T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALLERİNDE ÜRETİLEN ENERJİNİN KISA VE UZUN SÜRELİ OLARAK TAHMİN EDİLMESİ VE TAŞKIN RİSKİNİN ARAŞTIRILMASI: DOĞANÇAY HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALLERİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Iyad CEYHUNLU

Enstitü Anabilim Dalı	**:**	**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı	**:**	**Dr. Öğr. Üyesi Gökmen ÇERİBAŞI**

Ocak 2020

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALLERİNDE ÜRETİLEN ENERJİNİN KISA VE UZUN SÜRELİ OLARAK TAHMİN EDİLMESİ VE TAŞKIN RİSKİNİN ARAŞTIRILMASI: DOĞANÇAY HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALLERİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Iyad CEYHUNLU

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 02/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Gökmen ÇERİBAŞI Jüri Başkanı	Prof. Dr. Metin İPEK 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.

Ahmet Iyad CEYHUNLU

20/12/2019

TEŞEKKÜR

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 Çeribaşı'na teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Mehmet SARIBIYIK'a, Teknoloji Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Yusuf ÇAY'a, İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Metin İPEK'e ve İnşaat Mühendisliği Bölüm Hocalarına teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim-öğretim hayatım boyunca maddi-manevi desteklerini esirgemeyen, sabır ve anlayışla her zaman yanımda olan çok kıymetli aileme, sabrı ve sevgisi ile yanımda olan sevgili nişanlım Büşra AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

BEYAN ..... **iii**
TEŞEKKÜR ..... **i**
İÇİNDEKİLER ..... **ii**
KISALTMALAR ..... **iv**
SİMGELER ..... **v**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **vi**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **vii**
ÖZET ..... **ix**
SUMMARY ..... **xi**

BÖLÜM 1.
GİRİŞ **1**
1.1. Hidroelektrik Enerji ve Yapay Sinir Ağları 1
1.2. Meteorolojik Veriler ve Trend Analizi 2
1.3. Su Döngüsü ve Taşkın 2

BÖLÜM 2.
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR **6**

BÖLÜM 3.
MATERYAL VE METOT **17**
3.1. Çalışma Alanı 17
3.1.1. Doğançay 1 Hidroelektrik Enerji Santrali 17
3.1.2. Doğançay 2 Hidroeletrik Santrali 22
3.1.3. Sakarya Gözlem İstasyonu 26
3.1.4. AliFuat Paşa Bölgesi 26
3.1.5. Karaçam Bölgesi 27
3.2. Yapay Sinir Ağları 28
3.2.1. Yapay Sinir Ağlarında nöronlar ve biyolojik yapı 28
3.2.2. Yapay Sinir Hücresi 29
3.2.3. Yapay Sinir Ağının formülasyonu 29
3.2.4. Karesel ortalama hata 30
3.3. Trend Analizi 31
3.3.1. Yenilikçi Şen Yöntemi 31
3.4. Taşkın 32
3.4.1. Hidrolik model 32

BÖLÜM 4.
ARAŞTIRMA VE BULGULAR 36
4.1. Doğançay 1 HES Enerji Verilerinin YSA ile Analiz Sonuçları 36
4.2. Doğançay 1 HES Mevcut Enerji Üretimi Verilerine Şen Yöntemi Uygulaması 45
4.3. AliFuat Paşa Bölgesi Taşkın Yayılım Haritalarının Üretilmesi 46
4.3.1. Sayısal arazi modelinin hazırlanması 47
4.3.2. Hec-RAS Yazılımı ile hidrolik modelleme 48
4.4. Doğançay 2 HES Enerji Verilerinin YSA ile Analiz Sonuçları 53
4.5. Doğançay 2 HES Mevcut Enerji Üretimi Verilerine Şen Yöntemi Uygulaması 62
4.6. Karaçam Bölgesi Taşkın Yayılım Haritalarının Üretimi 63
4.6.1. Sayısal arazi modelinin hazırlanması 64
4.6.2. Hec-RAS Yazılımı ile hidrolik modelleme 65
4.7. Sakarya İlinin Aylık Ortalama Yağış, Aylık Ortalama Sıcaklık ve Aylık Ortalama Nisbi Nem Verilerine Trend Analiz Yöntemi Uygulanması 70
4.7.1. Sakarya İli aylık yağış verilerine Şen Yöntemi uygulaması 70
4.7.2. Sakarya İli aylık sıcaklık verilerine Şen Yöntemi uygulaması 71
4.7.3. Sakarya İli ortalama aylık nisbi nem verilerine Şen Yöntemi uygulaması 73
4.7.4. Yenilikçi Şen Yöntemi analiz sonuçları 74

BÖLÜM 5.
SONUÇ VE ÖNERİLER 76

KAYNAKLAR 81
ÖZGEÇMİŞ 88

KISALTMALAR

1D	: Bir Boyutlu Model
2D	: İki Boyutlu Model
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
GWh	: Gigawatt saat
HES	: Hidroelektrik santral
Hm^3	: Hektometreküp
KWh	: Kilowatt saat
MSE	: En Düşük Karesel Hata
MW	: Megawatt
OKH	: Ortalama Hataların Karekökü Toplamı
R	: Korelasyon katsayısı
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TIN	: Triangular Irregular Networks (Düzensiz Üçgen Ağlar)
YSA	: Yapay Sinir ağı
WEC	: Dünya Enerji Konseyi

SİMGELER

°C	: Sıcaklık
Σ	: Toplam Fonksiyonu
E(t)	: Ortalama
H_0	: Genellikle Reddetmek İçin Kurulan Hipotez
H_1	: Alternatif Hipotez
n	: Gözlem Sayısı
R_{xi}	: Gözlem Sıra Numarası
t	: Test İstatistiği
Var(t)	: Varyans
Z	: Önem Seviyesi Standart Normal Değişkeni
α	: Önem Seviyesi

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 : Dünyada meydana gelen taşkınların sayısı ve etkileri, Türkiye'deki taşkınların sayısı ve etkileri. 4
Tablo 4.1 : Doğançay 1 HES verilerin istatistiksel sonuçalrı. 39
Tablo 4.2 : Doğançay 2 HES verilerinin istatistiksel analizi. 53
Tablo 4.3 : Yenilikçi Şen yöntemi analiz sonuçları. 75
Tablo 5.1 : Doğançay 1 HES YSA analiz sonuçları. 77
Tablo 5.2 : Doğançay 2 HES YSA analiz sonuçları. 77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 : Akış rejimindeki değişiklikler nedeniyle oluşan taşkınlar (1981-2010)... 4
Şekil 3.1 : Doğançay 1 HES ve Sakarya Nehri üzerindeki konumu. 18
Şekil 3.2 : Doğançay 1 HES debi miktarına göre verim eğrileri. 21
Şekil 3.3 : Doğançay 2 HES konumu. 22
Şekil 3.4 : Doğançay 2 HES debi miktarına göre verim eğrileri. 25
Şekil 3.5 : Sakarya/ 17069 Mgm İstasyonu. 26
Şekil 3.6 : AliFuat Paşa bölgesi. 27
Şekil 3.7 : Karaçam bölgesi. 27
Şekil 3.8 : Yapay Sinir ağı hücresi (Kıyıldı, 2017). 28
Şekil 3.9 : Yapay Sinir Ağı Hücresi (Yalçın, 2019). 29
Şekil 3.10 : Yapay Sinir Ağlarının formülasyonu (Yalçın, 2019). 30
Şekil 3.11 : Yenilikçi Şen Yöntemi grafiği. 31
Şekil 3.12 : Taşkın yayılım haritalarının hazırlanma aşamaları. 34
Şekil 3.13 : NetCAD çalışma örneği. 35
Şekil 3.14 : 1 Boyutlu taşkın modeli örneği. 35
Şekil 4.1 : Doğançay 1 HES enerji üretiminin yıllara göre değişimi. 37
Şekil 4.2 : Doğançay 1 HES Su seviyesindeki düşü miktarının yıllara göre değişimi. 37
Şekil 4.3 : Doğançay 1 HES Veriminin yıllara göre değişimi. 38
Şekil 4.4 : Doğançay 1 HES Debisinin yıllara göre değişimi. 38
Şekil 4.5 : Doğançay 1 HES YSA eğitim verisi analiz sonuçları. 40
Şekil 4.6 : Doğançay 1 HES eğitim verisinin dağılım grafiği. 41
Şekil 4.7 : Doğançay 1 HES YSA test verisi analiz sonuçları. 42
Şekil 4.8 : Doğançay 1 HES test verisinin dağılım grafiği. 43
Şekil 4.9 : Doğançay 1 HES tahmin edilen enerji üretim grafiği. 44
Şekil 4.10 : Doğançay 1 HES mevcut enerji verilerinin Trend analizi uygulaması. . 45
Şekil 4.11 : Q100'e ait hidrograf. 46
Şekil 4.12 : Q500'e ait hidrograf. 46
Şekil 4.13 : AliFuat Paşa halihazır verisi. 47
Şekil 4.14 : AliFuat Paşa sayısal arazi modeli. 47
Şekil 4.15 : AliFuat Paşa muhtemel taşkın sahası. 48
Şekil 4.16 : Memba ve mansap sınır koşulları 49
Şekil 4.17 : AliFuat Paşa bölgesi Q100 debisi altında oluşacak taşkın yayılım haritası. 50
Şekil 4.18 : AliFuat Paşa bölgesi Q500 debisi altında oluşacak taşkın yayılım haritası. 51
Şekil 4.19 : AliFuat Paşa Taşkın Alanı 52
Şekil 4.20 : Doğançay 2 HES enerji üretiminin yıllara göre değişimi. 54
Şekil 4.21 : Doğançay 2 HES su seviyesindeki düşü miktarının yıllara göre değişimi. 54

Şekil 4.22 : Doğançay 2 HES verim verilerinin yıllara göre değişimi..... 55
Şekil 4.23 : Doğançay 2 HES Debinin yıllara göre değişimi..... 55
Şekil 4.24 : Doğançay 2 HES YSA eğitim verisi analiz sonuçları. 57
Şekil 4.25 : Doğançay 2 HES eğitim verisinin dağılım grafiği. 58
Şekil 4.26 : Doğançay 2 HES YSA test verisi analiz sonuçları. 59
Şekil 4.27 : Doğançay 2 HES test verisinin dağılım grafiği. 60
Şekil 4.28 : Doğançay 2 HES tahmin edilen enerji üretim grafiği 61
Şekil 4.29 : Doğançay 2 HES mevcut enerji verilerinin Trend analizi uygulaması. . 62
Şekil 4.30 : Q100'e ait hidrograf..... 63
Şekil 4.31 : Q500'e ait hidrograf..... 63
Şekil 4.32 : Karaçam halihazır verisi 64
Şekil 4.33 : Karaçam sayısal arazi modeli. 64
Şekil 4.34 : Karaçam muhtemel taşkın sahası..... 65
Şekil 4.35 : Memba ve mansap sınır koşulları 66
Şekil 4.36 : Karaçam bölgesi Q100 debisi altında oluşacak taşkın yayılım haritası.. 67
Şekil 4.37 : Karaçam bölgesi Q500 debisi altında oluşacak taşkın yayılım haritası.. 68
Şekil 4.38 : Karaçam taşkın alanı..... 69
Şekil 4.39 : Sakarya istasyonu yağış verileri. 70
Şekil 4.40 : Yağış verilerinin Trend analizi uygulaması..... 71
Şekil 4.41 : Sakarya istasyonu sıcaklık verileri. 72
Şekil 4.42 : Sıcaklık verilerinin Trend analizi uygulaması. 72
Şekil 4.43 : Sakarya istasyonu nem verileri. 73
Şekil 4.44 : Nem verilerinin Trend analizi uygulaması. 74

HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALLERİNDE ÜRETİLEN ENERJİNİN KISA VE UZUN SÜRELİ OLARAK TAHMİN EDİLMESİ VE TAŞKIN RİSKİNİN ARAŞTIRILMASI: DOĞANÇAY HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALLERİ ÖRNEĞİ

ÖZET

İnsanlığın geçmişten günümüze kadar olan gelişimini incelediğimizde en büyük etkiyi gösteren faktör enerjidir. Özellikle Sanayi Devrimi'nden sonra enerjiye olan talepte artış görülmüştür. Enerji üretim kaynakları belirlenirken canlıların yaşam kaynağı olan su kaynaklarının korunması, günümüzde artan küresel ısınma etkilerinin azaltılması ve doğanın zarar görmemesi için enerjinin yenilenebilir kaynaklardan temin edilmesi önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında ise hidroelektrik enerji santralleri yer almaktadır. Bu tip santrallerde su debisi ve düşü yüksekliğinin bilinmesi durumunda enerji üretimi hakkında tahminler yapılıp geleceğe yönelik enerji planlaması gerçekleştirilebilmektedir. Hidroelektrik enerji santralleri, enerji üretimi açısından her ne kadar başarılı olsada boyutlandırıldıkları debi üzerinde bir debiye maruz kaldıklarında enerji üretimi durmaktadır ve su depolama alanlarının dolması veya aşırı yağış durumlarında taşkın riski oluşturmaktadır. Doğançay 1 HES ve Doğançay 2 HES'in dolu savaklarının Q100 tekerrürlü taşkın debisine göre boyutlandılmış olması; Q100 tekerrürlü taşkın debisinin üzerinde gelebilcek her taşkın debisinin santrali aşarak, dolusavaktan bağımsız ve kontrolsüz bir şekilde akışa geçecektir. Dolayısıyla hidroelektrik enerji santrallerinin kurulu oldukları derelerde taşkın risk haritalarının hazırlanması son derece önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin Sakarya Havzasında yer alan Doğançay 1 HES ve Doğançay 2 HES uzun süreli enerji üretimi tahmini için trend analizleri, kısa süreli enerji üretim tahminleri için ise Yapay Sinir Ağları kullanılmıştır. Ayrıca, Trend analizi yönteminde Meteorolojik veriler olarak yağış, sıcaklık ve nem parametreleri seçilmiş analiz için ise Yenilikçi Şen yöntemi kullanılmıştır. Kısa vadeli tahminde Yapay Sinir Ağları modeli için Pyhton yazılımı kullanılmıştır.

Yapay Sinir Ağları modeli kurulurken modelde girdi parametreleri; su yılı, üretilen enerji, net düşü ve debi olarak seçilmiş, modelde çıktı parametresi ise tahmin edilecek enerji olmuştur. Kısa süreli olarak tahmin edilecek enerji 2030 yılına kadar yapılmıştır. Ayrıca, günümüzde sıkça görülen, can ve mal kaybına yol açan taşkın olayları ele alınarak, Sakarya Nehri'nin üzerine kurulu Doğançay 1 ve 2 HES'lerin memba kısmında kalan AliFuat Paşa bölgesinin ve mansap tarafında kalan Karaçam bölgesinin taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur. Taşkın yayılım haritalarının oluşturulmasında Hec-RAS yazılımı kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, Sakarya Nehri üzerine kurulu olan Doğançay 1 ve 2 HES'leri için Yapay Sinir Ağları modelinde yüksek R^2 ve düşük MSE değerleri modelin doğruluğunu göstermiştir. Trend analizleri sonucunda ise yağış ve nem verilerinde azalan, sıcaklık verilerinde ise artan bir trend gözlemlenmiştir. Doğançay 1 ve 2 HES'leri için ise enerji üretiminde de ileriye dönük azalan bir trend oluşmuştur. Ayrıca, Hec-RAS yazılımı kullanılarak yapılan taşkın analizinde seçilen bölgelerin yerleşim alanlarının taşkın sahasında kaldıkları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Trend Analizi, Yenilikçi Şen Yöntemi, Taşkın, Sakarya Havzası.

ESTİMATİON OF ENERGY PRODUCED İN HYDROELECTRİC POWER PLANTS AS SHORT AND LONG TERM AND INVESTİGATİON OF FLOOD RİSK: CASE STUDY OF DOĞANÇAY HYDROELECTRİC POWER PLANTS

SUMMARY

Water is the main source of life for all living things on earth. The most appropriate management and protection of water resources should be one of the main priorities. In order to achieve these priorities, it is necessary to understand and manage water sciences in the best way.Nowadays, increasing industrialization and the need for energy consumption is increasing with each passing day. Energy is needed at every stage of maintaining daily life activities. Furthermore, the difference between energy production and energy consumption on a country-by-country basis plays an important role in determining the level of development of countries. Obtaining this energy need from non-renewable energy sources damages the natural water resources in nature. In order to protect water resources, which are the source of life for all living things, energy must be supplied from renewable energy sources. Examples of renewable energy sources include hydroelectric energy, wave energy, geothermal energy, solar energy, hydrogen energy, biomass energy and wind energy.Hydroelectric energy is the most preferred form of energy production among renewable energy sources. No fuel harmful to nature is released during the energy production stage from hydroelectric sources. Hydropower is environmentally friendly and generates its energy entirely from the water source. Although the initial investment costs of these energy sources are high, it is seen that the unit price of the energy obtained is more favorable than the energy unit price obtained from other sources when the service life and maintenance costs are considered. In 2015, 16.6% of the total electricity generated in the world was produced from hydroelectric power plants. 70% of electricity generated from renewable energy sources is produced using hydroelectric energy sources.

Exploring long-term forecasts of water, which is the main source of energy in the production phase, plays an important role in energy planning. Long term forecasting methods generally use trend analysis method. Innovative Sen Method is one of the new trend analysis methods in recent years. In the second stage of this thesis, Innovative Sen method will be used in trend analysis methods. The data on which the innovative Sen method will be applied is obtained from Sakarya Meteorological Directorate. This data; daily total rainfall, daily average temperature and daily average relative humidity.Hydraulic cycle, which is the basic concept of water sciences, is defined as the cycle of water in nature. As a result of an irregularity in this natural cycle of water, living things are affected by major disasters such as natural disasters. Natural disasters are events that are beyond the control of people, which can lead to loss of life and property, and whose impacts can result in major disasters. Natural disasters are divided into two groups. These are slow developing natural disasters (drought, famine, etc.) and sudden developing natural disasters.In recent years, changes in precipitation caused by global climate change caused by global warming have result in major floods around the world. This climate change causes drought in some regions and causes heavy rainfall in some regions. Investigation of the effects of large floods that may arise as a result of heavy rainfall has great importance in recent years.Floods; It can be defined as the large water flows that will interfere with the social-economic activities in the region by exposing the floodplain and the surrounding agricultural and settlement areas to floods as the streams exceed their capacity as a result of hydrological events. It is still until today that the people of the early ages chose the settlements close to the water resources. This situation, which has continued from past to present, increases the impact area and intensity of floods.It is impossible to prevent the occurrence of natural disasters. However, it is possible to overcome the effects of natural disasters with minimal damage. In this context, scientific studies are needed to prevent damages caused by these floods.Therefore, in this thesis, located in Turkey's Sakarya Basin Dogancay 1 HPP, Dogancay 2 HPP long-term trend analysis to forecast energy production, and energy production forecasts for short-term Artificial Neural Networks are used. In addition, rainfall, temperature and humidity parameters were selected as the metrological data in the Trend analysis method and Innovative Sen method was used for the analysis.

Pyhton software was used for the artificial neural network model in long term estimation.The input parameters of the model are; The water year was selected as the energy produced, net head and flow, and the output parameter in the model was the energy to be estimated. The energy to be estimated for a short time was made until 2030. In addition, the flood incidents which are frequently seen today, leading to loss of lives and property were handled and flood spread maps of the AliFuat Pasha region on the upstream side of Doğançay 1 and 2 HEPPs built on the Sakarya River and the downstream side of Karaçam region were created. HecRas software was used to create flood dispersion maps. As a result of the study, the high R2 and low MSE values of the Artificial Neural Networks model for Doğançay 1 and 2 HEPPs built on Sakarya River showed the accuracy of the model. And as a result of trend analysis, a decreasing trend was observed in precipitation and humidity data and an increasing trend was observed in temperature data. For Doğançay 1 and 2 HEPPs, there is a decreasing trend in energy production. In addition, flood analysis using HecRAS software showed that the selected areas remained in the flood area.

Keywords: Artificial Neural Networks, Flood, Trend Analysis, Innovative Sen Method, Sakarya Basin.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Hidroelektrik Enerji ve Yapay Sinir Ağları

Su, dünya üzerindeki tüm canlılar için temel yaşam kaynağı olduğundan en uygun şekilde yönetilmesi ve korunması en temel önceliklerden birisi olmalıdır. Bu önceliklerin sağlanması için su bilimlerini en iyi şekilde anlamak ve yönetmek gerekir (Kılıçer, 2000).

Günümüzde artan sanayileşme ve beraberinde getirdiği enerji tüketim ihtiyacı her geçen gün daha da artmaktadır. Günlük yaşam faaliyetlerinin sürdürülmesinin her aşamasında enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, ülkeler bazında enerji üretimi ile enerji tüketimi arasındaki fark, ülkelerin gelişmişlik sevilerinin belirlenmesinde de önemli rol almaktadır. Bu enerji ihtiyacı yenilenemeyen enerji kaynaklarından temin edilmesi, doğada yer alan doğal su kaynaklarına zarar vermektedir. Bütün canlıların yaşam kaynağı olan su kaynaklarına sahip çıkılması için, enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına hidroelektrik enerji, dalga enerjisi, jeotermal enerji, güneş enerjisi, hidrojen enerjisi, biyokütle enerjisi ve rüzgâr enerjisi örnek olarak verilebilmektedir (Çalışkan, 2019).

Hidroelektrik enerji, yenilenebilir enerji kaynakları arasından en çok tercih edilen enerji üretim şeklidir. Hidroelektrik kaynaklarından enerji üretimi aşamasında doğaya zararlı herhangi bir yakıt kullanılmamakla beraber çevre dostudur ve enerjisini tamamen su kaynağından elde etmektedir. Bu enerji kaynaklarının ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen hizmet ömrü ve bakım masrafları düşünüldüğünde elde edilen enerjinin birim fiyatı diğer kaynaklardan elde edilen enerji birim fiyatına göre daha uygun olduğu görülmektedir. 2015 yılında dünyada üretilen toplam elektriğin %16,6'sını ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin %70'i hidroelektrik enerji kaynakları kullanılarak üretilmiştir. (Renewables Global Status Report, 2016).

Hidroelektrik enerji santrallerinin bir diğer önemli avantajı, enerji üretimi için kullanılacak suyun debisi, suyun net düşüsü ve türbin verimlerinin elde edilmesiyle üretilebilecek enerjinin tahmin edilebilmesidir. Bu tarz yatırımlar da üretilecek enerjinin önceden tahmin edilmesi ve bu tahminlere göre plan projelerinin hazırlanması büyük önem arz etmektedir. Bu planlamaların hazırlanmasında ve enerji üretimi tahminlerinde çeşitli yöntemler kullanılabilmektedir. Bu yöntemlerden en güveniliri olan ve akademik çalışmalarda kullanılan Yapay Sinir Ağları yöntemidir. Dolayısıyla bu tez çalışmasının ilk aşamasında Sakarya'nın Geyve ilçesinde yer alan ve birbiri arasındaki mesafe yaklaşık 8 km olan Doğançay 1 Hidroelektrik Santrali (HES) ve Doğançay 2 HES'lerinin ileriye dönük kısa vadeli enerji üretimleri Yapay Sinir Ağları yöntemi kullanılarak araştırılacaktır. Yapay Sinir Ağlarına girdi olarak kullanılacak veriler su yılı, su debisi, suyun net düşüsü ve üretilen enerjidir. Çıktı olarak üretilecek enerji tahmin edilecektir (Bozkurt, 2009).

1.2. Meteorolojik Veriler ve Trend Analizi

Enerjinin üretim safhasındaki temel kaynak olan suyun geleceğe yönelik uzun vadeli tahminlerinin araştırılması enerji planlamasında önemli rol almaktadır. Uzun vadeli tahmin yöntemlerinde genel olarak trend analizi yöntemi kullanılmaktadır. Son yıllarda yeni trend analizi yöntemlerinden biri olan ve akademik çalışmalarla güvenirliği ortaya çıkan analiz yöntemi Yenilikçi Şen Yötemidir. Bu tez çalışmasının ikinci aşamasında da trend analizi yöntemlerinde Yenilikçi Şen yöntemi kullanılacaktır. Yenilikçi Şen yönteminin uygulanacağı veriler Sakarya Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınmıştır. Bu veriler; günlük toplam yağış, günlük ortalama sıcaklık ve günlük ortalama nisbi nemdir (Doğan, E., ÇERİBAŞI, G., & Akkaya, U. 2016).

1.3. Su Döngüsü ve Taşkın

Su bilimlerinin temel kavramı olan hidrolik çevrim, suyun doğadaki döngüsü olarak tanımlanır. Suyun bu doğal döngüsünde bir düzensizlik oluşması sonucunda canlıların yaşamı doğal afetler gibi büyük felaketlerle etkilenmektedir. İnsanların kontrolü dışında olan, can ve mal kayıplarına yol açabilen ve etki alanları büyük felaketlerle sonuçlanabilen olaylara doğal afet denir. Doğal afetler kendi aralarında iki ayrı gruba

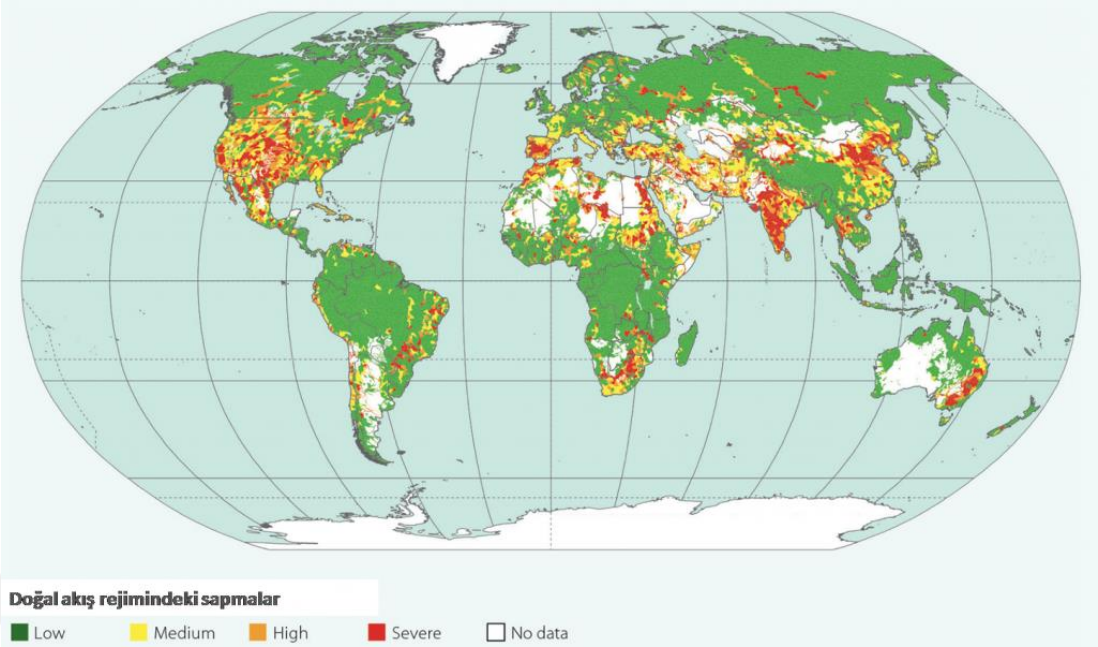
ayrılmaktadır. Bunlar yavaş gelişen doğal afetler (kuraklık, kıtlık vb.) ve ani gelişen doğal afetlerdir (seller, su taşkınları, deprem vb.).

Son yıllarda artış gösteren bu doğal afetlerin nedenleri araştırıldığında küresel ısınma ve artan nüfus yoğunluğun en etkili nedenler olduğu gözlemlenmiştir (Mason ve diğ., 2010; Rozalis ve diğ., 2010).

Son yıllarda küresel ısınma sonucu ortaya çıkan iklim değişikliğinin yol açtığı yağıştaki değişimler, dünya üzerinde büyük taşkınlara yol açmaktadır. Bu iklim değişikliği bazı bölgelerde kuraklığa sebep olurken bazı bölgelerde de şiddetli yağışlara sebep olmaktadır. Şiddetli yağışlar sonucu ortaya çıkabilecek büyük taşkınların etkilerinin araştırılması son yıllarda büyük önem arz etmektedir. (Kryzanowski ve diğ., 2014; Sowmya ve diğ., 2015; Akkaya, 2016).

Taşkınlar; derelerin kendi kapasitelerini hidrolojik olaylar sonucunda aşması ile taşkın yatağını, etrafındaki tarım ve yerleşim alanlarını su baskınlarına maruz bırakarak bölgede sosyal-ekonomik faaliyetleri sekteye uğratacak büyük su akışları olarak tanımlanabilir. İlk çağdaki insanların yerleşim alanlarını su kaynaklarına yakın seçmesi günümüze kadar devam etmektedir. Geçmişten günümüze devam eden bu durum taşkınların etki alanlarını ve şiddetlerini arttırmaktadır (Chuan ve Jing, 2006; Gutry-Korycka ve diğ., 2006).

Bu nedenle, dünyada deprem afetlerinden sonra en çok görülen afet taşkınlardır. Şekil 1'de, Dünya Su Gelişim Raporun'da kesin veriler kısmında yer alan 1981-2010 yılları arasında meydana gelen yıllık selleri göstermektedir (Adhikari ve diğ., 2010).



Şekil 1.1 : Akış rejimindeki değişiklikler nedeniyle oluşan taşkınlar (1981-2010).

Doğal afetlerin oluşumunu engellemek imkansızdır. Ama doğal afetlerin etkilerini en az zararla atlatabilmek mümkündür. Bu bağlamda oluşabilecek bu taşkınların meydana getireceği zararların önlenmesi için bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde taşkın modelinin kurulması ve taşkın yayılım haritalarının oluşturulması konuları üzerine yapılmış birçok çalışma vardır (Djokic ve diğ., 1994; Correia ve diğ, 1999; Mclin ve diğ., 2001; Machado ve Ahmad, 2006; Aggett ve Wilson, 2009; Cook ve Merwade, 2009; Vojinovic ve Tutulic, 2009; Amini, 2010; Gumrukcuoglu ve diğ., 2010; Hung ve diğ., 2012; Celik, 2017; Hajibayov, 2017; Celiker, 2018; Ortac, 2019; Uzuntas, 2019). Tablo 1-1 de dünyada meydana gelen taşkınların sayısı ve etkileri - Türkiye'deki taşkınların sayısı ve etkileri ile kıyaslanmıştır. (Çetin ve Tezer; 2013.)

Tablo 1.1 : Dünyada meydana gelen taşkınların sayısı ve etkileri, Türkiye'deki taşkınların sayısı ve etkileri.

