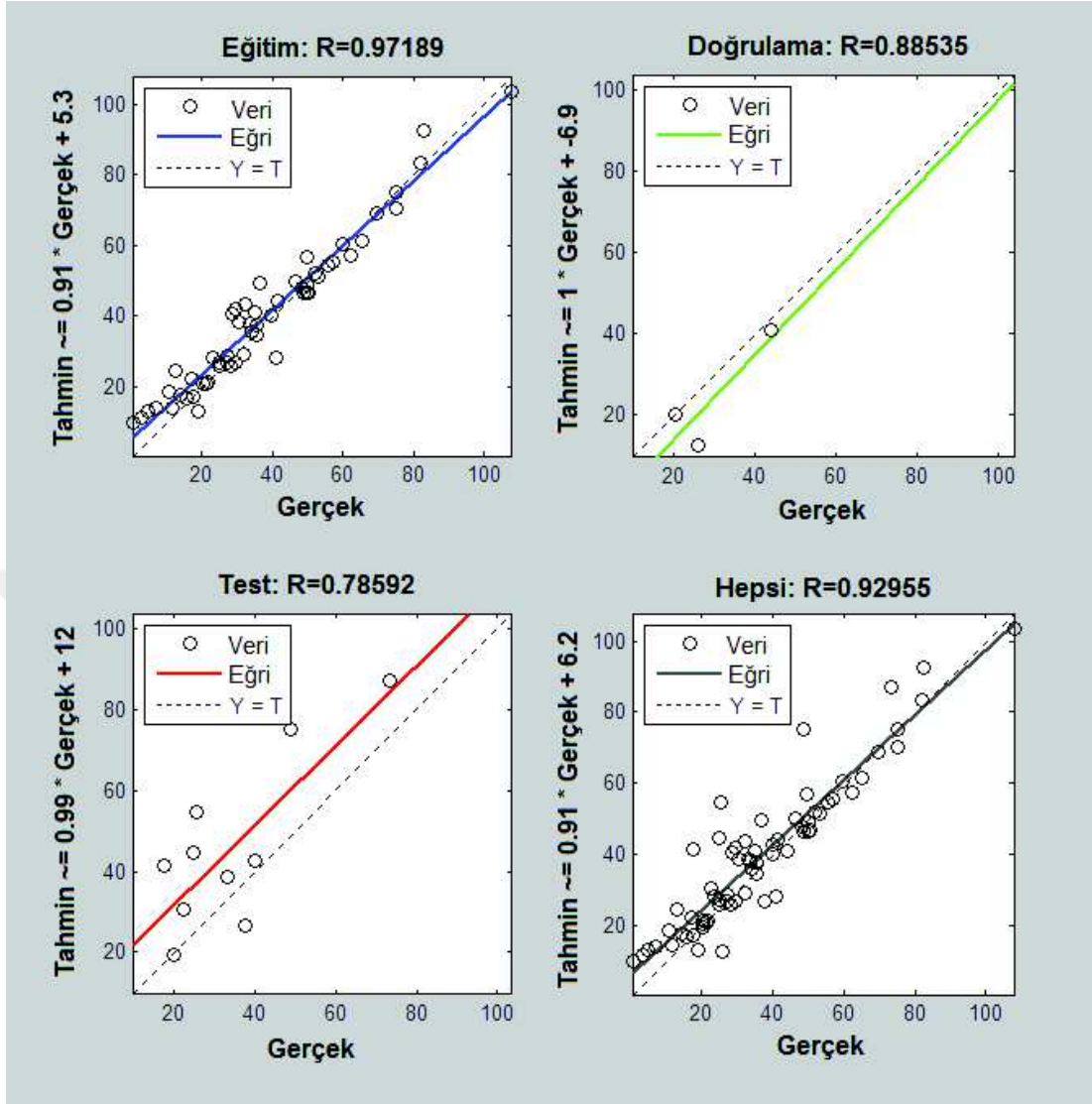
Birinci aşamada Şekil 5.1.'de gösterilen ağ yapısında belirlenen 3 farklı giriş değerlerine göre o aylardaki olası üretim miktarı %99 oranında öngörülebilmektedir. Pratikte bu durum o ay ki giriş verilerine göre üretilmesi gereken enerji miktarının doğruluğunu test etmemize olanak sağlamaktadır. Böylelikle üretilmesi beklenen enerji miktarına olumlu ya da olumsuz etkenlerin tespiti rahatlıkla sağlanabilmektedir. Bu çalışmada olduğu gibi girdiğimiz 3 veriye göre beklenen enerjinin oluşmadığı durumlarda sistemin farklı unsurlardan kaynaklanan bir bozulmanın tespiti sağlanabilmektedir.



