

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

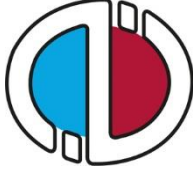
**HİDROELEKTRİK ENERJİ ÜRETİMİ İÇİN BARAJ YERİ
SEÇİMİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN (CBS)
KULLANILMASI VE UYGULAMALARI (SEYDİSUYU
HAVZASI)**

**Mahmut Murat DAĞHAN
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Recep BAKIŞ**

BİLECİK, 2018

Ref. No.: 10187595



ANADOLU ÜNİVERSİTESİ



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

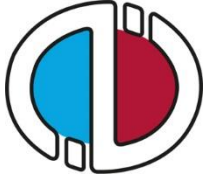
**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**HİDROELEKTRİK ENERJİ ÜRETİMİ İÇİN BARAJ YERİ
SEÇİMİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN (CBS)
KULLANILMASI VE UYGULAMALARI (SEYDİSUYU
HAVZASI)**

**Mahmut Murat DAĞHAN
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Recep BAKIŞ**

BİLECİK, 2018



ANADOLU UNIVERSITY



**BILECIK SEYH EDEBALI
UNIVERSITY**

**Graduate School of Sciences
Department of Civil Engineering**

**USING AND APPLICATIONS OF DAM SITE SELECTION
BY USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS
(GIS) FOR HYDROPOWER GENERATION
(IN SEYDISUYU BASIN)**

**Mahmut Murat DAGHAN
Master's Thesis**

**Thesis Advisor
Prof. Dr. Recep BAKIS**

BILECIK, 2018



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 11.04.2018 tarih ve 22..... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 30.04.2018 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Mahmut Murat DAĞHAN' ın "*Hidroelektrik Enerji Üretimi İçin Baraj Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Kullanılması ve Uygulamaları (Seydisuyu Havzası)*" başlıklı tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği/ oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Recep BAKIŞ

ÜYE : Prof. Dr. Cengiz KOÇ

ÜYE : Dr. Öğr. Üye. Hasan BOZKURT

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi çalışmalarım sırasında, meteorolojik verilerin temini ve kullanılması hususunda yardımcı olan Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne, Su temin tabloları ve jeoloji haritalarının temini için Eskişehir DSİ 3. Bölge Müdürlüğüne, CBS programı (ArcGIS 10) kullanımı için Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne, tezimin her safhasında büyük emek ve katkısı olan Tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Recep BAKIŞ'a, ve tez çalışmalarında yol gösteren Sn. Arş. Gör. Yıldırım BAYAZIT'a teşekkür ederim.

Tez danışmanımın, Anadolu Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesinden (BAP-1609F626 numaralı) Genel Amaçlı proje verilerinden faydalanmamı sağladığı için, ilgili kuruma ve komisyona ayrıca teşekkür ederim.

En önemlisi, her zaman maddi ve manevi olarak beni destekleyen, teşvik eden ve emeği olan aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Nüfus artışı ve sanayi gelişimiyle birlikte Türkiye'nin enerjiye olan ihtiyacı sürekli artmaktadır. Bu nedenle, ülkemizde ki mevcut enerji kaynaklarının geliştirilmesini planlamak kritik önem taşımaktadır. Türkiye enerji sektörünü geliştirmek için yeni projeler üretmekte ve yeni yatırımlar yapmaktadır. Ancak, Türkiye'nin sahip olduğu fosil enerji kaynakları enerji talebini karşılayamadığı için yurt dışından petrol, doğalgaz ve kömür ithalatı yapmaktadır. Enerji açığını kapatmak için yapılan ithalat her geçen sene artmaktadır. 2017 yılında gerçekleştirilen enerji ithalatı yaklaşık 27 milyar dolardır. Bu rakam 2016 yılına göre %35 artmıştır. Bu rakamları düşürmek ve dışa bağımlılığı azaltmak için enerjide öz kaynakları değerlendirmek gerekir. Türkiye sahip olduğu su potansiyelini enerji üretiminde kullanarak ülke ekonomisine büyük katkı sağlayabilir. Bundan dolayı ülkemizin hidroelektrik enerji potansiyelini geliştirmemiz gerekir.

Bu tez çalışmasında, coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanarak Seydisuyu havzasındaki hidroelektrik enerji üretilebilecek olası baraj noktaları araştırılmıştır. Bu kapsamda, Seydisuyu Havzasının hidroelektrik enerji potansiyeli incelenmiştir. Havzanın su potansiyelinin incelenmesi ve hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi için gerekli topografik veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak elde edilmiştir. CBS programı içerisinde topografik verileri ve yağış verilerini kullanarak hidroelektrik enerji üretilebilecek noktalar ve hidroelektrik enerji miktarı, programın içerisinde bir akış şeması tanımlanarak üretilecek elektrik miktarı yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Ancak, bu noktalardan bir tanesi en uygun nokta baraj yeri olduğuna karar verilerek bu noktada depolamalı baraj planlaması yapılmıştır. Planlanan bu barajdan üretilecek hidroelektrik enerji miktarı, ayrıca SIMAHHP 5.0 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu programda barajın maliyeti, üreteceği elektrik miktarı ve yıllık parasal getirisi hesaplanmıştır.

Seydisuyu havzasında planlanan bu barajın kurulu gücü 0.753 MW, yıllık enerji üretimi 1.98 GWh/yıl, yıllık parasal getirisi $0.189 \cdot 10^6$ US\$, kw başına yatırım bedeli 3275,92 US\$ olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu çalışma, ülkemiz genelinde uygulanabilecek bir planlama örneği teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hidroelektrik Enerji; Baraj Planlama; Coğrafi Bilgi Sistemleri;

Seydisuyu Havzası

ABSTRACT

With population growth and industrial development of Turkey's need for energy is constantly increasing. For this reason, it is critical to plan for the development of existing energy resources in our country. Turkey produces new projects and make new investments to develop the energy sector. However, Turkey's fossil energy resources, failed to meet the energy demand, imports petroleum, natural gas and coal from abroad. Imports to close the energy deficit are increasing every year. The energy import realized in 2017 is about 27 billion dollars. This figure is 35% higher than in 2016. To reduce these figures and reduce external dependence, it is necessary to evaluate domestic energy resources. Turkey can make a great contribution to country economy by using water resources in energy production. Therefore, we need to improve the hydropower potential of our country.

In this thesis study, geographical information systems are used to investigate the points of dam having hydroelectric energy potential in a basin. In this scope, hydropower potential of Seydisuyu Basin has been investigated. The data needed to examine the water potential of the basin and determine the hydropower potential were obtained using Geographic Information Systems (GIS). In GIS program, the amount of electricity to be generated is calculated by defining a flow chart in the program and the points of hydroelectric energy and the amount of hydroelectric energy that can be generated by using topographical data and rainfall data. However, it was decided that one of these points is the most appropriate dam site, and dam reservoir planning was done at this point. The amount of hydroelectric energy to be generated from this planned dam is also calculated by using SIMAHHP 5.0 software. Construction costs and economic analyzes of the dam were calculated using SIMAPHH 5.0 software.

The dam installed at Seydisuyu basin is estimated to have an installed capacity of 0.753 MW, an annual energy production of 1.98 GWh / year, an annual monetary return of 0.189×10^6 US \$, and an investment cost of 3275.92 US \$ per kW. This work constitutes a planning example that can be implemented in our country as a whole.

Key Words: Hydroelectric Energy; Dam Planning; Geographic Information Systems; Seydisuyu Basin

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI**TEŞEKKÜR****ÖZET..... I****ABSTRACT.....II****İÇİNDEKİLER III****SİMGELER VE KISALTMALAR V****ÇİZELGELER DİZİNİ VIII****ŞEKİLLER DİZİNİ IX****1. GİRİŞ 1****1.1. Enerji Kaynakları 2****1.1.1. Fosil enerji kaynakları 4****1.1.1.1. Kömür 4****1.1.1.2. Petrol 5****1.1.1.3. Doğalgaz 5****1.1.2. Nükleer enerji 6****1.1.2.1. Türkiye’de nükleer enerji 6****1.1.3. Yenilenebilir enerji kaynakları 7****1.1.3.1. Hidroelektrik enerji 8****1.1.3.2. Rüzgâr enerjisi 9****1.1.3.3. Güneş enerjisi 10****1.1.3.4. Jeotermal enerji 11****1.1.3.5. Biyokütle enerjisi 13****1.1.3.6. Hidrojen enerjisi 14****1.1.3.7. Dalga enerjisi 15****1.1.3.8. Gelgit enerjisi 16****2. HİDROELEKTİRİK ENERJİ..... 17****2.1. Hidroelektiriğin Tarihçesi 20****2.2. Dünya’da Hidroelektirik Enerji..... 21****2.3. Türkiye’de Hidroelektirik Enerji..... 25****2.3.1. Türkiye’deki enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı 25****2.3.2. Türkiye hidroelektrik enerji potansiyeli 26****2.4. Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması 28****2.4.1. Düşü yüksekliğine göre 29****2.4.2. Ürettikleri enerjinin karakter ve değerine göre hes çeşitleri 30****2.4.3. Depolama yapılarına / biriktirme durumlarına göre sınıflandırma 30****2.4.3.1. Biriktirmeli HES’ler 30****2.4.3.2. Biriktirmesiz HES’ler 31****2.4.4. Kapasitelerine göre HES’ler 31****2.4.5. Yapılışlarına göre HES çeşitleri 32****2.5. Hidroelektirik Santrallerin Avantajları 34****2.6. Hidroelektirik Santrallerin Dezavantajları 35****3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) 36****3.1. CBS Nedir? 36****3.2. CBS’nin Temel Bileşenleri 36**

3.3.	CBS'nin Fonksiyonları	37
3.4.	CBS'nin Uygulama Alanları	38
3.5.	Araştırma Alanı	39
3.6.	Seydisuyu Havzasında Nüfus	43
4.	MATERYAL VE METOT	44
4.1.	Materyal	44
4.2.	Metot	45
5.	SEYDİSUYU HAVZASININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE HİDROLOJİK HAVZA SINIRLARININ BELİRLENMESİ	47
5.1.	Seydisuyu Havzasına Ait Vektör Haritalar	47
5.2.	Havzaya Ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)	47
5.3.	CBS Programı İle Havza Sınırı Çıkarma Aşamaları Ve Sayısal Yükseklik Modelinin Elde Edilmesi	48
5.3.1.	Boşlukları doldurulma (fill)	48
5.3.2.	Akım yönünü belirleme (flow direction)	50
5.3.3.	Kümülatif akım hesaplama (flow accumulation)	52
5.3.4.	Kümülatif akımın iyileştirilmesi (con)	55
5.3.5.	Nehirlerin düzenlenmesi (stream order: akarsu mertebesi)	56
5.3.6.	Drenaj noktası belirleme	57
5.3.7.	Seydisuyu havzasına ait hidrolojik havza sınırlarını çıkarma (watershed)	59
6.	SEYDİSUYU HAVZASININ HİDROLOJİK VE METEOROLOJİK ÖZELLİKLERİ	61
6.1.	Seydisuyu Havzasının Hidrolojik Özellikleri	61
6.1.1.	Akım gözlem istasyonları	61
6.1.2.	Akım gözlem istasyonlarındaki eksik akım verilerinin tamamlanması	62
6.1.3.	Taşkın büyüklüklerinin hesaplanması	66
6.2.	Seydisuyu Havzasının Meteorolojik Özellikleri	68
6.2.1.	Meteoroloji istasyonları	68
6.2.2.	IDW metodu ile meteorolojik verilerin alansal dağılım modellemesi	69
7.	COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANARAK MİNİ HES NOKTALARININ TESPİTİ	73
7.1.	Havzadaki Akarsuların Toplam Net Akış Miktarının Hesaplanması	73
7.2.	Odak İstatistik İle Net Düşünün Hesabı	73
7.3.	Havza Üzerinde Mini HES Noktalarının Tespiti	74
7.4.	En Uygun Baraj Yerinin SIMAHPP Yazılımı İle Ekonomik Analizi	75
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER	80
	KAYNAKLAR	82

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
CO ₂	: Karbondioksit
d	: Örnek noktası ile tahmini yapılacak nokta arasındaki uzaklık
E	: Enerji
g	: Yerçekimi İvmesi
h	: Yükseklik
Km ²	: Kilometrekare
KW	: Kilowatt.
KWh	: Kilowatt saat
ln	: Natural Logarithm (Tabii Logaritma)
m	: Kütle
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
MWe	: Megawatt elektrik
MWt	: Megawatt ısı
n	: Örnek nokta sayısı
NaBH ₄	: Sodyum borhidrür
°C	: Derece Selsiyus
p	: Üssel değer
Q (m ³ /sn)	: Debi
R ²	: Regresyon Belirleme Katsayısı
t	: Zaman
TWh	: Tetawatt saat
US\$	: Amerikan Doları
W_i	: x_i noktasındaki örneğin x_0 noktasına göre ters uzaklık ağırlığı
$Z^*(x_0)$	: x_0 noktasındaki tahminin değeri
$Z(x_i)$	: x_i noktasındaki örnek noktasının değeri

Kısaltmalar

A.Ş.	: Anonim Şirket
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ArcGIS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CON	: Conditional
CSP	: Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi
CTP	: Cam Elyaf Takviyeli Plastik
DEKTMK	: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
ED50	: European Datum 1950
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurum
GeoDATA	: Ağ tabanlı CBS uygulaması veri altyapısı
GIS	: Geographic Information System
GW	: Gigawatt
GWEC	: Global Wind Energy Council (Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi)
GWh	:Gigawatt saat
Ha	: Hektar
HES	: Hidroelektrik Santral
IDW	: Instance Distance Weigting (Uzaklığın Tersine İle Örnekleme)
InvCost	: Investmen Cost (Yatırım Maliyeti)
Kcal	: Kilokalori
Log	: Logaritma
m	: Metre
M.Ö.	: Milattan Önce
Mak	: Maksimum
MGİ	: Meteoroloji Gözlem İstasyonu

Min	: Minimum
mm	: Milimetre
MTEP	: Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
MÜSİAD	: Müstakil Sanayici ve İş Adamları Derneği
MW	: Megawatt
NES	: Nükleer Enerji Santrali
NGS	: Nükleer Güç Santrali
OECD	: The Organisation for Economic Coperation and Develoopment (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
OK	: All Correct
Ort	: Ortalama
PV	: Fotovoltaik
SIMAHPP	: Simulation to Evaluate the Feasibility of Hydropower Projects (Hidroelektrik Projelerinin Fizibilitesini Değerlendirme Simülasyonu)
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	: Ton Petrol Eşdeğeri
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeciliği
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TUREB	: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
UEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
UTM	: Universal Transverse Mercator (Evrensel Çapraz Merkator)
W	: Watt
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Bölgelere göre kurulu jeotermal kapasite (Fridleifsson, 2001).	12
Çizelge 1.2. Türkiye’deki mevcut jeotermal kullanım alanları (Karstarlı, 2011).....	13
Çizelge 2.1. Dünya’nın teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli (Akalın, 2008).	22
Çizelge 2.2. Dünyada mevcut, yapım aşamasında ve planlanan hidroelektrik kurulu güç (Akalın, 2008).	23
Çizelge 2.3. Dünya ülkelerindeki hidroelektrik enerji potansiyel gelişimi (Bozdemir, 2013).	24
Çizelge 2.4. Türkiye’de havzalara göre yıllık akış ve brüt hidroelektrik potansiyel (TEİAŞ, 2015).....	27
Çizelge 6.1. AGİ’lerin özellikleri (Bakış ve Bayazıt, 2015).....	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Hidrolik çevirim (Evans ve Porlman, 2009).....	9
Şekil 1.2. Türkiye’de ki rüzgâr enerjisi santralleri (TUREB, 2014).....	10
Şekil 1.3. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (YEGM, 2012).	11
Şekil 1.4. Tipik hidrojen enerji üretimi (Özgür, 2008).	15
Şekil 2.1. HES enerji dönüşüm aşaması (Bozdemir, 2013).	17
Şekil 2.2. Hidroelektrik santrallerin genel yapısı (Şekkeli ve Keçecioğlu, 2011).	18
Şekil 2.3. Yapı ve bileşenleri ile HES blok diyagramı (Özbyay ve Gençöğlu 2009).	20
Şekil 2.4. Hidroelektrik enerji üretim seyri (Bayazıt, 2013).	21
Şekil 2.5. Dünyada üretilen hidroelektrik enerjinin kıtalara göre dağılımı (Şekkeli ve Keçecioğlu, 2011).	23
Şekil 2.6. Türkiye’deki elektrik enerjisi üretiminin dağılımı (Bozdemir, 2013).	25
Şekil 2.7. Tipik bir hidroelektrik santral tesisinin şematik gösterimi (Bonsor, 2017).	28
Şekil 2.8. Kaplan türbin prensip şeması (TEMSAN, 2018).	29
Şekil 2.9. Francis türbin (Tekno Tasarım, 2018).	29
Şekil 2.10. Tipik bir yer altı santral gösterimi (Bulut, 2013).	32
Şekil 2.11. Tipik bir yarı gömülü santral uygulaması (Bulut, 2013)	33
Şekil 2.12. Tipik bir yerüstü santral uygulaması (Cornell University, 2018).	33
Şekil 3.1. Türkiye’nin ana akarsu havzaları (DSİ, 2014).	39
Şekil 3.2. 12 numaralı Sakarya havzası (GeoData).	40
Şekil 3.3. Seydisuyu havzasının Türkiye’de ki konumu (Bakış ve Bayazıt, 2015).	41
Şekil 3.4. Havzada arazi kullanımı (Göktay, 1991).	42
Şekil 4.1. Araştırma metodolojisinin şeması (Bayazıt, vd., 2016).	46
Şekil 5.1. Seydisuyu Havzası, SYM ve kullanılan 1/25.000’lik vektör haritaları gösterir haritalar indeksi.	48
Şekil 5.2. Sayısal Yükseklik Modelinde oluşan boşluk hatası.	49
Şekil 5.3. SYM’de ki boşlukların doldurulması.	49
Şekil 5.4. Boşluk hatasını doldurulma işlemi.	50
Şekil 5.5. Su akış yönü.	50
Şekil 5.6. Sekiz yönlü akım modeli.	51
Şekil 5.7. Akım yönünün ArcHydro modülündeki ifadesi.	51

Şekil 5.8. Akım yönü belirleme fonksiyonu girdi ve çıktıları.	52
Şekil 5.9. Akım yönü katmanı.	52
Şekil 5.10. Kümülatif akım yönü.	53
Şekil 5.11. Kümülatif akım hesaplama.	54
Şekil 5.12. Kümülatif akım katmanı semboloji ayarları.	54
Şekil 5.13. Kümülatif akım iyileştirme.	55
Şekil 5.14. Nehir düzenlenmesi işlem ekranı.	56
Şekil 5.15. Geometrik sınıflandırmaya başlama işlemi.	57
Şekil 5.16. Nokta geometrisi oluşturma.	58
Şekil 5.17. Belirlenen noktaya koordinat sistemi ekleme.	58
Şekil 5.18. Drenaj noktası belirleme.	59
Şekil 5.19. Havza belirleme veri girişi işlemi.	60
Şekil 5.20. Seydisuyu havzası.	60
Şekil 6.1. Seydisuyu havzasındaki akım gözlem istasyonları (Bakış ve Bayazıt, 2015).	61
Şekil 6.2. AGİ'lerin ölçüm yılları.	62
Şekil 6.3. AGİ'ler arasındaki korelasyon matrisi.	63
Şekil 6.4. İki istasyon arasındaki matematiksel ilişki.	63
Şekil 6.5. Eksik akım verileri tamamlanmış AGİ'ler.	64
Şekil 6.6. DSİ-12184'e ait debi-gidiş eğrisi.	65
Şekil 6.7. DSİ-12194'e ait uzun yıllara ait aylık debi değerleri.	65
Şekil 6.8. EİE-1223'e ait debi süreklilik eğrisi.	66
Şekil 6.9. DSİ-12185 maksimum debilerin yıllara göre sıralanışı (debi-gidiş çizgisi)...67	
Şekil 6.10. Log Pearson Type 3 istatistiksel metoduna göre, DSİ-12185 AGİ'de, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000 yıllık taşkın tekerrür periyotlarında oluşması beklenen debiler.	68
Şekil 6.11. Seydisuyu Havzası içindeki ve çevresindeki meteoroloji istasyonları.	69
Şekil 6.12. Seydisuyu havzası yağış haritası.	71
Şekil 6.13. Seydisuyu havzası buharlaşma haritası.	71
Şekil 6.14. Seydisuyu havzası sıcaklık haritası.	72
Şekil 7.1. Seydisuyu havzasının net düşü haritası.	74
Şekil 7.2. Seydisuyu havzası üzerindeki mini HES potansiyeline sahip noktalar.	75
Şekil 7.3. Seçilen baraj yerinin konumu.	76

Şekil 7.4. Seçilen barajın karakteristik özellikleri.	77
Şekil 7.5. Seçilen barajın debi-süreklilik grafiği.	77
Şekil 7.6. Seçilen barajın güç-olasılık grafiği.	78
Şekil 7.7. Seçilen barajın enerji üretimi grafiği.	78
Şekil 7.8. Seçilen barajın enerji geliri grafiği.	79
Şekil 7.9. Planlanan barajın zamana göre enerji yatırım maliyeti.	79



1. GİRİŞ

Enerji, ekonomik ve sosyal gelişimin en önemli gereksinimidir. Özellikle elektrik enerjisi yaşam standartlarının yükseltilmesinde önemli bir rol alır. Günümüzde enerjisiz bir yaşamı düşünmek mümkün değildir. Artan nüfus oranı, kentleşme, büyüyen sanayileşme, küreselleşme, ilerleyen teknoloji ve yükselen enerji ihtiyacı tüm ülkelerde ve ülkemizde farklı kaynaklar üzerinde araştırmalar yapılmasını ve enerji alternatiflerinin üretilmesini gerekli hale getirmiştir. Elektrik enerjisi diğer enerji türlerine dönüştürülebilmesi, günlük yaşamda kolay kullanımı ile temel bir ihtiyaç haline gelmiştir (Yazar, 2010).

Yıllık enerji tüketiminde kişisel kullanım oranı ülkelerin gelişmişlik seviyesini gösteren önemli bir ölçüttür. Gelişmekte olan ve kişi başına tüketilen yıllık enerji miktarı ile dünya ortalamasının gerisinde olan ülkemizin son yıllarda enerjiye olan ihtiyacı git gide artmaktadır. Türkiye’de artan enerji ihtiyacı incelendiğinde gelecek yirmi yılda üretimin tüketimi karşılayamayacağı düşünülmektedir (Eroğlu, 2011).

Uluslararası Enerji Ajansı’nın (UEA) yaptığı incelemeler enerji politikalarının ve mevcut enerji tüketiminin bu hızla devam etmesiyle dünya birincil enerji talebinin 2010-2035 yıllarında %36 gibi bir oranla artacağına göstermektedir. Yaklaşık olarak yılda %1,2 düzeyinde artan enerji talebi 2010’daki 12,3 milyar ton petrol eşdeğeri (TEP) düzeyinden 2035 yılında dünya birincil enerji talebini 16,7 milyar tep düzeyine ulaştıracaktır. Fosil yakıtlar, 2010 ve 2035 yılları arasındaki birincil enerji talebini karşılamaya devam edecektir.

Ekonomideki küreselleşmenin sonucu olan enerji taleplerini karşılamak için enerjide araştırma, üretim, kaynak geliştirme çalışmaları uluslararası yatırım ve teknoloji transferleri ile dünya enerji ticaretinde büyümeyi gerçekleştirmiştir. Enerjiyi kesintisiz, güvenilir, ucuz, temiz, verimli kullanmak ve bunları diğer enerji kaynaklarından sağlayabilmek önemlidir. Enerji konusunda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tasarruf, çevre, arz güvenliği ve sürdürülebilir enerji gibi konular dışında özelleştirme ve yeniden yapılanma terimleri enerji sektörünün gündeminde yer almaktadır. Ülkelerin diplomatik tüm çalışmalarında enerjinin yeri önemlidir. Neredeyse ülkelerin bağımsızlığı enerjide dışa bağımlılığın oranına eşdeğerdir. Refah düzeyi ilerlemiş bir toplum ve güçlü

bir ülke olmak için ülkelerin politikalarında enerji olmazsa olmaz durumdadır. Ülkelerin aldığı kararlar girişimcileri desteklemeli ve uluslararası alanda rekabet gücünü arttırmalıdır (Yazar, 2010).

2001 yılında Türkiye’de enerji sektörü yeniden yapılanmaya başlamıştır. Rekabetçi ve şeffaf enerji piyasası için önemli adımlar atılmıştır. Türkiye'nin enerji politikası yenilenebilir kaynaklarından enerji üretimine ve tüketiminin her safhasında verimliliğin artırılmasına önem vermektedir. Ayrıca gündemimizde ki ‘enerji koridoru’ rolüne ve piyasa serbestleştirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Türkiye enerji alanında bölgemizde bulunan tüm uluslararası projelerde etkin bir rol almaktadır. Türkiye petrol ve doğalgazın kaynakları yetersiz ülkelere taşınmasını sağlayacak boru hattı projelerin de geçiş ülkesi konumunda bulunduğundan dolayı önemli görevler üstlenmiştir (Eroğlu, 2011).

1.1. Enerji Kaynakları

Enerji kavramı enerjinin elde edildiği kaynağa göre; fosil kaynaklı enerji, nükleer enerji ve yenilenebilir kaynaklı enerji olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Kömür, petrol ve doğalgaz, fosil enerji kaynaklarıdır. Hidrolik, rüzgâr, güneş, biokütle, dalga ve gel-git enerjileri ise yenilenebilir enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır. Enerjinin diğer bir sınıflandırılma biçimi ise birincil ve ikincil (türetilmiş) enerjidir. Birincil enerji; kömür, petrol, doğalgaz, radyoaktif maddeler, rüzgâr, hayvansal ve bitkisel artıklar, güneş ve hidrolik enerji gibi doğada kendiliğinden var olan ve ihtiyaç halinde direkt kullanılabilen kaynaklardır. İkincil enerji ise elektrik, hava gazı ve buhar enerjisi vb. gibi birincil enerji kaynaklarından dolaylı olarak elde edilen enerji türleridir (Kavak, 2005).

Fosil kaynakların (kömür, doğalgaz vb.) kullanılması çevremizi, iklimsel döngümüzü ve canlıların yaşam kalitesini olumsuz yönde etkiler. Bu tür olumsuzlukları aşmak için yenilenebilir kaynakların kullanımına yönelik talepler artmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar “Doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki kısa süreçte aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” şeklinde tanımlanabilir (Aykal vd., 2009). 2011 senesinde Dünya’nın birincil enerji kaynağı kullanım miktarı 12 milyar TEP’tir. Tüketilen 12 milyar TEP’in yaklaşık 4 milyarı petrol, 3 milyarı doğal gaz, 3,18 milyarı

kömür, 622 milyonu nükleer ve 709 milyonu hidroelektrikle karşılanmıştır. Dünya enerji tüketiminin yıllık %1,6 oranında artarak süreceleceği düşünülmektedir (Mutlu, 2013).

Rüzgâr enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içinde en gelişmiş ve ticaret için en uygun enerji çeşittir (Albostan vd., 2009). 2012 yılı sonunda rüzgâr enerjisinin kurulu gücü 282.577 MW'a seviyesine yükselmiştir. Çin elektrik üretiminde rüzgârı en çok kullanan ülke konumundadır. Diğer gelişmiş ülkelerin konumları sırasıyla ABD, Almanya ve İspanya'dır (GWEC, 2013). Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynağı denildiğinde akla ilk hidroelektrik gelmektedir. Ülkemizin hidroelektrikte toplam potansiyeli 433 milyar kWh/yıl düzeyindedir (DSİ, 2013).

Doğalgaz 2011'de %32'lik kullanımla enerji tüketiminde lider durumdadır. 2011 yılı verilerine göre enerji tüketimimiz doğalgazdan sonra %29 ile kömür, %27 ile petrolden karşılanmıştır. Elektrik üretiminde doğalgazın oranı %45'e kadar çıkmıştır ancak kullanılan doğalgazın yalnızca %2,4'ünü kendimiz karşılamaktayız. Kendi ürettiğimiz enerjideki artışın enerji ihtiyacımızdan az olmasından dolayı, 1990 yılındaki 30.936 MTEP olan enerji ithalatımız 2010 senesinde 87.409 MTEP'e yükselmiştir. 2011'de toplam enerji ihtiyacımızın yalnızca %27,6'sı kendi kaynaklarımız tarafından karşılanmıştır. Bu rakamlar birincil enerji talebimizin %8'ini göstermektedir (DEK-TMK, 2012). Yenilenebilir enerji kaynaklarından 2030-2050 yıllarına kadar fosil kaynakların yarısının karşılanması konusunda, tüm yetkili birimlerin desteği gerekmektedir (Atagündüz, 2001). 2005 yılından sonra artan elektrik enerjisi talebine olan ihtiyacın; hidrolik santraller, termik santraller, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden karşılanması mümkün gözükmemektedir. Bu sebepten ekonomik kalkınmayı sürdürebilmek için gelişmiş birçok ülkenin kullandığı nükleer enerji santrallerine önem vermek gerekmektedir (Koçak ve Altun, 2003). Yapılan çalışmalar, fosil kaynakların azalmaya başladığını ve giderek artan enerji ihtiyacına karşılık veremeyeceğini göstermektedir.

Enerji yoğunluğumuz AB ve OECD'nin enerji yoğunluğu değerleri ortalamasının oldukça üstündedir. Enerjide planlanan ve yürütülen çalışmaların sonucu ile 2020'de enerjideki üretim miktarımızın %15 oranında artması beklenmektedir (Mutlu, 2013). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının elektrik enerjisi üretimi için yaptığı çalışmalarda

2023 yılında yenilebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi oranını %30'a yükseltmeyi hedeflemektedir.

1.1.1. Fosil enerji kaynakları

Doğada var olan ve üretilmesi için başka bir kaynağa ihtiyaç duyulmadan direkt kullanılabilen kaynaklara, "Fosil Kaynaklar" denir. Genel tanımı; "Milyonlarca yıl önce yaşayan, ölmüş organizmaların yerkabuğunun altında farklı kimyasal tepkimelerden geçerek oluşturduğu kaynaklardır" (Acar, vd., 2007).

Günümüzde dünya birincil enerji tüketiminin %88'ini fosil kaynaklar oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalara göre, "Dünya enerji talebinde ki artışın 2020 yılına kadar %95'ini karşılamaya devam edecekleri öngörülmektedir". Fosil kaynaklar, tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Fosil kaynakların tükenme tehlikesi, özellikle birçok alanda kullandığımız petrol için endişe uyandırmış ve spekülasyon hareketlere neden olmuştur. Dünyamızda ekonomik rezerv olarak, şu an ki tüketim hızıyla yaklaşık 200 yıl yetecek kadar fosil kaynağın olduğu düşünülmektedir (Altın, 2002).

Teknolojik gelişimin artmasıyla beraber artan enerji ihtiyacının karşılanması için fosil yakıtlara duyulan talep artmıştır. Dünyada ve ülkemizde olduğu gibi temel enerji kaynağı olarak kullanılan petrol ve doğalgazın günümüzde stratejik önemi oldukça arttırmıştır. Petrol ve doğalgaz endüstrinin vazgeçilmez gücü haline gelmiştir. 2007'de dünya enerji talebinin %35,6'sını petrol, %23,8'ini doğalgaz karşılamıştır. Dünya'daki elektriğin %40 kömür kullanılarak sağlanmaktadır (Güneş, 2009).

1.1.1.1. Kömür

Kömür yanabilen sedimanter organik bir kayadır. Yapısında yüksek oranda karbon, az miktarda hidrojen, oksijen, kükürt ve azot bulunur. Kömür, kalori miktarına göre ikiye ayrılmaktadır. Bunlar; taş kömürü (bitümlü kömürler ve antrasit) ve düşük kalorili kömürler (alt bitümlü kömürler ve linyit)'dir. Linyit, ısı değeri düşük olduğundan genellikle termik santrallerde kullanılır. Taş kömürü ise yüksek kalorili kömürler grubu içerisinde yer almaktadır. Hayatımızda önemli yeri bulunan kömür; elektrik üretiminde, demir çelik fabrikalarında, çimento üretiminde ve doğalgazın ulaşmadığı konutlarda ısınma amaçlı kullanılmaktadır (TKİ, 2011).

1.1.1.2. Petrol

Petrol; koyu renkli, yeraltı yataklarından çıkarılan, kendisine has kokusu olan, yanıcı doğal mineral yağdır. Metan, etan, propan, bütan gibi hidrokarbonların karışmasıyla oluşmuştur. Kendine has kimyasal bileşimi yoktur. Bileşiminde bulunan hidrokarbonlara göre farklı petrol tipleri meydana gelir. Ancak, işlenmemiş petrolün kullanım alanı oldukça kısıtlıdır. Petrol ilk olarak 1859 yılında bulunmuş ve üretime geçilmiştir. İlk petrol kuyusu 1859 yılında batı Pennsylvania’ da bulunmuştur. Böylelikle petrol sanayi üretiminin temel ögesi haline gelmiştir. Türkiye’deki petrol arama ve değerlendirme çalışmalarının verimli olmadığı bilinmektedir. Bu durumun birçok nedeni vardır. Petrol aramanın yüksek maliyeti bunlardan sadece biridir (MÜSİAD, 2006).

1.1.1.3. Doğalgaz

Doğalgaz; milyarlarca yıl önce yaşamış canlıların ölmesiyle, kalıntılarının zamanla yerkabuğunun derinliklerinde çeşitli kimyasal bileşimlere maruz kalması sonucu oluşmuştur. Doğalgaz diğer fosil yakıtlara göre havayı fazla kirletmeyen ve doğaya daha az zarar veren bir enerji kaynağıdır (Yatar, 2007). Doğalgazın taşınması, çıktığı yeraltı kaynağından kullanım alanına kadar döşenen basınçlı borular aracılığıyla sağlanır. 1990 yılından itibaren Türkiye’de doğalgaz kullanımı hem konut ve işyerini ısıtma amaçlı hem de elektrik üretmek için sürekli artmış ve yaygınlaşmıştır. Konut ve işyerlerinde ısıtma amaçlı kullanımının artış sebebi, doğalgazın kömüre göre daha temiz, kokusuz ve çevreye daha az zararlı olmasıdır. Elektrik üretimi için kullanımının artış nedeni ise doğalgaz çevrim santralleri yapımının termik santral yapımına göre daha kolay ve düşük maliyetli olması ayrıca salınım yaptığı sera gazlarının diğer kömür kaynaklı termik santrallerden daha az olmasıdır. 2001 yılında Türkiye’de 6 ilde doğalgaz kullanımı varken 2010 yılı sonunda 63 il doğalgaz kullanabilir hale gelmiştir ve günümüzde doğalgaz kullanımı daha da artmıştır (Mahmutoğlu, 2013). Kullandığımız doğalgaz yandığı zaman havayı kirleten kükürt oksit ve karbon tanecikleri gibi atık maddeler ortaya çıkarmaz. Dünyada kullanımı hızla yaygınlaşan doğalgaz, yüksek ısı değeri ve doğayı koruma açısından önemli bir tercih konumundadır (Akyıldız, 2010).

1.1.2. Nükleer enerji

Nükleer enerji genel ifadeyle şu şekilde tanımlanır. Ağır atom çekirdeklerinin parçalanması (fisyon) veya hafif atom çekirdeklerinin birleşmesi (füzyon) sırasında, kütleinin bir kısmının ısı enerjisine dönüşmesi sonucu elde edilen enerjiye nükleer enerji denilir.

Fisyon işlemi, çok iri bir çekirdeğin daha küçük parçalar halinde parçalanması demektir. Oluşan parçalarda atom çekirdekleridir ve birçoğu ilk çekirdekte ki halinden daha kararlıdır. Birbirine benzeyen çekirdekler değişik tip parçalar üreterek parçalanabilir. Birçok parçalanma sonucu belli sayıda nötron elde edilir. Oluşan nötronlar bir atom yapısına girerek yeni fisyon gerçekleşebilir. Parçalanma olayı zincirleme reaksiyonlar biçiminde kontrol edilebilir düzeyde (nükleer santraller ve atom pilleri) birbirini izleyebilirler. Bazı durumlarda ise kontrol dışında oluşarak patlama etkisi yaratabilir (atom bombası denen nükleer silahlar).

Füzyon (birleşme), çok hafif iki atom çekirdeğini birleştirerek ağır bir çekirdek oluşturmak ve ortaya çıkan bağ enerjisini kullanmaktır. Elde edilen ağır atom çekirdeği baştaki hafif çekirdeklerden daha kararlı bir yapıdadır. Nükleer kaynaşma ile çok büyük bir enerji elde edilebilir ancak bu enerjiyi açığa çıkarmak oldukça güçtür. Atom çekirdekleri pozitif yük taşır ve birleştirmeye çalıştığımızda büyük bir kuvvetle birbirlerini iterler. Bu durumda nükleer kaynaşmayı sağlamak için itme kuvvetini yenecek daha güçlü bir enerji vermek gerekir. Bu enerjinin büyüklüğü çekirdeklerin çarpışmasını sağlayacak miktarda olması gerekir. Çarpışmayı sağlayacak enerji 20–30 milyon derecelik bir sıcaklığa eşdeğerdir. Kaynaşma reaksiyonuna girecek maddeyi taşıyacak hiçbir katı bu sıcaklığa dayanım gösteremez. Kaynaşma patlayıcı madde olarak elde edilebilir. Bunu gerçekleştirmek için bir atom bombasını patlatarak hafif atomlara gereken ısı verilebilir. Aslında bu işlem hidrojen bombasının tanımıdır. Kontrollü kaynaşma ise büyük uğraşlara rağmen henüz elde edilememiştir (Üçüncü, 2016).