	Dünya	Türkiye
Afet Sayısı	4.092	39
Can Kaybı	6.932.017	1.342
Toplam Etkilenen Nüfus	3.514.636.017	1.778.520
Toplam Ekonomik Zarar (US$)	4.083.931.894	2.195.500

Taşkınlar; 1 boyutlu, 2 boyutlu ya da 1 boyutlu ve 2 boyutlu olarak entegre edilmesi ile modellenir (Horritt ve Bates, 2002). 1 boyutlu taşkın modelleri her ne kadar kolay ve pratik olsa da tek yönlü hesap yapmaktadır. Topoğrafyada düzensizlikler veya akışın karmaşık bir hal alması söz konusu olunca tek boyutlu hesaplamalar yetersiz veya sağlıklı sonuç vermedikleri görülmüştür (Huthoff ve diğ., 2015). Son zamanlarda yapılan çalışmalar, 1 boyutlu taşkın modellerinin yerine çalışma alanın geometrik ve topoğrafik özelliklerini dikkate alınarak 2 boyutlu taşkın modellerinin kurulması durumunda daha başarılı sonuçların elde edildiği görülmüştür (Cook and Merwade, 2009).

Dolayısıyla bu tez çalışmasının son aşamasında Türkiye'nin Sakarya Havzası'nda yer alan Doğançay 1 HES'in membasında AliFuat Paşa bölgesi ve Doğançay 2 HES'in mansabında yer alan Karaçam bölgesinde 2 boyutlu taşkın yayılım haritaları oluşturulacaktır.

BÖLÜM 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışmasının her üç aşaması araştırmacılar tarafından önemli bir çalışma olarak görülmüş ve bu konularla alakalı bir çok detaylı çalışmalar ve araştırmalar yapılmıştır.

Çevik (2009), yapmış olduğu çalışmasında Yapay Sinir Ağlarını kullanarak Isparta ilinin yağış modellerinin performansını değerlendirmiştir. Çalışmasında Yapay Sinir Ağlarına ilaveten çoklu lineer regrasyon modellerini de kullanmıştır. Eksik, yağışsız veya hatalı verilerin olması durumunda, geliştirilen bu modeller ile bu problemlerin giderildiğini ortaya koymuştur (Çevik, 2009).

Es ve diğ. (2014), Türkiye'nin 2011-2025 yıllarındaki net enerji talebini Yapay Sinir Ağlarını kullanarak elde etmişlerdir. 1970-2010 yılları arasındaki ülkenin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, bina yüz ölçümü, araç sayısı, ithalat ve ihracat verileri YSA modeline girdi olarak kullanılmıştır. Kurulan YSA modeli çoklu regrasyon tekniği ile kıyaslanmasında YSA modelinin üstünlüğü gösterilmiştir. Yapılan modelin kabul edilebilirliği yüksek doğruluğu sayesinde onaylanmıştır (Es, Kalender ve Hamzaçepi, 2014).

Terzi ve Baykal (2014), su kaynaklarının planlaması amaçlı Kızılırmak nehrinde yer alan Söğütlühan akım gözlem istasyonuna ait akım verilerine ait tahmin modeli kurmuşlardır. Bu tahmin modeli Yapay Sinir Ağları ve dalgacık dönüşümlerinin kullanılmasıyla üretmişlerdir. Çalışmalarında uç değerlerin tahmininde Yapay Sinir Ağlarının yetersizliğinin dalgacık dönüşümünün uygulanmasıyla çözüldüğünü göstermiştir (Terzi ve Baykal, 2014).

Partal ve diğ. (2008), kuraklık ve taşkın bilimlerinden önemli bir faktör olan, yağış miktarlarının ileriye dönük tahminlerini Yapay Sinir Ağları kullanılarak elde etmişlerdir. Verilerin hem zaman hem de frekans açısından inlenmesini de dalgacık dönüşüm yöntemlerini kullanarak sağlamışlardır. En iyi sonucun elde edilmesi hedeflenerek ileri beslemeli geri yayılımlı ve radyal tabanlı Yapay Sinir Ağları kullanılarak analizlerini gerçekleştirmişlerdir (Partal, Kahya & Cığızoğlu, 2008).

Pekmezci (2019), çalışması kapsamında birbirinden farklı makine öğrenme yöntemlerine zaman serisi analizleri eklenerek Merkez bankasından alınan döviz verilerine uygulanarak ileriye dönük tahminler üretmiştir. Bunun sonucunda derin öğrenme Sinir Ağlarının, girdi olarak kullanılan verilerden öznitelikleri ayrıt edebildiğini göstermiştir (Pekmezci 2019).

Çeribaşı ve diğ. (2017), Sakarya nehrinde ölçülen akım verilerinin yıllık ortalamaları hem trend analizi yöntemleriyle hem Yapay Sinir Ağları yöntemleriyle ileri dönük tahminler ile irdelemişlerdir. Yapılan her iki çalışmada yıılık ortalama askıda katı madde miktarı tahmin edilmiş ve her iki yöntemde benzer sonuçlar verildiği görülmüştür (Çeribaşı, Doğan, Akkaya, & Kocamaz, 2017).

Kökçam ve diğ. (2018), Edirne ilinde yer alan Meriç nehrinin üzerinde kurulu olan akım gözlem istasyonlarının akım verilerini tahmin etmek için Yapay Sinir Ağları modeli kurmuşlardır. Kurulan bu Yapay Sinir ağı modelinde tahmin edilen akımların, nehrin gerçek akım verileriyle kıyaslanmasında başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Verilerin normalize edilmesi durumunda daha iyi sonuclar elde edilip edilmeyeceği araştırılmış olup, normalizenin sonuçlar üzerinde olumlu bir etkisi gözlemlenmeyince modeller normal verilerle kurulmuştur (Kökçam, Doğan, & Erden, 2018).

Çalışkan (2019), çalışmasında Aşağı Sakarya Havzasında yer alan 2 hidroelektrik santralinin enerji üretim değerlerini Yapay Sinir Ağlarını kullanarak ileriye dönük tahmin etmiştir. Uyguladığı tahminde 2030 senesine kadar üretilecek enerji miktarları elde edilmiştir. Çalışmasında Yapay Sinir Ağları yöntemlerinin, enerji üretim tahmini aşamasında önemli bir yer elde ettiklerini ve planlamada önemli bir yer aldıklarını göstermiştir. (Çalışkan, 2019).

Demir (2015) , çalışmasında Dim barajının üretebileceği enerji miktarlarını Yapay Sinir Ağları yöntemleriyle tespit etmiştir. Aynı zamanda mevcut olan verilerle enerji üretim miktarını enerji üretim formülünden klasik bir şekilde elde edilmiştir. Klasik formülasyon yöntemleriyle elde edilen veriler Yapay Sinir Ağları ile eldilen verilerle kıyaslanarak Yapay Sinir Ağlarının doğruluğunu irdelemiştir. Bunun sonucunda Yapay Sinir Ağlarının enerji üretimi tahminlerinde kullanılmasının başarılı bir şekilde sonuçlandığı gösterilmiştir (Demir, 2015)

Şenalp (2017), çalışmasında 1 MWp gücündeki güneş enerji sisteminin enerji üretiminin kısa vadeli tahmini Yapay Sinir Ağları yöntemleri kullanılarak tahmin etmiştir. Ayrıca güç dağıtımı çalışmasına da Yapay Sinir Ağları yöntemlerini uygulamıştır. Uygulanan modelin dıoğruluğunu R^2 ve ortalama karesel hata değerleri ile göstermiştir (Şenalp, 2017).

Okkan ve Dalkılıç (2012), çalışmalarında Büyük Menderes Havzası'nda bulunan Kemer Baraj Havzası'na ait aylık akımlara Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı modeli (RTYSA) geliştirilerek uygulanmıştır. Girdi olarak öncelikle yağış, sıcaklık ve 1 ay önceki yağış verilerine gereksinim duyan RTYSA modeli, Mart 1979-Kasım 1997 yılları arasındaki 225 aylık akım verileri ve Aralık 1997-Aralık 2005 yılları arasındaki 97 aylık akım verileri ile hesaplanmıştır. Modellenen akımların uzun dönem ve mevsimsel istatistikleri hesaplanan baraj havzasının aylık akımlarının tahmini için başarıyla kullanılabileceği gösterilmiştir (Okkan ve Dalkılıç, 2012).

Alp ve Cığızoğlu (2014), çalışmalarında su kaynakları uygulamaları için kullanılan ileri beslemeli geriye yayınım metodu (İBGY) ve yenilerde sık sık uygulanan Genelleştirilmiş Regresyon Sinir Ağı (GRSA) yöntemi ile sonuç elde etmek amaçlanmıştır. GRSA metodu ile İBGY'nin yerel minimum sorunu çözülmekte ve tek seferde değişmeyen bir sonuç elde edilmektedir (Alp ve Cığızoğlu, 2014).

Yüksek ve diğ. (2018), çalışmalarında Giresun ilinde yer alan Aksu deresinde bulunan D22A116 numaralı Akım Gözlem İstasyonu'ndan elde etmiş günlük ortalama akış ve Giresun Meteorolojisinde bulunan 17034 numaralı İstasyonu'nda ölçülmüş günlük toplam yağış verileri kullanılarak 5 girdi modeli oluşturmuşlardır. Kullanılan verilerle Yapay Sinir Ağı (YSA) yapıları ile noktasal yağış-akış modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan yağış-akış modelinde bütün YSA yapıları iyi sonuçlar üretmiş olup ancak en iyi yapı olarak YSA-QN belirlenmiştir (Yüksek, Babacan, Saka, 2018).

Saplıoğlu ve Çimen (2010), çalışmalarında Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi kullanılarak yağış tahmini için model oluşturmuşlardır. Kullanılan yöntem, Amerika Birleşik Devletleri'nin Portland bölgesinde bulunan 121, 120, 21 ve 107 nolu yağış gözlem istasyonlarında ölçülmüş olan günlük yağış verilerine uygulanmıştır. Parametreler 2000 -2009 tarihleri arasında tüm istasyonlardan alınan 3170 adet günlük yağış verisi için oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar literatürde bulunan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır (Saplıoğlu ve Çimen, 2010).

Demirpençe (2005), çalışmasında akarsudaki akımın tahmini için son zamanlarda çok kullanılan Yapay Sinir Ağları (YSA) yönteminden yararlanılmıştır. Günlük akım değerleri ile çeşitli kombinasyonlar girdi olarak kullanılarak, 6 farklı model oluşturulmuştur. Köprüçay akımları ileri beslemeli geriye yayılmalı Yapay Sinir Ağları metodu ile tahmin edilerek, lineer regresyon (LR) modeli ile hesaplanan verilerin sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Demirpençe, 2005).

Yılmaz (2019), çalışmasında Türkiye'de 26 akarsu havzasında yer alan 153 istasyondan alınan yıllık anlık maksimum akımlara (YAMA) Mann Kendall, Spearman Rho ve trendin büyüklüğünü belirlemek adına Yenilikçi Şen Yöntemi uygulamıştır. Mann Kendall trend testinden elde edilen sonuçlara göre 57 istasyonun YAMA verilerinde azalan trend belirlenirken Spearman testinde 59 istasyonun YAMA verilerinde azalan

trend belirlemiştir. Fakat her iki testin sonucunda istasyonda benzer olarak elde edilen artan trendler; Çatalca, Sazköy, Dereköy, Sarayköy ve Kocaırmak istasyonlarında meydana geldiği görülmüştür. Trendlerin daha detaylı değerlendirilmesini sağlayan Yenilikçi Şen trend testi YAMA verilerine uygulanmış ve testin sonuçları diğer metotlardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Genel itibariyle testin sonuçları yakın olarak belirlenmesine rağmen, Yenilikçi Şen metodu tehlike anında daha fazla bulgu belirlemiştir (Yılmaz 2019).

Aamir ve Hassan (2018), Pakistan'ın Baluchistan olarak bilinen bölgedeki en büyük eyaletini çalışma alanı olarak belirlemişlerdir. Pakistan meteorolojisinden elde edilen veriler ile Baluchistan'daki 13 istasyona ait 40 yıllık (1977-2016) verileri kullanılarak Baluchistan yağışındaki trend analizinin değerlendirilmesine odaklanmışlardır. Yıllık ve mevsimsel yağışlardaki eğilimleri bulmak için veri boşluklarına daha az duyarlı olan iki parametrik olmayan test Mann-Kendall (MK) ve Spearman's Rho (SR) seçilmiştir. Mann-Kendall testi aynı zamanda mevsimsel ve bölgesel eğilimleri test etmek için de kullanılmıştır (Aamır ve Hassan 2018).

Çeribaşı (2018), çalışmasında Batı Karadeniz Havzasında iklim değişikliğinin etkisinin Yenilikçi Şen yöntemi ile araştırmıştır. Havzada yer alan meteorolojik istasyonlardan elde edilen yağış verilerine Yenilikçi Şen Yöntemi uygulamıştır. Kullanılan veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Yapılan araştırmanın sonucunda istasyonların bazılarında trend görülmezken bazılarında ise azalan trendler gözlemlenmiştir. Azalan trend sonucu da ilerleyen zaman dilimlerinde yağışların azalacağı kanısını ortaya koymuştur (Çeribaşı 2018).

Bacanlı (2017), çalışmasında Ege Bölgesinde bulunan sekiz meteoroloji istasyonuna ait standart yağış indeksi (SPI) değişkenliğini farklı aylık aralıklarla incelemiştir. Standart yağış indeksi sonuçlarını test etmek için Mann-Kendall ve Sperman's Rho testlerini %5 anlamlılık düzeyinde analiz ederek doğrusal regresyon yöntemine göre Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında bütün bölgelerde aylık yağış eğilimi azalmıştır ve aynı zamanda yıllık yağışın da beş istasyonda azaldığını belirlemişlerdir. Yenilikçi Şen trend yöntemi tarafından önerilen teknikle trendlerin doğrusal eğilimleri de hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda yağış ve sıcaklık trend analizleri karşılaştırıldığında analizlerin birbirine yakın olduğu belirtilmiştir (Bacanlı 2017).

Rustum ve diğ. (2017), çalışmalarında Shire havzasında yer alan Malavi'de 16 istasyondan alınan 1953-2010 yıllarına ait zaman serisinin yağış kayıtlarının eğilimleri araştırmışlardır. Trendin önemi için, parametrik olmayan Mann-Kendall (MK) testi kullanılırken, eğilim büyüklüklerinin tespiti için Yenilikçi Şen'in eğim yönteminde önerilen trendlerin homojenliği Van Belle ve Hughes metodu kullanılarak çalışılmıştır. Bu çalışma sonucunda 20 yıl süreyle toplam yağışların arttığını ve aylık toplam yağışların yağışlı olan mevsimlerde artış eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir (Rustum, Adeloye ve Mwale 2017).

Topuz ve diğ. (2015), çalışmalarında Hatay'da bulunan 4 meteoroloji istasyonları; Antakya, Dörtyol, Samandağ ve İskenderun bölgelerine ait 42 yıllık zaman serisiyle aylık, mevsimlik ve yıllık yağışların trend analiz verileri kullanılarak yağışlardaki eğilimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada değişkenlik katsayısı, Mann-Kendall ve Lineer Regresyon yöntemleri ile analiz yapılmıştır. Mann-Kendall trend analizine göre bütün istasyonlarda yıllık yağışların değerlerinde artış olduğu ve değişkenlik katsayısına göre %16 oranıyla en az değişkenlik İskenderun, en yüksek değişkenlik ise %26 değeriyle Antakya da olduğu gözlemlenmiştir. Diğer bir yöntem olan Lineeer Regresyon yöntemi analizinin sonuçları için Samandağ en fazla artış değişkenliği göstermiştir (Topuz, Karabulut ve Korkmaz 2015).

Ifeka ve Akınbobola (2015), çalışmaslarında Nijerya'nın güneydoğusunda bulunan jeopolitik bölgeyi hedef alarak çalışma alanı olarak seçmiştir. Yapılan çalışmanın ana amacı, Ifite-Ogwari, Awka, Onitsha ve Ihiala'nın içinde bulunduran Anambra Eyaletinde belirlenen istasyonlardaki yağışların istatistiksel ve trend analizlerinin sonuçlarını incelemektir. İklim Araştırma Birimi'nden (CRU) 1971-2010 ait zaman aralığındaki yağış verileri elde edilmiştir. Trend ve istatistiksel analizler, parametrik olmayan teknikler kullanılarak aylık toplam yağışlara uygulamıştır.

Bu çalışmanın sonucunda trend analizi uygulandığında genel bir düşüş eğilimi göstermiştir. Trendin, ayların değişkenliğine bağlı olarak Ağustos ve Ekim aylarında düşüş eğiliminde trend gösterdiğini ortaya koymuşlardır (Ifeka ve Akınbobola 2015).

Yerdelen (2013), çalışmasında Susurluk Havzasında yer alan 6 ölçüm istasyonunun yıllık ortalama akım verileri kullanmıştır. İstatistiksel değerlendirmeler sonucu akım gözlem istasyonlarının ölçüm süreleri 39-68 yılları arasında değiştiğini belirlemiştir. Mann-Kendall trend analizi sonuçlarına bakılarak genel itibariyle havzadaki nehir akımlarında azalan trend olduğu görülmüş ve bu trendin diğer kullanılan yöntemlerle benzer sonuç elde edilmiştir. Trendin başlangıç yıllarının 1980 yılının ilk yarısında uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ölçüm süreleri verisi kullanılan 6 akım gözlem istasyonun verilerinde azalan trendin belirlenmesinin dışında 5 tanesinde %95 güven aralığında azalan trend başlangıç yılı belirlenmiştir (Yerdelen, 2013).

Jain ve Kumar (2012), çalışmalarında Hindistan'da gerçekleşen yağış, yağmurlu günler ve sıcaklıklara bağlı oluşan eğilimlere dayalı çalışmaları gözden geçirmeyi amaçlamışlardır. İstatistiksel açıdan değerlendirilen eğilimin büyüklüğünü tahmin edebilmek için Yenilikçi Şen'in parametrik olmayan eğim tahmincisi Mann-Kendall testini kullanmışlardır. Havza için trend analizi üzerine yapılan çalışmada 15 havza yıllık yağışta negatif düşüş eğilimine girmiş ve sadece bir tek havza %95 güven aralığında önemli bir düşüş eğilimi olduğunu ve artan eğilim gösteren altı havza arasında, bir havza önemli bir pozitif eğilim sergilediğini belirlemişlerdir. Havzaların büyük bir kısmı için, yıllık ve mevsimsel ölçekte yağış ve yağmurlu günlerdeki değişkenliklerinin aynı eğilime sahip olduğunu tespit etmişlerdir (Jain ve Kumar, 2012).

Wang ve diğ. (2012), çalışmaslarında Jinsha Nehrindeki 1961-2008 dönemine ait 30 meteoroloji istasyonunda ortalama mevsimsel ve yıllık yağış verileri elde etmişlerdir. Yağış eğilimlerini belirlemek için parametrik olmayan Mann-Kendall testi uygulamıştır. Çalışmanın sonucunda ortalama mevsimsel ve yıllık yağışlarda sonbahar yağışları dışında hafif bir artış eğiliminde olduğu ve bunun önemsiz olduğunu belirtmişlerdir (Wang, Zhang, Lıu, Demıng ve Wang, 2012).

Longobardı ve Villani (2010), çalışmalarında İtalya da yer alan Campania bölgesinde bulunan 211 gözlem istasyonu için 1918-1999 dönemine ait zaman serilerinin yağış eğilimlerini ve potansiyellerini test etmek amacıyla trend analizi yapmışlardır.

Yapılan araştırma sonucunda, son 30 yıl süresince %97'sinde azalan trend olduğunu belirlemişlerdir (Longobardı ve Vıllanı, 2010).

Nouaceour ve Murarescu (2016), çalışmalarında IPCC iklim modelleri, Afrika'nın kuzeybatınsa yer alan Fas, Cezayir ve Tunus'u kapsayan Mağrip ülkeleri için yağışların azaldığını ve kuraklığın arttığı kanısına varmaktadır. Fakat bütün Mağrip ülkeleri için bu öngörü doğru değildir. Daha sıkıntılı şartlara sahip Fas için aşırı değişkenlik göstermektedir. Bununla beraber 2000 yılından itibaren daha yağışlı yıllara geçildiği gözlemlenmiştir. (Nouaceour ve Murarescu 2016).

Onyutha ve diğ. (2015), Afrika'da bulunan Nil Nehri Havzasının 39 farklı lokasyonunda yer alan istasyonlardaki yağış değişimleri analiz etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada uzun vadeli yağış eğiliminin analiz sonuçları ile kısa vadeli verilerin arasındaki farkı belirlemek için karşılaştırma yapılmıştır. Uzun vadeli zaman serisi olarak 75-100 yıllık veriler kullanılmıştır. Ekvator bölgesinde yıllık yağış değişimi %5 anlamlılık düzeyinde değerlendirildiğinde 7 istasyonun 4'ü pozitif ve anlamlı bulunmuştur yani artan trend gözlenmiştir. Geriye kalan 32 istasyon için ise %5 anlamlılık düzeyinde azalan trend olduğu tespit edilmiştir (Onyutha, Tabarı, Taye ve Nyandwaro, 2015).

Elçi ve diğ. (2017), çalışmalarında baraj patlamaları sonucunda mansap bölgelerinde oluşabilcek taşkınlar ele alınmıştır. Çalışmalrında bir barajın patlaması durumunda oluşabilcek maddi hasarların, taşkın yayılım analizleriyle önceden belirlenerek felaket boyutunu öngermektir. Çalışmada Eskişehir bölgesinde yer alan Porsuk Barajı ve İstanbulda yer alan Alibey Barajı ele alınmıştır. Barajların aniden patlaması sonucunda baraj haznesindeki suyun dar bir vadide ötelenmesi, meskun mahalde ise taşkın dalgasının yayılımı 2 boyutlu olarak modellenmiştir (Elçi, Tayfur, Hattaş ve Kocaman, 2017).

Kaleycı (2004), çalışmasında Değirmendere Havzasının taşkın yayılım haritalarını ve taşkın sahalarını belirlemiştir. Analizlerde kullanılan taşkın debileri hem birim hidrograf yöntemleriyle hemde istatistiksel yöntemlerle elde edilmiştir. Çalışma sahasında yer alan 7 akım gözlem istasyonun noktasal ve bölgesel taşkın analizi istatiski olarak metodlarla yapılmış, 10000, 1000 ve 500 taşkın tekerrür debileri belirlenmiştir. Yenieleme debileri DSİ Sentetik ve Mocus Yöntemleriyle hesaplanmış ikisinin aynı değerleri verdiği görülmüştür. Elde edilen bu taşkın debileri Hec-Ras yazılımına işlenip su yuzu kotları ve taşkın sahaları elde edilmiştir (Kaleycı, 2004).

Usul ve Turan (2006), çalışmalarında batı karadenizi en çok tehdit altında bırakan sel ve taşkın felaketleri ele alınmıştır. Çalışmada Ulus Nehri dikkate alınmıştır. Bölge sakinlerin dere yatağı etrafında yerleşmleri, derenin dolgu malzemeleriyle dolması sık sık taşkınlarının oluşmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Taşkın modeli Mike 11 yazılımıyla oluşturulmuş 25, 50 ve 100 yıllık tekerrürlü taşkın debileri altından analiz edilmiştir. Son olarak Cbs yazılım sistemlerine aktarılarak taşkın yayılım haritaları elde edilmiştir (Usul ve Turan, 2006).

Taş ve diğ. (2016), çalışmalarında Akarçay Havzası ele alınarak jeolojik ve topoğrafik özellikleri göz önünde bulundurularak taşkın riski taşıdığı öne sürülmüştür. Çalışmada ekonomik ve saniyinin en çok gelişmiş olduğu Akarçay Afyon Alt havzasının, farklı tekürrür taşkın debileri altında taşkın yayılım haritaları Hec-ras yazılımı ile üretilmiştir. Elde edilen taşkın derinlik haritalarından alınan ortalama derinlik değerleri derinlik-zarar grafiklerine işlenerek taşkın zarar tahminleri elde edilmiştir (Taş, İçağa ve Zorluer, 2016).

Gülbaz (2019), çalışmasında sayısal modeller ile taşkın yayılım haritalarının oluşturulması ve riskli alanları belirlenmiştir. Bu çalışmada Sazlıdere Havzsında yer alan Türkköse Deresi ele alınmıştır. Eğim haritası, yükselti haritası, yükselti haritası, havza alanı eğimi ve dere güzergahı WMS adlı yazılım ile elde edilmiştir. Hidrolojik modelin kurulmasında HEC-HMS yazımını kullanmışken hidrolojik modellemede ise Hec-Ras yazılımı kullabnılmıştır. Çalışma sonucunda ana derenin mansap bölgesinde su seviyesi derinliğinin 8m civarında olduğu gösterilmiştir. Yerleşim alanlarında ise 6 – 4 m civarında olduğu görülmüştür (Gülbaz 2019).

Demir ve Ülke (2018), çalışmalarında Samsun ilinde yer 3 temmuz 2012 tarihinde taşan, can ve yüksek mal kaybına yol açan alan Mert Irmağı ele alınmıştır. Çalışmada coğrafi verilerin işlenmesi sayısal arazi modelinin oluşturulması Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarıyla oluşturulmuştur. Taşkın modeli ise 2 boyutlu olarak Flo-2D yazılımıyla oluşturulşup 25,50,100 ve 500 taşkın tekerrür debileri için analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlar CBS yazılımlarına entegre edilip taşkın yayılım haritaları üretilmiştir (Demir ve Ülke, 2018).

Oğuz ve diğ. (2015), çalışmalarında Artvin ilinde yer alan Yol deresi ele alınmıştır. 24 Ağustos 2015 tarihinde bölgede gerçekleşen taşkın felaketi radar ve uydu verileri ile analiz edilmiştir. Uydu ve radar görüntülerinden taşkın öncesi ve taşkın sırasındaki görüntüler kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama sonucunda taşkından etkilenen alanlar teker teker tespit edilerek çeşitli değerlendirmelere tabi tutulmuştur. Ayrıca derenein taşkın debileri sentetik yöntemler ile hesaplanarak Scs yağış- akış modelleri ile kıyaslanmıştır (Oğuz, Ulupınar, Uğurlu ve Yazıcı, 2015).

Akkaya (2016), çalışmasında Edirne şehrinde yer alan Meriç ve Tunca Nehirlerinin taşkın yenileme debilerini hesaplayarak Edirne şehir merkezinde oluşan taşkınlar analiz edilmiştir. Elde edilen taşkın yayılım sahalarını azaltmak adına alternatif 2 kanal tasarlayarak taşkın riskinin azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca tasarlanan her iki kanal içinde 2 boyutlu taşkın analiz modelleri kurularak kanalların kapasiteleri ve kanallardan kaynaklı oluşabilcek taşkınlar irdelenmiştir. Kabul gören kanalın Meriç nehri ile birleşmesi noktasının ardında kalan mansap şartları da değerlendirilmiştir (Akkaya 2016).

Dere (2019), çalışmasında Sakarya ilinde yer alan Kurtköy ve Mahmudiye derelerinin ele alınmıştır. Meteorolojik veriler kullanılarak istatistiki yöntemlerle en yüksek yağış miktarlarını hesaplamıştır. Sayısal yükseklik modeli üretiminde 1/1000 ölçekli halihazırlar kullanılmıştır. 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıllık tekerrürlü taşkın debileri hesaplanarak Hec-RAS yazılımına aktarılıp 2 boyutlu taşkın yayılım haritaları üretilmiştir (Dere, 2019).

Alppay (2019), çalışmasında baraj yıkılmaları ve sonucunda oluşan taşkın hasarlarını ele almıştır. Çalışmada Kirazlıdere (Yuvacık) Barajı ele alınarak, baraj bölgesinin 3 boyutlu arazi haritaları oluşturulmuştur. Baraj yıkılma simülasyonuda Hec-RAS yazılımı ile oluşturulmuştur. Oluşturulan bu simülasyon sonucunda taşkın riski altında kalan alanlar tespit edilmiştir (Alppay, 2019).

Yıldırım (2015), çalışmasında Orta Fırat Havzasında geçmişten günümüze kadar bulunan 5 farklı gözlem istasyonunun akım verileri kullanılarak trendi gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından alınmıştır. Trendi analiz etmek için ilk olarak Mann-Kendall tesi kullanılmıştır. Ana metot olarak da önerilen Yenilikçi Şen'in trend analizi yöntemlerini 5 istasyona ait akım verileri üzerinde uygulamıştır (Yıldırım, 2015).

Abdulkareem ve Sulaiman (2015), çalışmasında Kelantan havzasında yer alan 17 yağış istasyonuna ait taşkın alanlarının yağış eğilimlerini araştırmak için 1984-2014 yıllarının kayıtlarını kullanmışlardır. Muhtemel yağış değişimlerini belirlemek amacıyla Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen testi uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda 12 yağış istasyonunda yıllık yağış serilerinde anlamlı olmayan bir eğilim tespit edilmiş olup 5 istasyonda ise anlamlı bir trendin olduğunu belirtmişlerdir (Abdulkareem ve Sulaiman, 2015).

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

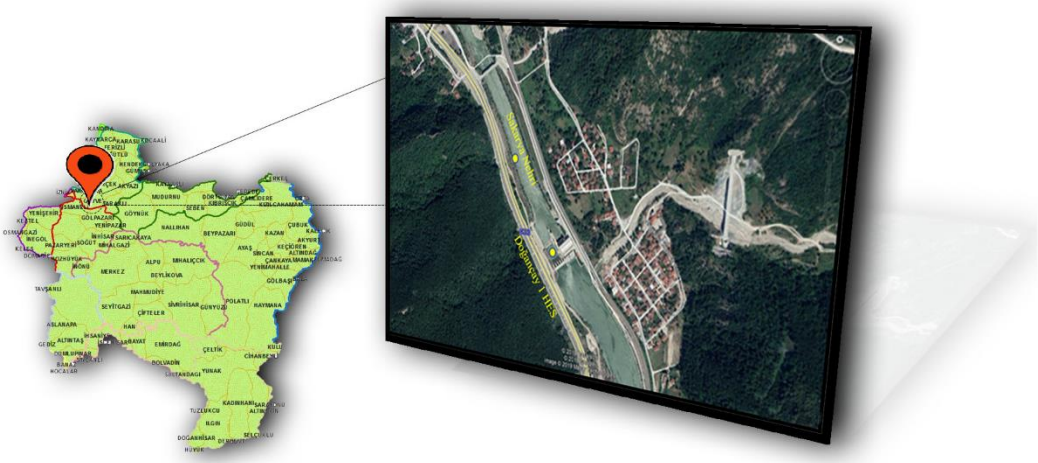
Türkiye'nin Sakarya Havzası'nda yer alan Doğançay 1 Hidroelektrik Enerji Santrali ve Doğançay 2 Hidroelektrik Enerji Santrali bu tez çalışmasında çalışma alanı olarak seçilmiştir.

