

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ANTALYA HAVZASI KURUYAN AKARSULARINDA GÜÇ SÜREKLİLİK  
ÇİZGİSİ MODELİ

**Turan ALAKBAR**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEMMUZ 2023**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



ANTALYA HAVZASI KURUYAN AKARSULARINDA GÜÇ SÜREKLİLİK  
ÇİZGİSİ MODELİ

**Turan ALAKBAR**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEMMUZ 2023**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA HAVZASI KURUYAN AKARSULARINDA GÜÇ SÜREKLİLİK  
ÇİZGİSİ MODELİ

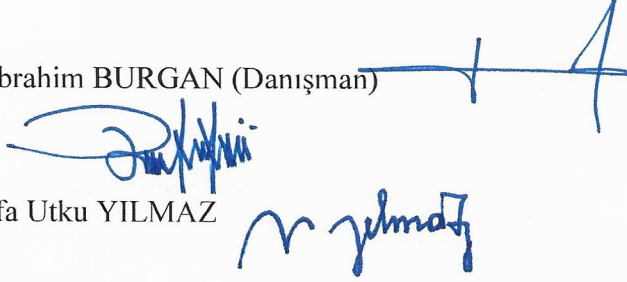
Turan ALAKBAR  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 10/07/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim BURGAN (Danışman)

Doç. Dr. Rıfat TÜR

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Utku YILMAZ



## ÖZET

### ANTALYA HAVZASI KURUYAN AKARSULARINDA GÜÇ SÜREKLİLİK ÇİZGİSİ MODELİ

**Turan ALAKBAR**

**Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim BURGAN**

**Temmuz 2023; 51 sayfa**

Hidroelektrik, su ile beslenen ve gelecekteki nüfus artışından kaynaklanan enerji ihtiyacı senaryolarında bile sürdürülebilir olan temiz ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik enerji çalışmalarının geliştirilmesi sadece enerji krizine etkili bir yanıt değil, aynı zamanda birçok ülkede iklim değişikliğiyle başa çıkmanın da olumlu bir yoludur. Ayrıca çevre dostu enerji kaynakları olarak diğer alternatif enerji kaynaklarına göre daha yüksek bir enerji yoğunluğuna sahiptirler.

Hidroelektrik enerji potansiyeli belirleme çalışmalarının amacına göre çalışma bölgesi hakkında fiziksel verilerin yanında olabildiğince uzun süreli ölçüm verilerinin de (akım, sıcaklık, buharlaşma vb.) bilinmesi gerekmektedir. Verisi eksik olan bölgedeki hidroelektrik enerji potansiyelini belirlemek için bilim insanları çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. Bu yöntemlerden biri de güç süreklilik çizgisi yöntemidir. Bu yöntem hidroelektrik enerji potansiyeli belirleme probleminin çözümünde kullanım alanına sahiptir.

Bu çalışmada, Antalya havzasındaki kuruyan akarsuların güç süreklilik çizgisi modeli ile hidroelektrik enerji potansiyellerinin belirlenmesi incelenmiştir. Akımlar, nehirler üzerinde ilgili kurumlarca kurulan akım gözlem istasyonları ile belirlenmiştir. Türkiye'de akım ölçümleri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından yapılmaktadır. Bölgenin karakteristiklerini ifade eden havza alanı (A) ve kot (H) bağımsız değişkenleri akım gözlem istasyonlarından elde edilmiştir. Yağış (R) değerleri ise CHRS RainSphere verilerinden elde edilmiştir. Kalibrasyon istasyonlarının akım ve kot verileri kullanılarak debi ve güç süreklilik çizgileri oluşturulmuştur. Daha sonra en uygun bölgesel modelin oluşturulması için kuadratik ve lineer regresyon analizleri ile 6 adet model değerlendirilmiştir. Bölgesel modeldeki regresyon katsayıları havza karakteristiklerinden belirlenmiştir. Elde edilen bölgesel güç süreklilik çizgileri ve yıllık toplam güç (MW) değerleri  $R^2$ , NSE, MAE, RMSE, MSE, VE, BiasPHV, SPDC ve BiasPLV gibi değerlendirme ölçütleri ile kontrol edilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Bölgesel model, Güç süreklilik çizgisi, Hidroelektrik enerji, Kuruyan akarsu

**JÜRİ:** Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim BURGAN

Doç. Dr. Rifat TÜR

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Utku YILMAZ

## **ABSTRACT**

### **POWER DURATION CURVE MODEL FOR INTERMITTENT RIVERS IN ANTALYA BASIN**

**Turan ALAKBAR**

**MSc Thesis in Civil Engineering Department**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Halil İbrahim BURGAN**

**July 2023; 51 pages**

Hydropower is a clean and environmentally friendly energy source that is powered by water and is sustainable even in scenarios of energy demand driven by future population growth. The development of hydropower is not only an effective response to the energy crisis, but also a positive way to tackle climate change in many countries. Moreover, as environmentally friendly energy sources, they have a higher energy intensity than other alternative energy sources.

