

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE’DE HAVZALAR BAZINDA HİDROELEKTRİK
ÜRETİMİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

METEHAN SÖNMEZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI
İSTATİSTİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ DOĞAN YILDIZ**

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DE HAVZALAR BAZINDA HİDROELEKTRİK
ÜRETİMİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Metehan SÖNMEZ tarafından hazırlanan tez çalışması 27.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Doğan YILDIZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Doğan YILDIZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Atıf EVREN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. R. Ferda HALICIOĞLU

İstanbul Medeniyet Üniversitesi

ÖNSÖZ

Tez yazım sürecinde her fırsatta bilgisini ve deneyimini benimle paylaşan sayın hocam Doğan Yıldız'a, Su Politikaları Derneği'ne ve her daim desteğini hissettiğim aileme teşekkür ederim.

Haziran, 2019

Metehan SÖNMEZ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	
HİDROELEKTRİK ENERJİ	5
2.1 Hidrolik Enerji Kaynağı	5
2.2 Hidroelektrik Enerjinin Oluşumu	5
2.3 Hidroelektrik Enerjinin Olumlu Yönleri	6
2.4 Hidroelektrik Enerjinin Olumsuz Yönleri	6
2.5 Hidroelektrik Enerji Santralleri	6
2.5.1 Baraj	7
2.5.2 Rezervuar	7
2.5.3 Türbin	7
2.6 Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Sınıflandırılması	8
2.6.1 Depolama Şekline Göre HES'ler	8
2.6.2 Kurulu Güç Kapasitesine Göre HES'ler	9
2.6.3 Düşülerine Göre HES'ler	9
2.7 Dünya'da Hidroelektrik Enerji	10
2.7.1 Hidroelektrik Enerjinin Kısa Tarihi	10
2.7.2 Hidroelektrik Enerji Üretimi	10
2.7.3 Hidroelektrik Enerji Kurulu Güç Kapasitesi	12
2.8 Türkiye'de Hidroelektrik Enerji	12

2.8.1	Türkiye'nin Su Potansiyeli	13
2.8.2	Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli	15
2.8.3	Türkiye'de Hidroelektrik Üretiminin Gelişimi.....	16
2.8.4	Türkiye'de Hidroelektrikle İlgili Kurumlar.....	17
2.8.4.1	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.....	17
2.8.4.2	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi	17
2.8.4.3	Elektrik Üretim A.Ş.	17
2.8.4.4	Enerji Piyaları Düzenleme Kurumu.....	18
2.8.5	Türkiye'de Hidroelektrik Enerjinin Bugünü	18
2.8.6	HES'lerin YEKDEM'deki Görünümü	19
2.8.7	Türkiye'de Hidroelektrik Enerji Üretimi	21

BÖLÜM 3

TEMEL İSTATİSTİKSEL ANALİZLER	24
3.1 Veriye İlişkin Açıklamalar	24
3.1.1 Kurulu Güç Kapasitesi ve Tesis Tipine Göre HES'ler	25
3.1.2 Havza ve Havza Bölgeleri Tanımlamaları	25
3.2 HES Sayıları	26
3.2.1 HES'lerin Kurulu Güç Kapasitesi ve Tesis Tiplerine Göre Dağılımları.....	26
3.2.2 HES'lerin Havza ve Havza Bölgelerine Göre Dağılımları.....	27
3.3 HES'lerin Kurulu Güç ve Üretim İstatistikleri.....	30
3.3.1 HES'lerin Tesis Tipine Göre Üretimleri	31
3.3.2 HES'lerin Havzalardaki Kurulu Güç ve Üretimleri.....	32
3.3.2.1 Kurulu Güç ve Üretimin Havza ve 7 Havza Bölgesine Yayılımı	36
3.3.2.2 Kurulu Güç ve Üretimin Havza ve 11 Havza Bölgesine Yayılımı	37
3.3.3 HES'lerin 7 Havza Bölgesindeki Kurulu Güç ve Üretimleri	39
3.3.4 HES'lerin 11 Havza Bölgesindeki Kurulu Güç ve Üretimleri	43

BÖLÜM 4

İLERİ İSTATİSTİKSEL ANALİZLER	47
4.1 Verinin Analizinde Kullanılan Yöntemler	47
4.2 Kümeleme Analizi	47
4.2.1 Kümeleme Analizinde Benzerlik ve Uzaklık Ölçümü.....	47
4.2.2 Kümeleme Analizinde Yöntemler	49
4.2.2.1 Hiyerarşik Kümeleme	49
4.2.2.2 Hiyerarşik Olmayan Kümeleme	52
4.3 Havzaların Yağış Miktarlarına Göre Kümelenmesi	53
4.3.1 Yıllık Yağış Ortalamalarına Göre Havzaların Kümelenmesi.....	54
4.3.1.1 Yıllık Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzalarda Üretimin Karşılaştırılması.....	55
4.3.2 2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Havzaların Kümelenmesi	56
4.3.2.1 2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzalarda Üretimin Karşılaştırılması.....	57
4.3.3 2015-2016 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Havzaların Kümelenmesi	58

4.3.3.1	2015-2016 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzalarda Üretimin Karşılaştırılması.....	58
4.4	Akış Miktarına Göre Havzaların Kümelenmesi (2013-2017 dönemi).....	59
4.4.1	Akış Miktarına Göre Kümelenen Havzalarda Üretimin Karşılaştırılması	60
4.5	Kurulu Güç Kapasitelerine Göre 11 Havza Bölgesinin Kümelenmesi.....	60
4.5.1	Kurulu Güç Kapasitesine Göre Oluşan Kümelerde Üretimin Değerlendirilmesi	62
4.6	11 Havza Bölgesinin Yıllık Ortalama Üretimlere Göre Kümelenmesi	66
4.6.1	2017 Yılı Üretimlerine Göre Havza Bölgelerinin Kümelenmesi	66
4.6.2	2015 Yılı Üretimlerine Göre Havza Bölgelerinin Kümelenmesi	68
4.6.3	2016 Yılı Üretimlerine Göre Havza Bölgelerinin Kümelenmesi	69
4.6.4	2018 Yılı Üretimlerine Göre Havza Bölgelerinin Kümelenmesi	70
BÖLÜM 5		
SONUÇ VE ÖNERİLER.....		71
KAYNAKLAR		74
ÖZGEÇMİŞ		78

SİMGE LİSTESİ

CO ₂	Karbondioksit
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattsaat
km ²	Kilometrekare
km ³	Kilometreküp
KW	Kilowatt
KWh	Kilowattsaat
m ³	Metreküp
mm	Milimetre
MW	Megawatt
MWe	Megawattnet
TWh	Terawattsaat

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
DSİ	Devlet Su İşleri
EPDK	Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
HES	Hidroelektrik Santral
IFC	International Finance Corporation
IHA	International Hydropower Association
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
SPD	Su Politikaları Derneği
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
TETAŞ	Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
UNIDO	The United Nations Industrial Development Organization
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
Yİ	Yap İşlet
YİD	Yap İşlet Devret

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Su Çevrimi [14]	5
Şekil 2. 2 Hidroelektrik Santralin Çalışma Şekli [17]	7
Şekil 2. 3 Türbin [19]	8
Şekil 2. 4 Nehir Tipi HES [21].....	8
Şekil 2. 5 Depo Tipi HES [22]	9
Şekil 2. 6 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Endüstride Kullanım Şekilleri	10
Şekil 2. 7 Enerji Kaynaklarının Toplam Elektrik Üretimindeki Payı	11
Şekil 2. 8 Çin'in ve Dünya'nın En Büyük HES'i: Üç Boğaz Barajı ve HES [28].....	11
Şekil 2. 9 Başlıca Ülkelerin Hidroelektrik Üretimi (GWh) [29].....	11
Şekil 2. 10 Toplam Hidroelektrik Kurulu Gücün Ülkelere Dağılımı.....	12
Şekil 2. 11 2017 Yılında Kurulu Güç Kapasitesini (MW) En Fazla Arttıran Ülkeler ..	12
Şekil 2. 12 Türkiye'nin Havzaları [30].....	13
Şekil 2. 13 Havza Yağış Alanı km ³ [31].....	13
Şekil 2. 14 2017 Yılı Havza Alansal Yağış Dağılımı [32]	14
Şekil 2. 15 Türkiye Yükselti Haritası [33].....	15
Şekil 2. 16 Bazı Ülkelerin Hidroelektrik Potansiyellerini Değerlendirme Oranı [34]..	15
Şekil 2. 17 Atatürk Barajı ve HES [36].....	16
Şekil 2. 18 Ilısu Barajı ve HES [43].....	19
Şekil 2. 19 Yıllara Göre Faaliyete Geçen HES Sayısı	20
Şekil 2. 20 YEKDEM'deki HES'lerin Tesis Tipi.....	20
Şekil 2. 21 YEKDEM'deki HES'lerin Kurulu Güç Kapasiteleri.....	21
Şekil 2. 22 Yıllara Göre Türkiye'de Hidroelektrik Üretimi (TWh).....	21
Şekil 2. 23 Yıllara Göre Türkiye'nin Hidroelektrik Kurulu Gücü (GWh).....	22
Şekil 2. 24 Türkiye'de Yenilenebilir Kaynakların Elektrik Üretiminde Durumu	22
Şekil 2. 25 Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Elektrikte Su Gücünün Payı	23
Şekil 3. 1 11 Havza Bölgesi [47]	26
Şekil 3. 2 Kurulu Güç ve Tesis Tipine Göre HES Sayıları	27
Şekil 3. 3 Havzalardaki HES Sayıları.....	27
Şekil 3. 4 7 Havza Bölgesindeki HES Sayıları	27
Şekil 3. 5 11 Havza Bölgesindeki HES Sayıları	28
Şekil 3. 6 Yıllara Göre Üretim	30
Şekil 3. 7 Havzalardaki Ortalama Kurulu Güç (MWe).....	32
Şekil 3. 8 Havzalarda 4 Yılın Ortalama Üretiminin Karşılaştırılması	33
Şekil 3. 9 Yıllara Göre Ortalama Üretimleri Aşan ve Aşamayan Havzalar	34
Şekil 3. 10 7 Havza Bölgesindeki Ortalama Kurulu Güç (MWe)	39
Şekil 3. 11 7 Havza Bölgesinde 4 Yılın Ortalama Üretiminin Karşılaştırılması	41
Şekil 3. 12 Yıllara Göre Ortalama Üretimleri Aşan ve Aşamayan 7 Havza Bölgesi....	41
Şekil 3. 13 11 Havza Bölgesindeki Ortalama Kurulu Güç (MWe).....	43

Şekil 3. 14	11 Havza Bölgesinde 4 Yılın Ortalama Üretiminin Karşılaştırılması	44
Şekil 3. 15	Yıllar Bazında Ortalama Üretimi Aşan ve Aşamayan 7 Havza Bölgesi	44
Şekil 4. 1	Hiyerarşik Kümeleme	50
Şekil 4. 2	Tek Bağlantı Yöntemi [52]	51
Şekil 4. 3	Tam Bağlantı Yöntemi [52]	51
Şekil 4. 4	Ortalama Bağlantı Yöntemi [52]	51
Şekil 4. 5	Ağaç Diyagramı [53]	52
Şekil 4. 6	Yıllık Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzaların Dendrogram Üzerinde Gösterilmesi.....	54
Şekil 4. 7	Doğu Karadeniz ve Diğer Havzalarda Üretimin Yıllara Göre Gelişimi.....	55
Şekil 4. 8	2014-2015 Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzaların Dendrogram Üzerinde Gösterilmesi	56
Şekil 4. 9	2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Oluşturulan Kümelerde Üretimin Yıllara Göre Değişimi	57
Şekil 4. 10	2015-2016 Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzaların Dendrogram Üzerinde Gösterilmesi	58
Şekil 4. 11	2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Oluşturulan Kümelerde Üretimin Yıllara Göre Değişimi	58
Şekil 4. 12	Akış Miktarına Göre Kümelenen Havzaların Dendrogram Üzerinde Gösterilmesi.....	59
Şekil 4. 13	Dicle-Fırat ve Diğer Havzalarda Üretimin Yıllara Göre Değişimi	60
Şekil 4. 14	Kurulu Güç Kapasitelerine Göre Kümelenen Havza Bölgelerinin Dendrogram Üzerinde Gösterilmesi	61
Şekil 4. 15	Kurulu Güç Kapasiteleri Benzer Olan Havza Bölgeleri	62
Şekil 4. 16	Kurulu Güç ve Üretim İlişkisi	62
Şekil 4. 17	Kurulu Güç Kapasitesine Göre Oluşturulan Kümelerde Üretimin Yıllara Göre Değişimi	65
Şekil 4. 18	2017 Yılında Benzer Miktarda Üretim Gerçekleştiren Havza Bölgeleri....	67
Şekil 4. 19	2015 Yılında Benzer Miktarda Üretim Gerçekleştiren Havza Bölgeleri....	68
Şekil 4. 20	2016 Yılında Benzer Miktarda Üretim Gerçekleştiren Havza Bölgeleri....	69
Şekil 4. 21	2018 Yılında Benzer Miktarda Üretim Gerçekleştiren Havza Bölgeleri....	70

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1	Havzalarda Yıllık Akış [31] 14
Çizelge 2. 2	Tesislerin Elektrik Ürettiklerinde Aldıkları Fiyat Desteği [37]..... 16
Çizelge 2. 3	Türkiye'nin Hidroelektrik Santral Profili [42] 18
Çizelge 2. 4	100 MWe'den Büyük Yapım Aşamasındaki HES'ler 19
Çizelge 2. 5	Sayılarla YEKDEM 20
Çizelge 3. 1	Değişkenler Tablosu 24
Çizelge 3. 2	Havza ve Havza Bölgeleri..... 26
Çizelge 3. 3	Havza ve 7 Havza Bölgesindeki HES Sayılarına İlişkin Tablo..... 28
Çizelge 3. 4	Havza ve 11 Havza Bölgesindeki HES Sayılarına İlişkin Tablo..... 29
Çizelge 3. 5	HES'lerin Kurulu Güç ve Üretim Değerleri..... 30
Çizelge 3. 6	En Yüksek ve En Düşük Üretim Miktarları 31
Çizelge 3. 7	Tesis Tipleri ve Yıllara Göre Ortalama Üretim..... 31
Çizelge 3. 8	Havzalarda Üretimin Görünümü 32
Çizelge 3. 9	Havzalarda Bir Önceki Yıla Göre Üretimde Yaşanan Yüzde Değişim... 35
Çizelge 3. 10	Havzalarda Ortalama Üretimin Vaat Edilenden Yüzdesel Farkı..... 36
Çizelge 3. 11	Havzalardaki Kurulu Güç ve Üretimin 7 Havza Bölgesine Dağılımı..... 37
Çizelge 3. 12	Havzalardaki Kurulu Güç ve Üretimin 11 Havza Bölgesine Dağılımı... 38
Çizelge 3. 13	7 Havza Bölgesinde Üretimin Görünümü 40
Çizelge 3. 14	7 Havza Bölgesinde Bir Önceki Yıla Göre Üretimde Yaşanan Yüzde Değişim..... 42
Çizelge 3. 15	7 Havza Bölgesinde Ortalama Üretimin Vaat Edilenden Yüzdesel Farkı 42
Çizelge 3. 16	11 Havza Bölgesinde Üretimin Görünümü 43
Çizelge 3. 17	11 Havza Bölgesinde Bir Önceki Yıla Göre Üretimde Yaşanan Yüzde Değişim..... 45
Çizelge 3. 18	11 Havza Bölgesinde Ortalama Üretimin Vaat Edilenden Yüzdesel Farkı 45
Çizelge 4. 1	Havza Yağış Miktarları (mm) [56] 54
Çizelge 4. 2	Doğu Karadeniz ve Diğer Havzalarda Üretimlerin Karşılaştırılması..... 55
Çizelge 4. 3	2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Oluşturulan Kümelerde Üretimdeki Farklılığın İncelenmesi 57
Çizelge 4. 4	2015-2016 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Oluşturulan Kümelerde Üretimdeki Farklılığın İncelenmesi 59
Çizelge 4. 5	Dicle-Fırat ve Diğer Havzalarda Üretimlerin Karşılaştırılması 60
Çizelge 4. 6	Kurulu Güce Göre Oluşan Kümelerde Ortalama Kurulu Güç ve HES Sayısı 61
Çizelge 4. 7	Orta Büyüklükte Kurulu Güç Kapasitesine Sahip Havza Bölgelerinde Üretimlerin Karşılaştırılması 63

Çizelge 4. 8	Kurulu Güç Kapasitesi Düşük Olan Havza Bölgelerinde Üretimlerin Karşılaştırılması	63
Çizelge 4. 9	Kurulu Güç Kapasitesi Yüksek Olan Havza Bölgelerinde Üretimlerin Karşılaştırılması	64
Çizelge 4. 10	Kurulu Güç Kapasitelerine Göre Oluşan Kümelerde Üretimdeki Farklılığın İncelenmesi.....	64
Çizelge 4. 11	Kurulu Güç Kapasitesine Göre Oluşan Kümelerde Üretimlerin Karşılaştırılması	65
Çizelge 4. 12	Tekrar Adımları	67
Çizelge 4. 13	Final Merkezler (Küme Ortalamaları)	67
Çizelge 4. 14	2017 Yılı Üretimlerinde Aynı Kümelerde Yer Alan Havza Bölgeleri ...	67
Çizelge 4. 15	Havza Bölgelerinin Kurulu Güç Kapasitelerine Göre 2017 Yılı Üretimleri.....	68
Çizelge 4. 16	Havza Bölgelerinin Kurulu Güç Kapasitelerine Göre 2015 Yılı Üretimleri.....	69



TÜRKİYE’DE HAVZALAR BAZINDA HİDROELEKTRİK ÜRETİMİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Metehan SÖNMEZ

İstatistik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Doğan YILDIZ

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde elektrik üretiminde tarihte ilk yararlanılan enerji kaynağı olan su gücü günümüzde çoğu ülkenin elektrik üretiminde önemli bir yere sahiptir. Bu ülkelerden bir tanesi olan Türkiye, elektrik ihtiyacının %30’a yakını hidroelektrik enerjiden karşılarken aynı zamanda sahip olduğu coğrafi koşullar sebebiyle de hidroelektrik potansiyel anlamında iyi bir konumdadır. Bu bağlamda mevcut hidroelektrik potansiyeli değerlendirebilmek adına ülkemizde her geçen yıl HES (hidroelektrik santral) yatırımları arttırılmaktadır. Bu tez çalışmasının konusunu 2019 yılı “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması” listesinde yer alan 283 adet hidroelektrik santral (HES) oluşturmaktadır. HES’lerin kurulu güç kapasiteleri, vaat edilen yıllık üretim miktarları, gerçekleştirdikleri yıllık üretim miktarları havzalara göre değerlendirilmiştir. Havzalar yağış ve akış miktarı gibi koşullara göre kümelenmiştir ve HES yatırımlarının bu koşullar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği araştırılmıştır. Ayrıca havzalarda bulunan HES’lerin kurulu güç kapasiteleriyle gerçekleştirdikleri yıllık üretimlerin ne ölçüde örtüştüğü incelenmiştir ve ortaya çıkan sonuçlar Türkiye haritası üzerinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, hidroelektrik enerji, hidroelektrik enerji santrali, kümeleme analizi, çoklu karşılaştırmalar.

ABSTRACT

THE ASSESSMENT OF HYDROELECTRIC PRODUCTION IN TURKEY BY STATISTICAL METHODS ON THE BASIS OF RIVER BASINS

Metehan SÖNMEZ

Department of Statistics

MSc. Thesis

Adviser: Assist. Prof. Dr. Doğan YILDIZ

Hydropower which is the first utilized energy source among renewable energy sources in history has an important place in the electricity production of many countries. Turkey, as one of these countries, meets %30 of its electricity demand from hydroelectric energy, and at the same time, thanks to its geographic conditions are in a beneficial position when the hydroelectric potential is considered. In this respect, in order to utilize the current hydroelectric potential, investments towards hydroelectric power plants in Turkey are increased every year. The subject of this thesis is the 283 Hydroelectric Power Plants (HPPs) which are listed in the “Renewable Energy Resources Support Mechanism of 2019”. The installed power capacities of HPPs are assessed according to the projected annual production amounts, realized annual production amounts, and river basins. Basins have been grouped together according to the conditions concerning precipitation and annual discharge and it is studied whether if HPP investments have been realized taking into consideration these conditions. It is also studied how well the installed power capacities of HPPs in basins correspond with the annual production and found results are demonstrated on the map of Turkey.

Keywords: Renewable energy, hydroelectric energy, hydroelectric power plant, cluster analysis, multiple comparisons.

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

İnsanoğlu yüzyıllar boyunca varlığını ve gelişimini sürdürebilmek adına su kaynaklarından her zaman faydalanmıştır. Bu yüzden suya yakın alanlarda yerleşkeler kurmuşlar, su için mücadele etmişlerdir. Uygarlığın ilerlemesi ve ilerleme arzusuna bağlı olarak, su yaşamsal öneminin yanı sıra doğal bir enerji kaynağı olarak da görülmeye başlandı. Ancak artan dünya nüfusu ve nüfus artışıyla beraber yükselen tüketim hızıyla suyun değerlendirilme şekli de önem kazandı. Ayrıca fosil yakıtların yoğun kullanımı çevre kirliliğini tetiklediğinden, dünyada son yıllarda başta su gücü olmak üzere yenilenebilir kaynakların kullanımı da özendirilmektedir. Bütün bu etkilerin anlaşılabilmesi ve sudan yararlanılarak elde edilen elektrik üretiminin incelenmesi adına dünyada birçok ülkede çeşitli raporlar hazırlanmaktadır.

Uluslararası düzeyde kar amacı gütmeyen bir kuruluş olan IHA her sene düzenli olarak su gücü durumu raporu hazırlamaktadır. Hazırlanan raporlarda dünyada inşa edilen barajlara, her kıta ve ülke özelindeki hidroelektrik üretimine, kurulu güç kapasitesine ilişkin istatistiki bilgilere yer verilirken aynı zamanda su gücünden faydalanmanın öneminden bahsedilmektedir [1].

Su gücü raporu yayımlayan kuruluşlardan biri de Dünya Bankası Grubu üyesi olan IFC'dir. IFC'nin hazırladığı "Hidroelektrik Güç" adındaki raporda su gücünden yararlanmanın şimdi ve gelecekte hem ekonomik hem de sosyal büyümeyi destekleyebileceği ifade edilirken, bir yandan da su gücü kullanımının iklim değişikliklerine yol açabileceği bundan dolayı hidroelektrik projelerde teknolojik gelişmelerden yararlanmanın ve havza yönetimine uyumlu şekilde hareket etmenin gerekliliğine vurgu yapılmıştır [2].

Benzer şekilde UNIDO da hazırladığı raporda özellikle küçük ölçekli hidroelektrik santrallerin kırsal alanlarda elektrik tedarikinin sağlanmasında oldukça önemli olduğundan ve bu alanlarda yaşam koşullarının iyiye gitmesine neden olacağından bahsederken bir yandan da küçük ölçekli hidroelektrik santral yatırımlarının önündeki engellere değinmiştir [3].

Devletlerin de hidroelektriğe ilişkin raporları mevcuttur. Bunlardan bir tanesi dünyanın önde gelen hidroelektrik üreticilerinden olan ABD’de enerji bakanlığı bünyesinde hazırlanan su gücü pazar raporudur. Söz konusu raporda ABD’de hidroelektrik kapasite değişimine, fiyatlarına, performansına, karar alıcılarla ilgili bilgiler yer almaktadır [4].

Ülkemizde de tıpkı dünyada olduğu gibi hidroelektrik görünümüne ilişkin değerlendirmeler yapan birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Bunların başında gelen ve Türkiye’de su kaynaklarının gelişimi, korunmasında önemli bir misyonu olan DSI, yıllık faaliyet raporlarında Türkiye’nin hidroelektrik üretimi, kurulu güç kapasitesi, potansiyeli, hem devlet hem de özel sektör bünyesindeki HES sayılarına ait istatistiklere yer vermektedir [5].

Hidroelektriğin tasvirini yapan raporların yanı sıra akademik anlamda örnek oluşturabilecek bazı çalışmalar şu şekildedir.

Türkiye’de hidroelektrik üretiminde yeni finans modellerinin ele alındığı bir yüksek lisans tez çalışmasında ülkemizde hidroelektrik üretiminin devlet eliyle gerçekleştirilmesinin daha uygun olacağı ifade edilirken, özel sektörün hidroelektrik üretiminde şu ana kadar yetersiz kaldığından Türkiye’nin gelecek yıllarda enerji tedarikinde sorunlar yaşayabileceği belirtilmiştir [6].

Nehir tipi HES’lerin yapısal elemanlarının çevreye olan etkilerinin incelendiği bir çalışmada; nehir tipi HES’lerin doğal yaşam üzerinde yarattığı etkinin en çok, HES’in havzadaki konumundan kaynaklandığı temel bileşenler yöntemi ile tespit edilmiştir [7].

Tüm dünyadaki hidroelektrik kurulu güç kapasitesine ilişkin bir çalışmada ise brüt hidroelektrik potansiyelin en çok yağış ve yükseklikten, ekonomik hidroelektrik potansiyelin akarsu akışı ve çeşitliliğinden, kullanılabilir hidroelektrik potansiyelin de çevresel kısıtlamalardan etkilendiği ortaya koyulmuştur. Bunların yanı sıra hidroelektrik potansiyelin kesin tahmininde akarsu akışlarındaki doğruluğun önemli olduğuna değinilmiştir [8].

Arslan yüksek lisans tezinde HES'lerin üretim verilerini ve akarsu akış verilerini kullanmış, yapısal tabanlı hiyerarşik kümeleme yöntemine başvurarak havza bazlı HES sınıflandırması gerçekleştirmiştir. Ancak akarsu akışlarından elde edilen sonuçları üretim verilerinden elde edilemediğini ifade etmiş bu durumu akarsu akışıyla üretim arasında ilişki olmamasına bağlamıştır [9].

Araştırmacının bulanık kümeler yönteminden yararlandığı bir çalışmada, nehir tipi hidroelektrik santral projelerinde uzman görüşü ve anketler yardımıyla 11 adet risk faktörü belirlenmiş. Elde edilen proje risk indeksine bağlı olarak HES projeleri proje riski düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır [10].

Andiç yüksek lisans tezinde, akım ölçümleri yetersiz olan havzalardaki hidroelektrik potansiyelin belirlenmesini ele almış ve bu bağlamda Doğu Karadeniz'de pilot bir bölge seçmiş. Bölgeye ilişkin düşü yüksekliği, havza alanı, havza ortalama yüksekliği, havza sınırları gibi bilgiler üretmiş ve elde edilen bu verileri kullanarak santral belirleme çalışmaları gerçekleştirmiştir [11].

Gazel yüksek lisans tezinde, enerji satışından elde edilecek geliri en yükseğe çıkarmak amacıyla HES'lere özgü kısıtları ele alarak doğrusal olmayan bir model geliştirmiştir. HES'lerin enerji talebini karşılamada yetersiz olduğunu ortaya koyarken, alternatif güç kaynaklarından alınacak enerjinin de toplam maliyetleri arttıracığını işaret etmiştir. Bunun önüne geçilmesi için de HES'lerden daha fazla enerji elde edilmesi gerektiğini ifade etmiştir [12].

Şahin yüksek lisans tezinde, 54 adet HES projesinin proje aşamasındaki maliyetlerini tahmin etmek amacıyla iki farklı maliyet tahmin modeli geliştirmiştir. Her iki yöntem karşılaştırıldığında 12 faktörü göz önünde bulunduran yapay sinir ağlarının regresyona nazaran daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir [13].