3.1.1. Doğançay 1 Hidroelektrik Enerji Santrali

Genel özellikleri :

Doğançay 1 HES Sakarya ili sınırları içerisinde, Sakarya il merkezinin güneyinde, Geyve ilçe merkezinin yaklaşık 8 km kuzeyinde Kızılkaya Köyü ile Örencik Köyü arasında yer almaktadır ve Sakarya Nehri üzerine kurulmuştur. Mevcut düşüden yararlanarak enerji üreten nehir tipi santraldir. 29 Ağustos 2014 tarihi itibariyle faaliyete geçmiştir.Doğançay 1 HES ortalama yıllık 171,63 GWs/Yıl enerji üretmektedir. 15,942 MW kurulu enerji üretimine sahip olan Doğançay 1 HES aynı özelliklere sahip üç üniteden oluşmaktadır. Her bir ünite max 5.314 MW enerji üretim kapasitesine sahiptir. Doğançay 1 HES'in harita üzerindeki konumu şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Doğançay 1 HES'in su alma yapısı toplamda 150 m^3/sn debisinde su alarak 3 üniteye eşit bir şekilde dağıtmaktadır. Ünitelere gelen 50 m^3/sn'lik debiler ana vananın önündeki çarkı harekete geçirmektedir. Türbin çarkı yatay eksen üzreinde yer almakla beraber 200 d/dk lık sabit bir devirde dönrerek jeneratör milini harekete geçirmektedir. Bu 200 d/dk lık türbin çarkı jeneratörü 500 d/dk'lık hıza ulaştırmaktadır. Bu hızda dönen jeneratörün ürettiği gerilim koruma ve ölçüm sistemleriden geçerek ana trafoya ulaşmaktadır. Bu gerilim ana trafo hattında 5,314 MW enerji seviyesine ulaşmaktadır. Ardından yüksek gerilim enerji hattına aktarılarak enterkonnekte şebekesine ulaştırılır.



Şekil 3.1 : Doğançay 1 HES ve Sakarya Nehri üzerindeki konumu.

Doğançay 1 HES Nehir tipi santraldir ve 3 adet üretim ünitesinden oluşmaktadır. Bu nedenle üç ayrı su toplama kanalına sahiptir. Havzada toplanan suyun santrale giriş aşamasında su toplama kanallarının pislik ve atıklardan korunması amacıyla giriş kısımlarında ızgarlar yer almaktadır. Bu ızgaraların sayesinde pislik ve atıklar su iletim kanalların giriş kısmanda toplanır ve ara ara bu pislikler giriş kısmını tıkamadan temizlenir.

İletim kanallarından geçen su ünitelere giriş yapmadan çökeltme sistemlerinden geçirelerek suyun içinde kalan ince tanelerin, çakıl ve kum gibi malzemeler çökeltilir. Dolayısıyla çarkların bu malzemelerden kaynaklı zarar görmesi engellenir. Her bir ünite için hazırlanmış olan dip savaklarda suyun durumuna göre açılarak bu malzemelerle beraber tahliye edilir.

İletim kanalından cebri boruya geçen su, ünitenin ana vanasıyla karşı karşıya kalmaktadır. Ana vana açılmadan iki boru arasındaki basıncın eşitlenmesi cebri boruların üstündeki baypas sistemi ile gerçekleşir. Basınçların eşitlenmesinin ardından kelebek vana açılır ve su geçimi sağlanır. Suyun üniteye ulaşmasıyla beraber çark dönmeye başlar ve üniteler senkronizasyon aşamasına girer. Senkronizasyon aşamasının tamamlanmasıyla elektrik üretimi başlar. Bu işlemlerin tamamı operatorün komutları ile çalışır. Operatör enerji üretim şeklini, suyun miktarına göre iki farklı aşamada gerçekleştirebilmektedir. Birinci çalışma modu seviye kontrol modudur. Bu modda operatör, üniteyi seviye kontrol modunda çalıştırarak su debisinin azalışı veya artışına göre, ünite gücünü otomatik olarak

ayarlayabilmektedir. Bu mod verim açısından daha olumlu olmakla beraber en çok kullanılan moddur. Bir diğer mod ise su debisini azaltıp arttırarak istenilen gücü elde etmektir.

Santralde kullanılan türbinler düşey, çift ayarlı kaplan tipi türbinlerdir. Türbinlerin merkez hattı kotu 45,00 m.a.s.l'dir. Bu tür türbinlerin çapları 850 mm ile 5500 mm arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Doğançay 1 HES'in türbin çapı 2,700 m dir ve çark sayısı 3-4 adet arasında değişkenlik gösteren kaplan düşey türbinlerinden, 4 adet çark sayılı türbine sahiptir. Bu HES'te kullanılan türbinin bir diğer önemli avantaji ise ayarlanabilir çarklara sahip olmasıdır. Bu özelliği sayesinde düşü ve debi seviyelerindeki herhangi bir artış veya azalışın olması durumunda vana ile koordineli bir şekilde çarkların açılıp kapanmasından kaynaklı türbinin sabit devirle çalışmasının sağlanmasıdır. Ayrıca bu tip türbinler min. 70 KW ve maks. 20 MW enerji üretim kapasitelerine sahiptir ve üç tip şanzıman ile çalışabilmektir. Bunlar; doğrudan, kayışlı veya paralel şanzımandır.

Doğançay 1 HES'in konrol sistemi, meydana gelebilcek her türlü mekanik arızasına veya elektriksel arızalara karşı kendini korumakta olup, bu tür arızaların giderilmesinde operatörlere müdahale açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Santraldeki elektrik ve mekanik sistemin kontrolleri yerel ve uzaktan sağlanabilmekte, koruma sistemleri ise bilgisayardan sağlanmaktadır. Santral içi iletişim ise yerel iletişim ağları ile sağlanmaktadır.

Doğançay 1 HES karakteristik özellikleri :

Dikey Kaplan hidrolik türbin, çift ayarlı

Ünite sayısı	: 3
Türbin tipi	: Dikey Kaplan
Santralin rakımı	: <100,00 m.a.s.l
Maks. brüt net düşü	: 12,86 m
Net düşü (3 Ünite çalışması durumu)	: 11,84 m
Maks. Net düşü (1 Ünite çalışması durumu)	: 12,82 m
Ortalama Net düşü (2 Ünite çalışması durumu)	: 12,54 m
Min. Net düşü (3 Ünite Çalışması durumu)	: 7,29 m
Min. Net düşü (1 Ünite Çalışması durumu)	: 8,27 m
Min. Net düşü (2 adet Çalışması durumu)	: 7,99 m
Net Düşü durumundaki debi	: 50,00 m^3/sn
Min. Düşü durumundaki debi /(3 Ünite çalışması)	: 36,52 m^3/sn
Min. Düşü durumundaki debi / (1 Ünite çalışması)	: 41,17 m^3/sn
Min. Düşü durumundaki debi / (2 Ünite çalışması)	: 39,87 m^3/sn
Üretilen Enerji Durumu (Nominal Net düşü)	: 5 314 KW
Maksimum Net düşüdeki türbin çıkışı 12,82 m	: 5 314 KW
(maksimum deşarj 45,62 m^3/sn)	
Türbin çıkışı net düşü 12,54 mdeki enerji üretimi	: 5 314 KW
(boşaltma maksimum 46,76m^3/sn)	
Türbin hızı	: 200,00 rpm

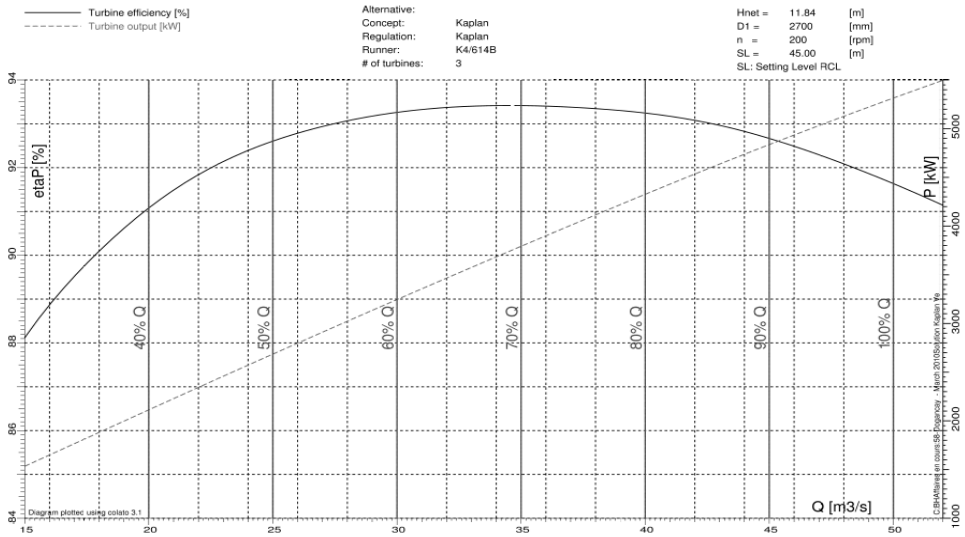
Türbin çark hızı	: 623,00 rpm
Jeneratör hızı	: 500,00 rpm
Türbin çapı	: 2,700 m
Türbin çark sayısı	: 4
Türbin merkez kotu	: 45,00 m.a.s.l

Doğançay 1 HES teknik özellikler :

Hidrolik türbinler :

Miktarı	: 3 Ünite
Tipi	: Dikey Kaplan Hidrolik Türbin, Çift ayarlı
Nominal Gücü	: 5 314 KW
Nominal Debisi	: 50,00 m^3/s
Maks. net düşüsü	: 11,84 m
Devir Sayısı	: 200 d/dk

Doğançay 1 HES'in debi miktarına göre değişkenlik gösteren verim eğrisi şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 : Doğançay 1 HES debi miktarına göre verim eğrileri.

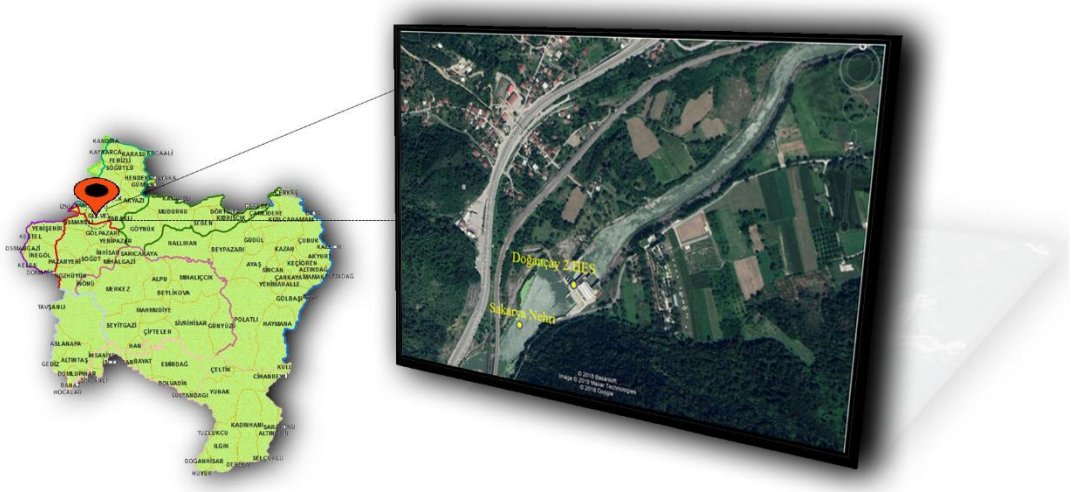
3.1.2. Doğançay 2 Hidroeletrik Santrali

Genel özellikleri :

Doğançay 2 HES Sakarya ili sınırları içerisinde, Sakarya il merkezinin güneyinde, Geyve ilçe merkezinin yaklaşık 16 km kuzeyinde Karaçam bölgesinde yer almaktadır ve Sakarya Nehri üzerine kurulmuştur. Mevcut düşüden yararlanarak enerji üreten nehir tipi santraldir. 29 Ağustos 2014 tarihi itibariyle faaliyete geçmiştir.

Optimizasyon çalışmaları sonucunda Doğançay 2 HES'in brüt düşüsü 11,64 m, proje debisi ise 150 m^3/sn ve 15,663 MW kurula güçe sahip olacak şekilde inşaa edilmiştir. Doğançay 2 HES ortalama yıllık 171,63 GWs/Yıl enerji üretmektedir.

15,663 MW kurulu enerji üretimine sahip olan Doğançay 2 HES aynı özelliklere sahip üç üniteden oluşmaktadır. Her bir ünite max 5,221 MW enerji üretim kapasitesine sahiptir. Doğançay 2 HES'in harita üzerindeki konumu şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 : Doğançay 2 HES konumu.

Doğançay 2 HES'in su alma yapısı toplamda 150 m^3/sn debisinde su alarak 3 üniteye eşit bir şekilde dağıtmaktadır. Ünitelere gelen 50 m^3/sn'lik debiler ana vananın önündeki çarkı harekete geçirmektedir. Türbin çarkı yatay eksen üzerinde yer almakla beraber 200 d/dk'lık sabit bir devirde dönerek jeneratör milini harekete geçirmektedir. Bu 200 d/dk lık türbin çarkı jeneratörü 500 d/dk lık hıza ulaştırmaktadır.

Bu hızda dönen jeneratörün ürettiği gerilim koruma ve ölçüm sistemleriden geçerek ana trafoya ulaşmaktadır. Bu gerilim ana trafo hattında 5,221 MW enerji seviyesine ulaşmaktadır. Ardından yüksek gerilim enerji hattına aktarılarak enterkonnekte şebekesine ulaştırılır.

Santralde kullanılan türbinler düşey, çift ayarlı kaplan tipi türbinlerdir. Türbinlerin merkez hattı kotu 32,00 m.a.s.l'dir. Bu tür türbinlerin çapları 850 mm ile 5500 mm arasında değişkenlik gösterebilmektedir.

Doğançay 2 HES'in türbin çapı 2,700 m'dir ve çark sayısı 3-4 adet arasında değişkenlik gösteren kaplan düşey türbinlerinden, 4 adet çark sayılı türbine sahiptir.

Doğançay 2 HES karakteristik özellikleri :

Dikey Kaplan hidrolik türbin, çift ayarlı

Ünite sayısı : 3

Türbin tipi : Dikey Kaplan

Santralin rakımı : <50,00 m.a.s.l

Maks. brüt net düşü : 12,66 m

Net düşü (3 Ünite çalışması durumu) : 11,64 m

Maks. Net düşü (1 Ünite çalışması durumu) : 12,62 m

Ortalama Net düşü (2 Ünite çalışması durumu) : 12,34 m

Min. Net düşü (3 Ünite Çalışması durumu) : 7,20 m

Min. Net düşü (1 Ünite Çalışması durumu) : 8,18 m

Min. Net düşü (2 adet Çalışması durumu) : 7,90 m

Net Düşü durumundaki debi : 50,00 m^3/sn

Min. Düşü durumundaki debi /(3 Ünite çalışması) : 36,10 m^3/sn

Min. Düşü durumundaki debi / (1 Ünite çalışması) : 40,76 m^3/sn

Min. Düşü durumundaki debi / (2 Ünite çalışması) : 39,44 m^3/sn

Üretilen Enerji Durumu (Nominal Net düşü) : 5 221 KW

Maks. Net düşüdeki türbin çıkışı 12,62 m : 5 221 KW

(maksimum deşarj 45,54 m^3/sn)

Türbin hızı : 200,00 rpm

Türbin çark hızı : 623,00 rpm

Jeneratör hızı : 500,00 rpm

Türbin çapı : 2,700 m

Türbin çark sayısı : 4

Türbin merkez kotu : 32,00 m.a.s.l

Doğançay 2 HES Teknik Özellikler :

Hidrolik türbinler :

Miktarı : 3 Ünite

Tipi : Dikey Kaplan Hidrolik Türbin

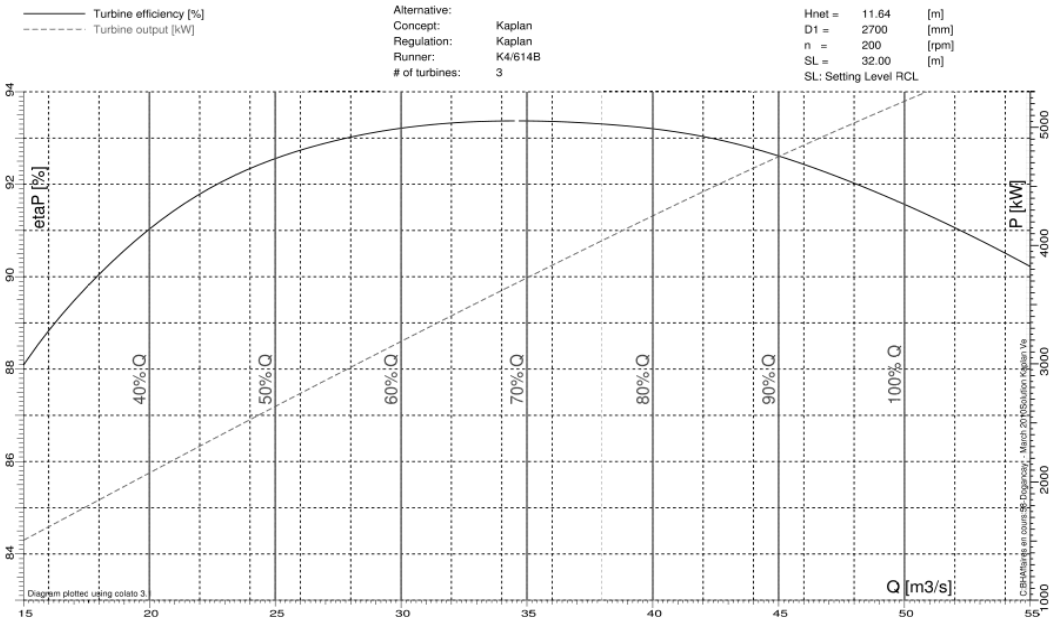
Nominal Gücü : 5 221 KW

Nominal Debisi : 50,00 m^3/sn

Maks. net düşüsü : 11,64 m

Devir Sayısı : 200 d/dk

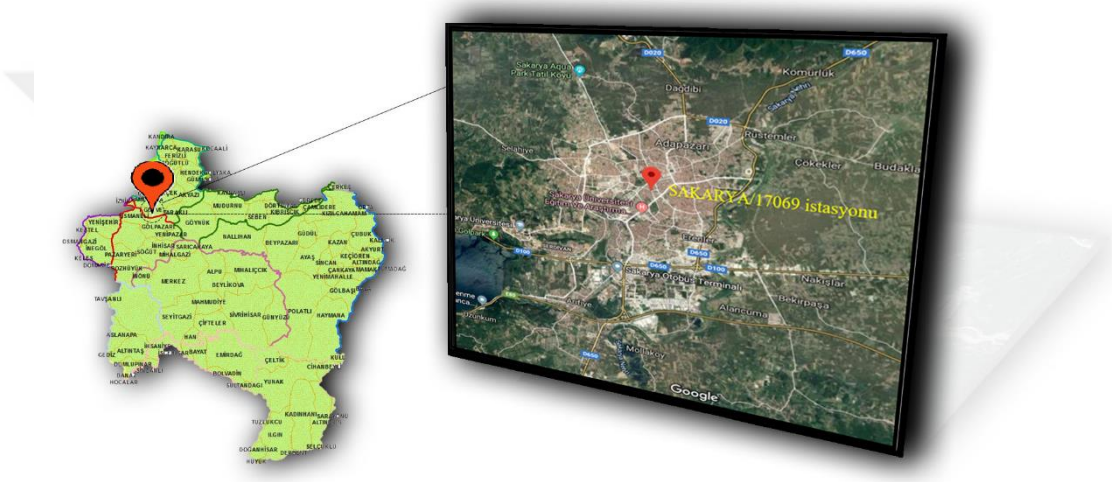
Doğançay 2 HES'in debi miktarına göre değişkenlik gösteren verim eğrisi şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4 : Doğançay 2 HES debi miktarına göre verim eğrileri.

3.1.3. Sakarya Gözlem İstasyonu

Sakarya Havzasında yer alan Sakarya ilinin Gözlem istasyonu Devlet Meteroloji Genel Müdürlüğü tarafından kurulmuştur. Sakarya adlı ve 17069 numaralı istasyon 40.7676,30.3934 koordinatında yer almakta olup şekil 3.5'te gösterilmiştir. Günlük toplam yağış, günlük ortalama sıcaklık ve günlük ortalama nisbi nem verileri analize tabi tutulacaktır. Bu veriler 5 su yılı uzunluğunda olup (2014 – 2019) yılları arasındaki verilerdir.



Şekil 3.5 : Sakarya/ 17069 Mgm İstasyonu.

3.1.4. AliFuat Paşa Bölgesi

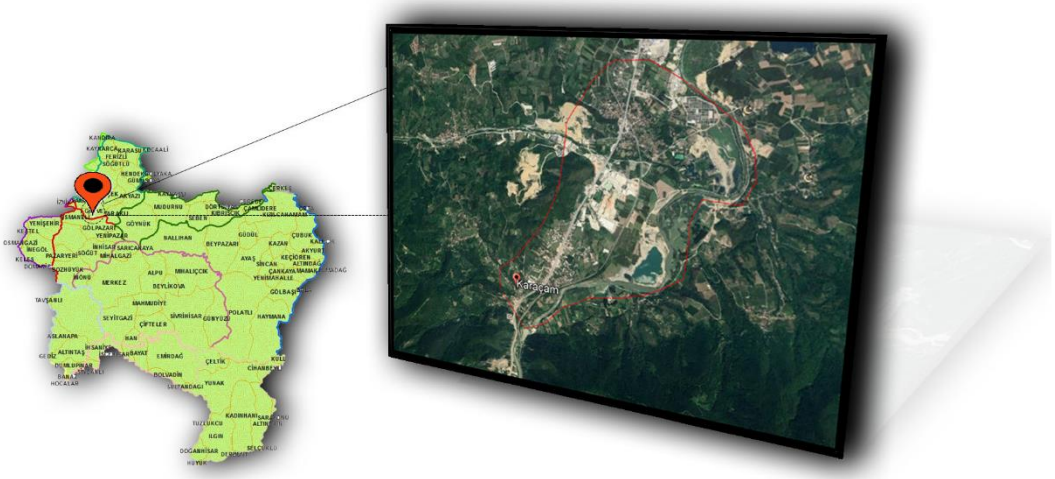
Sakarya ili, Geyve ilçesinin (40o31'39,47"–40o33'30,34") koordinatlarında yer alan AliFuat Paşa bölgesi olarak adlandırılan belde de toplam 4 adet mahalle bulunmaktadır. Bunlar, Ulu Camii Mahallesi, Okul Mahallesi, Epçeler Mahallesi ve Yeni Mahalledir. Bu mahallelerin toplam nüfusu yaklaşık 7.500 civarındadır. Birçok tarihi öneme sahip olan bu belde de Sakarya Nehri üzerinde bulunan M.1495 (H.901) yılında Sultan II. Bayezid tarafından yapılan tarihi AliFuat Paşa Köprüsü de yer almaktadır. Sakarya ilinde yer alan ve Geyve ilçesine bağlı olan çalışma alanının konumu şekil 3.6'da gösterilmiştir (Turhan et al., 2004). AliFuat Paşa bölgesi Doğançay 1 HES'in memba bölgesinde kalıp aralarındaki mesafe yaklaşık olarak 4 km civarındadır.



Şekil 3.6 : AliFuat Paşa bölgesi.

3.1.5. Karaçam Bölgesi

Geyve ilçesinde (40°38'34.9"N 30°19'54.3"E) koordinatlarında yer alan Karaçam bölgesinde 1700 kişi yaşamaktadır. Sakarya il merkezine yaklaşık olarak 12 ve Geyve il merkezine 20 km uzaklıktadır. Karaçam bölgesi ise Doğançay 2 HES'in mansap bölgesinde kalıp aralarındaki mesafe yaklaşık olarak 400m civarındadır. Karaçam bölgesinin haritası şekil 3.7'de yer almaktadır.



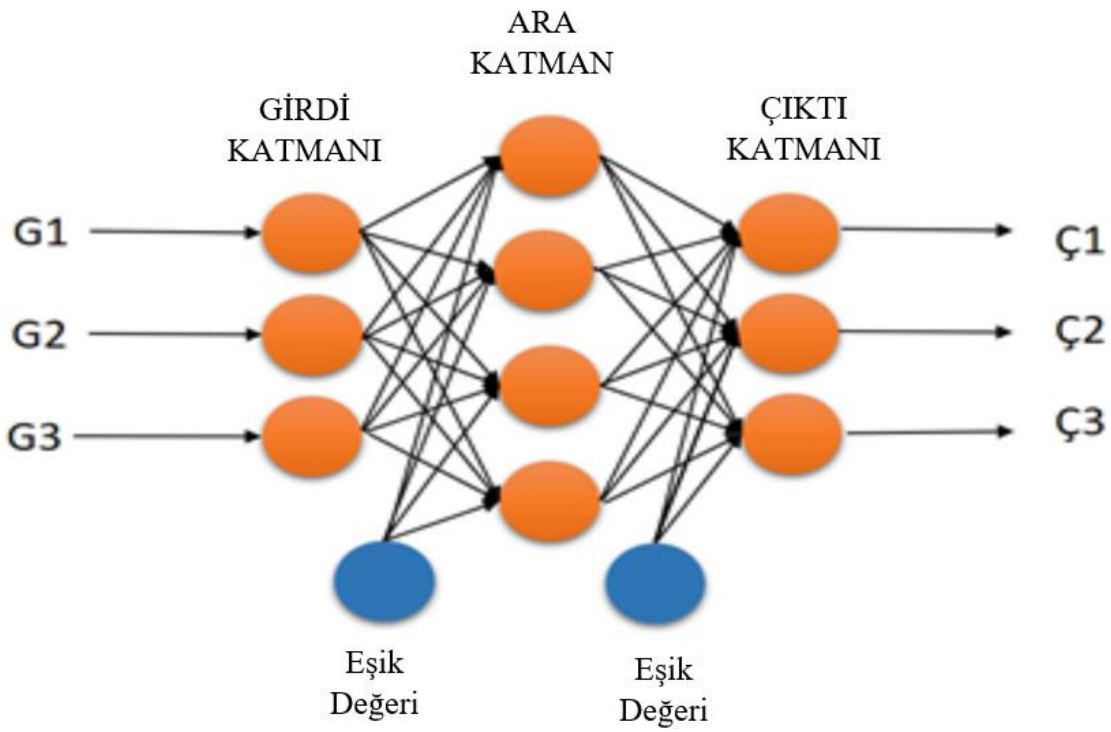
Şekil 3.7 : Karaçam bölgesi.

3.2. Yapay Sinir Ağları

3.2.1. Yapay Sinir Ağlarında nöronlar ve biyolojik yapı

Yapay Sinir Ağları bilgisayar sisteminde geliştirilmiş, insan beyninde öğrenme özelliğine benzetilen hiçbir yardım almadan bilgiler türetebilen, yeni keşifler gerçekleştirebilen ve sıfırdan bilgiler oluşturabilen bir sistemdir. (Öztemel, E., 2016) Bu sistem insan beynini taklit ederek kendi bünyesinde bulunan hafızasına bilgileri yedekleyerek işleyen bir yapıya sahiptir. Bu sistem ezberleme, hatırlama, genelleme ve veriler arasında bağlantı kurabilmektedir. Yapay Sinir Ağlarında yer alan biyolojik hücrelerin adı, insan beynindeki biyolojik hücrelerin adından esinlenerek Nöron olarak belirlenmiştir. Bu Yapay nöronlar tıpkı insan beyni gibi kendisine iletilen sinyalleri işlem sürecinden geçirerek bir sonraki nörona iletir. Bu aşamanın oluşmasıyla tepkiler oluşmaktadır.

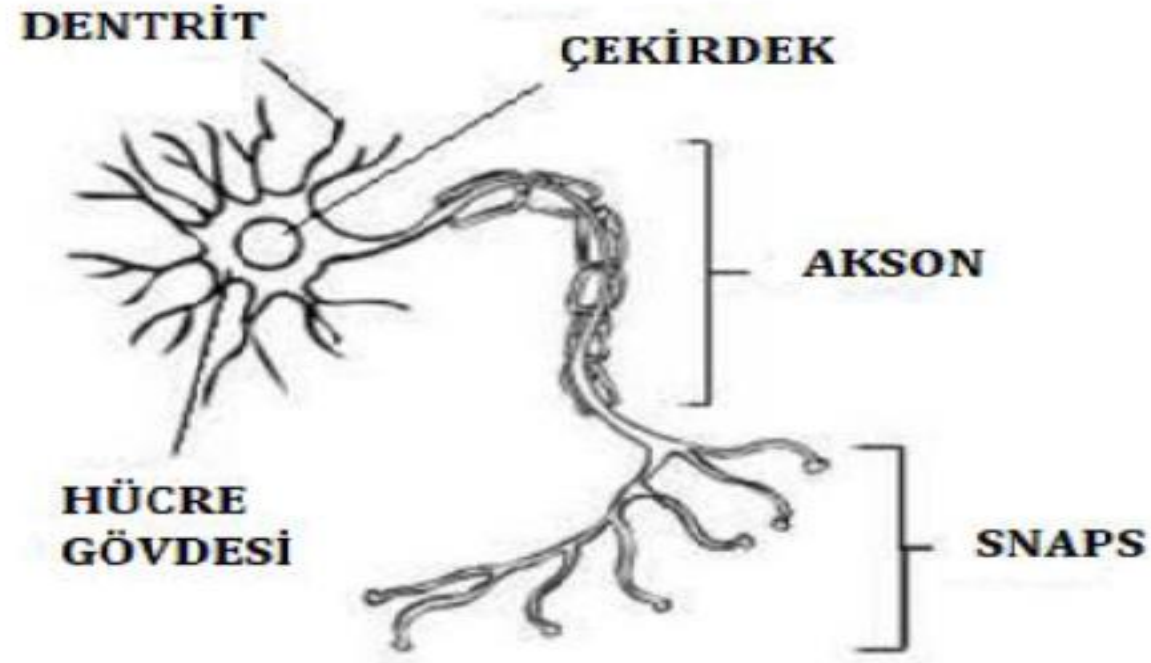
YSA'da işlemci görevini Yapay nöronlar temsil etmektedir. Yapay nöron bir takım fonksiyonlardan oluşmaktadır. Bu fonksiyonlar girdi fonsiyonları, toplama, transfer ve çıkış fonksiyonlarıdır. (Kıyıldı, 2017). Şekil 3.8'de bir Yapay Sinir ağı hücresi yer almaktadır (Çeribasi, G., & Caliskan, M. 2019).