According to the purpose of hydroelectric energy potential determination studies, in addition to physical data about the study area, long-term measurement data (discharge, temperature, evapotranspiration, etc.) should be known as much as possible. Various methods to determine the hydroelectric energy potential in the region with missing data have been developed in the previous studies. One of these methods is the power duration curve method. This method has a field of use in solving the problem of determining hydroelectric energy potential.

In this study, the determination of the hydroelectric energy potential of the intermittent rivers in the Antalya basin with the power duration curve model was investigated. The discharges were determined by current observation stations established by the relevant institutions on the rivers. In Turkey, discharge measurements are carried out by the General Directorate of State Hydraulic Works (DSİ). The independent variables of catchment area (A) and basin relief (H), which express the characteristics of the region, were obtained from the discharge observation stations. Precipitation (R) values were obtained from CHRS RainSphere data. Flow and power duration curves were constructed using the discharge and basin relief data of the calibration stations. Then, six models from the results of quadratic and linear regression analyses were used to find the best regional model. The regression coefficients in the regional model were determined from the basin characteristics. The obtained regional power duration curves and annual total power (MW) values were checked with performance criteria such as  $R^2$ , NSE, MAE, RMSE, MSE, VE, BiasPHV, SPDC and BiasPLV.

**KEYWORDS:** Hydroelectric energy, Intermittent river, Power duration curve, Regional model

**COMMITTEE:** Asst. Prof. Dr. Halil İbrahim BURGAN

Assoc. Prof. Dr. Rıfat TÜR

Asst. Prof. Dr. Mustafa Utku YILMAZ

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Antalya Havzası Kuruyan Akarsularında Güç Süreklilik Çizgisi Modeli” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

03/07/2023

Turan ALAKBAR



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ.....	iv
AKADEMİK BEYAN .....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Çalışmanın Amacı .....	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı.....	1
1.3. Konunun Önemi .....	1
1.4. Özgün Değer .....	2
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Debi Süreklilik Çizgisi.....	3
2.1.1. Kuruyan akarsularda debi süreklilik çizgisi çalışmaları.....	3
2.2. Güç Süreklilik Çizgisi.....	4
2.2.1. Küçük havzalarda güç süreklilik çizgisi çalışmaları .....	5
2.2.2. İklim değişikliği altında güç süreklilik çizgisi çalışmaları.....	5
2.3. Akarsularda Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ile ilgili Çalışmalar .....	6
2.4. Bölgesel Model Çalışmaları.....	6
2.4.1. Küçük havzalarda bölgesel model çalışmaları .....	6
2.4.2. Akım ölçümü olmayan havzalarda bölgesel model çalışmaları .....	7
3. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ .....	9
3.1. Çalışma Alanı.....	9
3.1.1. Meteorolojik özellik .....	9
3.1.2. Jeolojik özellik .....	9
3.1.3. Hidrolojik özellik .....	10
3.2. Veri .....	11
3.2.1. Akım.....	11
3.2.2. Havza alanı ve kot.....	13
3.2.3. Yağış.....	14



4. YÖNTEM.....	20
4.1. Değerlendirme Ölçütleri .....	22
4.1.1. Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı .....	22
4.1.2. Ortalama mutlak hata .....	23
4.1.3. Ortalama karesel hatanın karekökü.....	23
4.1.4. Ortalama karesel hata .....	23
4.1.5. Hacimsel hata.....	24
4.1.6. Güç süreklilik çizgisi yüksek kısmının hatası .....	24
4.1.7. Güç süreklilik çizgisi orta eğiminin hatası .....	24
4.1.8. Güç süreklilik çizgisi düşük kısmının hatası .....	24
5. UYGULAMA .....	26
5.1. Denklem Modelinin Belirlenmesi .....	26
5.2. Kuzey Bölgesi .....	28
5.2.1. Kuruma noktası tahmini .....	28
5.2.2. Akım tahmini .....	29
5.3. Güneybatı Bölgesi .....	30
5.3.1. Kuruma noktası tahmini .....	30
5.3.2. Akım tahmini .....	32
5.4. Güneydoğu Bölgesi .....	33
5.4.1. Kuruma noktası tahmini .....	33
5.4.2. Akım tahmini .....	35
6. BULGULAR .....	37
7. TARTIŞMA.....	44
8. SONUÇLAR.....	47
9. KAYNAKLAR.....	48
10. EKLER .....	51
ÖZGEÇMİŞ	