1.1.2.1. Türkiye’de nükleer enerji

Nükleer enerjinin ülkemizde kullanılmaya başlanması, sanayideki üretim kalitesinin yükselmesini ve yüksek teknolojinin endüstriyel sahaların içerisinde

bulunmasında önemli bir rol oynar. Sonuç olarak ülkemizin endüstrideki gelişimi büyük bir adım atmış olacaktır. Rus sermayeli Akkuyu NGS A.Ş. tarafından kurulacak olan Akkuyu nükleer santralinden (4800 MW) üretilen elektrik yurt içinde satılacaktır. Japonya ile Sinop'ta kurulması planlanan 4480 MW kapasiteli ikinci nükleer santral için anlaşma imzalanmıştır. 5000 MW'lık üçüncü nükleer santralimiz için planlama çalışmalarına başlanılmıştır.

Akkuyu Nükleer Santrali: Mersin ilinin Gülnar ilçesinde bulunan Büyükeceli Kasabasının Akkuyu mevkiinde kurulması planlanan nükleer enerji santralinin her biri 1200 MW güçte 4 reaktör olacak şekilde planlanmıştır. 2019 yılında ilk reaktörün faaliyete geçmesi, diğerlerinin ise birer yıl arayla kullanıma alınması ve 2022 yılında ise santralin tam kapasite enerji üretimine başlaması hedeflenmiştir. Ülkemizde her yıl %5 kadar elektrik tüketimi artmaktadır. Akkuyu NES'nin tam kapasite çalışacağı 2022 yılında Türkiye'nin tüm elektrik enerji ihtiyacının %9,2'sinin bu santral tarafından karşılayacağı belirlenmiştir (Üçüncü, 2016).

1.1.3. Yenilenebilir enerji kaynakları

Doğadaki kaynaklardan elde edilen, doğa tarafından daimî takviye edilen ancak tam hakkıyla kullanılamayan enerji kaynaklarını “yenilenebilir” kaynaklar şeklinde ifade edebilmek için;

- Enerji kaynağının devamlılığı olmalı,
- Tüketilen enerji, kaynaktan üretilen enerjiye eşit olmalı,
- Enerjinin kaynağını doğadan ve yer kürenin hareketlerinden almalıdır (Onbaşoğlu, 2005).

Yenilenebilir enerji kaynakları enerjisini güneşten almaktadır, güneşin enerjisi azalmadığından bu kaynaklar sürekli olarak yenilenmektedir. Teknolojik gelişmeler sonucunda belirli bir değeri olan ve son zamanlarda kullanılan yeni, tükenmeyen, eksilmeyen kaynaklar da “yenilenebilir enerji kaynakları” olarak adlandırılır (Enis, 2005). Yenilenebilir enerjiyi, doğal yaşamda sürekli ve tekrarlı olarak oluşan veya kullanıldıkça aynı miktarda devir daim yapan enerji olarak ifade edilebilir.

Ülkemizde 2005’de çıkartılan “5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına ilişkin Kanun” da yenilenebilir enerjiye

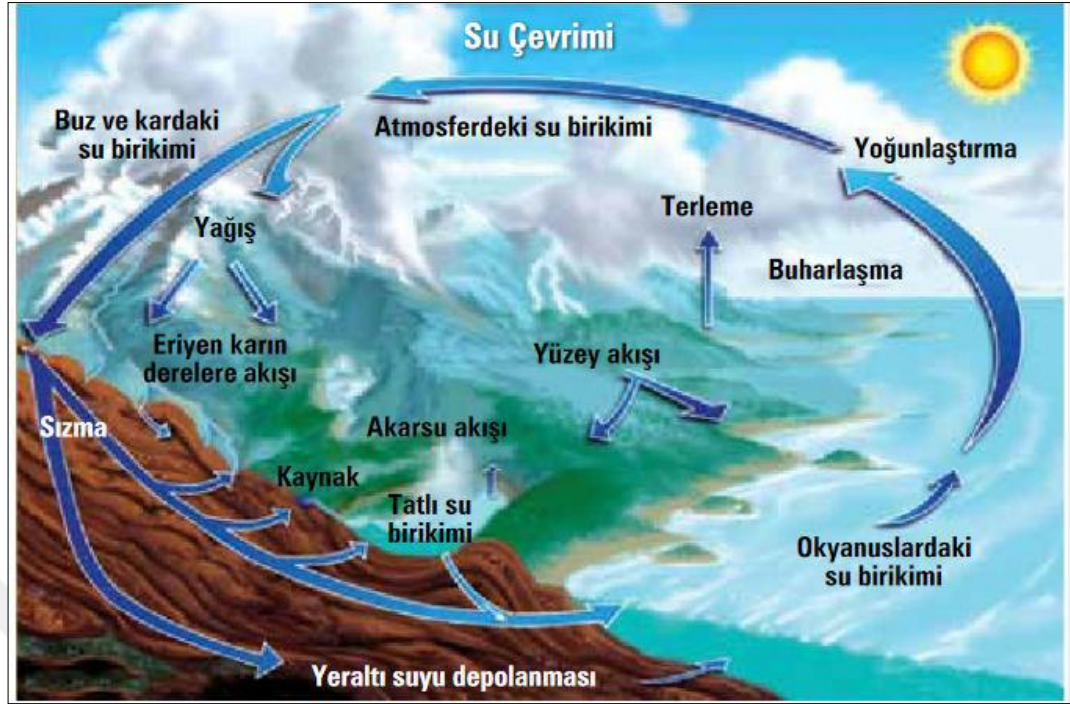
yönelik resmi tanımlamanın kullanıldığı görülmektedir. Bu kanuna göre hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı ve gelgit enerjisi yenilenebilir kaynaklardır (Koçak, 2011).

Ülkemizdeki yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminde hidroelektrik ve biokütlenin payı fazladır. Rüzgâr ve güneş enerjisinin enerji üretiminde daha fazla kullanılması beklenmektedir (Güneş, 2009). Dünyada enerji üretimi için temiz enerjiye yatırım artmaktadır. Örneğin Almanya sahip olduğu nükleer santralleri kapatma kararı almıştır ve temiz enerjiye yatırım yapmaya yönelmiştir (Şentürk, 2009).

Ülkemiz enerji politikasını, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın açıklamalarına göre, kısıtlı olan doğal kaynakları verimli şekilde değerlendirmek olarak belirlemiştir. Enerji üretimi sırasında oluşacak olumsuz etkileri minimum seviyeye indirmek, gelişen teknoloji ile enerji çeşitliliğini arttırmayı hedeflemiştir. Ülkenin kalkınması ve refahı için alternatif kaynaklarını kullanıma sunarak daha temiz, daha güvenli, daha ucuz ve ticareti yapılabilir enerji üretimini amaçlamıştır (Sarıbaş, 2015).

1.1.3.1. Hidroelektrik enerji

Bütün enerji kaynakları güneşin, yer çekiminin ve doğa kanunlarının maddeler üzerindeki etkisinden türemektedir. Hidrolik enerjide güneşte ve yer çekiminden etkilenecek oluşan bir enerji kaynağıdır. Hidrolojik çevrim Şekil 1.1'de verilmiştir. Güneş enerjisi ile deniz, göl vb. su alanlarındaki sular buharlaşmakta, ortaya çıkan su buharı rüzgârın etkisiyle de sürüklenerek yüksek yerlerde kar halinde daha alçak seviyelerde yağmur şeklinde yağarak su kaynaklarını beslemektedir. Doğada yaşanan bu döngü sayesinde hidrolik enerji kendini yenileyen bir çevrimdir. Durağan suya hareket kazandırılarak potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesi sonucu enerji üretilir (Eroğlu, 2011).



Şekil 1.1. Hidrolojik çevirim (Evans ve Porlman, 2009).

Hidroelektrik sistemlerde enerji üretmek için su; cebri boru veya kanal vasıtasıyla yüksek bir kottan türbinlere iletilir ve burada mekanik enerjiye dönüştürülür. Oluşan mekanik enerji jeneratörlerin dönmesi ile de elektrik enerjisini üretmeye başlar (Akdoğan, 2006).

1.1.3.2. Rüzgâr enerjisi

Güneşten gelen ışınların dünyamızı ısıtması sonucu bölgelere göre farklı hava sıcaklığı, nem ve basınç değerleri oluşur. Farklı basınç değerleri havanın hareketine sebep olur ve bu sayede rüzgâr oluşur. Güneşten dünyamıza gelen enerjinin %2'si rüzgâr enerjisi olarak doğada yer alır. Ülkemizde rüzgâr enerjisi santrali kurulabilmesi için yerden 50 metre yükseklikte ve saatte 7,5 metre'den daha çok rüzgâr hızı olan bölgelerde santral kullanılabilir. Bu bölgelerde kilometrekare başına 5 MW gücünde santral yapılabileceği kabul edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli 48000 MW olarak belirlenmiştir (Dikici, 2012). Kullanılan elektrik şebekesi dikkate alındığında bu şebekeye entegre olabilecek potansiyel 10.000 MW'tır. Ancak elektrik şebekesi alt yapısında yenileme çalışmaları yapılmasıyla orta vadede kullanılacak rüzgâr enerjisi potansiyeli 20.000 MW düzeyine çıkabilir (DEKTMK, 2010). Türkiye yüz ölçümünün %1,3'ü bu potansiyeli karşılamaktadır. Türkiye'de lisans almış (4.465,10

MW) 126 projeden, 1.478,05 MW gücündeki 41 proje şebekeye dahil edilerek işletmeye alınmıştır (Dikici, 2012). Türkiye’de ki rüzgâr enerjisi santralleri Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



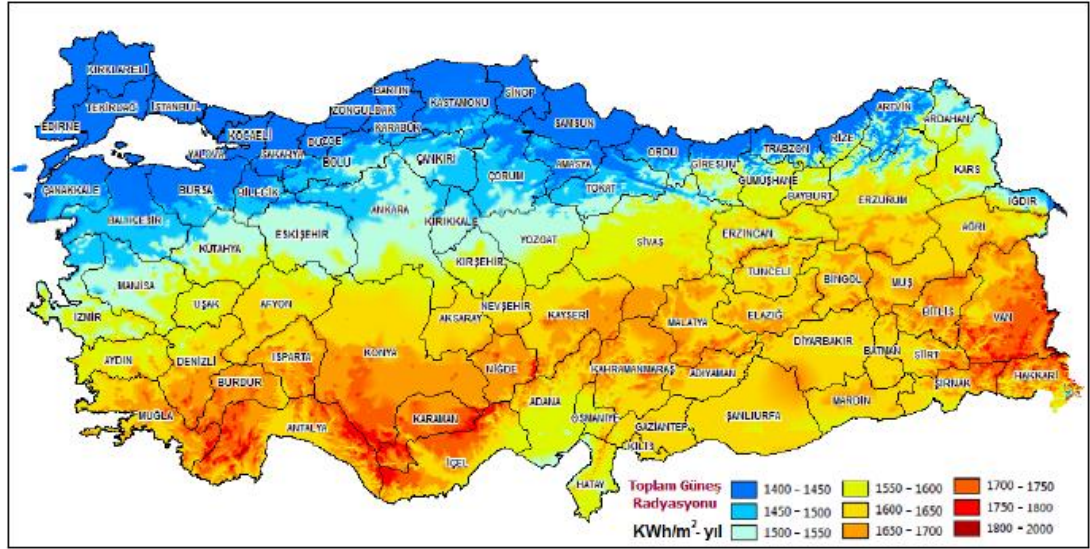
Şekil 1.2. Türkiye’de ki rüzgâr enerjisi santralleri (TUREB, 2014).

Dünya’da 1996 yılından itibaren rüzgâr enerjisinde ki toplam kurulu güç artmaktadır. Ayrıca küresel rüzgâr enerjisi pazarında %31’lik büyüme görülmüştür (DEKTMK, 2010).

1.1.3.3. Güneş enerjisi

Güneş enerjisi, güneşteki hidrojen gazının çevrilip helyum gazı olması sonucu füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir (YEGM, 2012). Güneş ışıınımını gelişen teknolojilerin kullanılmasıyla verimli ve temiz enerjiye dönüştürülebilmektedir. Güneş kolektörleri ile konutlarda sıcak su üretilmektedir. Kolektörler parabolik aynalar şeklinde üretildiğinde yüksek sıcaklıklara ulaşarak elektrik enerjisi de üretilebilmektedir (Şen, 2002). Fotovoltaik hücreler adı verilen yarı iletken malzemeler güneş ışıınımını direkt olarak elektrik enerjisine çevirirler. Güneş’ten dünyamıza ulaşan enerji miktarı, Dünya’da 1 senede tüketilen enerjinin 20 bin katıdır (YEGM, 2012).

Ülkemiz güneş enerjisi bakımından verimli bir potansiyele sahiptir ve ortalama olarak yılda birim metrekareden 1.311 kWh enerji üretilebilir. Türkiye’nin toplam güneşli saati 2.640 saattir ayrıca mevcut potansiyeli yılda 380 milyar kWh olarak hesaplanmıştır (Eroğlu, 2011). Şekil 1.3’de Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası verilmiştir.



Şekil 1.3. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (YEGM, 2012).

UEA'ya göre güneş pili (PV) ve güneş termal yoğun toplaç (CSP) teknolojileri sayesinde üretilecek elektrik 2050 yılına kadar toplam üretiminin %20-%25'ini karşılayacaktır. PV ve CSP ile üretilecek 9 000 TWh enerji 2050'de yılda 6 milyar ton CO₂ emisyonun azaltılmasına ve enerji güvenliğinin sağlanmasına önemli katkı sağlayacaktır (Dikici, 2012).

1.1.3.4. Jeotermal enerji

Jeotermal kaynak; dünyanın çeşitli katmanlarında birikmiş ısı tarafından oluşan, 20°C'den fazla sıcaklığa sahip, yeraltı ve yerüstü sularına göre bünyesinde daha fazla mineral vb. ürün bulunduran sıcak su ve buhar olarak ifade edilir. Jeotermal enerji ise bunlardan dolaylı veya doğrudan her türlü faydalanmayı içermektedir. Jeotermal enerji 20–70°C, 70–150°C ve 150°C'den yüksek sıcaklık değerlerine sahip 3 gruba ayrılır. Bunlar; düşük, orta ve yüksek entalpili jeotermal enerjidir. Düşük ve orta entalpili alanlar ısıtma amaçlı kullanılır. Yüksek sıcaklıklı sahalarda elektrik üretilmektedir (DPT, 2001).

Bütün dünyada, jeotermal enerjinin kullanımı, elektrik üretimi için yaklaşık 49 TWh/yıl ve doğrudan kullanım için 76 TWh/yıl olarak belirlenmiştir. Jeotermal enerjinin günümüzdeki kullanımı, kanıtlanmış jeotermal potansiyelin çok küçük bir bölümünü teşkil etmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimini, dünyada bütün kıtalara yayılmış 21 ülke gerçekleştirmektedir. Elektrik üretiminde % 44'lük kurulu güç ile Asya ve Okyanusya bölgesi söz sahibidir. Ancak, bu bölge en büyük kurulu güce sahip olmasına

karşın, üretim bakımından Kuzey Amerika'dan sonra gelmektedir. Jeotermal enerjinin kullanımı hususunda en etkin bölge kurulu güç bakımından %47, üretim bakımından %54 pay ile Avrupa ve Rusya'dır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Bölgelere göre kurulu jeotermal kapasite (Fridleifsson, 2001).

Bölge	Elektrik Üretimi				Doğrudan Kullanım			
	Kurulu Güç		Üretim		Kurulu Güç		Üretim	
	MWe	%	GWh/yıl	%	MWt	%	GWh/yıl	%
Kuzey Amerika	2983.00	37.41	21151.00	42.94	8443	29.87	9922	13.07
Orta ve G. Amerika	406.90	5.10	2190.90	4.45	545	1.93	2197	2.89
Avrupa ve Rusya	1018.6	12.77	5864.33	11.90	13377	47.32	41160	54.20
Orta Doğu	-	-	-	-	266	0.94	1264	1.64
Afrika	53.52	0.67	396.52	0.80	47	0.17	94	0.12
Asya ve Okyanusya	3512.04	44.04	19658.70	39.91	5447	19.27	20656	27.20
Dünya	7974.06	100.0	49261.45	100.0	28268	100.0	75943	100.0

Jeotermalden elektrik üretimi için kurulu güç artış oranı, II. Dünya Savaşı sonunda 1940 yılından 1960 yılına kadar yavaş bir seviyede yıllık %5,59 artış göstermiştir. 1960'dan 1970 yılına kadar oran yine yavaş seviyede yıllık %5,8 artmış, daha sonra, çarpıcı bir şekilde 1970 yılından 1980 yılına kadar yıllık %12 ve 1980 yılından 1990 yılına kadar yıllık %10,7 yükselmiştir. 1990 yılından sonra, oran, ucuz fosil yakıtların elde edilebilirliğinden ve dünya ekonomisindeki, özellikle Güney Doğu Asya'daki düşüşten etkilendiğinden dolayı her yıl %3,17 artış gösterebilmiştir. Son otuz yıldaki artış oranı ise yıllık ortalama %8,56 ve son yirmi yıldaki artış oranı da yıllık ortalama %6,87 olmuştur. Doğrudan kullanım için yıllık artış ise, 1970 yılından 1980'e kadar yaklaşık %9, 1980'den 1990 yılına kadar yaklaşık %15 (Japonya ve Çin'deki veri artışından etkilenmiş), 1990 yılından 2000 yılına kadar yaklaşık %6,5 gerçekleşmiştir. Toplamda son otuz yıldaki artış ortalama yıllık %10,3 olmuştur.

Türkiye son yıllarda jeotermal enerjiden doğrudan kullanımda listenin en üstlerine doğru hızlı bir şekilde yükselmiştir. 2009 yılına göre Türkiye'deki jeotermal kullanım kategorileri Çizelge 1.2'de verilmektedir (Karstarlı, 2011).

Çizelge 1.2. Türkiye’deki mevcut jeotermal kullanım alanları (Karstarlı, 2011).

Kategori	Kapasite
Merkezi Isıtma Sistemleri (şehir, konut, termal tesis, sera vb)	117000 konut eşdeğeri (983 MWt)
Kaplıca Kullanımı	215 kaplıca (402 MWt)
Toplam Doğrudan Kullanım	1385 MWt
Karbondiyoksit Üretimi	120000 ton/yıl
Elektrik Üretimi	* 20 MWe (Denizli – Kızıldere) (işletmede), * 48 MWe Germencik jeotermal elektrik santrali. * Aydın Salavatlı 167 °C ile yaklaşık 10 MWe Binary Cycle santrali işletilmektedir. * Kızıldere Jeotermal Santralinin atığı olan 140 °C ‘lik jeotermal sudan 6,85 MWe kapasiteli jeotermal santrali. * 7,5/22 MWe Çanakkale-Tuzla jeotermal santrali. * 10 MWe Simav Jeotermal Elektrik Üretim Santrali.

1.1.3.5. Biyokütle enerjisi

Biyolojik maddelerden örneğin; odun, hayvan ve insan dışkısı, tarımsal ürünler vb. ürünlerden çeşitli yollar vasıtasıyla elde edilen enerjiye biyokütle enerjisi denilir (Çubuk, vd. 2000). Eski zamanlardan bildiğimiz en güzel örneği hayvan gübresinin ısıtma amaçlı olarak kullanılmasıdır. Bilinen yakma işlemi ya da farklı teknik işlemler aracılığıyla biyolojik atıklardan sıvı, gaz ve katı yakıtlara dönüşüm sağlanarak elektrik ve ısı üretilir (Eriş, 2003). Temel bileşenleri karbon-hidrat içeren tüm bitkisel ve hayvansal ürünler "Biyokütle Enerji Kaynağı" olarak adlandırılır. Bu kaynakların kullanımı sonucu ortaya çıkan enerjiye "Biyokütle Enerjisi" denir (Koçak, 2011).

Biyokütle enerjisi iki gruba ayrılabilir. Birincisi; ormanlarımızdan yakacak olarak kestiğimiz odunlarımız ve hayvan atıklarından türetilen yakılacak ürünlerdir. İkincisi; orman ve ağaç sektörüne ait atıklar, tarım alanlarında ki bitkisel atıklar, kentsel ve tarıma endeksli endüstriyel atıkların kullanımı olarak sınıflandırma yapılabilir. Yeşil bitkilerin

fotosentez sırasında güneşten aldığı enerjiyi direkt olarak kimyasal enerjiye dönüştürüp depolanması sonucu bitkisel biyokütle elde edilir (Gürsoy, 2004).

Biyogaz; çeşitli bitkisel atıkların, hayvan dışkısının, organik değeri fazla atık suların sabit ısıya sahip hava geçirimsiz tanklarda anaerobik bakteriler kullanılarak parçalanması ile ortaya çıkan ısı değeri fazla yanıcı bir gazdır (Ünsal, 2004). Biyogazın içeriğinde bulunan metan oranına göre ısı değeri 4700-6000 kcal/m³ aralığındadır. Bundan dolayı ısınma ve aydınlatma gibi temel enerji ihtiyaçlarını karşılamada kullanılabilir (Gürsoy, 2004).

Biyokütle elektrik üretim sistemi termik santrallere benzeyen bir çalışma göstermektedir. Organik maddelerin yakılması ile meydana gelen ısı buharı türbinleri döndürerek jeneratörlerin elektrik üretmesini sağlar.

Biyodizel ve biyomotorin biyokütle kökenli yakıtlara örnek verilebilir. Biyomotorin, ticari alanda belirli bir kullanıcıya ulaşmış en popüler dizel motor yakıtıdır ve dizel araçlarda kusursuz performans vermektedir (Koçak, 2011).

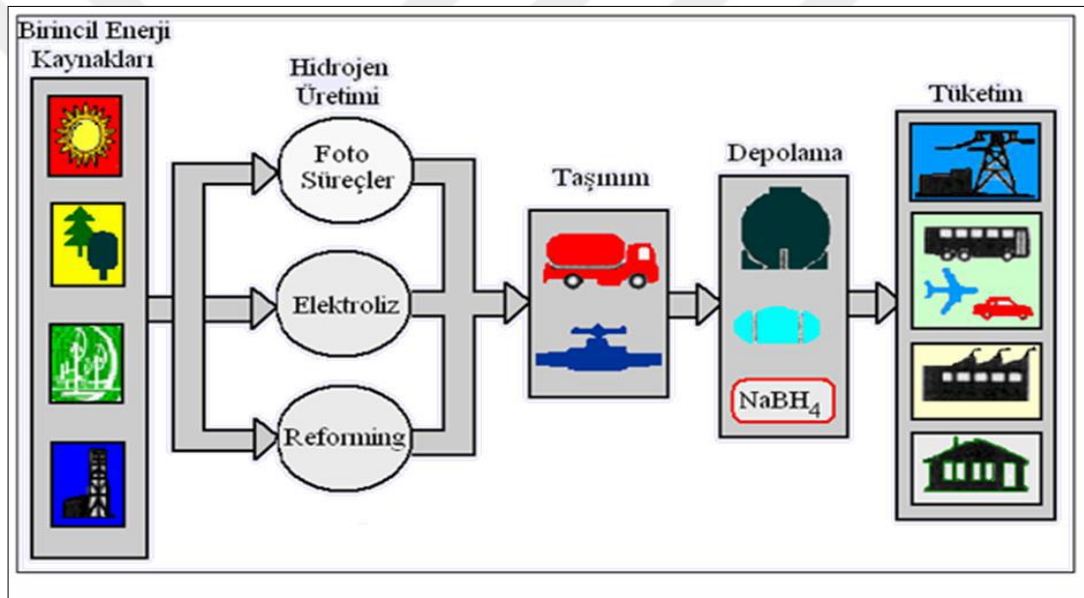
1.1.3.6. Hidrojen enerjisi

Hidrojen sudan üretilbildiği için ulaşılması çok kolay bir enerji türüdür. Gelişen teknoloji ile motorlu araçlarda yakıt olarak kullanılmaktadır. Hidrojenin çevreye zarar vermemesi ayrıca kullanmakta olduğumuz diğer yakıt türlerine göre olumlu yönlerinin çok olması hidrojen enerjisini değerli kılmaktadır.

Hidrojen oksijen ile hızlı bir şekilde tepkimeye girebilir. Bu durum hidrojenin reaktif olduğunu gösterir. Kullandığımız yakıt türleri sonucunda ortaya çıkan egzoz gazları çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum alternatif yakıt türlerinin araştırılmasının önemli olduğunu göstermektedir. Alternatif olarak gösterilebilecek kaynağın mevcut durumda kullanılan yakıtlardan elde edilen motor performansını vermesi beklenir. Bunun yanı sıra mevcut yakıtlar gibi elde edilebilirlik açısından eş değer durumda olmalıdır. Egzoz emisyonu değerleri çevreyi daha çok koruyucu seviyede olmalıdır. Günümüz şartlarına göre fosil yakıtların azalması ve çevre sorunlarının her geçen gün artmasından dolayı enerjinin ilk kaynağı olarak elektrik ve hidrojen öne çıkmaktadır. Bu yakıt türlerinin birbirlerine dönüşebilmesi diğer olumlu yönlerinden

sadece biridir. Hidrojen enerjisinin taşınması ve depolanması elektrik enerjisine göre daha kolaydır (Kılıç, 2008).

Hidrojenin elektroliz ile sudan elde edilebilmesi, benzine göre motordan daha fazla güç elde etme imkânı sağlaması ve çevreye olumlu etkileri önemli bir yakıt durumuna gelmesini sağlamaktadır. 1920’li yıllarda hidrojen araçlarda motor yakıtı amacıyla kullanılmıştır. Şu an yürütülen çalışmalar hidrojen kullanımının sınırlanması gerektiğini göstermektedir. Mevcut sistemlerde değişikliğe gidecek olması ve ekonomik maliyetler düşünüldüğünde bu sınırlama gündeme gelmiştir. Ancak çevresel şartlar bir an önce hidrojen yakıtının kullanılması gerektiğini göstermektedir (Eroğlu, 2011). Şekil 1.4’ de hidrojen üretimi görülmektedir.



Şekil 1.4. Tipik hidrojen enerji üretimi (Özgür, 2008).

1.1.3.7. Dalga enerjisi

Dalga enerjisinin temeli dolaylı da olsa güneş ışınım enerjisidir. Bilindiği üzere güneş ışınimleri rüzgâr oluşumuna neden olmaktadır. Okyanus ve deniz yüzeylerindeki rüzgârlar da dalgaları oluşturmaktadır. Su yüzeyine sürtünen rüzgârlar tamamen gelişigüzel olan inişli çıkışlı dalgaları oluşturmaktadır. Çevreye zarar vermeyen, yenilenebilir ve kaynak maliyeti olmayan bu enerji kaynağı, üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye için de önemli bir enerji kaynağıdır (Yıldız, 2006).

Rüzgâr ve ısı değişimleri su kütlelerinde dalga hareketleri oluşturur ve bu bitmeyen bir enerji kaynağını meydana getirir. Dalga enerjisi, dalgaların yarattığı itme

gücünden yararlanan sürekli yenilenen bir kaynaktır. Bu enerji türünün kullanımının birçok avantajı ve kolaylıkları vardır.

Bunlar bazıları şu şekilde sıralanabilir;

- İlk kurulum maliyetinden başka girdisi yoktur. Temiz ve ucuz enerji üretebilir.
- Denizlerde balık nüfusuna zarar vermemektedir. Ayrıca dalyan görevi gördüğü için canlılar için uygun yaşam şartları sağlamaktadır.
- Tarımsal alanlara zararı yoktur.
- Üretilen elektrik enerjisi, nüfus bakımından yoğun şehirlerde ısınma için kullanılabilir.
- Elektrik Santrallerinin üst kısımları sosyal ve ticari amaçlar için kullanılabilir.
- Santralin inşası için gerekli teknolojik altyapı ülkemizde vardır (Karstarlı, 2011).

1.1.3.8. Gelgit enerjisi

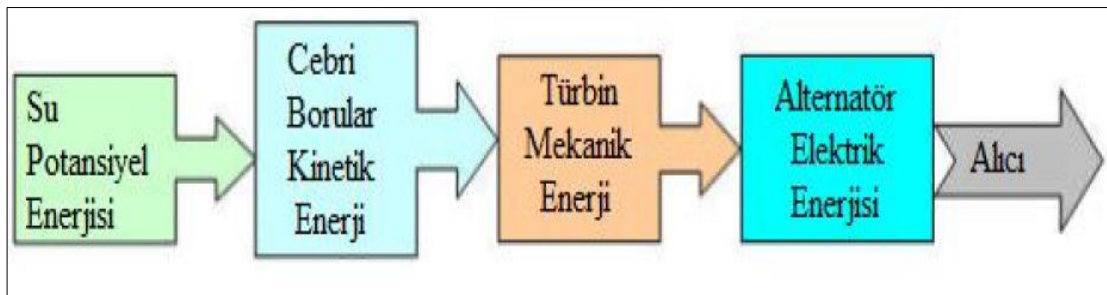
Gelgit enerjisi gelişmiş enerji teknolojilere göre yenidir. Bu nedenle, söz konusu enerji kaynağı şu anda ekonomik olarak rekabet edebilir değildir. Denizde ki gelgit olayı çok fazla enerji yoğunluğuna sahiptir. Bahsi geçen enerji yoğunluğu, yenilenebilir kaynaklar açısından en yüksek seviyededir.

Gelgit enerjisi su seviyesinde ki farklılardan (suyun yükselip alçalması) yararlanarak enerji üretmektedir. Gelgit enerjisinden üretim için yapılacak santrallerin tasarımında gelgit genliğinin yüksek olduğu alanlara (deniz girişi, ırmak ağzına) baraj yapılması planlanır. Planlanan bu barajın içinde inşa edilen tüneller vasıtasıyla suların yükselme anında tüneller su ile dolacak ve suların alçalma anında tüneller boşalacaktır. Tünellere yerleştirdiğimiz türbinler suların yükselme ve alçalma hareketleri sırasında dönecektir. Türbinlerde ki hareket jeneratörler vasıtasıyla elektrik üretimi sağlayacaktır. Gelgit miktarı fazla olan yerlerde suyun yükselme ve alçalma hareketlerinden kanatları her iki tarafa çalışan türbinler vasıtasıyla elektrik üretilir. Bu durumun dünyada ki en güzel örneği Fransa'da Rance ırmağının halicinde inşa edilmiş 750 m yüksekliğinde ve 240 MW gücündeki gelgit barajıdır. 1966'da yapılan barajda 24 pervane türbin bulunmaktadır (Sağlam ve Uyar, 2005).

2. HİDROELEKTİRİK ENERJİ

Enerji kaynakları güneşten gelen ışınların maddelerin yapısı üzerinde oluşturduğu değişimlerden oluşmaktadır (Dalkır ve Şeşen 2011). Hidroelektrik enerji; dünyamıza ulaşan güneş enerjisinin sağladığı döngü ile hidrolojik çevrim (Bkz. Şekil 1.1) diye adlandırdığımız sürekli yenilenen bir kaynaktır. Hidroelektrik enerji çevremizi koruyan su yapılarına sahiptir. Ayrıca bu yapılar sulama, taşkın kontrolü, enerji üretimi vb. amaçlarla kullanılır. Bu yüzden hidroelektrik enerji dünyada özel bir yere sahip enerji kaynağı türüdür (Öziş, vd., 2008). Okyanuslar, denizler, göller vb. su kaynakları alanlarında su güneşten gelen ısı enerjisi ile buharlaşmaktadır. Ortaya çıkan su buharı rüzgâr enerjisi ile sürüklenerek, yüksek yerlere yağmur veya kar yağışı şeklinde yeryüzüne ulaşır. Yeryüzüne ulaşan yağışlar doğrudan veya dolaylı olarak su kaynaklarını beslerler. Bu çevrim sonucu hidrolik enerji doğanın kendi düzeni içinde sürekli yenilenen en önemli enerji kaynaklarından bir tanesidir (Bozdemir, 2013).

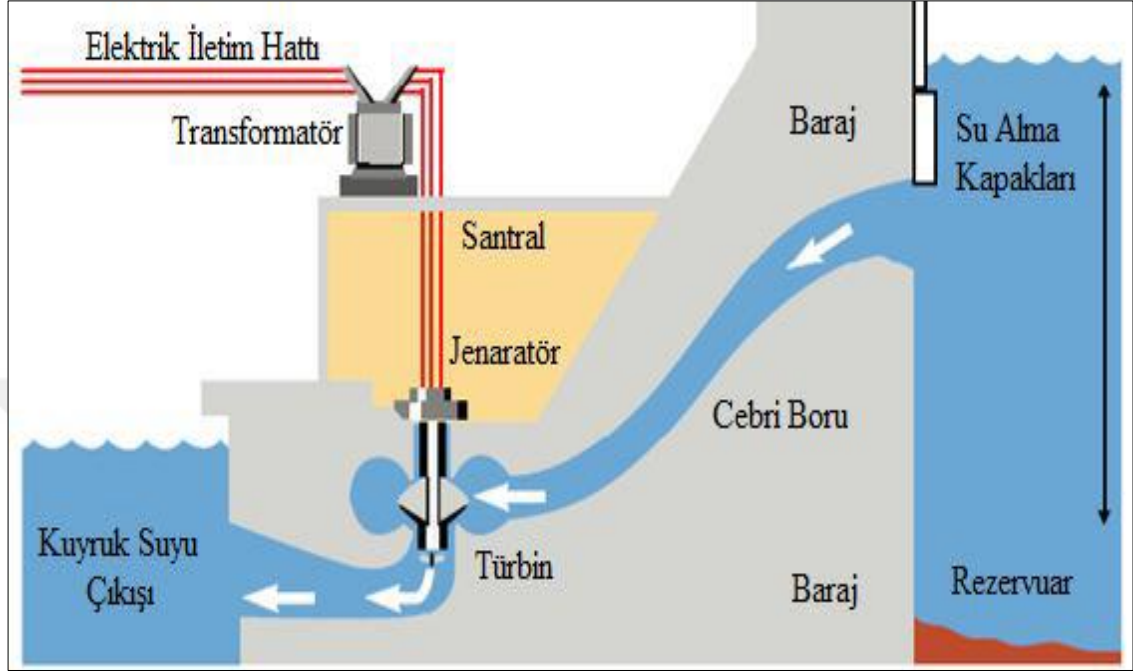
Hidroelektrik enerji durağan suyun hareketlenmesi ile yani suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye çevrilmesi sonucu ortaya çıkan enerji çeşididir. Bu enerji kaynağının çevreye olan olumsuz etkileri en asgari düzeydedir. Diğer enerji kaynaklarına göre daha çok tercih edilir ve ülkemizde bu kaynağın temel ihtiyacı olan su yeterince bulunmaktadır. Hidroelektrik tesislerin uzun ömürlü olması bakım masraflarının az olması su yapılarını ve hidroelektrik enerjiyi önemli bir kaynak haline getirmiştir (Bozdemir, 2013). Suda ki potansiyel enerjinin elektrik enerjine dönüşüm safhaları Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. HES enerji dönüşüm aşaması (Bozdemir, 2013).

Hidroelektrik santrallerde giriş yapısında ki enerji, suyun sahip olduğu potansiyel ve kinetik enerjisinin birleşimidir. Kaynaktan cebri boruya iletilen su mevcut potansiyel enerjisi ve türbine gelene kadar kazandığı hız ile oluşan kinetik enerji sayesinde türbin

çevrilir ve sonuç olarak elektrik enerjisi üretilmiş olunur. Hidroelektrik santrallerin basitçe şematik gösterimi Şekil 2.2 'te gösterilmiştir. Hidroelektrik santrallerin ana bölümleri aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 2.2. Hidroelektrik santrallerin genel yapısı (Şekkeli ve Keçecioğlu, 2011).

Izgaralar: Kanal ve nehir tipi Hidroelektrik santrallerin tahrik suları aracılığıyla tünel ve cebri borulara gelen yabancı maddeler tehlikelidir. Tünelden ve cebri borulardan geçtiği takdir de ayar kanatları ve çark kanatlarına büyük zararlar verilir. Bu zararların önüne geçmek için her türlü yabancı maddeyi arındırmak amacıyla suyun tünele girdiği yerlere ızgaralar yerleştirilir.

Su alma ağız yapısı: Suyun cebri boruya giriş yaptığı bölümdür. Izgaralar, kapak ve kapak açma-kapama sistemleri burada bulunur. Rezervuarı bulunan santrallerde su alma yapısı, yabancı maddelerin cebri boruya zarar vermemesi için baraj gövdesinin orta seviyelerine yapılır.

Enerji Tünelleri: Hidroelektrik santrallerde üç tip iletim tüneli kullanılır. Bunlar; basınçlı tüneller, basınçsız su yüzeyi açık olan tüneller ve cebri borulardır. Yüzeyi açık olan su iletim kanalları doğal afetlerden, dış etkenlerden çok zarar görür ve büyük su basınçlarına dayanıklı değildir. Bu sebepten dolayı yüksek su basınçlarında ve büyük debilerin iletilmesinde kanallar kullanmak yerine enerji tünelleri tercih edilir. Su iletim

tünelleri imalatı sırasında iç yüzeylerin pürüzsüz olmasına ve su sızdırmamasına önem verilmelidir.

Cebri Borular: Su alma yapısı ağız ile santral arasında bulunan, et kalınlığı ve çap ölçüleri suyun debisi ve düşüşüne göre ölçülendirilen çelik ya da CTP (Cam elyaf takviyeli plastik) borulardır. Santral yapısının jeolojik özelliklerine göre gömülü veya görünür olabilirler. İletim suyunu taşıyarak türbin çarkının çevrilmesini sağlar.

Salyangoz: Cebri borunun sonuna montajı yapılır. Salyangoza benzeyen basınçlı su haznesine denilir. İletim suyunun türbin çarklarına eşit debide girmesini sağlar. Salyangozda bulunan sabit kanatçıklar suyun yönünü belirler, hareketli kanatçıklar ise türbin çarkına iletilen suyun debisini ayarlar. Birçok hidroelektrik santralde cebri boru ile salyangoz bağlantı noktasında vanalar bulunur. Bu vanalar kelebek veya küre biçimde hidrolik basınç ile hareket ederler.