Şekil 6.2. 20,40,20,1 nöronlu enerji üretim modeli

Şekil 6.2.'de önerilen YSA modelinin regresyon hedeflere göre ağ çıkışları gösterilmiştir. Mükemmel uyum için veriler ağ çıkışlarının hedeflere eşit olduğu 45 derecelik bir çizgi olmalıdır. Şekil 6.2.'de görüldüğü üzere kırmızı halkalar ile gösterilen tahmin değerlerinin 45 derecelik eğim üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum veri seti için oldukça iyi bir durumun olduğunu göstermektedir. Regresyon değerlerinin istenilen eğimde olmaması durumunda farklı bir tasarımın gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak ölçümlerin yapıldığı ay içerisinde enerji üretimi yüksek olasılıkla öngörülebilmektedir.

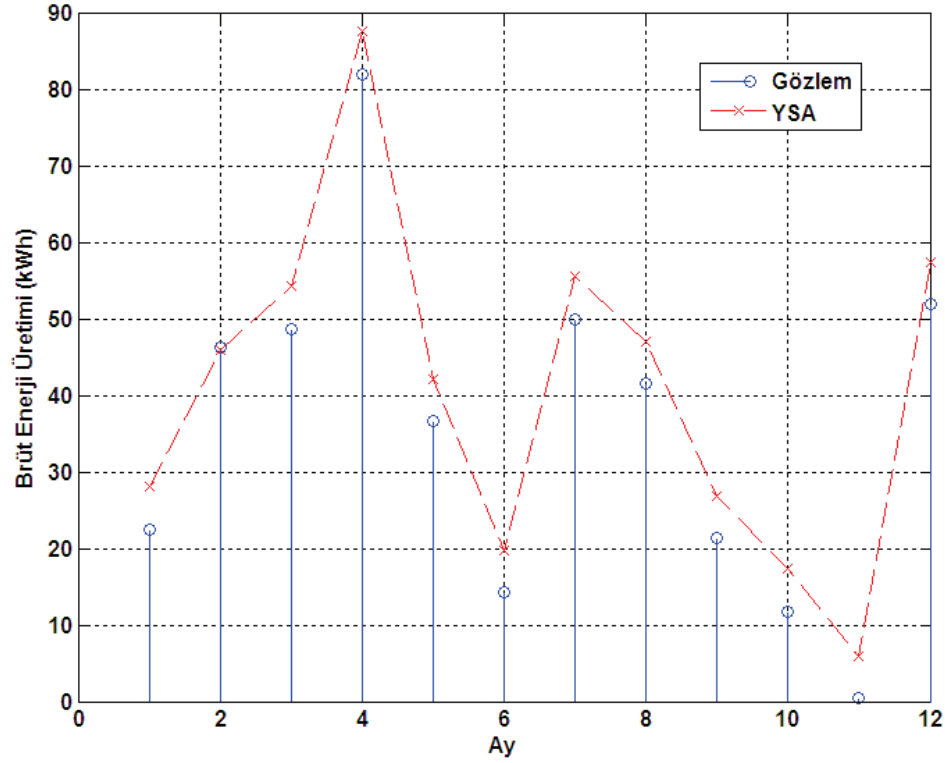
Senaryo S2 için Şekil 6.3.'e bakıldığında eğitim için %97.189 oranında başarı elde edilmekte ve doğrulama değerinin ise %88.535 olarak görülmektedir. Doğrulama yüzdesinin belirtilen oranlarda olması YSA 'nın ezberlemediği, öğrendiği anlamına gelmektedir. Test sonucuna baktığımızda %78.592 oranında bir doğruluk elde edilebilmektedir. Toplamda ise %92.955 oranında ortalama benzetim elde edilmiştir.