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Antalya Havzası Kuruyan Akarsularında Güç Süreklilik Çizgisi Modeli” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

03/07/2023

Turan ALAKBAR

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

A	: Havza alanı
H	: Kot
R	: Yağış
$R^2$	: Determinasyon katsayısı
Q	: Gözlem süresi boyunca hesaplanan günlük akım ( $m^3/s$ )
$Q_d$	: Gözlem süresi boyunca hesaplanan ortalama akım ( $m^3/s$ )
N	: Gözlem süresi (yıl)
$\bar{P}$	: Gözlem süresi boyunca hesaplanan ortalama güç (MW)
$P_i$	: $i$ inci sıradaki gözlenen güç (MW)
$\tilde{P}_i$	: $i$ inci sıradaki tahmin edilen güç (MW)

### Kısaltmalar

DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
CHRS	: Center for Hydrometeorology and Remote Sensing
RMSE	: Ortalama karesel hatanın karekökü
VE	: Hacimsel hata
NSE	: Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı
MAE	: Ortalama mutlak hata
MSE	: Ortalama karesel hata
BiasPHV	: Güç süreklilik çizgisi yüksek kısmının hatası
BiasPLV	: Güç süreklilik çizgisi düşük kısmının hatası
SPDC	: Güç süreklilik çizgisi orta eğiminin hatası

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 2.1.</b> Akım gözlem istasyonunda gözlem süresi boyunca elde edilen günlük debi süreklilik çizgisi.....	3
<b>Şekil 2.2.</b> Akım gözlem istasyonunda gözlem süresi boyunca elde edilen günlük güç süreklilik çizgisi.....	5
<b>Şekil 3.1.</b> Antalya Havza sınırı ve önemli su yapıları (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2016) .....	11
<b>Şekil 3.2.</b> Akım gözlem istasyonlarının konumu .....	13
<b>Şekil 3.3.</b> D09A031 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	14
<b>Şekil 3.4.</b> D09A057 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	15
<b>Şekil 3.5.</b> D09A060 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	15
<b>Şekil 3.6.</b> D09A075 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	16
<b>Şekil 3.7.</b> D09A086 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	16
<b>Şekil 3.8.</b> D09A104 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	17
<b>Şekil 3.9.</b> D09A106 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	17
<b>Şekil 3.10.</b> D09A111 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	18
<b>Şekil 3.11.</b> D09A114 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	18
<b>Şekil 3.12.</b> D09A116 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	19
<b>Şekil 3.13.</b> D09A125 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi .....	19
<b>Şekil 4.1.</b> Çalışmada kullanılan yöntemin uygulama adımları .....	20
<b>Şekil 6.1.</b> D09A060 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Kuzey bölgesi – Kalibrasyon).....	38
<b>Şekil 6.2.</b> D09A086 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Kuzey bölgesi – Kalibrasyon).....	38
<b>Şekil 6.3.</b> D09A057 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Kuzey bölgesi – Kalibrasyon).....	39
<b>Şekil 6.4.</b> D09A075 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Kuzey bölgesi – Validasyon) .....	39
<b>Şekil 6.5.</b> D09A125 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneybatı bölgesi – Kalibrasyon).....	40

<b>Şekil 6.6.</b> D09A111 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneybatı bölgesi – Kalibrasyon) .....	40
<b>Şekil 6.7.</b> D09A031 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneybatı bölgesi – Kalibrasyon) .....	41
<b>Şekil 6.8.</b> D09A106 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneybatı bölgesi – Validasyon) .....	41
<b>Şekil 6.9.</b> D09A104 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneydoğu bölgesi – Kalibrasyon) .....	42
<b>Şekil 6.10.</b> D09A116 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneydoğu bölgesi – Kalibrasyon) .....	42
<b>Şekil 6.11.</b> D09A114 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneydoğu bölgesi – Validasyon) .....	43