Şekil 3.8 : Yapay Sinir ağı hücresi (Kıyıldı, 2017).

3.2.2. Yapay Sinir Hücresi

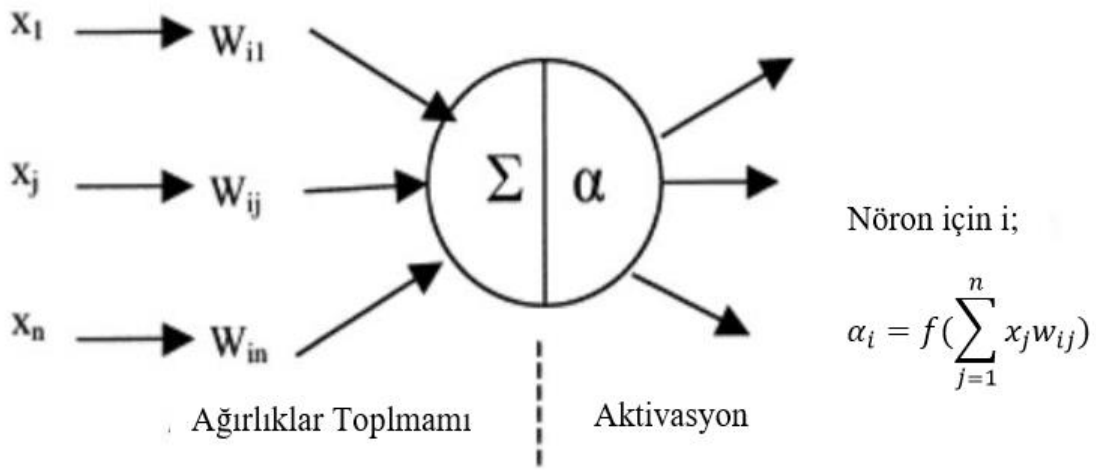
İnsanlardaki biyolojik hücre yapısına çok benzer bir şekilde Yapay Sinir hücresi, gövdeden, aksondan, çok sayıda dendritten (sinir ucu) ve snapslardan oluşmaktadır. Bu hücrelerin çalışma prensibi ise sırasıyla; gelen sinyaller dendritler sayesinde çekirdeğe iletilir. Çekirdek bu sinyalleri bir araya toplayarak aksonlara iletir. Aksonlar bu verileri işledikten sonra snapslara iletilir ve oluşan bu yeni sinyalleri bir yeni hücreye aktarır. (Yalçın, 2019). Şekil 3.9'da bir Yapay Sinir ağının hücresi yer almaktadır.



Şekil 3.9 : Yapay Sinir Ağı Hücresi (Yalçın, 2019).

3.2.3. Yapay Sinir Ağının formülasyonu

Yukarıda bahsedilen ve şekil 3.10'da gösterildiği gibi bilgiler tek düğümden işlenmektedir. Düğüme gelen veriler bağlantılar aracılığıyla diğer düğümlerin ağırlıklı aktivasyonlarını alır. Bu verilerin eklenmesiyle aktivasyon fonksiyonundan geçirilir ve düğümün aktivasyon verisi oluşturulur. Oluşturulan bu verilerin her biri diğer düğüme aktartılmadan önce belirli bir ağırlık değeri ile çarpılır. Yapay Sinir Ağlarında kullanılan formülasyon şekil 3.10'da gösterilmiştir (Yalçın, 2019).



Şekil 3.10 : Yapay Sinir Ağlarının formülasyonu (Yalçın, 2019).

Bir setin eğitilmesinde, snaptik ağırlıkların girdi ve çıktı verilerine uyarlanmış düzen hali kullanılmaktadır. Çıkış verileri, ağın girdi verilerinden ürettiği bağımlı değişkenlerden oluşmaktadır. Bu şebekeye eğitilmesi istenilen verilerin bir veri kümesi halinde tanıtılması önem arz etmektedir. Her bir çıktı verisi üretiminde, farklı desen okunur ve girdi verisi kullanılır. Bu veriler eğitim bilgileriyle kıyaslanır. Kıyaslanan veriler arasında değişkenlik varsa hata eğiliminin azalacağı yönde değiştirilir. Azalan bir eğilim oluşana kadar bu analizler devam eder. Eğitim setinde güven seviyesi istenilen seviyeye ulaşmasıyla ağ ağırlıkları sabit tutulur. Ardından yeni girdi verisi üretmede karar vermek, kalıp tanımlamak veya ilişkilendirilmede tanımlı ağlar kullanılmaktadır (Çalışkan, 2019).

3.2.4. Karesel ortalama hata

Hata fonksiyonu, öğrenme fonksiyonun oluşumunu en çok etkileyen etkenlerden biridir. Hata fonksiyonu öğrenme sürecini yönetmektedir. Karesel ortalama hata fonksiyonu en sık kullanılan hata terimidir. Ölçülen verilerin doğruluk derecesi hakkında en doğru yaklaşımı yaptığı kabul edilmektedir. Karesel ortalama hatanın denklemi (3.1)'de verilmiştir.

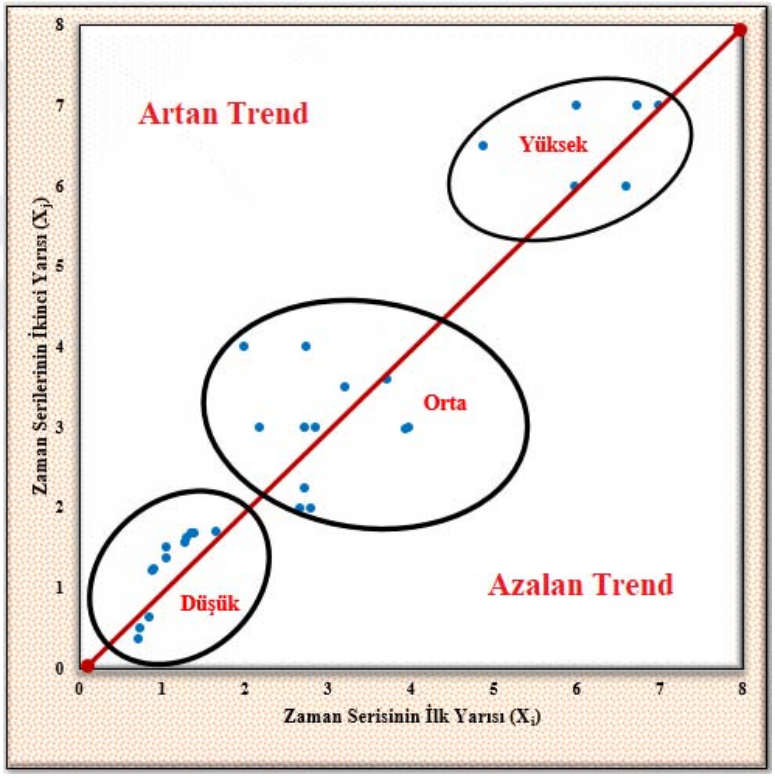
$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{\text{İ}=1}^{N}(Y_{GERÇEK} - Y_{TAHMİN})^2 \qquad (3.1)$$

İle ifade edilmektedir.

3.3. Trend Analizi

3.3.1. Yenilikçi Şen Yöntemi

Yenilikçi Şen yönteminde mevcut veriler tam ortadan iki eşit parçaya bölünecek şekilde ayrılır. İkiye ayrılan bu seriler küçükten büyüğe doru sıralanmaktadır. İlk veri serisi (X_i) yatay eksen (X-Ekseni) üzerinde ve ikinci veri serisi (X_j) düşey eksen (Y-Ekseni) üzerinde yer alacak şekilde Kartezyen koordinat sistemi üzerine yerleştirilir. Verilerin bu şekilde düzenlenmesi şekil 3.11'de yer almaktadır. (Çeribaşı, G. ve Doğan, E., 2015., ÇERİBAŞI, G., 2019).



Şekil 3.11 : Yenilikçi Şen Yöntemi grafiği.

Bu grafiğin üzerinde kalan verilerin hangi bölgede kaldığına bağlı olarak trend analizi elde edilir. Eğer veriler eğrinin üst kısmında ve düşük kümesinde yer alması durumunda düşük seviyede artan trend olduğu, orta kümesinde yer alması durumunda orta seviyede artan bir trend olduğu, yüksek kümesinde yer alması durumunda ise yüksek seviyede artan trend olduğu ortaya çıkmaktadır.

Ancak veriler eğrinin alt tarafında ve düşük kümesinde yer alması durumunda düşük seviyede azalan trend olduğu, orta kümesinde yer alması durumunda orta seviyede azalan bir trend olduğu, yüksek kümesinde yer alması durumunda ise yüksek seviyede azalan bir trend olduğu sonucuna varılmaktadır (Şen, 2012; Şen, 2013).

3.4. Taşkın

3.4.1. Hidrolik model

Çalışmanın bu aşamasında modellemede ve analizlerde Hec-RAS yazılımı kullanılacaktır. Taşkın dalgasının yayılımını Hec-RAS yazılımı kullanılarak 2 boyutlu elde edilecektir. Bu yazılım modellemede serbest yüzeyli akımlar için Saint-Venant eşitlikleri kullanılmaktadır. Bu eşitlikler süreklilik ve momentumun korunumu ilkelerinden elde edilmektedir (Samandar and Genc, 2016). 3 boyutlu süreklilik denkleminde, akışkanın sıkıştırılmaz kabul edilmesiyle diferansiyel ve vektörel denklemleri (3.2) ve (3.3)'te verilmiştir.

$$\frac{\partial_u}{\partial_x} + \frac{\partial_v}{\partial_y} + \frac{\partial_w}{\partial_z} = 0 \tag{3.2}$$

$$\vec{V}.\vec{V} = 0 \tag{3.3}$$

3 boyutlu momentum (Navier-Stokes) denkleminde, akışkanın sıkıştırılmaz kabul edilmesiyle diferansiyel ve vektörel denklemleri (3.4) - (3.7)'te verilmiştir.

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z}\right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \rho g_x + \mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) \tag{3.4}$$

$$\rho\left(\frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z}\right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \rho g_y + \mu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right) \tag{3.5}$$

$$\rho\left(\frac{\partial w}{\partial t} + u\frac{\partial w}{\partial x} + v\frac{\partial w}{\partial y} + w\frac{\partial w}{\partial z}\right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \rho g_z + \mu\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right) \tag{3.6}$$

$$\rho\frac{D\vec{v}}{Dt} = -\vec{V}P + \rho\vec{g} + \mu\nabla^2\vec{V} \tag{3.7}$$

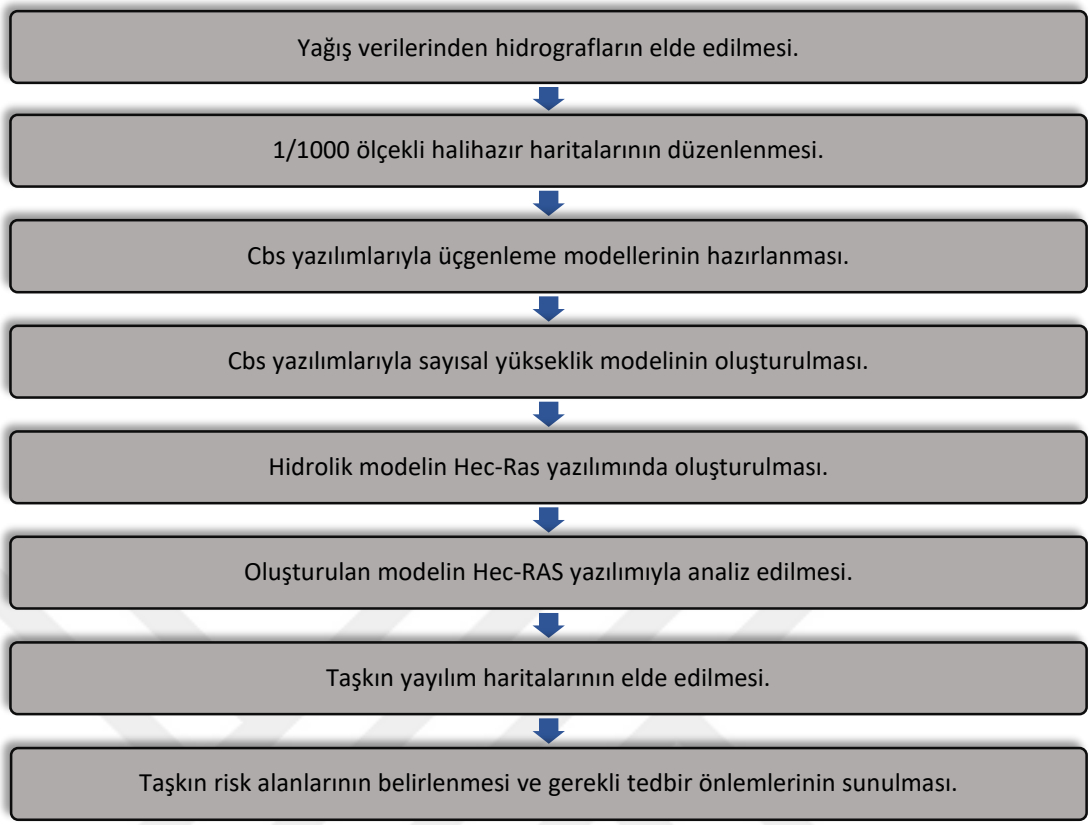
Taşkın ve kanal modellemelerinde bu süreklilik ve momentum denklemleri kullanılmaktadır. Ayrıca yayılımın modellemesinde akım tipi kararsız akım olarak modellenecek ve ona göre analizler gerçekleşecektir.

Bu yazılımda kararsız akımın 3 boyutlu denklemi akışkanın sıkıştırılmaz kabul edilmesiyle analiz edilmektedir. Kararsız akımın 3 boyutlu denklemi 3.8'de gösterilmektedir.

$$\frac{H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + q = 0 \tag{3.8}$$

Yukarıdaki denklemde H su yüzeyinin kotunu, h suyun derinliğini, u ve v; düzlemsel hızları, x ve y yatay düzlemleri, t zamanı ve q sisteme girmekte ve çıkmakta olan debiyi temsil etmektedir.

Hec-Ras yazılımında sonlu hacim algoritması kullanılarak 2 boyutlu kararsız akım analizleri gerçekleşmektedir. Sonlu elemanlar, sonlu farklar yöntemleri sonlu hacim metodlarıyla kararlılık açısından kıyaslanmasında sonlu hacim metodlarının daha büyük direnç gösterdikleri ve kararlılıkta artış gösterdikleri görülmüştür. (USACE. (2016). Şekil 3.12'de taşkın yayılım haritalarının oluşturulması esnasında uyulması gereken aşamalar gösterilmiştir.



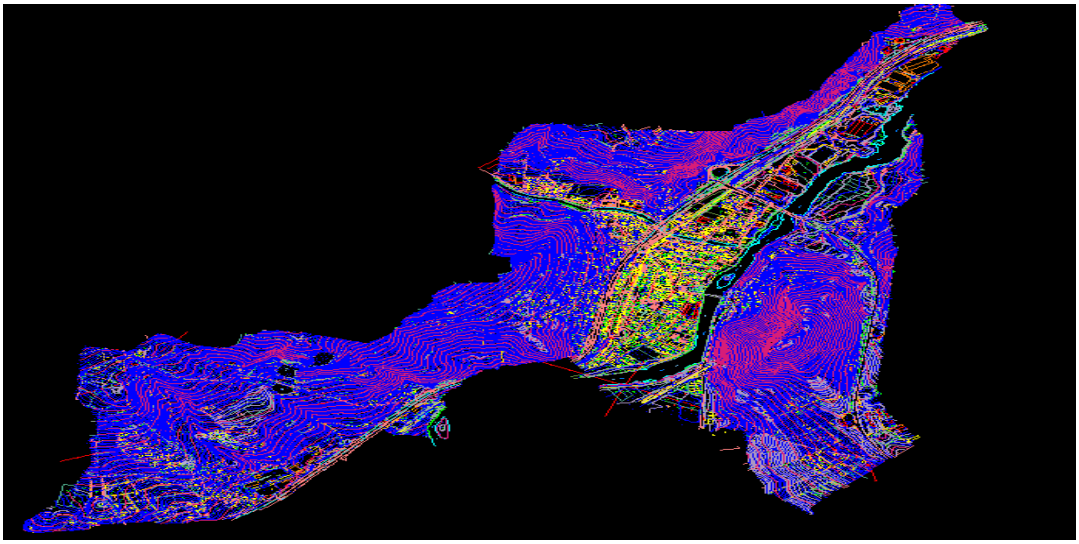
Şekil 3.12 : Taşkın yayılım haritalarının hazırlanma aşamaları.

NetCAD 5.1 :

Haritacıların en çok kullandıkları bir yazılım sistemidir. Kullanım alanlarına kısaca örnek verilcek olursa; yol, gölet, imar işleri, halihazır ve parselleme gibi tüm işlerin hazırlanmasında kullanılabilmektedir. NetCad arayüzü Türkçe olan bir yazılımdır. Yazılımın bir çok alt modülü vardır. Bunlardan biride NetHydro modülüdür. Bu modül hidrolik alanında kullanım imkanı sunmaktadır.

Bu tez çalışmasında NetCAD yazılımı halihazır haritalarının düzenlenmesinde kullanılacaktır. İmar ve Şehircilik Müdürlüğünden temin edilecek eş eğri yükselti verileri ve halihazırlar verilerinden analiz edilcek bölgenin verileri hazırlancaktır.

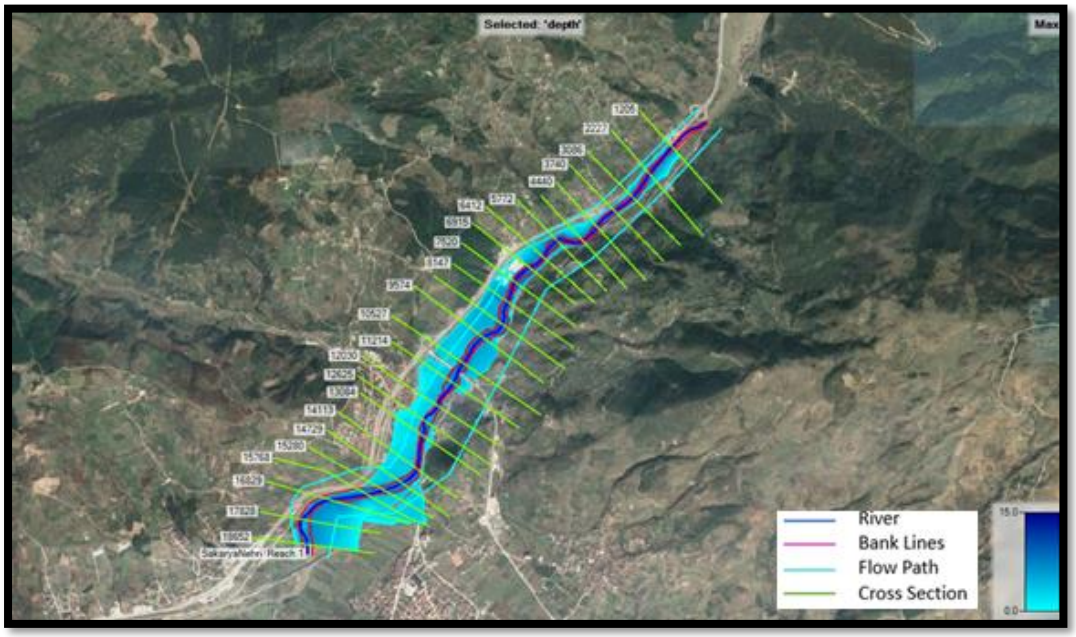
Eksik veya kot değeri tanımlanmayan verilerin olması durumda bu yazılım sayesinde veriler tamamlanacaktır. NetCAD ile hazırlanmış bir çalışmanın örneği şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13 : NetCAD çalışma örneği.

Hec-RAS yazılımı hakkında genel bilgiler :

Hec-RAS yazılımı USACE (Birleşik Devletler Mühendisler Birliği Ordusu) tarafından üretilmiş ve geliştirilmiştir. Su yüzü profillerinin oluşturulmasında sürekli akımlara veya süreksiz akımlara göre hesap yapabilmektedir. Hec-RAS yazılımı tek doğrultulu ve iki doğrultulu analizler yapabilmektedir. Ayrıca farklı alt modüllere sahiptir. Bu modüllerde taşkın yayılım haritaları, hidrolojik hesaplar ve sediment taşınımı gibi analizlerde yapılabilmektedir. Şekil 3.14'te Hec-RAS yazılımı ile üretilmiş bir boyutlu taşkın yayılım haritası öreneği gösterilmiştir.



Şekil 3.14 : 1 Boyutlu taşkın modeli örneği.

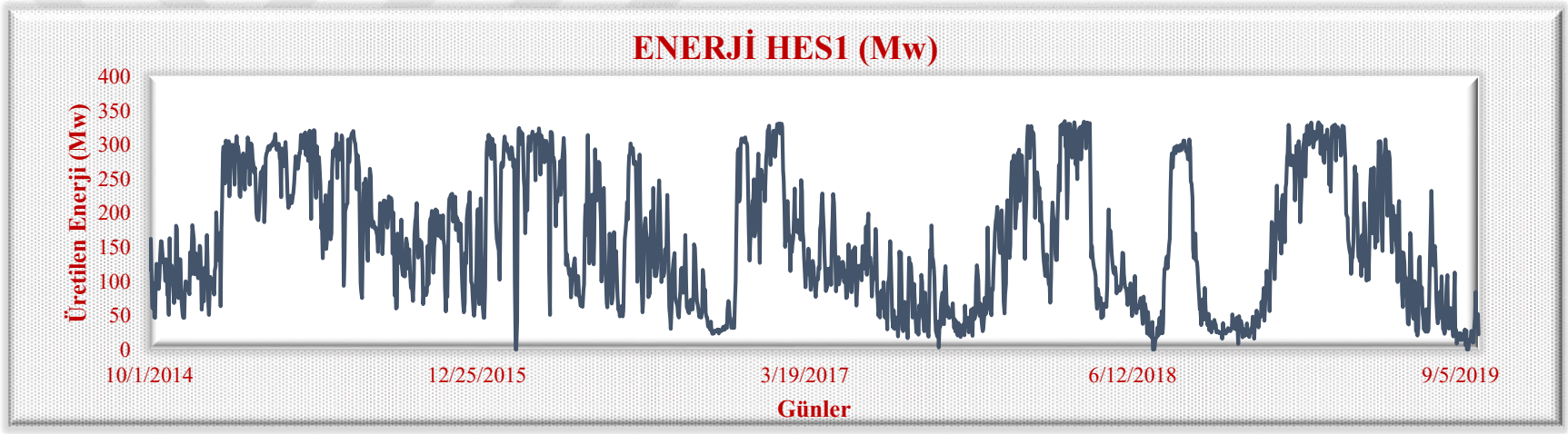
BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu tez çalışmasının ilk aşamasında Doğançay 1 ve Doğançay 2 HES'lerinin ileriye dönük kısa vadeli enerji üretim seviyeieri tahmin edilmiştir. İleriye dönük enerji üretim değerleri tahminleri Pyhton yazılımında Yapay Sinir Ağları modeli kurularak elde edilmiştir. Bu modelde girdi verileri; Su yılı, su debisi ve su düşüsü olarak seçilmiştir. Çıktı verisi ise enerji değerleri alınmıştır.

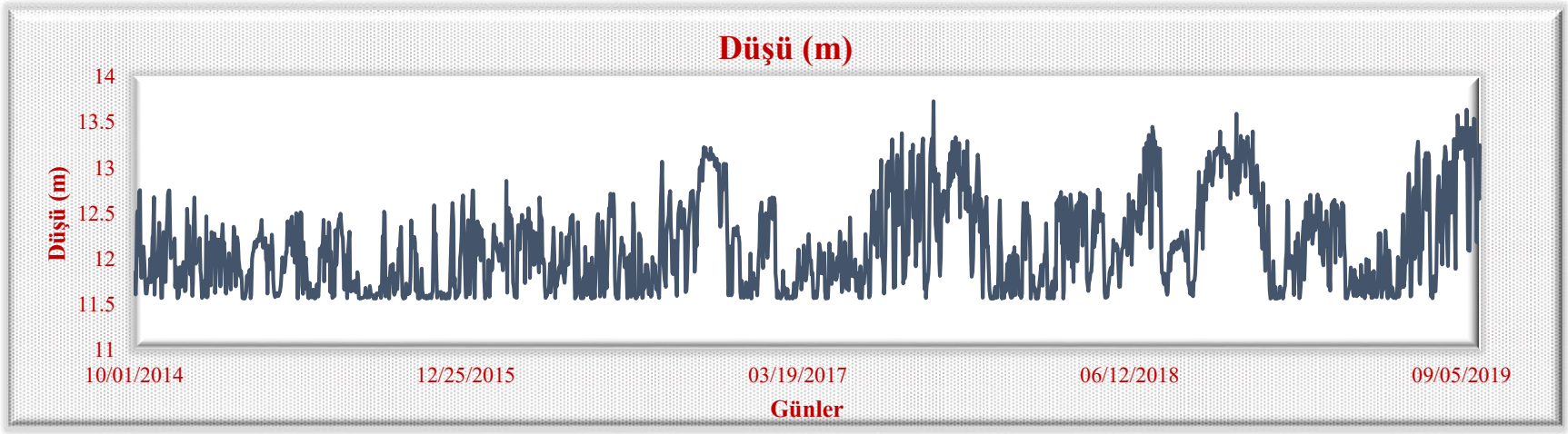
Phyton yazılımında oluşturulan YSA modelinde 3 katman (giriş, gizli ve çıkış) yer almaktadır. Giriş katmanını oluşturan nöron sayısı 32'dir. Gizli katman kendi bünyesinde 3 katmana ayrılmaktadır. Gizli katmanın bünyesinde yer alan ilk katman 24 nörondan ikinci katman 12 nörondan ve üçüncü katman ise 8 nörondan oluşturulmuştur. Modelde çıkış verileri ise tek katmandan oluşturulmuştur.

4.1. Doğançay 1 HES Enerji Verilerinin YSA ile Analiz Sonuçları

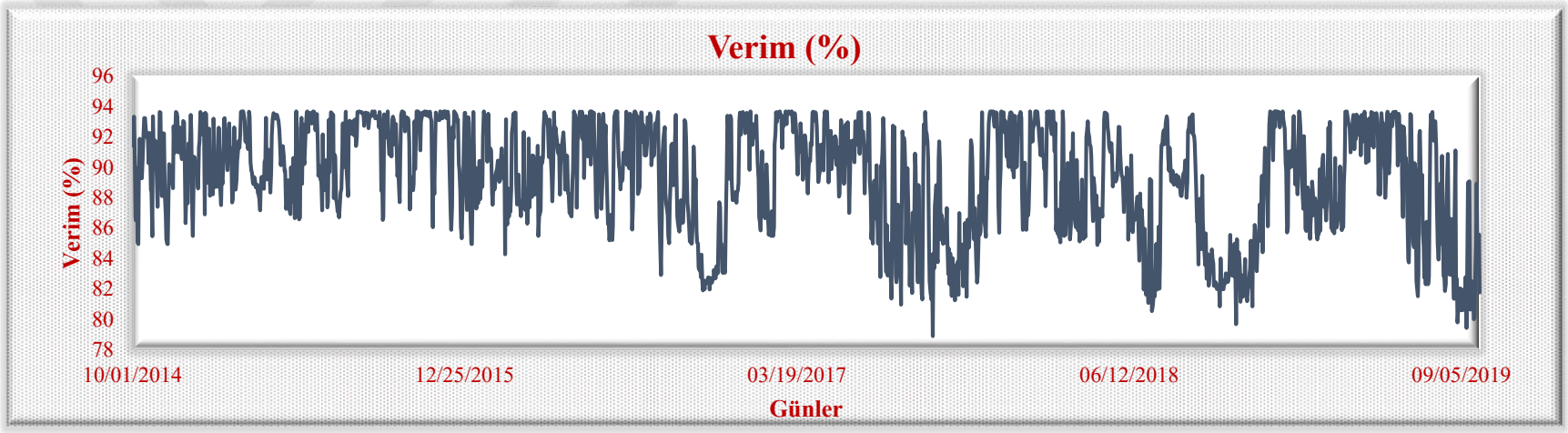
Doğançay 1 HES'te 10.01.2014 -09.30.2019 tarihleri arasında üretilen enerjinin verileri şekil 4.1'de, net düşü verileri şekil 4.2'de, verim verileri şekil 4.3'te ve debi gidiş grafiği ise şekil 4.4'te verilmiştir.



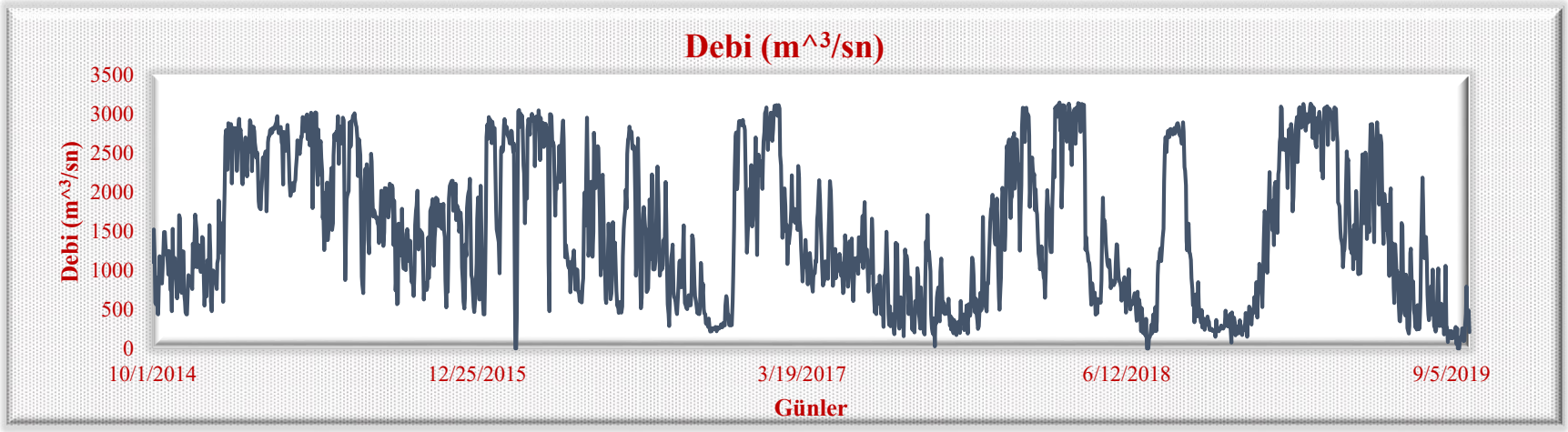
Şekil 4.1 : Doğançay 1 HES enerji üretiminin yıllara göre değişimi.