1.2 Tezin Amacı

Tezin ana amacı YEKDEM listesinde yer alan hidroelektrik santrallerin havzalar özelindeki verimliliklerini, HES'lerin gerçekleştirdikleri üretim miktarlarının vaat ettikleri yıllık üretim miktarlarını ne ölçüde karşılayabildiklerini gözlemleyerek ve HES'lerin sahip oldukları kurulu güç kapasiteleriyle gerçekleştirdikleri üretim miktarı arasındaki ilişkiden yararlanarak değerlendirmek. Buna ek olarak üretim miktarında yıllara göre yaşanabilecek değişimleri havzalar özelinde detaylı bir biçimde ortaya

koymak, YEKDEM’de bulunan HES yatırımlarının büyüklüğünü ifade edebilecek olan ortalama kurulu güç kapasitesinin havzalardaki su potansiyellerine göre şekillenip şekillenmediğini tespit etmeye çalışmak ve gerçekleştirilen hidroelektrik üretimini havzaların su potansiyeli koşulu altında değerlendirmek de bu tezin konularını oluşturmaktadır.

1.3 Hipotez

YEKDEM’de yer alan HES’lerin hidroelektrik üretimlerinin sahip oldukları kurulu güç kapasitelerinden oldukça etkilendikleri düşünülmektedir. Sahip oldukları HES’lerin kurulu güç kapasitelerindeki büyüklük anlamında benzerlik gösteren havzalarda, üretimin de bu duruma uygun olarak tüm yıllar bazında benzer olduğuna inanılmaktadır. Kurulu güç kapasitesi büyüklüğü anlamında öne çıkan HES’lerin ise ülkemizdeki genel tabloya benzer şekilde su potansiyeli yüksek havzalarda yoğunlaştığı tahmin edilirken, su potansiyeli nispeten daha az olan havzalarda ise kurulu güç kapasitesi düşük olan HES’lerin tercih edildiği tahmin edilmektedir. Bunun bir sonucu olarak ortalama üretim miktarının su potansiyeli yüksek havzalarda daha fazla olduğu düşünülmektedir. Diğer bir varsayım ise, HES’lerde yaşanabilecek hem teknik sorunlar hem de son yıllarda ülkemizin bazı bölgelerinde yaşanan kuraklık dolayısıyla birtakım havzalarda bulunan HES’lerin vaat ettikleri hidroelektrik üretim miktarını karşılamada yetersiz kalabileceği ve üretimlerinde yıllara göre değişkenlikler yaşanabileceği öngörülmektedir.

HİDROELEKTRİK ENERJİ

2.1 Hidrolik Enerji Kaynağı

Dünyadaki başlıca enerji kaynağı güneştir. Milyonlarca yıldır dünyamızı aydınlatan ve ısıtan güneş tıpkı birçok enerji kaynağında olduğu gibi hidrolik enerjinin oluşumunda da rol oynar. Deniz, nehir, göl gibi büyük su kütlelerinde bulunan sular güneşin ısıtmasıyla beraber buharlaşır, daha sonra rüzgârın da etkisiyle hareket eden su buharları gaz halinden sıvı haline geçerek kar ya da yağmur şeklinde yağışları oluşturur böylelikle hareket halindeki su hidrolik enerjiyi meydana getirir. Suyun kendi döngüsünden dolayı hidrolik enerji yenilenebilir bir enerji kaynağıdır [14].



Şekil 2. 1 Su Çevrimi [14]

2.2 Hidroelektrik Enerjinin Oluşumu

Enerji doğada kendiliğinden bulunur dolayısıyla ne yaratılabilir ne de yok edilebilir. Hareket halindeki su da bir enerjiyi ifade etmektedir ancak bu tek başına elektrik enerjisini oluşturmaz. Suyun gücü Hes'lerde bulunan çeşitli mekanizmalarla elektrik enerjisine dönüşür.

2.3 Hidroelektrik Enerjinin Olumlu Yönleri

Hidroelektrik enerjinin avantajları göz önünde bulundurulduğunda genel olarak çevresel faktörler, mali nedenler ve altyapı ön plana çıkmaktadır. Ayrıca hidroelektrik enerji rüzgâr, güneş ve diğer yenilenebilir kaynakların etkinleştirilebilmesini de sağlamaktadır. Hidroelektrik enerjinin başlıca olumlu özellikleri şu şekildedir [15].

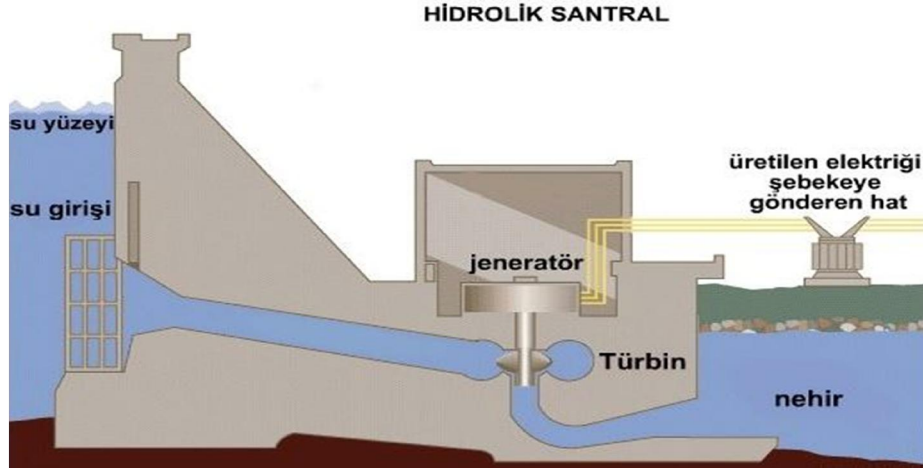
- Temiz ve yeşil enerjidir dolayısıyla çevre kirliliğine neden olmaz.
- HES'lerden her mevsim veya her saat diliminde verim alınabilmektedir.
- Yerli bir enerji kaynağıdır, böylelikle enerjide dışa bağımlılık azalmaktadır.
- HES'lerden tarım, sulama, içme suyu ve taşkın önleminde de yararlanılır.

2.4 Hidroelektrik Enerjinin Olumsuz Yönleri

Hidroelektrik enerji santralleri büyük projelerdir ve inşaları sırasında toz, gürültü, trafik, ortaya çıkan hafriyatın nasıl yok edileceği gibi sorunlar öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra akarsuyun akış yönünde ve hızında birtakım değişiklikler meydana gelmesine neden olarak bölgedeki ekosistemi olumsuz anlamda etkileyebilmektedir. Ayrıca bazı Hes'ler suların yükselmesine sebep olarak kültürel varlıkları da tehdit etmektedir [16]. Dolayısıyla hidroelektrik enerji tercihinde arazi ve iklim koşullarının yanı sıra yerleşim bölgelerinin ve tarihi dokunun da göz önünde bulundurulması gerekmektedir böylelikle olası kayıpların önüne geçilebilmekte ve doğaya uyumlu şekilde hareket edilebilmektedir.

2.5 Hidroelektrik Enerji Santralleri

Akan suyun elektrik üretimi amacıyla değerlendirildiği yapılara hidroelektrik enerji santrali denilmektedir. Akan sudaki enerji miktarı suyun akış veya düşüş hızına bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla büyük bir nehirde akan su ile yüksek bir yerden düşüş gerçekleştiren suyun sahip olduğu enerji fazladır. Her iki şekilde de su kanal ya da borular aracılığıyla jeneratörlere bağlı olan türbinlere akar ve türbinleri döndürmeye başlar böylelikle elektrik üretimi gerçekleşir [17]. Bir HES'in yapısı ele alındığında genel olarak baraj, rezervuar ve türbin öne çıkmaktadır.



Şekil 2. 2 Hidroelektrik Santralin Çalışma Şekli [17]

2.5.1 Baraj

Suyun akışını önlemek amacıyla oluşturulan setlerdir. Baraj göllerinde depolanan su ile kuraklığın yaşandığı dönemlerde susuzluğun önüne geçilebilmektedir bunun yanı sıra depolanan su bir potansiyel enerji oluşturmaktadır ve bu su elektrik üretiminde kullanılabilir. Daha fazla enerji üretebilmek amacıyla barajlar genelde yüksek yerlere inşa edilmektedir.

2.5.2 Rezervuar

Rezervuar suyun depolandığı havuzdur ve rezervuarda bulunan suyun miktarı HES'in ürettiği elektrik miktarını etkileyebilmektedir.

2.5.3 Türbin

Hes'lerin çalışma şeklinde önemli bir yeri olan türbin Latince turbo kelimesinden gelmektedir ve fırlıdak şeklinde bir yapıdır. Türbin, kısaca suyun (akışkanın) enerjisini hareket enerjisine ve çeşitli düzenekleriyle suyun hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren yapı olarak tanımlanmaktadır. Hidroelektrik türbinler Pelton, Francis ve Kaplan türbinleri olmak üzere üç adettir. Hangi hidroelektrik türbininin tercih edileceği düşüye bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin 300 metrenin üzerinde olan düşü yüksekliği için Pelton, 30 ile 300 metre arasındaki düşü yüksekliklerinde Francis ve 30 metrenin altında düşü yüksekliklerinde Kaplan türbinleri kullanılmaktadır [18].



Şekil 2. 3 Türbin [19]

2.6 Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Sınıflandırılması

HES'lerin sınıflandırılmasında depolama şekli, kurulu güç ve düşü öne çıkmaktadır.

2.6.1 Depolama Şekline Göre HES'ler

- Nehir Tipi
- Depo Tipi

Nehir tipi hidroelektrik santrallerde su herhangi bir depolama veya biriktirme yoluna gidilmeden değerlendirilir. Bu tip santrallerde üretim yağış rejimlerine bağlılık gösterir. Mevsimsel durumlar üretimi etkiyebilmektedir [20].



Şekil 2. 4 Nehir Tipi HES [21]

Depo tipi hidroelektrik santrallerde ise su barajlar yardımıyla biriktirilerek düzenli ve sürekli bir üretim amaçlanır. Depo tipi santraller mevsimsel etkilerden nehir tipine göre daha az etkilenirken suyun az olduğu en kurak mevsimlerde bile enerji ihtiyacı biriktirilen su yardımıyla karşılanır [20].



Şekil 2. 5 Depo Tipi HES [22]

2.6.2 Kurulu Güç Kapasitesine Göre HES'ler

Kurulu güç kapasitesi bir HES'in teknik anlamda ne kadar elektrik üretebileceğini ifade etmektedir. HES'lerin kurulu güç kapasitelerine göre sınıflandırılması bazı ülkelerde farklılık gösterebilmesine karşın genel olarak şu şekildedir.

- Mikro HES (0.1-100 KW)
- Mini HES (101-1000 KW)
- Küçük HES (1001-10000 KW)
- Büyük HES (10000 KW'den büyük)

Tercih edilecek kurulu güç kapasitesi, HES'in kurulacağı yerin konumuna göre değişebilmektedir. Örneğin sadece yaz aylarında enerji ihtiyacı doğan yerlerde kolaylıkla kaldırılabilmesi ve merkezi sistemin getireceği maliyetlerden kaçınmak adına daha küçük ölçekli santraller tercih edilirken söz konusu büyük bir yerleşim yeri olduğunda ise büyük ölçekli santrallere ihtiyaç duyulmaktadır. Büyük ölçekli santraller aynı zamanda ulusal enerji şebekesine de elektrik sağlamaktadır.

2.6.3 Düşülerine Göre HES'ler

Düşü belli bir yükseklikten düşen suyun katettiği mesafedir. Düşü arttıkça suyun depoladığı enerji de bir o kadar artmaktadır. Düşülerine göre Hes'ler şu şekildedir.

- Alçak Düşü (10 metreden az)
- Orta Düşü (10-50 metre arası)
- Yüksek Düşü (50 metreden fazla)

2.7 Dünya’da Hidroelektrik Enerji

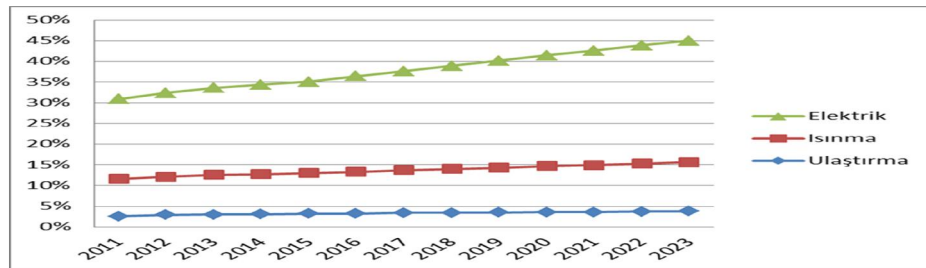
Hidroelektrik enerji tarihsel gelişim, ülkelerin üretimleri, hidroelektrik enerjiye yapılan yatırımlar olmak üzere üç bölümde ele alınabilir.

2.7.1 Hidroelektrik Enerjinin Kısa Tarihi

Su gücünden eski çağlardan beri faydalanılmaktadır. Su gücü ilk olarak tekstil üretimi, sulama ve tahıl öğütme gibi alanlarda kullanılmaya başlandı. Keşfedilmesi milattan önce 3.yüzyıla kadar uzanan su çarklarıyla beraber suyun gücünden daha etkin bir şekilde yararlanıldı. Endüstri devrimi sırasında ise su çarklarının yerini yavaş yavaş türbinlere bırakmasıyla sudan daha yüksek verim alınmaya başlandı. Su gücünün elektrik üretimi için değerlendirilmesi ise 19.yüzyıla kadar uzanırken, bu anlamda elektrik üretiminde yararlanılan ilk yenilenebilir enerji kaynağı özelliği taşımaktadır [2].

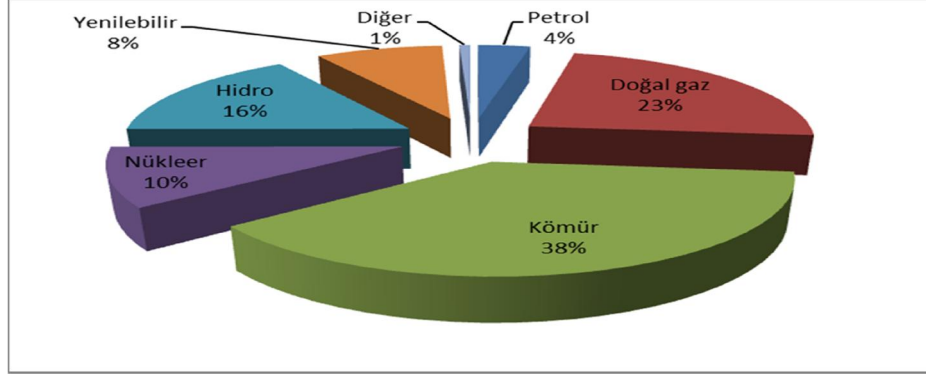
2.7.2 Hidroelektrik Enerji Üretimi

Elektrik pek çok farklı enerji kaynağından tedarik edilebilmektedir. Dünyanın elektrik ihtiyacı ağırlıklı olarak fosil yakıtlar olarak bilinen kömür ve doğal gazdan karşılanmaktadır. Ancak fosil yakıtlar sonsuz değildir ve bu hızda kullanıldıkları takdirde doğal gazın 2060, kömürün ise 2088 yılına kadar ömrü kalmıştır [23]. Fosil yakıtlar tükenme tehlikesinin yanı sıra, atmosfere karışan CO₂’in artmasında en büyük faktör olduğundan iklim değişikliklerine sebep olarak dünyanın doğal yapısını ve insan topluluğunu olumsuz yönde etkilemektedir [24]. Bu noktada alternatif enerji kaynakları olarak değerlendirilen yenilenebilir kaynaklar önem kazanmaktadır. Endüstrinin birçok kolunda kendine alan bulan fosil yakıtlar yerine en azından elektrik üretiminde yenilenebilir kaynaklar tercih edilebilmektedir. Bunun bir sonucu olarak 2030 yılına kadar olan süreçte yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin, toplam elektrik üretimindeki artışın %70’ini oluşturması beklenmektedir [25].



Şekil 2. 6 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Endüstride Kullanım Şekilleri

Yenilenebilir kaynaklar içinde su (hidro) güç elektrik üretim potansiyeli en yüksek olan yenilenebilir enerji kaynağıdır ve nitekim dünyanın toplam elektrik enerjisinin %16'sı su gücünden elde edilmiştir [26].

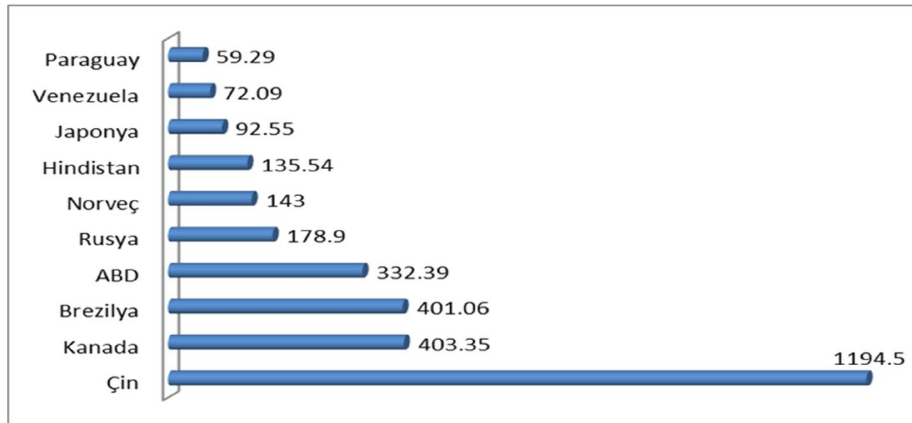


Şekil 2. 7 Enerji Kaynaklarının Toplam Elektrik Üretimindeki Payı

2017 yılında hidroelektrik enerji üretimi 4,185 TWh olmuştur. Hidroelektrik enerji üretiminin büyük kısmı Çin’de gerçekleşmiştir [1].



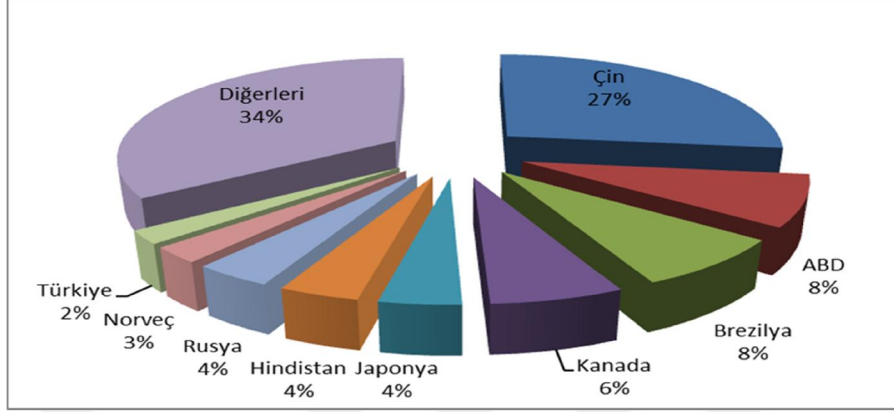
Şekil 2. 8 Çin’in ve Dünya’nın En Büyük HES’i: Üç Boğaz Barajı ve HES [27]



Şekil 2. 9 Başlıca Ülkelerin Hidroelektrik Üretimi (GWh) [28]

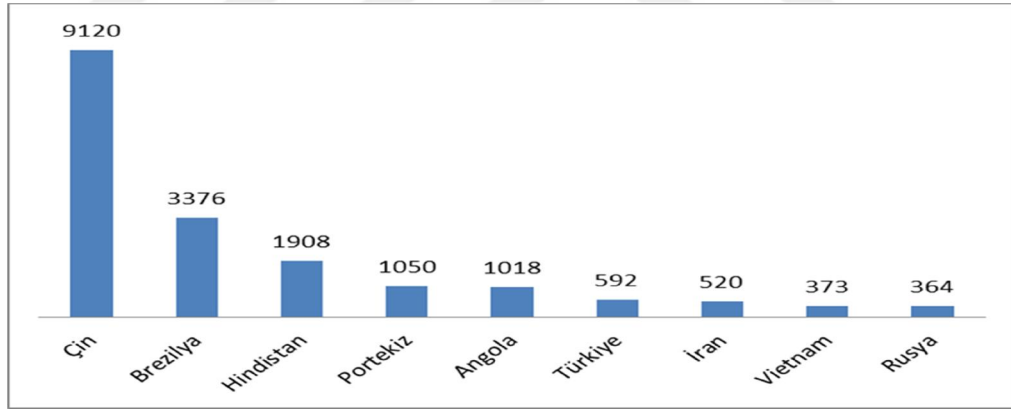
2.7.3 Hidroelektrik Enerji Kurulu Güç Kapasitesi

2017 yılında hidroelektrik enerji toplam kurulu güç kapasitesi 21.9 GW artışla 1267 GW olmuştur. Dünyadaki toplam kurulu güç kapasitesi en fazla olan ülke 341 GW ile Çin'dir. Çin'i sırasıyla ABD ve Brezilya takip etmektedir [1].



Şekil 2. 10 Toplam Hidroelektrik Kurulu Gücün Ükelere Dağılımı

2017 yılında kurulu güç kapasitesindeki artışın büyük kısmı hidroelektrik üretiminde lider ülke olan Çin'de gerçekleşmiştir. Türkiye kurulu güç kapasitesini en fazla arttıran ilk 10 ülke arasında yer almaktadır [1].



Şekil 2. 11 2017 Yılında Kurulu Güç Kapasitesini (MW) En Fazla Arttıran Ülkeler

2.8 Türkiye'de Hidroelektrik Enerji

Tüm dünyada olumsuz çevresel etkileri olduğu bilinen yenilenemeyen kaynaklar ülkemizde de elektrik üretiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak çevresel etkilerin yanı sıra Türkiye yenilenemeyen enerji kaynaklarında %75 oranında dış ülkelere bağımlıdır. Bu durum Türkiye'yi ekonomik anlamda da elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir kaynaklara özellikle de su gücüne yönlendirmektedir.

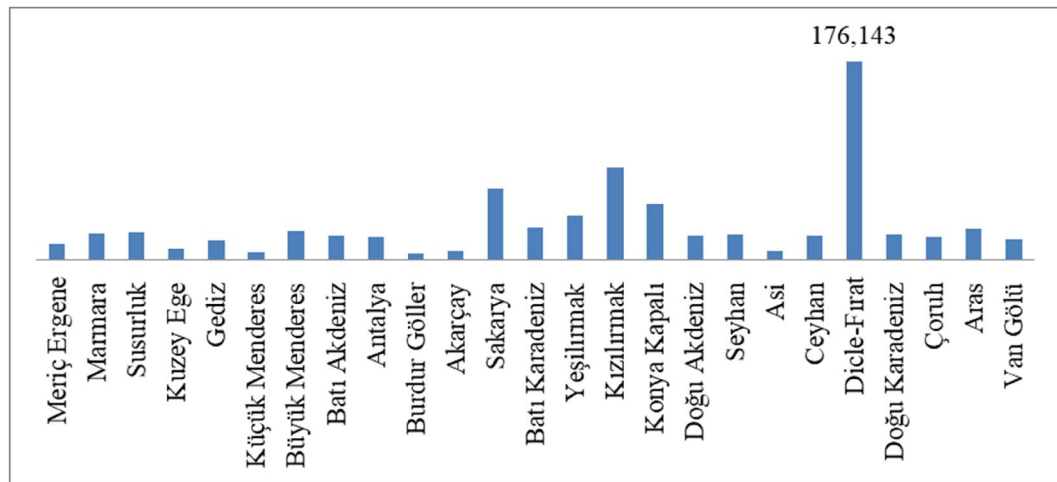
2.8.1 Türkiye'nin Su Potansiyeli

Hidroelektrik enerjinin ham maddesi sudur ve bir ülkenin hidroelektrik enerji potansiyeli ve üretimi su kaynaklarının zenginliğinden son derece etkilenmektedir. Türkiye'de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m^3 civarındadır ve ülkemiz bu anlamda su azlığı çeken ülkeler arasında yer almaktadır [5].

Türkiye'de su potansiyeli havzalara göre değişkenlik gösterebilmektedir. Dicle-Fırat havzası hem sahip olduğu yağış alanı büyüklüğü hem de akış miktarı anlamında diğer havzalara göre oldukça ön plandadır. Bunun bir sonucu olarak da var olan potansiyelin değerlendirilebilmesi amacıyla büyük ölçekli HES'ler çoğunlukla bu havzada yer almaktadır. Yağış miktarının ortalama 958.8 mm olduğu ve bu anlamda Türkiye'nin en fazla yağış alan havzası olan Doğu Karadeniz havzası da HES'lerin yoğunlaştığı bir diğer havzadır.



Şekil 2. 12 Türkiye'nin Havzaları [29]



Şekil 2. 13 Havza Yağış Alanı km^2 [30]

Çizelge 2. 1 Havzalarda Yıllık Akış [30]

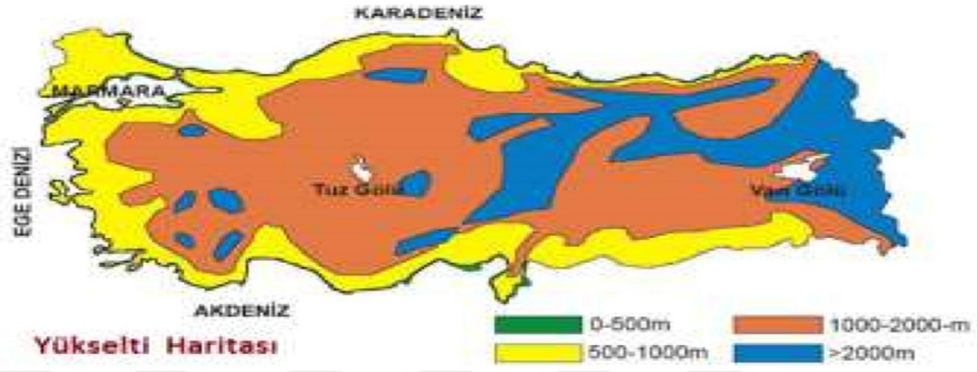
Havza	Ortalama Yıllık Akış (km ³)	Ülke Potansiyelindeki Payı(%)
Meriç Ergene	1.842295803	1.0
Marmara	7.540263744	4.2
Susurluk	4.226009411	2.3
Kuzey Ege	1.500610706	0.8
Gediz	1.544823106	0.9
Küçük Menderes	0.527607908	0.3
Büyük Menderes	2.968685015	1.6
Batı Akdeniz	6.969108012	3.9
Antalya	13.08281	7.2
Burdur	0.255865766	0.1
Akarçay	0.325534483	0.2
Sakarya	5.1582327	2.9
Batı Karadeniz	9.914086537	5.5
Yeşilırmak	6.582307365	3.6
Kızılırmak	6.120014529	3.4
Konya Kapalı	2.647268489	1.5
Doğu Akdeniz	8.240112983	4.6
Seyhan	6.785813012	3.8
Asi	1.813288231	1.0
Ceyhan	7.371492229	4.1
Dicle-Fırat	55.41926	30.7
Doğu Karadeniz	16.4614	9.1
Çoruh	7.047236146	3.9
Aras	4.181757783	2.3
Van Gölü	2.263370734	1.3
TOPLAM	180.7892547	100



Şekil 2. 14 2017 Yılı Havza Alansal Yağış Dağılımı [31]

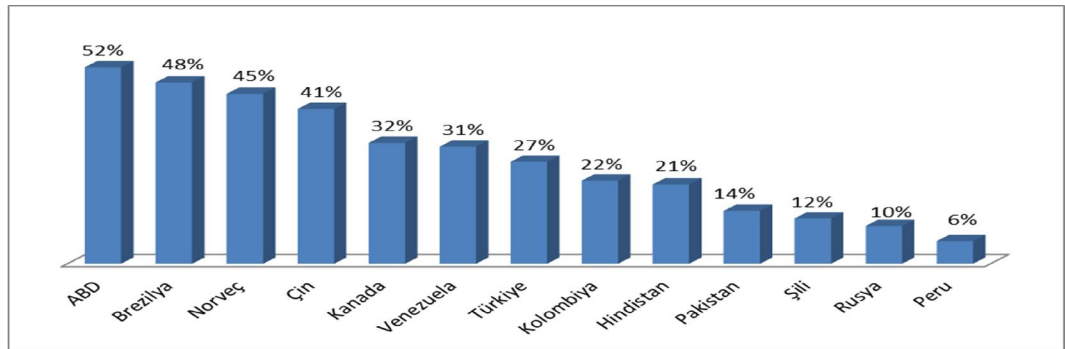
2.8.2 Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli

Hidroelektrik enerjide suyun yanı sıra topoğrafik yapı da önemli bir rol oynamaktadır. Ülkemizin ortalama yükseltisi 1131 m olup 1000 m'den yüksek alanlar toplam yüzeyin %55.5'ini kaplamaktadır. Bunun bir sonucu olarak ülkemizde akarsu eğimleri de fazladır. Türkiye sahip olduğu topoğrafik yapı ve hidrolojik koşulları ile hidroelektrik üretimi açısından avantajlı konumdadır [32].