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1.</b> Değerlenmiş yıllar tablosu .....	12
<b>Çizelge 3.2.</b> Akım gözlem istasyonlarının koordinatları .....	12
<b>Çizelge 3.3.</b> Sıfır olan akımlar ile sıfırdan büyük olan akımların yüzdeleri.....	13
<b>Çizelge 3.4.</b> İstasyonların havza alanı ve kot değerleri .....	14
<b>Çizelge 5.1.</b> Model (1-6) denklemleri.....	27
<b>Çizelge 5.2.</b> İstasyonların $R^2$ değerleri (Model 1-6).....	27
<b>Çizelge 5.3.</b> İstasyonların kuruma noktasının rölatif hatası (Kalibrasyon) .....	27
<b>Çizelge 5.4.</b> Model (2) katsayılarının havza parametreleri ile olan korelasyon ilişkisi.	28
<b>Çizelge 5.5.</b> İstasyonların model (2) katsayıları.....	29
<b>Çizelge 5.6.</b> İstasyonların kuruma noktası tahmini (%) .....	29
<b>Çizelge 5.7.</b> İstasyonların kuruma noktasının rölatif hatası.....	29
<b>Çizelge 5.8.</b> Akım tahmin denklemlerini değerlendirme ölçütleri .....	30
<b>Çizelge 5.9.</b> İstasyonların model (6) katsayıları.....	30
<b>Çizelge 5.10.</b> Model (2) katsayılarının havza parametreleri ile olan korelasyon ilişkisi .....	31
<b>Çizelge 5.11.</b> İstasyonların model (2) katsayıları.....	31
<b>Çizelge 5.12.</b> İstasyonların kuruma noktası tahmini (%).....	32
<b>Çizelge 5.13.</b> İstasyonların kuruma noktasının rölatif hatası.....	32
<b>Çizelge 5.14.</b> Akım tahmin denklemlerini değerlendirme ölçütleri .....	32
<b>Çizelge 5.15.</b> İstasyonların model (6) katsayıları.....	33
<b>Çizelge 5.16.</b> Model (2) katsayılarının havza parametreleri ile olan korelasyon ilişkisi .....	33
<b>Çizelge 5.17.</b> İstasyonların model (2) katsayıları.....	34
<b>Çizelge 5.18.</b> İstasyonların kuruma noktası tahmini (%).....	34
<b>Çizelge 5.19.</b> İstasyonların kuruma noktasının rölatif hatası.....	34
<b>Çizelge 5.20.</b> Akım tahmin denklemlerini değerlendirme ölçütleri .....	35

<b>Çizelge 5.21.</b> İstasyonların model (5) katsayıları.....	36
<b>Çizelge 5.22.</b> İstasyonların model (6) katsayıları.....	36
<b>Çizelge 6.1.</b> İstasyonların yıllık toplam güç (MW) değerleri .....	43
<b>Çizelge 7.1.</b> İstasyonların güç süreklilik çizgisi değerlendirme ölçütleri.....	45

## 1. GİRİŞ

Enerji üretiminde ve çevresel faaliyetlerde su çok önemli bir kaynaktır. Temel insan ihtiyaçları ve üretim süreçleri için tüm medeniyetler enerji hizmetlerine ihtiyaç duymaktadır. Sera gazı emisyonlarının önemli ölçüde azaltılmasına yardımcı olan çevre dostu ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan hidroelektrik, küresel ısınmanın su kaynağı ve dolayısıyla hidroelektrik yönetimi üzerinde bir etkisi olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, Antalya havzasında bulunan kuruyan akarsuların güç süreklilik çizgisi yöntemi ile hidroelektrik enerji potansiyellerini belirlemek amacıyla bir bölgesel model önerilmektedir. Geliştirilen modelin hidroelektrik enerji ve kuraklık çalışmalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

### 1.1. Çalışmanın Amacı

Birçok ülkede henüz keşfedilmemiş geniş bir hidroelektrik enerji potansiyeli bulunmaktadır ve özellikle son yıllarda küresel çapta nüfusta meydana gelen artış gelişmekte olan ülkelerdeki elektrik ihtiyacını hızla arttırmaktadır. Bu nedenle enerjiye olan ihtiyaç bizi kaynağı sınırlı olan temiz enerji kaynaklarına yöneltmektedir. Hidroelektrik enerji gelecekte oluşabilecek küresel enerji sıkıntısını çözmek için en uygun çözüm yollarından biri olabilir.