Türbin: Türbini yapısını oluşturan mekanizmalar türbin çarkı, türbin şaftı, türbin kapağı, türbin yatağıdır. İçerisinde hız düzenleyici sistemi, basınçlı yağ sistemi, soğutma sistemi ve kumanda panosu bulunur. Türbin akışkan enerjisini iş enerjisine dönüştürür.

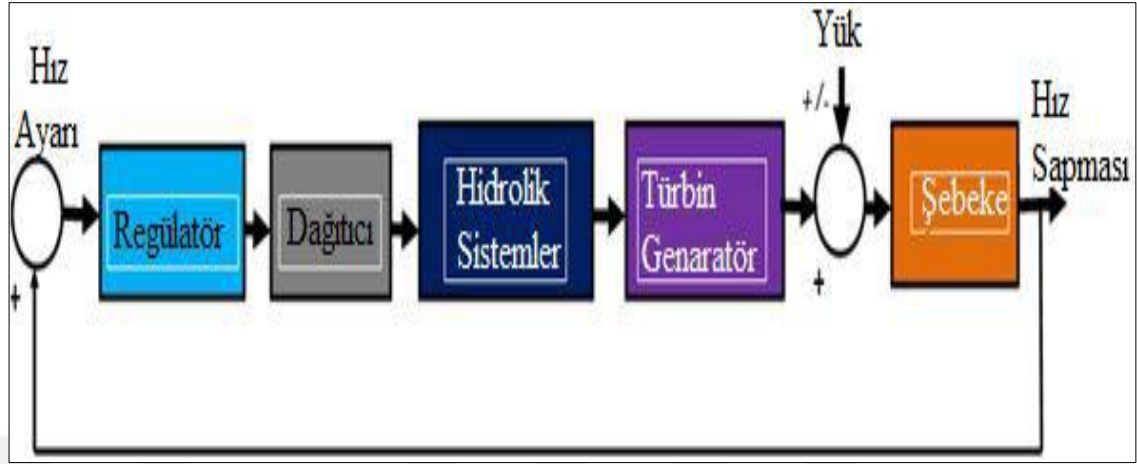
Alternatör: Alternatör yapısal olarak mekanik enerjiyi alternatif akıma dönüştürür. Bu enerji dönüşümünü manyetik alan sayesinde yapar. Bu hareketi yapan içten yanmalı motorların sağladığı yapılara alternatör denilir.

Senkron motor: Kendisine iletilen yükün değişken bir yapıda olmasına rağmen devir sayısının sabit kaldığı senkron hızda dönen motorlara denilir. Senkron motorlarda ki devir sayısını değiştirmek için frekans ve kutup sayıları değiştirilmelidir.

Transformatörler: Trafo ismi ile biline gelen gerilimi frekans seviyesi değiştirmeden arttırmak veya azaltmak için çalışan yapıdır. Transformatörler çoğunlukla enerji iletim ve dağıtım kanallarında kullanılır, tek veya üç fazlı yapıdadır. Bir üniteye tek transformatör kullanılabileceği gibi birden daha çok üniteye tek transformatörde kullanılabilir.

Şalt Sahası: Elektrik enerjisini dağıtmaya ve toplamaya yaran yapıdır. Transformatörlerden gelen yüksek gerilim enerjinin dağıtım ve iletim kanallarına bağlantı

sağlamasına yaran alt yapı elamanlarıdır. Bir hidroelektrik santrali oluşturan yapılar ve mekanizmalar Şekil 2.3'te gösterilmiştir (Bozdemir, 2013).



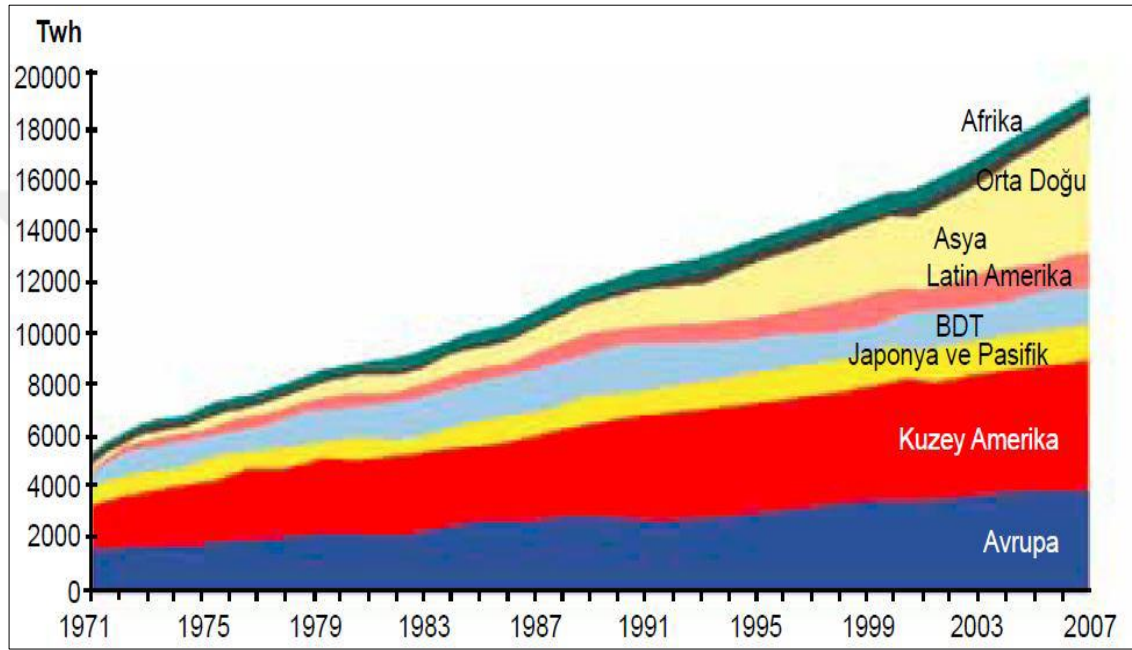
Şekil 2.3. Yapı ve bileşenleri ile HES blok diyagramı (Özbay ve Gençoğlu 2009).

2.1. Hidroelektiriğin Tarihçesi

İnsanoğlunun suyu daha verimli kullanmak için yaptığı araştırmaların kökleri 2000 yıllık bir geçmişi göstermektedir. İnsanlığın tarih boyunca gelişimi ve sürekli değişen ihtiyaç taleplerini karşılamak için yeni yöntemler geliştirilmiştir. M.Ö. 500 yıllarında ağaçtan yapılan ilk su değirmenleri mısır ve buğdayın öğütülmesinde kullanılmıştır. 19. yüzyıl başlarında gelişen sanayi ile elektrik enerjisine olan ihtiyaç artmaya başlamıştır. Bu ihtiyaç suyun elektrik enerjisi üretmek için kullanılması fikrini ortaya çıkarmıştır (Mercan, 2014). Günlük yaşantımıza elektrik enerjisi ilk olarak 1878 yılında dâhil olmuştur. Hidroelektrik santrali ilk olarak 1882 yılında İngiltere'nin başkenti Londra'da üretime başlamıştır, bu santral aynı zamanda ilk elektrik santrali unvanına sahiptir. Türkiye'de ilk elektrik üretim santrali Mersin Tarsus'ta inşa edilen ve 2 KW üretim değerine sahip su türbini bulunan santraldir (TEİAŞ, 2009). 20. yüzyılın başları hidroelektrik enerjiden elektrik üretiminin pik yaptığı zamanlarıdır. Bu revaçta geçen süreçler enerji üretiminde petrolün liderliği ele alana kadar sürmüştür. 20. yüzyılın başlarından itibaren Avrupa'da ve Amerika'da büyük barajlar ve büyük hidroelektrik santraller inşa edilmiştir. Bu süreçte gelişen tecrübeler sayesinde hidroelektrik enerji santrali parçalarının üretimi ve santralin inşası dünyada bir iş kolu oluşturmuştur (Mercan, 2014).

2.2. Dünya’da Hidroelektrik Enerji

Dünyada HES inşaatları hidroelektrik enerjinin çevreyi koruması ve var olan kaynaktan ucuz üretim sağlandığı için önemli hale gelmiştir. Hidroelektrik santraller %38 sulama amacıyla, %18 de enerji üretimi amacıyla inşa edilmiştir. 2010 yılında ki verilere göre Dünya’da çalışır halde bulunan enerji üretimi yapan 8200 büyük baraj vardır (DSİ, 2010). Dünya’daki hidroelektrik enerji üretim miktarı Şekil 2.4’te verilmiştir.



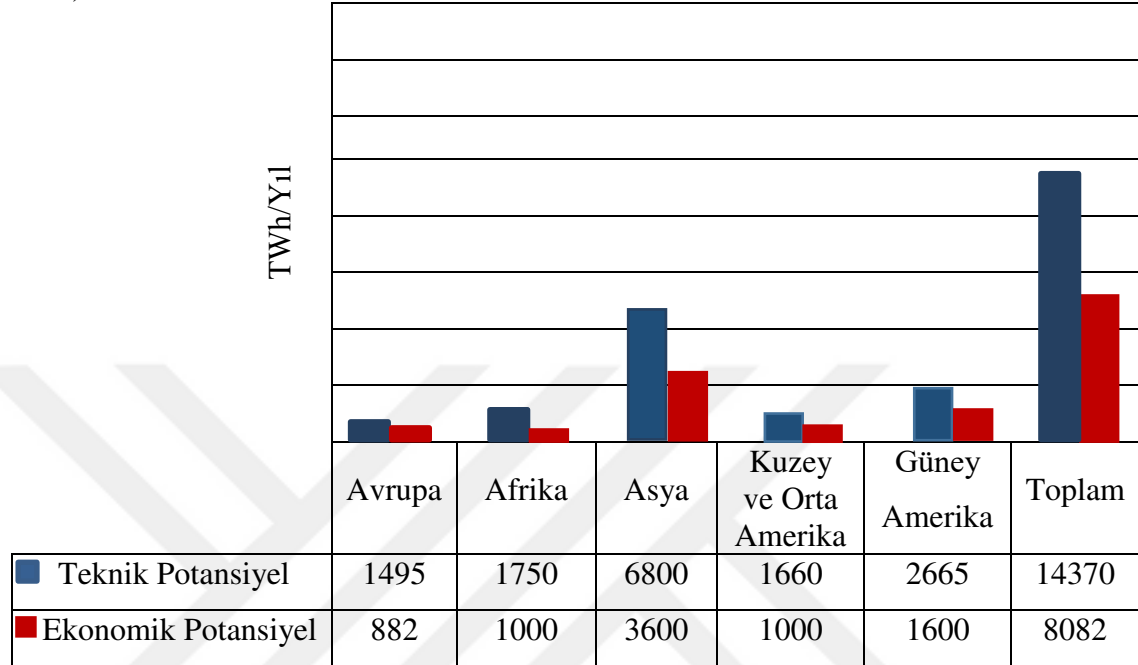
Şekil 2.4. Hidroelektrik enerji üretim seyri (Bayazıt, 2013).

Uluslararası Hidroenerji Birliği’nin (International Hydropower Association–IHA) açıkladığı bildiriye göre dünyadaki elektrik üretiminin %16’sı hidroenerjiden üretilmektedir. Hidroenerjide üretilen enerji yenilenebilir kaynaklar içerisinde %80 seviyelerine ulaşmaktadır. Kuzey Amerika elinde bulunan hidroenerji kaynaklarının %70’ini, Avrupa ise %75’ini kullanmaktadır. Hidroenerji üretiminde en büyük gelişme gösteren ülkeler Güney Amerika, Asya ve Afrika’dır (DSİ, 2010). Dünya’nın teknik hidroelektrik gücü detaylı hesaplar sonucu 14370 TWh/yıl olarak belirlenmiştir. Teknik hidroelektrik kapasitenin %56,2’lik kısmı olan 8082 TWh/yıl ekonomik hidroelektrik enerji potansiyelini teşkil etmektedir (Şekkeli ve Keçecioğlu, 2011).

Dünya’nın senelik teknik ve ekonomik olarak hidroelektrik enerji üretimi Çizelge 2.1’de sunulmuştur. Dünya’daki teknik kapasitenin en büyüğü Asya kıtasındadır ve

teknik kapasite bakımından Asya kıtasını sırasıyla Güney Amerika, Afrika, Kuzey Amerika, Avrupa ve Okyanusya kıtalarının takip etmektedir.

Çizelge 2.1. Dünya'nın teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli (Akalin, 2008).

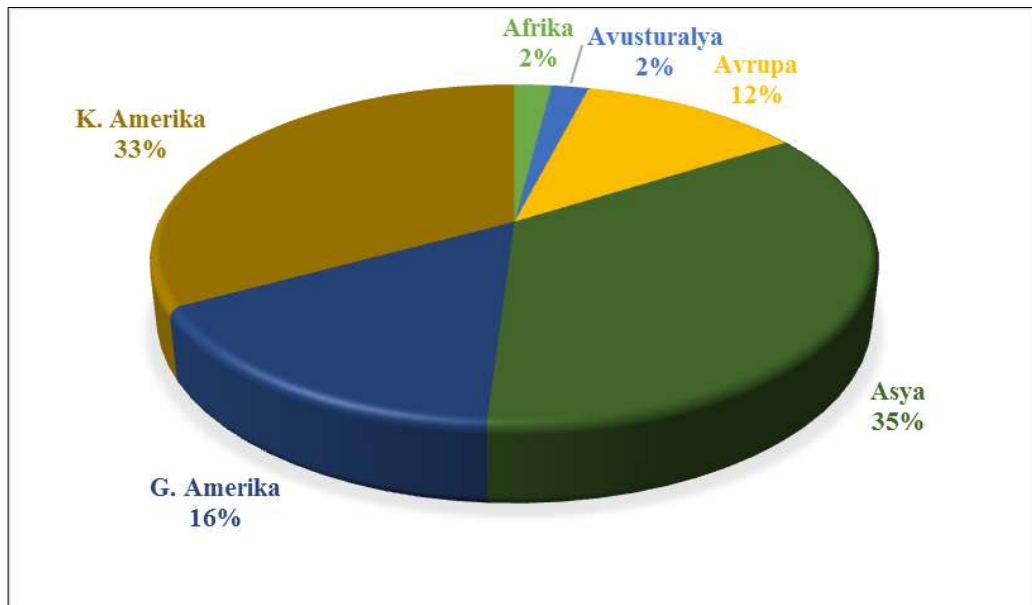


Dünyadaki var olan, inşa aşamasında ve projelendirilmiş hidroelektrik santrallerin kurulu güç durumları Çizelge 2.2’de gösterilmiştir. Dünyada toplam 11.000 tesis, 27000 türbin ve jeneratör sayesinde 150 ülkede hidroelektrik santrallerden enerji elde edilmektedir. Dünyada var olan hidroelektrik kurulu güç potansiyeli 759,6 GW, inşası devam eden santrallerin kurulu güç potansiyeli 121 GW, planlanmış proje aşamasındaki kurulu güç potansiyeli 450 GW’tır. Asya kıtası 268 GW güç ile hidrolik kurulu güç potansiyeli bakımından dünyada birinci sırada yer almaktadır (Şekkeli ve Keçecioğlu,2011).

Çizelge 2.2. Dünyada mevcut, yapım aşamasında ve planlanan hidroelektrik kurulu güç (Akalin, 2008).

	Asya	Avrupa	K. Amerika	G. Amerika	Avusturalya	Afrika	Toplam
Kurulu Güç (GW)	268	171	163,7	122	13,4	21,5	759,6
İnşa Halinde Bulunan(GW)	94	2,3	4,4	15,5	0,2	4,6	121
Planlanmış (GW)	269,1	12,6	18,45	64,35	0,45	85,05	450

Dünyada hidroelektrikten üretilen enerjinin kıtalar bazında dağılımı yüzde bakımından grafik olarak Şekil 2.5’de gösterilmiştir. 2020 sonuna kadar toplam enerji ihtiyacının %20’sini yenilenebilir enerjilerden karşılamayı hedefleyen Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde, hidroelektrik enerji üretiminin artması için gerekli yatırımların hızla yapıldığı bilinmektedir (Şekkeli ve Keçecioğlu,2011).



Şekil 2.5. Dünyada üretilen hidroelektrik enerjinin kıtalara göre dağılımı (Şekkeli ve Keçecioğlu, 2011).

Dünyadaki hidroelektrik enerji potansiyeli Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3.Dünya ülkelerindeki hidroelektrik enerji potansiyel gelişimi (Bozdemir, 2013).

Ülke	Mevcut Hidroelektrik Kurulu Güç(MW)	Elektrik Üretiminin Hidroelektrikten Karşılanma Oranı(%)
Norveç	27.569	99.4
Fransa	25.200	15
İspanya	20.076	20
İsveç	16.200	55
İtalya	15.267	18.49
İsviçre	13.240	57.9
Avusturya	11.700	70.4
Romanya	5.680	34.8
Ukrayna	4.732	6.7
Almanya	4.525	2.6
Portekiz	4.394	27
Yunanistan	3.080	9.6
Yugoslavya	2.910	35
Bosna Hersek	2.380	46
Finlandiya	2.340	21.5
Türkiye	12.494	25.21

Avrupa’nın mevcut hidroelektrik enerji potansiyeli 170 bin MW seviyelerindedir. Hidroelektrikten enerji üretim miktarı göz önüne alındığında ilk sırayı Norveç almaktadır. Norveç’i sırasıyla Avusturya, İsviçre, İsveç ve İspanya takip etmektedir. Norveç elektrik üretiminin %98,2’lik kısmını hidroelektrik santrallerden karşılamaktadır. Avusturya ise elektrik üretiminin %70,4’lük kısmını HES’lerden sağlamaktadır. Bunun yanı sıra Almanya gibi çok gelişmiş bir ülke elektrik üretiminin sadece %2,6’sını HES’lerden karşılaması ile dikkat çekmektedir. Ülkemizde ki durum ise %25 seviyelerindedir. Yeni enerji politikaları sonucu batı ülkeleri gelişen teknolojik donanımları ile mevcut HES’lerin kurulu güç kapasitelerini arttırmayı hedeflemiştir. Suyun temel kaynak olarak

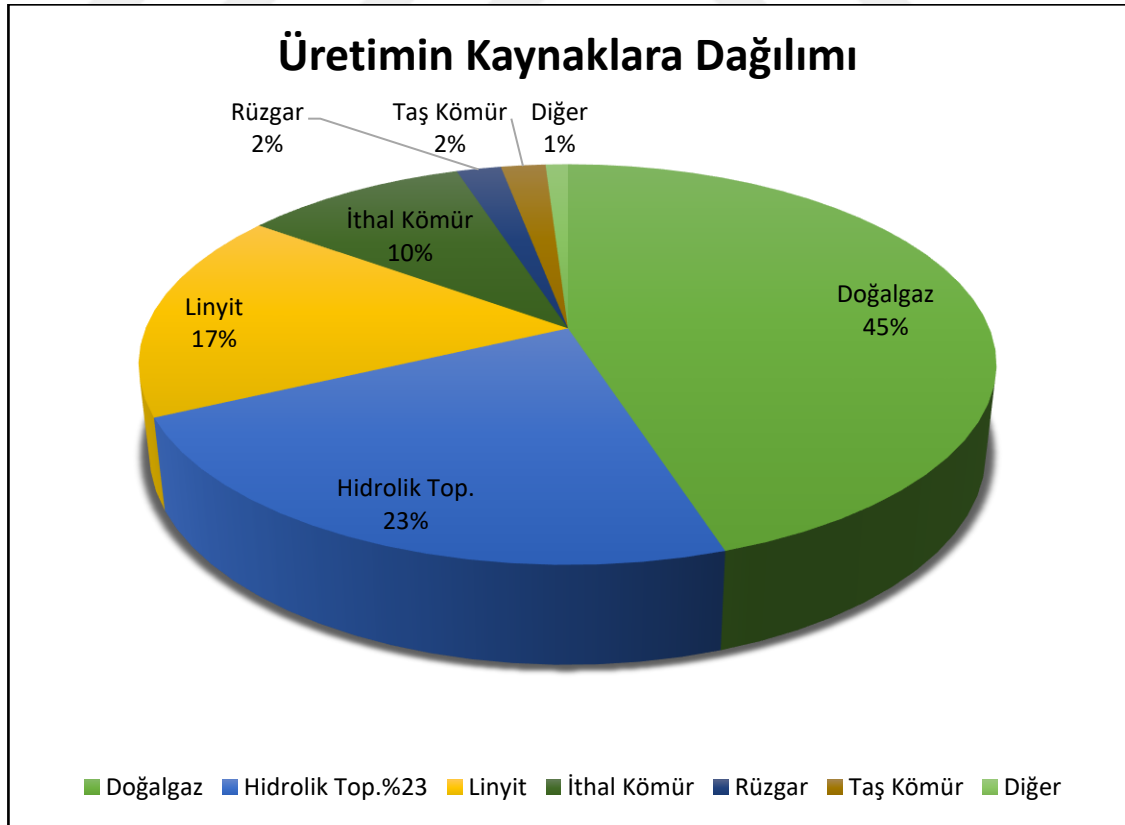
önem arz ettiği ülkelerde elektrik üretiminin hidroenerjiden sağlanan payı git gide yükselmektedir (Bozdemir, 2013).

2.3. Türkiye’de Hidroelektirik Enerji

Türkiye’de harcanan elektrik enerjisinin yaklaşık olarak yarısını endüstri sahalarında kullanılmaktadır. Ülkemiz elektrik enerjisi üretimi için kullanabileceği çok geniş hidroelektrik potansiyel ağına sahiptir. Ülkemizdeki bu kaynaklara rağmen Türkiye elektrik üretiminde dış kaynaklara bağımlı durumdadır. Bu dışa bağımlılığı ortadan kaldırmak için mevcut kaynaklarımızı kullanarak hidroelektrik enerji üretimini daha yüksek seviyelere çıkartacak yeni projelere gereksinim vardır.

2.3.1. Türkiye’deki enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı

Ülkemizde imal edilen elektrik enerjisinin yararlanılan kaynaklar bakımından dağılım grafiği Şekil 2.6’da gösterilmiştir. Doğalgaz elektrik üretiminde 2011 yılı verilerine bakıldığında %45 oranında kullanılmaktadır. Enerji üretiminde hidrolik %23, linyit %17 ve ithal kömür %10 seviyelerinde kullanılmaktadır (EPDK, 2011).



Şekil 2.6. Türkiye’deki elektrik enerjisi üretiminin dağılımı (EPDK, 2011).

2.3.2. Türkiye hidroelektrik enerji potansiyeli

Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemiz su kaynakları açısından oldukça zengindir. Bir yılda yaklaşık olarak 190 milyar m³ yüzeysel su denizlerimize akmaktadır. Denizlerimize ulaşan bu suyun yalnızca %35 kullanılabilir. Mevcut olan su kaynaklarımızı daha değerli kullanmamız gerektiğini bu rakamlar açık bir şekilde göstermektedir.

Hidroelektrik potansiyel denildiğinde “brüt potansiyel”, “teknik potansiyel” ve “ekonomik potansiyel” terimleri literatürde karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizin yüzeysel su miktarı ele alındığında, 2002 yılı veri değerlerine göre Türkiye’nin yıllık brüt hidroelektrik enerji potansiyeli 433 milyar KWh/yıl’dır. 2002 yılı teknik hidroelektrik enerji potansiyeli ise 216 milyar KWh/yıl’dır. Bir akarsu havzasından üretilebilecek maksimum hidroelektrik enerjinin miktarı “brüt su kuvveti potansiyeli” olarak ifade edilir. Brüt hidroelektrik potansiyeli düşü yüksekliği ve düşürülürken oluşan ortalama debinin potansiyeli oluşturmaktadır. Topografya ve hidrolojik veriler göz önüne alındığında ülkemizin brüt hidroelektrik potansiyeli yaklaşık olarak 435 milyar kWh büyüklüğündedir. Türkiye’de bulunan havzaların yıllık akış ve brüt hidroelektrik potansiyeli Çizelge 2.4’de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Türkiye'de havzalara göre yıllık akış ve brüt hidroelektrik potansiyel (TEİAŞ, 2015).

Havza	Ortalama Yıllık Akış 4 (Miyar m ³)	Toplam Akışa Oranı (%)	Hidroelektrik Potansiyel		
			GWh/Yıl	MW	%
Fırat	31.61	17	84122	9603	19.4
Dicle	21.33	11.5	48706	3560	11.2
Doğu Karadeniz	14.90	8.0	48478	3534	11.2
Doğu Akdeniz	11.07	6.0	27445	3133	3.3
Antalya	11.06	3.9	23079	2634	3.3
Batı Karadeniz	9.93	3.3	17914	2045	4.1
Batı Akdeniz	8.93	4.8	13595	1552	3.1
Marmara	8.33	4.5	1377	391	1.2
Seyhan	8.01	4.3	20875	2383	4.8
Ceyhan	7.18	3.9	22163	2530	3.1
Kızılırmak	6.48	3.5	19552	2232	4.5
Sakarya	6.4	3.4	11335	1294	2.6
Çoruh	6.3	3.4	22601	2580	3.2
Yeşilırmak	3.80	3.1	18685	2133	4.3
Susurluk	3.43	2.9	10573	1207	2.4
Araş	4.63	2.5	13114	1497	3.0
Konya-kapalı	4.53	2.4	1218	139	0.3
Büyük Menderes	0.03	1.6	6263	715	1.4
Van (Gölü)	2.39	1.3	2593	2%	0.6
Kuzey Ege	2.09	1.1	2882	329	0.7
Gediz	1.95	1.1	3916	447	0.9
Meriç-Ergene	1.33	0.7	1000	114	0.9
Küçük Menderes	1.19	0.6	1375	157	0.3
Asi	1.17	0.6	4897	359	-
Burdur-Gölleri	0.50	0.3	885	101	0.2
Akarçay	0.49	0.3	343	62	0.1
Toplam	186.05	100	432981	49427	100

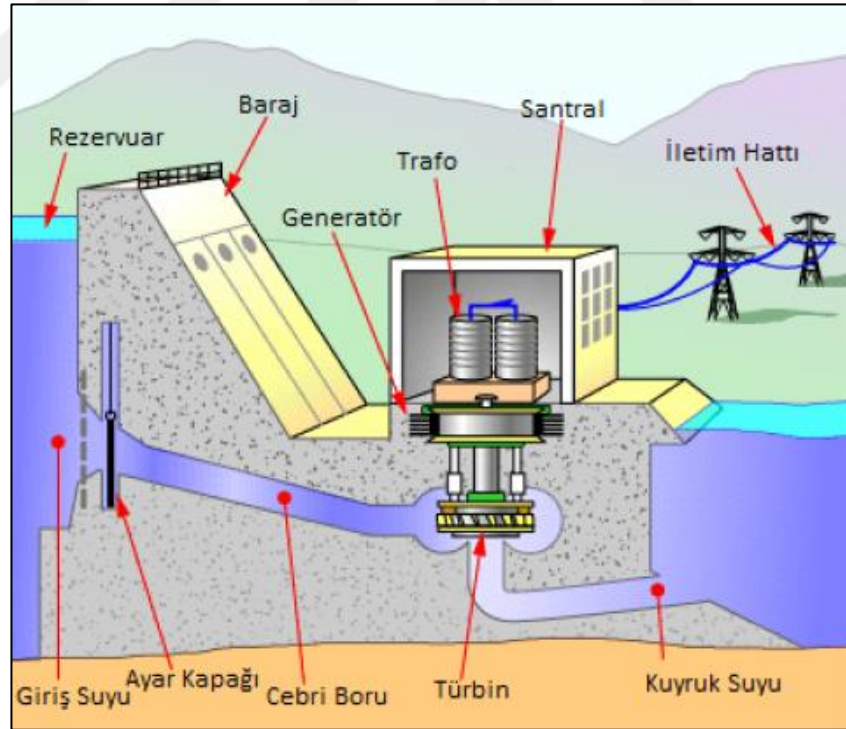
Teknik açıdan kullanılabilir hidroelektrik potansiyel, brüt potansiyel değerleri kullanılarak hesaplanır ve genelde brüt potansiyelin yüzdesi olarak değerler alır. Ülkemizin teknik kullanılabilir hidroelektrik enerji miktarı 216 milyar kWh seviyelerindedir. Enerji üretiminde tesislerin ekonomik optimizasyon aralığı vardır buna ekonomik hidroelektrik potansiyel denilebilir. Teknik anlamda gelişime açık ve ekonomik tutarlık sergileyen tüm üretim miktarı ekonomik hidroelektrik potansiyeldir. Planlanan gelir gider dengesine bakıldığında gelir değerlerinin fazla olduğu hidroelektrik enerji projelerinde ki üretime de ekonomik hidroelektrik potansiyel denilmektedir.

Hidroelektrik santrallerin hayata geçirilmeden önce ekonomik olarak incelenmesi gerekir. Ulusal enerji sisteminde eş değer üretimi yapabilecek kaynaklar gözden geçirilmelidir. Kıyaslamalar sonucu HES projesi diğer kaynaklardan eş değer enerji üretimi bakımından ekonomikse gerçekleştirilebilir.

Ülkemizin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya hidroelektrik potansiyelinin sadece %1'lik kısmına takabil etmektedir. Ayrıca ekonomik uygulanabilir hidroelektrik potansiyel değerleri incelendiğinde ülkemiz Avrupa hidroelektrik potansiyelinin %15'lik kısmına sahiptir (Üçüncü, 2016).

2.4. Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması

Hidroelektrik santraller düşü yüksekliğine, ürettikleri enerjinin karakter ve değerine, kapasitelerine, suyun enerji üretecek santrale iletim şekline, biriktirme durumuna vb. kısıtlara göre sınıflara ayrılabilir. Bir hidroelektrik santral tesisinin basit bir şematik gösterimi (Şekil 2.7) aşağıdaki gibidir.

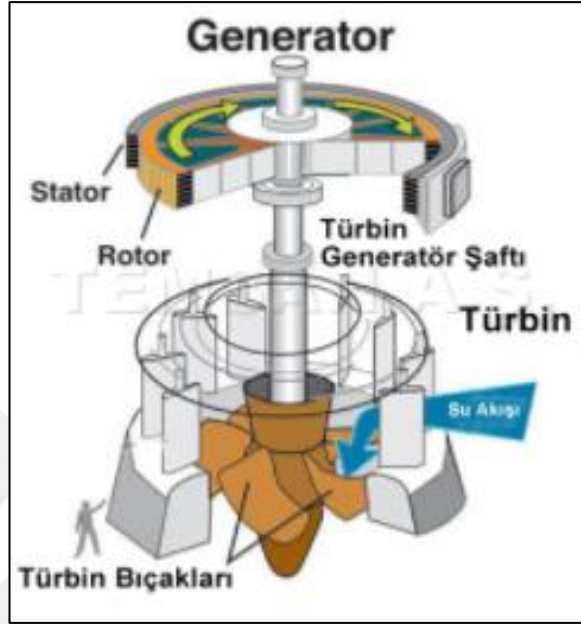


Şekil 2.7. Tipik bir hidroelektrik santral tesisinin şematik gösterimi (Bonsor, 2017).

Hidroelektrik santral çeşitlerini kurulum şekillerine göre sınıflandırmak mümkün olup bir tesis bu sınıflandırmalardan bir kısmını ihtiva edebilir. Yapılabilecek başlıca sınıflandırmalar aşağıdaki gibidir (Bulut, 2013).

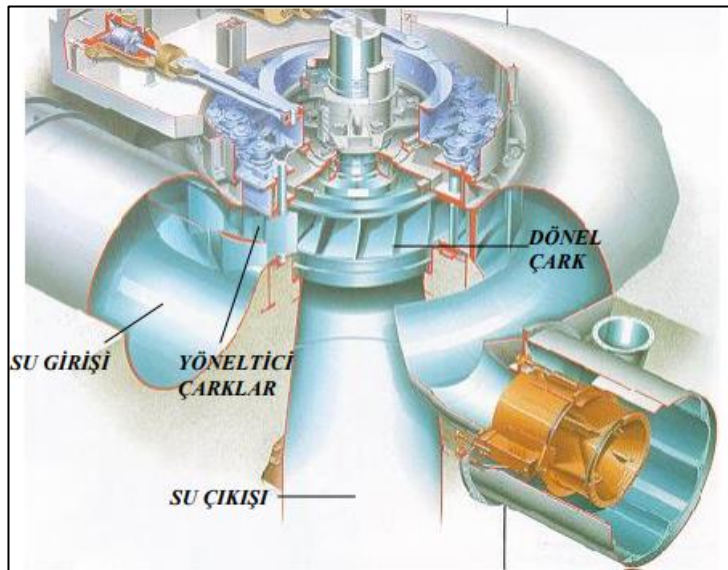
2.4.1. Düşü yüksekliğine göre

Alçak Düşülü HES: Düşüsü 15 m'den az, çoğunlukla yüksek debili, düz bir arazi kotunda akan, yatak eğiminin düşük olduğu nehlere inşa edilen, genelde kaplan tipi türbin tercih edilen santrallerdir. Şekil 2.8'da kaplan türbinin prensip şeması verilmiştir.



Şekil 2.8. Kaplan türbin prensip şeması (TEMSAN, 2018).

Orta Düşülü HES: Düşüsü 15–50 m olan, değişken debi değerlerine sahip akarsular üzerinde kurulan, uzun cebri boru sistemi olmayan, kaplan veya Francis tipi türbin kullanılan santrallerdir. Francis türbin prensip şeması Şekil 2.9 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Francis türbin (Tekno Tasarım, 2018).

Yüksek Düşümlü HES: 50 m 'den büyük düşüşü olan, arazide ki kot farkının fazla olduğu dağlık alanlarda inşa edilen santrallerdir. Değişken değerlere sahip akarsular üzerine kurulabilir. Santralin yapısında yaklaşım kanalı, tünel ve uzun cebri boru vardır. Francis veya Pelton tipi türbinler (Bkz. Şekil 2.9) kullanılır.

2.4.2. Ürettikleri enerjinin karakter ve değerine göre hes çeşitleri

Temel Santraller: Kullanma faktörü %30'un üzerinde çalışarak sürekli enerji üreten, yıllık tam yükte çalışma süreleri 5000 ila 8760 saat arasındadır. Bu tip santraller büyük güçleri karşıladıkları için büyük güçte yapılırlar.

Puant Santraller: Enerjiye ihtiyacının en yüksek seviyelere ulaştığı anda devreye giren santrallerdir. Kullanma faktörü %30'un altındadır. Yıllık çalışma saatleri en fazla 2000 saat civarındadır. Enerji talebinin fazla olduğu akşam saatlerinde ve kış mevsiminde kullanılırlar (Bozdemir, 2013).

2.4.3. Depolama yapılarına / biriktirme durumlarına göre sınıflandırma

2.4.3.1. Biriktirmeli HES'ler

Depolamalı (rezervuarlı) hidroelektrik santrallerde suyun biriktirilmesi ve daha sonra kullanılması temel prensiptir. Çoğunlukla su rejimlerinin değişken değerler aldığı akarsularda inşa edilir. Düzensiz su rejimine sahip akarsuların depolanması sayesinde düzenli olarak tüm yıl süresince elektrik üretilmektedir. İki tip biriktirmeli HES vardır:

Baraj santralleri: Akarsu debisinin fazla olduğu dönemlerde depolanan sular, baraj santrallerinde debinin az olduğu dönemlerde kullanılarak işletme debisinde bir denge yakalanmış olunur. Akım rejiminin düzensiz olduğu akarsularda, uzun yılların ortalamasını işletme debisi olarak seçmek çok büyük bir depolama alanına ihtiyaç duyuracağından bunu gerçekleştirmek ekonomik değildir. Bundan dolayı işletme debisi teknik ve ekonomik açıdan incelendiğinde hazne hacmini de dengede tutacak şekilde seçilmelidir. Baraj santralleri genellikle orta ve yüksek düşü değerleri taban alınarak tasarlanır.

Pompaj biriktirmeli santraller: Enerji tüketim ihtiyacının az olduğu zaman dilimlerinde şebekeden gelen elektrik enerjisi sayesinde pompalar çalışarak suyun basılmasını sağlarlar. Tüketim ihtiyacının en çok olduğu zaman dilimlerinde ise depolanan sudan türbinleme yöntemiyle enerji üretilir. Pompaj biriktirmeli santrallerde

suyun terfi ettiği yöne bir hazne planlaması yapılır. Bu tesislerde üretilen enerji miktarının hepsinin kullanılmadığı zaman dilimlerinde tüketim fazlası elektrik vasıtasıyla pompalar çalıştırılır. Pompalar ile akarsudan alınan su, ishale hattı aracılığıyla haznede depolanır. Depolanan su tüketim ihtiyacının en yüksek olduğu pik enerji talebini karşılamak için tribünleme yöntemiyle enerji üretiminde kullanılır.

2.4.3.2. Biriktirmesiz HES'ler

Su depolama alanı olmayan, akarsu ve kanallar üzerine inşa edilen, belirli bir cazibe ile akan suyun kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren santrallere biriktirmesiz hidroelektrik santraller denilir. İki tip biriktirmesiz HES vardır. Bunlar;

Akarsu (nehir) santralleri: arazi eğiminin az ve düz olduğu akarsuların mansap alanlarına inşa edilirler. Nehir tipi santrallerde düşü yüksekliği azdır. Ayrıca işletme debisi yüksek santrallerdir.

Kanal santralleri: Bu santrallerde daha yüksek bir düşü elde etmek için kurulacağı bölgenin coğrafik özelliklerinden faydalanılmalıdır. Akarsuyun kendi ana yatağı taşkın gibi durumlar da kullanılabilir. Santral ise akarsuyun kendi ana yatağına değil de doğal bir kanal üzerine ya da inşa edilecek yan kanal üzerine kurulur. Kanal santralleri, en elverişli pozisyona göre yan kanalın başında, ortasında veya sonunda kurulabilir (Şimşek, 2014).