Şekil 2. 15 Türkiye Yükselti Haritası [33]

Bir ülkedeki mevcut su kaynaklarının tam anlamıyla değerlendirilebilmesi durumu o ülkenin teorik hidroelektrik potansiyel kavramıyla ifade edilmektedir. Ancak normal şartlar altında teorik potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilebilmesi söz konusu değildir. Türkiye'nin teknik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1,5'i, Avrupa potansiyelinin ise %17,6'sıdır. Ülkemiz bu potansiyeli ile Avrupa ülkeleri içinde Rusya'dan sonra en büyük potansiyele sahip ikinci ülke konumunda olmasına rağmen bu potansiyelinin gelişim oranı açısından iyi bir yerde değildir [5]. Türkiye mevcut potansiyelinin %27'sini kullanabilmektedir.



Şekil 2. 16 Bazı Ülkelerin Hidroelektrik Potansiyellerini Değerlendirme Oranı [34]

2.8.3 Türkiye’de Hidroelektrik Üretiminin Gelişimi

Türkiye’de hidroelektrik enerji üretimi 1902 yılında Tarsus’ta kurulan 2 KW kapasiteli ve bugünün ölçülerinde mikro kabul edilen bir tesis ile başladı. 1935 yılında Bayındırlık Bakanlığı bünyesinde kurulan EİE ile su ve diğer enerji kaynakları üzerinde çalışmalar yapılmaya başlandı ve EİE’nin kurulmasını izleyen 5 yıllık süreçte 28 adet HES inşa edildi. Aynı dönemde küçük ölçekli HES’ler üzerinde çalışmalar yürüten Etibank ve İller Bankasının da katkılarıyla 1950 yılına gelindiğinde ülkenin toplam hidroelektrik enerji kurulu gücü 18 MW’ye yükseldi ve hidroelektriğin toplam kurulu güçteki payı %4.4 oldu. 1954 yılında su ve toprak kaynaklarını geliştirmek amacıyla kurulan DSİ ile beraber 1970’lere kadar olan süreçte Türkiye’de hidroelektrik enerjinin payı %35’e çıktı. 1970 yılında TEK’in faaliyete geçmesiyle ülkemizde Keban, Atatürk, Karakaya gibi çok sayıda büyük HES projesi gerçekleştirilmiştir [35].



Şekil 2. 17 Atatürk Barajı ve HES [36]

1987 yılında yayımlanan 3096 sayılı Kanun ile Yap İşlet (Yİ), Yap İşlet Devret (YİD), İşletme Hakkı Devri Otoprodüktör modelleri ile özel sektörün yatırım yapması teşvik edilmiştir. 10 Mayıs 2005 tarihinde 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kabul edilmiştir. Bu kanunun kabulünden sonra özel sektör ürettiği elektriği devlete satmaya başlamıştır [35].

Çizelge 2. 2 Tesislerin Elektrik Ürettiklerinde Aldıkları Fiyat Desteği [37]

Kaynak Türü	Sabit Fiyat (ABD cent/KWh)
Hidroelektrik	7.3
Rüzgâr	7.3
Jeotermal	10.5
Biyokütle	13.3
Güneş	13.3

2.8.4 Türkiye’de Hidroelektrikle İlgili Kurumlar

Türkiye’de elektriğin üretimini, dağıtımını ve iletimini üstlenen TEK; 1993 yılında söz konusu hizmetlerin daha etkili sürdürülebilmesi adına TEİAŞ ve TEDAŞ olarak iki farklı iktisadi devlet teşekkülü olarak yapılandırıldı. 2001 yılında serbest piyasa düzenlemesine geçilmesiyle beraber TEAŞ iletim, üretim ve ticaret faaliyetleri anlamında sırasıyla Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) ve Türkiye Elektrik Ticaret Taahhüt A.Ş. (TETAŞ) olarak üç farklı İktisadi Devlet Teşekkülüne ayrılarak yeniden yapılandırılmıştır [38].

2.8.4.1 Türkiye Elektrik İletim A.Ş.

TEİAŞ, 13.03.2003 tarihinde Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu’ndan aldığı iletim lisansı çerçevesinde yeni piyasa yapısına uygun olarak merkez birimleri ve yurt geneline yayılmış proje, tesis, kontrollük, işletme, bakım ve yük dağıtım üniteleriyle faaliyetlerini sürdürmektedir.

Kurumun amacı elektriğin kaliteli, sürekli, güvenilir, çevreye duyarlı, ekonomik ve elektrik piyasasına uygun olarak iletimini sağlayacak güçlü bir iletim sisteminin planlanması, tesis edilmesi, her türlü coğrafya ve iklim koşulu altında bakımı ve işletilmesidir.

2.8.4.2 Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

Orta ve düşük gerilim hatlarıyla elektriğin yerleşim yerlerindeki dağıtımından ve dağıtım bölgesindeki sayaçların okunması, bakımı, talebin tahmin edilmesi ve genel aydınlatmasından dağıtım şirketleri sorumludur. Elektrik dağıtım faaliyetleri 21 farklı bölgeye ayrılmış ve mülkiyeti Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi’ne (TEDAŞ) ait olmak kaydıyla bu şirketlerin işletme hakkı özel sektöre devredilmiştir. Dolayısıyla TEDAŞ dağıtım şirketlerinin denetiminden sorumludur [39].

2.8.4.3 Elektrik Üretim A.Ş.

EÜAŞ, kamu yararını gözeterek, kârlılık ve verimlilik ilkeleri çerçevesinde; güvenli, sürekli, kaliteli, verimli, düşük maliyetli, çevreyi gözetir elektrik enerjisi üretimi ve satışı faaliyetinde bulunmak amacıyla teşkil edilen bir kamu kuruluşudur. Ülkemizde EÜAŞ bünyesindeki enerji tesislerinin %69’unu HES’ler oluşturmaktadır [40].

2.8.4.4 Enerji Piyaları Düzenleme Kurumu

Elektrik, doğal gaz, petrol ve LPG'nin; yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine tabi faaliyet gösterilebilecek, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir enerji piyasasının oluşturulmasını ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin sağlanmasını amaçlayan EPDK ilk olarak 2628 sayılı kanun ile Elektrik Piyasaları Düzenleme Kurumu olarak kurulmuştur daha sonra 4646 sayılı kanun ile bugünkü adı olan Enerji Piyaları Düzenleme Kurumu adını aldı [41].

2.8.5 Türkiye’de Hidroelektrik Enerjinin Bugünü

Türkiye’de 637 adet HES bulunurken HES’lerin tamamı lisanslı olarak üretim gerçekleştirmektedir. HES’lerin toplam kurulu gücü 28.291 MWe iken ülkenin toplam kurulu gücünün yaklaşık olarak %32’sine karşılık gelmektedir. Ülke elektrik tüketiminin %28’i HES’ler tarafından karşılanmaktadır [42].

Çizelge 2. 3 Türkiye’nin Hidroelektrik Santral Profili [42]

Kayıtlı Santral Sayısı	637
Kurulu Güç	28.231 MWe
Kurulu Güce Oranı	31.94%
Yıllık Elektrik Üretimi	~73.993 GWh
Üretimin Tüketime Oranı	28.46%
Lisans Durumu	637 Lisanslı, 0 Lisanssız

Mevcut HES’lerin yanı sıra yapım aşamasında olan ve ilerleyen süreçte ülkemizin elektrik üretimine katılacak olan tesisler de vardır. Bununla beraber bazı HES’ler çevresel anlamda şartları sağlayamadıkları için faaliyetleri durdurulmakta veya başlatılmamaktadır.

Çizelge 2. 4 100 MWe'den Büyük Yapım Aşamasındaki HES'ler

Santral Adı	Kurulu Güç
Ilısu Barajı ve HES	1200
Yusufeli Barajı ve HES	558
Çetin Barajı ve HES	517
Aşağı Kaleköy Barajı ve HES	500
Pervari Barajı ve HES	409
Keskin Barajı ve HES	318
Doğanlı 3 Barajı ve HES	314
Çukurca Barajı ve HES	288
Eriç Barajı ve HES	283
Kayraktepe Barajı ve HES	282
Alpaslan 2 Barajı ve HES	280

Ülkemizin kurulu güç kapasitesi anlamında dördüncü büyük HES'i olması beklenen Ilısu Barajı, Dicle Nehri üzerinde yer almaktadır ve yılda ortalama 4,12 milyar KWh elektrik üretecektir.



Şekil 2. 18 Ilısu Barajı ve HES [43]

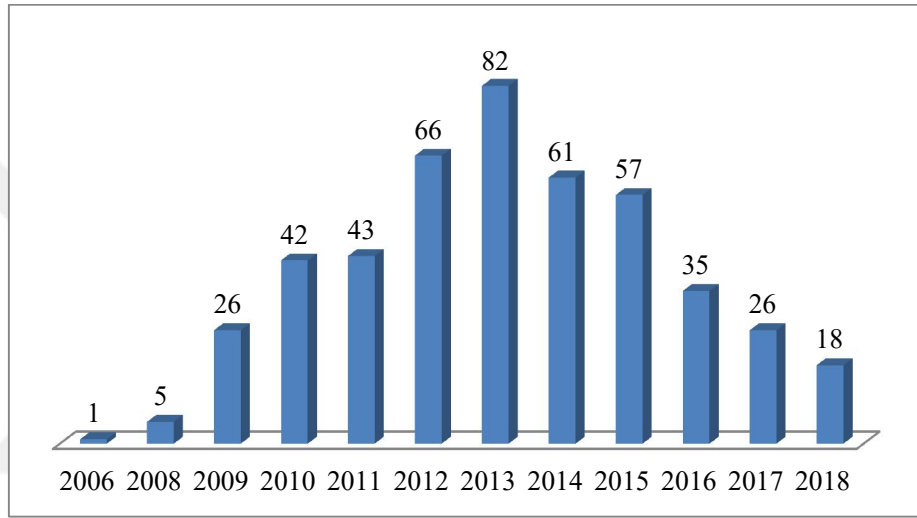
2.8.6 HES'lerin YEKDEM'deki Görünümü

Ülkemizdeki HES'lerin çoğu Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) bünyesinde faaliyet göstermektedir. EPDK tarafından açıklanan 2019 nihai YEKDEM listesinde yer alan yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi gerçekleştiren tesislerin büyük kısmını geçtiğimiz yıllarda olduğu gibi HES'ler oluşturmuştur [44].

Çizelge 2. 5 Sayılarla YEKDEM

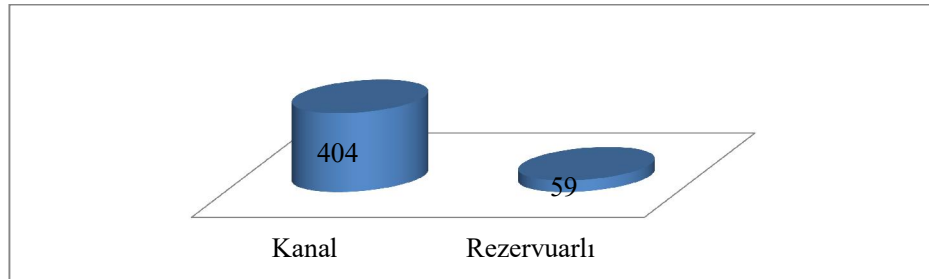
Kaynak Türü	2017	2018	2019
Hidrolik	412	441	463
Rüzgâr	112	118	160
Jeotermal	29	37	45
Güneş	2	3	9
Biyokütle	57	70	100
Toplam Tesis	612	669	777

2019 yılı YEKDEM listesindeki HES'lerin büyük kısmı (82 adet) 2013 yılında işletmeye açılmıştır. 2013'e kadar açılan HES sayısı düzenli artarken, 2013'den sonra ise açılan HES sayısı giderek azalmıştır [44].

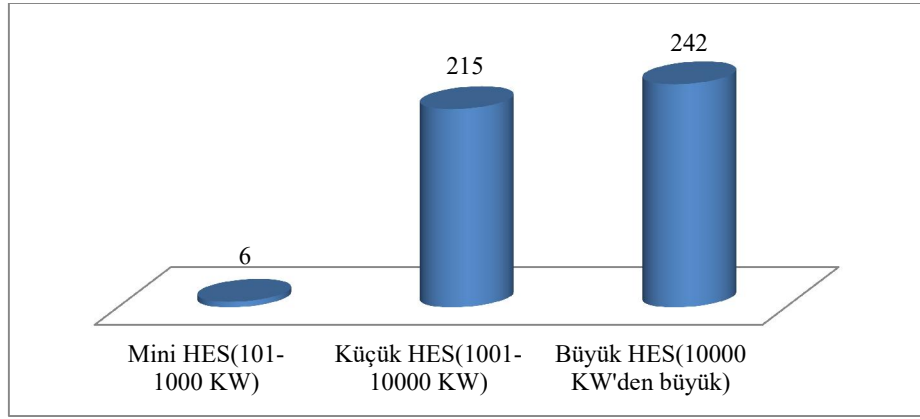


Şekil 2. 19 Yıllara Göre Faaliyete Geçen HES Sayısı

2019 YEKDEM listesindeki HES'lerin yapısal özellikleri ele alındığında kanal tipi ve büyük ölçekli (10000 KW'den büyük) HES'lerin fazlalığı göze çarpmaktadır. Mini (101-1000 KW) HES ise toplam 6 adet ile en düşük düzeydedir [44].



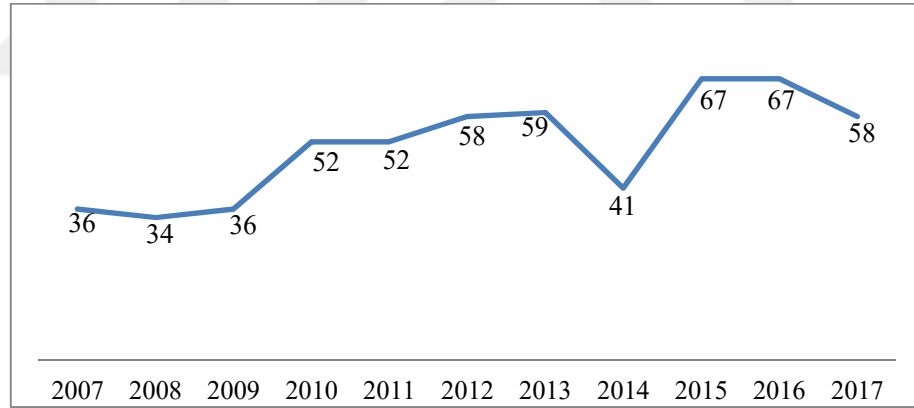
Şekil 2. 20 YEKDEM'deki HES'lerin Tesis Tipi



Şekil 2. 21 YEKDEM'deki HES'lerin Kurulu Güç Kapasiteleri

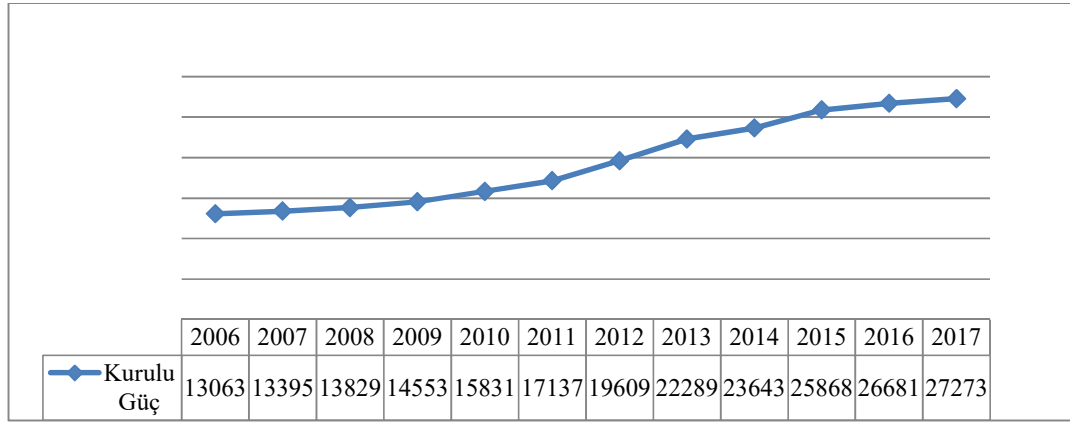
2.8.7 Türkiye'de Hidroelektrik Enerji Üretimi

Türkiye'nin elektrik ihtiyacının artmasına paralel olarak elektrik üretimi de her geçen yıl artmaktadır. Hidroelektrik enerji de bu üretimden payını almaktadır. 2007 yılından 2017 yılına gelindiğinde Türkiye'nin hidroelektrik üretimi 36 TWh'den 58 TWh'ye yükselmiştir. 2015 ve 2016 yıllarında hidroelektrik üretimi 67 TWh ile en yüksek düzeye ulaşmıştır. 2017 yılında termik santral ve doğal gazın elektrik üretiminde paylarının yaklaşık %5 artması hidroelektrik üretiminde düşüşe neden olmuştur [45].



Şekil 2. 22 Yıllara Göre Türkiye'de Hidroelektrik Üretimi (TWh)

2017 yılında Türkiye hidroelektrik enerji kurulu güç kapasitesini 592 MW arttırırken, dünyada hidroelektrik enerji kurulu güç kapasitesini en fazla arttıran ilk 10 ülke arasında yer almaktadır. Aynı yıl ülkemizin toplam kurulu güç kapasitesi 27,273 MW olarak gerçekleşmiştir [45]. Toplam kurulu güç kapasitesi değerlendirildiğinde ülkemiz Avrupa'da Norveç'in ardından ikinci sırada yer almaktadır.

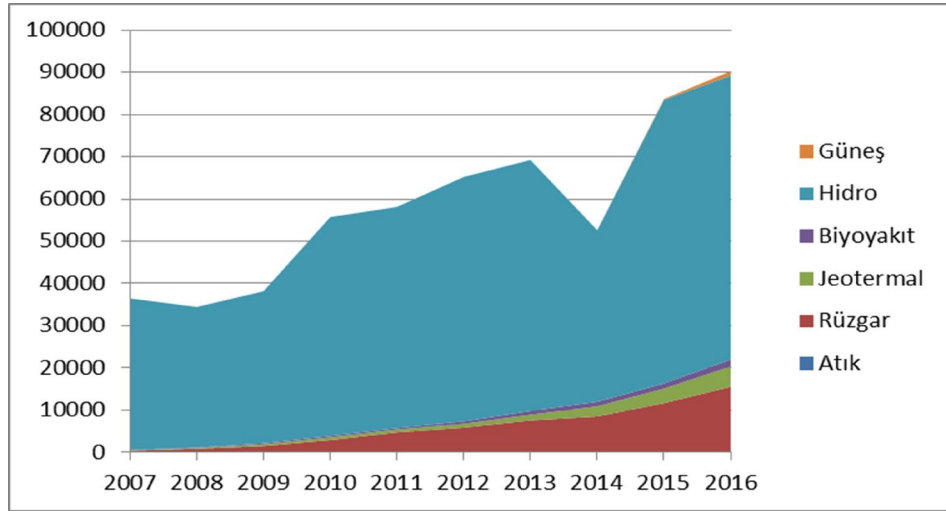


Şekil 2. 23 Yıllara Göre Türkiye'nin Hidroelektrik Kurulu Gücü (GWh)

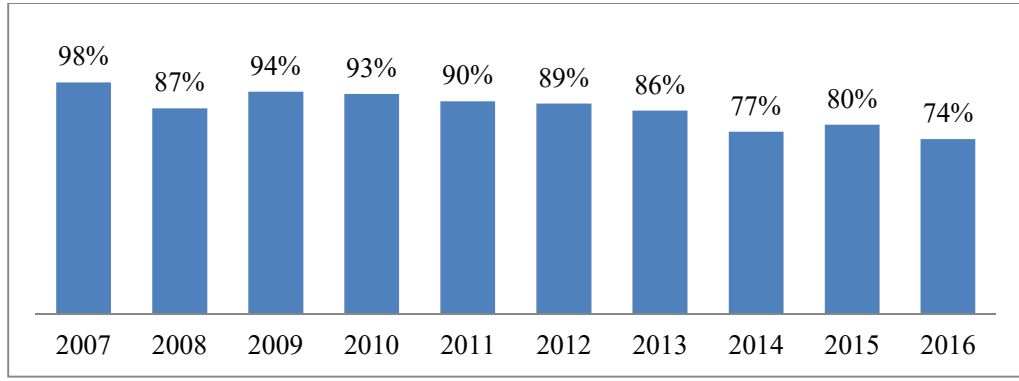
Yıllar içerisinde su gücünden elde edilen elektrik miktarı artsa da toplam elektrik üretiminde su gücünün diğer yenilenebilir kaynaklara göre payının azaldığı görülmektedir. Bu durumun oluşmasında Türkiye'nin son 10 yıl içerisinde elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliğini arttırması etkili olmuştur.

Örneğin 2014 yılına kadar güneş enerjisinden elektrik üretiminde neredeyse hiç faydalanılmazken, bu tarihten sonra güneş enerjisinden elektrik üretebilmek için yararlanılması az da olsa artmıştır.

Su gücünden sonra elektrik üretimindeki en büyük payı rüzgâra aitken, rüzgâr enerjisinin de 2007 yılından bu yana sürekli artış içerisinde olduğu görülmektedir. Benzer durum jeotermal ve biyoyakıt içinde geçerliken atıklardan elde edilen elektrik miktarında kayda değer bir değişme yaşanmamıştır [46].



Şekil 2. 24 Türkiye'de Yenilenebilir Kaynakların Elektrik Üretiminde Durumu



Şekil 2. 25 Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Elektrikte Su Gücünün Payı

2007 yılında ülkemizde yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektriğin neredeyse tamamı su gücünden elde edilmekteydi ancak 2016 yılına gelindiğinde su gücünün yenilenebilir kaynaklardan elde edilen toplam elektrik üretiminde %74 oranında bir paya sahip olduğu görülmektedir.

BÖLÜM 3

TEMEL İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

3.1 Veriye İlişkin Açıklamalar

2019 YEKDEM listesinde 463 adet HES vardır ve bu listede HES'lerin 2018 yılı üretimleriyle beraber, kurulu güç kapasiteleri, vaat ettikleri yıllık üretim miktarları, tesis tipi yer almaktadır. Mevcut veri setine geçmiş yılların YEKDEM listelerinden yararlanılarak farklı yıllara ait üretim miktarları eklenmiştir. Ancak 2015 yılı öncesi döneme ilişkin üretim miktarları kaydedilebilen HES sayısı son derece kısıtlı olduğundan sadece 2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarında üretim gerçekleştirebilmiş veya üretimleri kaydedilebilmiş 283 adet HES'in değerlendirilmesine karar verilmiştir.

Çizelge 3. 1 Değişkenler Tablosu

LN	Lisans Numarası
İG	İşletmeye Giriş Tarihi
İL	Bulunduğu İl
TT	Tesis Tipi : 2 Farklı Tesis Tipi
KUG	Kurulu Güç Kapasitesi(MWe)
VEÜ	Vaat Edilen Yıllık Üretim Miktarı (KWh)
KUG1	Kurulu Güç Kapasitesine Göre Sınıflandırılması : 4 farklı grup
KUG2	Kurulu Güç Kapasitesine Göre Sınıflandırılması : 3 farklı grup
Ü2015	2015 Yılında Gerçekleşen Üretim Miktarı (KWh)
Ü2016	2016 Yılında Gerçekleşen Üretim Miktarı (KWh)
Ü2017	2017 Yılında Gerçekleşen Üretim Miktarı (KWh)
Ü2018	2018 Yılında Gerçekleşen Üretim Miktarı (KWh)
H1	Havzalar : 16 Havza
H2	7 Havza Bölgesi
H3	11 Havza Bölgesi

3.1.1 Kurulu Güç Kapasitesi ve Tesis Tipine Göre HES'ler

Kurulu güç kapasitesi YEKDEM listesinde metrik bir değişkendir ancak buna ek olarak kurulu güç kapasitesi kategorik bir değişken olarak da ele alınacaktır. Öncelikle MWe cinsinden tanımlanan kurulu güç kapasitesi sınıflandırmayı gerçekleştirebilmek adına 1000 katı alınarak KW'ye dönüştürülmüştür. Kurulu güç kapasitesinin bilinen sınıflandırma şekline karşın daha fazla grup elde edilebilmesi sebebiyle SPD (Su Politikaları Derneği)'nin önerdiği kurulu güç kapasitesi sınıflandırılması tercih edilmiştir. Kurulu güç kapasitelerine göre sınıflandırma şu şekildedir.

- 1000 KW'den az
- 1000 KW'den fazla 5000 KW'den az
- 5000 KW'den fazla 10000 KW'den az
- 10000 KW'den fazla

Tesis tipi ise hali hazırda kanal ve rezervuarlı olarak tanımlanmıştı ve buna bağlı kalınacaktır.

3.1.2 Havza ve Havza Bölgeleri Tanımlamaları

HES'lerin bulunduğu il ve ilçelerden yola çıkılarak DSI'nin interaktif haritasına başvurulmuş, böylelikle HES'lerin üretimlerini etkileyebilecek önemli bir unsur olan havza bilgileri de dahil edilmiştir. Hali hazırdaki havza bilgilerine ek olarak SPD'nin bir çalışmasında tanımlamış olduğu 7 havza bölgesi ve 2010 yılında yapılan Su Kaynakları Bakanlığı Yasa Tasarısı Taslağı çalışmasında tanımlanmış olan 11 havza bölgesi tanımlamasına yer verilmiştir.

Türkiye'de 25 havza olmasına karşın veride bulunan HES'ler 16 havzaya yayılmış durumdadır. Buna karşın tanımlanan havza bölgelerinin hepsinde HES bulunmaktadır. Tanımlanan havzalar ve iki farklı havza bölgesi şu şekildedir.

Çizelge 3. 2 Havza ve Havza Bölgeleri

Havza	7 Havza Bölgesi	11 Havza Bölgesi
Susurluk	Marmara	1.Bölge
Büyük Menderes	Ege	2.Bölge
Batı Akdeniz	Orta Anadolu	3.Bölge
Antalya	Batı Karadeniz	4.Bölge
Sakarya	Akdeniz	5.Bölge
Batı Karadeniz	Doğu Karadeniz	6.Bölge
Yeşilırmak	Güneydoğu Anadolu	7.Bölge
Kızılırmak		8.Bölge
Doğu Akdeniz		9.Bölge
Seyhan		10.Bölge
Ceyhan		11.Bölge
Dicle-Fırat		
Doğu Karadeniz		
Çoruh		
Aras		
Van Gölü		



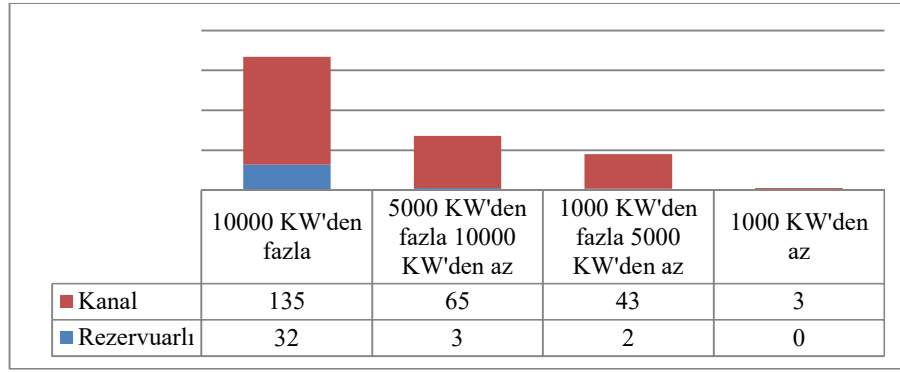
Şekil 3. 1 11 Havza Bölgesi [47]

3.2 HES Sayıları

HES'lerin sayıca görünümü kurulu güç, tesis tipi ve havzalara göre değişebilmektedir.