Literatürde hidroelektrik enerji ve kuruyan akarsularda debi süreklilik çizgisi çalışmaları bulunmasına rağmen kuruyan akarsularda güç süreklilik çizgisi ile hidroelektrik enerji potansiyellerinin belirlenmesi çalışması bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmada Antalya havzasında bulunan kuruyan akarsuların güç süreklilik çizgisi modeli ile hidroelektrik enerji potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### 1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmanın amacını teşkil eden kuruyan akarsuların güç süreklilik çizgisi modeli ile hidroelektrik enerji potansiyellerinin belirlenmesi çalışması Antalya havzası için uygulanmıştır. Antalya havzası için bölgesel modelin oluşturulmasında akım gözlem istasyonlardan elde edilen havza alanı ve kot bilgileri ile CHRS RainSphere verilerinden elde edilen yağış değerleri kullanılmıştır. Daha sonra regresyon analizleri yardımıyla Antalya havzasında bulunan istasyonlardan elde edilen veriler bölgesel modeller üzerinde test edilmiştir ve istasyonlar için en iyi uyumu sağlayan model Antalya havzası için seçilmiştir. Bu seçilen modelde Antalya havzasının akım, kot, yağış ve havza alanı değerleri kullanıldığı için bu havzaya özgü bir bölgesel model olduğu düşünülmektedir.

### 1.3. Konunun Önemi

Günümüzde kuraklık ve taşkın afetleriyle beraber enerji üretiminde temiz enerji kaynaklarından olan hidroelektrik enerji üretimi ön plana çıkmıştır. Bu amaçla inşa edilecek su yapıları; enerji üretimi, tarımsal sulama, içme suyu ihtiyacı ve taşkın koruma gibi birçok amaca hizmet etmektedir. Bunun yanı sıra özellikle son yıllarda fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan karbon emisyonları ve nükleer santrallerden kaynaklanan radyoaktif tehlikelerle ilgili çevresel kaygılar nedeniyle hidroelektrik enerji üretimi önem kazanmaktadır.



Yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının belirlenmesi ve bu kaynakların en uygun biçimde kullanılabilmesi için öncelikle uygulama bölgesinde kullanılacak kaynak miktarının öngörülmesi gerekmektedir. Bu açıdan da hidroelektrik enerji hem dünyada hem de ülkemizde önemli bir enerji potansiyeli olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmanın konusunu teşkil eden hidroelektrik enerjiden, doğrudan suyun kinetik enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülerek veya suyun potansiyel enerjisi önce kinetik enerjiye daha sonra elektrik enerjisine dönüştürülerek yararlanılabilmektedir.

Enerjiye olan ihtiyaç bizi kaynağı sınırlı olan temiz enerji kaynaklarına yöneltmektedir. Bu amaçla da temiz enerji kaynaklarından olan akarsulardaki hidroelektrik enerji potansiyelinin bilinmesi önemlidir. Bu nedenle literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Hidrolojik bir havzadaki akarsuyun herhangi bir yıl boyunca veya uzun bir gözlem süresi boyunca akım karakteristiklerini belirlemek ve ardından bu akarsuyun hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi istenmektedir. Bu amaçla güç süreklilik çizgileri kullanılmaktadır. Fakat kuruyan ya da kuruma eğilimi olan bir akarsuda akım özellikleri yıldan yıla hatta mevsimsel olarak değiştiğinden akarsuyun güç süreklilik çizgisini tahmin etmek zorlaşmaktadır. Bu nedenle akım ölçümü olmayan kuruyan akarsu havzaları için hidroelektrik güç potansiyelinin belirlenmesinde güç süreklilik çizgilerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