2.4.4. Kapasitelerine göre HES'ler

Büyük ölçekli HES'ler: Bu tip santrallerin üretim gücü 50 MW 'ı geçmektedir.

Orta ölçekli HES'ler: Orta ölçekli HES'lerin üretim aralığı 10–50 MW seviyesindedir.

Küçük HES'ler: Küçük HES'lerin üretim gücü 0,5–10 MW aralığıdır.

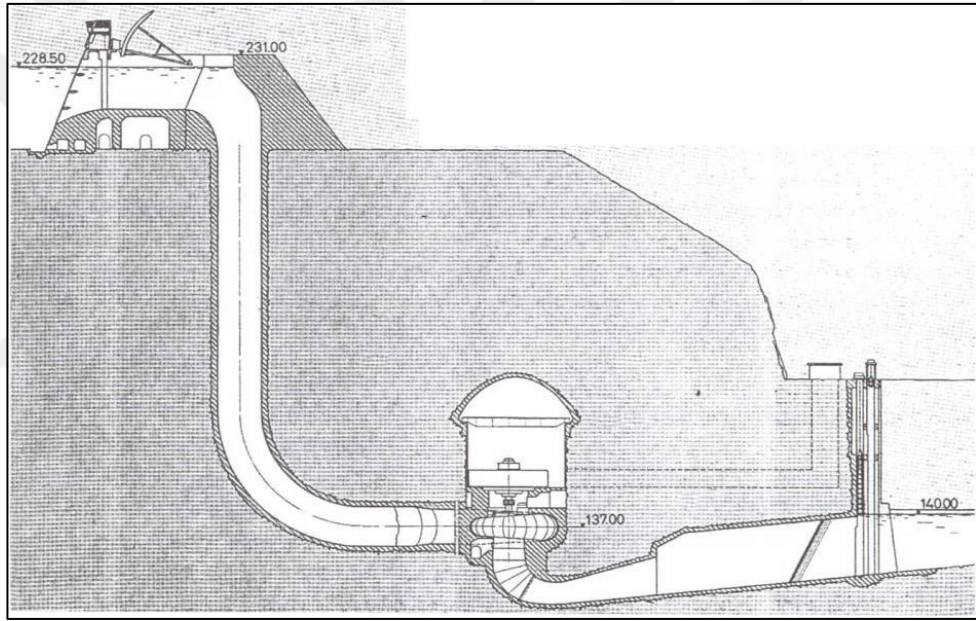
Mini ölçekli HES'ler: Mini ölçekli hidrolik sistemler ulusal enerji ağına çok az denilecek bir oranda katkı sağlar. Bu katsı seviyesi 100 – 500 KW arasındadır.

Mikro ölçekli HES'ler: Ulusal enerji ağına elektrik katsısında bulunamayacak kadar küçük bir üretim ölçeğine sahiptirler. Kırsal yerleşim bölgelerinde, yani ulusal enerji ağının üretiminden faydalanamayan alanlarda kullanılır. Ürettikleri enerji miktarı küçük bir yerleşim yerini ya da bir çiftliğin ısınma, aydınlatma ve pişirme ihtiyaçlarını karşılayacak büyüklüktedir. Üretim gücü aralığı 200 W ile 100 kW değerindedir. Mikro HES'lerden elektrik enerjisi üretimi temel amaç değildir. Şimdiye kadar gerçekleştirilmiş

birçok uygulamada, mikro HES'ler deki mekanik enerji kullanılarak değirmen sistemleri üretilmiştir. Büyük ölçekli HES'ler, klasik yenilenebilir enerji kaynakları olarak değerlendirilirken küçük, mini ve mikro HES'ler, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları durumundadır (Bozdemir, 2013).

2.4.5. Yapılışlarına göre HES çeşitleri

Yer Altı Santrali: Topoğrafik ve jeolojik değerlendirilmeler sonucu, ekonomi ve güvenli bir yapı çalışması için bu tip santraller yer altında inşa edilir (Hasan Uğurlu, Doğankent II, Oymapınar hidroelektrik santralleri gibi). Yer altı santrallere örnek Şekil 2.10'de gösterilmiştir (Bozdemir, 2013).



Şekil 2.10. Tipik bir yer altı santral gösterimi (Bulut, 2013).

Yarı Gömülü veya Batık Santral: Topoğrafik ve jeolojik çalışmalar sonucu inşa edilecek santral dar ve kayalık bir vadide ise santralin bir kısmı yer altına alınıp bir kısmı açık alanda inşa edilebilir. Ayrıca topoğrafik şartlar el vermiyorsa santral kot durumuna göre tamamı yeraltında kalacak şekilde inşa edilir (Keban, Yahşihan HES vb.). Yarı gömülü santrale örnek Şekil 2.11'te gösterilmiştir (Bozdemir, 2013).



Şekil 2.11. Tipik bir yarı gömülü santral uygulaması (Bulut, 2013)

Yer Üstü Santrali: Bu tip santrallerde türbin ve jeneratör boşluğu tabii zemin kotunda bulunmaktadır. Planlama aşamasında bu tip bir santralin seçimi için uygun bir türbin bulunmalıdır, ayrıca işletme dönemi boyunca taşkın riskinin incelenmesi gerekmektedir. Jeneratörler ve santral binası yerin üstündedir (Şekil 2.12) (Bozdemir, 2013).



Şekil 2.12. Tipik bir yerüstü santral uygulaması (Cornell University, 2018).

2.5. Hidroelektrik Santrallerin Avantajları

Ekonomik açıdan hidroelektrik enerjinin avantajları değerlendirilecek olursa, hidroelektrik santrallerin diğer enerji üretim santrallerine göre maliyeti düşüktür. Hidroelektrik santrallerin ekonomik açıdan maliyeti 1200-1350 dolar/KW'tır. Diğer enerji üretim tesislerinin imalat aşamalarında ithal malzemelerden yararlanılırken HES'ler de kullanılan materyaller %70-80 oranında yurt içi öz kaynaklardan oluşmaktadır. HES'lerin en önemli avantajı ise işletme sırasında ek bir harcama gerektirmemektedir. Bu durumun işletme maliyeti üzerindeki etkisi çok fazladır. 1998 yılında ki TEİAŞ'ın verilerine göre HES'ler de ki birim işletme maliyeti 0.11 cent/KWh'tir. Aynı yılda doğalgaz santrallerde ki işletme birim maliyeti ise 3.9 cent/KWh'tir. Ülkemiz elektrik üretimi için doğalgaz çevrim santralleri kullanımına ağırlık verirse ithal edeceği doğalgaz miktarı yaklaşık olarak senede 6 milyar dolar seviyesine ulaşacaktır.

Termik santrallerin işletme süresi yaklaşık olarak 25 yıldır. Hidroelektrik santrallerde ise işletme süresi 75 yıl gibi yüksek bir süredir. Ayrıca HES'lere yapılacak yenileme ve bakım çalışmaları ile işletme süresini arttırmak olasıdır. Hidroelektrik santraller çok kısa saat dilimlerinde tam yükte çalışmaya başlayabilirler. Bu avantajından dolayı hidroelektrik santraller ulusal enterekte sistemin isleyişine yardımcı olur. Zaman içerisinde elektrik tüketiminde ki artan enerji ihtiyacını karşılamak ve enerjide oluşan üretim tüketim dengesini korumanın en elverişli yolu daha fazla hidroelektrik santralin kullanıma sunulmasıdır.

Hidroelektrik enerji yerel kaynağımız olan suyun potansiyel enerjisini kullanarak elektrik üretmektedir. Günümüzde dünya çapında ekonomik özgürlük için geçerli olan tek şey ülkelerin kendi öz kaynaklarını kullanarak ihtiyacı olan enerjiyi karşılamalarıdır. Bu durum ülkelerin dünyadaki stratejik önemini arttırmaktadır. Dünya genelinde artan enerji ihtiyacını, enerjiye olan bağımlılığı ve ekonomik kalkınmayı sürdürmenin en önemli yolu tüketilen enerjiyi öz kaynaklardan üretmek ve dışa bağımlılığı en aza indirmekten geçmektedir. Bütün bu avantajlarının yanında hidroelektrik enerji; çevreye dost, temiz ve yenilenebilir enerji sunmakta, diğer enerji kaynaklarına göre çok daha az yabancı kaynağa ihtiyaç duymakta, kullanılan bir yakıt olmadığından çevreye sera gazı gibi atıkları bırakmamakta ve çok kısa sürede devreye alınıp devreden

çıkarılabildiklerinden pik saatlerde (18-22 saatleri arası) ani bir talep durumunda birkaç saniyede devreye sokulabilmektedir.

Elektrik enerjisi üretimin de su en temel ögedir. Anacak kullanılan su tüketime yönelik olmamalıdır ve kirletilmemelidir. Termal ve nükleer santraller enerji üretimi aşamasında kullandığı suyun büyük bir kısmını tüketir ve kirletir. Bu durum doğalgaz çevrim santrallerde de benzer şekildedir. Doğalgaz çevrim santrallerde su soğutma maksadıyla kullanılmaktadır tekrar doğal yaşama aktarılan su ise ekolojik düzeni bozmaktadır. Hidroelektrik enerji ise hidrolik çevrim sisteminden hatırlayacağımız üzere sürekli kendini yenileyen kayıp ve kirlenmelerin oluşmadığı enerji üretimine en elverişli yöntemdir. Robert Goodland Dünyanın Büyük Barajlar Tartışması için hazırlayıp sunduğu raporda hidroelektrik enerjinin enerji üretimi için kullanılan diğer birçok metottan daha verimli, daha güvenli, daha sağlıklı ve daha ekonomik olduğunu açıklamıştır (Koçak, 2011).

2.6. Hidroelektirik Santrallerin Dezavantajları

Biriktirmesiz santrallerde kurak yıllarda çok az elektriğin üretilmesi ve su rejimine bağlı olarak üretilen enerji miktarının değişken olması ve biriktirmeli santrallerin ilk yatırım maliyetinin çok fazla olması hidroelektrik enerjinin önemli dezavantajlarından bir kaçıdır. Biriktirmeli santrallerde baraj yüzeyinin nehre göre daha geniş alan kapladığından buharlaşma miktarı artacağından buna bağlı olarak havadaki nem oranı fazlalaşacaktır. Bu yüzden bölgenin iklimi biriktirmeli santrallerden dolayı olumlu ve/veya olumsuz yönde etkilenecek ve bölgedeki mevcut çevre dengesinin bozulmasına neden olacaktır. Bunun yanında biriktirmeli santraller çok büyük alanların sular altında kalmasına sebep olduğundan toprak kaybına neden olmakta, yapım aşamasında kamulaştırmaya bağlı olarak büyük nüfus göçü ile karşı karşıya kalınmaktadır (Koçak, 2011).

3. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)

3.1. CBS Nedir?

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) dünyadaki karmaşık çevresel, ekonomik, yaşamsal vb. sorunların giderilmesine mekânsal olarak çözümleme getiren bir yazılımdır. CBS çok fazla yer kaplan coğrafi verileri toplamaya ve depolamaya yaran bir yazılımdır. Toplanan ve depolanan veriler CBS yazılımı ile işlenebilir, yönetilebilir, mekânsal olarak analiz edilebilir ve sorgulanabilir. Tüm bu işlemleri gerçekleştiren CBS uygulaması kısaca personel ve yazılım iş birliği ile coğrafi veri yönetimidir. CBS'nin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Aynı altyapıya sahip birden çok alana hizmet edecek CBS uygulamaları geliştirilmiştir. CBS uygulamalarına örnek olarak, Kent Bilgi Sistemi, Orman Bilgi Sistemi, Karayolları Bilgi Sistemi, Arazi Bilgi Sistemi, Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi, Lojistik Bilgi Sistemi, İç Güvenlik Bilgi Sistemi, Araç İzleme Bilgi Sistemi, Trafik Bilgi Sistemi, Kampüs Bilgi Sistemi, Deprem Bilgi Sistemi, Harita Bilgi Sistemi gösterilebilir (Arı, 2013).

3.2. CBS'nin Temel Bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sisteminin 5 temel bileşeni vardır. Bunlar; donanım (hardware), yazılım (software), veri (data), personel (people) ve yöntem (methods) 'dir.

- Coğrafi Bilgi Sisteminin sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlayan bilgisayar ve çalışmalar sonucunda bilgisayardan çıktı alabilmek için gerek tüm ekipmanlar donanım (hardware) olarak tanımlanmaktadır.
- Coğrafi bilgileri toplamak, depolamak, analiz etmek ve veriler üzerinde çeşitli çalışmalar gerçekleştirmek için kullanıcılara sunulan programlar yazılım (software) olarak tanımlanmaktadır.
- CBS yazılımlarında kullanılabilecek tüm belgeler, dosyalar, haritalar, ölçüm değerleri vb. gibi bilgisayarlarda işlenerek sonuç üretebildiğimiz ve sonuçlarını depolayabildiğimiz her şey veri (data) olarak tanımlanabilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri mekânsal verileri çeşitli birçok veri türleri ile birleştirebilmektedir. Bu sayede birden çok alanda hizmet veren kurum ve kuruluşlara yardımcı olmaktadır.
- CBS kullanan kişiler; bu sistemi üreten, koruyan ve geliştiren uzman personellerden, bireysel olarak günlük işlerini hızlandırmak için CBS tercih eden

kullanıcılara kadar geniş bir kitleyi kapsamaktadır. CBS'nin gelişimi kullanıcılar tarafından olumlu ve olumsuz yönlerinin paylaşılması ile gerçekleşebilir.

- Coğrafi Bilgi Sisteminin başarılı bir şekilde çalışması için uygun metot, iyi plan ve iş kuralları en önemli unsurlardır. Coğrafi Bilgi sistemi yazılımı kullanan kurum ve kuruluşlar arasında mekânsal verilerin sağlıklı transferi için uygun yöntemler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır. Mekânsal verilerin çoğaltılması ve kullanılması belirli kurallara ve standartlara göre yapılmalıdır. Bundan dolayı kurum ve kuruluşlar arası kuvvetli iletişim ve koordinasyon metotları geliştirilmelidir.

3.3. CBS'nin Fonksiyonları

- **Veri Toplama:** Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarına harita verileri girilmeden önce toplanan veriler sayısal verilere dönüştürülmelidir. Bu işleme sayısallaştırma işlemi denilmektedir. Günümüzde sayısallaştırma işlemi yapılmadan kullanılabilecek CBS'ye uyumlu formatta coğrafik veriler bulunmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).
- **Veri Yönetimi:** CBS'de verileri işlemek ve yönetmek için oluşturulan coğrafi veri tabanları, gerçek hayatta ki coğrafik oluşumları ve nesneleri elektronik ortamda en iyi şekilde temsil etmelidir. Yazılım ve donanım sektöründe ki teknolojik gelişmeler sonucu grafik ve grafik olmayan veriler tek bir veri tabanında işlenebilmektedir. Birleşen veriler denetlenebilir, kontrol edilebilir ve veriler arası ilişkiler incelenebilir. Veri yönetimi tüm bu işlemleri kapsamaktadır.
- **Veri İşleme:** Gerçekleştirilecek çalışmalara göre ham coğrafi veriler işlenir ve analiz edilir. Verilerin işlenmesi için tüm verilerin birbirine sayısal olarak dönüştürülmesi ve aynı koordinat sistemine tanımlanması gerekmektedir. Farklı ölçeklere sahip harita verileri işlenmeden önce aynı ölçek boyutuna dönüştürülmelidir. Coğrafi bilgi sisteminde veri işleme sonucu mekânsal analiz çalışmaları yapılır ve veriler istatistiksel olarak incelenebilir. Kullanıcılar analiz sonuçlarına göre gerekli değerlendirmeleri yapabilmektedir.
- **Veri Sunumu:** Coğrafi bilgi sistemi yazılımlarında gerçekleştirilen çalışmalar ve analiz sonuçları, harita ve grafik gibi görsel materyale dönüştürülür. Veriler üzerin de gerçekleşen bu çalışmalar; elektronik haritalar olarak, kâğıda basılmış

haritalar şeklinde, teknolojik sunum yazılımlarıyla ve online platformda diğer kullanıcılar ve ilgilenen bireyler ile paylaşılabilir (Arı, 2013).

3.4. CBS'nin Uygulama Alanları

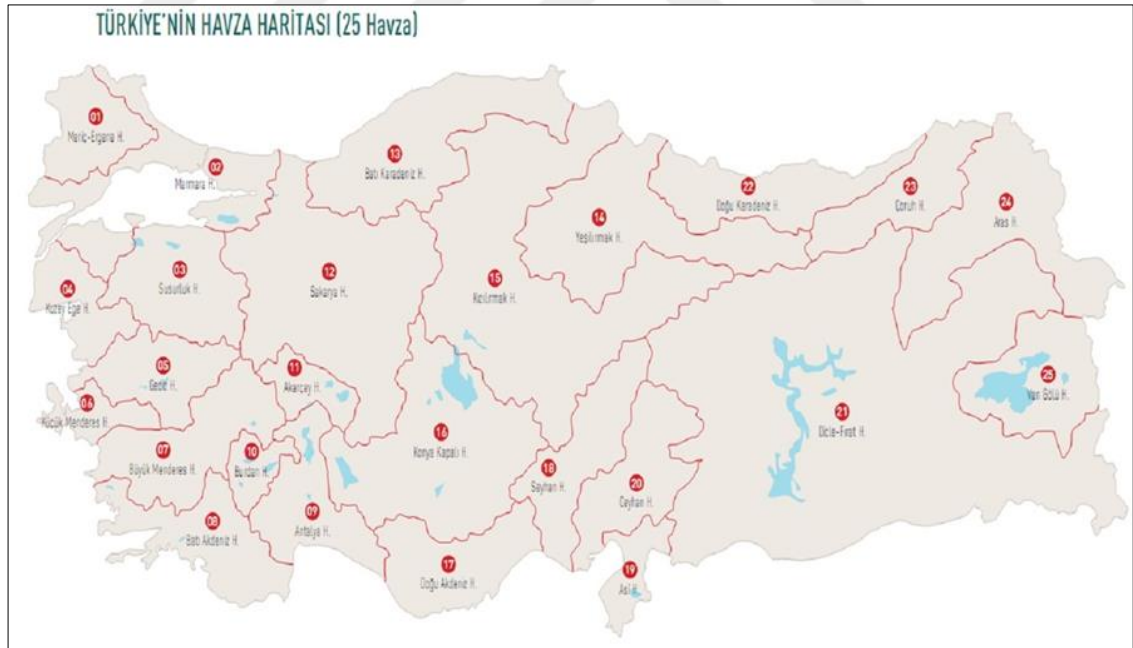
- Belediyeler (kentsel faaliyetler, imar, emlak vergisi toplama, imar düzenlemeleri, çevre, park bahçeler, fen işleri, su-kanalizasyon-doğalgaz tesis işleri, TV kablolama, uygulama imar planları, hali hazır haritalar, altyapı, ulaştırma, toplu taşımacılık, belediye alanları ve tesisleri vb.),
- Mühendislik uygulamaları (otoyollar, devlet yolları, demir yolları ön etütleri, deprem zonları, afet yönetimi, bina hasar tespitleri, tesis işleri, hesap ve analiz işleri vb.),
- Ormancılık (eğim hesapları, orman amenajman haritaları, orman sınırları, peyzaj planlaması, milli parklar, orman kadastro, arazi örtüsü, toprak haritaları vb.),
- Tarım (arazi kullanımı, rekolte tahmini vb.),
- Çevre (çevre düzeni planları, çevre koruma alanları, çevre etki değeri raporu hazırlama, göller, göletler, sulak alanların tespiti, çevresel izleme, hava ve gürültü kirliliği, kıyı yönetimi, meteoroloji vb.),
- Hidroloji (su kirliliği, su analizi vb.),
- Sağlık (sağlık-coğrafya ilişkisi, sağlık birimlerinin dağılımı, personel yönetimi, hastane kapasiteleri, bölgesel hastalık analizleri, sağlık tarama faaliyetleri, ambulans hizmetleri vb.),
- Eğitim (araştırma-inceleme, eğitim kurumlarının kapasiteleri ve bölgesel dağılımları, okuma-yazma oranları, öğrenci ve öğretmen sayıları vb.),
- Jeoloji (yeraltı ve yerüstü doğal kaynak yönetimi, madenler, petrol kaynakları vb.),
- Ulaşım, navigasyon sistemleri (Kara, hava, deniz ulaşım ağları, doğal gaz boru hatları, iletişim istasyonları, yer seçimi, enerji nakil hatları, ulaşım haritaları vb.),
- Planlama (uygulama imar planları, nazım imar planları vb.),
- Arkeoloji (kazı alanları, arkeolojik katmanların modellenmesi ve analizi, eserleri kataloglama vb.),

- Askeri uygulamalar (askeri tesisler, tatbikat ve atış alanları, yasak bölgeler, sivil savunma, suç analizleri, suç haritaları, araç takibi vb.) örnek olarak gösterilebilir (Arı, 2013).

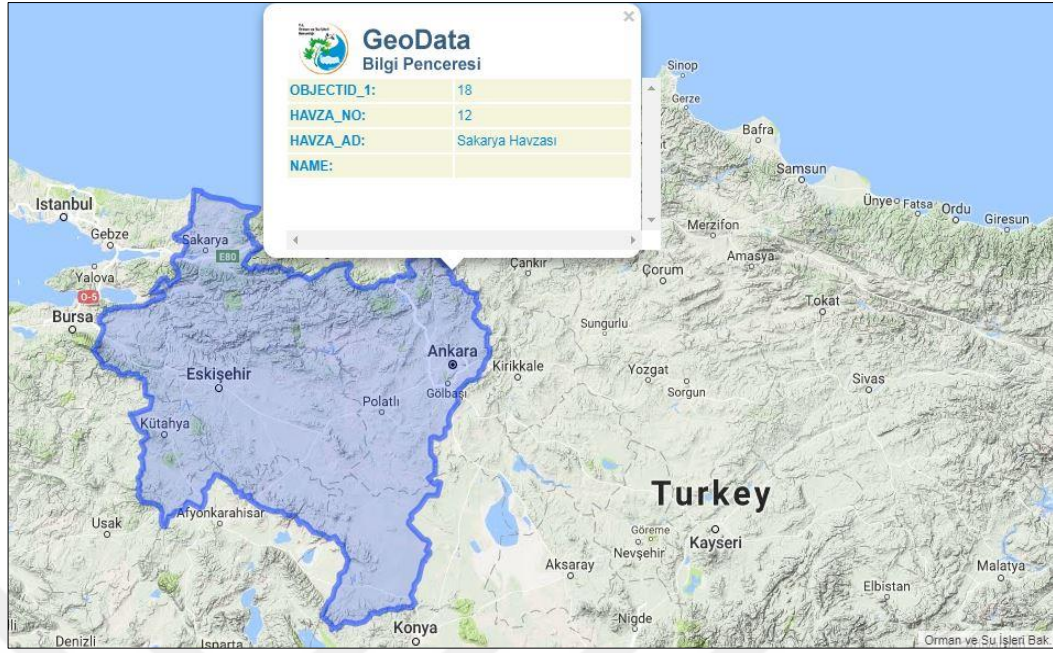
3.5. Araştırma Alanı

DSİ tarafından yapılan hidrolojik havza çalışmaları neticesinde, ülkemiz akarsu havzaları, 26 ana havzaya bölünmüştür (Şekil 3.1). Bunlardan 12 numaralı olan havza ise Sakarya Havzasıdır (Şekil 3.2).

Sakarya havzası Aşağı Sakarya Havzası ve Yukarı Sakarya Havzası olarak ikiye bölünmüştür. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin gerçekleştirdiği etüt çalışmalarına göre Sakarya havzası yukarı ve aşağı olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Bu tez çalışmasında, gerçekleştireceğimiz araştırmalar doğrultusunda Aşağı Sakarya Havzasının su kaynakları ve bu kaynakların hidroelektrik enerji potansiyelleri incelenmiştir. Bu incelemelere göre tezin çalışma alanı, Aşağı Sakarya Havzasında bulunan Seydisuyu havzası olarak seçilmiştir.

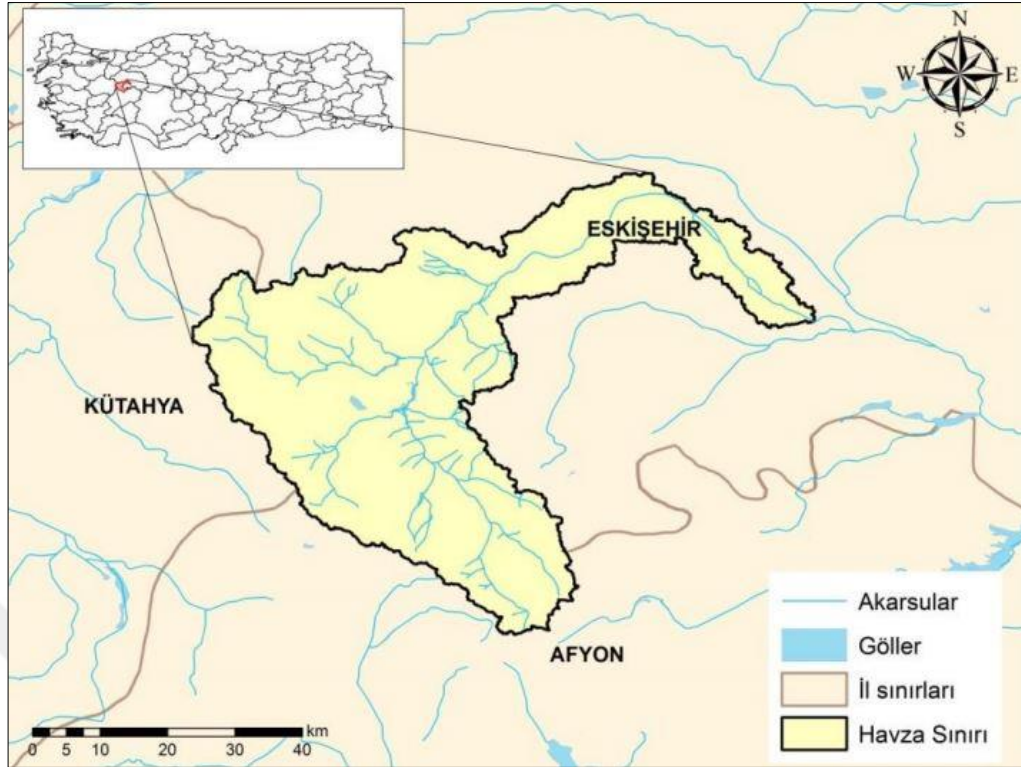


Şekil 3.1. Türkiye'nin ana akarsu havzaları (DSİ, 2014).



Şekil 3.2. 12 numaralı Sakarya havzası (GeoData).

Seydisuyu havzası coğrafi konumu itibari ile İç Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. Seydisuyu havzasının sınırları, sularını, Seydisuyu tarafından Sakarya Nehrine boşaltan saha alanını kapsamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri açısından Seydisuyu havzası 38°.85'-39°.36' kuzey enlemleri ile 30°.16'-31°.07' doğu boylamları arasındadır (Şekil 3.3).

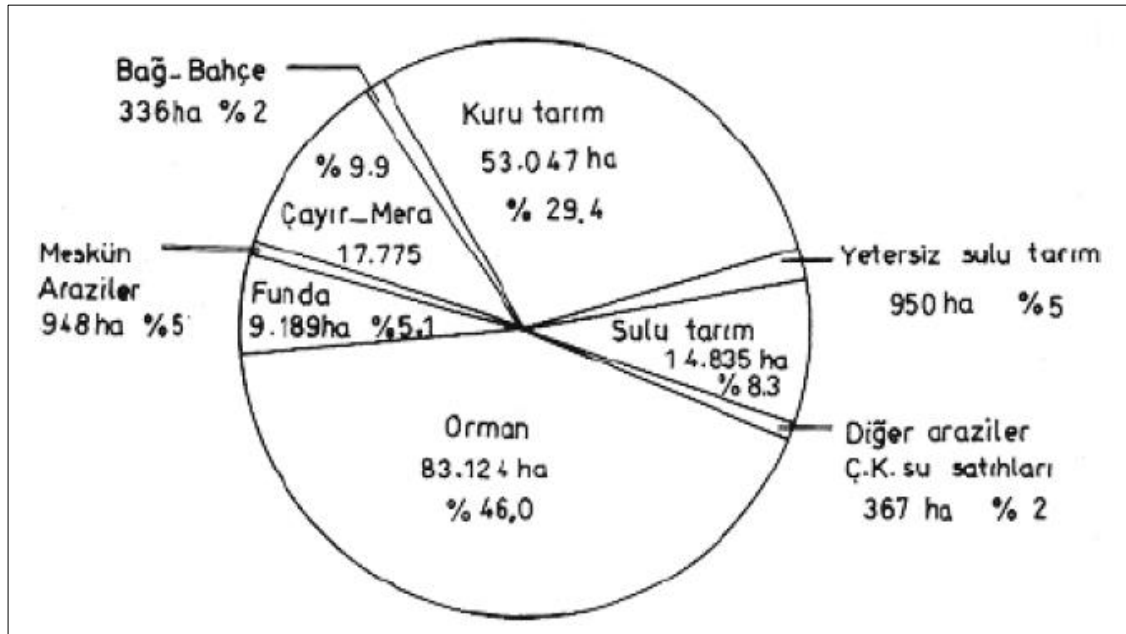


Şekil 3.3. Seydisuyu havzasının Türkiye’de ki konumu (Bakış ve Bayazıt, 2015).

Seydisuyu Havzasının sınırlarını çevreleyen bölgeler incelendiğinde; Kuzeyde Sakarya - Sarısu, Porsuk - Sarıungur, Porsuk - Kalabak; güney batıda Büyük Menderes, Gediz, Porsuk - Sarıungur, güneydoğuda ise Sakarya - Bardakçı ve Akarçay Havzaları bulunmaktadır. Yüz ölçümünün büyük bir kısmı Eskişehir’de bulunmaktadır. Havza sınırlarının diğer kısımları Afyon ve Kütahya illeri sınırları içerisinde yer almaktadır. Eskişehir bölgesinde havza sınırları içerisinde Seyitgazi ve Mahmudiye İlçeleri ile Kırka Bucağı ve 51 köy yer almaktadır (Göktay, 1991).

Araştırma alanı seçilen Seydisuyu Havzasının yaklaşık alanı 1805.71 km²’dir. 2014 yılında üretilen 1/1.000.000 ölçekli Türkiye Mülki İdare Bölümleri Haritasından alınan verilere göre Eskişehir ilinin yüzölçümü 13.960 km²’dir. Bu verilere göre Seydisuyu havzası Eskişehir yüzölçümünün yaklaşık %13’üne karşılık gelmektedir (Bakış ve Bayazıt, 2015). Seydisuyu havzasına ulaşım imkânı oldukça fazladır. Havzada bulunan 51 adet köyün hepsinin kara yolu bulunmaktadır. Eskişehir-Seyitgazi-Afyon; Eskişehir-Mahmudiye-Çifteler-Emirdağ-Konya karayolları Seydisuyu havzasının ulaşım ağında bulunmaktadır. Seydisuyu havzası topoğrafyasına göre, havza yüksekliği 850-1825 m’yi bulan tepelerin olduğu yüksekliklere sahiptir. Havzanın güney batı ve güney doğu bölümlerinde tepeler ve dağ kütleleri bulunmaktadır. Havzanın güney doğusunda

Şaphane dağı bulanmaktadır. Şaphane dağının yüksekliği 1785 metredir. Arazideki bu yükseklik farkı vadi ve düzlükler ile birbirinde ayrılır. Havzanın en çok bilinen vadisi, havzaya da ismini veren Seydisuyu vadisidir. Havza geneli İç Anadolu bölgesinin iklim özelliklerini taşımaktadır. Belirli bölgelerde, Ege bölgesinin iklim koşulları görülebilmektedir. Havzada gözlemlenen iklim koşulları oldukça sert ve orta derecede yağışlı bir yapıya sahiptir. Tarım ve hayvancılık havzanın en önemli ekonomik geçim kaynağıdır. Havzadaki tarım faaliyetlerini havzanın iklim özellikleri sınırlamaktadır. Havzanın sert iklim koşullarından dolayı tarımsal faaliyetler olması gereken seviyeden düşüktür. 691.68 km² alanda sürülerek tarım faaliyetleri yapılabilmektedir. Havzada sürülerek yapılan tarımsal ürünler buğday, arpa, şeker pancarı, ayçiçeği, patates, fasulye ve bazı sebze ve meyvelerdir. Ancak havzada yapılan sebze ve meyve üretimi oldukça azdır. Havzanın tarımsal faaliyetlerine göre hayvancılık daha işlevsel durumdadır. Havzadaki arazi kullanımı Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Kullanıma açık asfalt karayolları ile büyük yerleşim merkezlerine ulaşımı kolay olan havzanın nüfusu, 2016 yılı nüfus sayımına göre 1.169.753 kişidir. Havza içinde sanayi fazla gelişmiş değildir. Sadece Mahmudiye ve Seyitgazi'de un fabrikaları, tamirhaneler ve atölyeler, Kırka Bucağında ise Etibank'ın Boraks İşletmeleri bulunmaktadır. Kırka Yöresi bor yatakları bakımından oldukça zengindir. Boraks cevheri önemli bir ihraç maddesidir (Göktay, 1991).



Şekil 3.4. Havzada arazi kullanımı (Göktay, 1991).

3.6. Seydisuyu Havzasında Nüfus

Araştırma alanında 10 yerleşim merkezi bulunmaktadır. Çalışma alanındaki yerleşim birimlerine ait 2016 yılına kadarki nüfuslar Çizelge 3.1’de topluca verilmiştir.

Çizelge 3.1. Seydisuyu havzası yerleşim birimleri nüfusları (TÜİK, 2017).

Seydisuyu Havzası Yerleşim Birimleri Nüfusları									
Yerleşim Birimleri	1965	1970	1975	1980	1985	1990	2000	2010	2016
Eskişehir merkez	24303 3	28410 0	32495 0	37398 8	43067 0	44792 6	51960 2	504688	508174
Kütahya merkez	11540 8	12905 6	14792 8	16243 4	18153 1	17618 4	20790 5	494884	482476
Mahmudiye	12984	12921	12238	12045	11661	11267	10132	18814	18929
Seyitgazi	26372	25992	25835	24691	25657	24762	21701	42554	43265
Çifteler	23306	24567	24954	25649	25955	20073	18545	28595	28794
Han	-	-	-	-	-	4277	3681	6463	6657
Bayat	9017	9118	9643	9208	9654	9080	8753	10097	10122
İhsaniye	22590	24783	25719	26232	28346	30034	33220	39153	40904
İscehisar	13045	14063	14667	15987	17215	22143	21978	28618	30432
TOPLAM	46575 5	52460 0	58593 4	65023 4	73068 9	74146 9	84183 6	117386 6	116975 3

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

Bu tez çalışmasında, araştırma alanı olarak Seydisuyu havzası seçilmiştir. Seydisuyu havzası, 12 numaralı Sakarya havzasının bir alt havzasıdır. Tez Çalışmanın yürütülmesi için sayısal Haritalar, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı (ArcGIS 10.0), havzaya ait, uzun süreli meteorolojik veriler (yağış, sıcaklık, buharlaşma, rüzgâr, kar vb.), akım gözlem verileri (Aylık ortalama su temin Tabloları) ve Windows tabanlı çalışan ve hidrolik, finansal ve çevre parametrelerini de katarak hidroelektrik enerji projelerini analiz eden ve enerji simülasyonu yapan, SIMAHPP 5.0 yazılımı kullanılmıştır.

Havzaya ait vektör haritalar ve raster haritalar, Harita Genel Komutanlığından temin edilmiştir. Bazı eksik haritalar da ayrıca Devlet Su İşleri III. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Bu haritalar, 1/25.000 ölçekli olup hem havza içini hem de havza civarını kapsayacak şekilde temin edilmiş ve ArcGIS 10.0 yazılımında kullanılmıştır.

Haritalar, UTM (Universe Transverse Mercator) 36 N zonu, European Datum 1950 (ED50) koordinat sisteminde, 1/25.000 ölçekli raster ve 1/25.000 ölçekli vektör haritalardır. Bu haritalar, havza sınırlarının çıkarılmasında ve sayısal yüksekli modelinin (DEM) elde edilmesinde kullanılmıştır.

Tezde kullanılmak üzere, çalışma alanına ait 6 adet Akım Gözlem İstasyonunun (AGİ) su temin tabloları (akım verileri) Devlet Su İşleri III. Bölge Müdürlüğünden (DSİ) alınmıştır. Bu veriler ile havzaya ait toplam su potansiyeli belirlenerek, hidroelektrik santrallerin enerji hesaplamalarında nasıl kullanılacağı belirlenmiştir.

Seydisuyu havzasına ait meteorolojik özellikleri belirlemek için, ihtiyaç duyulan tüm veriler (yağış, sıcaklık, buharlaşma vb.) Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden (DMİ) temin edilmiştir. Havzanın yağış, sıcaklık, buharlaşma, nispi nem vb. gibi meteorolojik özellikleri bu çalışmada, ayrıca incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan ArcGIS 10.0 programı havzanın hidrolojik analizleri ve hidroelektrik santral yerlerinin belirlenmesi işlemlerini yapmak için kullanılmıştır. Bu yazılım su kaynakları alanında son yıllarda sıkça kullanılan bir programdır. CBS'nin

kullanılması alansal olarak büyük bir araştırma alanında hızlı ve doğru bir analizin yapılmasında büyük avantaj sağlar. Bundan dolayı bu tezde, CBS yazılımı kullanılmıştır.