3.2.1 HES'lerin Kurulu Güç Kapasitesi ve Tesis Tiplerine Göre Dağılımları

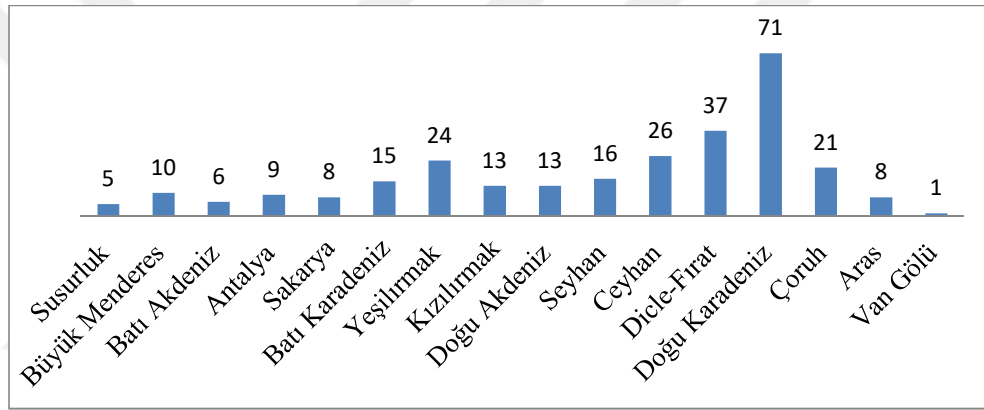
HES'lerin 246 tanesi kanal tesis tipi özelliğine sahipken rezervuar tipi HES'lerin sayısı 37'dir. Mevcut rezervuar tipi HES'lerin çoğunun kurulu güç kapasitesi 10000 KW'den fazladır. 1000 KW'den düşük kurulu güç kapasiteli HES'ler tamamıyla kanal tesis tipi grubundadır. 167 HES 10000 KW'den fazla kurulu güce sahiptir ve diğer tüm kurulu güç kapasitesine sahip HES'lerin sayısının toplamından daha fazladır.



Şekil 3. 2 Kurulu Güç ve Tesis Tipine Göre HES Sayıları

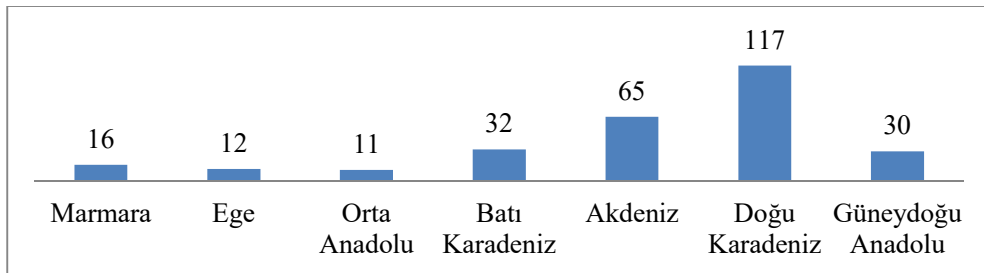
3.2.2 HES'lerin Havza ve Havza Bölgelerine Göre Dağılımları

En fazla HES'in olduğu havza Doğu Karadeniz (71 adet) havzasıyken, en az HES'in olduğu havza ise Van Gölü (1 adet).



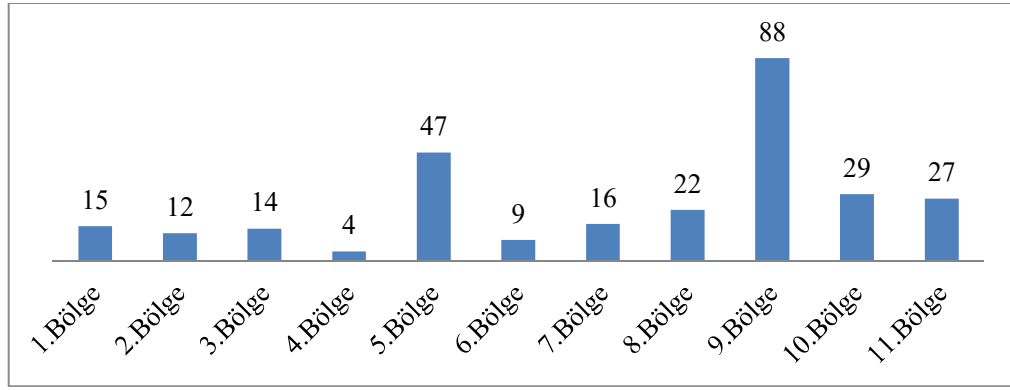
Şekil 3. 3 Havzalardaki HES Sayıları

7 havza bölgesi içinde en fazla HES'in olduğu havza bölgesi Doğu Karadeniz (117 adet). En az HES'in bulunduğu havza bölgesi ise Orta Anadolu (11 adet).



Şekil 3. 4 7 Havza Bölgesindeki HES Sayıları

11 havza bölgesi sınıflandırmasında, 9.Bölge 88 adet HES ile öne çıkarken, 4 adet HES'in olduğu 4.Bölge en az HES'e sahip bölgedir.



Şekil 3. 5 11 Havza Bölgesindeki HES Sayıları

Hem 16 havza hem de 7 havza bölgesine yayılmış HES’ler bir arada incelendiğinde; Antalya, Doğu Akdeniz ve Seyhan havzalarındaki tüm HES’lerin Akdeniz havza bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Doğu Karadeniz, Çoruh ve Aras havzalarında bulunan HES’ler bütünüyle Doğu Karadeniz havza bölgesinde yer almaktadır. Susurluk, Büyük menderes, Van Gölü havzalarındaki HES’ler de sırasıyla Marmara, Ege ve Güneydoğu Anadolu havza bölgelerinde yer almaktadır.

Çizelge 3. 3 Havza ve 7 Havza Bölgesindeki HES Sayılarına İlişkin Tablo

Havza	7 Havza Bölgesi						
	Marmara	Ege	Orta Anadolu	Batı Karadeniz	Akdeniz	Doğu Karadeniz	Güneydoğu Anadolu
Susurluk	5	-	-	-	-	-	-
Büyük menderes	-	10	-	-	-	-	-
Batı Akdeniz	-	2	-	-	4	-	-
Antalya	-	-	-	-	9	-	-
Sakarya	6	-	2	-	-	-	-
Batı Karadeniz	5	-	7	3	-	-	-
Yeşilırmak	-	-	-	18	-	6	-
Kızılırmak	-	-	2	11	-	-	-
Doğu Akdeniz	-	-	-	-	13	-	-
Seyhan	-	-	-	-	16	-	-
Ceyhan	-	-	-	-	23	-	3
Dicle-Fırat	-	-	-	-	-	11	26
Doğu Karadeniz	-	-	-	-	-	71	-
Çoruh	-	-	-	-	-	21	-
Aras	-	-	-	-	-	8	-
Van Gölü	-	-	-	-	-	-	1

Sahip olduğu HES’lerin yayıldığı havza bölgeleri anlamında daha çeşitli olan havzalar ise sırasıyla Batı Akdeniz (2 HES Ege’de, 4 HES Akdeniz’de), Sakarya (6 HES Marmara’da, 2 HES Orta Anadolu’da), Batı Karadeniz (5 HES Marmara’da, 7 HES Orta Anadolu’da, 3 HES Batı Karadeniz’de), Yeşilırmak (18 HES Batı Karadeniz’de, 6 HES Doğu Karadeniz’de), Kızılırmak (2 HES Orta Anadolu’da, 11 HES Batı

Karadeniz’de), Ceyhan (23 HES Akdeniz’de, 3 HES Güneydoğu Anadolu’da), Dicle-Fırat (11 HES Doğu Karadeniz’de, 26 HES Güneydoğu Anadolu’da).

16 adet havzada bulunan HES’lerin, 11 havza bölgesine nasıl yayıldıklarına bakıldığında; Büyükmenderes, Antalya, Doğu Karadeniz, Aras ve Van Gölü havzalarındaki HES’lerin tamamı sırasıyla 2, 3, 9, 10 ve 11 numaralı bölgelere yayılmışlardır.

Çizelge 3. 4 Havza ve 11 Havza Bölgesindeki HES Sayılarına İlişkin Tablo

Havza	11 Havza Bölgesi										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Susurluk	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Büyükmenderes	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Batı Akdeniz	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Antalya	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-
Sakarya	6	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Batı Karadeniz	5	-	-	-	-	2	-	8	-	-	-
Yeşilırmak	-	-	-	-	-	-	6	12	6	-	-
Kızılırmak	-	-	-	-	-	4	7	2	-	-	-
Doğu Akdeniz	-	-	1	4	8	-	-	-	-	-	-
Seyhan	-	-	-	-	15	-	1	-	-	-	-
Ceyhan	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	2
Dicle-Fırat	-	-	-	-	-	-	2	-	-	11	24
Doğu Karadeniz	-	-	-	-	-	-	-	-	71	-	-
Çoruh	-	-	-	-	-	-	-	-	11	10	-
Aras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-
Van Gölü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Susurluk (4 HES 1.Bölge’de ve 1 HES 6.Bölge’de), Batı Akdeniz (2 HES 2.Bölge’de, 4 HES 3.Bölge’de), Sakarya (6 HES 1.Bölge’de, 2 HES 6.Bölge’de), Batı Karadeniz (5 HES 1.Bölge’de, 2 HES 6.Bölge’de, 8 HES 8.Bölge’de), Yeşilırmak (6 HES 7.Bölge’de, 12 HES 8.Bölge’de, 6 HES 9.Bölge’de), Kızılırmak (4 HES 6.Bölge’de, 7 HES 7.Bölge’de, 2 HES 8.Bölge’de), Doğu Akdeniz (1 HES 3.Bölge’de, 4 HES 4.Bölge’de, 8 HES 5.Bölge’de), Seyhan (15 HES 5.Bölge’de, 1 HES 7.Bölge’de), Ceyhan (24 HES 5.Bölge’de, 2 HES 11.Bölge’de), Dicle-Fırat (2 HES 7.Bölge’de, 11

HES 10.Bölge’de, 24 HES 11.Bölge’de), Çoruh (11 HES 9.Bölge’de, 10 HES 10.Bölge’de) havzaları ise yayıldıkları bölgeler anlamında daha çeşitlidir.

3.3 HES’lerin Kurulu Güç ve Üretim İstatistikleri

YEKDEM’de yer alan 283 adet HES’in ortalama kurulu gücü 26.04 MWe ile ülke genelindeki tüm HES’lere göre biraz düşüktür. Kurulu güçte ortaya çıkan bu farklılık, ülkemizin hidroelektrik üretiminde önemli paya sahip bazı büyük ölçekli tesislerin YEKDEM bünyesi dışında kalmasından kaynaklanmaktadır.

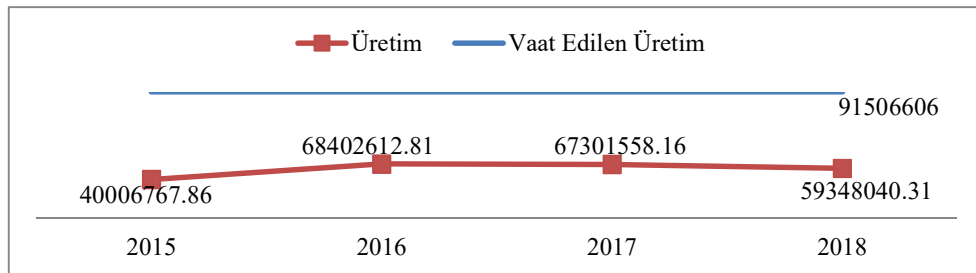
Çizelge 3. 5 HES’lerin Kurulu Güç ve Üretim Değerleri

	Ortalama	En Yüksek	En Düşük	Değişim Aralığı
Kurulu Güç Kapasitesi(MWe)	26.04	310.66	0.66	310
Vaat Edilen Üretim(KWh)	91506606	966530000	3140000	963390000
4 Yılda Üretim(KWh)	58492550.51	1056283950	5308	1056278642

HES’lerin 4 yılda (2015, 2016, 2017, 2018) gerçekleştirdikleri üretimlerin ortalaması 58492550.51 KWh, en düşük üretim miktarı 5308 KWh, en yüksek üretim miktarı ise 1056283950 KWh olmuştur. HES’lerin ortalama üretim miktarlarıyla vaat ettikleri üretim miktarı (91506606 KWh) arasında 33014056 KWh açık olduğu görülmektedir.

Aynı zamanda en yüksek ve en düşük üretim miktarı arasındaki farktan yola çıkılarak hesaplanan değişim aralığı aracılığıyla 4 yılda gerçekleşen üretimde yaşanan uçurumun vaat edilen üretimde yaşananlardan fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla HES’lerin üretimlerinde yaşanan dalgalanmanın vaat ettikleri üretimlerindeki dalgalanmalara benzer olmadıkları ortadadır.

HES’lerin kurulu güç kapasiteleri ve vaat ettikleri üretim miktarı yıllara göre değişmezken üretim her yıl farklılık gösterebilmektedir.



Şekil 3. 6 Yıllara Göre Üretim

Söz konusu 283 adet HES’in ortalama üretimlerinin 2016 yılında en yüksek düzeye ulaştığı görülmektedir. 2016 yılı sonrasını izleyen iki yılda üretim giderek düşmüş ve

2018’de 59348040.31 KWh olmuştur. Tüm yıllar göz önünde bulundurulduğunda HES’lerin vaat ettikleri ortalama üretimi karşılayamadıkları görülmektedir.

En yüksek üretim miktarı 2016 yılında kaydedilirken, üretimde yaşanan en büyük farklılık olan 1056278642 KWh aynı yıl gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 6 En Yüksek ve En Düşük Üretim Miktarları

Yıllar	Üretim (KWh)		
	Değişim Aralığı	En Düşük	En Yüksek
2015	508723593	5308	508728901
2016	1056278642	5308	1056283950
2017	933605454	61702	933667156
2018	720357265	554234	720911499

Üretimde dalgalanma en az 2015 yılında olmuştur. 2018 yılında üretim azalmıştır ancak 2016 ve 2017 yıllarına göre en yüksek üretim miktarıyla en düşük üretim miktarı arasındaki makas kapanmıştır. Böylelikle üretimin daha dengeli bir görünüme ulaştığı söylenebilir.

3.3.1 HES’lerin Tesis Tipine Göre Üretimleri

Rezervuar tipi HES’lerin büyük çoğunun kurulu güç kapasitesinin 10000 KWh’den büyük olması her bir yıla göre ortalama üretimlere ve 4 yılın ortalama üretimlerine de yansımıştır böylelikle rezervuar HES’ler kurulu güç kapasitesi anlamında daha çeşitli olan kanal tipi HES’lere göre daha yüksek ortalama üretim miktarına ulaşmışlardır.

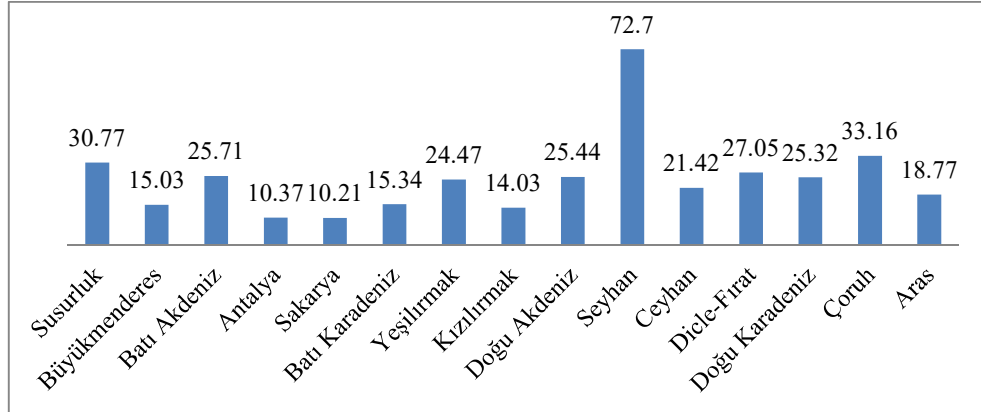
Çizelge 3. 7 Tesis Tipleri ve Yıllara Göre Ortalama Üretim

Tesis Tipi	Vaat Edilen	2015	2016	2017	2018	4 Yıl
Kanal	65946022	30039553	48491435	49240004	43180082	42737768
Rezervuarlı	261449946	106275277	200785040	187386485	166843114	165322479

Rezervuar tipi HES’lerin üretim miktarlarında bir istikrar gözlenemezken yıllara göre en yüksek ortalama üretim miktarı 200785040 KWh ile 2016 yılında gerçekleşmiştir. 2018 yılına gelindiğinde üretim 166843114 KWh’ye gerilemiştir. Kanal tipi HES’lerin 2015, 2016, 2017 yıllarında gerçekleştirdikleri ortalama üretim miktarları sırasıyla 30039553, 48491435, 49240004 KWh olurken bu anlamda sürekli bir artış söz konusudur ancak 2018 yılında üretim miktarı 2017’ye göre 6059922 KWh azalmıştır. Hem kanal hem de rezervuar tipi HES’lerin 4 yılda gerçekleştirdikleri ortalama üretim miktarları vaat ettikleri ortalama üretim miktarına yaklaşamamıştır.

3.3.2 HES'lerin Havzalardaki Kurulu Güç ve Üretimleri

Kurulu güç kapasitesi en fazla olan havza 72.70 MWe ile Seyhan'dır.



Şekil 3. 7 Havzalardaki Ortalama Kurulu Güç (MWe)

Çizelge 3. 8 Havzalarda Üretimin Görünümü

Havza	Ortalama Üretim Miktarları (KWh)					
	Vaat Edilen	2015	2016	2017	2018	4 Yıl
Susurluk	97269600	40705542	63060625	109729433	54560207	67013952
Büyükmenderes	47157157	19309978	44646029	22366785	19130907	26363425
Batı Akdeniz	84104000	52277500	97906498	30003582	31327137	52878679
Antalya	45242976	15566014	29029880	22127077	21762254	22121306
Sakarya	45789891	11083549	31240415	32618157	24077228	24754837
Batı Karadeniz	53584803	22160326	45179973	39698440	35008000	35511685
Yeşilırmak	105645083	32346550	78771083	85525838	55365129	63002150
Kızılırmak	71895665	37162793	43757782	51360187	48041812	45080644
Doğu Akdeniz	91726874	41459086	71227639	43630260	72811167	57282038
Seyhan	238015375	96431359	204727195	143934044	158520726	150903831
Ceyhan	66602577	28362763	64036398	43423610	48528985	46087939
Dicle-Fırat	95672998	42942569	71866997	74448476	59291540	62137396
Doğu Karadeniz	88172591	42517695	58693032	74690061	62164138	59516232
Çoruh	103472238	53389200	62236106	85519542	73230368	68593804
Aras	64003500	17703168	31901367	42422854	34667124	31673628

Yeşilırmak havzasındaki HES'lerin ortalama kurulu gücü 7 adet havzanın gerisinde olmasına rağmen, bu havzada yer alan HES'lerin vaat ettikleri ortalama yıllık üretim miktarı 105645083 KWh ile Seyhan havzasından sonra en fazla üretim vaat edilen havza olmuştur.

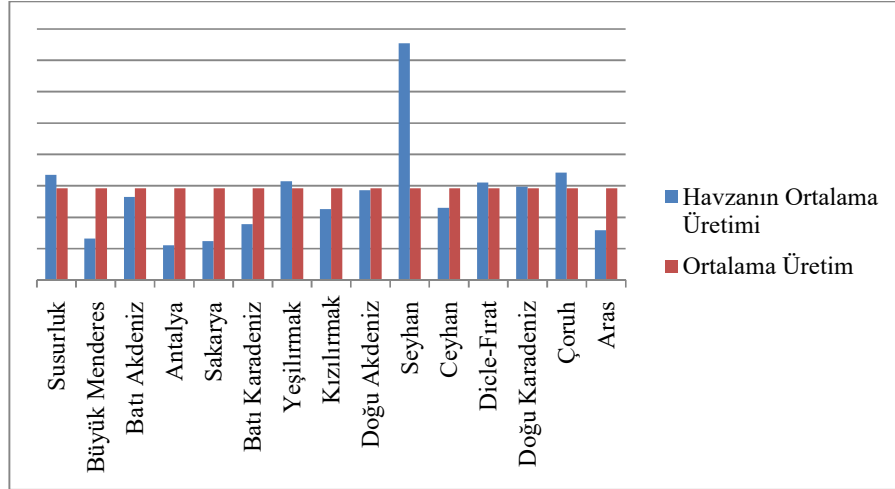
Seyhan havzasının 4 yıldaki ortalama üretimi 150903831 KWh olurken en yüksek üretim miktarı 204727195 KWh ile 2016 yılında gerçekleşmiştir.

Çoruh havzasında 4 yılda gerçekleşen ortalama üretim miktarı 68593804 KWh olurken 4 yılda gerçekleştirilen ortalama üretim miktarında Seyhan havzasından hemen sonra Çoruh gelmektedir.

Susurluk havzası 2017 yılında gerçekleştirdiği ortalama 109729433 KWh üretim ile Seyhan havzasından hemen sonra gelmektedir. Ancak Susurluk havzasında diğer yıllarda bu üretim miktarına yaklaşamamıştır.

2015, 2016 ve 2017 yıllarında Antalya havzasındaki HES'ler sırasıyla 15566014, 29029880, 22127077 KWh ile en düşük ortalama üretim miktarlarına sahiptirler. 2018 yılında en düşük ortalama üretim 19130907 KWh ile Büyük Menderes havzasında gerçekleşmiştir.

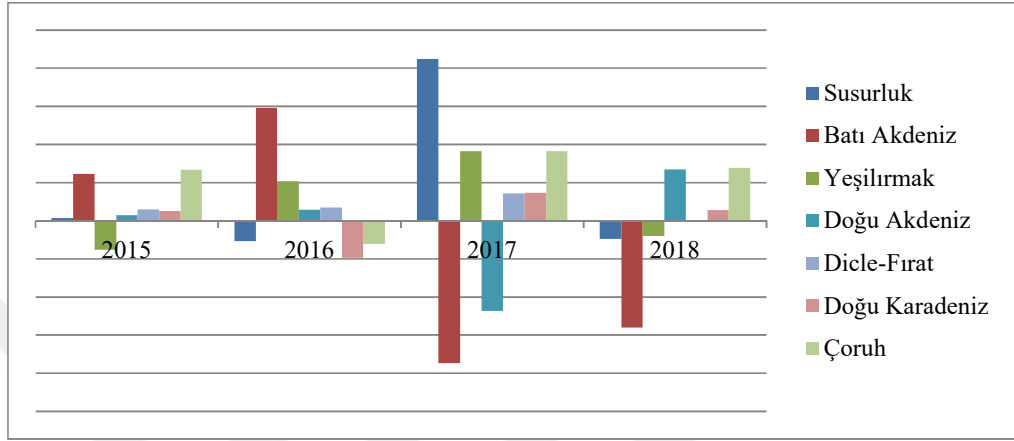
Büyük Menderes, Batı Akdeniz, Antalya, Sakarya, Batı Karadeniz, Kızılırmak Doğu Akdeniz, Ceyhan ve Aras havzalarındaki HES'lerin gerçekleştirdikleri ortalama üretimler 4 yılın ortalama üretiminin altında kalmıştır.



Şekil 3. 8 Havzalarda 4 Yılın Ortalama Üretiminin Karşılaştırılması

Susurluk, Yeşilırmak, Seyhan, Dicle-Fırat, Doğu Karadeniz, Çoruh havzalarındaki HES'lerin ortalama üretimleri 4 yılın ortalama üretim miktarının üzerindedir.

Her bir yılda gerçekleşen ortalama üretimin altında üretimin gerçekleştiği Büyükmenderes, Antalya, Sakarya, Batı Karadeniz, Kızılırmak, Ceyhan, Aras, sadece 1 HES'in bulunduğu Van Gölü ve de üretimin yüksek olduğu Seyhan havzası bir kenara bırakıldığında ortaya çıkan tablo şu şekildedir.



Şekil 3. 9 Yıllara Göre Ortalama Üretimleri Aşan ve Aşamayan Havzalar

Susurluk havzasında üretim 2017 yılında ortalamanın oldukça üzerindeyken, 2015 yılında kısmen üzerindedir. 2016 ve 2018 yıllarındaki ortalama üretim miktarları yakalanamamıştır.

Batı Akdeniz havzasında üretimin ilk iki yıl ortalamaların üzerinde olduğu görülürken, 2017 ve 2018 yıllarında üretimin ortalamanın altına gerilediği görülmektedir.

Yeşilırmak havzasının 2016 ve 2017 yılları üretim ortalamaları o yıllara ilişkin ortalamanın üzerindeyken 2015 ve 2018 yıllarında ortalama üretimin gerisinde kalmıştır.

Doğu Akdeniz havzasında üretim yalnızca 2017 yılında ortalamanın altında seyretmiştir. Ancak bu oran ortalama üretimin aşıldığı yıllara göre fazladır bu durum Doğu Akdeniz havzasının Türkiye genelinin 4 yıldaki ortalama üretiminin altında kalmasına yol açmıştır.

Doğu Karadeniz ve Çoruh havzaları yalnızca 2016 yılında ortalama üretimin altında kalırlarken, Dicle-Fırat havzasının ortalama üretiminin sadece 2018 yılı ortalamasını aşmadığı göze çarpmaktadır.

Havzalarda bulunan HES'lerin bir önceki yıla göre ortalama üretimlerinde yaşanan değişim ele alındığında yalnızca 2015 ile 2016 yılları arasında tüm havzalarda artış yaşanırken en büyük artış %144 ile diğer dönemlerde önemli bir artışın yaşanmadığı Yeşilırmak havzasında gerçekleşmiştir. 2016 yılı üretimi 2015'e göre en az artış gösteren havza %17 ile Çoruh havzası iken, hemen ardından %18 ile Kızılırmak havzası gelmektedir.

Çizelge 3. 9 Havzalarda Bir Önceki Yıla Göre Üretimde Yaşanan Yüzde Değişim

Havza	2016(2015=100)	2017(2016=100)	2018(2017=100)
Susurluk	55	74	-50
Büyükmenderes	131	-50	-14
Batı Akdeniz	87	-69	4
Antalya	86	-24	-2
Sakarya	132	4	-26
Batı Karadeniz	104	-12	-12
Yeşilırmak	144	9	-35
Kızılırmak	18	17	-6
Doğu Akdeniz	72	-39	67
Seyhan	112	-30	10
Ceyhan	126	-32	12
Dicle-Fırat	67	4	-20
Doğu Karadeniz	38	27	-17
Çoruh	17	37	-14
Aras	80	33	-18

2017 yılında Susurluk havzasının üretiminde %74'lük artış yaşanmasına rağmen 2017'den 2018'e gelindiğinde %50 oranında bir düşüş yaşanmıştır.

2018 yılında ortalama üretimi 2017 yılına göre en fazla artış gösteren havza %67 ile Doğu Akdeniz olmuştur. 2017'den 2018'e gelindiğinde Doğu Akdeniz ile aynı havza bölgesinde yer alan Seyhan, çok büyük ölçüde aynı havza bölgesinde yer alan Ceyhan ve Batı Akdeniz havzalarındaki HES'lerin ortalama üretimlerinde de artış yaşanmıştır.

Tüm havzalardaki HES'lerin 4 yılda gerçekleştirdikleri ortalama üretim vaat ettikleri ortalama yıllık üretimin altında kalmıştır.