#### 1.4. Özgün Değer

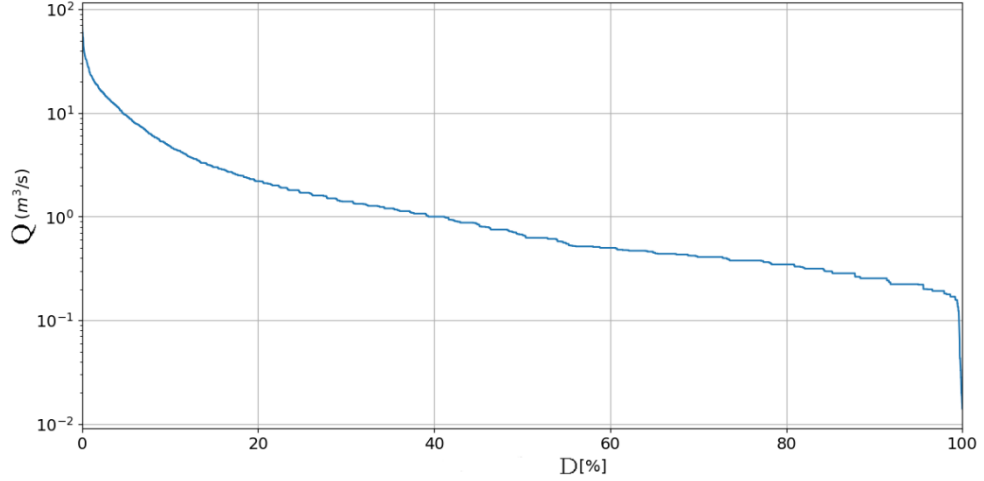
Kuruma eğilimi gösteren akarsularda debi tahmini yapmak ya da debi süreklilik çizgisi oluşturmak oldukça zordur. Bundan dolayı kuruyan bir akarsuyun hidroelektrik enerji potansiyelini belirlemek zordur. Havzada yeterli uzunlukta ve kesintisiz gözlem elde etmek de her zaman mümkün değildir. Akarsudaki yan kollar da düşünüldüğünde gözlemlerin daha da kısa olabileceği bilinmektedir. Literatürde kuruyan akarsularda debi süreklilik çizgisi ile ilgili az sayıda çalışmaya rastlanmıştır olup ve kuruyan akarsularda güç süreklilik çizgisi ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Yapılan çalışmalarda kuruyan (sıfır akımlara sahip) akarsulardaki güç süreklilik çizgisi dikkate alınmamıştır. Bu çalışmada önerilen model ile hidroelektrik santraller gibi kapsamlı proje çalışmalarında güç süreklilik çizgisi uygulanabilecektir. Burada geliştirilen modelin kullandığı verinin temin edilebilirliği bakımından pratik olduğu düşünülmektedir. Bu sayede herhangi bir bölge veya akarsu havzasında uygulanması mümkündür. Bu çalışmada Antalya havzasındaki kuruyan akarsularda hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi için yöntem geliştirilmiştir. Bu, çalışmanın özgün değerini ortaya koymaktadır.

## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Debi Süreklilik Çizgisi

Bir debi süreklilik çizgisi bir istasyondaki günlük, haftalık, aylık ve yıllık (ya da bir başka zaman aralığı) akımların miktarı ve frekansı arasındaki ilişkidir ve belli bir zaman aralığı boyunca verilmiş bir akım değerinin eşit olduğu ya da aşıldığı zaman yüzdesini göstermektedir (Şekil 2.1). Bir başka deyişle, eldeki bir debi süreklilik çizgisinden faydalanarak debinin belli bir değere eşit ya da ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanıp düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınırsa elde edilen çizgiye debi süreklilik çizgisi adı verilir. Süreklilik çizgisini elde ederken mümkün olduğu kadar uzun bir süreye ait debi süreklilik çizgisini kullanmak uygun olur. Bu çizgiden zamanın belli bir yüzdesinde aşılma debi derhal okunabilir. Zaman biriminin seçimi çizginin kullanım amacına bağlıdır. Süreklilik çizgilerinin birbirleriyle karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için bazen düşey ekseninde gerçek debilerin yerine debilerin ortalama debiye oranı gösterilir, böylece debiler boyutsuz hale getirilir. Bir akarsuda belli bir süre içinde elde edilmiş olan süreklilik çizgisini daha uzun bir süreye uzatmak için yakınındaki bir akarsuyun boyutsuz debileri için çizilen süreklilik çizgisinden faydalanılabilir. Debi süreklilik çizgisi akarsuda belli bir zaman yüzdesinde mevcut olan debinin bilinmesi gereken hallerde kullanılır. Örneğin bir hidroelektrik tesisinde güvenilir gücü hesaplarırken yılın %50 sinde var olan debi esas alınabilir (Ayaz 2009).  $Q$  ( $m^3/s$ ) akım değerini,  $D$  [%] ise aşılma yüzdesini ifade etmektedir (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1.** Akım gözlem istasyonunda gözlem süresi boyunca elde edilen günlük debi süreklilik çizgisi

#### 2.1.1. Kuruyan akarsularda debi süreklilik çizgisi çalışmaları

İtalyanın güneydoğusunda bulunan Calabria bölgesi için yapılan bir çalışmada kuruyan akarsuların davranışlarını açıklamak ve debi süreklilik çizgileri oluşturmak amacıyla beş parametrik ve iki istatistiksel modelin performans analizleri incelenmiştir (Mendicino ve Senatore 2013). Bir başka çalışmada ise kuruyan akarsuların yıllık debi

süreklilik çizgilerini ve standart sapmalarını hesaplamak için stokastik indeks yöntemi önerilmiştir (Rianna vd. 2013).