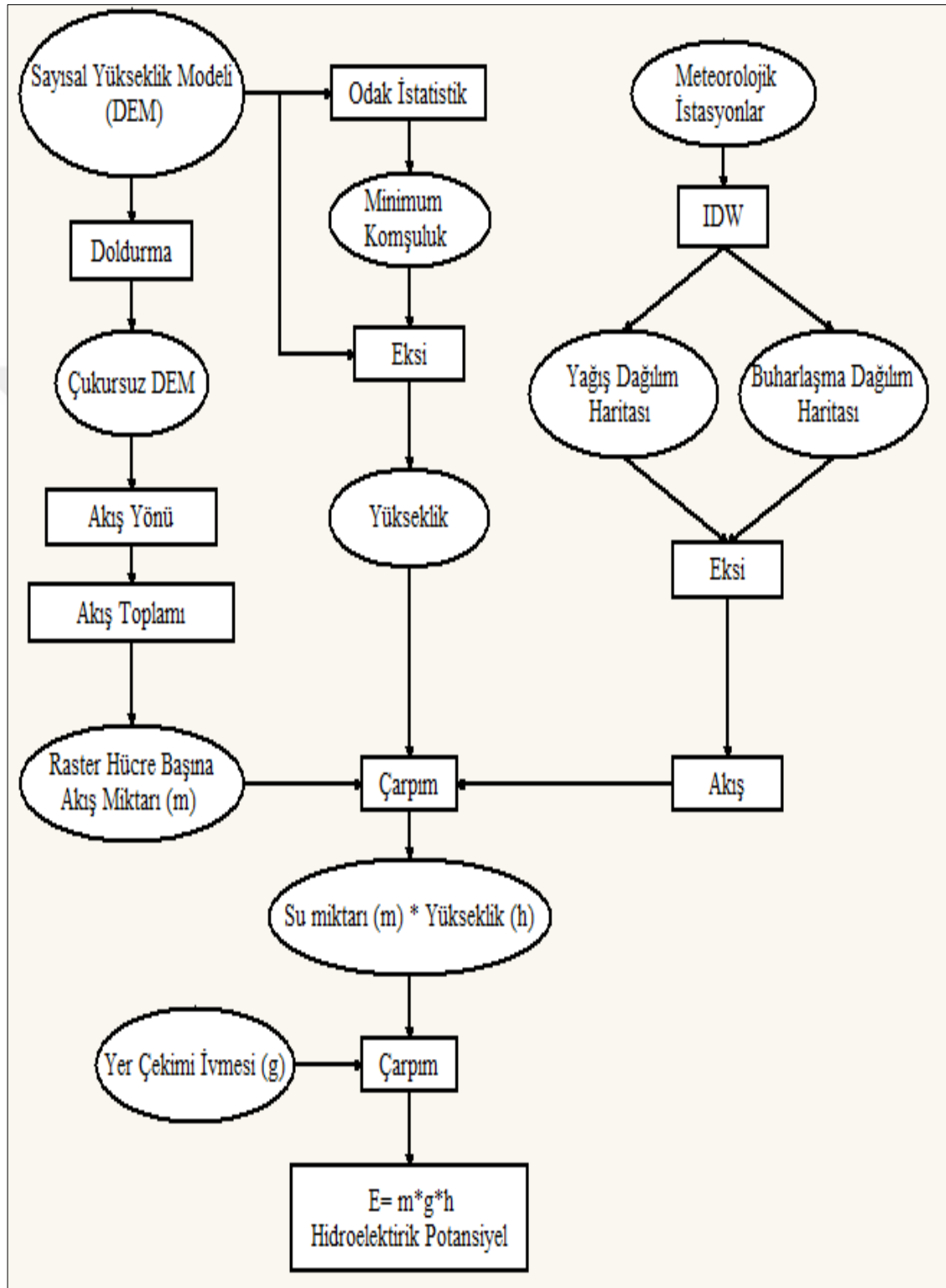
4.2. Metot

Hidroelektrik enerji, potansiyel enerjiye sahip bir su kütlesinin belli bir seviyeden daha düşük bir seviyeye düşürülmesiyle ortaya çıkan su basıncının, yaptığı iş olarak tanımlanabilir. Potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesiyle ortaya çıkan su basıncı santral binasındaki türbinlerin kanatlarını hareket ettirmesiyle suyun kinetik enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülür. Türbinler su basıncını; elektrik jeneratörü, tahıl değirmeni veya diğer kullanışlı cihazları çalıştırmak için mekanik enerjiye dönüştürür (Fraenkel, vd., 1991).

CBS’de mekânsal analiz, araştırılan bölgedeki hidroelektrik potansiyele sahip uygun santral yerlerinin bulunması için olanak sağlar (Feizizadeh, vd., 2012).

Bu çalışmada hidroelektrik santral kurmak için potansiyel teşkil eden yerler, CBS yazılımı yardımıyla belirlenmiştir. Bu metotla, bir arazide en uygun hidroelektrik potansiyele sahip noktaların konumları, hızlı ve güvenilir bir şekilde belirlenir (Setiawan, 2015). Çalışmada ilk olarak, muhtemel hidroelektrik santrallerin potansiyel yerlerinin belirlenmesi için çalışma alanı olarak seçilen Seydisuyu havzası incelenmiştir. İncelenen bölgenin hidroelektrik potansiyele sahip noktalarının belirlenmesi için, akarsuların taşıdığı toplam su kütlesi ve arazinin kot farkları hesaplanmıştır. Akarsuların taşıdığı toplam su kütlesinin hesaplanmasında sayısal yükseklik modeli kullanılarak oluşturulan akış toplamı veri katmanı, yağış veri katmanı ve buharlaşma veri katmanı gibi parametreler kullanılmıştır. Bu veriler CBS yazılımında, harita katmanı olarak birbirleriyle işlemlere tabi tutularak havzanın raster verisindeki her bir pikselin taşıdığı toplam su kütlesi hesaplanır. Daha sonra, havzanın sayısal yükseklik modeli kullanılarak net düşü (kot farkı) harita katmanı oluşturulur. CBS yazılımında, toplam su kütlesi ve net düşü harita katmanları birbirleriyle çarpılarak potansiyel enerji denklemindeki $m * h$ ifadesi harita katmanı olarak elde edilir. Elde edilen bu harita katmanı, yer çekimi ivmesi (g) ile çarpılarak havzadaki $E = m * g * h$ denkleminin verdiği potansiyel enerji harita katmanı oluşturulur (Bayazıt, vd., 2016). Seydisuyu havzasının hidroelektrik

potansiyelini belirlemek için kullanılan araştırma metodolojisinin temel adımları Şekil 4.5'teki şemada verilmiştir.



Şekil 4.1. Araştırma metodolojisinin şeması (Bayazıt, vd., 2016).

5. SEYDİSUYU HAVZASININ COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE HİDROLOJİK HAVZA SINIRLARININ BELİRLENMESİ

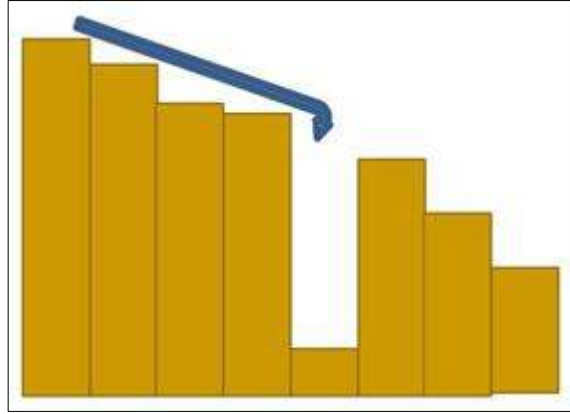
5.1. Seydisuyu Havzasına Ait Vektör Haritalar

Havzaların yüzey analizlerinin incelenebilmesi için ilgili havzanın hidrolojik sınırlarının bilinmesi gerekmektedir. Havza sınırlarının çıkarılması için bu çalışmada, 111 adet 1/25.000 ölçekli sayısallaştırılmış vektör haritalar yardımı ile çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu haritalar Harita Genel Komutanlığı'ndan alınmıştır.

5.2. Havzaya Ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)

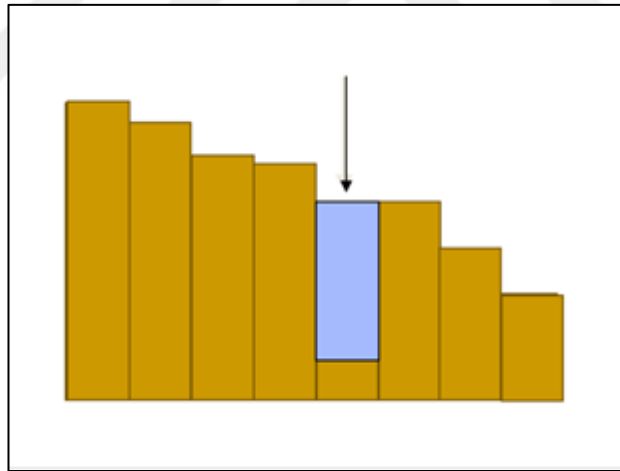
Dünyamızın coğrafi yapısını anlayabilmek için oluşturulan 3 boyutlu görsellere sayısal yükseklik modeli (SYM) denilmektedir. Sayısal yükseklik modeli araştırma yapılacak bir bölgenin 3 boyutlu analizlerinin gerçekleştirilmesinde önemli bir veri kaynağı konumuna gelmiştir. Sayısal yükseklik modelinin uzantıları raster veri formatındadır. SYM arazi yüzeyini gerçeğe çok yakın oranda temsil eder. Bu gerçekliği yakalamak için SYM düzenli veya düzensiz aralıklarla toplanmış çok fazla yükseklik ölçüm değerlerinden oluşmaktadır. Kısacası sayısal yükseklik modeli, raster veri formatındaki her bir pikselin sahip olduğu yükseklik (kot) değerlerinin sürekli yüzeylere dönüştürülmesi ile elde edilir.

Araştırma alanımız olan seydisuyu havzasının SYM'si, 111 adet 1/25.000 ölçekli topografik vektör harita kullanılarak çıkartılmıştır, havzaya ait sayısal yükseklik modeli Şekil 5.1. 'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Sayısal Yükseklik Modelinde oluşan boşluk hatası.

Yüzey akışını engelleyecek bu tür kusurlar ortadan kaldırılmaz ise araştırma sahasında gerçekleştirilecek analizlerden doğru sonuçlar almak pek mümkün olmayacaktır. Doğru sonuçlar elde edebilmek için analizlere başlamadan önce mutlaka boşlukları doldurma işlemi yapılması gerekmektedir. Boşlukları doldurma fonksiyonu modeldeki kusurlu yapıyı onarmak için yükseklik değerlerini tekrardan revize eder (Şekil 5.3).



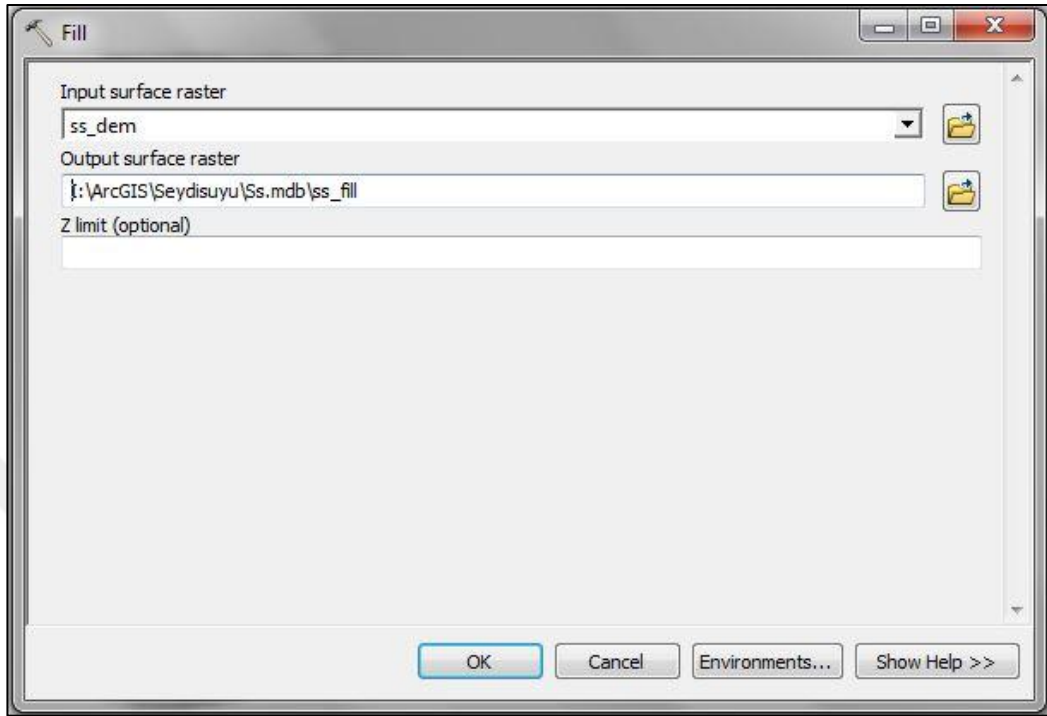
Şekil 5.3. SYM'de ki boşlukların doldurulması.

Boşlukları doldurmak için ArcGIS yazılımında kullanılacak olan işlem sırası aşağıdaki gibidir.

- ArcToolbox→Spatial Analyst→Hydrology→Fill komutu işlenir.

Gerçekleştirilen bu komut dizini sonucu aşağıdaki şekilde gösterilen pencere ekrana gelmektedir (Şekil 5.4). Gerekli veriler uygulamada karşımıza çıkan bu pencereye işlendikten sonra OK düğmesine basılarak boşlukları doldurma işlemi başlatılmış olur.

Fill işlemi tamamlandığında boşlukları doldurulmuş kusurları giderilmiş yeni SYM harita katmanına eklenmiş olur.



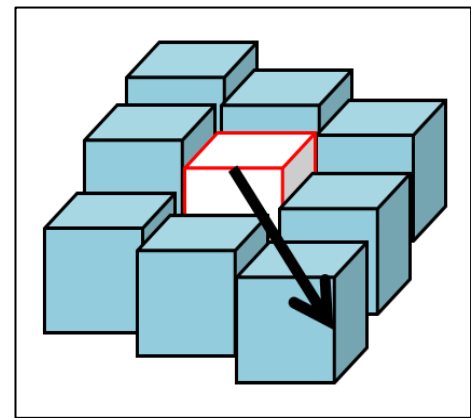
Şekil 5.4. Boşluk hatasını doldurulma işlemi.

5.3.2. Akım yönünü belirleme (flow direction)

Akım yönü belirleme işlemi ile kusurları onarılmış SYM'deki raster piksellerindeki yükseklik (kot) değerleri incelenerek akım yönü hesaplanmaktadır. Pikselde yer alan kot ölçümleri, bu piksele komşu 8 pikseldeki yükseklik değeri en yüksek olandan en düşük olana doğru su akım yönünü göstermektedir (Şekil 5.5 a,b).

75	67	58
61	57	44
69	66	35

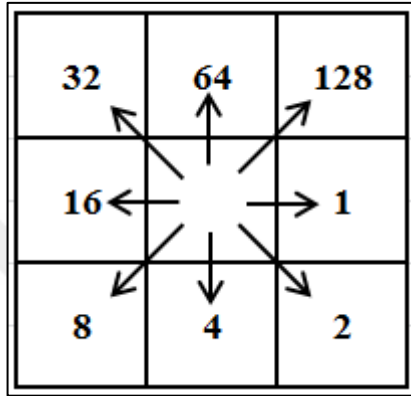
a)



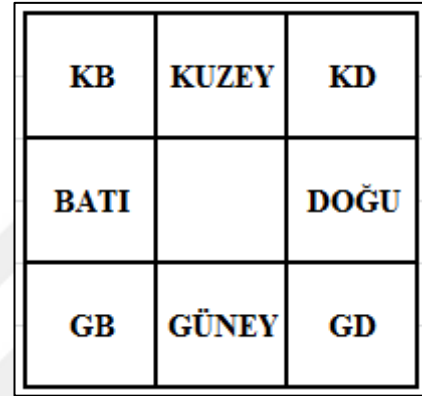
b)

Şekil 5.5. Su akış yönü.

ArcGIS 10.0 yazılımında akım yönünü bilgisayarlarda gösterebilmek için “8 yönlü akım modeli” kullanılmaktadır. 8 yönlü akım modelinde akım yönünü ifade edebilmek için ArcGIS yazılımında yönler eşdeğer olacak sayısal ifadeler kullanılmaktadır (Şekil 5.6 a,b). Örnek vermek gerekirse, bir pikselde bulunan akımın doğu yönünde olduğunu göstermek için 1, güneydoğu yönünde olduğunu göstermek için ise 2 kullanılır.



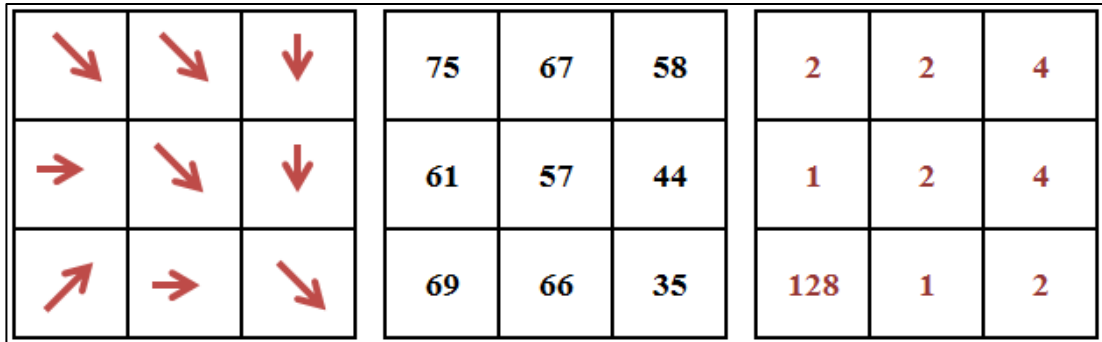
a)



b)

Şekil 5.6. Sekiz yönlü akım modeli.

Akım yönünü bulmak için anlatılan açıklamaya göre; aşağıdaki Şekil 5.7. b’de piksellere atanan kot değerleri, Şekil 5.7.a’da kot değerlerine göre oluşan akım yönleri ve Şekil 5.7.c’de ise oluşan akım yönlerinin ArcHydro modülünde kodlaması görülmektedir.



a)

b)

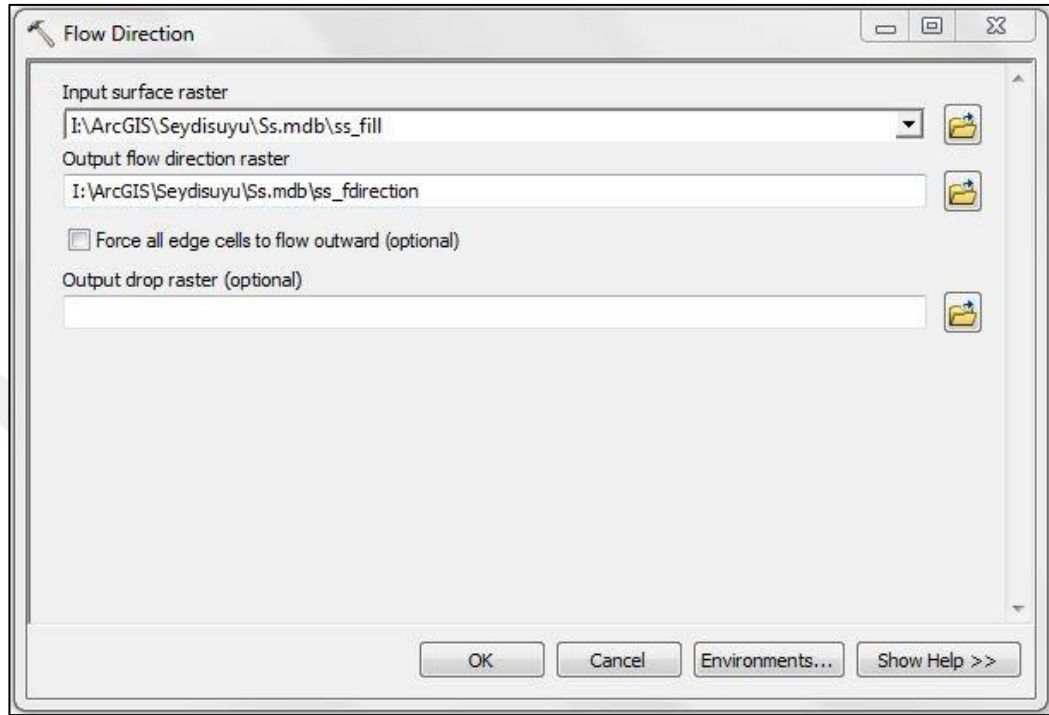
c)

Şekil 5.7. Akım yönünün ArcHydro modülündeki ifadesi.

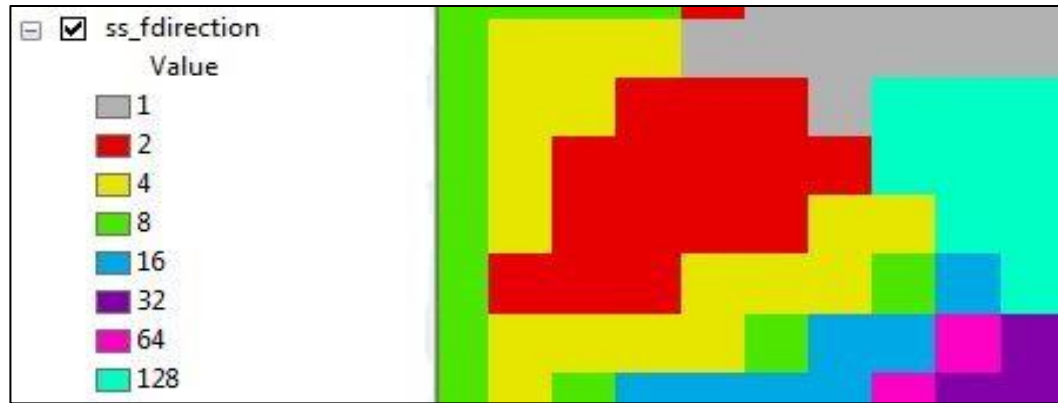
Akım yönünü belirlemek için ArcGIS yazılımında kullanılacak komut dizesi aşağıdaki gibidir. Bu komut dizesi takip edildiğinde aşağıdaki şekilde görünen işlem penceresi ekrana gelmektedir (Şekil 5.8). Gerekli doneler bu pencereye işlendikten sonra OK düğmesine basılarak akım yönünü belirleme işlemi başlatılır. Akım yönünü

belirleme işlemi tamamlandığında Flow Drection (Akım Yönü) verisi harita katmanına eklenir (Şekil 5.9).

- ArcToolbox→Spatial Analyst→Hydrology→Flow Direction komutu seçilir.



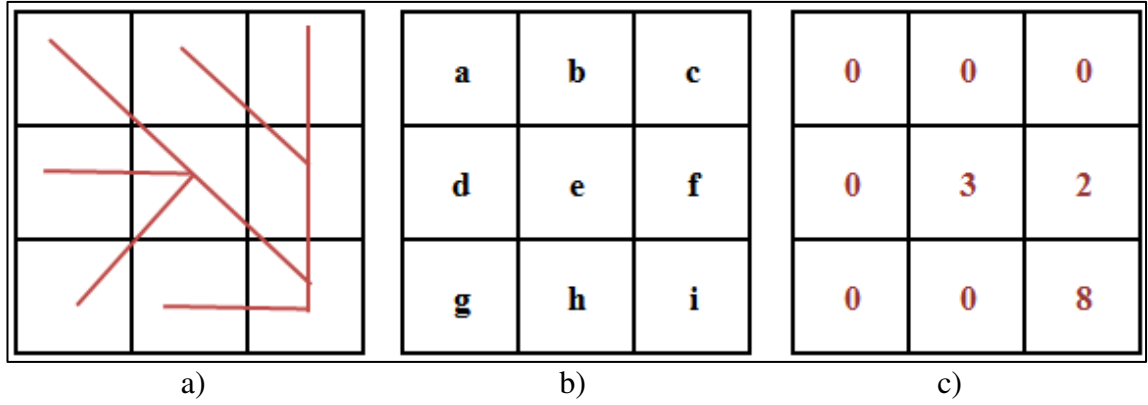
Şekil 5.8. Akım yönü belirleme fonksiyonu girdi ve çıktıları.



Şekil 5.9. Akım yönü katmanı.

5.3.3. Kümülatif akım hesaplama (flow accumulation)

Kümülatif akım hesaplamada bir piksele ait su toplama alanında bulunan hücre sayısının toplamını kullanılır. Böylelikle su toplama alanı ve nehir yan kolları ortaya çıkmaya başlar. ArcGis yazılımında yakınlaştırma yapılarak ortaya çıkan su toplama alanları ve nehir yan kolları görülebilir hala gelir.

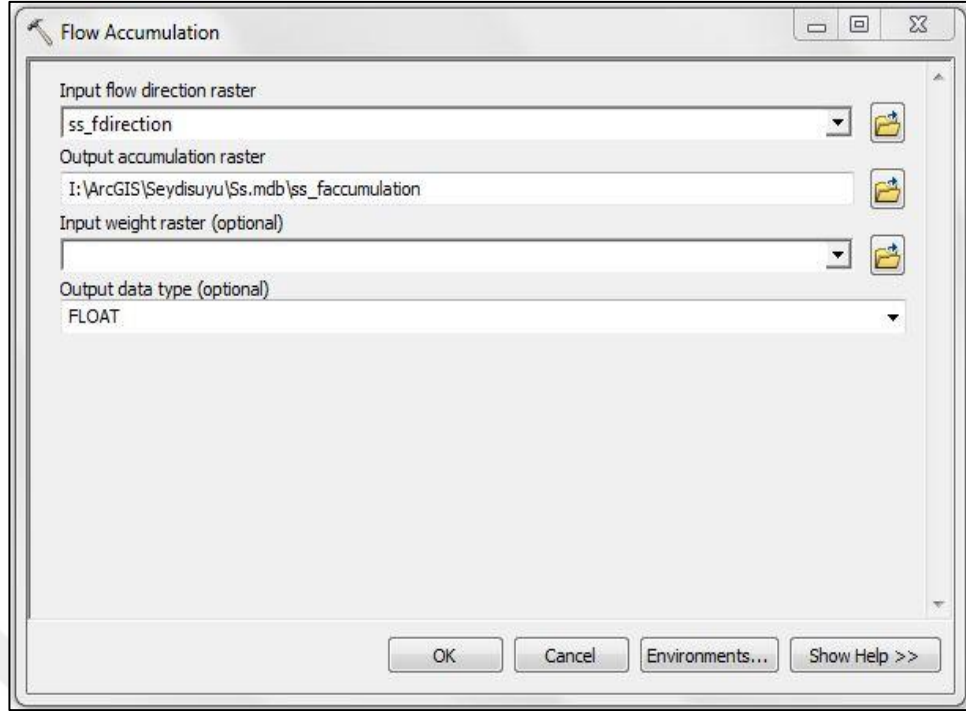


Şekil 5.10. Kümülatif akım yönü.

Şekil 5.10a'da akım doğrultusunda veri katmanına uyum sağlayan hücreler arasındaki akım ilişkileri görülmektedir. a, b, c, d, g ve h hücrelerine (Şekil 5.10b) doğru akım gerçekleşmeyeceğinden bu hücrelere program tarafından 0 değeri verilir. e hücresine 3 hücreden (a, b ve d hücreleri), f hücresine ise 2 hücreden (b ve c hücreleri) akış gerçekleşir. i hücresine ise en düşük kot farkına sahip olduğu için 8 hücreden akış gerçekleşir. Kot farkından yarattığı bu durum vasıtasıyla su toplama alanında kalan hücre sayıları belirlenmiş olur (Şekil 5.10c).

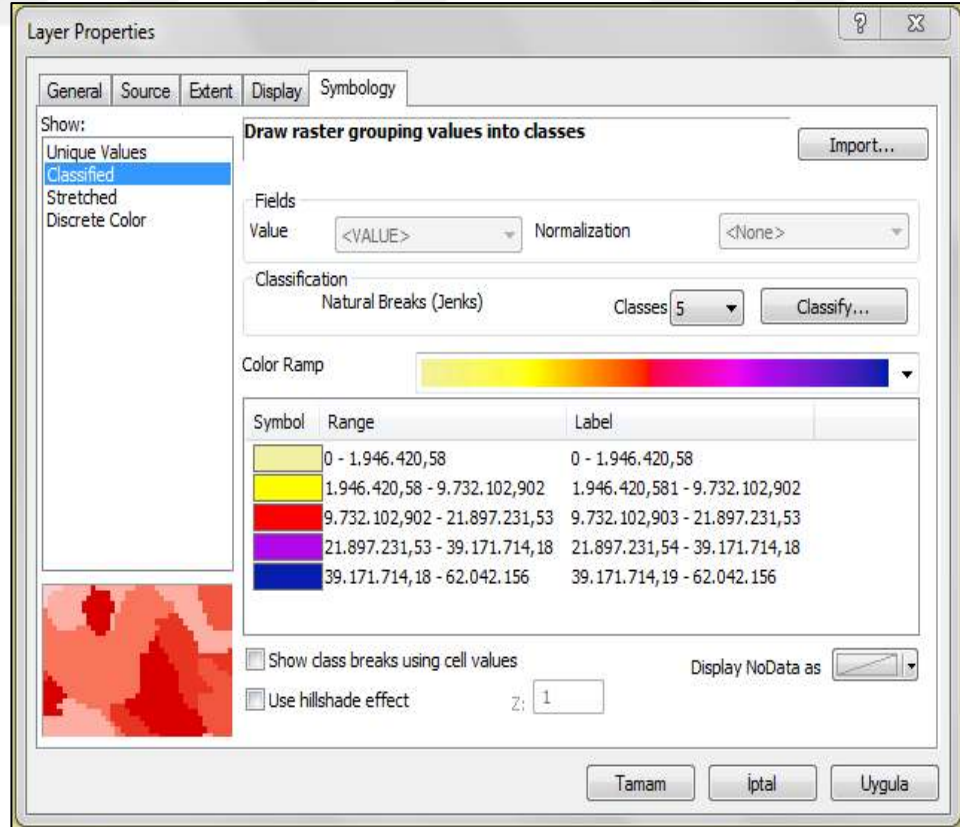
Kümülatif akım hesapları yapabilmek için ArcGIS yazılımında kullanılacak komut dizesi aşağıdaki gibidir. Bu komut dizesi takip edildiğinde aşağıdaki şekilde görünen işlem penceresi ekrana gelmektedir (Şekil 5.11). Gerekli veriler bu pencereye girildikten sonra OK düğmesine basılarak kümülatif akım hesaplama işlemi başlatılır. Kümülatif akım hesaplama işlemi tamamlandıktan sonra Flow Accumulation (Kümülatif Akım) verisi harita katmanına eklenir.

- ArcToolbox→Spatial Analyst→Hydrology→Flow Accumulation komutu seçilir.



Şekil 5.11. Kümülatif akım hesaplama.

Memba ve mansap arasındaki ilişkiyi daha net gözlemleyebilmek için semboloji sekmesinden renk sınıflandırması yapılır (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Kümülatif akım katmanı semboloji ayarları.

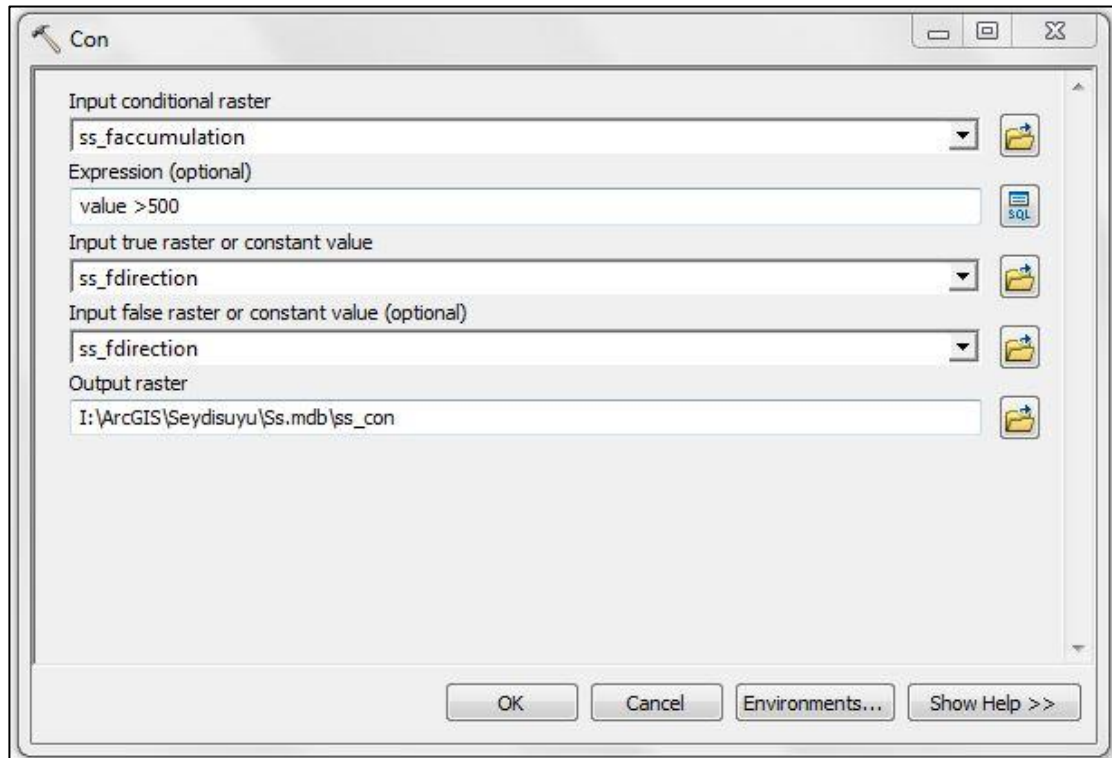
Veri tabanına eklenen haritada, membadan mansaba doğru renk skalasının belirlediği açık tonlu renklerden koyu tonlu renklere doğru su toplama alanı büyüklüğüne bağlı olarak değişen bir akım gözlemlenebilir (Şekil 5.12).

5.3.4. Kümülatif akımın iyileştirilmesi (con)

Kümülatif akım hesapları sonucu ortaya çıkan nehirlerin harita üzerinde daha düzgün ve keskin bir şekilde görülmesi için SYM’de ki haritaların piksel boyutuna bağlı olarak tekrar iyileştirilmesi gerekir. Bu iyileştirmenin yapılması için “con” yani “conditional” komutu kullanılmış ve deneme yanılma metodu ile 500’den büyük değerler hesaplarımıza katılmıştır. Hücre değeri 500’den büyük olan değerleri renk olarak farklı sınıflandırma yapacak ve hücresel boyutta nehir çizgilerine ulaşmak için daha düzgün bir raster elde edilmiştir.

Con işlemi için ArcGIS yazılımında kullanılacak olan komut dizesi aşağıdaki gibidir. Bu komut dizesi uygulandığında aşağıdaki şekilde gösterilen pencere ekrana gelmektedir (Şekil 5.13).

- ArcToolbox→Spatial Analyst→Hydrology→Con komutu seçilir.



Şekil 5.13. Kümülatif akım iyileştirme.

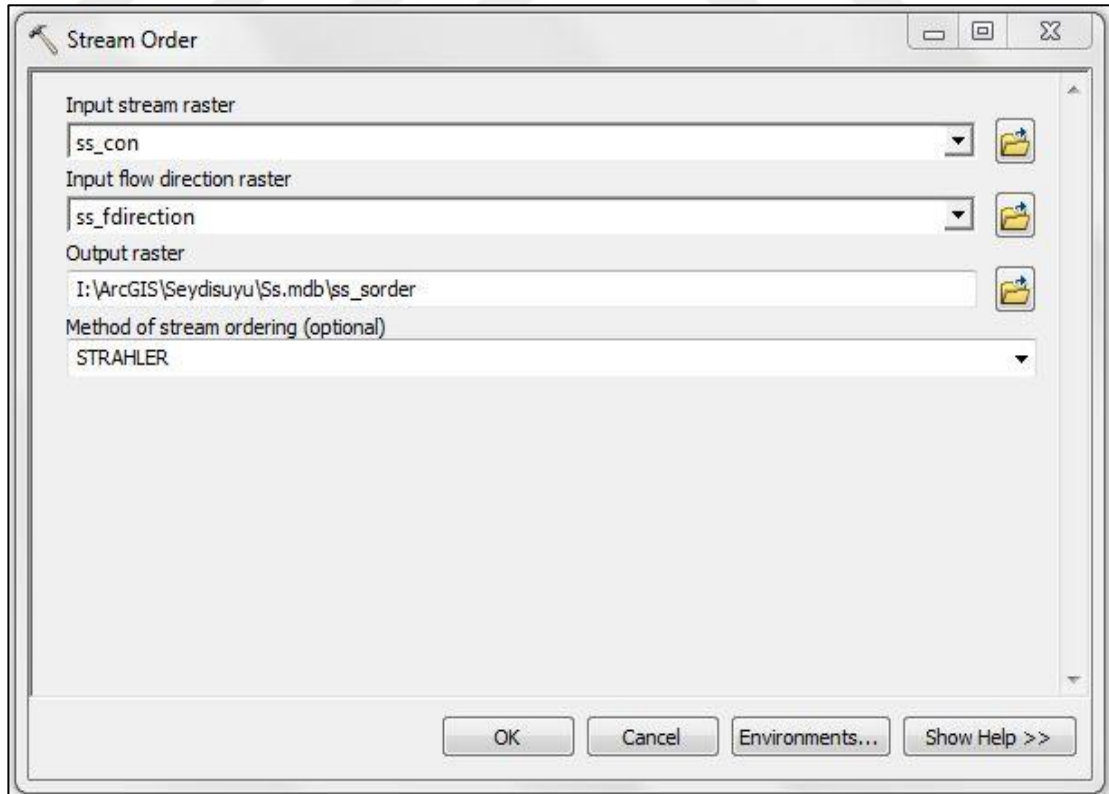
Tüm veriler işlendikten sonra OK düğmesine basılarak işlem başarı ile tamamlanır. İşlem sonucunda Con verisi harita katmanına eklenir.