Çizelge 3. 10 Havzalarda Ortalama Üretimin Vaat Edilenden Yüzdesel Farkı

Havza	4 Yılın Ortalama Üretimi-Vaat Edilen Üretim (%)
Susurluk	-31
Büyükmenderes	-44
Batı Akdeniz	-37
Antalya	-51
Sakarya	-46
Batı Karadeniz	-34
Yeşilırmak	-40
Kızılırmak	-37
Doğu Akdeniz	-38
Seyhan	-37
Ceyhan	-31
Dicle-Fırat	-35
Doğu Karadeniz	-33
Çoruh	-34
Aras	-51

Antalya ve Aras havzalarında bulunan HES'lerin %51'lik sapma ile vaat ettikleri yıllık ortalama üretimi karşılamaya en uzak HES'ler olduğu görülürken, vaat ettiği yıllık üretimi karşılamaya en çok yaklaşan havzaların Susurluk ve Ceyhan havzaları olduğu görülmektedir. Susurluk ve Ceyhan havzasındaki HES'lerin vaat ettikleri üretimden %31 oranında uzak kaldıkları görülmektedir.

3.3.2.1 Kurulu Güç ve Üretimin Havza ve 7 Havza Bölgesine Yayılmı

Batı Akdeniz havzasındaki kurulu güç kapasitesi %82 ile Ege'de yoğunlaşmıştır, Ege'deki HES'lerin, Batı Akdeniz havzasının hem 4 yıldaki toplam üretiminde hem de 2018 yılında gerçekleşen toplam üretim miktarında benzer bir paya sahip oldukları görülmektedir.

Sakarya havzasındaki kurulu güç kapasitesi büyük ölçüde (%93) Marmara'da yer almaktadır. Buna benzer şekilde Sakarya havzasındaki hem tüm yılların toplam üretimi hem de 2018 yılındaki toplam üretimin büyük kısmı Marmara'da gerçekleşmiştir.

Batı Karadeniz havzasının kurulu gücünü büyük ölçüde Orta Anadolu (%58) ve Marmara (%33) havza bölgeleri oluşturmaktadır. Bu durum hem 4 yılın toplam üretimine hem de 2018 yılı üretimine yansımıştır. Buna ilaveten Orta Anadolu'daki HES'lerin Batı Karadeniz havzasındaki üretime etkilerinin kurulu gücüne kıyasla Marmara'ya göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Yeşilırmak havzasında kurulu güç kapasitesinin %69'u Batı Karadeniz'de, %31'i ise Doğu Karadeniz'de yer almaktadır. Batı Karadeniz havza bölgesinde bulunan HES'lerin Yeşilırmak havzasındaki üretime etkisinin %80'lere yaklaştığı görülmektedir.

Kızılırmak HES'leri kurulu güç kapasitesi, tüm yıllar bazında üretim ve 2018 yılı üretimi anlamında çoğunlukla Batı Karadeniz havza bölgesinde toplanmıştır.

Ceyhan havzasının toplam kurulu gücünün, 4 yıldaki toplam üretiminin ve 2018 yılında gerçekleşen toplam üretiminin neredeyse tamamının Akdeniz'de toplandığı görülmektedir.

Dicle-Fırat havzasındaki HES'lerin toplam kurulu güç kapasitesinin %88'i Güneydoğu Anadolu, %12'si ise Doğu Karadeniz havza bölgelerinde toplanmıştır. Kurulu güç kapasitesine eş değerdeki oran üretimlere de yansımıştır.

Çizelge 3. 11 Havzalardaki Kurulu Güç ve Üretimin 7 Havza Bölgesine Dağılımı

Havza	7 Havza Bölgesi	Toplam Kurulu Güç	4 Yıldaki Toplam Üretim	2018 Yılında Toplam Üretim
Batı Akdeniz	Akdeniz	%18	%21	%19
	Ege	%82	%79	%81
Sakarya	Marmara	%93	%95	%95
	Orta Anadolu	%7	%5	%5
Batı Karadeniz	Orta Anadolu	%58	%63	%62
	Marmara	%33	%30	%31
	Batı Karadeniz	%9	%7	%7
Yeşilırmak	Batı Karadeniz	%69	%78	%78
	Doğu Karadeniz	%31	%22	%22
Kızılırmak	Orta Anadolu	%15	%17	%16
	Batı Karadeniz	%85	%83	%84
Ceyhan	Akdeniz	%99	%99	%99
	Güneydoğu Anadolu	%1	%1	%1
Dicle-Fırat	Güneydoğu Anadolu	%88	%88	%88
	Doğu Karadeniz	%12	%12	%12

3.3.2.2 Kurulu Güç ve Üretimin Havza ve 11 Havza Bölgesine Yayılmı

Batı Akdeniz ve Sakarya havzalarındaki toplam kurulu güç ve toplam üretim miktarının 7 havza bölgesine dağılımıyla 11 havza bölgesine dağılımları farklı olmadığından sonuçlar Çizelge 3. 11 ile örtüşmektedir ve bundan dolayı bu iki havzaya Çizelge 3. 12'de yer verilmemiştir.

Çizelge 3. 12 Havzalardaki Kurulu Güç ve Üretimin 11 Havza Bölgesine Dağılımı

Havza	11 Havza Bölgesi	Toplam Kurulu Güç	4 Yıldaki Toplam Üretim	2018 Yılında Toplam Üretim
Susurluk	1.Bölge	%99	%98	%98
	6.Bölge	%1	%2	%2
Batı Karadeniz	8.Bölge	%57	%57	%59
	6.Bölge	%10	%13	%10
	1.Bölge	%33	%30	%31
Yeşilırmak	8.Bölge	%54	%60	%59
	9.Bölge	%31	%22	%22
	7.Bölge	%15	%18	%19
Kızılırmak	6.Bölge	%15	%32	%31
	8.Bölge	%13	%13	%11
	7.Bölge	%62	%55	%58
Doğu Akdeniz	3.Bölge	%13	%8	%10
	4.Bölge	%33	%32	%33
	5.Bölge	%54	%60	%57
Seyhan	5.Bölge	%98	%98	%99
	7.Bölge	%2	%2	%1
Dicle-Fırat	11.Bölge	%86	%86	%86
	10.Bölge	%12	%12	%12
	7.Bölge	%2	%2	%2
Çoruh	9.Bölge	%28	%36	%32
	10.Bölge	%72	%64	%68

Susurluk havzası sahip olunan toplam kurulu güç ve gerçekleştirilen toplam üretim miktarıyla neredeyse bütünüyle 1.Bölge’de konumlanmıştır.

Batı Karadeniz havzasında, 1.Bölge HES’lerinin bütünüyle Marmara’da toplandığı bilinmektedir. Dolayısıyla 6 ve 8 numaralı bölgeler değerlendirildiğinde; Batı Karadeniz havzasında bulunan tüm HES’lerin toplam kurulu gücünün %57’si 8.Bölge’de toplanmıştır. Bunun yanı sıra 8.Bölge’nin üretimdeki etkisi 2018 yılında biraz daha artarken 4 yıldıki toplam üretimin de %57’si 8.Bölge’de gerçekleşmiştir.

Yeşilırmak havzasında, tamamının Doğu Karadeniz havza bölgesinde yer aldığı bilinen 9.Bölge bir kenara bırakılmıştır. Yeşilırmak havzasını oluşturan iki havza bölgesinden bir diğeri olan Batı Karadeniz 7 ve 8 numaralı bölgelere ayrılmıştır. Hem toplam kurulu güç hem de toplam üretimde 8.Bölge’nin payı 7.Bölge’den daha fazladır.

Kızılırmak havzasının kurulu güç kapasitesinin %62’si 7.Bölge’dedir ve toplam üretimdeki payı da benzer şekilde diğer bölgelerden fazladır. Ancak 6.Bölge

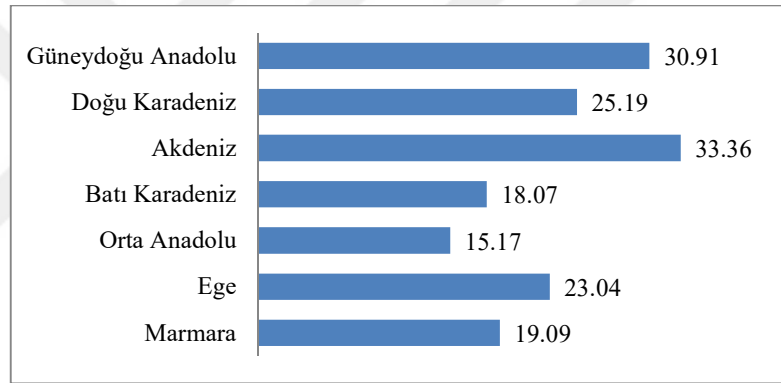
HES'lerinin kurulu güç kapasitesine kıyasla Kızılırmak havzasındaki üretime etkisi Kızılırmak havzasındaki diğer havza bölgelerine göre daha fazladır.

Doğu Akdeniz havzasının kurulu güç kapasitesi, 4 yıldaki toplam üretimi, 2018 yılındaki toplam üretimi sırasıyla en çok 5, 4 ve 3 numaralı bölgelere yayılmıştır.

Çoruh havzasının kurulu güç kapasitesinin %72'si 10.Bölge'de toplanmıştır ancak 10.Bölge'nin Çoruh havzasında gerçekleşen üretimlere etkisinin kurulu güç kapasitesi ölçüsüne göre biraz daha az olduğu görülmektedir.

3.3.3 HES'lerin 7 Havza Bölgesindeki Kurulu Güç ve Üretimleri

Akdeniz havza bölgesindeki HES'ler 33.36 MWe ortalama kurulu güç kapasitesi ile en yüksek kurulu güce sahiptir. Güneydoğu Anadolu ise bu anlamda 30.91 MWe ile ikinci sırada yer alırken, en düşük ortalama kurulu güç kapasitesi ise 15.17 MWe ile Orta Anadolu havza bölgesindedir.



Şekil 3. 10 7 Havza Bölgesindeki Ortalama Kurulu Güç (MWe)

Kurulu güç kapasitesinden oldukça etkilenen vaat edilen yıllık üretim miktarları incelendiğinde 111300956 KWh ile Akdeniz havza bölgesi öne çıkmaktadır. Güneydoğu Anadolu havza bölgesi tıpkı kurulu güç kapasitelerinde olduğu gibi, 108866430 KWh vaat edilen yıllık ortalama üretim miktarı ile ikinci sırada yer almaktadır. Orta Anadolu havza bölgesindeki HES'ler 64087471 KWh ile en düşük vaat edilen yıllık ortalama üretime sahip havza bölgesidir.

Çizelge 3. 13 7 Havza Bölgesinde Üretimin Görünümü

7 Havza Bölgesi	Ortalama Üretim Miktarları (KWh)					
	Vaat Edilen	2015	2016	2017	2018	4 Yıl
Marmara	66521688	25338194	46552995	60510245	38627374	42757202
Ege	71571714	35626403	76174198	30685653	28702985	42797310
Orta Anadolu	64087471	25857484	49416241	46323289	39635451	40308116
Batı Karadeniz	86892177	29937557	65056798	68373300	49815878	53295883
Akdeniz	111300956	46607194	95891974	64996422	76381437	70969257
Doğu Karadeniz	85359786	40328683	54390837	70627696	58027879	55843774
Güneydoğu Anadolu	108866430	49954323	82563290	84141318	68295611	71238636

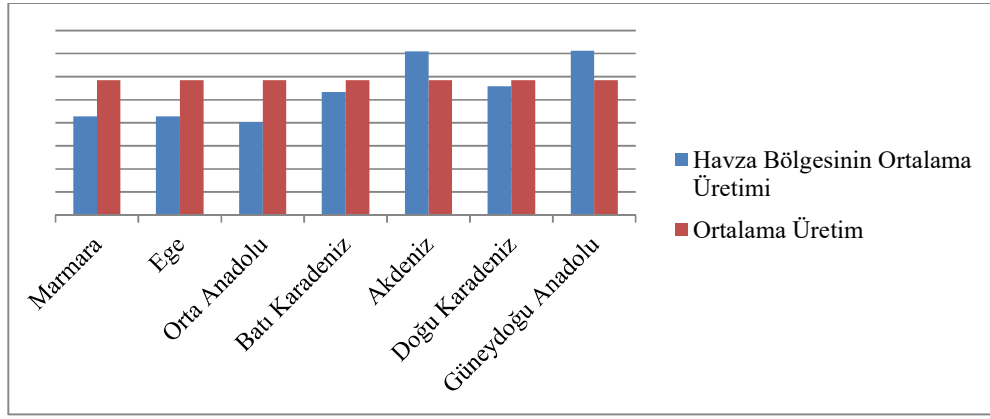
Yıllara göre üretim miktarının en düşük düzeyde olduğu 2015 yılında, en yüksek ortalama üretim miktarı 49954323 KWh ile Güneydoğu Anadolu havza bölgesinde gerçekleşmiştir. Marmara ve Orta Anadolu havza bölgeleri ise sırasıyla 25338194 KWh ve 25857484 KWh ile en düşük üretim miktarlarının gerçekleştiği havza bölgeleridir.

Yıllara göre üretim miktarının en yüksek olduğu 2016 yılında, Akdeniz havza bölgesi 95891974 KWh ile üretimin en yüksek olduğu havza bölgesiyken, Marmara havza bölgesi 46552995 KWh ile en az üretimin gerçekleştiği havza bölgesidir.

2017 yılında en düşük ortalama üretim miktarına (30685653 KWh) sahip havza bölgesi Ege iken Güneydoğu Anadolu havza bölgesi ise 84141318 KWh üretim miktarı ile ilk sırada yer almaktadır. Aynı zamanda Güneydoğu Anadolu, Marmara, Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz havza bölgeleriyle beraber 2017 yılında ortalama üretimi 2016 yılına göre artış gösteren üç havza bölgesinden biridir.

2018 yılında en düşük ortalama üretim miktarı 28702985 KWh ile Ege havza bölgesinde gerçekleşirken, en yüksek ortalama üretim miktarı 76381437 KWh ile Akdeniz havza bölgesinde gerçekleşmiştir. Akdeniz havza bölgesinin 2018 yılındaki genel düşüşten payını almadığı gibi bu anlamda 2017 yılına göre üretim artışı yaşanan tek havza bölgesidir.

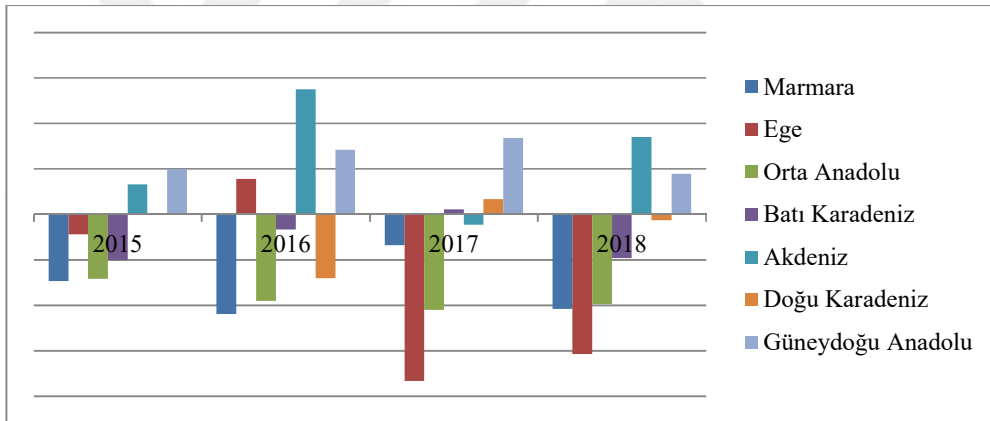
4 yılın üretim ortalamasının en düşük olduğu havza bölgesi 40308116 KWh ile Orta Anadolu'dur. Orta Anadolu'yu üretim miktarı anlamında birbirine oldukça yakın olan Marmara (42757202 KWh) ve Ege (42797310 KWh) izlemektedir. En yüksek ortalama üretim miktarına (71238636 KWh) sahip havza bölgesi ise vaat edilen üretim miktarı anlamında ikinci sırada olmasına rağmen Güneydoğu Anadolu iken hemen arkasından Akdeniz havza bölgesi 70969257 KWh ile gelmektedir.



Şekil 3. 11 7 Havza Bölgesinde 4 Yılın Ortalama Üretimini Karşılaştırılması

Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu 4 yılın üretim ortalamasının üzerine çıkan iki havza bölgesiyken kalan 5 havza bölgesi 4 yılın üretim ortalamasının altında kalmıştır.

Orta Anadolu ve Marmara’da bulunan HES’ler tüm yıllar bazında ortalama üretim miktarının altında kalmışlardır Güneydoğu Anadolu havza bölgesindeki HES’lerin üretim ortalamaları tüm yıllar bazında ortalamanın üzerindedir.



Şekil 3. 12 Yıllara Göre Ortalama Üretimleri Aşan ve Aşamayan 7 Havza Bölgesi

Akdeniz havza bölgesindeki HES’lerin üretim ortalamaları yalnızca 2017 yılında ortalamanın altında kalmıştır. Ege’de bulunan HES’ler 2016 yılında ortalama üretimin üzerine çıkarlarken, Batı Karadeniz ve Doğu Karadeniz’deki HES’ler 2017 yılında ortalamanın üzerine çıkmışlardır. Ayrıca Doğu Karadeniz havza bölgesinde 2015 yılında da ortalama üretimin çok az miktarda da olsa üzerine çıkıldığı görülmektedir. 7 havza bölgesinin herhangi bir tanesinde yıllara göre üretimde düzenli bir artış yakalanmamıştır.

Çizelge 3. 14 7 Havza Bölgesinde Bir Önceki Yıla Göre Üretimde Yaşanan Yüzde Değişim

7 Havza Bölgesi	2016(2015=100)	2017(2016=100)	2018(2017=100)
Marmara	84	30	-36
Ege	114	-60	-6
Orta Anadolu	91	-6	-14
Batı Karadeniz	117	5	-27
Akdeniz	106	-32	18
Doğu Karadeniz	35	30	-18
Güneydoğu Anadolu	65	2	-19

Tüm havzalarda 2016 yılı üretimi 2015'e göre artış göstermiştir. En fazla artış %117 ile Batı Karadeniz'de gerçekleşirken, en düşük artış (%35) Doğu Karadeniz'de olmuştur.

2017 yılında 2016 yılına göre en fazla üretim artışı yaşayan havza bölgeleri %30 ile Marmara ve Doğu Karadeniz olmuşlardır. Ege'de ise HES'lerin 2017 yılı üretimi 2016 yılına göre %60 düşüş göstermiştir.

2018 yılı üretiminin 2017 yılına göre en fazla değişim gösterdiği havza bölgesi Marmara olmuştur. Söz konusu havza bölgesinde 2018 yılı üretimi 2017'ye göre %36 azalmıştır. Akdeniz hariç tüm havza bölgelerinde 2018 yılı üretimi 2017 yılına göre azalmıştır.

Tüm havza bölgelerinde yer alan HES'lerin 4 yılda gerçekleştirdikleri ortalama üretimler vaat ettikleri üretimin altında kalmıştır.

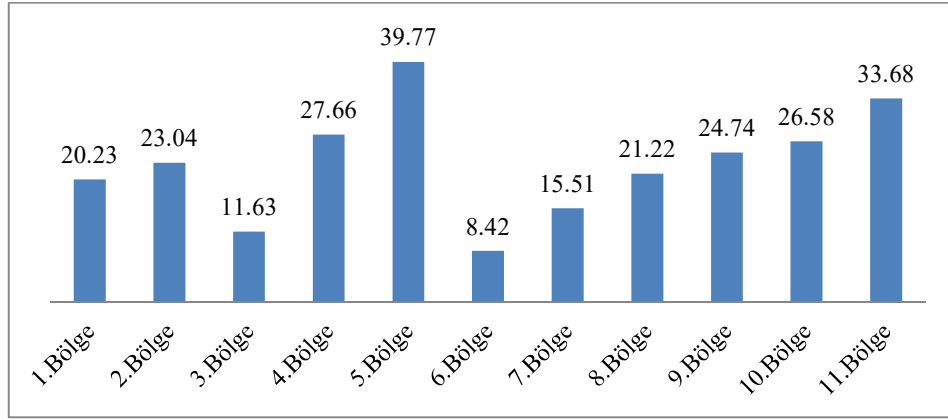
Çizelge 3. 15 7 Havza Bölgesinde Ortalama Üretimin Vaat Edilenden Yüzdesel Farkı

7 Havza Bölgesi	4 Yılın Ortalama Üretimi-Vaat Edilen Üretim (%)
Marmara	-36
Ege	-40
Orta Anadolu	-37
Batı Karadeniz	-39
Akdeniz	-36
Doğu Karadeniz	-35
Güneydoğu Anadolu	-35

Gerçekleştirilen üretim ile vaat edilen üretim arasındaki farklılığın %40 ile en fazla olduğu havza bölgesi Ege'dir. Tüm havza bölgeleri birbirine yakın derecede farklılık gösterebilir de Doğu Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu %35 ile bu farklılığın en az olduğu havza bölgeleridir.

3.3.4 HES'lerin 11 Havza Bölgesindeki Kurulu Güç ve Üretimleri

5.Bölge'nin ortalama kurulu güç kapasitesi 39.77 MWe ile en yüksek düzeydedir. En düşük ortalama kurulu güç kapasitesi 8.42 MWe ile 6.Bölge'ye aittir.



Şekil 3. 13 11 Havza Bölgesindeki Ortalama Kurulu Güç (MWe)

Kurulu güç kapasitesindeki miktara paralel olarak en fazla üretimin vaat edildiği havza bölgesi ortalama 129959625 KWh ile 5.Bölge'dir. Kurulu güç kapasitesi en düşük olan 6.Bölge, 3.Bölge'den sonra en düşük ortalama üretimin vaat edildiği havza bölgesidir.

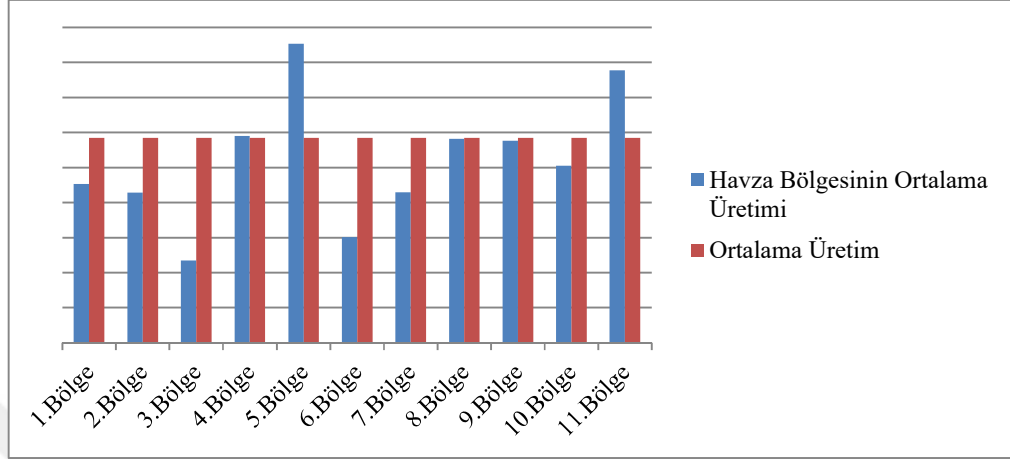
Çizelge 3. 16 11 Havza Bölgesinde Üretimin Görünümü

11 Havza Bölgesi	Ortalama Üretim Miktarları (KWh)					
	Vaat Edilen	2015	2016	2017	2018	4 Yıl
1.Bölge	70285133	26856082	49070993	64081785	40912919	45230445
2.Bölge	71571714	35626403	76174198	30685653	28702985	42797310
3.Bölge	44461628	16375902	33554203	20690668	23188150	23452231
4.Bölge	102592250	40791074	76246678	41614806	77187558	58960029
5.Bölge	129959625	55564954	114565557	79128152	91690165	85237207
6.Bölge	45445959	25330472	33380102	33300320	28379303	30097549
7.Bölge	70372875	27764217	49278463	52752528	41832240	42906862
8.Bölge	96684055	28266859	75836604	75214102	53073054	58097655
9.Bölge	84542602	42938927	56310791	72050100	59109744	57602391
10.Bölge	87839517	32407944	48564770	66311437	54744977	50507282
11.Bölge	118265700	54631443	89905477	91845948	74553524	77734098

4 yıldaki ortalama üretim miktarı en düşük havza bölgesi 3.Bölge'dir. Tamamıyla Akdeniz havza bölgesinde yer alan 3.Bölge HES'leri, üretim miktarında ikinci olan ve kurulu güç kapasitesi anlamında başı çeken Akdeniz havza bölgesine zıt bir görünümündedir. Buna karşın tıpkı 3.Bölge gibi Akdeniz'i oluşturan bölgelerden bir tanesi olan 5.Bölge ise tüm yıllar bazında en fazla üretimin gerçekleştiği bölge olmuştur.

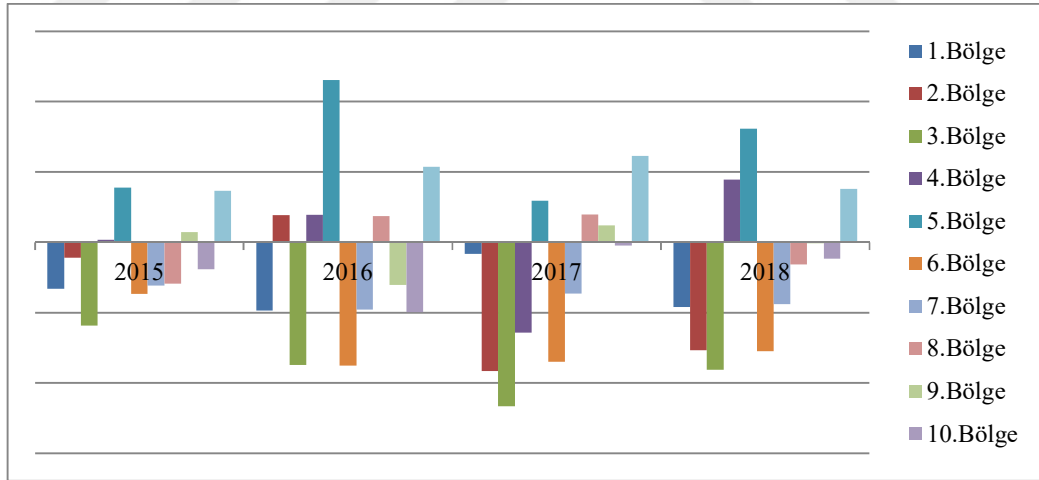
5.Bölge'nin 2015, 2016, 2017, 2018 yılı ortalama üretimleri sırasıyla 55564954, 114565557, 79128152, 91690165 KWh olarak gerçekleşmiştir.

4 yılıdaki ortalama üretimin üzerine çıkan havza bölgeleri 4, 5 ve 11 numaralı bölgelerdir.



Şekil 3. 14 11 Havza Bölgesinde 4 Yılın Ortalama Üretiminin Karşılaştırılması

1, 3, 6, 7 ve 10 numaralı bölgelerde yer alan HES'lerin her bir yıla ait ortalama üretimi o yılın ortalama üretiminin altında kalmıştır. 5 ve 11 numaralı bölgelerde gerçekleşen ortalama üretim her bir yıla ilişkin ortalama üretimin üzerine çıkmıştır.



Şekil 3. 15 Yıllar Bazında Ortalama Üretimi Aşan ve Aşamayan 7 Havza Bölgesi

4.Bölge'de üretim sadece 2017 yılında ortalamanın altında kalmıştır. 8.Bölge HES'leri 2016 ve 2017 yıllarında, 9.Bölge HES'leri 2015 ve 2017 yıllarında ortalamanın üzerinde üretim gerçekleştirmişlerdir. 2.Bölge'nin üretimi ise sadece 2016 yılında ortalamanın üzerine çıkabilmiştir. Tüm bölgelerde 2016 yılı ortalama üretimi 2015'e

göre artış gösterirken en büyük artış %168 ile 8.Bölge’de olmuştur. Aynı periyotta 9.Bölge’deki artış %31 ile en düşük düzeydedir.