Şekil 4.2 : Doğançay 1 HES Su seviyesindeki düşü miktarının yıllara göre değişimi.



Şekil 4.3 : Doğançay 1 HES Veriminin yıllara göre değişimi.



Şekil 4.4 : Doğançay 1 HES Debisinin yıllara göre değişimi.

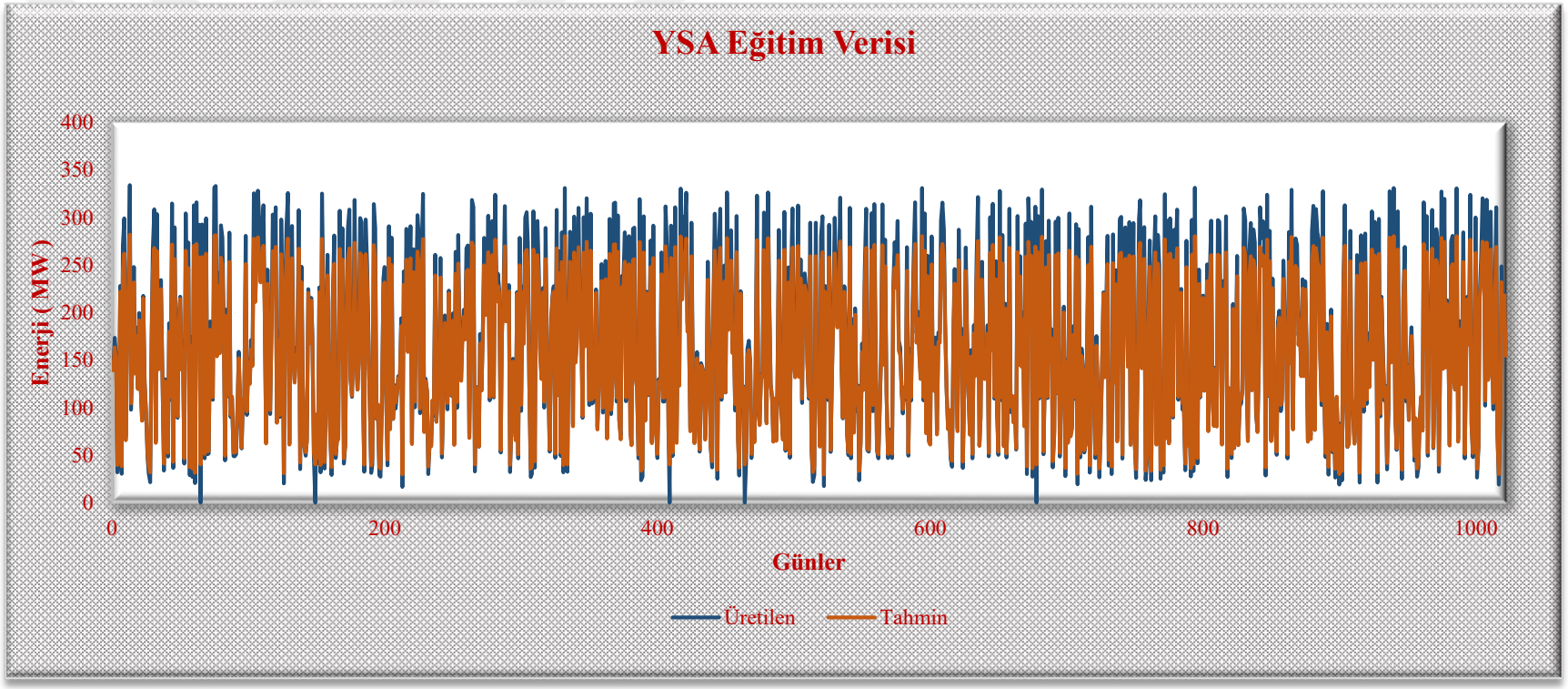
Doğançay 1 HES'in Yapay Sinir Ağlarında girdi olarak kullanılan verilerin istatistiksel sonuçları tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 : Doğançay 1 HES verilerin istatistiksel sonuçalrı.

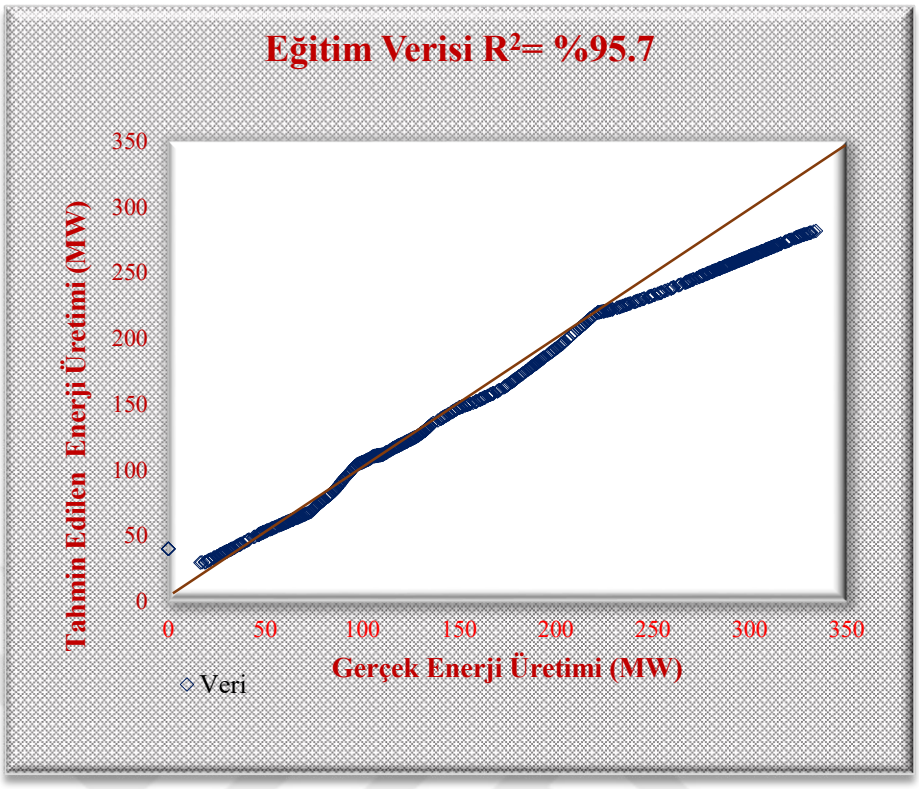
Parametre	Min Değer	Ortalama	Max Değer	Standart Sapma	Varyans
Enerji (MW)	2.98	161.2177	334.75	96.71259	9353.324
Debi (m^3/sn)	28.03914	1516.915	3149.699	909.9792	828062.1
Verim %	78.89823	89.38882	93.68642	3.565761	12.71465
Hm (m)	11.56394	12.13957	13.73142	0.498116	0.24812

Yapay Sinir Ağları modelinde toplam 1827 veri seti kullanılmıştır. Bu verilerin 1461'i (10.01.2014 - 09.30.2018 tarihi arasındaki veriler) eğitim verisi olarak kullanılmıştır. 366 günlük veri seti ise test verisi olarak kullanılmıştır. Bu verilerin yüzdelik dağılımı %80 eğitim verisi, %20 test verisi şeklindedir. 1461 adet verinin de 439 adet verisi (%30'u) sınama verisi (doğrulama verisi) olarak kullanılmıştır.

Eğitim verisi olarak kullanılan 1022 adet verinin analizi sonucunda ortalama karesel hata (MSE) %0,34 iken R^2 değeri %95,7 olarak elde edilmiştir. Eğitim verilerinin analizinden elde edilen sonuçlar şekil 4.5 ve şekil 4.6'da gösterilmiştir.



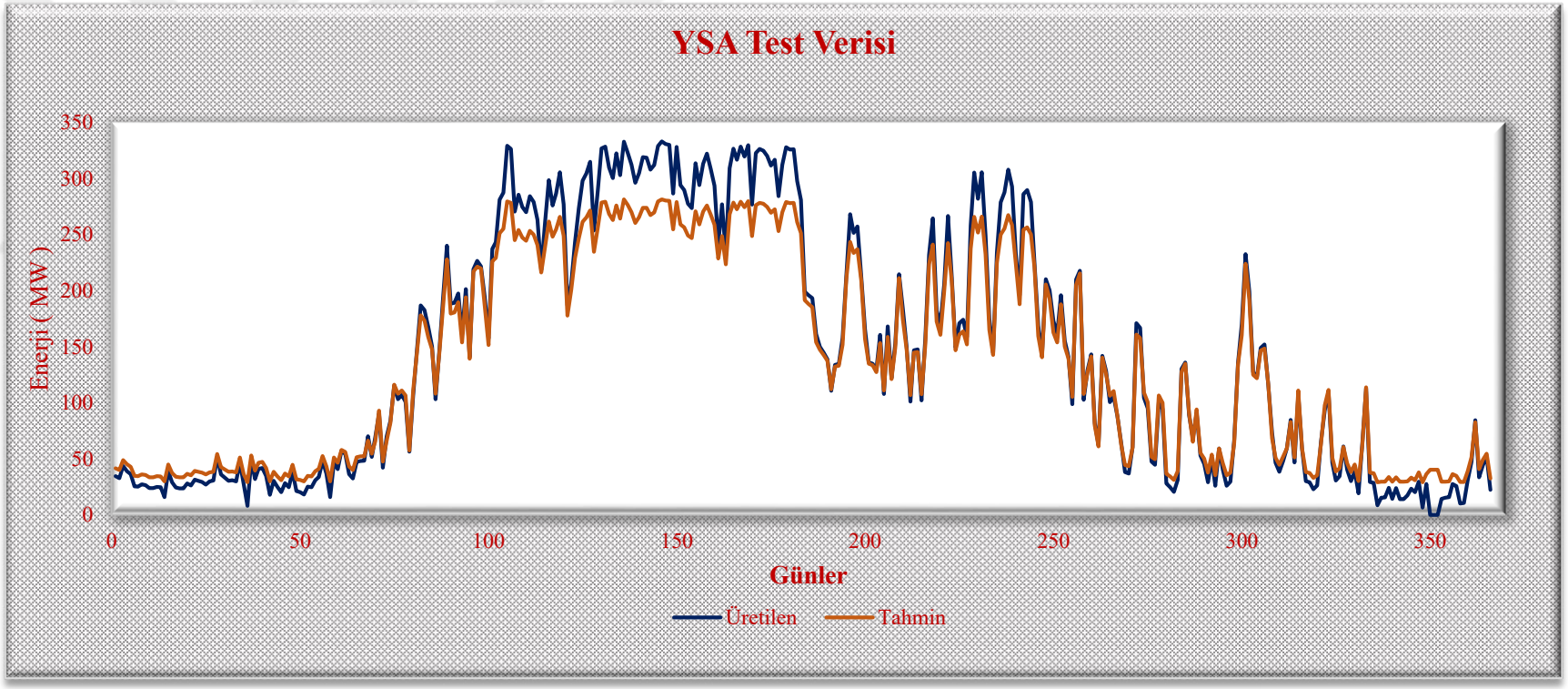
Şekil 4.5 : Doğançay 1 HES YSA eğitim verisi analiz sonuçları.



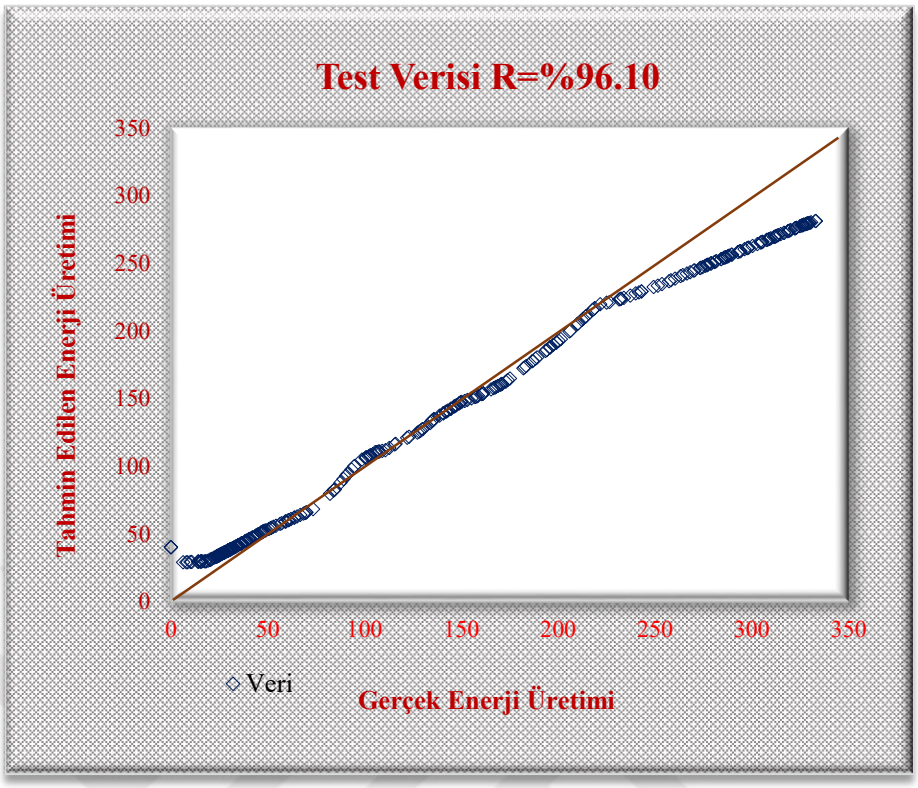
Şekil 4.6 : Doğançay 1 HES eğitim verisinin dağılım grafiği.

Eğitim verisinin YSA modelinde analiz edilmesi ile elde edilen saçılım grafiği sonucunda tahmin edilen enerji seviyeleri ile gerçekte üretilen enerji seviyelerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca bu analiz sonuçlarından elde edilen R^2 değerinin %95,7 olması da modelin çok başarılı bir şekilde eğitildiğini göstermektedir.

YSA'nın ikinci aşaması olan test verisinin analizinde ise 09.30.2018– 09.30.2019 tarihleri arasında kalan 366 günlük veri kullanılmıştır. Test verisinin analizi sonucunda elde edilen veriler arasında ortalama karesel hata değeri %0,38 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca R^2 değeri %96,10 olarak elde edilmiştir. Test verilerinin analiz sonuçları ve saçılım grafiği sırasıyla şekil 4.7 ve şekil 4.8'de gösterilmiştir.

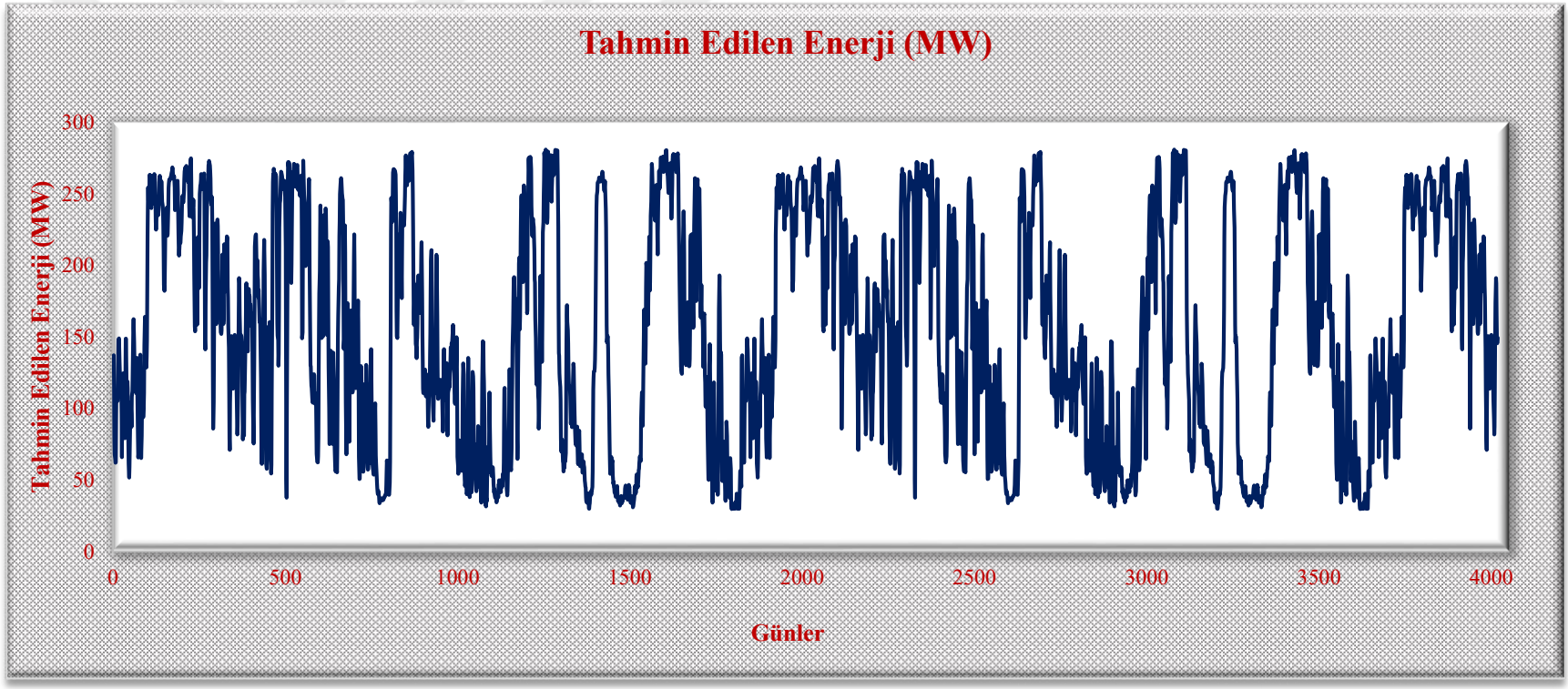


Şekil 4.7 : Doğançay 1 HES YSA test verisi analiz sonuçları.



Şekil 4.8 : Doğançay 1 HES test verisinin dağılım grafiği.

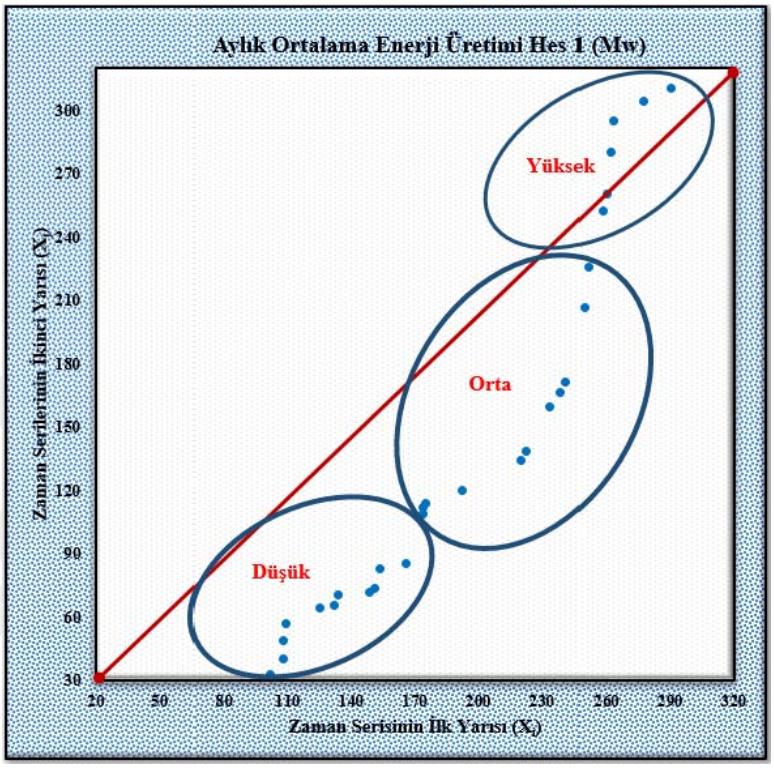
Test verisinin analizi ile elde edilen saçılım grafiği sonucunda tahmin edilen enerji seviyeleri ile gerçekte üretilen enerji seviyelerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca bu analiz sonuçlarından elde edilen R^2 değerinin %96,1 olmasıda modelin çok başarılı bir şekilde test sürecini tamamladığını ve başarılı sonuçlar elde ettiğini göstermiştir. 1022 eğitim ve 366 test verisinin dışında kalan 439 günlük veri ise gerçek üretilen enerji verisinin tahmin edilen enerji üretim seviyerliyle, sınanmasında kullanılmıştır. Bu sınama sonucunda verilerin ortalama karesel hata değeri %0. 29 ve R^2 değeri %96.4 olarak hesaplanmıştır. Yapay Sinir Ağları modelinin sınama sonucunda üretilen enerji seviyeleri ile tahmin edilen enerji seviyelerinin büyük benzerlik taşıdıkları görülmüştür. Grafiklerin incelenmesi durumunda ise verilerin çoğunlukla örtüştüğü görülmektedir. Dolayısıyla ileriye dönük enerji üretim tahmininin bu modelle gerçekleşmesinin başarılı bir şekilde sonuçlanacağı görülmüştür. Bu modelle Doğançay 1 HES'in 09.30.2019 tarihinden 09.30.2030 tarihine kadar günlük enerji üretimi (MW) cinsinden tahmin edilmiştir. İleriye dönük enerji üretim tahmin analizleri sonuçları şekil 4.9'da verilmiştir. Bu modelleme sonucunda toplamda 4019 günlük enerji üretimi tahmin edilmiştir.



Şekil 4.9 : Doğançay 1 HES tahmin edilen enerji üretim grafiği.

4.2. Doğançay 1 HES Mevcut Enerji Üretimi Verilerine Şen Yöntemi Uygulaması

Doğançay 1 HES'in mevcut enerji üretim miktarlarına Trend analizleri yöntemlerinden Yenilikçi Şen yöntemi uygulanmıştır ve analiz sonuçu şekil Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

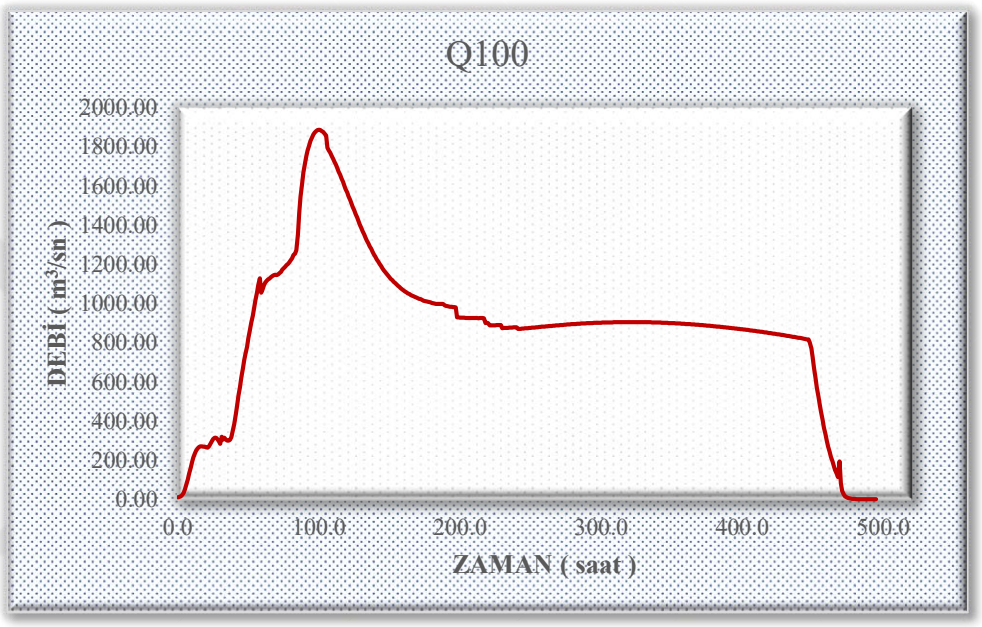


Şekil 4.10 : Doğançay 1 HES mevcut enerji verilerinin Trend analizi uygulaması.

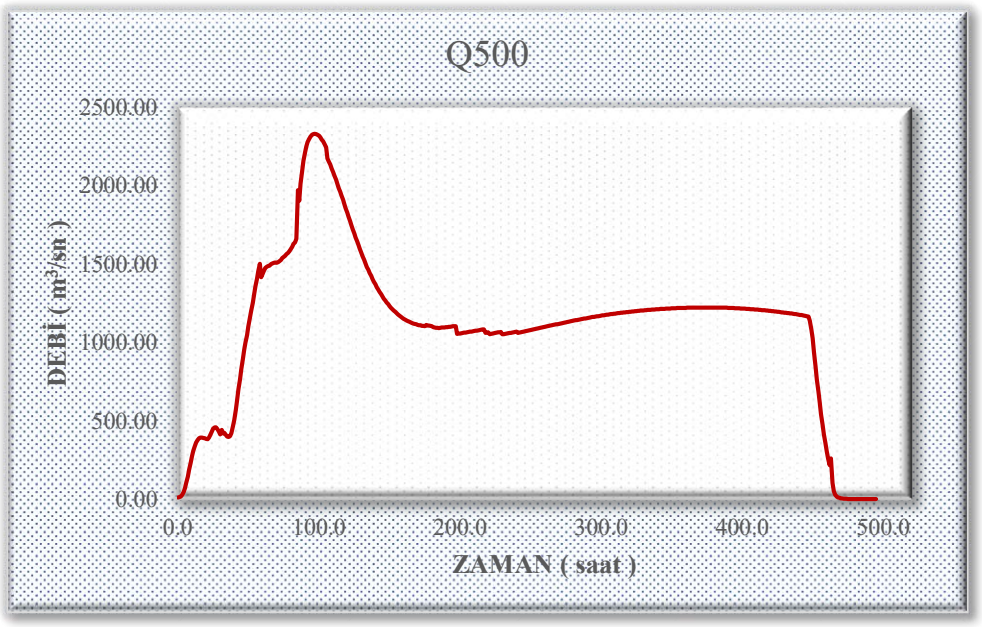
Doğançay 1 HES mevcut enerji verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemiyle analiz edilmesi sonucunda düşük ve orta seviylerde azalan yüksek seviyelerde ise artan bir trend olduğu görülmüştür.

4.3. AliFuat Paşa Bölgesi Taşkın Yayılım Haritalarının Üretilmesi

AliFuat Paşa bölgesinden geçen Sakarya nehrinin oluşturduğu taşkın yayılım haritalarının üretmek için Hec-RAS yazılımında analiz edilmek üzere farklı tekerrürlü taşkın debileri kullanılmıştır. Analizde 100 yıllık ve 500 yıllık tekerrür debisi kullanılmıştır. Sırasıyle şekil 4.11'de 100 yıllık tekkerür debisi, şekil 4.12'de 500 yıllı tekerrür debisine ait hidrograflar verilmiştir.



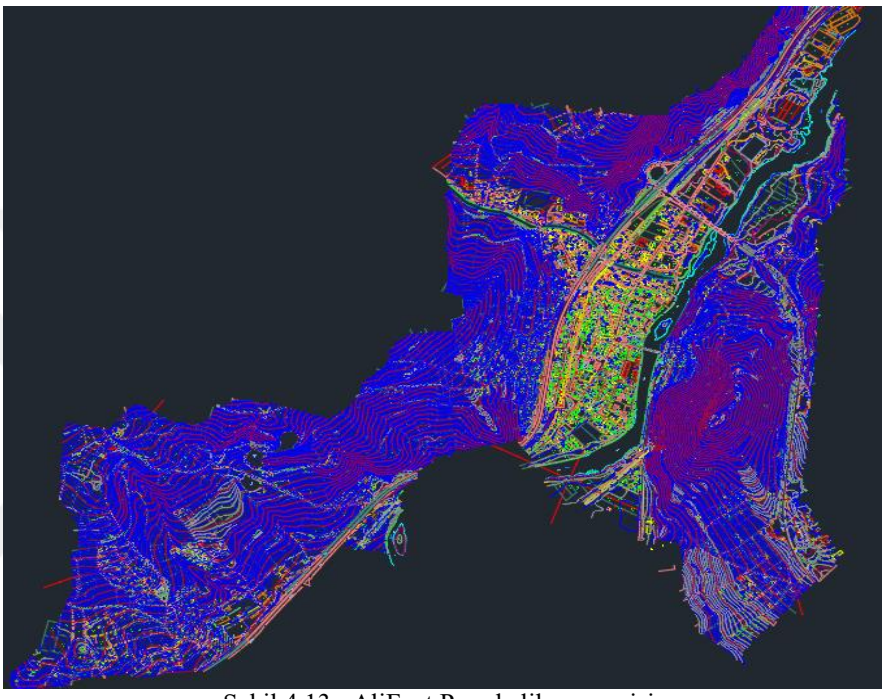
Şekil 4.11 : Q100'e ait hidrograf.



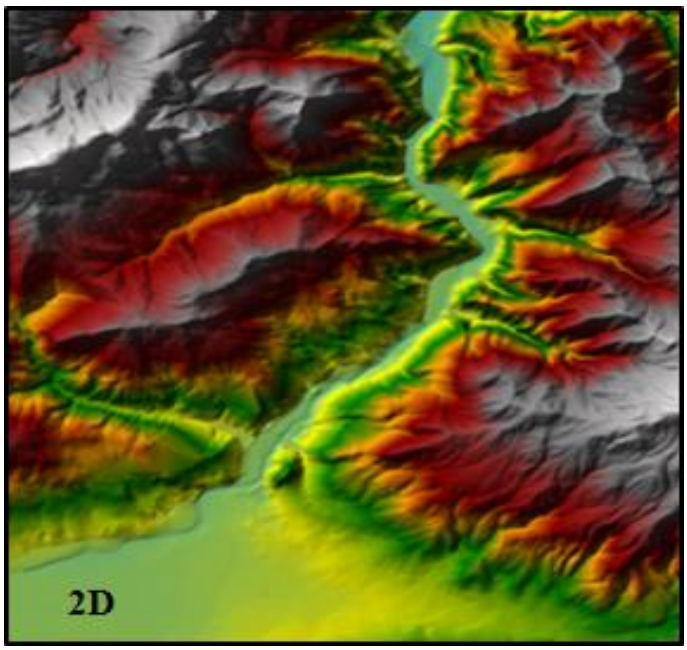
Şekil 4.12 : Q500'e ait hidrograf.