5.3.5. Nehirlerin düzenlenmesi (stream order: akarsu mertebesi)

Nehirlerin düzenlenmesi için bir önceki adımda oluşturduğumuz Con haritası kullanılır. Conditional haritası 500'den büyük piksel değerlerinin tek renk olduğu haritadan çizgisel veriler elde ettiğimiz bir haritadır. Detaylı bir inceleme yapıldığında Con haritası doğrusal numaralanmış piksel verilerinde çizgisel ağlanma gösteren bir yapı ortaya çıkmıştır.

Nehirlerin düzenlenmesi için ArcGIS yazılımında kullanılması gereken komut dizini aşağıdaki gibidir. Bu komut dizisi işlendiğinde aşağıdaki işlem pencere açılır. Açılan pencerede gerekli veriler girilip OK tuşuna basıldığında Stream Order işlemi başlatılır. Bu işlem tamamlandığında Stream Order (Nehir Düzenleme) verisi harita katmanlarına eklenir (Şekil 5.14).

- ArcToolbox→Spatial Analyst→Hydrology→Stream Order komutu işlenir.



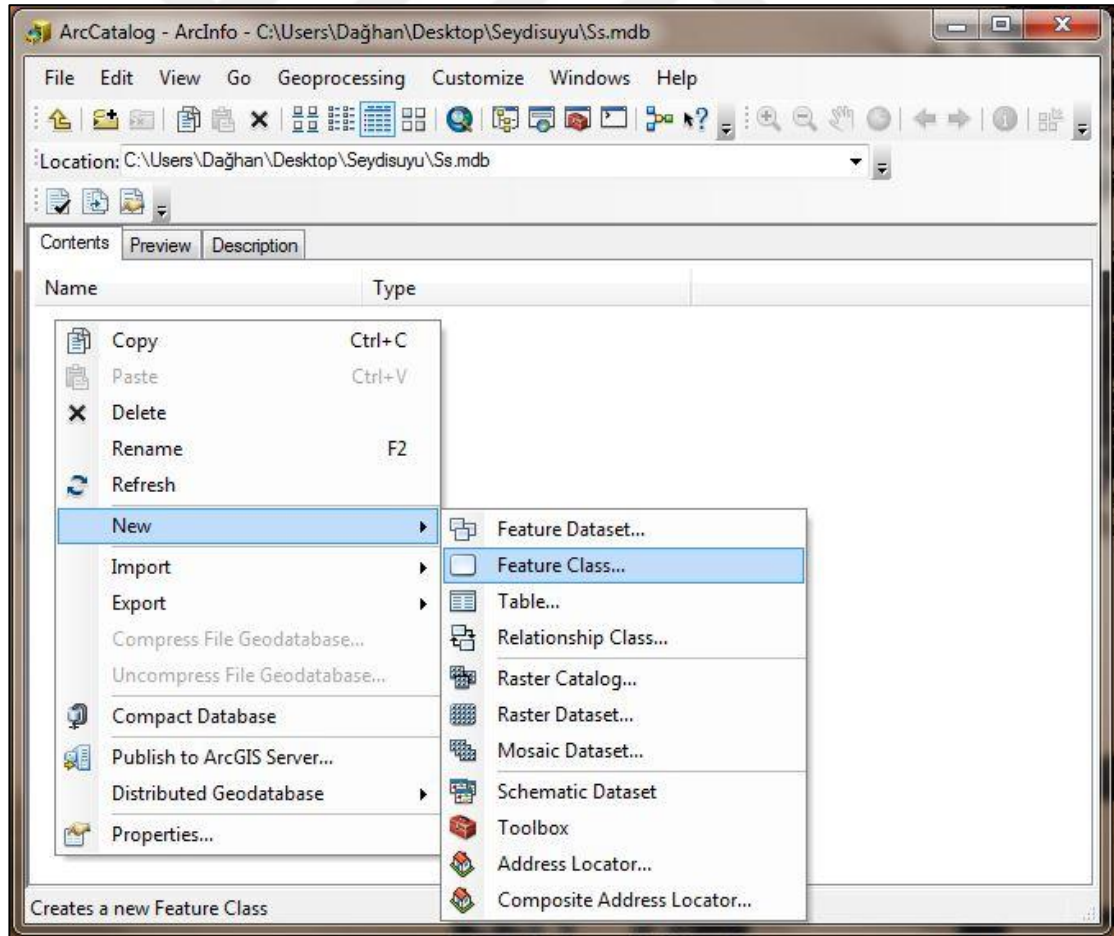
Şekil 5.14. Nehir düzenlenmesi işlem ekranı.

5.3.6. Drenaj noktası belirleme

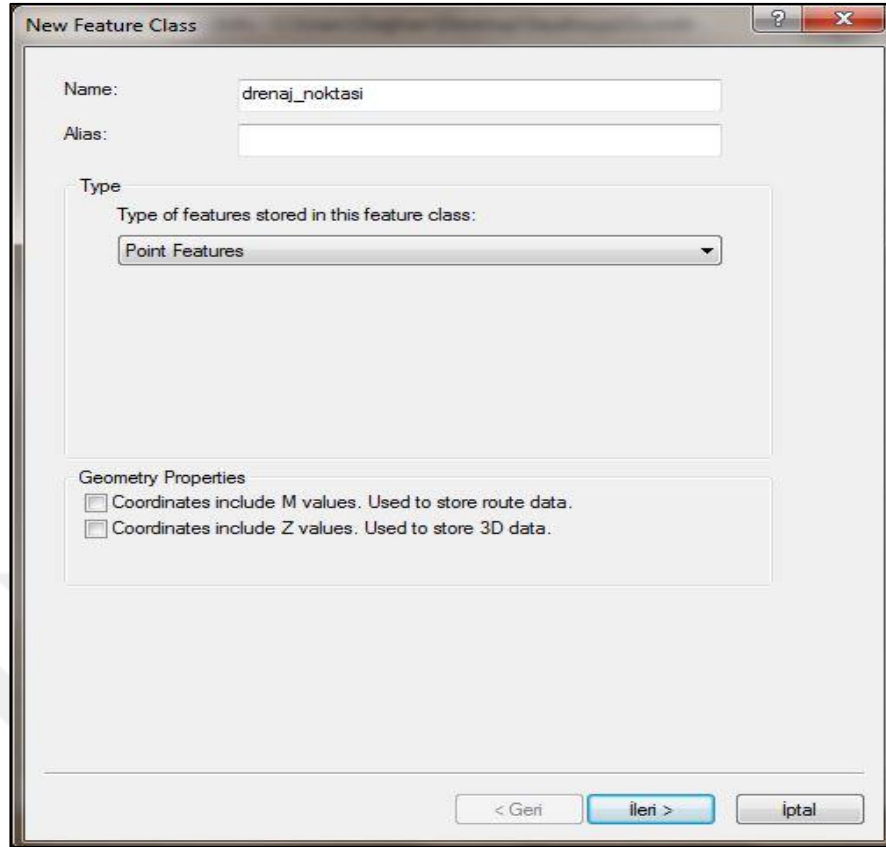
Açık havzalar suyunu, bir göl, deniz veya bir başka havzaya ileten havzalardır. İşte havzanın, tam çıkış noktasını tanımlamak ve havza alanını belirlemek için drenaj noktasını belirlemek gerekiyor. Bu drenaj noktasının, akarsuyun, tam havza çıkış noktasını terk ettiği nokta üzerine konulması gerekir. Programda, drenaj noktasını belirlemek için, ArcCatalog yazılımı yardımıyla aşağıdaki adımlar takip edilerek drenaj noktası oluşturulur.

- ArcCatalog→Ss.mdb→New Feature Class→Point Feature

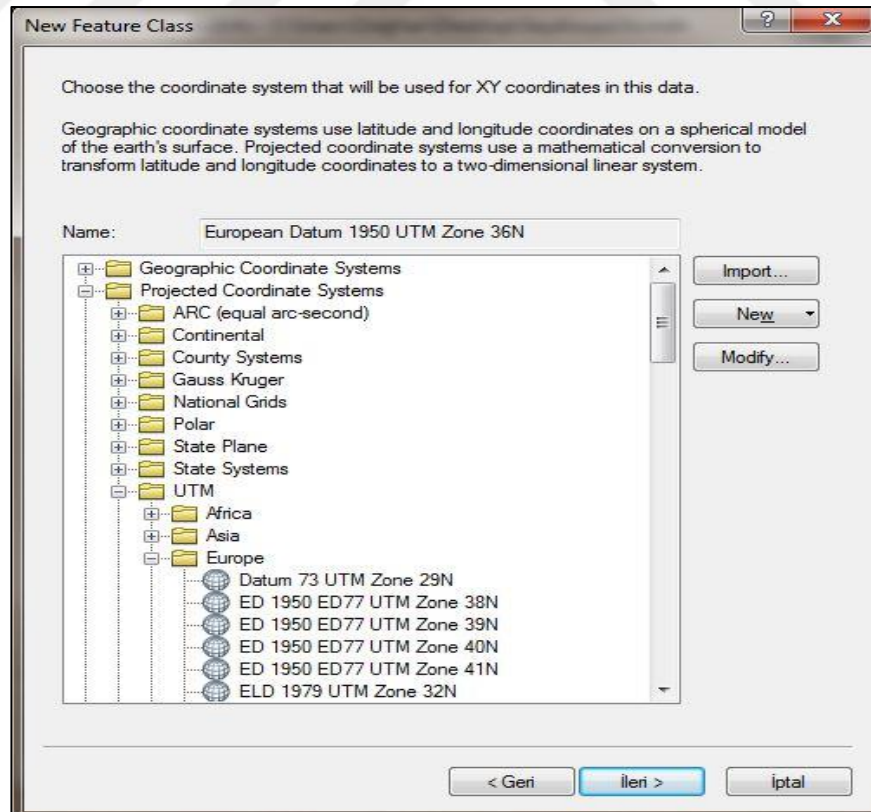
Oluşturduğumuz Point Feature dosyasına drenaj_noktası ismini veriyoruz ve ileri tuşa tıkladığımızda noktamıza havzamızın koordinat sistemini atıyoruz (Şekil 5.15-Şekil 5.18). Bu işlemler sonucu drenaj noktamız ArcGIS yazılımında Havza alanı çıkartmak için kullanıma hazır hale geliyor.



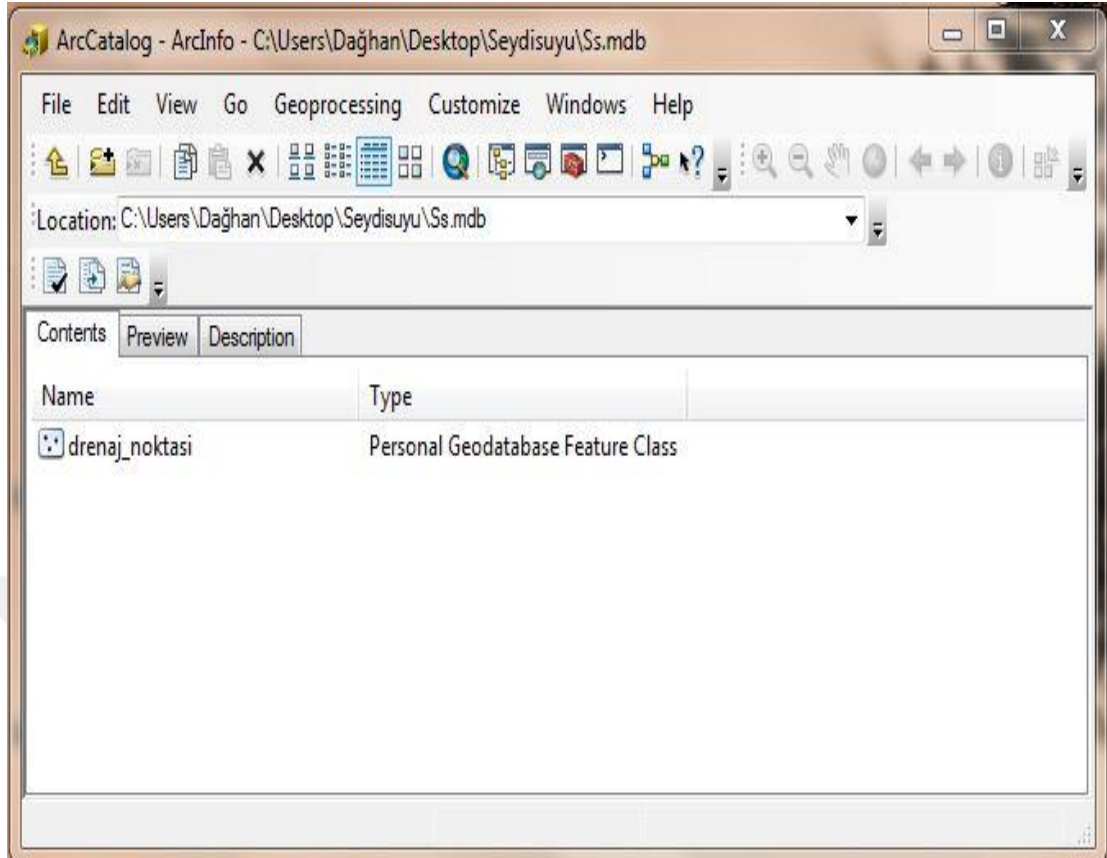
Şekil 5.15. Geometrik sınıflandırmaya başlama işlemi.



Şekil 5.16. Nokta geometrisi oluşturma.



Şekil 5.17. Belirlenen noktaya koordinat sistemi ekleme.



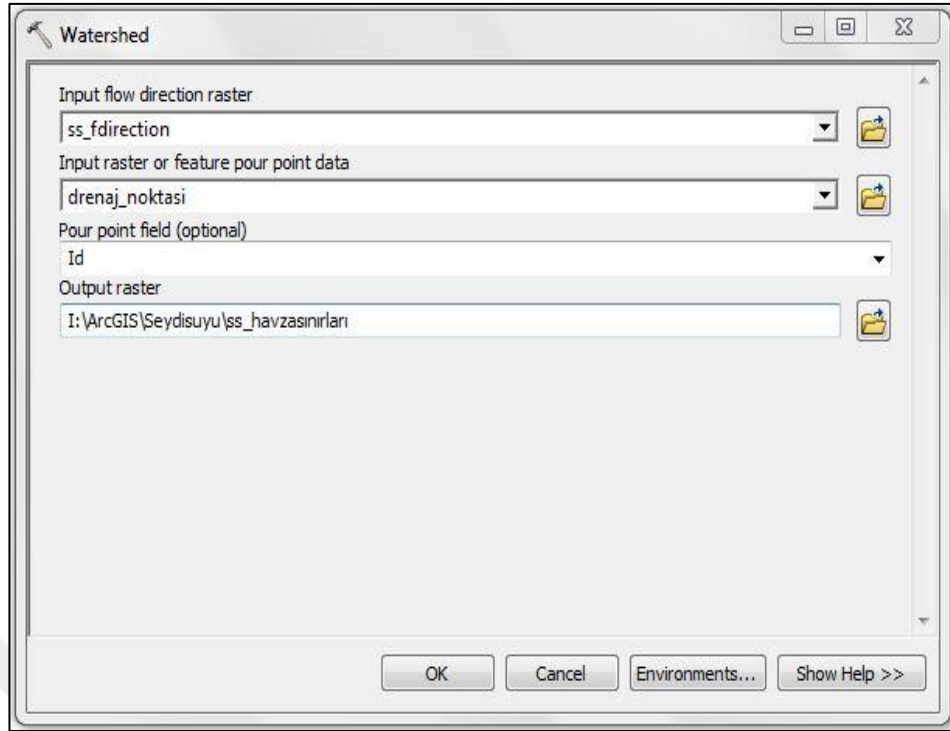
Şekil 5.18. Drenaj noktası belirleme.

5.3.7. Seydisuyu havzasına ait hidrolojik havza sınırlarını çıkarma (watershed)

ArcCatalog da oluşturulan drenaj noktası havza sınırlarını oluşturabilmek için ana akarsu kolu üzerine konulmuştur.

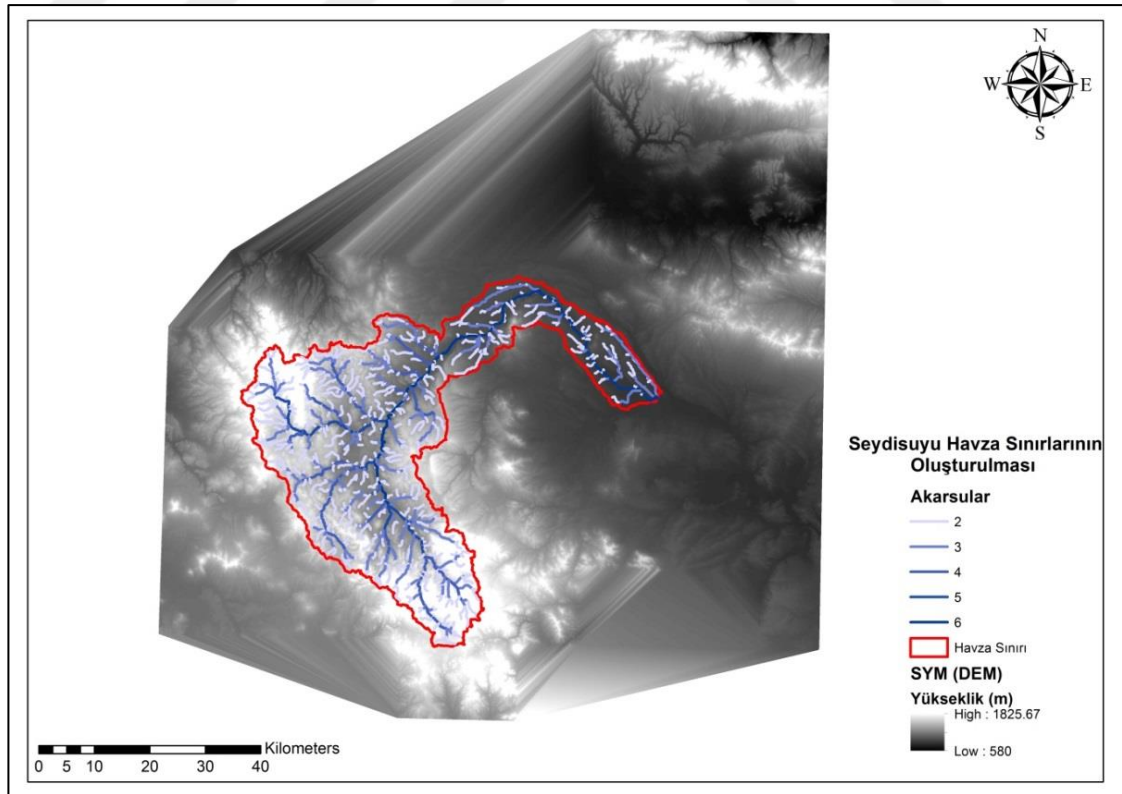
Havza sınırlarını çıkarmak için ArcGIS yazılımında kullanılacak olan komut satırı aşağıdaki gibidir. Bu komut dizini takip edildiğinde aşağıdaki şekilde gösterilen işlem penceresi ekrana gelmektedir (Şekil 5.16). Gerekli veriler bu pencereye işlendikten sonra OK düğmesine basılarak işlem başlatılır. İşlem tamamlandıktan sonra Watershed (Havza) verileri harita katmanına eklenir.

- ArcToolbox→Spatial Analyst→Hydrology→Watershed komutu seçilir.



Şekil 5.19. Havza belirleme veri girişi işlemi.

ArcToolbox'ta yaptığımız tüm işlemler sonucu seydisuyu havzasına ait sayısal yükseklik modeli, havza sınırı ve akarsular Şekil 5.17 'de görülmektedir.



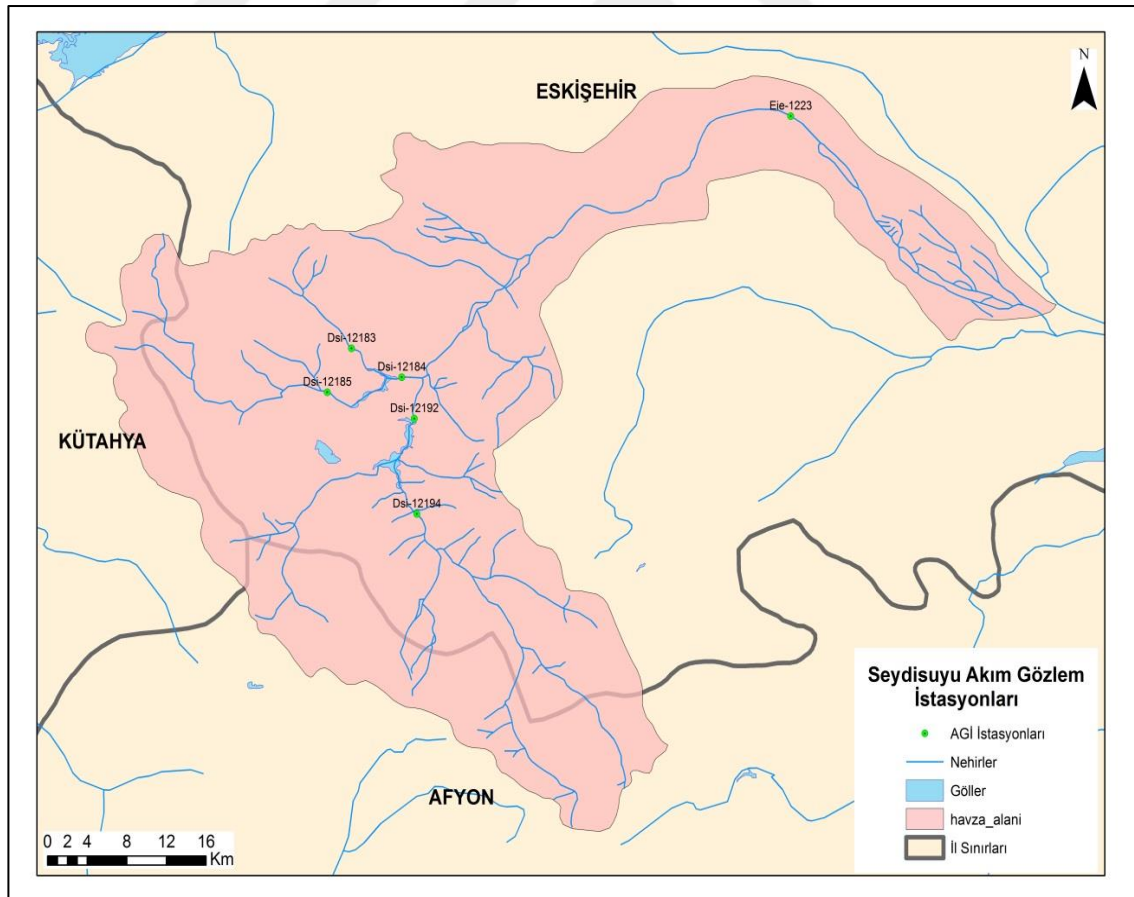
Şekil 5.20. Seydisuyu havzası.

6. SEYDİSUYU HAVZASININ HİDROLOJİK VE METEOROLOJİK ÖZELLİKLERİ

6.1. Seydisuyu Havzasının Hidrolojik Özellikleri

6.1.1. Akım gözlem istasyonları

Seydisuyu havzasının yüzeysel toplam su potansiyelini (kümülatif su miktarını) belirlemek için havzanın, ana akarsu ve yan kolları üzerinde bulunan akım gözlem istasyonlarının (AGİ) kayda geçtiği akım değerlerini kullanmak gerekir. DSİ 3. Bölge Müdürlüğü'nden alınan ve halen ölçüm yapmakta olan AGİ'ler Şekil 6.1.'de gösterilmiştir. Bu Akım Gözlem İstasyonlarının (AGİ) konumları, koordinatlarına göre girilerek, harita üzerinde gösterilmiştir. Çizelge 6.1.'de ise havzada bulunan AGİ'lerin koordinatları, havza alanı ve ölçüm yılları gibi özellikleri, Topluca Çizelge 6.1'de, verilmiştir.



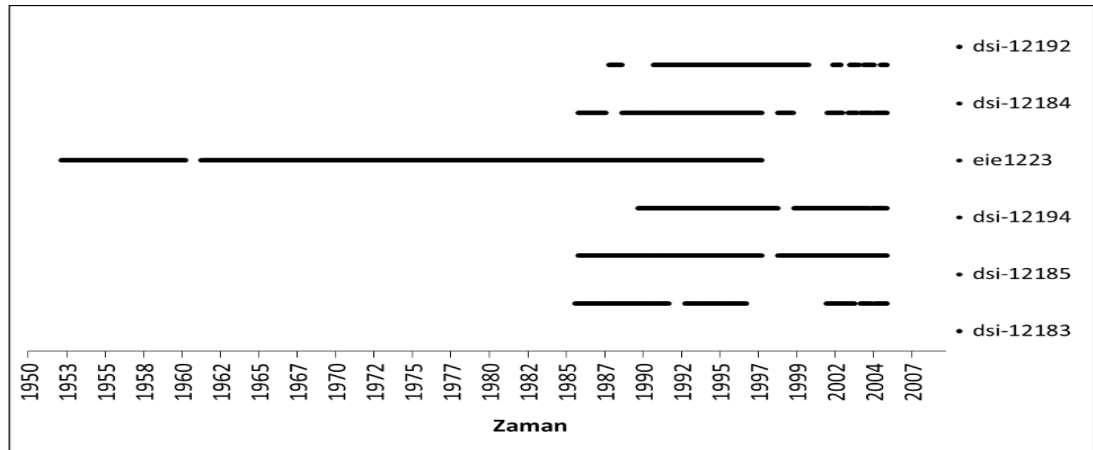
Şekil 6.1. Seydisuyu havzasındaki akım gözlem istasyonları (Bakış ve Bayazıt, 2015).

Çizelge 6.1. AGİ'lerin özellikleri (Bakış ve Bayazıt, 2015).

İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinatı	Kotu (m)	Havza Alanı (km ²)	Yıl Sayısı
DSİ-12183	Keçeliözü Deresi-Göknebi	39,38087 D 30,527388 K	2032	94.85	19
DSİ-12184	Kunduzlar Barajı-Baraj Çıkışı	39,357504 D 30,57312 K	1857	406	19
DSİ-12185	Akın Deresi-Gemiş	39,345341 D 30,505288 K	1742	218.23	19
DSİ-12192	Çatören Barajı-Çıkış	38,7268 D 31,0477 K	1005	712	17
DSİ-12194	Haramidere-Karaören	39,247166 D 30,586776 K	1045	517	15
EİE-1223	Seydisuyu-Hamidiye	39,568634 D 30,926998 K	895	1636.3	44

6.1.2. Akım gözlem istasyonlarındaki eksik akım verilerinin tamamlanması

Devlet Su İşlerinden alınan akım gözlem istasyonlarına ait akım verileri incelendiğinde eksik veriler gözlemlenmiştir. AGİ'ler de oluşabilecek işlevsel hatalar, bu veri eksikliğine sebep olmuştur. Elimizde bulunan verilerin eksikliğinden dolayı gerçekleştirdiğimiz çalışmada uzun yılları içeren akım verilerinde doğru sonuçlar elde edilemeyeceği görülmüştür. Doğru sonuçlara ulaşabilmek için eksik akım verileri; istatistiksel yöntemler olan korelasyon ve regresyon yöntemleri kullanılarak tamamlanmıştır. Şekil 6.2.'de AGİ'lerin akım ölçümünün yapamadığı ve eksik yıllara ait verilerin olduğu yıllar, bir arada gösterilmiştir.

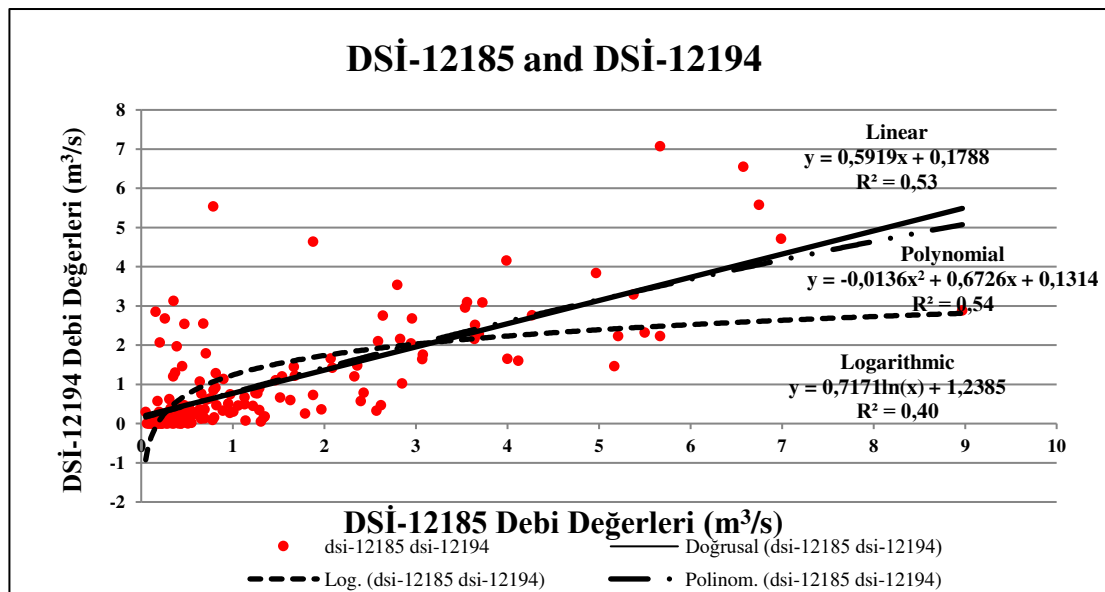
**Şekil 6.2.** AGİ'lerin ölçüm yılları.

Şekil 6.2.'de görülen eksik akım ölçümlerinin bulunduğu yıllardaki değerler AGİ'ler arasında istatistiksel yöntemler, korelasyon ve regresyon yöntemleri kullanılarak tamamlanmıştır. İstatistiksel ilişkiyi bulmak için ilk olarak AGİ'ler arasında korelasyon matrisi oluşturulmuştur (Şekil 6.3.). Korelasyon matrisine göre AGİ'ler arasındaki istatistiksel değerlerin mutlak değerce 1'e yakın olanları seçilmiştir. Çünkü Korelasyondaki, R^2 değerinin 1'e yakın çıkması, iki istasyon arasında iyi bir ilişki olduğunu göstermektedir. Daha sonrasında bu istasyonlar için regresyon analizleri yapılmıştır.

	<i>dsi-12183</i>	<i>dsi-12185</i>	<i>dsi-12194</i>	<i>eie-1223</i>	<i>dsi-12184</i>	<i>dsi-12192</i>
<i>dsi-12183</i>	1					
<i>dsi-12185</i>	0,452886	1				
<i>dsi-12194</i>	0,52006	0,729207	1			
<i>eie-1223</i>	0,476829	0,417583	0,458892	1		
<i>dsi-12184</i>	0,319158	0,086062	0,249459	0,349014	1	
<i>dsi-12192</i>	-0,06292	-0,34911	-0,17548	-0,08732	0,353843	1

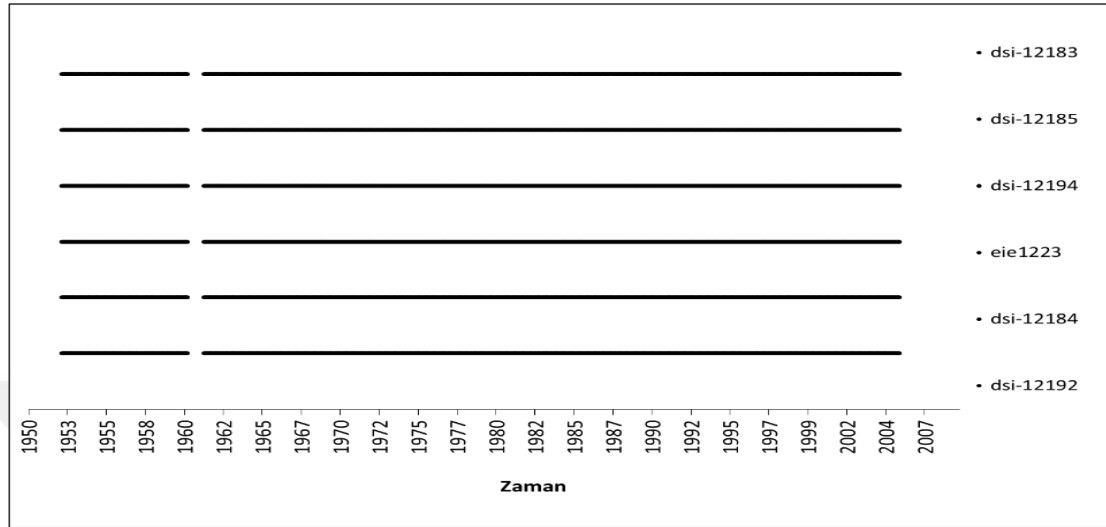
Şekil 6.3. AGİ'ler arasındaki korelasyon matrisi.

Regresyon analizleri sonucu istasyonlar arası matematiksel ilişkiyi gösteren R^2 değerleri bulunmuştur. R^2 değeri en yüksek iki istasyon arasındaki matematiksel ilişkiye göre en iyi denklem seçilerek, eksik veriler o istasyon için tamamlanmıştır (Şekil 6.4.). Aşağıda, DSİ12185 numaralı istasyon için ilgili istatistiksel denklemlerin bulunması ve R^2 'leri gösterilmiştir.



Şekil 6.4. İki istasyon arasındaki matematiksel ilişki.

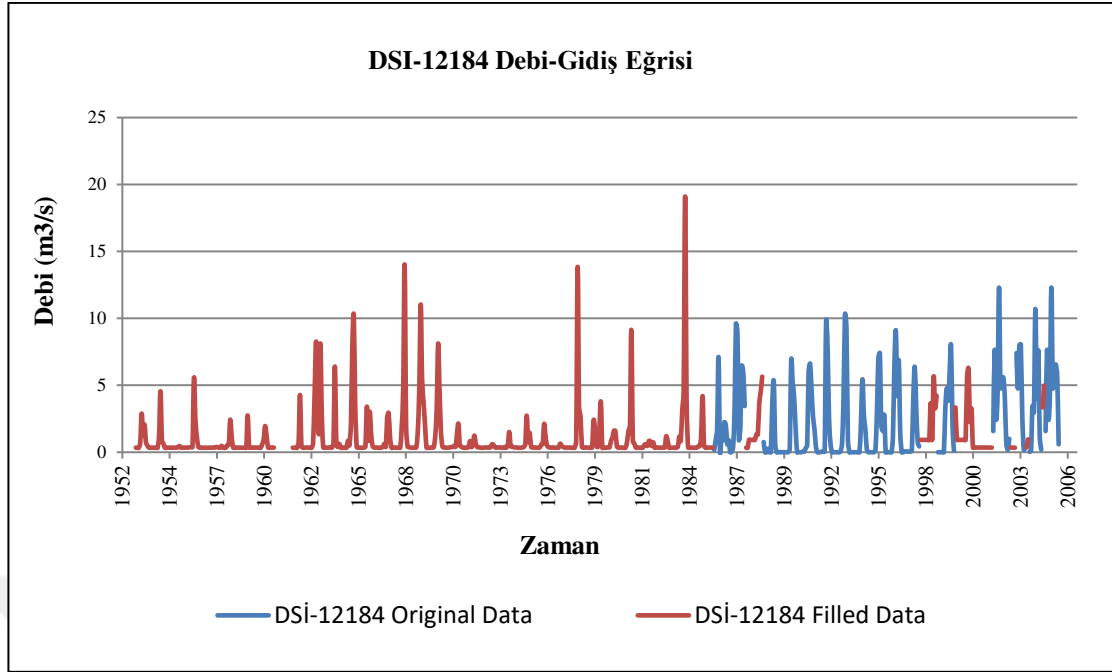
Daha önce verilen ve eksik dataları gösteren, Şekil 6.2'deki eksik veriler grafiği, istatistiksel korelasyondan sonra, eksik veriler tamamlanmış ve Şekil 6.5'deki doldurulmuş yeni veri grafiği haline gelmiştir.



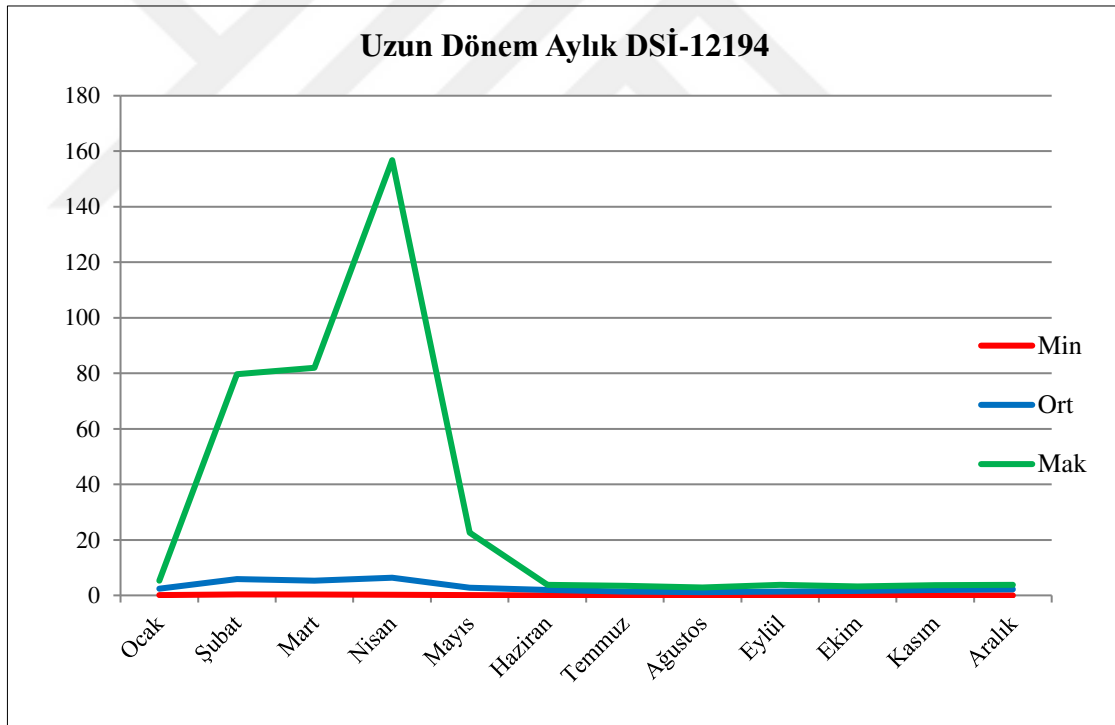
Şekil 6.5. Eksik akım verileri tamamlanmış AGİ'ler.