Şekil 6.3. Tüm R analizleri

Şekil 6.3.'de ağın çıkış değerlerini ve hedef değerlerinin örtüşme analizleri için eğitim, doğrulama ve test regresyon grafikleri sunulmaktadır. Mükemmel bir sonuç ancak verilerin 45 derecelik doğru üzerinde olması ile mümkün olmaktadır. Bu sonuç ağın çıktuları ile hedeflenen değerlerin ne kadar örtüştüğünü göstermektedir. Eğitim grafiğinde R değerinin 0.97 'nin biraz üzerinde olduğu gözlemlenmektedir. Daha iyi sonuçların elde edilebilmesi için ağın daha çok eğitilmesi gerekmektedir. Bunun sonucunda YSA'da hesaplanan ağırlıklıklar güncellenecek eğitim sonucu daha başarılı bir ağ üretilbilecektir.

Şekil 6.4.'e baktığımızda YSA'dan elde edilen histogram diagramı verilmiştir. Tahmin sonuçları yazılım sonuçları ile karşılaştırılmış ve hassasiyetleri gözlemlenmiştir. Senaryo S2 sonuçları baz alındığında %78 oranında doğruluk değerine ulaşılmıştır.



Şekil 6.4. Model test sonuçlarının yazılım çıktıları ile karşılaştırılması

Tablo 6.3. YSA uygulama sonuçları

Senaryo	$R^2$	OMH	OKH
S1	0.9973	$0.98 \times 10^{-29}$	1.9308
S2	0.78592	1.202	2.987

Senaryolardan elde edilen regresyon ( $R^2$ ), ortalama karesel hata (OKH) ve ortalama mutlak hata (OMH) değerleri Tablo 6. 3.'de gösterilmektedir. İki senaryo da ayrı ayrı incelendiğinde S1 senaryosunun daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Senaryo S2 ye bakıldığında ise S1 senaryosuna 1 aylık verinin tahminden farklı olarak gelecek 12 ayın verileri öngörülmektedir. Bunun yanında daha az doğruluk oranına sahiptir. Farklı etkin faktörlerin ve daha çok geçmiş yıllara ait verilerin elde edilmesinin

zorunluluğu gözlemlenmiş olmakla birlikte elde edilen sonuçların tatmin edici olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak bu çalışmada Gökçekaya barajının bürüt enerji üretimi tahminin yapılması amaçlanmıştır. Oluşturulan iki farklı modele bakıldığında YSA modelleme tekniklerinin enerji üretim miktarının tahmininde kullanılabileceği görölmektedir. Dolayısıyla enerjinin kesintisiz ve güvenilir bir şekilde teminin ön görölmesi 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 görölmektedir.





## KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M. 2007. Alternatif Enerji Kaynakları, İstanbul: Atlas Yayıncılık.
- Akın,B.S., Atıcı, T., Katırcıoğlu, H., 2008. African Journal of Biotechnology Vol. 7(4), 444-449.
- Akın, B.S., 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, DOI 10.1007/S12665-010-0798-6.
- Aydın, F.F. 2010. Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, 35: 317-340.
- Aziz, M.A. and Dar, H.A. 2004. Predicting Corporate Bankruptcy: Whither do We Stand. 3rd Annual Meeting of the European Economics and Finance Society World Economy and European Integration, UK: Loughborough University.
- Baş, N. 2006. Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ve Bir Uygulama. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Banos, R., Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F.G., Gil, C., Alcayde, A., Gomez, J., 2011. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 1753-1766.
- Bayram, A. 2011. Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Aslı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Tahmin Edilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.
- Bayazıt, Y. 2013. Seydisuyu Havzasının Hidroelektrik Potansiyelinin Araştırılması. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Bulgurcu, H., İlten, N., Caner, İ. ve Kon, O. 2014. “Bir Endüstriyel PVC Kalıp Soğutma Sisteminin Enerji Analizi ve İyileştirilmesi” Tesisat Mühendisliği, 142: 23-31, [http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/84b1326701087c7\\_ek.pdf?dergi=1465](http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/84b1326701087c7_ek.pdf?dergi=1465) (24.03.2016).

- Can, M., 2012. Yapay Sinir Ağları İle Akım Tahmini: Mahmudiye Göleti Örneği. İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Castellano-Mendez, M., Gonzalez-Manteiga, W., Febrero-Bande, M., Prada-Sanchez, J., Lozano-Calderon, R., 2004. Modelling of the monthly and daily behaviour of the runoff of the Xallas river using Box-Jenkins and neural networks methods. *Journal of Hidrology* 296: 38-58.
- Dindar, K.K., 2010. Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Tahtaköprü Barajındaki Aylık Buharlaşma Miktarının Tahmini. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Doğan, E., Çeribaşı, G., Akkaya, U. 2016. Barajların Nehir Akımı Rejimine Olan Etkilerinin Trend Analizi Yöntemi İle Araştırılması: Sakarya Nehri Örneği. *Karaelmas Fen ve Müh. Derg.*6(1): 50-55.
- Doğan, E., Çeribaşı, G., Akkaya, U., Dere, G., Yurdakul, M.E. 2016. Sakarya Nehri Üzerindeki Hidrolik Yapıların Nehir Akımı Rejimine Olan Etkilerinin Araştırılması. *SDU International Journal of Technological Science* 8(1): 1-9.
- Dursun, S. 2011. Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası ve Türkiye, İstanbul: İktisadi Kalkınma Vakfı.
- Elmas, Ç. 2003. Yapay Sinir Ağları: Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama, Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Elmasdere, A., Çimen, M. 2006. Hidroelektrik Nehir Santrallerinde Net Faydanın Hesaplanması Eşen II HES Örneği. VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 25-27 Mayıs, Isparta, 632-637.
- Ghosh, S. 2002. "Electricity Consumption and Economic Growth in India" *Energy Policy*, 30: 125-129.
- Hamzaçebi, C. 2011. Yapay Sinir Ağları: Tahmin Amaçlı Kullanımı Matlab ve Neurosolutions Uygulamalı, Bursa: Ekin Yayınevi.
- Hamzaçebi, C., 2007. Forecasting of Turkey's net electricity energy consumption on sectoral bases. *Energy Policy*, 35(3), 2009-2016.
- <http://www.dsi.gov.tr/docs/hizmet-alanlari/enerji.pdf?sfvrsn=2> Erişim Tarihi: 15.06.2017.
- <http://www.dsi.gov.tr/docs/hizmet-alanlari/enerji.pdf?sfvrsn=2>, Erişim tarihi: 15.06.2017.
- <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi> Erişim Tarihi: 24.03.2016.