4.3.1. Sayısal arazi modelinin hazırlanması

AliFuat Paşa bölgesinde taşkın yayılım haritalarının modellenmesi için gerekli arazi model haritasının hazırlanması gerekmektedir. Sayısal arazi modelinin hazırlanmasında arazi kot verileri kullanılmaktadır. Sayısal arazi modelinde kullanılan halihazır haritaları şekil 4.13'te verilmiştir. CBS yazılımlarıyla oluşturulan sayısal arazi modeli şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.13 : AliFuat Paşa halihazır verisi.

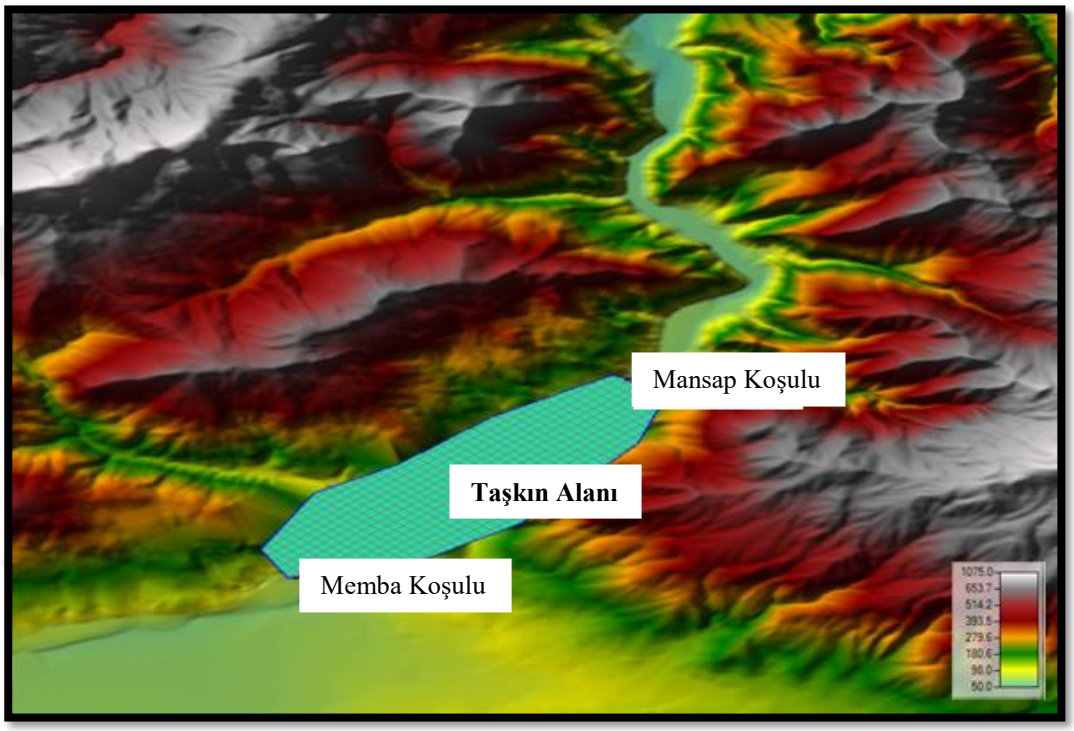


Şekil 4.14 : AliFuat Paşa sayısal arazi modeli.

4.3.2. Hec-RAS Yazılımı ile hidrolik modelleme

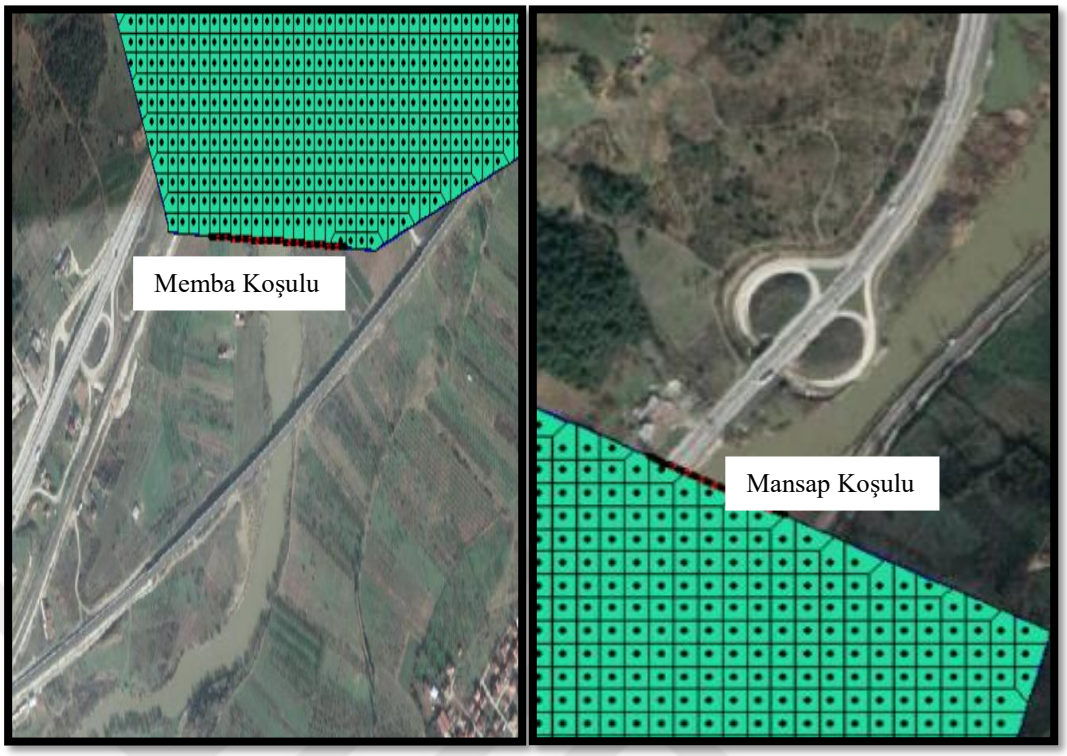
AliFuat Paşa bölgesinin hidrolik modellemesi aşağıdaki sıralamaya göre yapılmıştır.

1. Cbs yazılımları ile hazır hale getirilen sayısal arazi modeli Hec-RAS yazılımına aktarılmıştır ve muhtemel taşkın sahası belirlenip yazılım ile sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılmış muhtemel taşkın sahası şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15 : AliFuat Paşa muhtemel taşkın sahası.

2. Taşkın sahasının belirlenmesinin ardından memba ve mansap koşulları belirlenerek sayısallaştırılmıştır. Memba ve mansap sınır koşulları şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16 : Memba ve mansap sınır koşulları

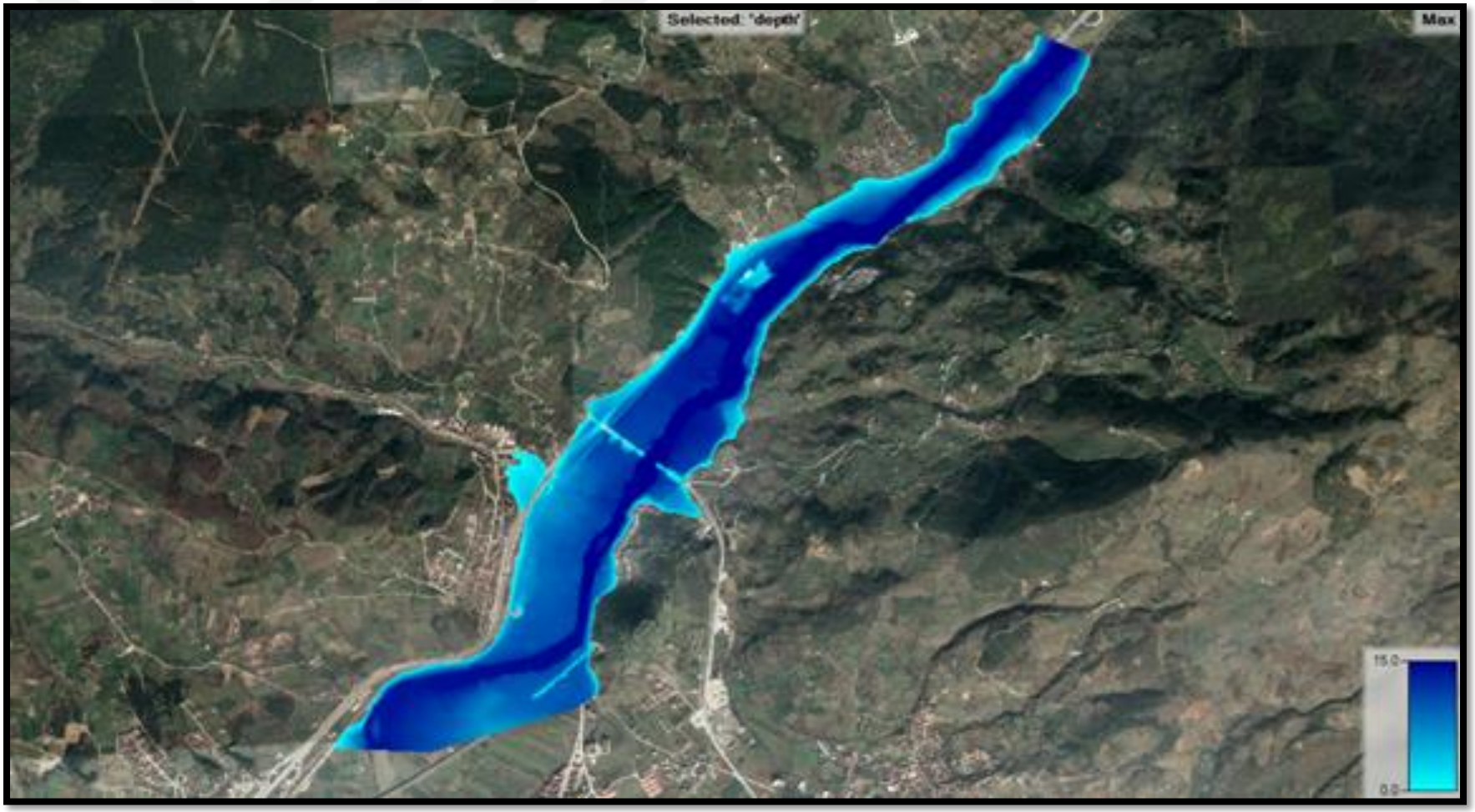
3. Dere dışında kalan alanların manning pürüzlülük katsayısı 0.06 olarak tanımlanmıştır ve ağlar arası mesafe 25m olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda muhtemel taşkın alanı 10971 parçaya bölünmüştür.

4. Geometri verilerinin sayısallaştırılmasının ardından dere yatağında akacak debiler kararsız akım seçeneğinde tanımlanarak, analiz edilmek istenen debi miktarının hidrografı yazılıma aktarılır.

5. Son aşamada ise girilen veriler kararsız akım analizi kısmından analiz edilir . Analizler sonucunda Q100 ve Q500 taşkın debileri ile meydana gelen taşkınların yayılım haritaları sırasıyla şekil 4.17 ve 4.18'de verilmiştir. Taşkından etkilenen yerleşim alanları ise şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.17 : AliFuat Paşa bölgesi Q100 debisi altında oluşacak taşkın yayılım haritası.



Şekil 4.18 AliFuat Paşa bölgesi Q500 debisi altında oluşacak taşkın yayılım haritası.



Şekil 4.19 : AliFuat Paşa Taşkın Alanı

AliFuat Paşa Bölgesinde taşkın yayılım alanı 202 ha olarak hesaplanmıştır. Bu taşkından 300 üzeri hanenin taşkından etkilendiği belirlenmiştir.

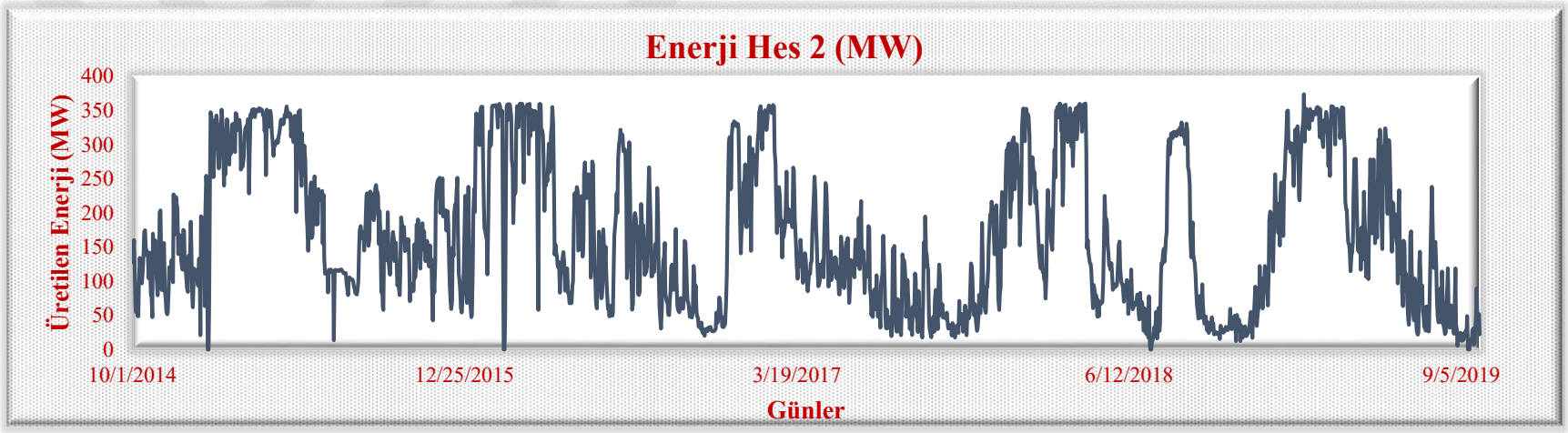
4.4. Doğançay 2 HES Enerji Verilerinin YSA ile Analiz Sonuçları

Doğançay 2 HES'te 10.01.2014 - 09.30.2019 tarihleri arasında üretilen enerjinin verileri şekil 4.19'da, net düşü verileri şekil 4.20'de, verim verileri şekil 4.21'de ve debi gidiş grafikleri şekil 4.22'de verilmiştir.

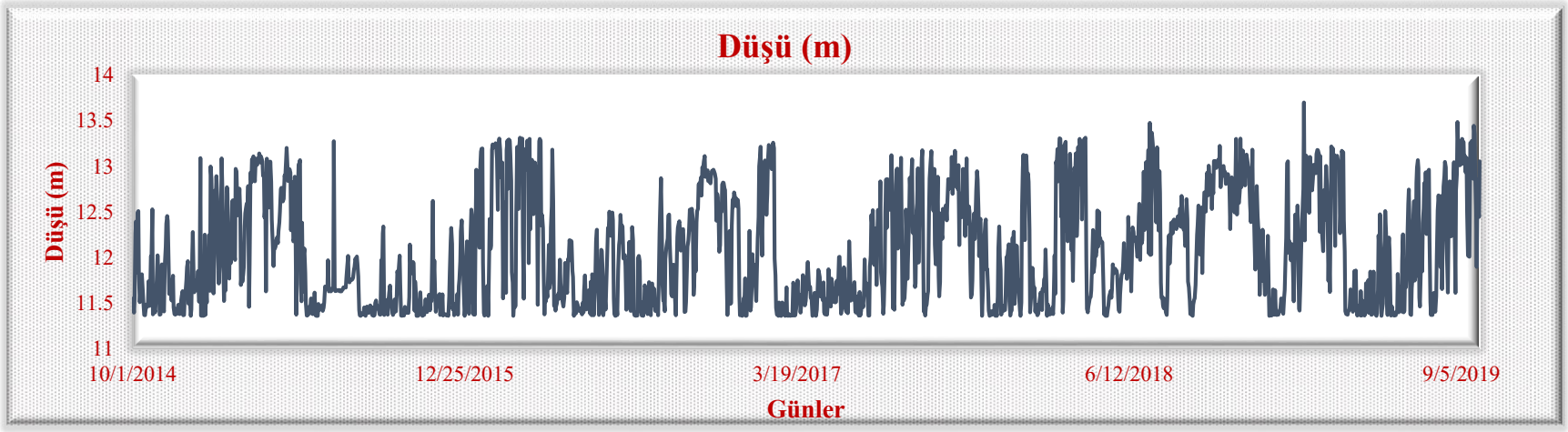
Doğançay 2 HES'in Yapay Sinir Ağlarında girdi olarak kullanılan verilerinin istatistiksel sonuçları tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2 : Doğançay 2 HES verilerinin istatistiksel analizi.

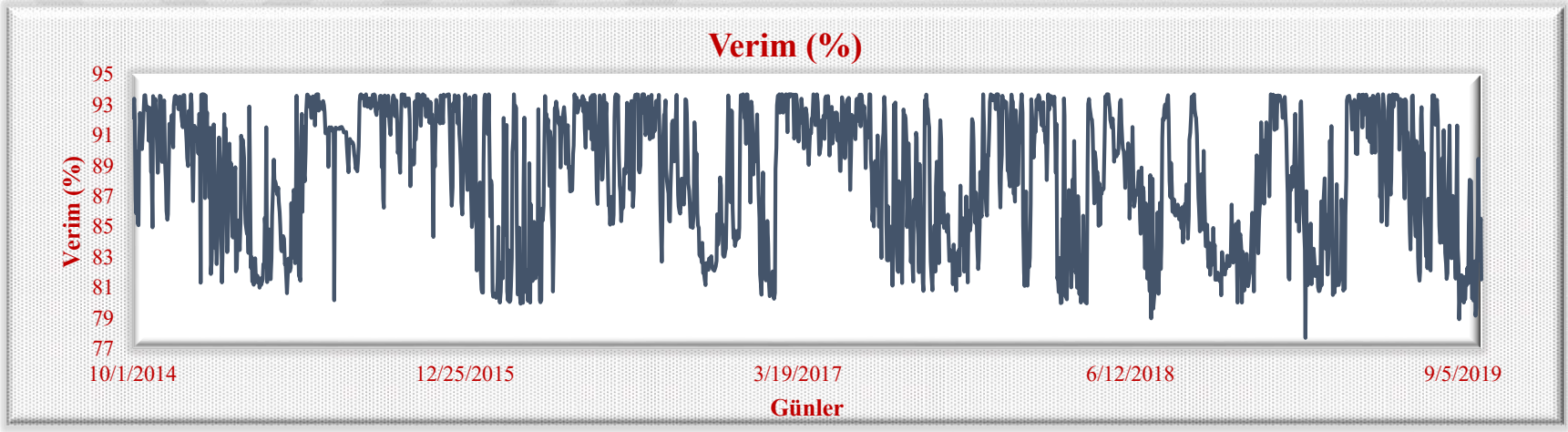
Parametre	Min Değer	Ortalama	Max Değer	Standart Sapma	Varyans
Enerji (MW)	5,9	169,1665	373,81	106,2406	11287,06
Debi (m^3/sn)	56,50258571	1620,059	3579,8698	1017,435	1035175
Verim %	77,70017732	88,43228	93,709988	4,347841	18,90372
Hm (m)	11,35870439	12,06622	13,69912	0,606791	0,368195



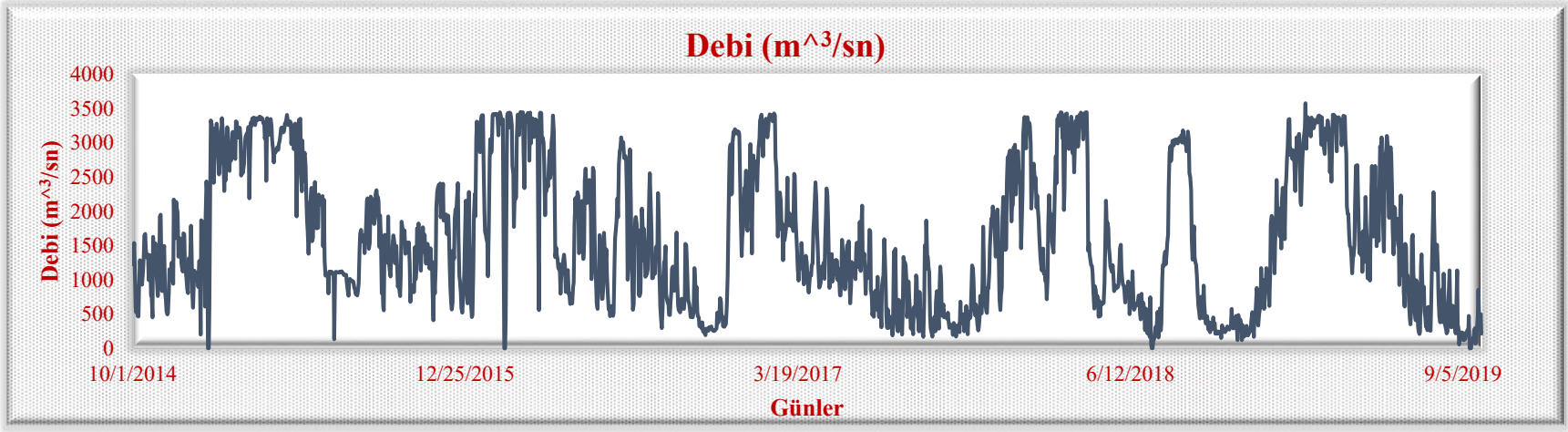
Şekil 4.20 : Doğançay 2 HES enerji üretiminin yıllara göre değişimi.



Şekil 4.21 : Doğançay 2 HES su seviyesindeki düşü miktarının yıllara göre değişimi.



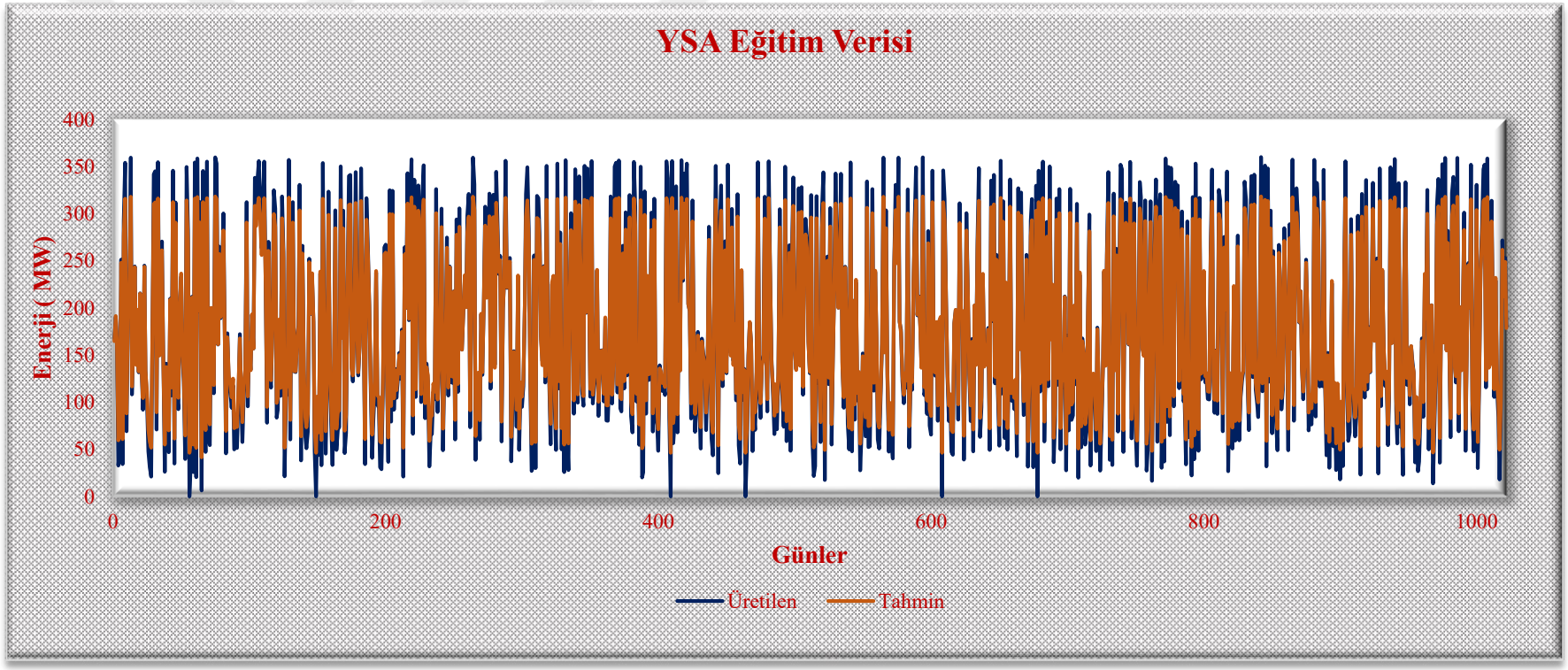
Şekil 4.22 : Doğançay 2 HES verim verilerinin yıllara göre değişimi.



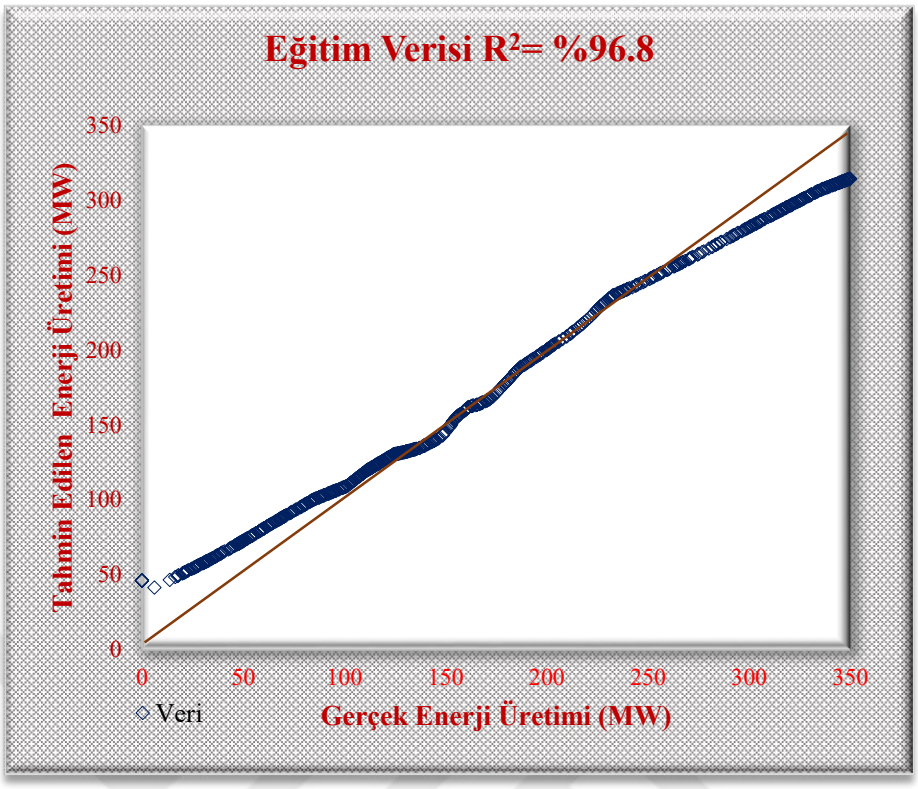
Şekil 4.23 : Doğançay 2 HES Debinin yıllara göre değişimi.

Yapay Sinir Ağlarında hazırlanan modelde Doğançay 2 HES için 1827 veri seti bulunmaktadır. Bu verilerin 1461'i (10.01.2014 - 09.30.2018 tarihi arasındaki veriler) eğitim verisi olarak kullanılmıştır. Geriye kalan 366 günlük veri ise test verisi olarak kullanılmıştır. Bu verilerin yüzdelik dağılımı %80 eğitim verisi, %20 test verisi şeklindedir. 1461 adet verisinin de 439 adet verisi (%30'u) sınama verisi (doğrulama verisi) olarak kullanılmıştır.

Eğitim verisi olarak kullanılan 1022 adet verinin analizi sonucunda ortalama karesel hata (MSE) %0,269 iken R^2 değeri %96,8 olarak elde edilmiştir. Eğitim verilerinin analizinden elde edilen sonuçlar şekil 4.23 ve şekil 4.24'te gösterilmiştir.



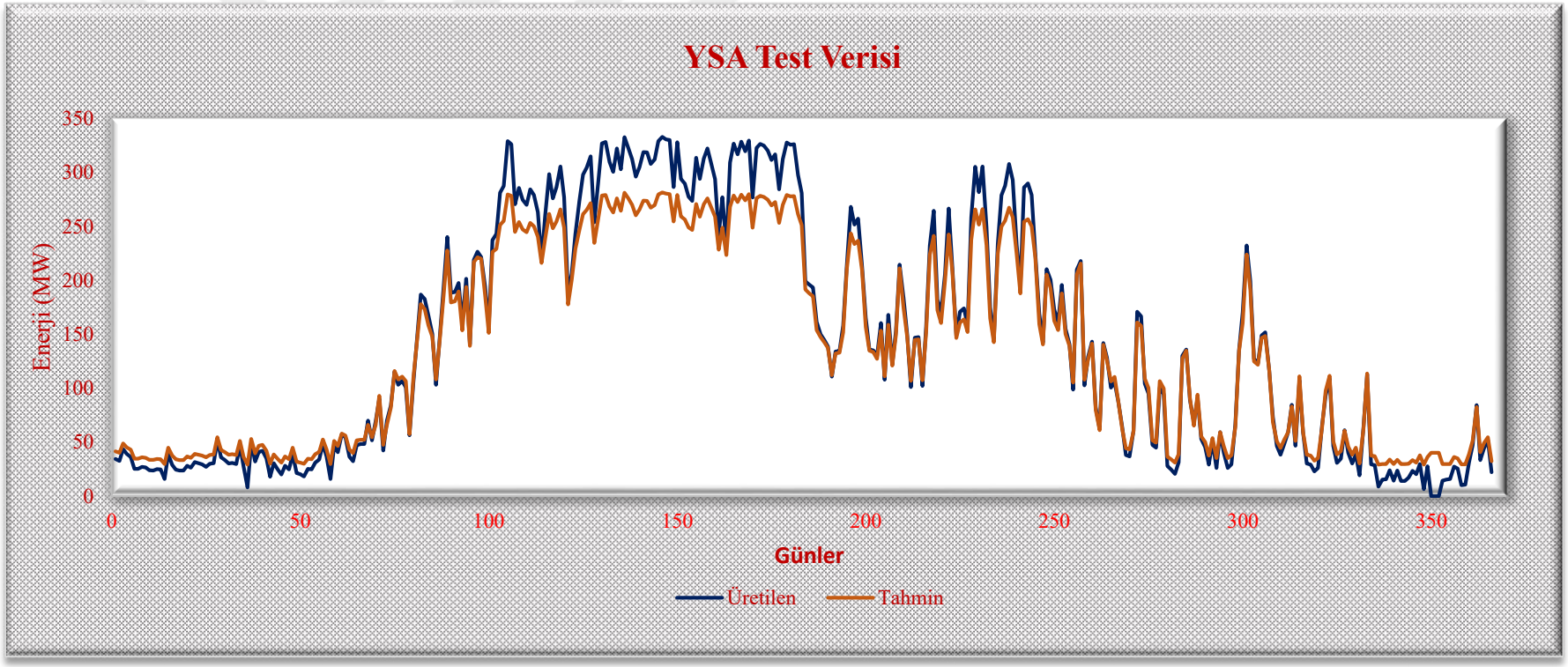
Şekil 4.24 : Doğançay 2 HES YSA eğitim verisi analiz sonuçları.