Şekil 6.5. detaylı incelendiğinde 1960-1961 yılı arasında bütün AGİ'ler de 1 yıllık akım verisinin ölçülemediği gözlemlenmiştir. 1960-1961 yılında, hiçbir istasyonda veri okunmadığı için, istasyonlar arasında, korelasyon kurulamaz. Bütün istasyonlarda 1960-1961 yılına ait 1 yıllık veri eksikliği, bütün istasyonların, aynı zamana ait debileri toplanmış ve ortalama değeri alınarak, o tarihe ait veri olarak yazılmıştır. Böylece, Şekil 6.5 de görülen 1 yıllık veri eksikliği tamamlanmıştır.

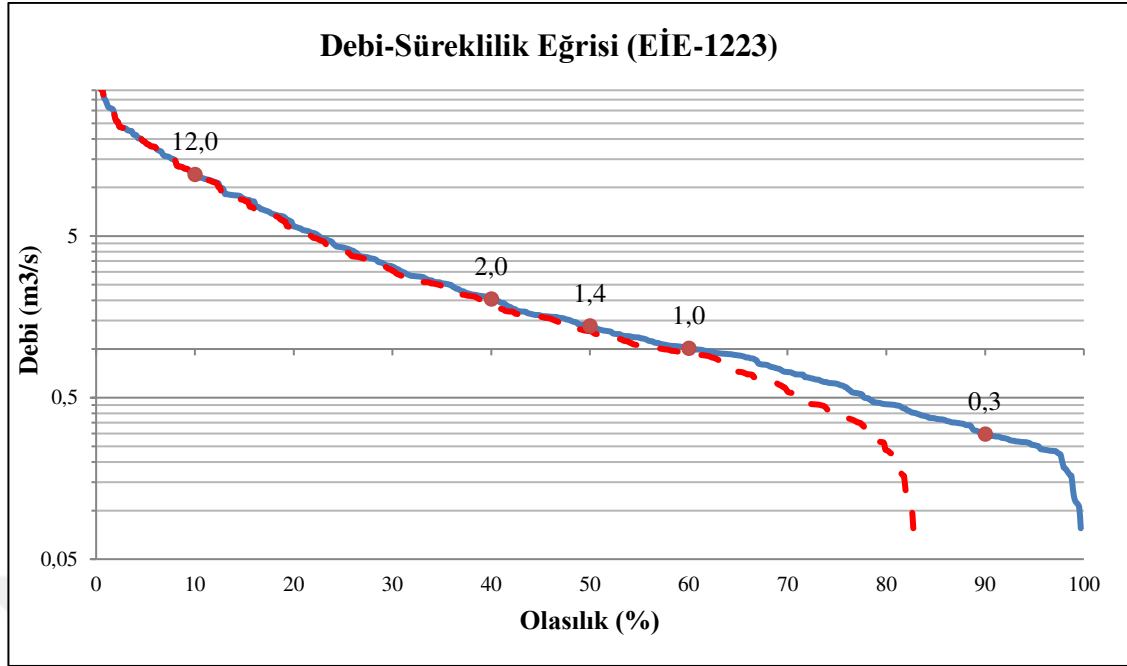
Havzamızda bulunan 6 adet AGİ'nin tüm akım verileri tamamlandığına göre AGİ'lere ait debi-gidiş grafiği, aylık ortalama, minimum ve maksimum grafiği, debi süreklilik grafiği çizilmiştir. Bu grafikler aşağıda sırasıyla Şekil 6.6, Şekil 6.7, ve Şekil 6.8'de gösterilmiştir.



Şekil 6.6. DSİ-12184'e ait debi-gidiş eğrisi.



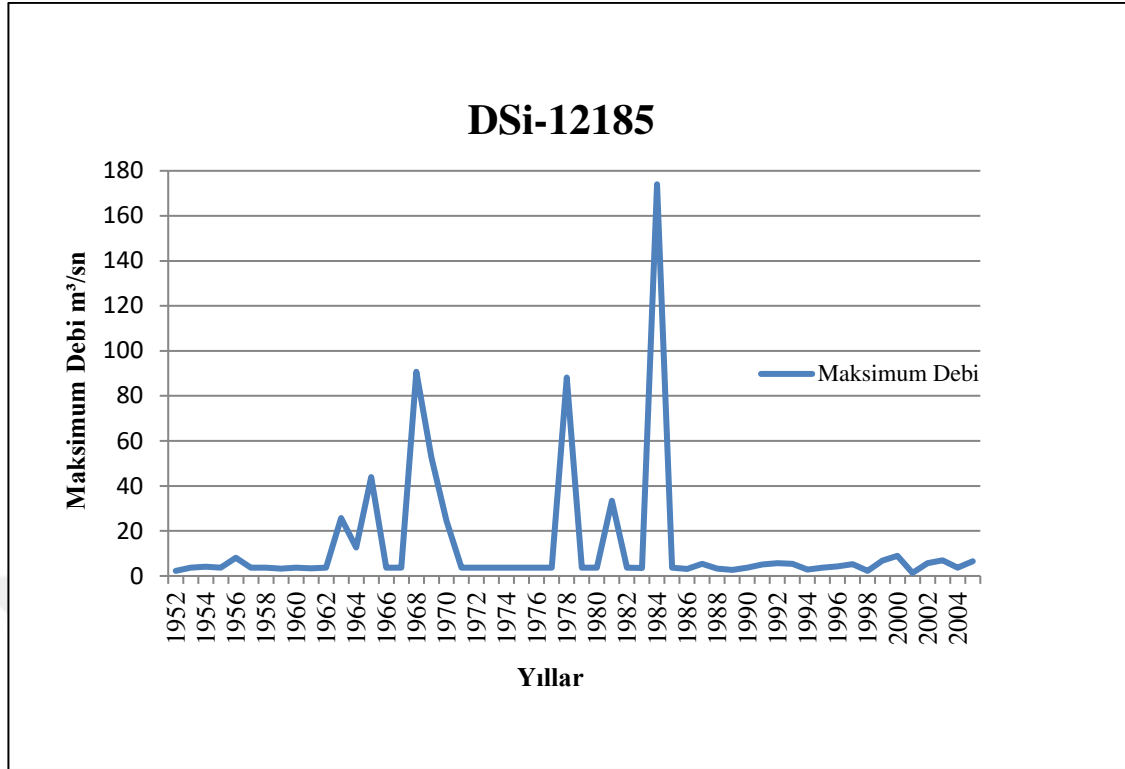
Şekil 6.7. DSİ-12194'e ait uzun yıllara ait aylık debi değerleri.



Şekil 6.8. EİE-1223'e ait debi süreklilik eğrisi.

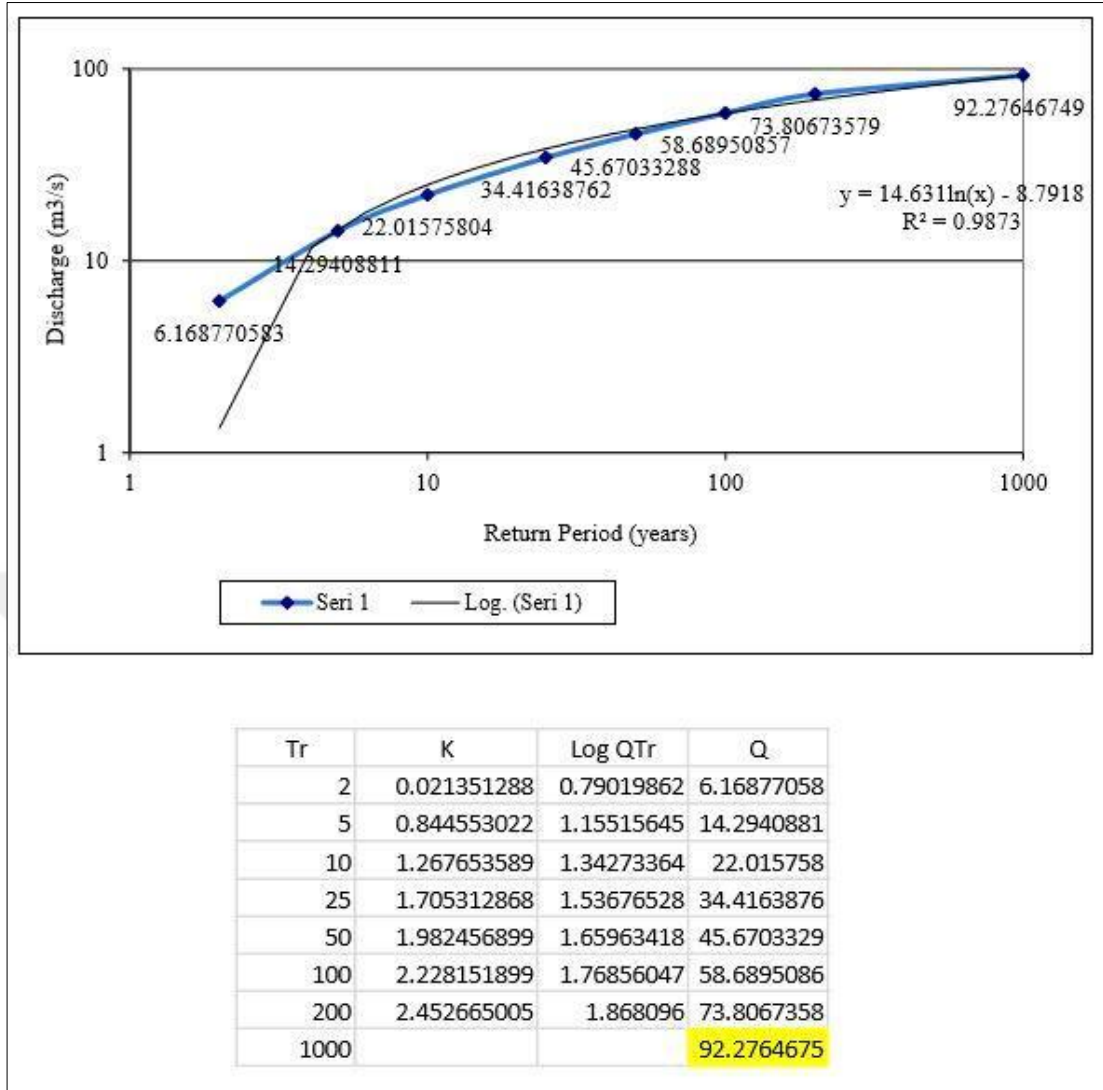
6.1.3. Taşkın büyüklüklerinin hesaplanması

Araştırma havzasındaki taşkın büyüklüklerini (taşkın debilerini) öngörebilmek için tüm AGİ'lerde ki, eksik verileri tamamlanmış debileri kullanılmalarıdır. Tamamlanmış uzun yıllara ait akım verileri Log Pearson Type 3 istatistiksel metoduna göre incelenmiştir. Çünkü verilerin dağılımı en iyi bu metoda, uymaktadır. Bu istatistiksel yönetime göre maksimum debilerin görüldüğü yıllar referans alınarak maksimum debi-zaman grafikleri oluşturulmuştur. Bu işlem, her bir akım gözlem istasyonu için ayrı ayrı yapılmıştır. Burada örnek olarak, DSİ-12185'e ait maksimum akımların, yıllara bağlı olarak, debi gidiş çizgisi, Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



Şekil 6.9. DSİ-12185 maksimum debilerin yıllara göre sıralanışı (debi-gidiş çizgisi).

Her bir istasyonda ölçülmüş olan (eksik bulunan debiler dahil) en büyük debiler ($Q_{\max}$) dikkate alınarak, her bir akım gözlem istasyonu için 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 1000 yıl tekerrürlü (yenilenmeli) taşkın debileri hesaplanmıştır. DSİ-12185 numaralı akım gözlem istasyonu için gerçekleştirilen çalışmada, Şekil 6.10'da bir örnek olarak verilmiştir.



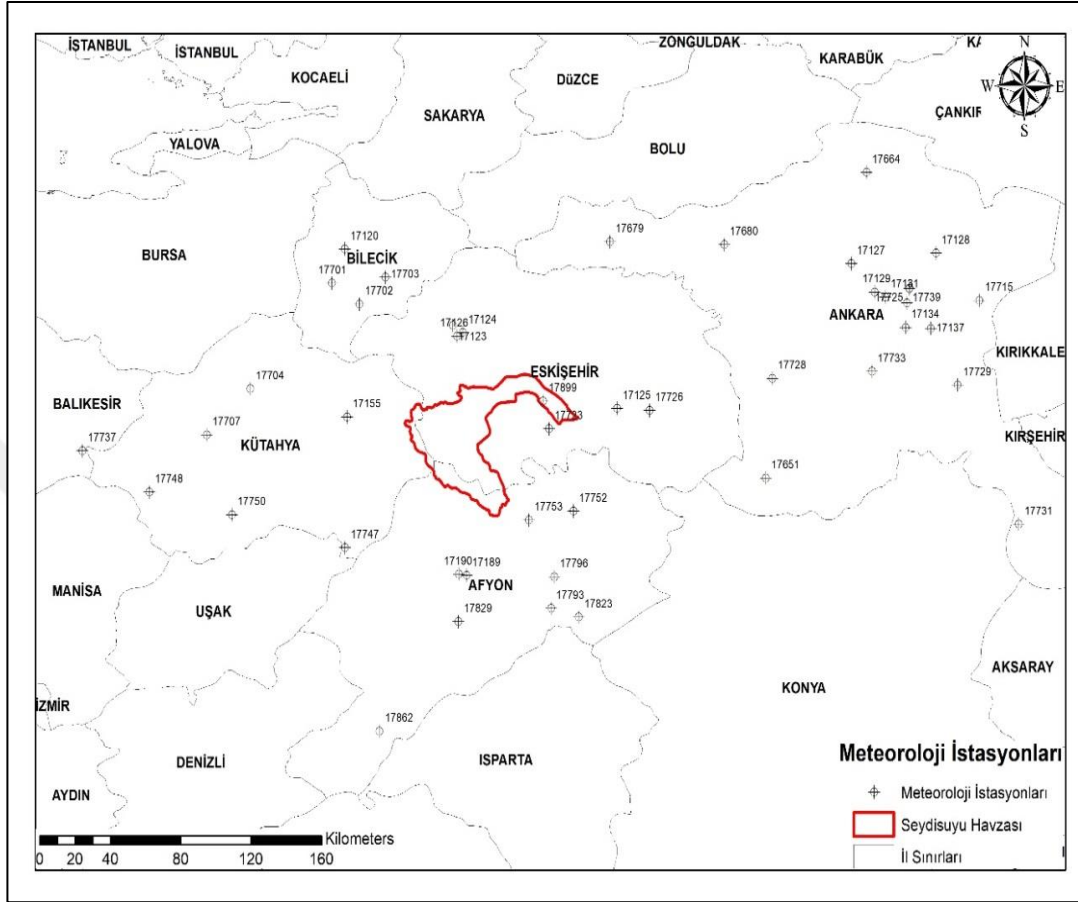
Şekil 6.10. Log Pearson Type 3 istatistiksel metoduna göre, DSI-12185 AGİ’de, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000 yıllık taşkın tekrerr periyotlarında oluşması beklenen debiler.

6.2. Seydisuyu Havzasının Meteorolojik Özellikleri

6.2.1. Meteoroloji istasyonları

Seydisuyu havzasına ait meteorolojik veriler, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden (DMİ) temin edilmiştir. Havzayı çevreleyen Eskişehir, Bilecik, Kütahya, Ankara ve Afyon illerinde bulunan Meteoroloji Gözlem İstasyonlarında (MGİ) yağış (mm), Sıcaklık (°C) ve buharlaşma (mm), rüzgâr, kar, vb. uzun yıllara ait, aylık ortalamalar, alınmıştır. Bu MGİ’lerden uzun yıllar, aylık ortalamalar şeklinde ölçülmüş yağış, sıcaklık, buharlaşma, kar vb., 1991-2010 yılları arasında ki 19 yıllık, aylık ortalama meteorolojik veriler temin edilmiştir (Şekil 6.11). Bu veriler düzenlenerek, aylık olarak; ortalama, minimum ve maksimum veriler şeklinde, sınıflandırılmıştır. Seydisuyu havzası

konum olarak içi Anadolu bölgesinde bulunmaktadır. Bu nedenle, Seydisuyu Havzası, genelde İç Anadolu Bölgesinin karakteristik iklim özelliklerine sahiptir.



Şekil 6.11. Seydisuyu Havzası içindeki ve çevresindeki meteoroloji istasyonları.

6.2.2. IDW metodu ile meteorolojik verilerin alansal dağılım modellemesi

Coğrafi bilgi sistemleri yazılımında kullanılan veriler, konumsal olarak koordinatları bilinen noktalardan elde edilir. Gerçekleştirilen, analizlerde mevcut verileri alansal ifade edebilmek için uzaklıkla orantılı mekânsal tahminleme metotları kullanılmaktadır. Tahminleme metoduna göre koordinatları bilinen noktalarda tanımlı olan vektör veriler işlenerek raster yüzeyler hesaplanabilmektedir. Konum ve uzaklıkla ilişkili tahminleme metotları (IDW, Natural Neighbors, Spline, Kriging vb.) koordinatları belirlenen ama tanımlı verileri olmayan noktalara değer tahmin etmeye çalışır. Tahminleme yöntemlerinden daha sağlıklı sonuçlar alabilmek için oluşturulan veri modeline uygun tahminleme metodu seçmek gerekir. Bu çalışmada CBS yazılımındaki, tahminleme yöntemlerinden IDW metodu tercih edilmiştir.

Inverse Distance Weighted (IDW) metodu uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yani yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına göre var olan tüm noktaları dikkate alarak tahminleme yapan bir enterpolasyon yöntemidir. Örnek teşkil eden herhangi bir nokta, tahminlenmesi beklenen noktaya olan uzaklığına göre ters oranda ağırlıklandırılır. x_0 noktasında oluşacak tahmini değerler denk.(6.1) ve denk.(6.2)'de ki işlemler sonucu hesaplanmaktadır.

$$W_i = \frac{\frac{1}{d_i^p(x_i)}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p(x_i)}} \quad (6.1)$$

$$Z^*(x_0) = \sum W_i \cdot Z(x_i) \quad (6.2)$$

Burada;

$Z^*(x_0)$: x_0 noktasındaki tahminin değerini,

$Z(x_i)$: x_i noktasındaki örnek noktasının değerini,

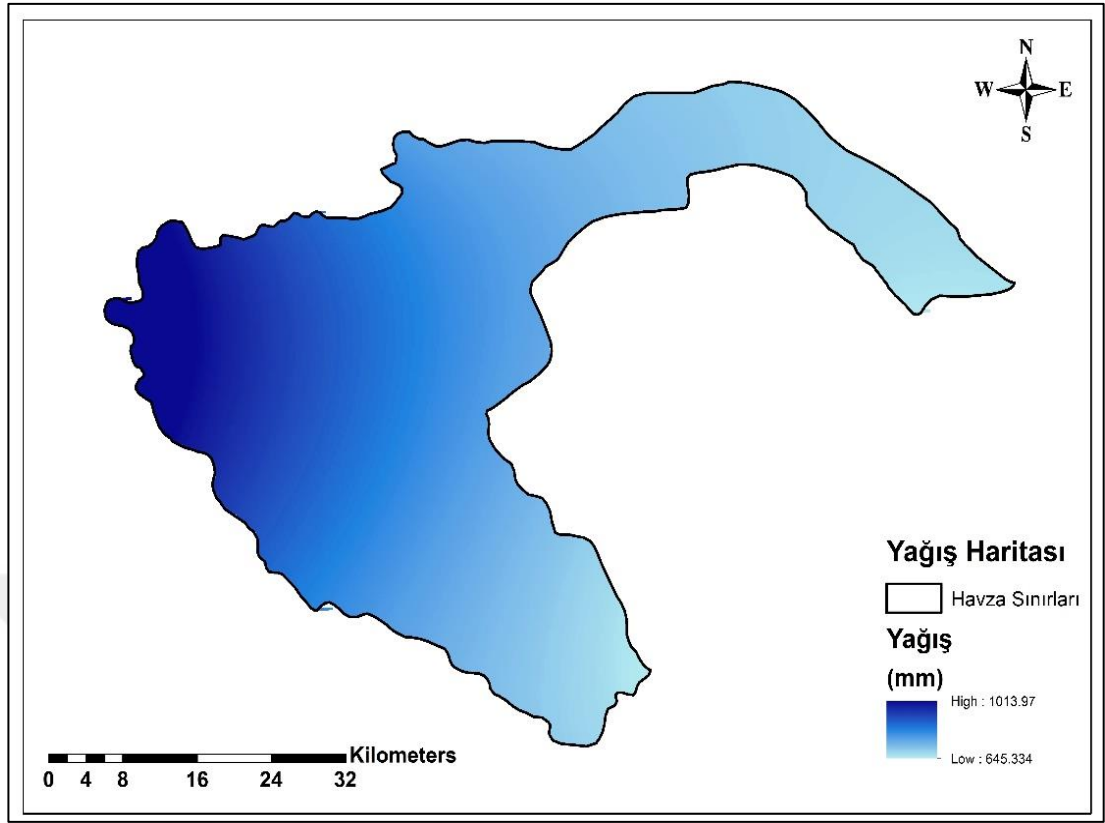
W_i : x_i noktasındaki örneğin x_0 noktasına göre ters uzaklık ağırlığını,

d : örnek noktası ile tahmini yapılacak nokta arasındaki uzaklığı,

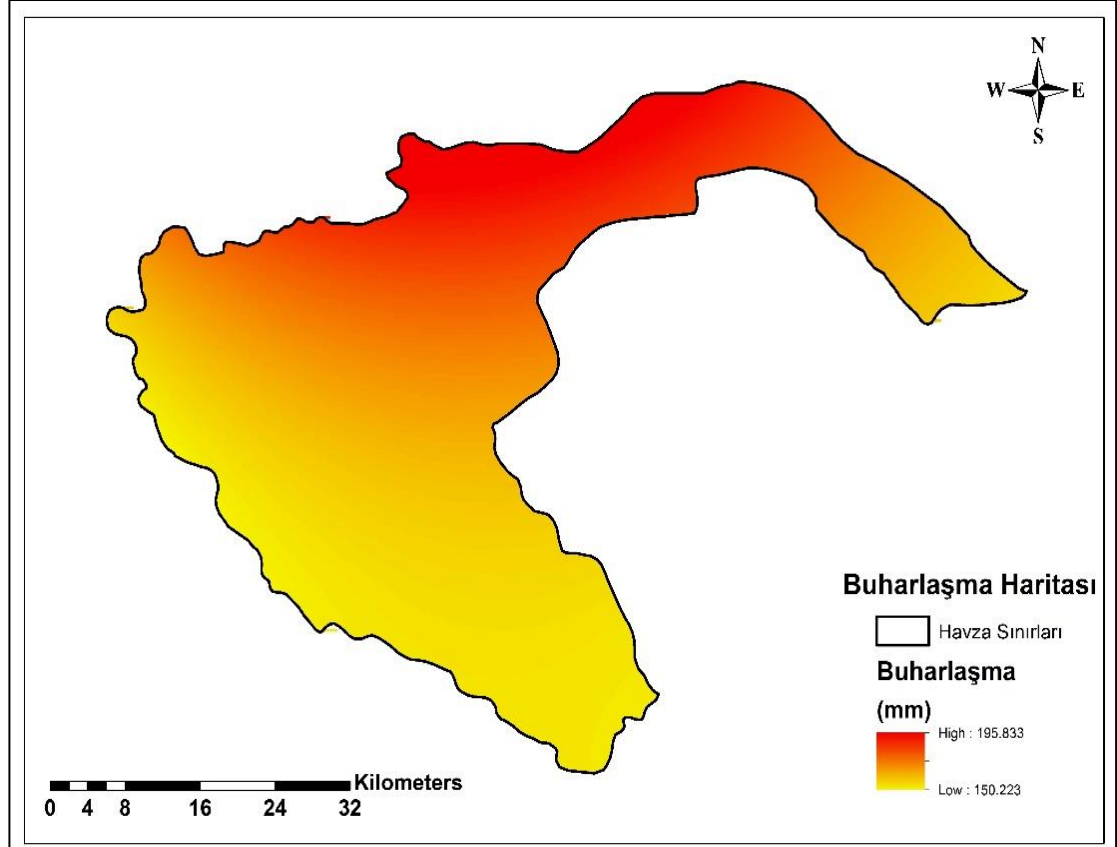
p : üssel değeri,

n : örnek nokta sayısını ifade etmektedir(Bayazıt, 2013).

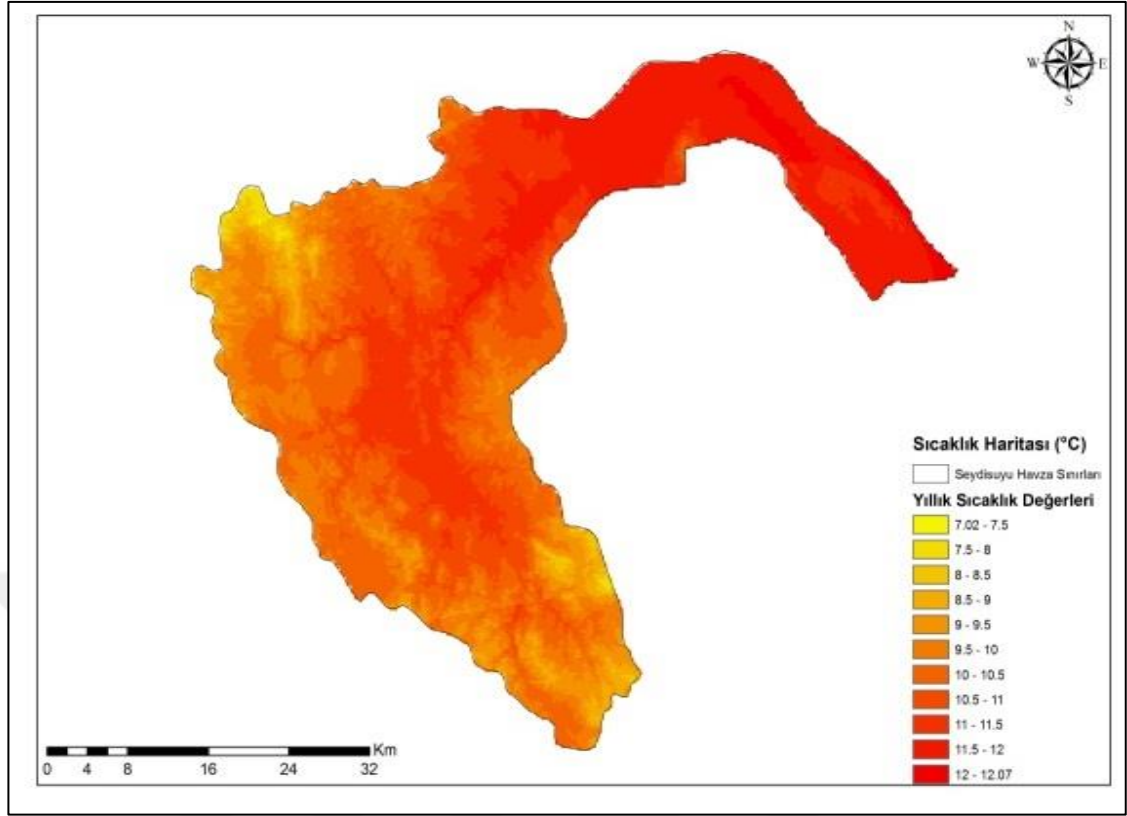
Bu tezde çalışma sahamız olan Seydisuyu havzası için uzun yıllara dayanan (19 yıl) yağış ve buharlaşma verileri kullanılmıştır. Bu veriler IDW metodu ile işlenerek yağış, buharlaşma ve sıcaklık haritaları çıkartılmıştır. Tahminleme sonucu ortaya çıkan meteoroloji dağılım haritaları Şekil 6.12, ve 6.13'de gösterilmiştir.



Şekil 6.12. Seydisuyu havzası yağış haritası.



Şekil 6.13. Seydisuyu havzası buharlaşma haritası.



Şekil 6.14. Seydisuyu havzası sıcaklık haritası.

7. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANARAK MİNİ HES NOKTALARININ TESPİTİ

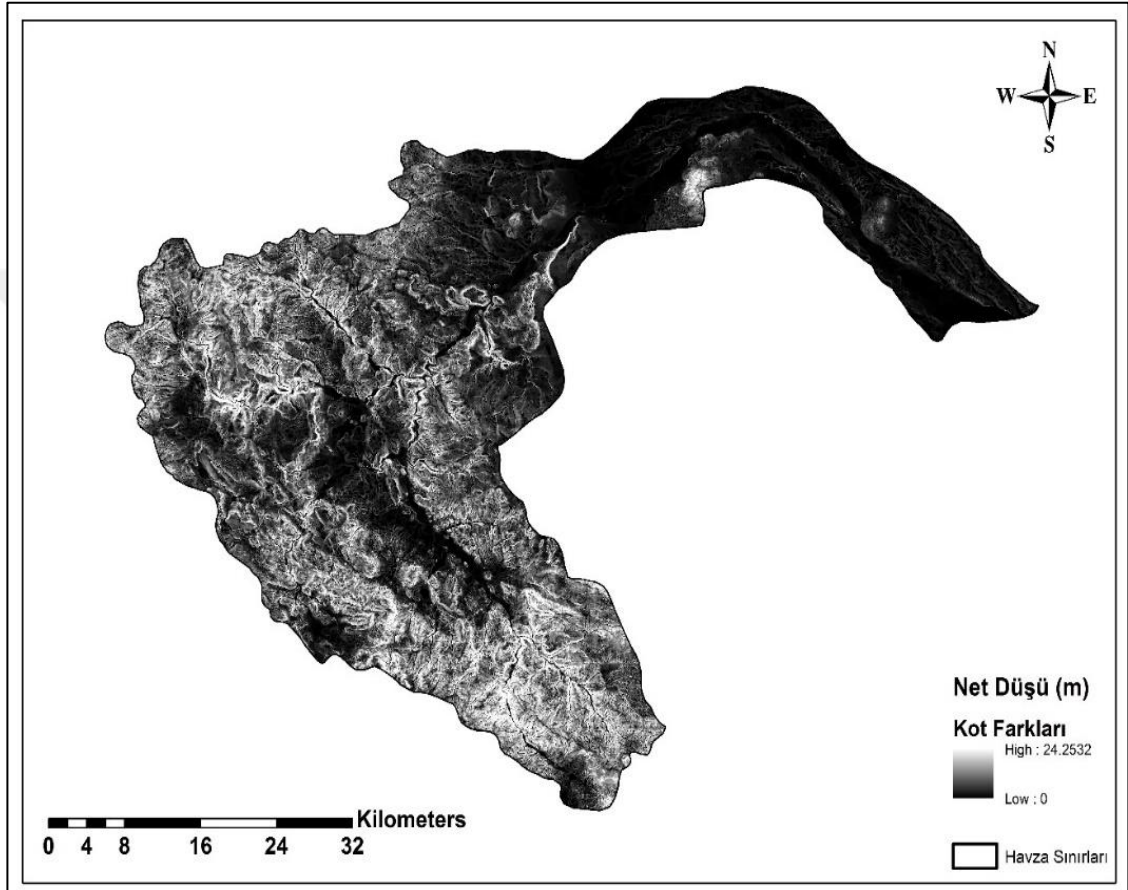
7.1. Havzadaki Akarsuların Toplam Net Akış Miktarının Hesaplanması

Hidroelektrik potansiyelin hesaplanabilmesi için metot kısmında anlatılan araştırma metodolojisi (Şekil 4.1) aşamaları sırası ile uygulanmalıdır. CBS yazılımı ile hidroelektrik enerji potansiyeline sahip noktaların belirlenmesinde potansiyel enerji ($E = m * g * h$) formülü kullanılır. Bu formüldeki her bir parametre hesaplanarak yazılımda çarpılır. Sonuç olarak bir havzadaki akarsular üzerinde bulunan HES noktaları tespit edilir. İlk olarak potansiyel enerji formülündeki “ m ” su kütlesi değeri hesaplanır. Bu değer hesaplanırken havzanın akarsularının ne kadar su toplayabileceğini gösteren “Flow Accumulation” verisinin hesaplanması gerekir. Bu veri hesaplanırken ilk olarak havzanın sayısal yükseklik haritasının akışı engelleyecek kusurları “Fill” işlemiyle giderilir. Akışı engelleyecek kusurların kaldırılmasından sonra havzanın akış yönleri (Flow Direction) belirlenir. Akış yönleri belirlendikten sonra akarsuların ne kadar su topladığını gösteren “Flow Accumulation” verisi hesaplanır. Daha sonra meteoroloji istasyonlarının yağış ve buharlaşma verilerini kullanarak havza bazında IDW metoduyla interpolasyon yapılır. Bu interpolasyonla 10 m x 10 m piksel boyutlarında havzanın yağış ve buharlaşma haritaları oluşturulur. Daha sonra bu haritalar yazılımda birbirinden çıkarılarak havzadaki “Net Akış” haritası bulunur. Buradaki hesaplarda sızma ihmal edilmiştir. Potansiyel enerji formülündeki “ m ” su kütlesini bulabilmek için “Flow Accumulation” ve “Net Akış” haritaları birbirleriyle çarpılır. Bu işlem sonucunda havzadaki her bir akarsuyun ne kadar su kütlesine sahip olduğu belirlenir. Buna göre akarsu güzergâhı üzerindeki her bir noktanın hidroelektrik potansiyeli hesaplanabilmektedir. Hidroelektrik potansiyel hesaplamada CBS yazılımlarının en büyük avantajı, yüzey alanı bakımından büyük bir bölgedeki akarsular üzerinde hızlı ve doğru sonuçlar vermesidir.

7.2. Odak İstatistik İle Net Düşünün Hesabı

Havzamızda net düşü hesaplarının yapılabilmesi için sayısal yükseklik modeline (SYM) ihtiyaç vardır. SYM raster veri formatında bir veri türüdür. Raster veriler piksellerden oluşmaktadır ve her piksele ait yükseklik verileri SYM’yi oluşturmaktadır. Piksellerden alınan yükseklik değerleri “Odak İstatistik (Focal Statistics)” metodu ile

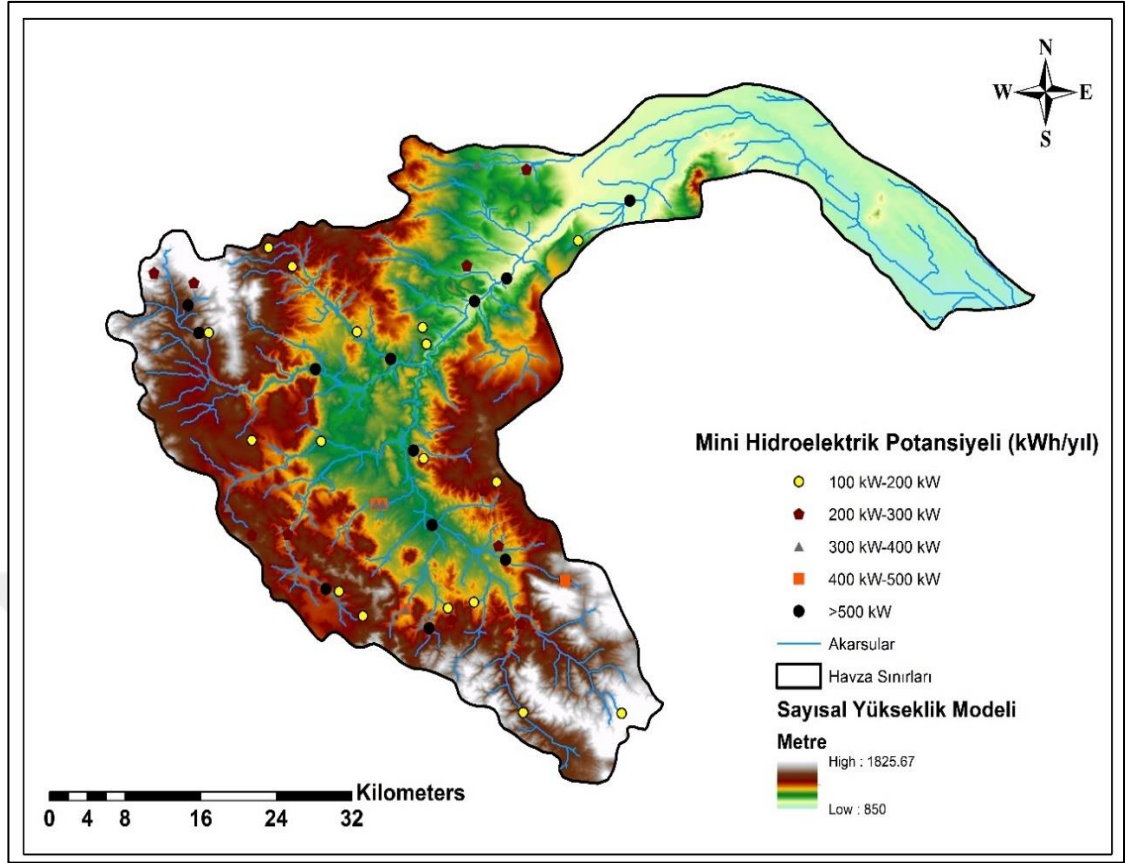
coğrafi bilgi sistemleri yazılımlarında işlenerek bir pikselin çevresindeki komşu piksellerdeki yükseklik farkı hesaplanmıştır. Bu yöntem tüm pikseller için uygulandığında havzadaki bütün noktaların net düşüsü (kot farkı) elde edilir. Seydisuyu havzasına ait net düşü haritası Şekil 7.1’de gösterilmektedir. Bu net düşü verisi potansiyel enerji formülündeki “ h ” değerini vermektedir.