- Işık, S., Şaşal, M., Doğan, E., 2005. Sakarya Nehrinde Barajların Mansap Etkisinin Araştırılması. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 21(3), 401-408.
- Işık, S., Şaşal, M., Doğan, E., Kalın, L., Şaşal, M., Ağralıoğlu, N., 2008. Effects of anthropogenic activities on the Lower Sakarya River. Catena, 75, 172-181.
- Jothiprakash, V., Magar, R.B., 2012. Multi-time-step ahead daily and hourly intermittent reservoir inflow prediction by artificial intelligent techniques using lumped and distributed data. Journal of Hydrology, 293-307.
- Kavak, K. 2005. "Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi" Uzmanlık Tezi, Ankara: DPT İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü.
- Kızılaslan, M.A., Sağın, F., Doğan, E., Sönmez, O. 2014. Aşağı Sakarya Nehri akımlarının yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi. SAÜ. Fen Bil. Der. 18(2): 99-103.
- Koç, E. ve Şenel, MC. 2013. "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu: Genel Değerlendirme" Mühendis ve Makine, 54 (639): 32-44.
- Mazmancı, K. 2009. Çatalan Barajı Haznesindeki Buhalaşma Miktarının Yapay Sinir Ağları Modeliyle Tahmini. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Oğuz, S. 2008. Yenilenebilir Enerji Küçük Hidroelektrik Santraller. İstanbul: VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008, ss.479-492.
- Öncül, M. 2008. Aşağı Sakarya Havzasındaki Küçük Akarsuların Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Akım Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilerek Enerji Potansiyellerinin Tespiti. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Önöz, B. 2011. Hidroelektrik Enerji Ders Notları, İstanbul: İTÜ Enerji Enstitüsü.
- Özşabuncuoğlu, İH. ve Uğur, AA. 2005. Doğal Kaynaklar Ekonomi, Yönetim ve Politika, Ankara: İmaj Yayınevi.
- Öztemel, E. 2003. Yapay Sinir Ağları, İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Öztürk, HH. 2008. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Öztürk, HH. 2008a. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı, Ankara: Teknik Yayınevi.

- Pianosi, F., Thi, X.Q., 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, Milano.
- Sağıroğlu, Ő., Beşdok, E. Ve Erler, M. 2003. Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları I, Yapay Sinir Ağları, Kayseri: Ufuk Kitap.
- Saltabaş, L., IŞık, S., Şaşal, M., Doğan, E., 2003. AŞağı Akarya Nehrinde Akım Değişimlerinin İncelenmesi. SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (2):9-15.
- Sertkaya, A. A. 2015. Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Türkiye İçin Önemi. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi 1/3, 369-382.
- Singh, V., Singal, S.K. 2017. Operation of hydro power plants- a river. Renewable and Sustainable Energy Reviews 69: 610-619.
- Sözen, A., Alp, İ., Kılın, C., 2012. Efficiency assessment of the hydro-power plants in Turkey by using Data Envelopment Analysis. Renewable Energy 46, 192-202.
- Symeonidis, K. 2000. Hand Gesture Recognition Using Neural Networks. Master of Science in Multimedia Signal Processing Communications, School of Electronic and Electrical Engineering.
- Şen, Z. 2004. Yapay Sinir Ağları İlkeleri, Su Vakfı Yayınları, 1-182.
- Türktemiz, B. 2008. Baraj Haznelerine giren Akımların Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Uzlu, E., Akpınar, A., Öztürk, H.T., Nacar, S., Kankal, M. 2014. Estimates of hydroelectric generation using neural networks with the artificial bee colony algorithm for Turkey. Energy 69, 638-647.
- Wilmott, C.J., Vassiliadis, C.A. 1998. Applying hybrid artificial intelligence techniques in wastewater. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 11(6), 685-705.
- Yıldız, C. 2016. Comparison of energy production between observed and predicted wind speed series with artificial neural networks. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yüksek, Ö., 2008. Reevaluation of Turkey's hydropower potential and electric energy demand. Energy Policy 36, 3374-3382.

## ÖZGEÇMİŞ

Zeynep Burcu Akgürbüz, 08.08.1986'da İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. Üniversite lisans eğitimine 2005'te girdiği Süleyman Demirel Üniversitesi'nden 2009'da mezun oldu. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans programına başladı. 2010-2015 yıllarında yurtdışında bulunmuş olup İngilizce ve Rusça bilen Akgürbüz, evli ve iki çocuk annesidir.