Çizelge 3. 17 11 Havza Bölgesinde Bir Önceki Yıla Göre Üretimde Yaşanan Yüzde Değişim

11 Havza Bölgesi	2016(2015=100)	2017(2016=100)	2018(2017=100)
1.Bölge	83	31	-36
2.Bölge	114	-60	-6
3.Bölge	105	-38	12
4.Bölge	87	-45	85
5.Bölge	106	-31	16
6.Bölge	32	0	-15
7.Bölge	77	7	-21
8.Bölge	168	-1	-29
9.Bölge	31	28	-18
10.Bölge	50	37	-17
11.Bölge	65	2	-19

2017 yılı ortalama üretimi 2016 yılına göre kayda değer bir değişime uğramayan tek havza bölgesi 6.Bölge’dir. 2017 yılı ortalama üretiminin 2016 yılına göre yüzdesel anlamda en düşük olduğu havza bölgesi %60 ile 2.Bölge’dir. En fazla artış ise %37 ile 10.Bölge’de olmuştur.

2018 yılı ortalama üretimi 2017 yılına göre artış gösteren havza bölgeleri sırasıyla 3,4 ve 5 numaralı bölgelerdir. 2018 yılı üretimi 2017 yılı üretimine göre en fazla düşüş gösteren havza bölgesi %36 ile 1.Bölge olmuştur.

Çizelge 3. 18 11 Havza Bölgesinde Ortalama Üretimin Vaat Edilenden Yüzdesel Farkı

11 Havza Bölgesi	4 Yılın Ortalama Üretimi-Vaat Edilen Üretim(%)
1.Bölge	-36
2.Bölge	-40
3.Bölge	-47
4.Bölge	-43
5.Bölge	-34
6.Bölge	-34
7.Bölge	-39
8.Bölge	-40
9.Bölge	-32
10.Bölge	-43
11.Bölge	-34

9.Bölge'deki HES'lerin 4 yılda gerçekleştirdiği ortalama üretimi vaat ettiği üretimden %32 daha düşüktür ve bu anlamda gerçekleştirdiği üretimle vaat ettiği üretimi karşılamaya en fazla yaklaşan havza bölgesi olarak göze çarpmaktadır.

3.Bölge HES'leri ise vaat edilen üretimden %47 daha az ortalama üretim gerçekleştirmiştir ve bu anlamda vaat ettiği üretimi karşılamaya en az yaklaşan havza bölgesi durumundadır.



İLERİ İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

4.1 Verinin Analizinde Kullanılan Yöntemler

Bölüm 3’de YEKDEM bünyesinde bulunan 283 adet HES’in hem havza hem de havza bölgelerindeki kurulu güç kapasiteleri, yıllara göre üretimleri ve vaat ettikleri yıllık üretim miktarlarına ilişkin açıklayıcı istatistiklere değinilmişti. Bu bölümde ise söz konusu HES’lerin yıllara göre üretimleri; havzaların birtakım koşullara göre kümelenmesiyle incelenecek. Bu bağlamda öncelikle kümeleme analizi ile ilgili kısaca bilgi verilecek sonrasında havzalar kümelenecektir ve oluşan kümelerdeki üretim ve kurulu güç kapasitesi karşılaştırılacaktır.

4.2 Kümeleme Analizi

Kümeleme analizinin genel amacı, gruplanmamış verileri benzerliklerine göre sınıflandırmak (gruplamak) ve araştırmacıya; uygun, işe yarar özetleyici bilgiler elde etmede yardımcı olmaktır [48]. Kümeleme analizi sonucunda elde edilen kümelerin kendi içlerinde bulunan birimler arasındaki benzerlik yüksekken, kümeler arasındaki benzerliğin ise düşük olması istenir. Kümeleme analizi ilk olarak biyoloji ve ekoloji gibi doğal bilimlerde kullanılmaya başlansa da günümüzde birçok bilim dalında kümeleme analizinden yararlanılmaktadır.

4.2.1 Kümeleme Analizinde Benzerlik ve Uzaklık Ölçümü

Kümeleme analizinde grupların oluşturulmasında nesneler arasındaki benzerliklerin tespiti önemlidir, iki birimin birbirlerine olan benzerliklerine karar vermede aralarındaki ilişki katsayısı değerlendirilebilmektedir. İlişki katsayısı yüksekse, benzerlik yüksek olmaktadır. Ancak kümeleme analizinde, benzerliğin değerlendirilebilmesinde ilişki

ölçümlerinden çoğunlukla yararlanılmamaktadır. Diğer taraftan benzerliğin tespitinde uzaklık ölçümleri önemli bir yere sahiptir. Benzerlik ve uzaklık birbirlerine zıt kavramlar olup iki birim arasındaki uzaklığın fazla oluşu benzerliğin az olduğu anlamına gelmektedir.

Tercih edilecek uzaklık ölçümü veride yer alan değişkenlerin ölçü birimlerine göre değişebilmektedir. Değişkenler oransal veya aralıklı ölçekte elde edilmişse uzaklık veya korelasyon türü ölçüler, sayım ile elde edilmiş değerler ise kare uzaklık ölçüsü veya Phi kare uzaklık ölçüsü, ikili gözlemlere göre elde edilmiş değerler ise Öklid, kare Öklid gibi benzerlik ya da farklılık ölçüleri kullanılır [49]. Kümeleme analizinde nicel veriler için kullanılabilecek uzaklık ölçüleri şu şekildedir [50].

- Öklid Uzaklığı

En fazla tercih edilen uzaklık ölçülerinden bir tanesi olan öklid uzaklığı gerçek bir üçgenin hipotenüs uzunluğudur.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (4.1)$$

Burada,

x_{ik} : k.değişkende i.gözlem,

x_{jk} : k.değişkende j.gözlem,

p : değişken sayısı.

- Kareli Öklid Uzaklığı

Bilinen öklid uzaklığının karesinin alınmasıyla hesaplanır.

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \quad (4.2)$$

- Ölçekli Öklid Uzaklığı

Değişkenlerin aynı ağırlıkta ölçeklenmemiş olması durumunda kullanılır.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p w_k (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (4.3)$$

- Minkowski Uzaklığı

$$d_{ij} = [\sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}|^q]^{1/q} \quad (4.4)$$

Minkowski uzaklık ölçüsü $q=1$ için Manhattan uzaklık ölçüsüne, $q=2$ için ise Öklid uzaklık ölçüsüne eşittir.

- Mahanobis Uzaklığı

Her değişken eşit şekilde ağırlıklandırılarak değişkenler arasındaki ilişki göz önünde bulundurulur. Değişkenler arasında ilişki olmaması durumunda kareli öklid uzaklığına eşit olmaktadır.

$$d_{ij} = (x_i - x_j)' S^{-1} (x_i - x_j) \quad (4.5)$$

S^{-1} : Varyans-kovaryans matrisi

- Manhattan Uzaklığı

Farkların mutlak değerlerinin toplamıyla ifade edilmektedir. Ancak ilişkili değişkenler olması durumunda kullanılması uygun değildir.

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}| \quad (4.6)$$

- Chebychev Uzaklığı

Farkların mutlak değerinin en büyüğüdür.

$$d_{ij} = \max_k |x_{ik} - x_{jk}| \quad (4.7)$$

- Karl Pearson Uzaklığı

Öklid uzaklığındaki farkların $1/s_k^2$ ile standartlaştırılmasıyla elde edilir.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p \frac{1}{s_k^2} (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (4.8)$$

4.2.2 Kümeleme Analizinde Yöntemler

Kümeleme analizinde farklı yaklaşımlar geliştirilmiş olsa da en kabul görmüş yaklaşım, Anderberg tarafından öne sürülen ve daha genelleyici bir tutum içeren hiyerarşik(aşamalı) ve hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri yaklaşımıdır.

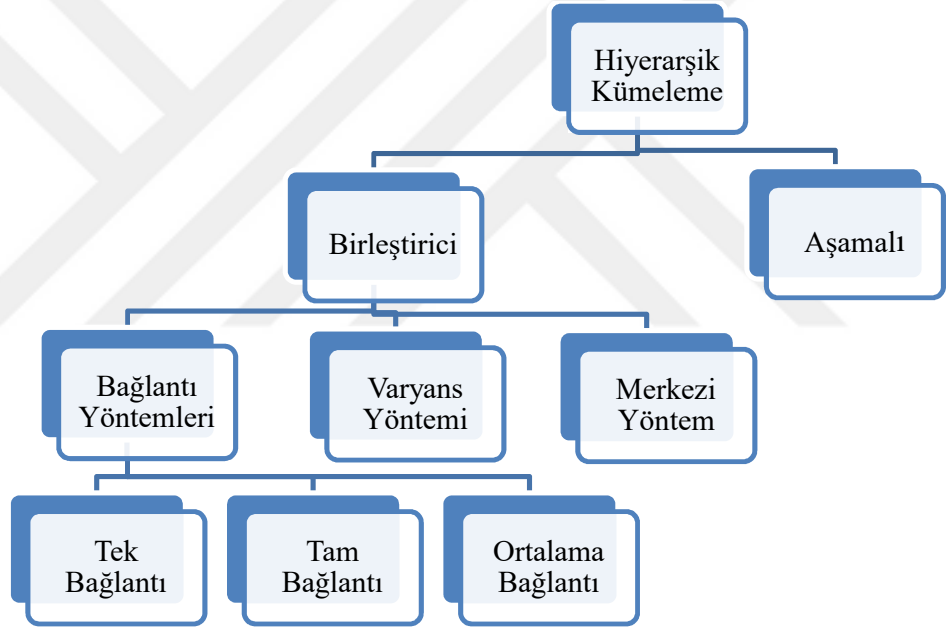
4.2.2.1 Hiyerarşik Kümeleme

Aşamalı kümeleme analizi olarak da adlandırılabilen hiyerarşik kümeleme analizinde birleştirici hiyerarşik kümeleme ve ayrıştırıcı hiyerarşik kümeleme olmak üzere iki temel yöntem bulunmaktadır. Ayrıştırıcı hiyerarşik kümelemede başlangıçta tek bir kümede yer alan tüm gözlemler ayrıştırılarak her birinin ayrı ayrı temsil edildiği kümelere dönüştürülür.

Diğer yaklaşım ise daha sık tercih edilen birleştirici hiyerarşik kümeleme analizidir. Birleştirici hiyerarşik kümelemede, her biri ayrı birer küme olan gözlemler son aşamada tüm gözlemleri içine alacak şekilde tek bir kümede toplanır.

Birleştirici hiyerarşik kümeleme analizinin işleyişi şu şekildedir [51].

1. İlk başta gözlemlerin her biri ayrı birer kümedir. Diğer bir deyişle küme sayısı gözlem sayısına eşittir.
2. Uzaklık ölçümünden yararlanılarak birbirine en fazla benzer veya en az uzak olan iki küme birleştirilir, böylelikle küme sayısı 1 azaltılır.
3. Kümeleme süreci tekrarlanır, en fazla benzeyen iki küme birleştirilerek yeni bir küme oluşturulur.
4. Bahsedilen kümeleme süreci tüm gözlemler tek bir kümede toplanıncaya kadar devam eder.

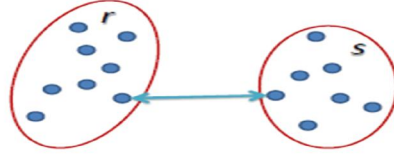


Şekil 4. 1 Hiyerarşik Kümeleme

Birleştirici hiyerarşik kümeleme analizinde, her bir adımda hangi kümelerin eklenmesi gerektiğine karar veren bazı yöntemler bulunmaktadır. Bunların arasında varyans yöntemi ve bağlantı yöntemlerinden olan ortalama bağlantı yöntemi en iyi seçeneklerdir.

Bağlantı yöntemleri: Tek bağlantılı, tam bağlantılı ve ortalama bağlantılı olmak üzere üç farklı bağlantı yöntemi bulunmaktadır.

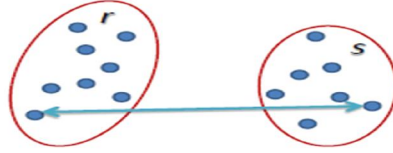
- Tek bağlantı yöntemi: En yakın iki gözlem birleştirilerek bir küme oluşturulur sonrasında ise bu kümeye yakın gözlemler eklenerek veya yeni gözlem çiftleri eklenerek küme genişletilir.



Şekil 4. 2 Tek Bağlantı Yöntemi [52]

$$L(r, s) = \min(D(x_{ri}, x_{sj})) \quad (4.9)$$

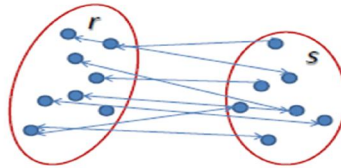
- Tam bağlantı yöntemi: Tek bağlantı yöntemi gibi ilk aşamada uzaklığı en az gözlemleri bir araya getirerek kümelemeye başlanır sonrasında ise kümeleme işlemine birbirlerine en uzak gözlemlerle veya en az benzer gözlemlerle devam edilir



Şekil 4. 3 Tam Bağlantı Yöntemi [52]

$$L(r, s) = \max(D(x_{ri}, x_{sj})) \quad (4.10)$$

- Ortalama bağlantı yöntemi: Bu teknikte de işleme tek bağlantı ve tam bağlantı tekniklerinde olduğu gibi başlanır. Ancak kümeleme kriteri olarak bir küme içindeki birim ile diğer küme içindeki birimler arasındaki ortalama uzaklıklar kullanılır. Bu anlamda aykırı değerlerden daha az etkilenilir.



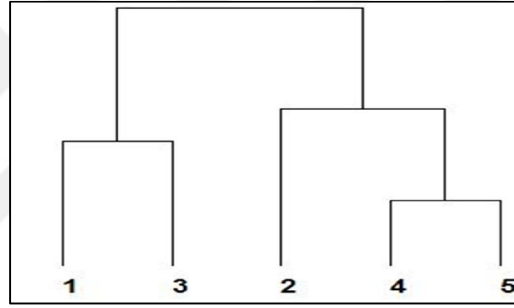
Şekil 4. 4 Ortalama Bağlantı Yöntemi [52]

$$L(r, s) = \frac{1}{n_r n_s} \sum_{i=1}^{n_r} \sum_{j=1}^{n_s} D(x_{ri}, x_{sj}) \quad (4.11)$$

Varyans yöntemi (Ward's yöntemi): Bir kümenin ortasına düşen gözlemin, aynı kümenin içinde bulunan gözlemlerden ortalama uzaklığı alır. Genellikle gözlem sayısı ($n > 50$) olduğunda olumlu sonuç verdiği bilinen bu yöntemde en az bilgi kaybını sağlayacak bir yapı amaçlanır [53]. Kümelerin eşit sayıda gözlemden oluşması istenildiğinde oldukça uygun bir yöntemdir.

Merkezi Yöntem: İki kümede bulunan elemanların ortalaması alınır ve iki kümedeki ortalama değerler arası uzaklıklar baz alınır. Eğer kümede tek gözlem varsa o gözlem kümenin ortalaması kabul edilir. Tıpkı ortalama bağlantı yönteminde olduğu gibi aykırı değerlerden diğer yöntemlere göre daha az etkilenilir [51].

Hiyerarşik kümeleme, kümeleme sürecinin ağaç diyagramı (dendrogram) adı verilen yapıyla rahatlıkla gözlenebilmesi, her türden değişken için geliştirilmiş olan uzaklık ölçümlerine sahip olması ve alternatif küme çözümlerinin görülebilmesi sebebiyle geniş çaplı bir kullanıma kavuşmuştur.



Şekil 4. 5 Ağaç Diyagramı [53]

Ancak hiyerarşik kümeleme analizinin de yetersiz kaldığı durumlar söz konusudur. Bunların arasında aykırı değerlerin veya gözlemlerin etkisinin fazla göz önünde bulundurulmaması, gözlem sayısının ve değişken sayısının fazla olduğu durumlarda kullanılmasının uygun olmaması gösterilebilir.

4.2.2.2 Hiyerarşik Olmayan Kümeleme

Küme sayının önceden belirlendiği hiyerarşik olmayan kümelemede, gözlemlerin incelenen değişkenler yönünden kendi içinde homojen ve kendi aralarında heterojen yapıda kümelere ayrılması sağlanır. Hiyerarşik kümeleme yönteminin aksine gözlem sayısı büyük olan veri setlerinde rahatlıkla uygulanabilmektedir. Bunun yanı sıra aykırı gözlemlere de hiyerarşik kümeleme yöntemine nazaran daha az duyarlıdır.

Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri içinde en fazla kullanılanı Mac Quenn tarafından sunulmuş olan k-ortalama küme yöntemidir. Burada k küme sayısını ifade etmektedir. K ortalama kümenin aşamaları şu şekildedir [54].

1. Veri seti k alt kümeye ayrılır.
2. Her kümenin ortalaması hesaplanır.
3. Her gözlem en yakın merkez noktanın olduğu kümeye dahil edilir.
4. Gözlemlerin kümelenmesinde değişiklik olmayana kadar adım 2'ye geri dönlür.

K ortalama küme yönteminde önemli unsurlardan bir tanesi küme sayısının nasıl belirleneceğinin tespit edilmesidir. Bu konuyla ilgili kesin sonuçlar olmamakla beraber en bilinen yaklaşımlardan bir tanesi k küme sayısı, n gözlem sayısı olmak üzere;

$$k = \sqrt{n/2} \quad (4.12)$$

Ancak (4.12) eşitliği gözlem sayısı fazla olması durumunda iyi sonuçlar vermemektedir [55].

Küme sayısı belirleme konusunda Mariott tarafından önerilmiş olan eşitlikten de faydalanılabilmektedir. W grup içi kareler toplamı matrisini ifade etmek üzere eşitlik şu şekildedir:

$$M = k^2|W| \quad (4.13)$$

M değerini en düşük yapan k değeri uygun küme sayısı olarak kabul edilir.

4.3 Havzaların Yağış Miktarlarına Göre Kümelenmesi

Oluşabilecek küme sayısı hakkında ön bilgiye sahip olunamaması, gözlem ve değişken sayısının az olması ve kümelerin dendrogram (ağaç grafiği) yardımıyla tespit edilmesinde ipucu vermesi sebebiyle hiyerarşik kümeleme yönteminden yararlanılacaktır. Bağlantı yönteminde ortalama bağlantı yöntemi, uzaklık ölçüsünde ise öklid uzaklığı tercih edilecektir. Kümeleme analizlerinin tamamı SPSS 15 paket programında yapılacaktır

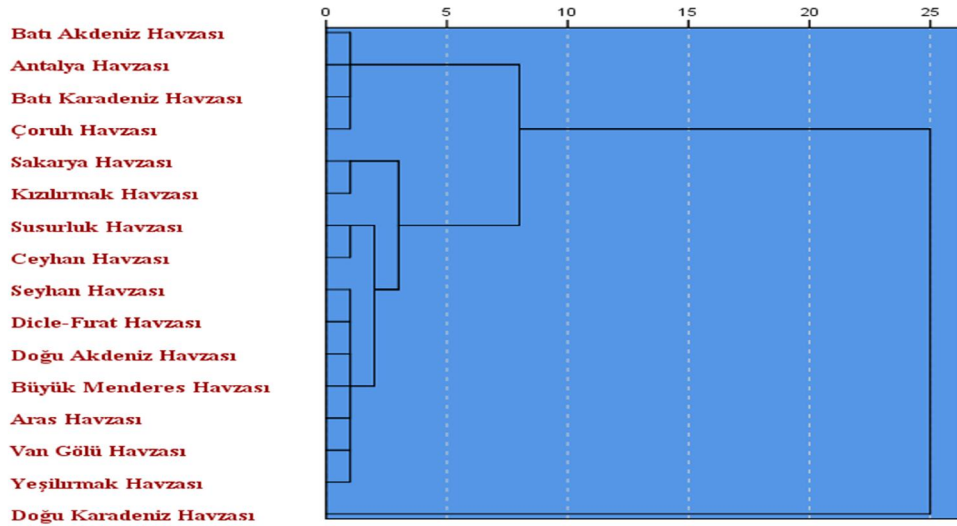
Havzaların yıllık ortalama yağış miktarları ve iki farklı dönemi temsil eden yağış miktarları Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Yıllık ortalama yağış miktarlarında Doğu Karadeniz havzası öne çıkarken hemen ardından Batı Karadeniz havzası gelmektedir. Diğer taraftan farklı yağış dönemlerinde Batı Akdeniz, Antalya, Büyükmenderes ve Çoruh havzaların da yağış yoğunluğu göze çarpmaktadır.

Çizelge 4. 1 Havza Yağış Miktarları (mm) [56]

Havza	Yıllık Yağış Ortalamaları	2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamaları	2015-2016 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamaları
Susurluk	650.9	795.6	626.5
Büyükmenderes	603	900.1	531.5
Batı Akdeniz	740.1	1120.9	604.3
Antalya	745.4	999.7	511.5
Sakarya	472	639.2	492.4
Batı Karadeniz	752.2	816.4	814.8
Yeşilırmak	546.1	534	611.8
Kızılırmak	458.9	511	488.2
Doğu Akdeniz	585.1	667.7	404.6
Seyhan	566.7	634.2	454.5
Ceyhan	634.7	742.3	438.1
Dicle-Fırat	572.7	537.6	682
Doğu Karadeniz	958.8	900.6	1258.2
Çoruh	758.5	645.9	995.2
Aras	508.5	452.9	664.9
Van Gölü	522.6	452.3	537.2

4.3.1 Yıllık Yağış Ortalamalarına Göre Havzaların Kümeleneşmesi

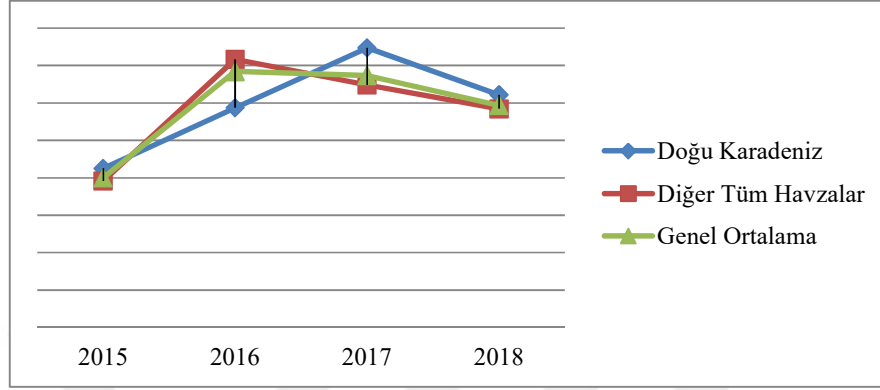
Normal yağış değerleri göz önünde bulundurularak havzalar kümelendirildiğinde Doğu Karadeniz havzasının diğer tüm havzalardan ayrı bir görünüm çizdiği görülmektedir. Dolayısıyla Doğu Karadeniz havzasının yağış rejimi anlamında tek bir kümeyi oluşturduğu diğer havzaların hepsinin ikinci kümeyi oluşturdukları gözlenebilmektedir.



Şekil 4. 6 Yıllık Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzaların Dendrogram Üzerinde Gösterilmesi

4.3.1.1 Yıllık Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzalarda Üretimin Karşılaştırılması

Doğu Karadeniz havzası ve diğer havzalar şeklinde oluşan kümelerin üretimleri incelendiğinde; Doğu Karadeniz havzasında bulunan HES'lerin üretim miktarlarının diğer havzalardaki HES'lere göre her yıl biraz daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 7 Doğu Karadeniz ve Diğer Havzalarda Üretimin Yıllara Göre Gelişimi

Doğu Karadeniz havzasında 2015'den 2017 yılına kadar olan süreçte üretim düzenli artış eğilimi gösterirken, diğer havzalarda gerçekleşen üretim 2016 yılından sonra giderek azalmıştır. Her iki havza grubundaki ortalama üretim, kurulu güç kapasitesi ve vaat edilen üretimler arasında kayda değer bir farklılık olup olmadığını sorgulayan ifade ve farklılığı açıklayabilecek çizelge şu şekildedir.

H_0 : Doğu Karadeniz havzasında yıllık ortalama üretim, kurulu güç kapasitesi ve vaat edilen üretim diğer havzalardan farklı değildir.

H_1 : Doğu Karadeniz havzasında yıllık ortalama üretim, kurulu güç kapasitesi ve vaat edilen üretim diğer havzalardan farklıdır.

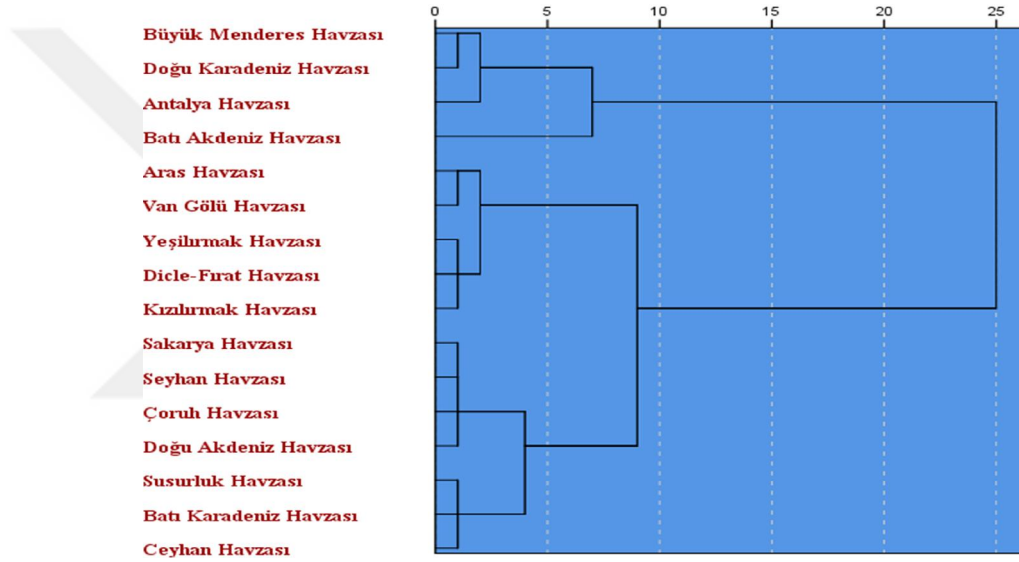
Çizelge 4. 2 Doğu Karadeniz ve Diğer Havzalarda Üretimlerin Karşılaştırılması

Bağımsız Örneklem Testi		
	Doğu Karadeniz-Diğer Havzalar	
	p. (2-tailed)	Ortalama Fark
2015 Yılı Üretimi	0.694	3351851.018
2016 Yılı Üretimi	0.391	-12961375.017
2017 Yılı Üretimi	0.507	9862954.866
2018 Yılı Üretimi	0.768	3759224.719
Kurulu Güç	0.857	-0.97285
Vaat Edilen Üretim	0.809	-4450594.816

P değeri 0.05’den büyük olduğundan H_0 hipotezi reddedilemez. Yıllara göre üretimlerin hem Doğu Karadeniz hem de diğer havzalarda birbirlerinden farklı olmamasına karşın bu farklılık %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı şekilde her iki havza grubunda kurulu güç kapasiteleri ve vaat edilen üretim miktarları da birbirinden farklı görünümde değildir.

4.3.2 2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Havzaların Kümelenmesi

Normal yağış değerlerinde Doğu Karadeniz havzası öne çıkmaktaydı ancak 2014-2015 su yılı alansal yağışları ele alındığında Doğu Karadeniz havzasına yağış anlamında benzer eğilimler gösteren havzalar mevcuttur.