Şekil 7.1. Seydisuyu havzasının net düşü haritası.

7.3. Havza Üzerinde Mini HES Noktalarının Tespiti

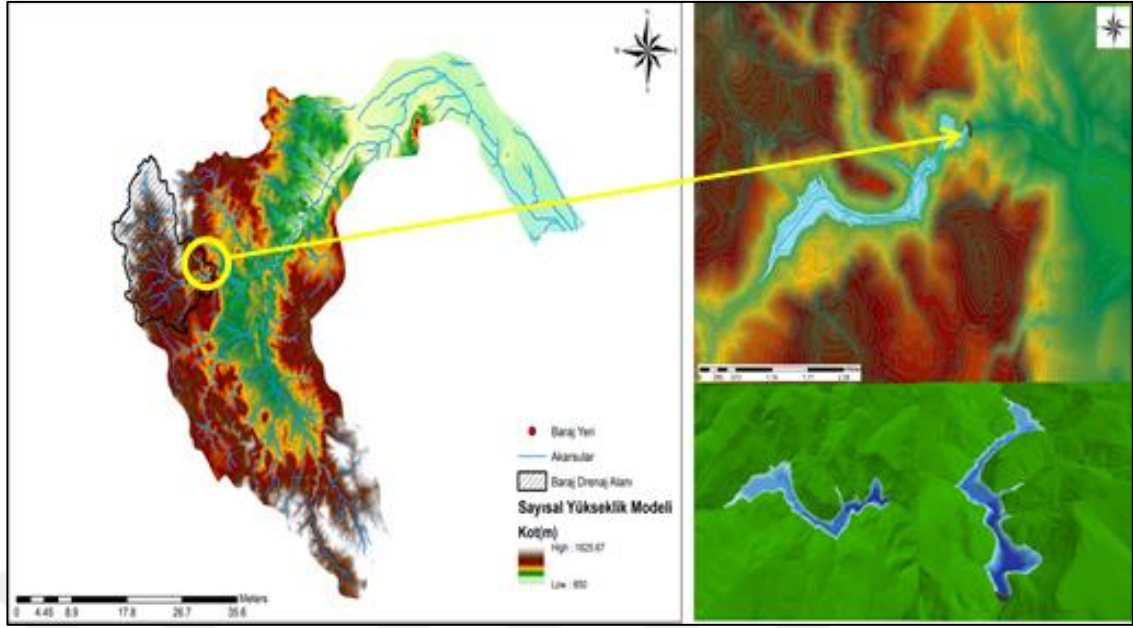
HES noktalarının tespiti için seydisuyu havzasında hesaplanan toplam su kütlesi (m) ve net düşü (h) raster harita katmanları kullanılmıştır. Bu veriler kullanılan CBS yazılımında “Raster Calculator” hesap modülüyle piksel bazında birbirleriyle çarpılır. Gerçekleştirilen bu işleme yerçekimi ivmesi (g) de çarpan olarak eklenilir. Bu şekilde potansiyel enerji hesabına dayanarak ($E = m * g * h$) havzadaki akarsular üzerinde HES potansiyeline sahip noktalar tespit edilir. Belirlenen noktalar enerji büyüklüğüne göre sınıflandırma yapılarak HES için en uygun noktalar seçilir. Tüm bu işlemler sonucu ortaya çıkan mini HES noktaları haritası Şekil 7.2’de verilmiştir.



Şekil 7.2. Seydisuyu havzası üzerindeki mini HES potansiyeline sahip noktalar.

7.4. En Uygun Baraj Yerinin SIMAHPP Yazılımı İle Ekonomik Analizi

Seydisuyu havzasında belirlenen mini HES potansiyel noktalarının, HES yapımına uygun olup olmadığı incelenmiştir. Havzanın topografyası, jeolojisi, meteorolojik ve hidrolojik özellikleri dikkate alınarak baraj inşa yeri seçilmiştir. Hazneli bir baraj santrali inşaatının gerçekleştirilebilmesi için baraj yerinin topografik açıdan derin dar bir vadi içerisinde olması istenilir. Baraj inşası sonrası oluşacak baraj gölünün istimlak bedellerini arttırmaması için en uygun yerler derin ve dar vadilerdir. Seçilen baraj yerinin jeolojik açıdan su geçirimsiz bir bölge olması istenir. Böylelikle baraj gönlünde tutulan su sızma kaybına uğramaz. Meteorolojik açıdan buharlaşmanın az olduğu bölgeler seçilmelidir. CBS yazılımı vasıtasıyla bulduğumuz 51 adet mini HES potansiyeline sahip noktadan, yukarıdaki kriterler göz önüne alındığında sadece 1 noktanın HES yapımına uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7.3). Bu noktaya yapılacak mini hidroelektrik santralin teorik olarak enerji potansiyeli 0.753 MW'dır.



Şekil 7.3. Seçilen baraj yerinin konumu.

SIMAHPP5 yazılımı ile seçtiğimiz baraj yerinin ve barajın tüm ekonomik incelemelerini gerçekleştirdik. SIMAHPP 5 yazılımında hidrolik açıdan; baraj yapılacak bölgeye gelen günlük, aylık veya yıllık akım verileri, barajın hidroelektrik enerji üretimi için net düşü miktarı veri girişi olarak kullanılır. Yazılımda 53 yıla ait aylık akım verileri kullanılmıştır. Bu yazılım karbon market değerini hesaplayabilmek için çevresel faktörleri göz önünde bulundurarak fosil kaynaklar ile yenilenebilir kaynaklar arasında bir etki katsayısı değerine ihtiyaç duyar. SIMAHPP 5 yazılımında analiz yapıldığında planlanan zamana ait ekonomik bazı parametreler programa girilerek maliyet hesabı gerçekleştirilir. Uygulamada analiz yaptığımız 22 Kasım 2017 tarihine ait döviz kuru ve enflasyon değerleri taban alınmıştır. Sonuç olarak kullandığımız yazılım barajın karakteristik özelliklerini içeren tablolar sunar (Şekil 7.4). Tasarladığımız barajın karakteristik özellikleri; dizayn debisi $3.158 \text{ m}^3/\text{s}$, kurulu gücü 0.753 MW , yıllık enerji üretimi 1.98 GWh/yıl , yıllık parasal getirisi $0.189 \cdot 10^6 \text{ US\$}$, kw başına yatırım bedeli $3275,92 \text{ US\$}$ olarak SIMAHPP 5 Enterprise yazılımından elde edilmiştir. SIMAHPP yazılımıyla hesaplanan barajın kurulu gücü, CBS yazılımında hesaplanan teorik kurulu güçle aynı çıkmıştır. Bu da çalışmadaki hesap doğruluğunun yüksek olduğunun bir göstergesidir.

SIMAHPP Simulator

File Edit Run Outputs Analysis Report Help

Project | Chart Explorer | Planlanan_Baraj | Chart

Project Characteristics

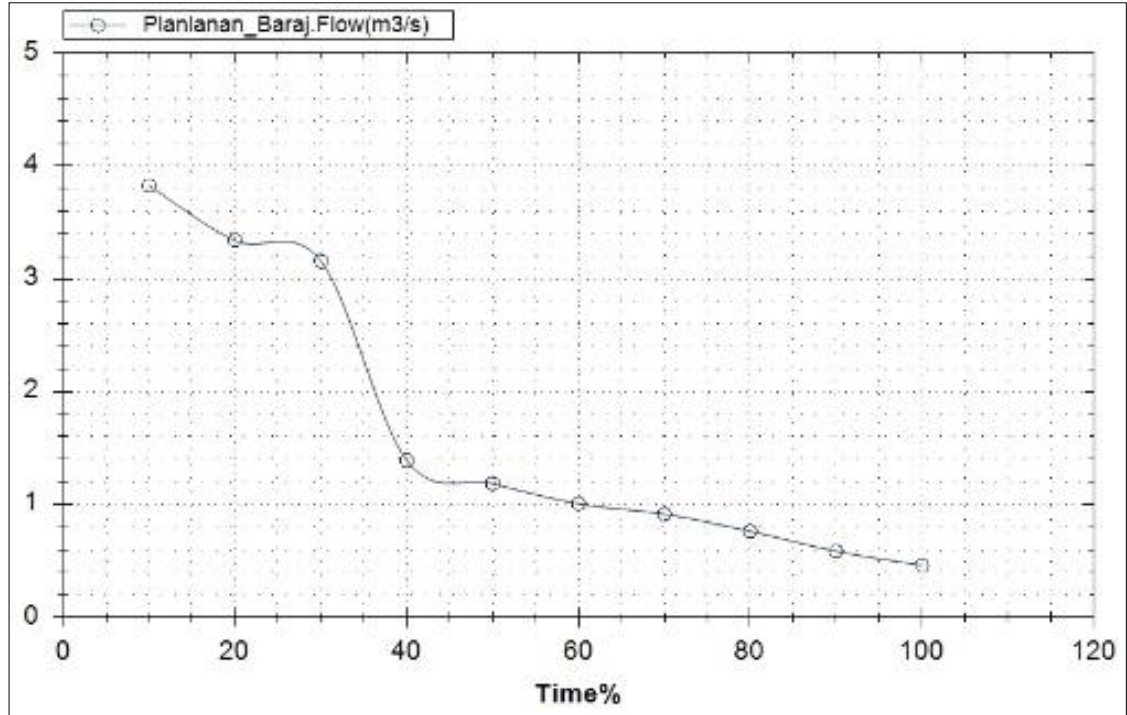
Energy Production	Value	Remark
Net Head(m)	27.000	
Design Flow(m ³ /s)	3.158	
Design Time of Operation (%)	30	
Power(kW)	752.814	
Energy(kWh)	1978395.192	
Economic Analysis		
Energy Revenue (USD/Year)	188963.647	
Revenue (USD/Year)	188963.647	
Investment Cost (USD)	2466158.279	
Investment Cost (USD/(kW))	3275.920	
Investment Cost (USD/(kWh))	1.247	
O&M Cost (USD/Year)	29593.899	
NVP: Net Present Value (USD)	6957925.122	
IRR: Internal Rate of Return (%)	5	
Payback Period (Years)	16	
Amortization Plan	3515.835	
Exchange Rate	1.479229	
Environmental Impact		
Emission Reduction (tCo ₂ /Year)-Fuel	633.086	
Emission Reduction (tCo ₂ /Year)-Coal	1187.037	
Emission Reduction (tCo ₂ /Year)-Gas	395.679	
Eoulement/Materials		

Multi-Unit

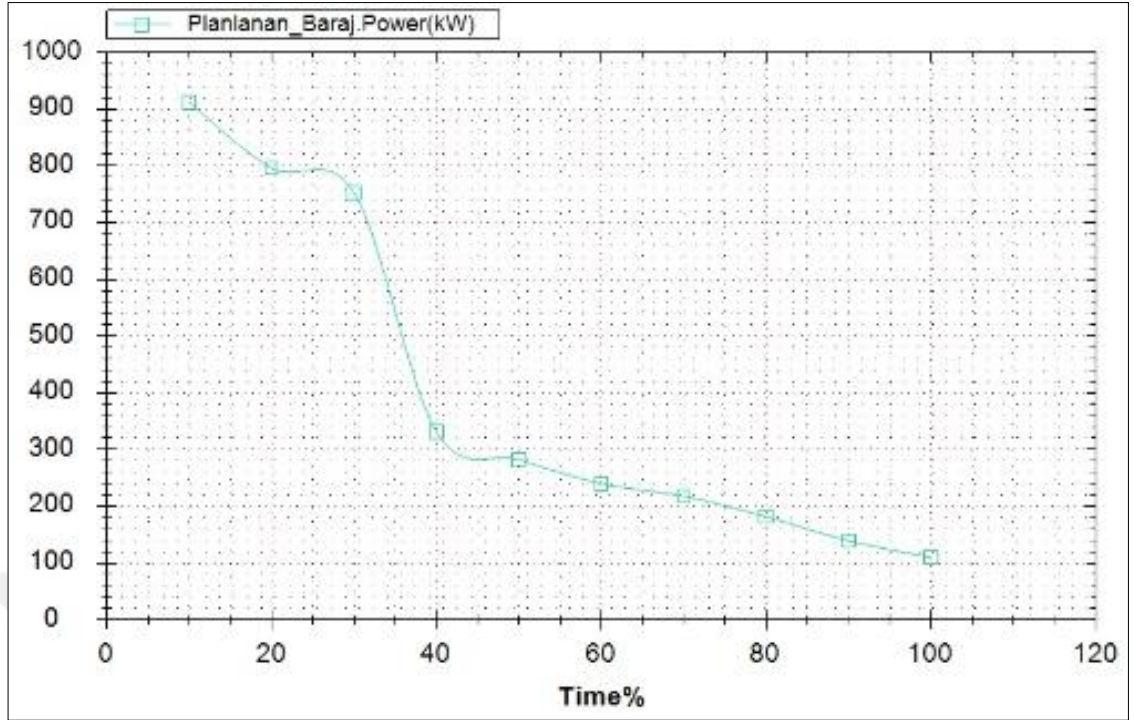
Investment costs are indications. You should adjust it to match your project situation.

Şekil 7.4. Seçilen barajın karakteristik özellikleri.

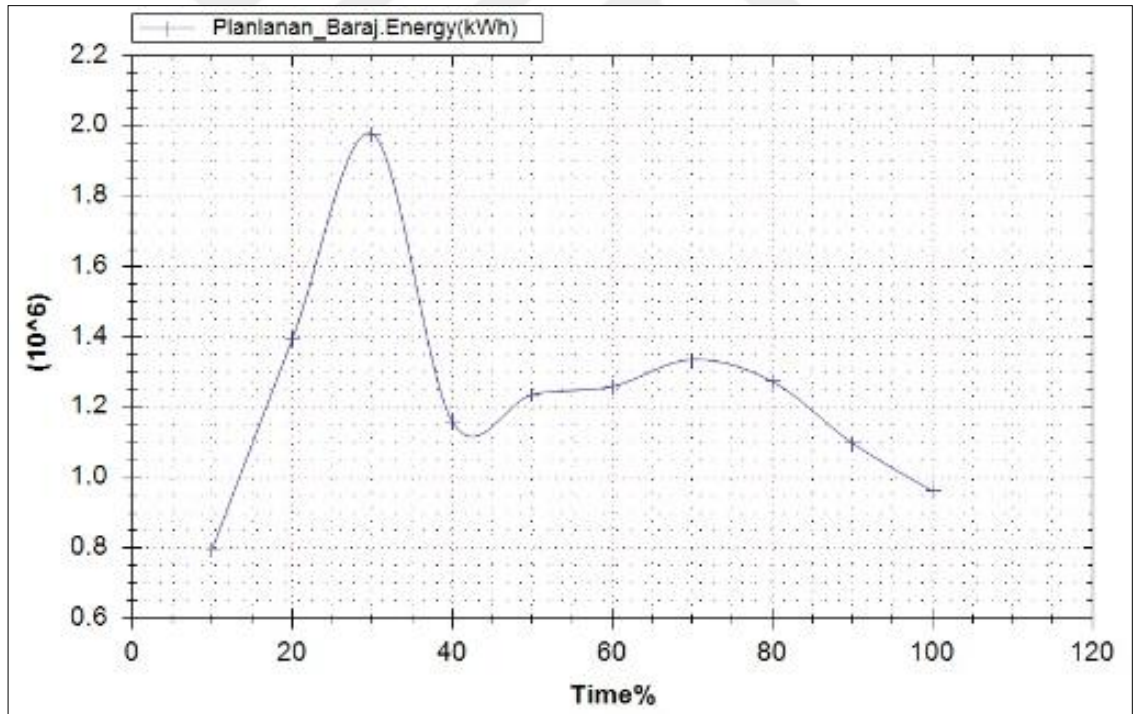
Ayrıca yazılım sonuçlarından elde edilen verilere göre Şekil 7.5, Şekil 7.6, Şekil 7.7, Şekil 7.8 ve Şekil 7.9.'da gösterilen grafikler elde edilmiştir.



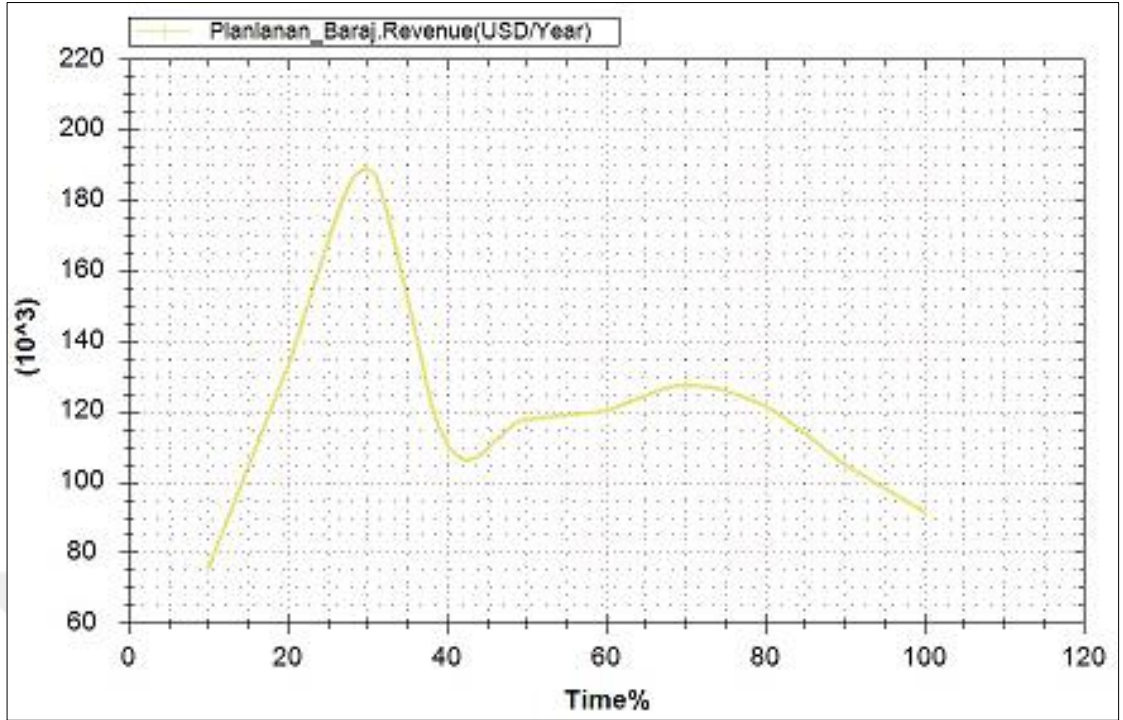
Şekil 7.5. Seçilen barajın debi-süreklilik grafiği.



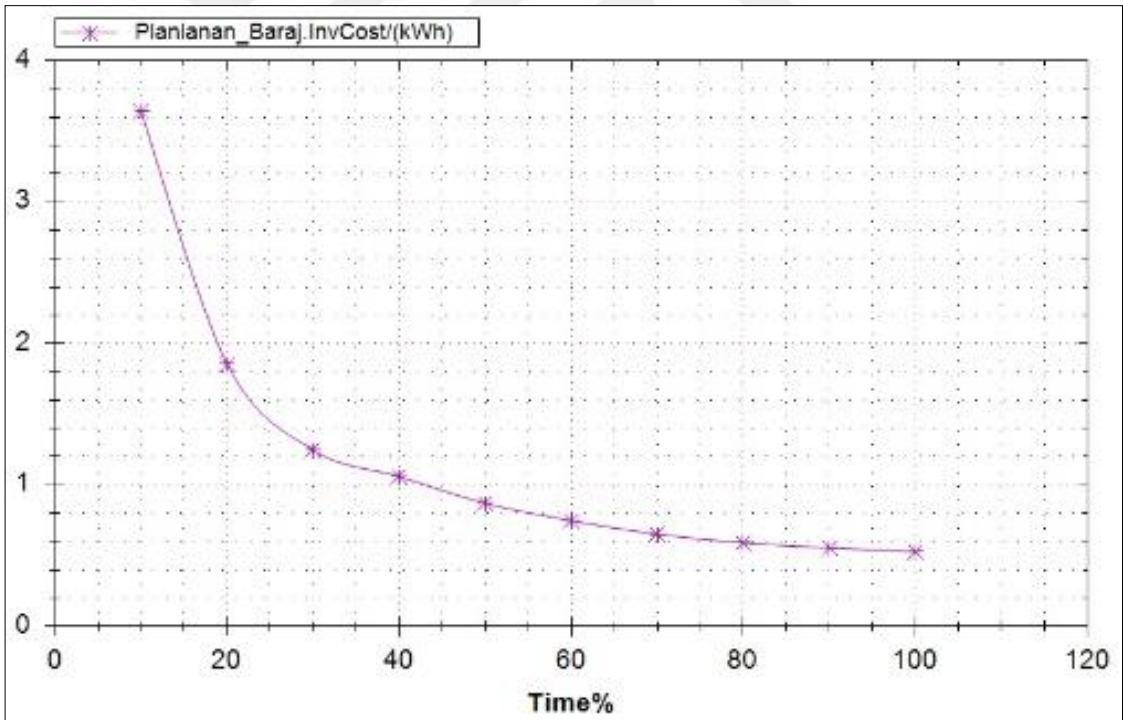
Şekil 7.6. Seçilen barajın güç-olasılık grafiği.



Şekil 7.7. Seçilen barajın enerji üretimi grafiği.



Şekil 7.8. Seçilen barajın enerji geliri grafiği.



Şekil 7.9. Planlanan barajın zamana göre enerji yatırım maliyeti.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada her geçen gün, artan enerji talebine cevap vermek için enerji üretim tesislerine olan ihtiyaçta bu oranda artmaktadır. Dünyamızın büyük bir sorunu olan küresel ısınma ve çevresel faktörler ele alındığında üretilmesi gereken enerjinin, temiz ve yenilenebilir olması insanoğlu için önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın esas amacı, Seydisuyu havzasındaki hidroelektrik enerji potansiyeline sahip noktaları, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı, ARCGIS 10.0 ile tespit etmek ve bu noktalar arasında en uygun olan birisini seçip rezervuarlı bir baraj planlamaktır. Tespit edilen hidroelektrik enerji potansiyeline sahip noktalarda, topografik ve jeolojik özellikleri en uygun olan yerler seçildikten sonra, uygun bir baraj planlaması yapmaktır. Bu barajdan üretilecek elektrik miktarı ve barajın ekonomik analizleri SIMAHPP 5.0 Enterprise yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda 12 numaralı Sakarya havzasının bir alt havzası olan Seydisuyu havzasında böylesi bir baraj planlaması yapılmıştır. Bu çalışma, diğer havzalarda yapılacak çalışmalara örnek olması açısından, Seydisuyu havzasının örnek bir çalışma olduğu söylenebilir. Su kaynakları açısından zengin olan ülkemizde, bu türlü araştırmalar tüm havzalarda gerçekleştirilebilir.

Bu çalışma göstermiştir ki, coğrafi bilgi sistemleri teknolojisinden faydalanarak herhangi bir havzada, hidroelektrik enerji üretimi için bir baraj planlaması yapmak ve baraj yerine karar vermek, pratik ve daha hızlı sonuçlar almak daha uygun bulunmuştur.

Yapılan bu çalışmada, CBS yazılımı ile Seydisuyu havzasında 51 adet mini hidroelektrik santral yeri potansiyeline sahip nokta tespit edilmiştir. Bu HES potansiyeline sahip noktalardan en uygun baraj yerinin belirlenmesi için tespit edilen tüm noktaların jeolojik, topografik ve meteorolojik incelemeleri yapılmıştır. Bu incelemeler sonucunda baraj yeri inşası için uygun olan 1 adet nokta, en uygun baraj yeri olarak belirlenmiştir.

Tespit edilen noktadaki barajın akarsu akımına ait (ki burası artık baraj aks yeri olarak bilinecektir) dizayn debisi $3.158 \text{ m}^3/\text{s}$, kurulu gücü 0.753 MW, yıllık enerji üretimi 1.98 GWh/yıl, yıllık parasal getirisi $0.189 \cdot 10^6$ US\$, kw başına yatırım bedeli 3275,92 US\$ olarak hesaplanmıştır.

Bu tez çalışması ile Türkiye’deki boşuna akan sulardan daha fazla faydalanmak ve bu suların enerjisini ekonomiye kazandırmak için bir HES planlaması yapılmıştır. Bu tezde yapılan çalışmalar ülkemiz genelinde herhangi bir havzada uygulanabilecek bir baraj planlaması ve bir barajın ekonomik analizlerine örnek teşkil edecektir.



KAYNAKLAR

- Açar, Ç., Bülbül, S., Gümrah, F., Metin, Ç. ve Parlaktuna, M., “Petrol ve doğal gaz”, **ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.**, Ankara (2007).
- Akalın, A., “Yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli emisyon analizler, toplumsal maliyet analizleri”, 27. Enerji Verimliliği Konferansı, Ankara (2008).
- Akdoğan, M., “Enerji Kaynakları ve Doğu Karadeniz’in Hidroelektrik Potansiyel Dengesi Etüdü”, Yüksek Lisans Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon (2006).
- Akyıldız, O., “XXI. Yüzyılın Değişen Dinamikleri ve AB’nin Enerji Politikaları Kapsamında Türkiye’nin Bağımsız Enerji Politikası”, Yüksek Lisans Tezi, **Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Gebze (2010).
- Albostan, A., Çekiç, Y. ve Eren, L. “Rüzgar Enerjisinin Türkiye’nin Arz Güvenliğine Etkisi”, **Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi**, 24 (4): 641-649 (2009).
- Atagündüz, G., “Dünya İklim Modelleri ve İklim Değişim Hızını Yavaşlatacak Bazı Tedbirler”, **Türkiye 3. Enerji Sempozyumu**, Ankara 47-49 (2001).
- Altın, V. ,”Yeni Ufuklara: Enerji”, **Bilim ve Teknik Eki TUBİTAK**, 2–23 (2002).
- Aykal, F.D., Gümüş, B. ve Akça, Y.B. Ö., “Sürdürülebilirlik kapsamında yenilenebilir ve etkin enerji kullanımının yapılarda uygulanması”, **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 78-83 (2009).
- Bakış, R., “Seydisuyu havzasında küçük ölçekli hidroelektrik enerji potansiyelinin araştırılması”, **Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik**, 16 (3): 367-384 (2015).
- Bayazıt, Y., “Seydisuyu havzasının hidroelektrik potansiyelinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir (2013).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Bayazıt, Y., Bakış, R., Koç, C., “An investigation of small scale hydropower plants using the geographic information system”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67: 289-294 (2017).
- Bonsor, K., “How Hydropower Plants Work”, <https://science.howstuffworks.com/environmental/energy/hydropowerplant1.htm> (Erişim Tarihi: 12.12.2017).
- Bozdemir, M., “Hazneli pompalı hidroelektrik santrallerin türkiye açısından değerlendirilmesi ve analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilecik (2013).
- Bozkurt, M., “Birkapılı hidroelektrik santraline ait ilave su depolama tesisinin fizibilitesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2011).
- Bulut, M., “Hidroelektrik enerji ve hidroelektrik santrallerde türbin tipi seçiminin verim etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gümüşhane (2013).
- Cornell University, Infrastructure Properties and Planning Energy&Sustainability 1865. <https://energyandsustainability.fs.cornell.edu/util/electricity/production/hydroplant.cfm> (Erişim Tarihi: 20.02.2018).
- Dalkır Ö., Şeşen E., “Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik”, http://www.ybtenerji.com/uploads/9/7/5/9/9759145/cevre_temiz_enerji.pdf (2011).
- Devlet Planlama Teşkilatı, “Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu”, <http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/zel%20htisas%20Komisyonu%20Raporlar/Attachments/116/oik620.pdf> (2001).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

Dikici, O., “Erzurum ili hidroelektrik enerji potansiyeli ve Türkiye ekonomisine katkısı”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum (2012).

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, “DSİ 2015 yılı resmi su kaynakları istatistikleri” <http://www.dsi.gov.tr/dsi-resmi-istatistikler/2015-y%C4%B1%C4%B1-verileri> (05.03.2018).

DSİ, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet su İşleri Genel Müdürlüğü, “2013 Yılı Performans Programı”, <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2013-performans-programi.pdf?sfvrsn=0> (2013).

Dünya Enerji Konseyi Türkiye Milli Komitesi “Enerji Raporu”, *DEK-TMK 0017*, *Ankara* (2010).

Dünya Enerji Konseyi Türkiye Milli Komitesi “Enerji Raporu”, *DEK-TMK 0021*, *Ankara* (2012).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler” [http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FBelge%2FNukleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler.pdf](http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FBelge%2FNukleer%2FSantraller%2FÜlkemizde%2FKurulacak%2FNukleer%2FSantrale%2Fİlişkin%2FBilgiler.pdf) (2012).

Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Yenilenebilir Enerji”, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir.aspx> (06.01.2018).

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, “Elektrik Piyasası Sektör Raporu 2011”, *EPDK*, *Ankara* (2011).

Enis, A., “Enerji Politikaları; Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, *TMMOB Türkiye 5. Enerji Sempozyumu*, Ankara, 176-178 (2005).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Eriş, A., “Enerji Politikaları ile Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, **TMMOB Türkiye VI. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, Ankara, 163-165 (2003).
- Eroğlu, M., “Enerji çeşitliliği ve Gümüşhane ili su potansiyelinin hidroelektrik enerji üretimi yönünden incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gümüşhane (2011).
- Evans J, Porlman H U.S. Geological Survey, The Water Cycle <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html> (03.02.2018)
- Fridleifsson, I. B., ”Geothermal Energy for The Benefit of the People”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 5: 299-312 (2001).
- Feizizadeh, B., Haslauer, E. M., “GIS-Based Procedures of Hydropower Potential for Tabriz Basin, Iran”, **International Journal** 495–502 (2012).
- Fraenkel, P., Paish, O., Bokalders, V., Harvey, A., Brown, A. and Edwards, R., “Micro-hydro power a guide for development workers, London” **Immediate Technology Publications in association with the Stockholm Environment Institute**, (1991).
- Göktay, B., “Sakarya Seydisuyu Su Toplama Havzası”, **Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü**, Eskişehir, 1-57 (1991).
- Güler, E., “Hidroelektrik potansiyel belirlemeye yönelik uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi tabanlı hidrolojik modelleme”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2008).
- Güneş, M. A., “Türkiye’nin Enerji Sorunu İçin Alternatif Çözüm Önerileri Ve Rüzgâr Enerjisinin Önemi”, Yüksek Lisans Tezi, **Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Aydın (2009).
- Gürsoy, U., ”Enerjide Toplumsal Maliyet, Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, <https://www.ttb.org.tr/kutuphane/enerji.pdf> (2004).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- GWEC, Global Wind Energy Council, “Global Wind Statistics”, http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/02/GWEC-PRstats-2013_EN.pdf (2014).
- Karstarlı, Ç., “Doğu Karadeniz havzasındaki hidroelektrik potansiyelin değerlendirilme durumu”, Yüksek Lisans Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon (2011).
- Kavak, K., “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayisinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi”, Uzmanlık Tezi, **DPT İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü**, Ankara (2005).
- Kılıç, N., “Hidrojen Enerjisinin ve Hidrojen Teknolojilerinin Ekonomideki Yeri Pazar Gelişimi ve Pazar Payı Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Sakarya (2008).
- Koçak, M. E., “Yenilenebilir enerji kaynakları, Hidroelektrik santraller ve Sıraonaklar HES projesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kayseri (2011).
- Koçak, S., ve Altun, A.H., “Enerji İhtiyacımız ve Nükleer Enerji”, **TMMOB Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Kayseri, 397-400 (2003).
- Koçhan Arı, N., “Hidroelektrik enerji santrallerinin bölgesel değişimi analizi: Giresun örneği”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2013).
- Korkmazgöz, İ., “Türkiye’den Geçen ve Geçmesi Planlanan Enerji Yolları ve Bu Enerji Yollarının Türk Dış Politikasına Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, **Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Ankara (2010).
- Mercan, B., “Orta ölçekli hidroelektrik enerji tesislerinin incelenmesi için örnek bir çalışma-Bağışlı regülatörü ve HES”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü**, İstanbul (2014).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Mutlu, E., “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Ekonomisi ve Ankara İline Ait SWOT Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul (2013).
- Müstakil Sanayici ve İş Adamları Derneği, “Türkiye’nin Enerji Ekonomisi ve Petrolün Geleceği”, *MÜSİAD Araştırma Raporları:49, İstanbul* (2006).
- Mahmutoğlu, M., “Türkiye Elektrik Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara (2013).
- Onbaşıoğlu, S., “Neden Yenilenebilir Enerji?”, *Termodinamik Dergisi*, 128:59 (2005).
- Özbay, E., Gençoğlu M.T., “Hidroelektrik santrallerin modellenmesi”, *5.Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Diyarbakır, 108-109 (2009).
- Özgür, D., “Gliserinden Sıvı Faz Katalitik Reforming Yöntemi ile Hidrojen Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2008).
- Öziş Ü., Baran T., Dalkılıç Y., “Hidroelektrik Enerjiyi Geliştirme Hızları”, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları Su ve Enerji Konferansı Bildiriler Kitabı, *Devlet Su İşleri*, Artvin, 1-14 (2008).
- Saglam, M., Uyar, T.S., “Dalga Enerjisi ve Türkiye’nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli”, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (YEKSEM)*, Mersin, 19-275 (2005).
- Sarıbaş, E., “Türkiye’deki enerji kaynakları ve izlenen enerji politikaları”, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde (2015).
- Setiawan, D., “Potential sites screening for mini hydropower plant development in Kapuas Hulu, West Kalimantan a GIS approach”, *Energy Proc.*, 65– 82 (2015).
- Şekkeli, M., Keçecioğlu, Ö.F., “Hidroelektrik Santrallerin Türkiye’deki Gelişimi ve Kahramanmaraş Bölgesi Örnek Çalışması”, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(2): 21-22 (2011).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Şen, Z., “Temiz Enerji ve Kaynakları”, *Su Vakfı Yayınları*, İstanbul (2002).
- Şentürk, M., “Türkiye`nin Enerji Ekonomisi: Avrupa Birliği (AB) Ve Türkiye Enerji Politikalarının Yapısal Uyum Sorunları”, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Gaziantep (2009).
- Şimşek, O., “Akım öteleme metodu ile hidroelektrik potansiyelin farklı barajlar için karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2014).
- Tekno Tasarım, “Hidroelektrik Enerji ve Türbinler”
https://www.konya.edu.tr/storage/files/department/elektrikelektronikmuhendisligi/Editor/DERS/YEIkEnrUrt/Hidroelektrik_Enerji_T%C3%BCrbinleri.pdf(2018).
- TEMSAN. Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş. 1977.
<http://www.temsan.gov.tr/turbin.aspx#> (Erişim Tarihi: 20.02.2018).
- TUİK, “Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS)”,
<http://tuikapp.tuik.gov.tr/adnksdagitapp/adnks.zul> (Erişim Tarihi: 24.08.2017).
- Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı, “GeoData – Açık Kaynak Ağ Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulaması Veri Altyapısı”
<http://geodata.ormansu.gov.tr/#> (Erişim Tarihi: 03.09.2017).
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, “Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Faaliyet Raporu”, *TEİAŞ, Ankara* (2010)
<http://www.teias.gov.tr/TurkiyeElektrikIstatistikleri.aspx> (Erişim Tarihi:15.02.2017).
- Üçüncü, M. M., “Enerji kaynaklarımız ışıığında hidroelektrik santrallerin türkiye ekonomisindeki yeri ve Trabzon örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Avrasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Trabzon (2016).
- Ünsal, İ., “Enerji Gündemimiz ve Sorunlarımız”, *Elektrik Mühendisleri Odası Yayını*, Ankara (2004).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Yatar, O., “Avrupa Birliği Enerji Politikası Ve Bu Politika Bağlamında Hazar Havzası Enerji Kaynaklarının Önemi”, Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü**, Isparta (2007).
- Yazar, M., “Türkiye’nin enerjideki durumu ve geleceği”, **SETA-Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı Yayınları**, Ankara (2010).
- Yıldız, M., “Dünyada ve Türkiye’de Alternatif ve Fosil Enerji Kaynaklarının Geleceğe Yönelik Etüdü”, Yüksek Lisans Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon (2006).
- Yomralıoğlu, T., “Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar”, **Akademi Kitapevi**, İstanbul (2000).
- “5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına ilişkin Kanun”, **Resmî Gazete, Sayı: 25819**; 18.05.2005.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mahmut Murat Dağhan
Doğum Yeri ve Tarihi : Altındağ / 27.02.1992



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi – İnşaat Mühendisliği
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyetleri :

İş Deneyimi

Stajlar : Soyak Holding Optimus Gold Projesi – Yapı Stajı
Projeler : Ankara – Sivas Yüksek Hızlı Tren Projesi
Çalıştığı Kurumlar : Çelikler Holding

İletişim

Adres : Fatih Mahallesi Mehmet Akif Ersoy Caddesi No: 52/6
Sincan/ANKARA
Tel : 05466324426
E-Posta Adresi : mmdaghan@gmail.com

Akademik Çalışmaları

– Bakış, R., Bayazıt, Y., Ahmady, D.M., **Dağhan, M.M.**, “Completion of missing data in rivers flow measurement (Case study Seydisuyu Basin)”, *International Conference on Advances and Innovations in Engineering (ICAIE)*, Elâzığ, 664-668 (2017).

Tarih:2018