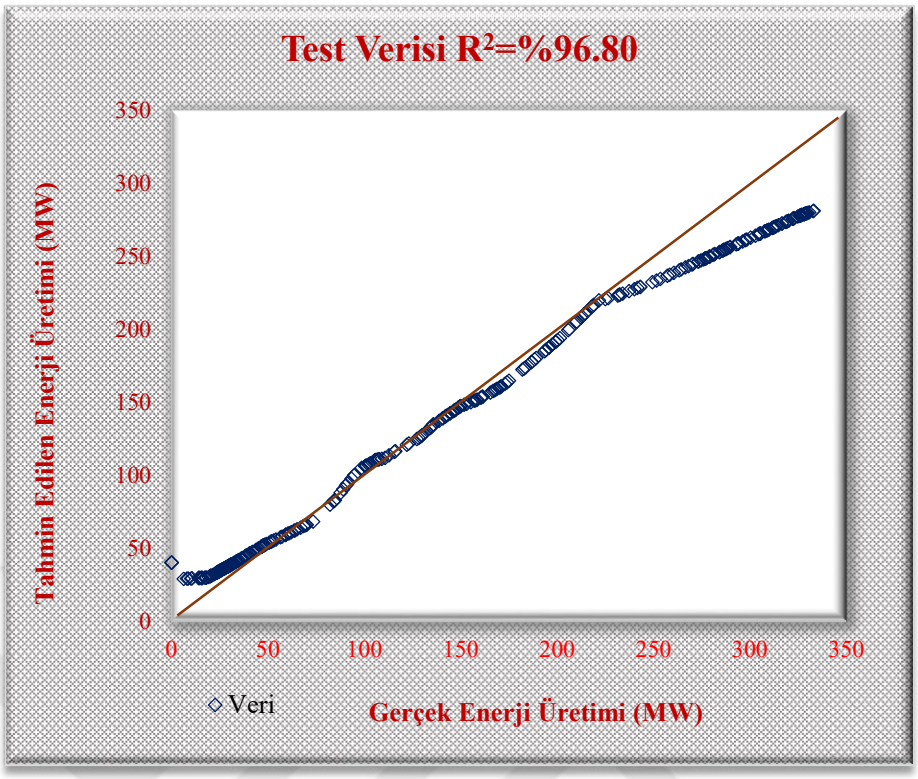
Şekil 4.25 : Doğançay 2 HES eğitim verisinin dağılım grafiği.

Eğitim verisinin YSA modelinde analiz edilmesi ile elde edilen saçılım grafiği sonucunda tahmin edilen enerji seviyeleri ile gerçekte üretilen enerji seviyelerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca bu analiz sonuçlarından elde edilen R^2 değerinin %96,8 olmasıda modelin çok başarılı bir şekilde eğitildiğini göstermektedir.

YSA'nın ikinci aşaması olan test verisinin analizinde ise 09.30.2018 – 09.30.2019 tarihleri arasında kalan 366 günlük veri kullanılmıştır. Test analizinin sonucunda elde edilen veriler arasında ortalama karesel hata değeri %0,382 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca R^2 değeri %96,80 olarak elde edilmiştir. Test verilerinin analiz sonuçları ve saçılım grafiği sırasıyla şekil 4.25 ve şekil 4.26'da gösterilmiştir.

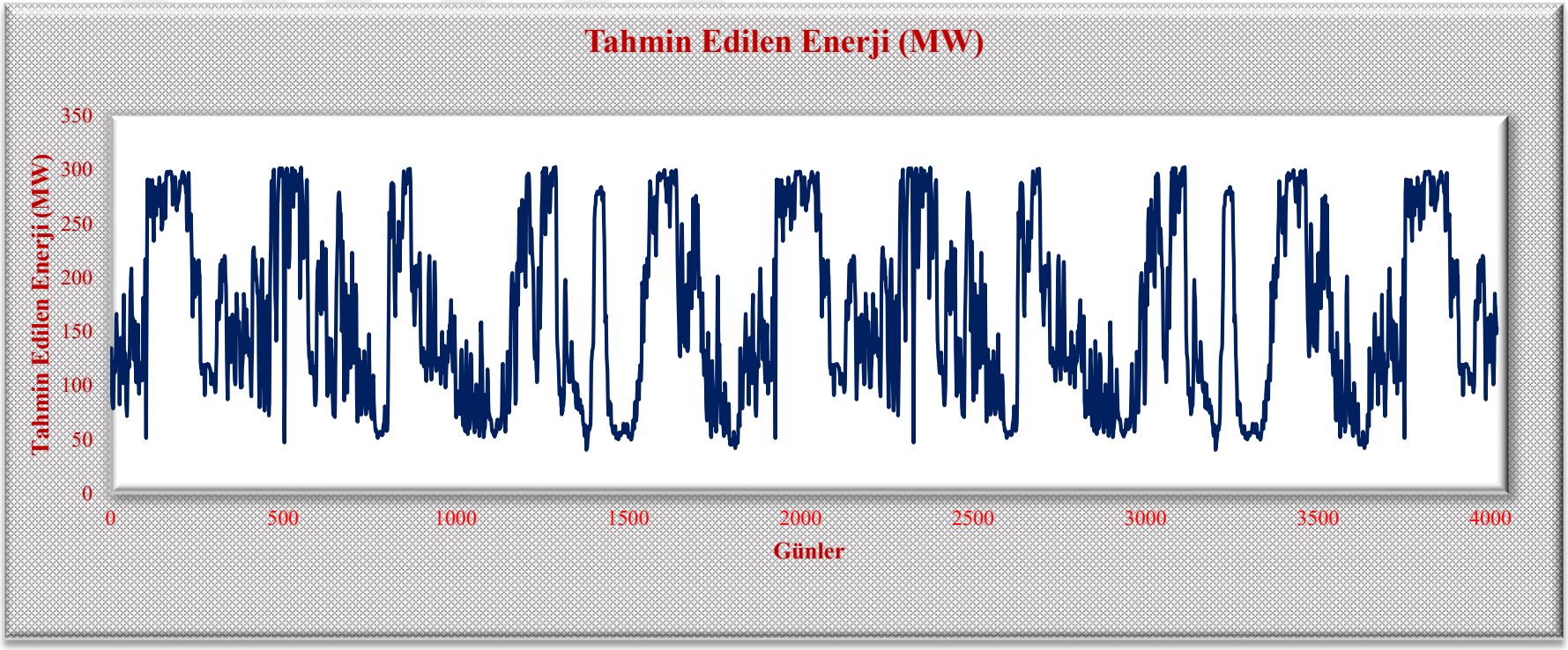


Şekil 4.26 : Doğançay 2 HES YSA test verisi analiz sonuçları.



Şekil 4.27 : Doğançay 2 HES test verisinin dağılım grafiği.

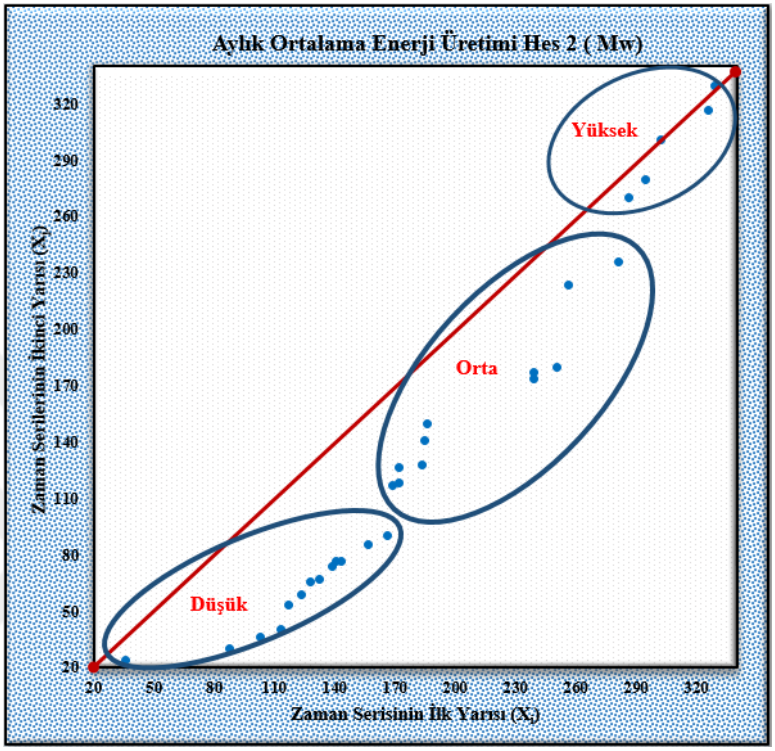
Test verisinin analizi ile elde edilen saçılım grafiği sonucunda tahmin edilen enerji seviyeleri ile gerçekte üretilen enerji seviyelerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca, bu analiz sonuçlarından elde edilen R^2 değerinin %96,80 olmasıda modelin çok başarılı bir şekilde test sürecini tamamladığını ve başarılı sonuçlar elde ettiğini göstermiştir. 1022 eğitim ve 366 test verisinin dışında kalan 439 günlük veri ise gerçek üretilen enerji verisinin tahmin edilen enerji üretim seviyerliyle sınanmasında kullanılmıştır. Bu sınama sonucunda verilerin ortalama karesel hata değeri %0,25 ve R^2 değeri %96,4 olarak hesaplanmıştır. Yapay Sinir Ağları modelinin sınama sonucunda üretilen enerji seviyeleri ile tahmin edilen enerji seviyelerinin büyük benzerlik taşıdıkları görülmüştür. Grafiklerin incelenmesi durumunda ise verilerin çoğunlukla örtüştüğü görülmektedir. Dolayısıyla ileriye dönük enerji üretim tahmininin bu modelle gerçekleşmesinin başarılı bir şekilde sonuçlanacağı görülmüştür. Bu modelle HES'in 09.30.2019 tarihinden 09.30.2030 tarihine kadar günlük enerji üretimi (MW) cinsinden tahmin edilmiştir. İleriye dönük enerji üretim tahmin analizleri sonuçları şekil 4.27'de verilmiştir. Bu modelleme sonucunda toplamda 4019 günlük enerji üretim miktarı tahmin edilmiştir.



Şekil 4.28 : Doğançay 2 HES tahmin edilen enerji üretim grafiği

4.5. Doğançay 2 HES Mevcut Enerji Üretimi Verilerine Şen Yöntemi Uygulaması

Doğançay 2 HES'in mevcut enerji üretim miktarları Yenilikçi Şen yöntemi ile analiz edilmiştir ve analiz sonuçu şekil 4.28'de gösterilmiştir.

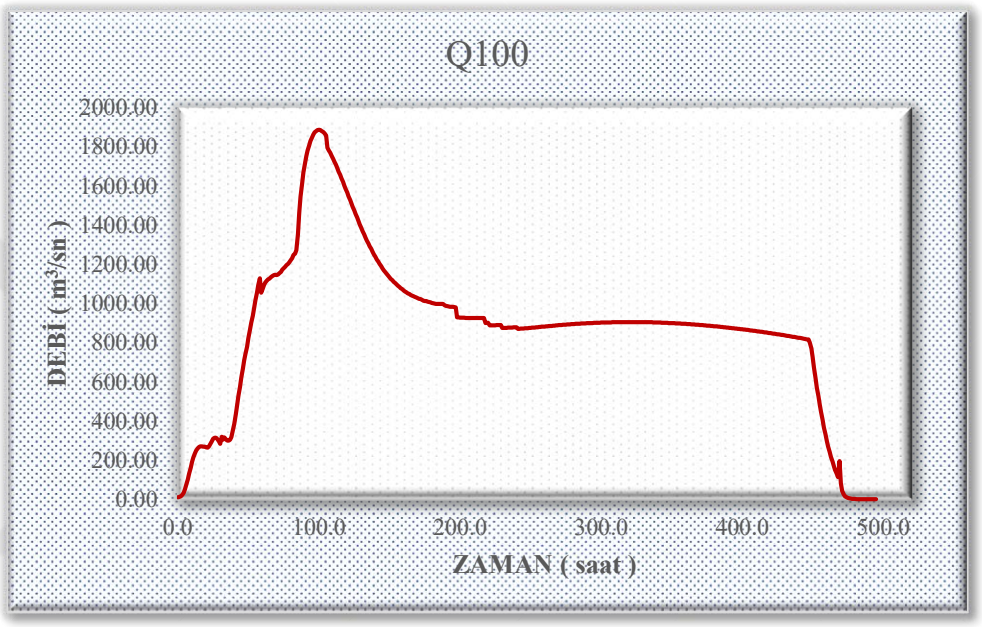


Şekil 4.29 : Doğançay 2 HES mevcut enerji verilerinin Trend analizi uygulaması.

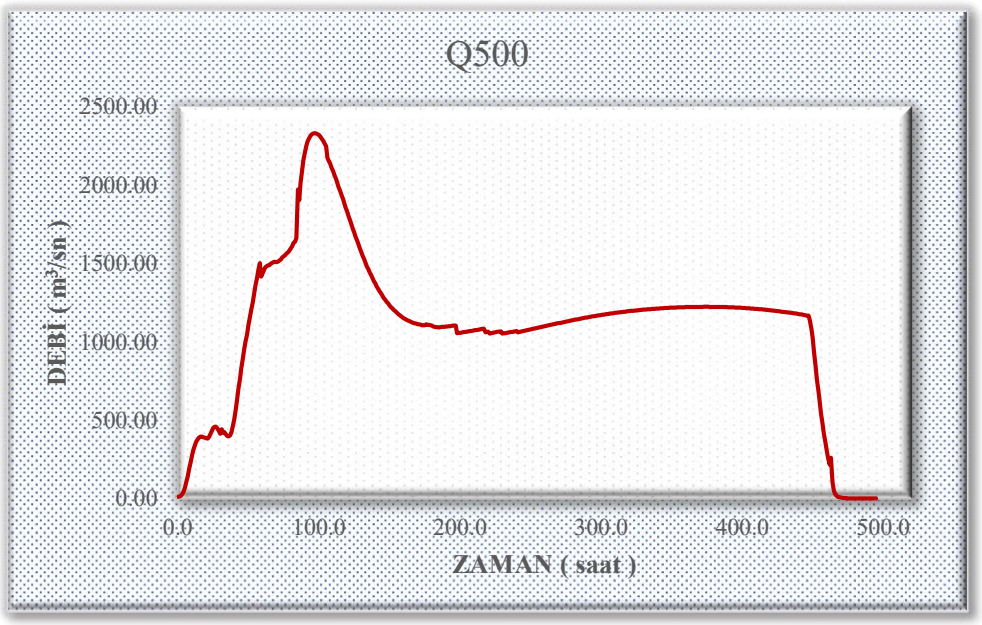
Doğançay 2 HES mevcut enerji verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemiyle analiz edilmesi sonucunda düşük ve orta seviyelerde azalan yüksek seviyelerde ise bir trend olmadığı görülmüştür.

4.6. Karaçam Bölgesi Taşkın Yayılım Haritalarının Üretimi

Karaçam bölgesinden geçen Sakarya nehrinin oluşturduğu taşkın yayılım haritalarını üretmek için Hec-RAS yazılımında analiz edilmek üzere farklı tekerrürlü taşkın debileri kullanılmıştır. Analizde 100 yıllık ve 500 yıllık tekerrür debisi kullanılmıştır. Sırasıyla şekil 4.29'da 100 yıllık tekkerür debisi, şekil 4.30'da 500 yıllı tekerrür debisine ait hidrograflar verilmiştir.



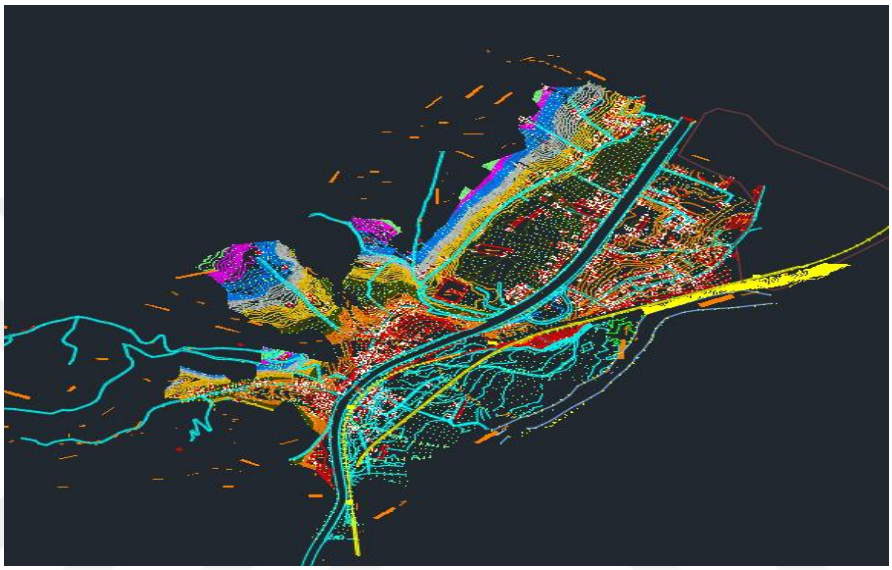
Şekil 4.30 : Q100'e ait hidrograf.



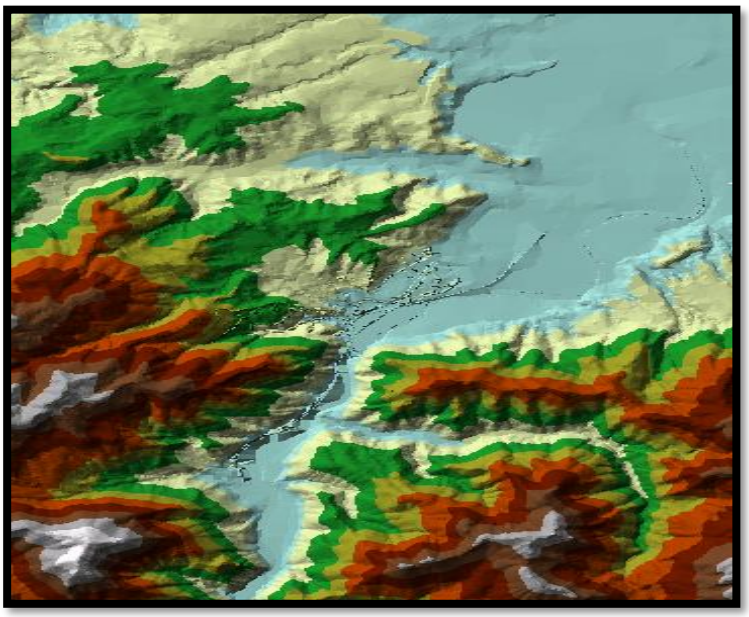
Şekil 4.31 : Q500'e ait hidrograf.

4.6.1. Sayısal arazi modelinin hazırlanması

Karaçam bölgesinde taşkın yayılım haritalarının modellenmesi için gerekli arazi model haritasının hazırlanması gerekmektedir. Sayısal arazi modelinin hazırlanmasında arazi kot verileri kullanılmaktadır. Sayısal arazi modelinde kullanılan halihazır haritaları şekil 4.32'de verilmiştir. Cbs yazılımlarıyla oluşturulan sayısal arazi modeli şekil 4.33'te verilmiştir.



Şekil 4.32 : Karaçam halihazır verisi

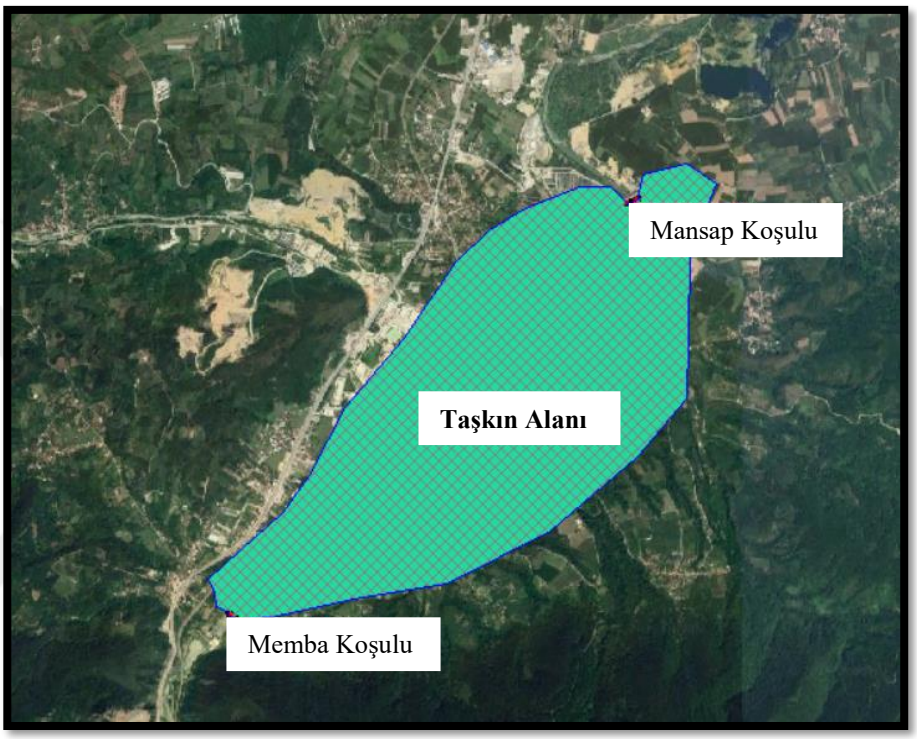


Şekil 4.33 : Karaçam sayısal arazi modeli.

4.6.2. Hec-RAS Yazılımı ile hidrolik modelleme

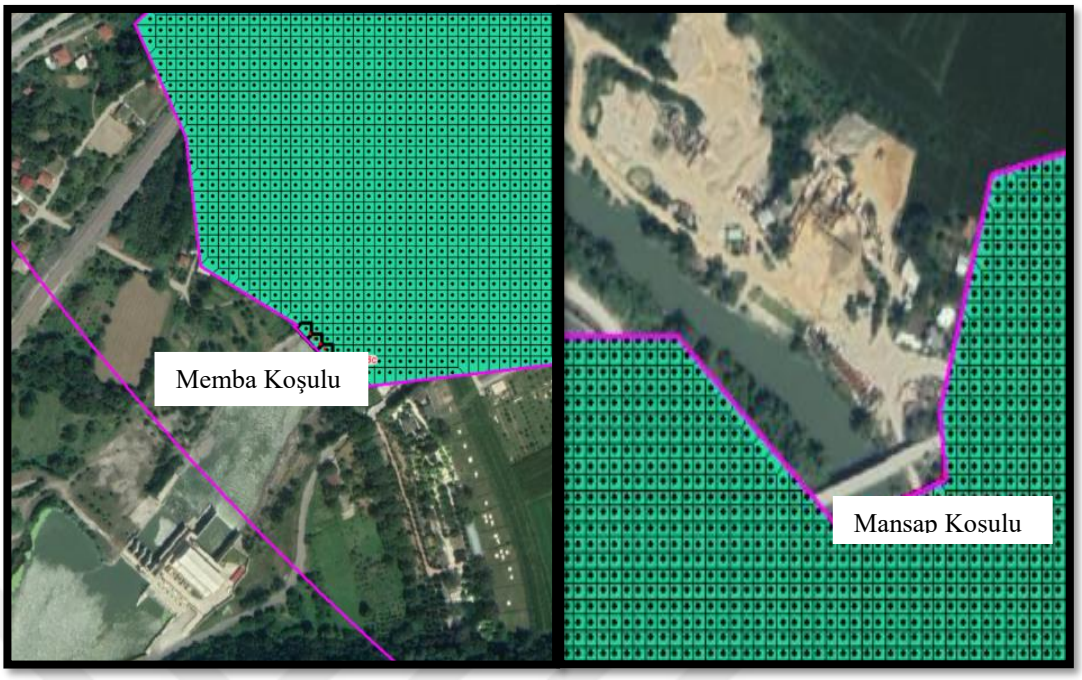
Karaçam bölgesinin hidrolik modellemesi aşağıdaki sıralamaya göre yapılmıştır.

1. Cbs yazılımları ile hazır hale getirilen sayısal arazi modeli Hec-RAS yazılımına aktarılmıştır ve muhtemel taşkın sahası belirlenip yazılım ile sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılmış muhtemel taşkın sahası şekil 4.34'te verilmiştir.



Şekil 4.34 : Karaçam muhtemel taşkın sahası

2. Taşkın sahasının belirlenmesinin ardından memba ve mansap koşulları belirlenerek sayısallaştırılmıştır. Memba ve mansap sınır koşulları şekil 4.35'te verilmiştir.



Şekil 4.35 : Memba ve mansap sınır koşulları

3. Dere dışında kalan alanların manning pürüzlülük katsayısı 0.06 olarak tanımlanmıştır ve ağlar arası mesafe 10 m olarak belirlenmiştir. Bunun sonucunda muhtemel taşkın alanı 69096 parçaya bölünmüştür.

4. Geometri verilerinin sayısallaştırılmasının ardından dere yatağında akacak debiler kararsız akım seçeneğinde tanımlanarak, analiz edilmek istenen debi miktarının hidrografı yazılıma aktarılır.

5. Son aşamada ise girilen veriler kararsız akım analizi kısmından analiz edilir . Analizler sonucunda Q100 ve Q500 taşkın debileri ile meydana gelen taşkınların yayılım haritaları sırasıyla şekil 4.36 ve 4.37'de verilmiştir. Taşkından etkilenen yerleşim alanları ise şekil 4.38'de verilmiştir.



Şekil 4.36 : Karaçam bölgesi Q100 debisi altında oluşacak taşkın yayılım haritası.



Şekil 4.37 : Karaçam bölgesi Q500 debisi altında oluşacak taşkın yayılım haritası.



Şekil 4.38 : Karaçam taşkın alanı

Karaçam Bölgesinde taşkın yayılım alanı 313 ha olarak hesaplanmıştır. Bu taşkından 1 adet kum fabrikası 2 adet işyeri ve 16 adet hanenin taşkından etkilendiği hesaplanmıştır.

4.7. Sakarya İlinin Aylık Ortalama Yağış, Aylık Ortalama Sıcaklık ve Aylık Ortalama Nisbi Nem Verilerine Trend Analiz Yöntemi Uygulanması

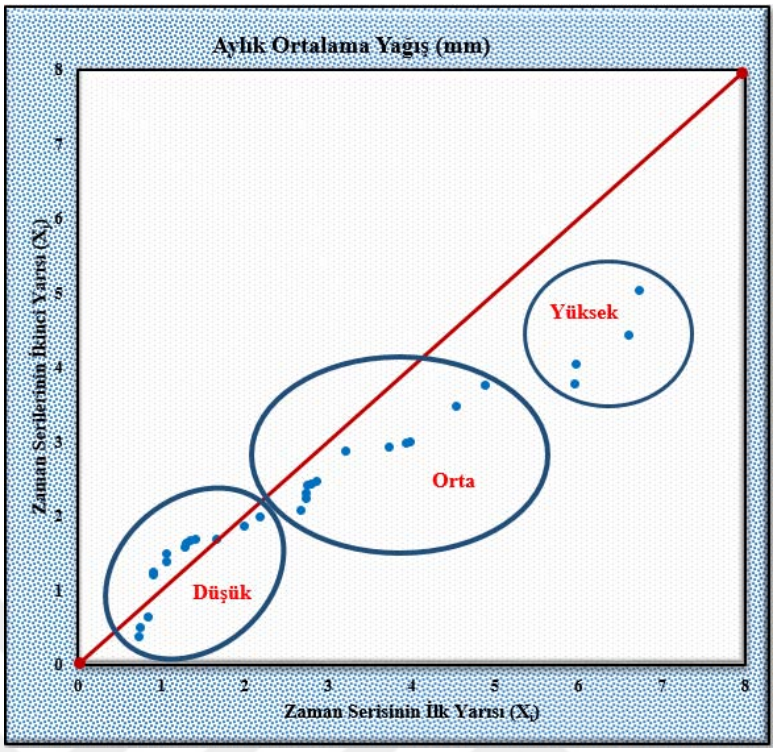
4.7.1. Sakarya İli aylık yağış verilerine Şen Yöntemi uygulaması

Sakarya ilinde yer alan 17069 numaralı istasyonundan alınan 10.01.2014-09.30.2019 tarihleri arasındaki 1826 günlük verilere Trend Analiz yöntemlerinden Yenilikçi Şen yöntemi uygulanmıştır. Sakarya istasyonundan alınan yağış verilerinin gidiş grafiği şekil 4.39'da verilmiştir.



Şekil 4.39 : Sakarya istasyonu yağış verileri.

Yağış veriklerine uygulanan Yenilikçi Şen Yönteminin analiz sonuçları Şekil 4.40'ta verilmiştir. Analiz sonucu incelendiğinde yağış verilerinde orta ve yüksek sevilerde azalan bir trend olduğu düşük seviyelerde ise verilerin 1:1 doğrsunun üzerinde ve çok yakınında olduğu, bunun sonucunda düşük seviyelerde trend oluşmadığı görülmüştür.



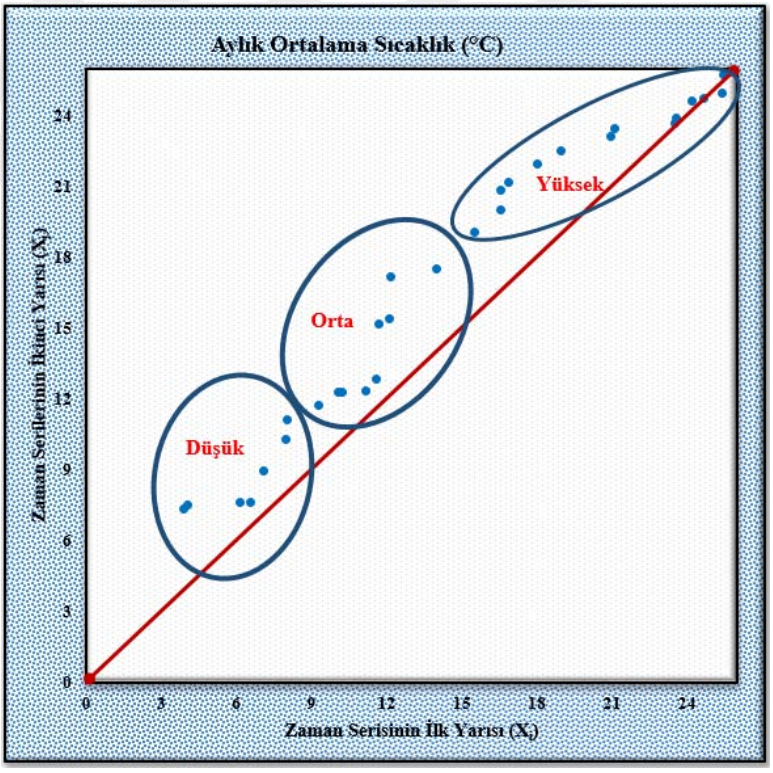
Şekil 4.40 : Yağış verilerinin Trend analizi uygulaması.