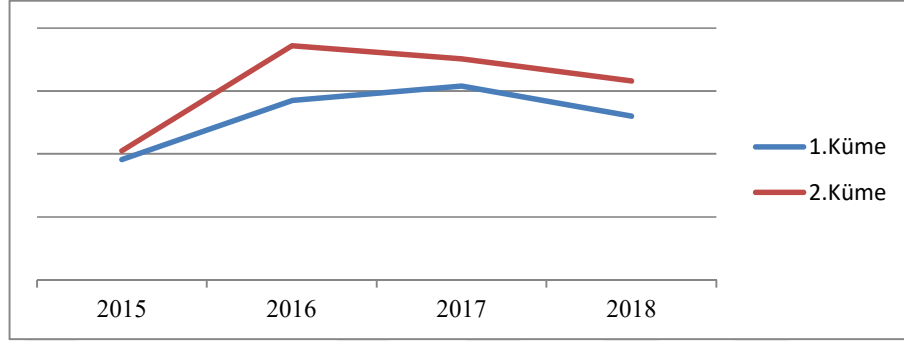


Şekil 4. 8 2014-2015 Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzaların Dendrogram Üzerinde Gösterilmesi

Doğu Karadeniz havzasıyla beraber Büyük Menderes, Antalya ve Batı Akdeniz havzaları 2014-2015 döneminde yağış fazlalığı olan kümede (1.Küme) yer alırken; Aras, Van Gölü, Yeşilırmak, Dicle-Fırat, Kızılırmak, Sakarya, Seyhan, Çoruh, Doğu Akdeniz, Susurluk, Batı Karadeniz ve Ceyhan havzalarının ise normal yağış ortalamalarına sahip 2.Küme'yi oluşturdukları söylenebilir.

4.3.2.1 2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzalarda Üretimin Karşılaştırılması

2015 yılında diğer yıllara nazaran düşük olan üretimdeki farklılık özellikle 2016 yılında artmıştır. Bununla beraber yağış miktarı daha düşük olan 2.kümede bulunan havzalarda yer alan HES'ler her yıl daha fazla ortalama üretim gerçekleştirmiştir.



Şekil 4. 9 2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Oluşturulan Kümelerde Üretimin Yıllara Göre Değişimi

2014-2015 su yılı alansal yağışlarının kapsadığı dönem itibariyle özellikle 2015 yılında üretimdeki farklılık incelendiğinde, 2.Kümenin ortalama üretiminin 1.Kümeden kayda değer bir biçimde farklı olmadığı söylenebilir. Benzer durum diğer yıllar içinde geçerlidir.

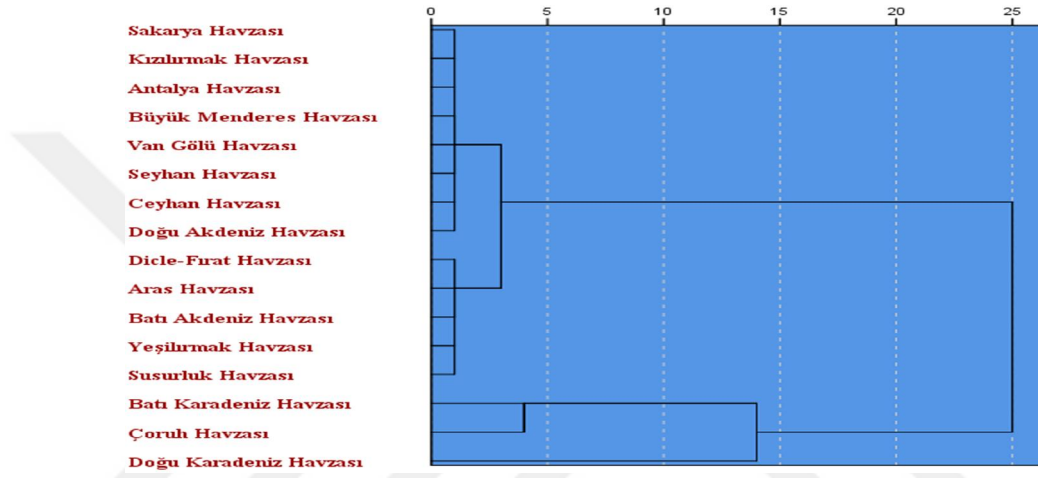
Çizelge 4. 3 2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Oluşturulan Kümelerde Üretimdeki Farklılığın İncelenmesi

Bağımsız Örneklem Testi		
	1.Küme-2.Küme	
	p (2-tailed)	Ortalama Fark
2015	0.723	-2759288.603
2016	0.154	-17408116.122
2017	0.495	-8751090.599
2018	0.337	-11170963.081
Kurulu Güç	0.330	-4.80725
Vaat Edilen Üretim	0.285	-17986986.545

2.Kümede bulunan havzalarda yer alan HES'lerin hem kurulu güç hem de vaat ettikleri üretim miktarları da 1.Kümeye göre daha fazladır. Ancak bu farklılık istatistiksel olarak anlam teşkil etmemektedir.

4.3.3 2015-2016 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Havzaların Kümelenmesi

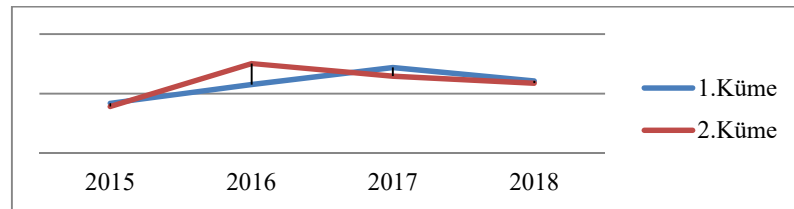
2015-2016 dönemi yağış miktarlarında yağış miktarı yüksek olan Doğu Karadeniz havzasına Batı Karadeniz ve Çoruh havzalarının katıldığı görülmektedir. Dolayısıyla Doğu Karadeniz, Batı Karadeniz ve Çoruh havzaları 2015-2016 döneminde yağış fazlalığı olan 1.Küme oluştururken; normal yağış miktarına sahip 2.Küme ise Sakarya, Kızılırmak, Antalya, Büyük Menderes, Van Gölü, Seyhan, Ceyhan, Doğu Akdeniz, Dicle-Fırat, Aras, Batı Akdeniz, Yeşilırmak ve Susurluk havzaları oluşturmaktadırlar.



Şekil 4. 10 2015-2016 Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzaların Dendrogram Üzerinde Gösterilmesi

4.3.3.1 2015-2016 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Kümelenen Havzalarda Üretimin Karşılaştırılması

Yağış fazlalığı olan havzalarda (1.Küme) ortalama üretiminin 2016 yılı dışındaki diğer üç yılda normal yağış miktarına sahip havzalara (2.Küme) göre biraz daha fazla olduğu görülmektedir. 2.Kümede ortalama üretim 2016 sonrası düşüş eğilimi göstermiştir. 1.Kümede ilk üç yıl düzenli artan üretim 2018 yılında düşüşe geçmiştir.



Şekil 4. 11 2014-2015 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Oluşturulan Kümelerde Üretimin Yıllara Göre Değişimi

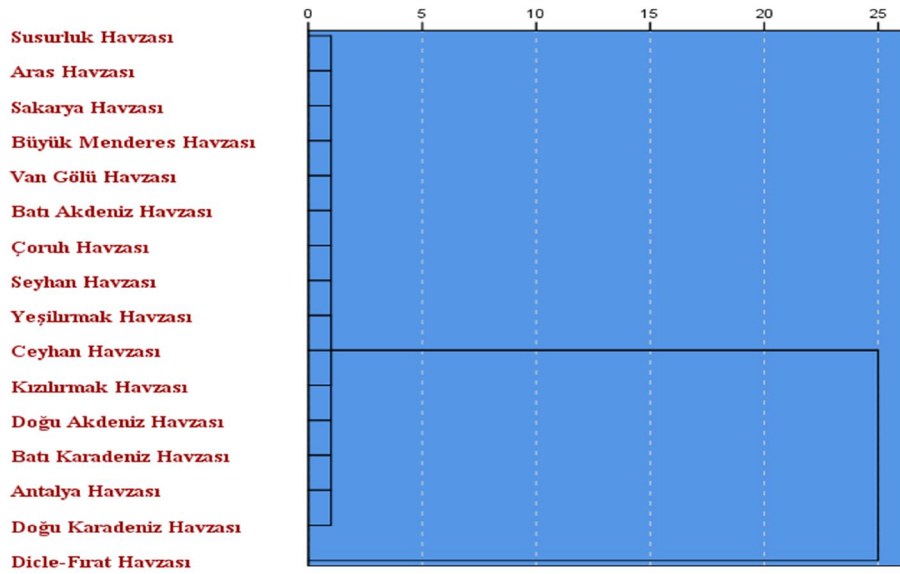
Çizelge 4. 4 2015-2016 Su Yılı Alansal Yağış Ortalamalarına Göre Oluşturulan Kümelerde Üretimdeki Farklılığın İncelenmesi

Bağımsız Örneklem Testi		
	1.Küme-2.Küme	
	p (2-tailed)	Ortalama Fark
2015	0.705	2879445.350
2016	0.194	-17540477.566
2017	0.577	7410335.269
2018	0.867	1899057.725
Kurulu Güç	0.845	-0.94513
Vaat Edilen Üretim	0.613	-8329261.440

Her iki küme arasında üretimde yaşanan bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir. Kurulu güç ve vaat edilen üretim miktarları arasındaki farklılıkta kayda değer olmayıp bu anlamda kümelerin birbiriyle örtüştüğü söylenebilmektedir.

4.4 Akış Miktarına Göre Havzaların Kümelenmesi (2013-2017 dönemi)

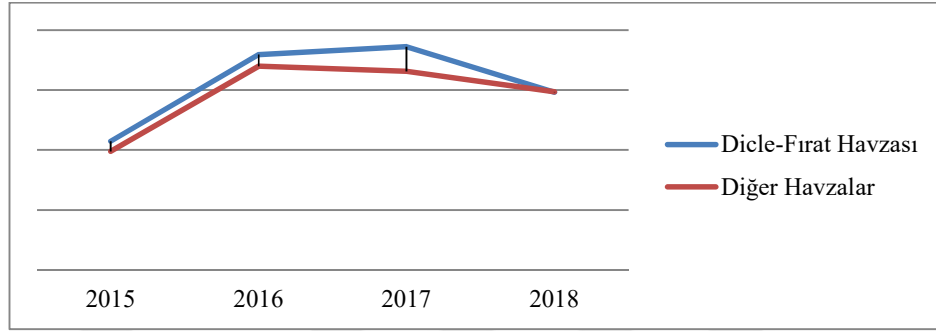
Türkiye’de akış miktarının en yüksek olduğu havza Dicle-Fırat havzasıdır ve akış miktarında diğer havzalara göre oldukça öne çıkmaktadır. Akış miktarı, yağış gibi yıllara göre çok değişkenlik göstermemekte olup bu anlamda Dicle-Fırat havzasının yanına yaklaşabilen ikinci bir havza yoktur. Bu sebeple Dicle-Fırat havzası tek bir kümeyi ifade ederken diğer havzalar ise ikinci kümede toplanmışlardır. Havzaların yıllık ortalama akış miktarlarına Çizelge 2.1’de değinilmişti.



Şekil 4. 12 Akış Miktarına Göre Kümelenen Havzaların Dendrogram Üzerinde Gösterilmesi

4.4.1 Akış Miktarına Göre Kümelenen Havzalarda Üretimin Karşılaştırılması

Dicle-Fırat havzasında bulunan HES'lerin sırasıyla 2015, 2016 ve 2017 yıllarında gerçekleştirdikleri ortalama üretim miktarı diğer tüm havzalarda yer alan HES'lerden biraz daha fazladır. 2017 yılında diğer havzalarda üretimde yaşanan kısmi düşüş ve Dicle-Fırat havzasındaki HES'lerin üretimlerinin artmasıyla beraber üretimler arası en yüksek farklılık aynı yıl yaşanmıştır.



Şekil 4. 13 Dicle-Fırat ve Diğer Havzalarda Üretimin Yıllara Göre Değişimi

2018 yılında hem Dicle-Fırat hem de diğer havzalardaki HES'lerin ortalama üretimleri neredeyse eşitlenmiştir.

Çizelge 4. 5 Dicle-Fırat ve Diğer Havzalarda Üretimlerin Karşılaştırılması

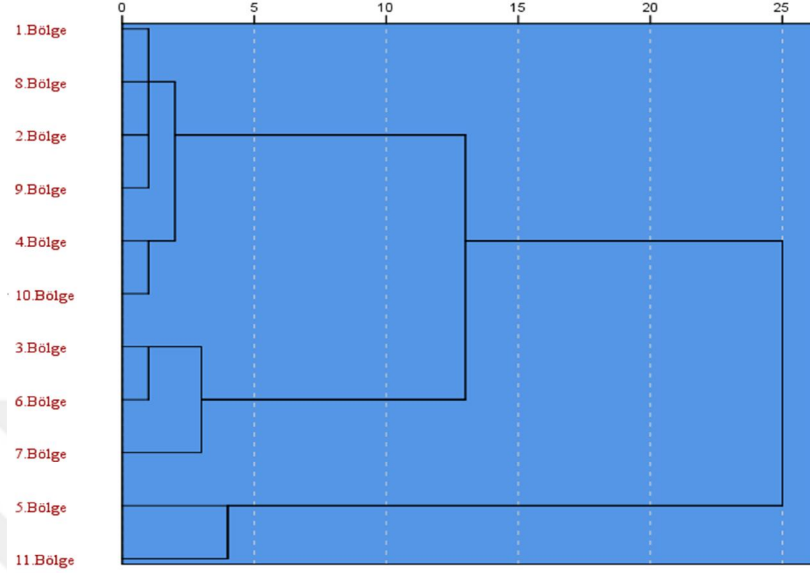
Bağımsız Örneklem Testi		
Dicle Fırat Havzası-Diğer Havzalar		
	p(2-tailed)	Ortalama Fark
2015	0.758	3377365.159
2016	0.838	3985449.892
2017	0.667	8221861.328
2018	0.997	-64998.263
Kurulu Güç	0.867	1.16075
Vaat Edilen Üretim	0.839	4793044.218

Dicle-Fırat havzası yıllara göre üretim, kurulu güç ve vaat edilen üretim miktarı anlamında diğer havzalardan kayda değer bir farklılık göstermemiştir.

4.5 Kurulu Güç Kapasitelerine Göre 11 Havza Bölgesinin Kümelenmesi

Kurulu güç kapasitesi anlamında Çizelge 3.8'de belirtildiği üzere Seyhan havzası öne çıkmaktaydı ve bunun bir sonucu olarak üretim miktarlarında da Seyhan havzası ilk sırada gelmekteydi. Ayrıca Van Gölü havzasında da 1 adet HES'in yer almasından

dolayı bu havzanın da ortalama kurulu güç kapasitesi hakkında kesin bir bilgiye ulaşmak güç olmaktadır. Bu tip ayrımların önüne geçmek adına Seyhan havzasının 5.Bölge, Van Gölü havzasının da 11.Bölge içerisine katılabilmesi sebebiyle 11 havza bölgesi kurulu güç kapasitelerine göre kümeler ayrılacaktır.



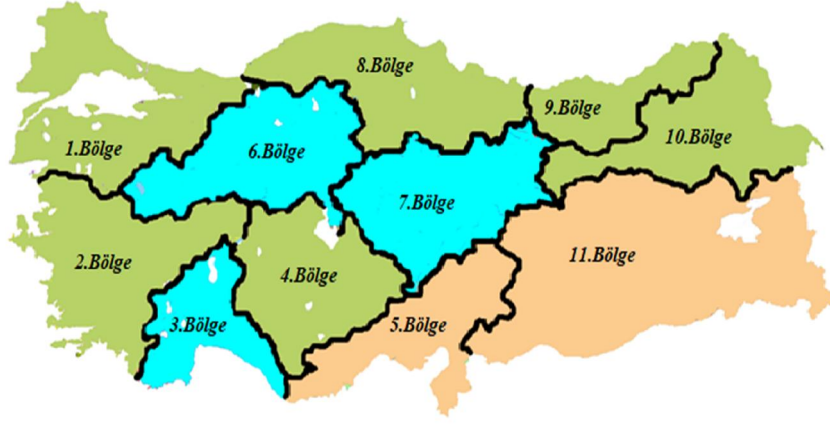
Şekil 4. 14 Kurulu Güç Kapasitelerine Göre Kümelenen Havza Bölgelerinin Dendrogram Üzerinde Gösterilmesi

- 1.Kümede yer alan havza bölgeleri sırasıyla 1, 8, 2, 9, 4 ve 10 numaralı bölgeler.
- 2.Kümede yer alan havza bölgeleri sırasıyla 3,6 ve 7 numaralı bölgeler.
- 3.Kümede yer alan havza bölgeleri sırasıyla 5 ve 11 numaralı bölgeler.

Çizelge 4. 6 Kurulu Güce Göre Oluşan Kümelerde Ortalama Kurulu Güç ve HES Sayısı

Küme	Ortalama Kurulu Güç(MWe)	HES Sayısı
1.Küme	24.1483	170
2.Küme	12.4816	39
3.Küme	37.5483	74

Oluşturulan kümeler ortalama kurulu güç kapasitelerinden yola çıkılarak; düşük kurulu güce sahip havza bölgeleri, orta büyüklükte kurulu güce sahip havza bölgeleri ve yüksek kurulu güce sahip havza bölgeleri olarak adlandırılabilirler. HES'lerin çoğu (170 adet) orta büyüklükte kurulu güç kapasitesine sahipken, düşük kurulu güç kapasitesine sahip HES'lerin sayısı ise 39 adettir.

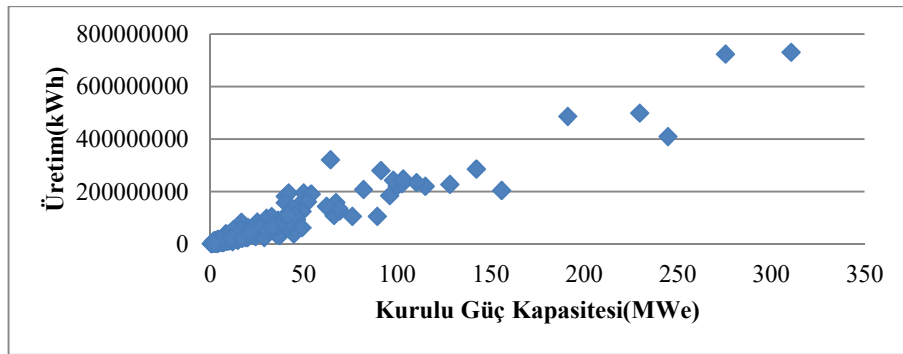


Şekil 4. 15 Kurulu Güç Kapasiteleri Benzer Olan Havza Bölgeleri

Akdeniz'in batısını oluşturan 3.Bölge ve İç Anadolu coğrafyasında yer alan 6 ve 7 numaralı bölgeler sahip olduğu HES'ler bakımından kurulu güç kapasitesinin düşük olduğu havza bölgeleridir. Havza bölgelerinin yarıdan fazlası orta büyüklükle kurulu güç kapasitesine sahiptir, geniş bir alana yayılan bu havza bölgeleri sırasıyla 1, 2, 4, 8, 9 ve 10 numaralı bölgelerdir. Yüksek kurulu güce sahip olarak nitelendirilen havza bölgeleri 5 ve 11 numaralı bölgeler olup Akdeniz'in doğusu, Güneydoğu Anadolu'nun tamamını kapsamaktadır.

4.5.1 Kurulu Güç Kapasitesine Göre Oluşan Kümelerde Üretimin Değerlendirilmesi

Kurulu güç kapasitesi ile üretim arasında yüksek doğrusal ilişki mevcuttur. Diğer bir deyişle kurulu güç kapasitesi arttıkça üretim de artmaktadır.



Şekil 4. 16 Kurulu Güç ve Üretim İlişkisi

Kurulu güç kapasitesinden yararlanılarak oluşturulacak kümelerin ortalama üretim miktarlarının ve vaat ettikleri üretim miktarlarının birbirlerinden farklı olması

beklenirken, aynı kümede yer alan havza bölgeleri arasında üretimde bir farklılık oluşmaması veya üretimin aynı olması beklenmektedir. Böylelikle oluşan kümelerin doğruluğu teyit edilmiş olacaktır.

1.Kümede yer alan havza bölgelerinin yıllara göre üretim miktarları ve vaat edilen üretim miktarlarının incelenmesi:

H_0 : 1, 8, 2, 9, 4 ve 10.Bölgelerde ortalama yıllık üretimler/vaat edilen üretimler aynıdır.

H_1 : 1, 8, 2, 9, 4 ve 10.Bölgelerden en az birinin yıllık ortalama üretimi/vaat edilen üretimi farklıdır.

Çizelge 4. 7 Orta Büyüklükte Kurulu Güç Kapasitesine Sahip Havza Bölgelerinde Üretimlerin Karşılaştırılması

Varyans Analizi					
		sd	Kareli Ortalama	F	p
Vaat Edilen Üretim	Gruplar Arası	5	1980879651245820.000	0.144	0.982
2015	Gruplar Arası	5	1401110756733060.000	0.614	0.689
2016	Gruplar Arası	5	3245592981029320.000	0.543	0.744
2017	Gruplar Arası	5	4453835463289630.000	0.488	0.785
2018	Gruplar Arası	5	2944073614956190.000	0.534	0.750

1,8,2,9,4 ve 10.Bölgelerde yıllık ortalama üretim ve vaat edilen üretim aynıdır.

2.Kümede yer alan havza bölgelerinin yıllara göre üretim miktarları ve vaat edilen üretim miktarlarının incelenmesi:

H_0 : 3, 6 ve 7. Bölgelerde yıllık üretimler/vaat edilen üretimler aynıdır.

H_1 : 3, 6 ve 7. Bölgelerden en az birinin yıllık üretimi/vaat edilen üretimi farklıdır.

Çizelge 4. 8 Kurulu Güç Kapasitesi Düşük Olan Havza Bölgelerinde Üretimlerin Karşılaştırılması

Varyans Analizi					
		sd	Kareli Ortalama	F	p
Vaat Edilen Üretim	Gruplar Arası	2	3076777206970150.000	0.804	0.455
2015	Gruplar Arası	2	512917276199695.000	0.756	0.477
2016	Gruplar Arası	2	1176736962466310.000	0.553	0.580
2017	Gruplar Arası	2	3907513297290870.000	1.659	0.205
2018	Gruplar Arası	2	1375893131362900.000	0.813	0.452

3,6 ve 7.Bölgelerde yıllık ortalama üretim ve vaat edilen üretim aynıdır.

3.Kümede yer alan havza bölgelerinin yıllara göre üretim miktarları ve vaat edilen üretim miktarlarının incelenmesi:

H_0 : 5 ve 11. Bölgelerde yıllık üretimler/vaat edilen üretimler aynıdır.

H_1 : 5 ve 11. Bölgelerden en az birinin yıllık üretimi/vaat edilen üretimi farklıdır.

Çizelge 4. 9 Kurulu Güç Kapasitesi Yüksek Olan Havza Bölgelerinde Üretimlerin Karşılaştırılması

Bağımsız Örneklem Testi		
5.Bölge-11.Bölge		
	Sig. (2-tailed)	Ortalama Fark
Vaat Edilen Üretim	0.795	11693924.295
2015	0.968	933510.920
2016	0.559	24660080.010
2017	0.727	-12717795.511
2018	0.605	17136640.639

5 ve 11.Bölgelerde yıllık ortalama üretim ve vaat edilen üretim aynıdır. Her bir yılda üretimde oluşan farklılıklar anlam teşkil etmemektedir.

Kümeler arasındaki yıllık üretim miktarları ve vaat edilen üretim arasındaki farklılığın incelenmesi:

H_0 : Her üç kümenin (düşük, orta, yüksek) yıllık üretim miktarları ve vaat edilen üretim miktarları birbirine eşittir.

H_1 : Kümelerden en az birinin yıllık üretim miktarı ve vaat edilen üretim miktarı farklıdır.

Çizelge 4. 10 Kurulu Güç Kapasitelerine Göre Oluşan Kümelerde Üretimdeki Farklılığın İncelenmesi

Robust Tests of Equality of Means					
		İstatistik	sd1	sd2	p
Vaat Edilen Üretim	Welch	5.353	2	120.929	0.006
2015	Welch	5.544	2	118.030	0.005
2016	Welch	5.424	2	112.386	0.006
2017	Welch	5.384	2	122.129	0.006
2018	Welch	6.346	2	117.329	0.002

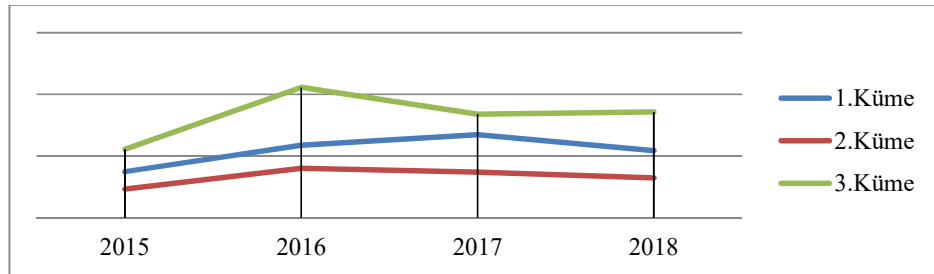
Hem vaat edilen üretim miktarında hem de yıllara göre olan üretim miktarında kümelerden en az birinin %95 ve hatta %99 güven düzeyinde diğerlerinden farklılık gösterdiği söylenebilmektedir.

Üretim miktarı ve vaat edilen üretim miktarlarında yaşanan farklılık araştırıldığında ortaya şu şekilde bir tablo çıkmaktadır.

Çizelge 4. 11 Kurulu Güç Kapasitesine Göre Oluşan Kümelerde Üretimlerin Karşılaştırılması

Tamhane Testi				
Bağımsız Değişkenler		Ortalama Fark		p
Vaat Edilen Üretim	1.Küme	2.Küme	29608321.067	0.081
		3.Küme	-40765565.220	0.228
	2.Küme	3.Küme	-70373886.287	0.011
2015	1.Küme	2.Küme	14143465.706	0.035
		3.Küme	-17966412.202	0.325
	2.Küme	3.Küme	-32109877.909	0.022
2016	1.Küme	2.Küme	18783673.010	0.138
		3.Küme	-46819282.576	0.082
	2.Küme	3.Küme	-65602955.586	0.009
2017	1.Küme	2.Küme	30387384.980	0.017
		3.Küme	-16626872.999	0.761
	2.Küme	3.Küme	-47014257.979	0.046
2018	1.Küme	2.Küme	2222380.513	0.035
		3.Küme	-31180260.539	0.186
	2.Küme	3.Küme	-53402641.052	0.007

3.Kümenin (yüksek kurulu güç) yıllık ortalama üretimleri ve vaat ettikleri üretim miktarları 2.Küme'ye (düşük kurulu güç) göre daha fazla olduğu %95 güven düzeyinde ifade edilebilmektedir. 3.Küme ile 2.Kümenin üretimleri arasındaki farklılık 65602955.586 KWh ile 2016 yılında en yüksek düzeye ulaşmıştır. 3. Kümenin 1.Küme'ye (orta büyüklükte kurulu güç) göre üretimi ve vaat ettiği üretim miktarı fazla olsa da bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı söylenebilmektedir. 1.Küme ile 2.Küme arasındaki kayda değer farklılığın 2015 ve 2017 yıllarında olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 17 Kurulu Güç Kapasitesine Göre Oluşturulan Kümelerde Üretim Yıllara Göre Değişimi

Üretim miktarında dalgalanmaların en az 2.Kümede (düşük kurulu güç kapasiteli) bulunan havza bölgelerinde olduğu görülmektedir. 2017 yılında üretimde artış yalnızca 1.Kümede (orta büyüklükte kurulu güç kapasiteli) yer alan havza bölgelerinde gerçekleşmiştir.

4.6 11 Havza Bölgesinin Yıllık Ortalama Üretimlere Göre Kümelenmesi

11 havza bölgesi ortalama kurulu güç kapasitelerinden yola çıkılarak kümelendirildiklerinde düşük (2.küme), orta büyüklükte (1.küme) ve yüksek (3.küme) kurulu güç kapasiteli havza bölgeleri ortaya çıkmıştı. 2015 ve 2017 yıllarında orta büyüklükte kurulu güç kapasiteli havza bölgelerinin düşük kurulu güç kapasiteli havza bölgelerine göre daha fazla üretim gerçekleştirdiği tespit edilmişti. Bu durum düşük kurulu güç kapasiteli havza bölgelerinin kurulu güç kapasitelerinin altında kaldığına veya orta büyüklükte kurulu güce sahip havza bölgelerinin kurulu güç kapasitelerini aştığına işaret etmektedir. Üretimde herhangi bir farklılığın gözlenmediği 2016 ve 2018 yıllarında ise düşük kurulu güç kapasiteli havza bölgelerinin kurulu güç kapasitelerinin üzerine çıktığı veya orta büyüklükte kurulu güce sahip havza bölgelerinin kurulu güç kapasitelerinin altında kaldığı çıkarımı yapılabilmektedir. Havza bölgeleri öncelikle üretimde en yüksek farklılığın (1.Küme-2.Küme) yaşandığı yıl olan 2017'ye göre kümelenecektir. Sonrasında ise sırasıyla diğer yılların üretimlerine göre de kümelenecek olan havza bölgelerinin, gerçekleştirdikleri üretimlerin kurulu güç kapasiteleriyle ne kadar örtüştüğü araştırılacaktır.