Brezilya’da yapılan bir çalışmada kuruyan akarsularda Burr XII olasılık dağılımı kullanılarak bölgesel debi süreklilik çizgileri elde edilmiştir (Costa vd. 2014). Bir başka çalışmada ise debi süreklilik çizgilerinin sıfır akımlarında modellenmesi için alternatif bir yaklaşım önerilmiştir. Düşük ve sıfır akımlar göz önünde bulundurularak Brezilya’nın on üç AGİ’de uygulama yapılan çalışmada debi süreklilik çizgilerini elde etmek için havza karakteristikleri ile evrimsel polinom regresyonu kullanılmıştır (Costa vd. 2020).

Etiyopya nehirlerinin akım değişkenliğinin anlaşılması için yapılan bir çalışmada akım rejimlerini sınıflandırmak için Ward yöntemi kullanılmıştır. 208 ölçüm istasyonundan gözlemlenen günlük akım verileri kullanılarak kuruyan akarsular ve diğer akım rejimleri için debi süreklilik çizgileri elde edilmiştir. Kuantillerin tahmininde havza alanı ve en uzun akış yolunun doğrusal regresyon denklemi kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarının, Etiyopya'daki nehir havzalarının ekohidrolojik süreçlerinin daha iyi anlaşılmasının temelini oluşturduğu gözlemlenmiştir (Berhanu vd. 2015).

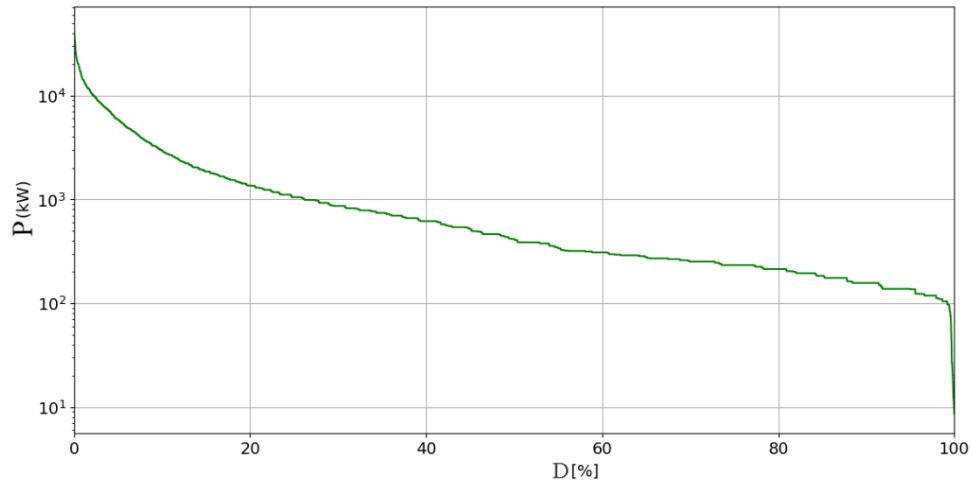
Kuruyan akarsular için Türkiye’de yapılan bir çalışmada günlük debi süreklilik çizgisi modeli geliştirilmiştir. Nehir havzasının uzun vadeli ortalama akarsu akışı, yıllık yağış ve nehir havzasının fiziksel özellikleri ile regresyon modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Model, Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerindeki üç nehir havzasının yüzbinlerce istasyon akarsu akışı verisi üzerinde uygulanmıştır (Burgan ve Aksoy 2022).

## 2.2. Güç Süreklilik Çizgisi

Debi süreklilik çizgisi belirlendikten sonra, bu çizgi üzerinde zamanın belli bir yüzdesine karşı gelen debi seçilir. Bu debi kullanılarak santralin hidrolik kapasitesi (türbinlerden geçecek maksimum debi) belirlenir. Daha sonra bu hidrolik kapasiteye göre, önceden belirlenmiş (verilmiş) olan kot-akım diyagramları kullanılarak net kot belirlenir. Debi süreklilik çizgisinin üzerinde bulunan noktalara, aşağıdaki su gücü denklemi uygulanır ve böylece güç süreklilik çizgisi elde edilir (Şekil 2.2). Güç süreklilik çizgisinin altında kalan alan bölgenin hidroelektrik enerji potansiyelini verir (Ağırlioğlu vd. 2009).

$$P = \gamma Q H \eta_t \quad (2.1)$$

Denklemden P hidroelektrik güç (kW),  $\eta_t$  toplam verim, H kot (m), Q debi ( $m^3/s$ ),  $\gamma$  suyun özgül ağırlığını ( $kN/m^3$ ) ifade etmektedir. Hidroelektrik güç, suyun debisi ve kotu ile doğrusal orantılıdır. Su akımından elde edilebilecek hidroelektrik enerji potansiyelini değerlendirebilmek için, su debisinde yıl içinde meydana gelebilecek değişimlerin ve elde edilebilecek kotun bilinmesi gerekir. P (kW) güç değerini, D [%] ise aşılma yüzdesini ifade etmektedir (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2.** Akım gözlem istasyonunda gözlem süresi boyunca elde edilen günlük güç süreklilik çizgisi