4.7.2. Sakarya İli aylık sıcaklık verilerine Şen Yöntemi uygulaması

Sakarya ilinde yer alan 17069 numaralı istasyonundan alınan 10.01.2014-09.30.2019 tarihleri arasındaki 1826 günlük verilere Trend Analiz yöntemlerinden Yenilikçi Şen yöntemi uygulanmıştır. Sakarya istasyonundan alınan sıcaklık verilerinin gidiş grafiği şekil 4.41'de verilmiştir. Sıcaklık veriklerine uygulanan Yenilikçi Şen Yönteminin analiz sonuçları Şekil4.42'de verilmiştir.



Şekil 4.41 : Sakarya istasyonu sıcaklık verileri.



Şekil 4.42 : Sıcaklık verilerinin Trend analizi uygulaması.

Analiz sonucu incelendiğinde sıcaklık verilerinde düşük, orta ve yüksek seviyelerde artan bir trend olduğu görülmüştür.

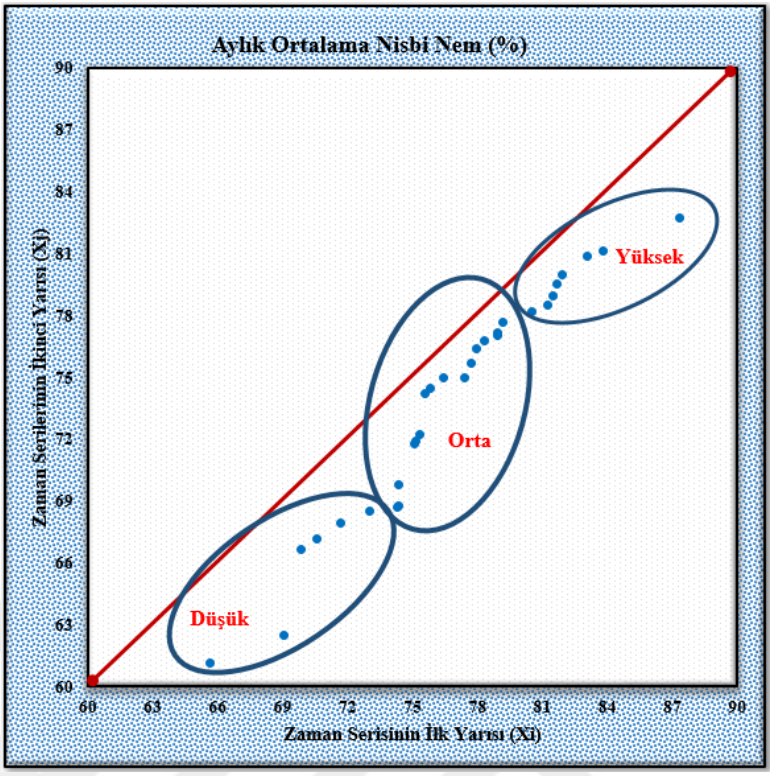
4.7.3. Sakarya İli ortalama aylık nisbi nem verilerine Şen Yöntemi uygulaması

Sakarya ilinde yer alan 17069 numaralı istasyonundan alınan 10.01.2014-09.30.2019 tarihleri arasındaki 1826 günlük verilere Trend Analiz yöntemlerinden Yenilikçi Şen yöntemi uygulanmıştır. Sakarya istasyonundan alınan ortalama nisbi nem verilerinin gidiş grafiği şekil 4.43'te verilmiştir.



Şekil 4.43 : Sakarya istasyonu nem verileri.

Nem veriklerine uygulanan Yenilikçi Şen Yönteminin analiz sonuçları Şekil4.44'de verilmiştir.



Şekil 4.44 : Nem verilerinin Trend analizi uygulaması.

Nem verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemiyle analiz edilmesi sonucunda aylık ortalama nisbi nem verilerinde düşük, orta ve yüksek seviyelerde azalan bir trend olduğu görülmüştür.

4.7.4. Yenilikçi Şen Yöntemi analiz sonuçları

Yapılan bu çalışmalar sonucunda Sakarya istasyonunun yağış, sıcaklık ve nem verileri, Doğançay 1 HES'in ve Doğançay 2 HES'in mevcut enerji üretimi verileri ele alınarak Yenilikçi Şen yöntemi analizi uygulanmıştır. Bu analiz ile elde edilen sonuçlar tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3 : Yenilikçi Şen yöntemi analiz sonuçları.

Yenilikçi Şen Yöntemi						
	Doğançay 1 HES			Doğançay 2 HES		
Parametre	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
Yağış (mm)	0-2 —	3-5 ▼	6-8 ▼	0-2 —	3-5 ▼	6-8 ▼
Sıcaklık (°C)	3-9 ▲	9-14 ▲	16-26 ▲	3-9 ▲	9-14 ▲	16-26 ▲
Nem (%)	65-74 ▼	75-80 ▼	81-89 ▼	65-74 ▼	75-80 ▼	81-89 ▼
Eneji (MW)	95-170 ▼	180-260 ▼	270-300 ▲	25-170 ▼	170-290 ▼	300-330 —

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanlığın geçmişten günümüze kadar olan gelişimini incelediğimizde en büyük etkiyi gösteren faktör enerjidir. Özellikle Sanayi Devrimi'nden sonra enerjiye olan talepte artış görülmüştür. Enerji üretim kaynakları belirlenirken canlıların yaşam kaynağı olan su kaynaklarının korunması, günümüzde artan küresel ısınma etkilerinin azaltılması ve doğanın zarar görmemesi için enerjinin yenilenebilir kaynaklardan temin edilmesi önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında ise hidroelektrik enerji santralleri yer almaktadır. Bu tip santrallerde su debisi ve düşü yüksekliğinin bilinmesi durumunda enerji üretimi hakkında tahminler yapılıp geleceğe yönelik enerji planlaması gerçekleştirilebilmektedir. Hidroelektrik enerji santralleri, enerji üretimi açısından her ne kadar başarılı olsada su depolama alanlarının dolması veya aşırı yağış durumlarında taşkın riski oluşturmaktadır. Bu açıdan hidroelektrik enerji santrallerinin kurulu oldukları derelerde taşkın risk yönetimi planlarının hazırlanması son derece önem arz etmektedir.

Dolayısıyla, yapılan bu tez çalışmasında Orta Sakarya Havzası'nda yer alan Doğançay 1 ve Doğançay 2 HES'lerinin enerji, debi, verim ve net su düşü verilerinin gidiş grafikleri oluşturulmuştur. Ayrıca bu veriler, Phyton yazılımı ile oluşturulan Yapay Sinir Ağları modeline aktarılarak ileriye dönük kısa vadeli enerji üretim tahmini yapılmıştır.

Bu çalışma sonucunda YSA modeli ile Doğançay 1 HES verilerinin analizinden elde edilen sonuçlar tablo 5.1'de gösterilmektedir.

Tablo 5.1 : Doğançay 1 HES YSA analiz sonuçları.

Doğançay 1 HES	Girdi	OKH	R^2
Eğitim	1022	%0.34	%95.7
Test	366	%0.38	%96,10
Sınama	439	%0. 29	%96.4

YSA modeli ile Doğançay 2 HES verilerinin analizinden elde edilen sonuçlar ise tablo 5.2'de gösterilmektedir.

Tablo 5.2 : Doğançay 2 HES YSA analiz sonuçları.

Doğançay 2 HES	Girdi	OKH	R^2
Eğitim	1022	%0.269	%96.8
Test	366	%0.382	%96,80
Sınama	439	%0.25	%96.4

Yukarıdaki tablolarda görüldüğü gibi Doğançay 1 HES ve Doğançay 2 HES verilerinin eğitim, test ve sınama analizleri sonucunda yüksek R^2 ile çok düşük ortalama karesel hata değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar, kurulan YSA modelin çok başarılı ve elde edilen tahmin verilerinin güvenilir olduğunu göstermiştir. Bunun sonucunda YSA modellerinin enerji üretim tahminlerinde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla enerji sürekliliğinin devam etmesi, doğru planlanmasında veya kısa vadeli enerji üretim tahmini aşamalarıında, YSA ve benzeri algoritmaların kullanılması yol gösterici olmaktadır.

Trend analizleri sonucunda ise küresel iklim değişikliği ele alınarak, hem meteorolojik olaylarda hemde hidroelektrik santrallerinin geleceği hakkında uzun vadeli tahminler yapılmıştır. Uzun vadeli tahminler Trend analizleri yöntemlerinden Yenilikçi Şen yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan günlük

ortalama yağış, günlük ortalama sıcaklık ve günlük ortalama nisbi nem verileriyle, Doğançay 1 HES ve Doğançay 2 HES mevcut enerji üretim verileri kullanılanılmıştır.

Yenilikçi Şen yönteminin yağış verilerine uygulanması ile uzun vadeli yağışlarda, 0-2 mm arasındaki yağışlarda düşük seviyede trend oluşmadığı, 3-5 mm arasındaki yağışlarda orta seviyede azalan bir trend oluştuğu, 6-8 mm arasındaki yağışlarda yüksek seviyede azalan bir trend oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Yenilikçi Şen yönteminin sıcaklık verilerine uygulanması ile uzun vadeli sıcaklıklarda, 3-9 °C arasındaki sıcaklıklarda düşük seviyede artan bir trend oluştuğu, 9-14 °C arasındaki sıcaklıklarda orta seviyede artan bir trend oluştuğu, 16-26 °C arasındaki sıcaklıklarda yüksek seviyede artan bir trend oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Yenilikçi Şen yönteminin nem verilerine uygulanması ile uzun vadeli nem verilerinde, 65-74 **%** arasındaki nem verilerinde düşük seviyede azalan bir trend oluştuğu, 75-80 % arasındaki nem verilerinde orta seviyede azalan bir trend oluştuğu, 81-89 % arasındaki nem verilerinde yüksek seviyede azalan bir trend oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Yenilikçi Şen yönteminin Doğançay 1 HES mevcut enerji verilerine uygulanması ile uzun vadeli enerji verilerinde, 95-170 MW arasındaki enerji verilerinde düşük seviyede azalan bir trend oluştuğu, 180-260 MW arasındaki enerji verilerinde orta seviyede azalan bir trend oluştuğu, 270-300 MW arasındaki enerji verilerinde yüksek seviyede artan bir trend oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca Yenilikçi Şen yönteminin Doğançay 2 HES mevcut enerji verilerine uygulanması ile uzun vadeli enerji verilerinde, 25-170 MW arasındaki enerji verilerinde düşük seviyede azalan bir trend oluştuğu, , 170-290 MW arasındaki enerji verilerinde orta seviyede azalan bir trend oluştuğu, 300-330 MW arasındaki enerji verilerinde yüksek seviyede bir trend oluşmadığı sonucuna varılmıştır.

Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda küresel iklim değişikliğinin etkileri hem meteorolojik veriler hemde enerji üretim verileri üzerinde görülmüştür. Küresel iklim değişikliğinin tamamanı ortadan kaldırmak zordur ama etkilerini en aza indirmek için aşağıdaki önerilerin dikkate alınması önem arz etmektedir.

- Küresel ısınmanın oluşumunda en büyük etkenlerden biri olan, insanın bilinçsiz bir şekilde tükettiği fosil yakıtların kullanımını en aza indirgenmesi.
- Günlük ihtiyaçlarımızın tamamında yer alan enerjinin doğa dostu ve yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi.
- Artan nüfusun beraberinde getirdiği sanayileşme ve yapılaşmanın sonucunda artan sera gazlarının seviyelerini azaltacak yeşil yerleşim alanlarını çoğaltılması.
- Gelecek nesillere doğru eğitimler verilerek içlerinde doğayı koruma bilinci yaratılmalıdır.

Son yıllarda küresel ısınma sonucu ortaya çıkan yağıştaki bu değişimler, bazı bölgelerde kuraklığa sebep olurken bazı bölgelerde de ani ve şiddetli yağışlara sebep olmaktadır. Çalışma alanı olan Sakarya'da da bu iklim değişikliğinin etkisi görülmektedir. Dolayısıyla bu iklim değişikliğinin etkisi sadece sıcaklıklarda artış yağışlarda azalma olarak değil günlük ani şiddetli yağışlar olarak etkisini göstermektedir. Bu yağışlar sonucu ortaya çıkabilecek büyük taşkınların etkilerinin araştırılması son derece önem arz etmektedir.

Dolayısıyla tezin bu aşamasında, Sakarya Nehri'nin üzerine kurulu Doğançay 1 ve 2 HES'lerin memba kısmında kalan AliFuat Paşa bölgesinin ve mansap tarafında kalan Karaçam bölgesinin taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur. Taşkın yayılım haritalarının oluşturulmasında Hec-RAS yazılımı kullanılmıştır.

Oluşturulan bu haritalar sonucunda AliFuat Paşa bölge merkezinin büyük çoğunluğu taşkın sahasında olduğu, bölgeden geçen D650 karayolunun ve yüksek hızlı tren hattının belirli kısımlarının taşkından etkileneceği görülmektedir. Karaçam bölgesinde ise yüksek hızlı tren hattının, tarım arazileri ve yerleşim alanlarının bir kısmı taşkın sahasında kaldığı görülmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre yerel yönetimlerin, taşkın bölgeleri için afet yönetim haritalarının oluşturulmasında, taşkın sonucunda oluşabilcek can ve mal kayıplarını en aza indirmesinde ve yeni imar planlarının hazırlanmasında bu taşkın yayılım haritalarını değerlendirmelidir.

Yaşanan bu büyük felaketlerin etkisi tamamen yok edilemese de en aza indirilmesi için aşağıda belirtilen önerilerin dikkate alınması son derece önem arz etmektedir.

- Taşkın sigortalama sisteminin faaliyete geçmesi,
- Taşkın riski altında bulunan yapıların kamulaştırılması,
- Taşkın yatağında yeni yerleşimlere izin verilmemesi,
- Taşkın erken uyarı sisteminin kurulması,
- Yerel halkın taşkın afetleri hakkında bilinçlendirilmesi ve gerekli eğitimlerin verilmesi,
- Taşkın tehlikesi uyarısı olması durumunda önceden hazırlanmış taşkın yönetim planlarının yürütülmesi,
- Diğer Avrupa ülkelerinde uygulanan çelik sepetlerin ve kum dolgulu istinat bariyerlerinin taşkın öncesinde kurulması,
- Dere yatağının her türlü çöp, atık, moloz, ağaç gibi bitkilerden temizlenmesi,
- Derenin kesitlerindeki düzensizliklerin giderilmesi ve kesit ıslah çalışmalarını düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Adhikari, P., Hong, Y., Douglas, K. R., Kirschbaum, D. B., Gourley, J., Adler. R., Brakenridge, G. R., (2010). A digitized global flood inventory (1998–2008): compilations and preliminary results. *Natural Hazards*, 55, 405–422.

Aggett, G. R., & Wilson, J. P. (2009). Creating And Coupling A High-Resolution DTM With A 1-D Hydraulic Model İn A GIS For Scenario-Based Assessment Of Avulsion Hazard İn A Gravel-Bed River. *Geomorphology*, 113(1-2), 21-34.

Akkaya, U. (2016). *Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne şehir merkezi kısmında 2 boyutlu taşkın modellemesi.* Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.

Alppay, H. (2019). *Baraj Yıkılması Taşkın Risk Değerlendirmesi*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.

Amini, J. (2010). IKONOS Görüntüleri Ve DEM'leri Kullanarak Taşkın Haritalarının Üretilmesi İçin Bir Yöntem. *Uluslararası Uzaktan Algılama Dergisi* , 31 (9), 2441-2456.

Bacanli, Ü, G. (2017). *Trend analysis of precipitation and drought in the Aegean region*, Turkey.

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

Chuan, R. J. Y. (2006). An Empirical Analysis Of Agricultural Products' Competitiveness And Complementarities Between China And ASEAN Countries [J]. *Journal Of International Trade*, 8.

Cook, A. And Merwade, V. (2009): Effect Of Topographic Data, Geometric Configuration And Modeling Approach On Flood İnundation Mapping, *J. Hydrol*., 377, 131–142, DOI: 10.1016/J. Jhydrol.2009.08.015.

Correia, A., & Šafanda, J. (1999). Preliminary Ground Surface Temperature History İn Mainland Portugal Reconstructed From Borehole Temperature Logs. *Tectonophysics*, 306(34), 269-275.

Çakmak, B. And Beyrıbey,M. (2002): Evaluation Of Irrigation System Performance İn Irrigation Schemes, Sakarya Basin: *Tarım Bılımlerı Dergısı* 2003, 9 (1) 116-124.

Çalışkan . M (2019). *Sakarya Havzasındaki Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Enerji Potansiyellerinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle İleriye Dönük Araştırılması,* Yüksek Lisans Tezi. Sakarya, Türkiye.

Çelik, H..(2017) : *Taşkın Modellemede Lidar Verisi İle Performans Analizleri*: İstanbul Teknik Üniversitesi .,Fen Bilimleri Enstitüsü., Yayımlanmış Doktora Tezi, İstanbul.

Çeliker, M..(2018). *Determination Of Flood Areas Of Streams İn Bingöl Province With Geographical İnformation Systems (Gis)*: Fırat Üniversitesi .,Fen Bilimleri Enstitüsü., Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.

Çeribaşı, G. ve Doğan, E.,(2015). Trend analizi yöntemi kullanılarak batı vedoğu Karadeniz ile Sakarya havzası akım miktarlarının değerlendirilmesi. *SDU international technologic science*, 7(2): 1-12.)

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

Çeribaşı, G. (2018). Batı Karadeniz Havzasının Yağış Verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi İle Analizi, *Academic Platform Journal of Engineering and Science,* 6-3, 168-173.

Çeribaşı, G. (2019). Şen Yöntemi ve Trend Yöntemleri Kullanılarak Doğu Karadeniz Havzasının Yağış Verilerinin Analiz Edilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(1), 254-264.

Çeribasi, G., & Caliskan, M. (2019). Short-and long-term prediction of energy to be produced in hydroelectric energy plants of Sakarya Basin in Turkey. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-16.

Çetin, N,İ., Tezer, A. (2013). ABD, Avrupa Birliği ve Türkiye'de sel risk yönetiminin karşılaştırılması, *3. Ulusal Taşkın Sempozyumu.*

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

Demir, M., (2015). *Yapay Sinir Ağları kullanılarak enerji üretim miktarlarının tespiti*; Dim barajı örneği, Doktora Tezi.

Demir, V., & Ülke, A. (2018). 2D Taşkın Modellemesi, Samsun Mert Irmağı Örneği. *International Symposium on Urban Water and Wastewater Management*.

Demirpençe, H. (2005). 'Köprüçay Akımlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini' , *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisleri Sorunları Kongresi*, Antalya.

Dere, G. (2019). *Kurtköy Deresi Taşkın Yayılım-Tehlikerisk Haritalarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, Türkiye.

Djokić, S. S., Conway, B. E., & Belliveau, T. F. (1994). Specificity Of Anodic Processes İn Cyclic Voltammetry To The Type Of Carbon Used İn Electrolysis Of Cryolite-Alumina Melts. *Journal Of Applied Electrochemistry*, 24(9), 827-834.

Doğan, E., ÇERİBAŞI, G., & Akkaya, U. (2016). Barajların nehir akımı rejimine olan etkilerinin trend analizi yöntemi ile araştırılması: Sakarya Nehri örneği. *Karaelmas Science and Engineering Journal*, 6(1), 50-55.

Elçi, Ş., Tayfur, G., Haltaş, İ., Kocaman, B., (2017). Baraj Yıkılması Sonrası İki Boyutlu Taşkın Yayılımının Yerleşim Bölgeleri İçin Modellenmesi, *İMO Teknik Dergi* 2017 7955-7975 Yazı 482.

Es, H. A., Kalender, F. Y., & Hamzaçebi, C. (2014). Yapay Sinir Ağlari ile Türkiye net enerji talep tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(3).

Gumrukcuoglu, M., Goodin, D. G., & Martin, C. (2010). Landuse Change İn Upper Kansas River Floodplain: Following The 1993 Flood. *Natural Hazards*, 55(2), 467-479.

Gutry-Korycka, M., Magnuszewski, A., Suchozebrski, J., Jaworski, W., Marcinkowski, M., & Szydlowski, M. (2006). Numerical Estimation Of Flood Zones İn The Vistula River Valley, Warsaw, Poland. *IAHS PUBLICATION*, 308, 191.

Gülbaz, S. (2019). Sayısal Modeller ile Taşkın Yayılım Haritasının Oluşturulması ve Risk Altında olan Alanların Belirlenmesi: Türkköse Deresi Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(2), 335-349.

Gündoğdu, S., Çevik, C., Ayat, B., Aydoğan, B. ve Karaca, S. (2018). Sel olayları ile mikroplastik miktarları nasıl artmaktadır? Türkiye'nin Mersin Körfezi NE Levantine kıyılarından bir örnek. *Çevre kirliliği* , 239 , 342-350.

Hajibayov, F., Ozkul, B. D., & Terzi, F. (2017, March). Floodplain Modeling And Mapping Using The Geographical Information Systems (GIS) And Hec-RAS/Hec-Georas Applications. Case Of Edirne, Turkey. *GISRUK*.

Abdulkareem, J. H., & Sulaiman, W. N. A. (2016). TREND ANALYSIS OF PRECIPITATION DATA IN FLOOD SOURCE AREAS OF KELANTAN RIVER BASIN. *Jurnal Teknologi*, 78(9-4).

Horritt, M. S. And Bates P. D. (2002). Evaluation Of 1d And 2d Numerical Models For Predicting River Flood İnundation, *J. Hydrol*., 268, 87–99, Doı: 10.1016/S0022-1694(02)00121-X.

Hung, N. N., Delgado, J. M., Tri, V. K., Hung, L. M., Merz, B., Bárdossy, A., & Apel, H. (2012). Floodplain Hydrology Of The Mekong Delta, Vietnam. *Hydrological Processes*, 26(5), 674-686.

Huthoff, F., Remo, J. W. F. And Pinter, N. (2015). Improving Flood Preparedness Using Hydrodynamic Levee-Breach And İnundation Modelling: Middle Mississippi River, Usa, *Journal Of Flood Risk Management*, 8, 2–18, Doı: 10.1111/Jfr3.12066.

Ifeka, A., & Akinbobola, A. (2015). Trend analysis of precipitation in some selected stations in Anambra State. *Atmospheric and Climate Sciences*, 5(01), 1.

Jain, S. K., & Kumar, V. (2012). Trend analysis of rainfall and temperature data for India. *Current Science(Bangalore)*, 102(1), 37-49.

Kaleycı, H., (2004).D*eğirmendere Havzası'nda Taşkın Frekans Analizi ve Taşkın Sularının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 38, 39, 2004.

Kılıçer,Ü., Meteorolojik kaynaklı doğal afetler, *Alt komisyon raporu*,Ankara, 2000.

Kıyıldı, R.K. (2017) Türkiye için Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Trafik Kazası Tahmini Araştırması. Published in *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science* 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku – Azerbaijan).

Kökçam, A., Doğan, E., & Erden, C. (2018). Meriç nehri akımlarının yapay Sinir Ağları ile tahmini. *ISHAD*.

Kryžanowski, A., Brilly, M., Rusjan, S. And Schnabl, S. (2014): Review Article: Structural Flood-Protection Measures Referring To Several European Case Studies, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 135–142, DIO: 10.5194/NHESs-14-135-2014.

Longobardi, A., & Villani, P. (2010). Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. *International journal of Climatology*, 30(10), 1538-1546.

Mason, D. C., Guy, J. And Schumann, P. (2010): Flood Detection İn Urban Areas Using Terrasar-X, IEEE T. *Geoscı. Remote*, 48, 882–894, DOI: 10.1109/TGRS.2009.2029236.

Mclin, S. G., Springer, E. P., & Lane, L. J. (2001). Predicting Floodplain Boundary Changes Following The Cerro Grande Wildfire. *Hydrological Processes*, 15(15), 2967-2980.

Mosquera-Machado, S., & Ahmad, S. (2007). Flood Hazard Assessment Of Atrato River İn Colombia. *Water Resources Management*, 21(3), 591-609.

Nouaceur, Z., & Murărescu, O. (2016). Rainfall variability and trend analysis of annual rainfall in North Africa. *International Journal of Atmospheric Sciences*, 2016.

Oğuz, E., Ulupınar, Y., Uğurlu, A., & Yazıcı, B.(2015). Artvin-Hopa Taşkınının Uydu-Radar Verileriyle Analizi Ve Taşkın Hesabı. *II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu*, 3-5 Kasım 2015, Antalya

Okkan, U., & Karakan, E. (2016). İklim Değişikliğinin İkizcetepeler Barajı Akımlarına Etkilerinin Modellenmesi: 2015-2030 Projeksiyonu. *Teknik Dergi*, 27(2), 7379-7401.

Onyutha, C., Tabarı, H., Taye, T., M. Nyandwaro, N, G. Willems, P., (2015). Analyses of rainfall trends in the Nile River Basin. *Journal of Hydroenvironment Research*, pp. 1-16.

Ortac, G..(2019). *Filyos Çayı Havzası'nın (Karabük-Gökçebey) Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Yardımıyla Taşkın Risklerinin Belirlenmesi*: Karabük Üniversitesi., Sosyal Bilimler Enstitüsü., Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Karabük.

Öztemel, E. (2016). Yapay Sinir Ağları. *Papatya Yayınları*.

Partal, T., Kahya, E., & Cığızoğlu, K. (2011). Yağış Verilerinin Yapay Sinir Ağları Ve Dalgacık Dönüşümü Yöntemleri İle Tahmini. *İtüdergisi/d*, 7(3).

Pekmezci, N.S., (2019). *Geri dönüşlü derin Sinir Ağları ile zaman serisi tahmini ve bir finans uygulaması*, doktora tezi.

Renewables. (2016). *Global Status Report* .

Rozalis, S., Morin, E., Yair, Y. And Price, C., (2010): Flash Flood Prediction Using An Uncalibrated Hydrological Model And Radar Rainfall Data İn A Mediterranean Watershed Under Changing Hydrological Conditions, *J. Hydrol*., 394, 245–255,DOI:10.1016/J.Jhydrol.2010.03.021.

Rustum, R., Adeloye, A. J., & Mwale, F. (2017). Spatial and temporal Trend Analysis of Long Term rainfall records in data-poor catchments with missing data, a case study of Lower Shire floodplain in Malawi for the Period 1953–2010. *Hydrol Earth Syst Sci.* https://doi. org/10.5194/hess-2017-601.

Şamandar, A.. Genç, Ö. (2016) : Creatıng Floodplaın Maps Based On The Geographıc Informatıon Systems In Düzce Büyük Melen Çayı: *Journal Of Advanced Technology Sciences* Issn:2147-3455 184-189.

Saplıoğlu, K., & Çimen, M. (2010). Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Günlük Yağış Miktarının Tahmini. *Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi*, 1(1), 14-21.

Sowmya, K., John, C. M. And Shrivasthava, N. K. (2015): Urban Flood Vulnerability Zoning Of Cochin City, Southwest Coast Of India, Using Remote Sensing And GIS, *Nat. Hazards*, 75, 1271–1286, DOI: 10.1007/S11069-014-1372-4.

Şen Z, (2012). Innovative Trend Analysis Methodology. *Journal of Hydrological Engineering*, 17 (9): 1042-1046.

Şen Z, (2013). Trend Identification Simulation and Application. *Journal of Hydrological Engineering*, 19 (3): 635-642.

Şenalp, F.M.,(2017). *Kısa dönem enerji talep tahmini ve yük dağıtımı*, Yüksek Lisans Tezi.

Taş, E., İçağa, Y., & Zorluer, İ. (2016). Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması ve Taşkın Zarar Analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(3), 711-721.

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

USACE. (2016). *HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. Version 5.0.

Usul, N. ve Turan, B.,(2006). Flood Forecasting and Analysis within the Ulus Basin, Turkey, Using Geographic Information Systems, *Natural Hazards*,39, 213-229, 2006.

Uzuntas, Ö..(2019). *Sel Ve Taşkınlarda Uluslararası Yönetmelikler Ve Mühendislik Yaklaşımlar: Trabzon İli Örneği,* Gümüşhane Üniversitesi., Sosyal Bilimler Enstitüsü ., Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane .

Vojinovic, Z., & Tutulic, D. (2009). On The Use Of 1D And Coupled 1D-2D Modelling ApproacHES For Assessment Of Flood Damage İn Urban Areas. *Urban Water Journal*, 6(3), 183-199.

Yalçın, N. (Erişim Tarihi 2 Mayıs 2019) Y*apay Sinir Ağları. Bilecik Üniversitesi YSA ders notları*. Erişim Adresi http://musaatas.siirt.edu.tr/ANN/YSA_Giris.pdf).

Yerdelen, C. (2013). Susurluk Havzası Yıllık Akımlarının Trend Analizi Ve Değişim Noktasının Araştırılması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 15(44), 77-87.

Yıldırım, A. (2015). *Trend Analizi Yöntemleri: Orta Fırat Havzası Uygulaması* (Doctoral dissertation, Enerji Enstitüsü).

Yılmaz, M., (2019). *Türkiye akarsu havzalarındaki yıllık anlık maksimum akımların trend analizi*. Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

Yüksek, Ö., Babacan, H. T., & Saka, F. (2018).Yağış-Akış Modellemesinde Optimum Yapay Sinir Ağı Yapısının Araştırılması. *Türk Hidrolik Dergisi/Turkish Journal of Hydraulic*, 2(1), 31-37.

Wang, S., Zhang, X., Liu, Z., & Wang, D. (2013). Trend analysis of precipitation in the Jinsha River Basin in China. *Journal of Hydrometeorology*, 14(1), 290-303.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Iyad CEYHUNLU, 18/07/1996 tarihinde Halep'te doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Medine'de tamamladı. 2014 yılında Sakarya Üniversitesinde İnşaat Mühendisliği başladı ve 2018 yılında mezun oldu. 2018 yılında Sakarya Üniversitesinde yüksek lisans eğitimine başladı. 2019 yılında Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'ne yatay geçiş yaptı. Halen Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.