4.6.1 2017 Yılı Üretimlerine Göre Havza Bölgelerinin Kümelenmesi

Havza bölgelerinin kurulu güç kapasiteleri anlamında üç farklı kümede (düşük, orta büyüklükte, yüksek) toplanmasıyla beraber yıllık üretimlere göre yapılacak kümelemede de havza bölgelerinin düşük miktarda üretim, orta miktarda üretim, ve yüksek miktarda üretim gerçekleştiren havza bölgeleri olmak üzere üç kümede toplanması beklenmektedir. K-ortalama küme yöntemi ile 2017 yılı üretimlerine göre 11 havza bölgesinin kümelenme işlemi şu şekildedir.

Çizelge 4. 12 Tekrar Adımları

Tekrar	Küme Merkezlerinde Değişiklik		
	1.Küme	2.Küme	3.Küme
1	7534879.5	6609603	9783214
2	3347314.8	1686452	2503159
3	0	0	0

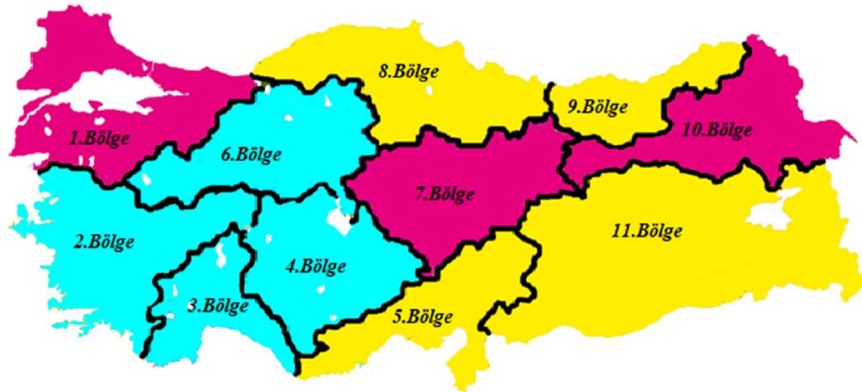
Çizelge 4. 13 Final Merkezler (Küme Ortalamaları)

2017 Yılı Üretim Miktarı	1.Küme	2.Küme	3.Küme
	61048583	31572862	79559575

Çizelge 4. 14 2017 Yılı Üretimlerinde Aynı Kümelerde Yer Alan Havza Bölgeleri

Havza Bölgesi	Küme	Bağlı Olduğu Kümeye Uzaklık
1.Bölge	1	3033201.53
7.Bölge	1	8296055.4
10.Bölge	1	5262853.87
2.Bölge	2	887208.465
3.Bölge	2	10882194.22
4.Bölge	2	10041944.29
6.Bölge	2	1727458.395
5.Bölge	3	431423.1375
8.Bölge	3	4345473.478
9.Bölge	3	7509475.758
11.Bölge	3	12286372.37

2017 yılı üretimleri değerlendirildiğinde 2, 3, 4 ve 6 numaralı bölgelerin gerçekleştirdikleri üretim miktarları düşüktür. 1, 7 ve 10 numaralı bölgeler orta miktarda üretimin gerçekleştiği havza bölgeleridir. Yüksek miktarda üretim gerçekleştiren havza bölgeleri ise sırasıyla 5, 8, 9 ve 11 numaralı bölgelerdir.



Şekil 4. 18 2017 Yılında Benzer Miktarda Üretim Gerçekleştiren Havza Bölgeleri

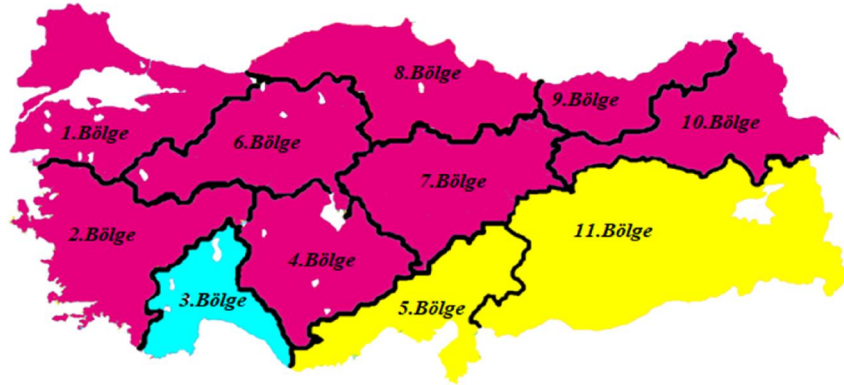
Çizelge 4. 15 Havza Bölgelerinin Kurulu Güç Kapasitelerine Göre 2017 Yılı Üretimleri

Kapasitesinin Altında	Kapasitesine Eşit	Kapasitesinin Üstünde
2.Bölge 4.Bölge	1.Bölge 3.Bölge 5.Bölge 6.Bölge 10.Bölge 11.Bölge	7.Bölge 8.Bölge 9.Bölge

Orta büyüklükte kurulu güç kapasiteli havza bölgeleri arasında bulunan 8 ve 9 numaralı bölgelerdeki HES'ler, yüksek kurulu güce sahip havza bölgelerinde olduğu gibi 2017 yılında yüksek miktarda üretim gerçekleştirilen havza bölgesi sınıfında (3.Küme) yer almaktadır. Bu durum orta büyüklükte kurulu güç kapasiteli havza bölgelerinin üretiminin 2017 yılında diğer yıllara göre daha fazla olmasına ve aynı yıl düşük kurulu güç kapasiteli havza bölgelerine göre üretimlerinin kayda değer bir şekilde fazla olmasına yol açmıştır.

4.6.2 2015 Yılı Üretimlerine Göre Havza Bölgelerinin Kümelenmesi

2015 yılında düşük miktarda üretim sadece 3.Bölge'de gerçekleşmiştir. 3.Bölge'nin düşük kurulu güce sahip olmasından dolayı bu beklenebilecek bir sonuçtur. 5 ve 11 numaralı bölgeler üretimin yüksek olduğu havza bölgeleridir. Diğer bölgelerde ise aynı yıl orta miktarda üretim gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. 19 2015 Yılında Benzer Miktarda Üretim Gerçekleştiren Havza Bölgeleri

3.Bölge'nin 2015 yılı üretiminin diğerlerine göre oldukça düşük olduğu Şekil 3.16'da görülebilmektedir. Bu durum düşük kurulu güce sahip diğer iki havza bölgesinin (6 ve 7) orta miktarda üretim gerçekleştirmiş havza bölgeleri arasına katılmasına neden olmuştur.

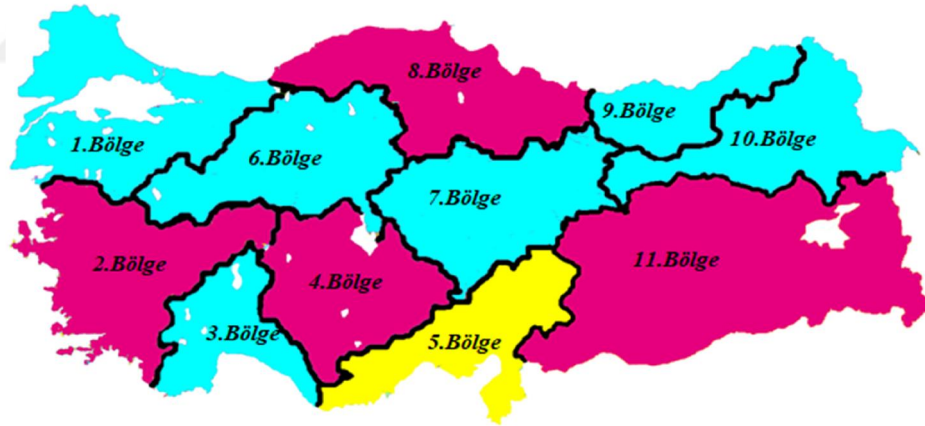
Çizelge 4. 16 Havza Bölgelerinin Kurulu Güç Kapasitelerine Göre 2015 Yılı Üretimleri

Kapasitesine Eşit	Kapasitesinin Üstünde
1.Bölge	6.Bölge
2.Bölge	7.Bölge
3.Bölge	
4.Bölge	
5.Bölge	
8.Bölge	
9.Bölge	
10.Bölge	
11.Bölge	

Yüksek kurulu güce sahip havza bölgelerinde 2015 yılı üretimi sahip oldukları kurulu güç kapasitelerine benzer şekilde yüksek olmuştur. Düşük kurulu güce sahip olan 6 ve 7 numaralı bölgeler ise kurulu güç kapasitelerinin üzerine çıkarak orta miktarda üretimin gerçekleştiği havza bölgeleri arasında yer almışlardır.

4.6.3 2016 Yılı Üretimlerine Göre Havza Bölgelerinin Kümelenmesi

2016 yılında tüm havza bölgelerinde gerçekleşen üretimlerin 2015 yılına göre arttığı bilinmekteydi. Oluşan kümeler neticesinde 5.Bölge'nin 2016 yılı üretimlerinde diğer havza bölgelerinden kendini ayırdığı görülmektedir.



Şekil 4. 2016 Yılında Benzer Miktarda Üretim Gerçekleştiren Havza Bölgeleri

Düşük kurulu güç kapasiteli havza bölgeleri olan 3, 6 ve 7 numaralı bölgelerde 2016 yılı üretimi de düşük miktarda gerçekleştirmiştir. Orta büyüklükte kurulu güç kapasitesine sahip 1, 9 ve 10 numaralı havza bölgeleri de 2016 yılında üretimin düşük miktarda olduğu havza bölgeleri arasındadır. 2, 4, 8 ve 11 numaralı havza bölgeleri de orta miktarda üretimin gerçekleştirildiği havza bölgeleridir. 5.Bölge ile beraber yüksek

kurulu güce sahip havza bölgesi olan 11.Bölge’de ise üretim 2016’ya göre yeterince artış göstermemiştir.

4.6.4 2018 Yılı Üretimlerine Göre Havza Bölgelerinin Kümelenmesi

2018 yılında, orta büyüklükte kurulu güce sahip 4.Bölge’nin yüksek miktarda üretim gerçekleştiren havza bölgeleri arasında yer aldığı görülmektedir. Düşük kurulu güç kapasitesine sahip 3, 6 ve 7 numaralı bölgeler düşük miktarda üretim vermişlerdir. Düşük miktarda üretim veren havza bölgeleri arasına orta büyüklükte kurulu güce sahip havza bölgeleri olan 1 ve 2 numaralı bölgeler de katılmışlardır.



Şekil 4. 21 2018 Yılında Benzer Miktarda Üretim Gerçekleştiren Havza Bölgeleri

SONUÇ VE ÖNERİLER

Havzalardaki su potansiyelinin YEKDEM'deki HES'lerin üretim miktarları üzerindeki etkisi yağış miktarı ve akış miktarı olmak üzere iki farklı şekilde ele alınmıştır. Yıllık ortalama yağış miktarı Doğu Karadeniz havasında en yüksek düzeyde olurken farklı dönemlerde Doğu Karadeniz'e benzer yağış rejimleri gösteren havzalar da mevcuttur. Dolayısıyla Doğu Karadeniz ve ona benzer yağış rejimlerine sahip havzalar yağış fazlalığı olan havzalar olarak adlandırılırken, diğer havzalar ise normal yağış miktarına sahip havzalar olarak ele alınmıştır. Yağış fazlalığının görüldüğü havzalarda yıllık ortalama üretim miktarı normal yağışa sahip havzalardan farklı bir görünümde gerçekleşmemiştir. Dolayısıyla havzaların yağış rejimlerinin hidroelektrik üretimi üzerinde bir etkisi olmadığı kanaatine varılmıştır. Bununla beraber YEKDEM'deki HES yatırımlarının yaklaşık %25'inin Doğu Karadeniz havzasında toplanması buradaki su potansiyelinden yararlanılmak istenildiğini ortaya koymaktadır. Ancak Doğu Karadeniz'deki HES yatırımlarının kurulu güç kapasitelerinin büyük olmaması ve tesis tipi olarak çoğunlukla kanal grubunda yer alması sebebiyle üretimlerinin önemli ölçüde yüksek olmadığı görülmektedir.

Akış miktarına göre yapılan değerlendirmede ise Dicle-Fırat havzası diğer havzalara göre farklı bir görünümdeydi. Ülkemizin en büyük HES'lerini içinde barındıran ve hidroelektrik üretiminde öne çıkan Dicle-Fırat havzasının benzer şekilde YEKDEM özelinde de hidroelektrik satrallerin kurulu güç kapasiteleri ve üretim miktarları anlamında öne çıkması beklenmekteydi. YEKDEM HES'leri değerlendirildiğinde Dicle-Fırat havzasının sahip olduğu kurulu güç kapasitesinin diğer havzalardan farklı olmadığı görüldü ve bunun doğal bir sonucu olarak gerçekleştirilen hidroelektrik üretim miktarında da farklılık tespit edilememiştir. Bu durum YEKDEM'deki mevcut HES

yatırımlarının Türkiye'nin diğer havzalarına da yayıldığına ve çok sayıda havzada su potansiyeli gözetilmeksizin bu yatırımların gerçekleştirildiğine işaret etmektedir.

HES'lerin kurulu güç kapasitelerinin hidroelektrik üretim miktarları üzerindeki etkisini değerlendirebilmek adına 11 havza bölgesi tanımlamasından yararlanılmıştır. Düşük kurulu güç kapasitesine sahip 3, 6 ve 7 numaralı bölgelerden büyük ölçüde Batı Akdeniz ve Antalya havzalarını kapsayan 3.Bölge'de üretim her yıl düşük miktarda gerçekleşmiştir. Aynı zamanda 3.Bölge'de vaat edilen hidroelektrik üretiminin diğer havza bölgelerinden düşük olmasının yanı sıra gerçekleştirilen üretim miktarının vaat edilenin %47 oranında altında kaldığı görülmüştür. Bu durum 3.Bölge'deki YEKDEM HES'lerinin verimsiz olduklarını göstermektedir. Kızılırmak ve Yeşilırmak havzalarını kapsayan 7 numaralı bölge ise orta büyüklükte kurulu güç kapasitesine sahip havza bölgelerine eş değerde üretim gerçekleştirmiştir.

Orta büyüklükte kurulu güç kapasitesine sahip havza bölgeleri arasında yalnızca 8.Bölge'nin üretim miktarı değerlendirilen yılların hiçbirinde düşük miktarda gerçekleşmemiştir. Bu anlamda 8.Bölge'de üretimin belli bir düzeyi koruduğu görülmektedir. 4,8 ve 9 numaralı havza bölgelerinin bazı yıllarda gerçekleştirdikleri üretim miktarları yüksek kurulu güç kapasitesine sahip havza bölgelerine eş düzeyde olarak yüksek miktarda gerçekleşmiştir. Orta büyüklükte kurulu güç kapasitesine sahip ve sırasıyla Yeşilırmak, Doğu Karadeniz ve Çoruh havzalarına yayılmış olan 9.Bölge'de vaat edilen hidroelektrik üretimini karşılamaya diğer havzalardan biraz daha fazla yaklaşmıştır.

Genel itibariyle YEKDEM bünyesindeki HES'lerin hidroelektrik üretiminde düzensizlikler söz konusudur. 2015'den 2018'e kadar olan süreçte hem havza hem de havza bölgelerinde üretimde düzenli bir artış gerçekleşmemiştir. Buna ek olarak herhangi bir havza veya havza bölgesinde vaat edilen hidroelektrik üretimi karşılanamamıştır.

İşletmede hidroelektrik üretimini etkileyen pekçok unsur olabilmektedir. Bunların başında da HES'lerin planlamasında kullanılan hidrometrik ölçümlerin yeterli ve güvenilir olması ile yapılan proje hidrolojisi çalışmaları gelmektedir.

Nehir kanal tipi HES'ler daha yok nehirlerin yan kolları üzerinde inşa edilmiştir. Bu nedenle HES'lerin projelendirilmesinde kullanılan hidrometrik verilerin, HES'in

bulunduğu noktada akışa geçen yağış miktarının güvenli bir şekilde hesaplanmasını sağlayacak kadar sağlıklı olması önem taşır.

Ardışık HES’lerde işletme planlamasının olmayışı, seçilen türbin ve jeneratör tipi ile ekipmanın işletme dışı kaldığı sreler de HES’lerde üretim verimliliğini düşüren etkiler arasında sayılabilir. Ancak bunlar proje debisindeki değişim ve farklılıklar kadar etkili değildir. Örneğin 3 numaralı bölgenin genelinde son 4 yılda HES’lerin verimliliğindeki düşüşü sağlayacak kadar bir su sıkıntısı yaşanmamıştır. Ancak buna rağmen vaat edilen ve üretilen hidroelektrik enerjisinde yıllara bağlı olarak yaşanan büyük farkın yukarıda sayılan nedenlerden kaynaklandığı açık olarak ortaya çıkmaktadır.



KAYNAKLAR

- [1] International Hydropower Association, 2018 Hydropower Status Report, https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/2018_hydropower_status_report_0.pdf, 29 Aralık 2018
- [2] International Finance Corporation, Hydroelectric Power, https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/06b2df8047420bb4a4f7ec57143498e5/Hydropower_Report.pdf?MOD=AJPERES, 3 Ocak 2019
- [3] United Nations Industrial Development Organization, World Small Hydropower Development Report, https://www.unido.org/sites/default/files/2016-11/WSHPDR_Executive_Summary_2016_0.pdf, 3 Ocak 2019
- [4] United States Department of Energy, 2017 Hydropower Market Report, <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/04/f51/Hydropower%20Market%20Report.pdf>, 6 Ocak 2019
- [5] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Faaliyet Raporları, <http://www.dsi.gov.tr/stratejik-planlama/faaliyet-raporlari>, 20 Mart 2019
- [6] Şahbaz, C., (2008). Türkiye’de Hidroelektrik Potansiyelin Değerlendirilmesinde Yeni Finans Modelleri: Hedefler, Beklentiler ve Sonuçlar, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] Yurtseven, İ. ve Serengil, Y., Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Yapısal Elemanlarının Çevresel Etkileri, http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17685_54_36.pdf, 21 Şubat 2019.
- [8] Zhou, Y., Hejazi, M., Smith, S., Edmonds, J., Li, H., Clarke, L., Calvin, K., ve Thomson, A., (2015).” A Comprehensive View of Global Potential for Hydro-Generated Electricity”, Energy & Environmental Science, 8(9), 2622-2633.
- [9] Arslan, Y., (2015). Basin-Based Clustering of Hydroelectric Power Plants in Turkey by Use of Stream-Flow and Hydroelectric Energy Production Data, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [10] Kutlu, C., (2012). Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerde Bulanık Mantık Yöntemiyle Risk Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

- [11] Andiç, G., (2007). Akım Ölçümleri Yetersiz Havzalarda Aylık Akımların ve Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] Gazel, S., (2013). Hydroelectric Power Plant Energy Optimization Under Energy Scarcity, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] Şahin, H.B., (2009). Analysing Design Parameters of Hydroelectric Power Plant Projects to Develop Cost Decision Models by Using Regresion and Neural Network Tools, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [14] Avcıoğlu, A., (2017), YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE TEKNOLOJİLERİ Dersi 7, <https://docplayer.biz.tr/61720925-Yenilenebilir-enerji-kaynaklari-ve-teknolojileri-dersi-7.html>, 3 Eylül 2018
- [15] United States Department of Energy, Benefits of Hydropower, <https://www.energy.gov/eere/water/benefits-hydropower>, 1 Ocak 2019.
- [16] Ürker, O., ve Çobanoğlu, N. (2017). “Türkiye’de Hidroelektrik Santraller’in Durumu (HES’ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi”. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 3(2).
- [17] Karakaş, F., (2017), Hidroelektrik Enerji Nedir?, <https://www.enerjiportali.com/hidroelektrik-enerjisi-hes-nedir-nasil-elektrik-uretir/>, 3 Eylül 2018.
- [18] Atar, E., (2017), Türbin ve Türbin Çeşitleri, <https://kcymuhendislik.wordpress.com/2017/01/21/turbin-ve-turbin-cesitleri/>, 15 Ocak 2019.
- [19] Tekno Tasarım, Hidroelektrik Enerji ve Türbinler, https://www.erbakan.edu.tr/storage/files/department/elektrikelektronikmuhendisligi/Editor/DERS/YElkEnrUrt/Hidroelektrik_Enerji_T%C3%BCrbinleri.pdf, 15 Ocak 2019.
- [20] Oral, F., Behçet, R., ve Aykut, K., (2017). “Hidroelektrik Santral Rezervuar Verilerinin Enerji Üretimi Amaçlı Değerlendirilmesi”. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 29-38.
- [21] Çelebi, R., Demir, E., Hidroelektrik Santral, <https://www.slideserve.com/zwi/hes-hidroelektrik-santral>, 25 Ocak 2019.
- [22] Enerji Enstitüsü, Türkiye’nin İlk Pompaj Depolamalı HES’i Gökçekaya Barajında Kurulacak, <https://enerjiinstitutusu.org/2015/03/11/turkiyenin-ilk-depolamali-hidroelektrik-santrali-eskisehir-gokcekaya-barajina-kurulacak/>, 25 Ocak 2019.
- [23] ecotricity.com, The End of Fossil Fuels, <https://www.ecotricity.co.uk/our-green-energy/energy-independence/the-end-of-fossil-fuels>, 16 Kasım 2018.
- [24] Houghton, J. (2009). “Global Warming, Climate Change and Sustainability”, The John Ray Initiative Briefing Paper, 14, 7.
- [25] International Energy Agency, Renewables 2018, <https://www.iea.org/renewables2018/>, 2 Ocak 2019.

- [26] British Petrol, BP Statistical Review of World Energy, <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>, 9 Kasım 2018.
- [27] Kürkçü, Oğuz., Üç Boğaz Barajı, <https://www.ekopangea.com/2017/09/14/uc-bogaz-baraji/>, 24 Ocak 2019
- [28] statista.com, Worldwide Hydropower Generation in 2017, by Major Country <https://www.statista.com/statistics/474799/global-hydropower-generation-by-major-country/>, 5 Ocak 2019.
- [29] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Türkiye'deki Büyük Su Havzaları, http://www.cem.gov.tr/erozyon/anasayfa/havzaplanlama/genelbilgiler/12-10-17/T%C3%BCrkiye_deki_B%C3%BCy%C3%BCk_Su_Havzalar%C4%B1.aspx?sflang=tr, 15 Şubat 2019.
- [30] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Genel Müdürlüğü Resmi İstatistikler, <http://www.dsi.gov.tr/dsi-resmi-istatistikler>, 22 Şubat 2019.
- [31] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2017 Yılı Yağış Değerlendirmesi, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2017alansal.pdf>, 22 Şubat 2019.
- [32] Yıldız, D., (2016), Suyla Gelen Enerji : Hidroelektrikte son durum, <https://docplayer.biz.tr/24570672-Suyla-gelen-enerji-hidroelektrikte-son-durum.html>, 2 Mart 2019.
- [33] World Energy Council, World Energy Resources Hydropower | 2016, https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/03/WEResources_Hydropower_2016.pdf, 17 Ocak 2019.
- [34] Tutus, A., (2006). “Türkiye’de Elektrik Enerjisinin Tarihsel Gelişimi ve Yeni Piyasa Düzeni İçerisinde Hidroelektrik Enerjinin Yeri”, TMMOB Su Politikaları Kongresi (21-23 Mart 2006, Ankara) Bildiriler Kitabı, 1, 318-320.
- [35] Esen, C., (2018), Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali, <https://www.enerjiportali.com/ataturk-baraji-ve-hidroelektrik-santrali/>, 7 Ocak 2019.
- [36] Gözen, M., (2015), Yenilenebilir Enerji: Destekleme Mekanizması ve Uygulamalar, https://www.tureb.com.tr/files/turek/2015/sunumlar/mustafa_g_zen.pdf, 7 Ocak 2019.
- [37] Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Kuruluş-Tarihçe, <https://www.teias.gov.tr/tr/hakkimizda/tarihce>, 12 Mart 2019.
- [38] medium.com, TEDAŞ, TEİAŞ, TETAŞ, EPIAŞ ve EÜAŞ Nedir, Ne Değildir?, <https://medium.com/@enerji/teda%C5%9F-tei%C5%9F-teta%C5%9F-epi%C5%9F-ve-e%C3%BCa%C5%9F-nedir-ne-de%C4%9Fildir-1-3b40229767f9>, 12 Mart 2019.
- [39] Elektrik Üretim A.Ş., Hakkımızda, <http://www.euas.gov.tr/Sayfalar/Hakk%C4%B1m%C4%B1zda.aspx>, 12 Mart 2019.

- [40] Enerji Piyaları Düzenleme Kurumu, Tarihçe, <http://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/1-1051/kurumsaltarihce>, 12 Mart 2019.
- [41] Enerji Atlası, Hidroelektrik Santralleri, <https://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/>, 24 Mart 2019.
- [42] Enerji Nurol İnşaat ve Ticaret A.Ş. ,İlisu Barajı ve Hidroelektrik Santralı Projesi, <http://www.nurolinsaat.com.tr/portfolio/ilisu-baraji-ve-hidroelektrik-santrali-projesi>, 24 Mart 2019.
- [43] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, YEKDEM, <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/21-51/yekdem>, 5 Ocak 2019.
- [44] Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2017 Yılı İstatistikleri, <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>, 16 Ocak 2019.
- [45] International Energy Agency, Electricity Generation from Renewables by Source, <https://www.iea.org/statistics/?country=TURKEY&year=2016&category=Electricity&indicator=RenewGenBySource&mode=chart&dataTable=RENEWABLES>, 2 Ocak 2019.
- [46] Yıldız, D., Su Yönetimi'nde Yeniden Yapılanma Sorunları, http://www.topraksuenerji.com/RESTRUCTURING_WATER_MANAGEMENT_REPORT.pdf, 10 Nisan 2019.
- [47] Tatlıdil, H., (1992). Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz, Akademi Matbaası, Ankara.
- [48] Özdamar, K., (2004). Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler), Yenilenmiş 5.Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir.
- [49] Alpar, R., (2011). Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler, Detay Yayıncılık, Ankara.
- [50] Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). Multivariate data analysis, Uppersaddle River.
- [51] saedsayad.com, Hierarchical Clustering, https://www.saedsayad.com/clustering_hierarchical.htm, 7 Nisan 2019.
- [52] Güneş, M.Ş., (2017). Alternatif Küme Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi ve Bir Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [53] Özdemir S., Veri Madenciliği. Bölüm 1. Giriş, <https://docplayer.biz.tr/48409257-Veri-madenciligi-bolum-1-giris-doc-dr-suatozdemir-w3-gazi-edu-tr-suatozdemir.html>, 1 Nisan 2019.
- [54] Everitt, B., (1974). Cluster Analysis. Heinemann, London.
- [55] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2015-2016 Su Yılı Alansal Yağış Değerlendirmesi, <http://212.174.109.9/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2015-2016alansal.pdf>, 9 Şubat 2019

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Metehan SÖNMEZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 01.01.1993, İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : metehan.sonmez.03@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	İstatistik	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	2016
Lise	Fen Bilimleri	Nişantaşı Nuri Akın Anadolu Lisesi	2011

YAYINLARI

Bildiri

1. Sönmez M., Yıldız D., Güneş M. Ş., (2018). “Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Verimliliğinin İncelenmesi”, XIth International Statistics Days Conference, 03-07 October 2018, Muğla.