### 2.2.1. Küçük havzalarda güç süreklilik çizgisi çalışmaları

Gana'da yapılan bir çalışmada yarı kurak ve veri eksikliği olan pra nehri havzası için küçük hidroelektrik enerji potansiyeli belirleme çalışması yapılmıştır. Pra nehrinin coğrafi ve havzaya özgü bilgileri, coğrafi ve uzaktan algılama teknikleri yardımıyla elde edilmiştir. Debiler hidrolojik modeller kullanılarak elde edilmiştir ve daha sonra debi ile güç süreklilik çizgileri oluşturulmuştur (Arthur vd. 2020).

Bir diğer çalışmada ise Gana'da bulunan Densu havzasının mevcut enerji arzını artırmak ve geliştirmek için potansiyel sahalara araştırılmıştır. Havza parametrelerini oluşturmak ve simüle etmek için uzaktan algılama ile Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) kullanılmıştır. Daha sonra ise uygun sahaların enerji potansiyeli, debi süreklilik çizgileri ve güç süreklilik çizgileri kullanılarak değerlendirilmiştir (Yankey vd. 2023).

Japonya'nın batısındaki Şikoku şehrinin merkezi dağ bölgesinde yer alan Seto Nehri havzasının 20 yıllık enerji potansiyelinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada 1991-2010 yılları arasındaki yağış-akış verileri kullanılarak saatlik hidrolojik model geliştirilmiştir. Hidrolojik sürecin analizi için saatlik yağış, sıcaklık ve Seto nehrinin debi değerleri kullanılmıştır. Güç süreklilik çizgisi oluşturularak çalışma sonucunda Seto havzasının enerji potansiyeli belirlenmiştir (Fujimura vd. 2014).

### 2.2.2. İklim değişikliği altında güç süreklilik çizgisi çalışmaları

Brezilya'da bulunan Tapajós havzasının iklim değişikliğinden kaynaklanan enerji üretiminin etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada çeşitli iklim model tahminleri bir girdi olarak kullanılarak MHD-INPE hidrolojik modeli uygulanmıştır. Hidroelektrik santralinde enerji üretimi tasarım ve yapısal sınırlamalarda göz önünde bulundurularak yıllık güç süreklilik çizgileri oluşturulmuştur (Mohor vd. 2015).

Bir diğ er ç alışmada ise iklim değişikliğinin Brezilya'nın gúneydoęusunda bulunan Grande havzası akım değerleri ve hidroelektrik enerji úretimi úzerindeki etkisi incelenmiştir. SWAT modeli ve gúç sýrekli lik ç izgileri yardımıyla Camargos, Itutinga ve Funil hidroelektrik santrallerinin varsayımsal yıllık hidroelektrik enerji úretimleri belirlenmiştir (de Oliveira vd. 2017).

### **2.3. Akarsularda Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ile ilgili Ç alışmalar**

Kore'de yapılan bir ç alışmada kúçük hidroelektrik enerji potansiyelinin tahmininde Kajiya formúlü, modifiye edilmiş TPM ve tank modeli gibi debi simúlasyon modelleri uygulanarak enerji úretim potansiyelini daha doğru tahmin etmek için bir metodoloji önerilmiş ve tahmin edilen debinin belirsizliğini en aza indirmek için harmanlama teknikleri de kullanılmıştır. Ç alışmada önerilen metodolojinin, akım ölçümü olmayan havzalardaki kúçük hidroelektrik enerji potansiyelinin tahmini için geçerli olması beklenmektedir (Jung vd. 2021).

Nikaragua'da yapılan bir ç alışmada akım ölçümü olmayan bir havzanın kúçük hidroelektrik enerji potansiyelini belirlemek için Crawford ve Thurin (1981) tarafından kullanılan parç aly ağış-akış yöntemi modifiye edilerek gúnlük zaman adımıyla bir debi sýrekli lik ç izgisi elde edilmiştir. Birkaç akım ölçümü yardımıyla yöntemin kalibrasyonu yapılarak tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir (Reichl ve Hack 2017).

Myitnge havzasında yapılan bir ç alışmada nehir tipi hidroelektrik enerji potansiyeli Coęrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Toprak ve Su Deęerlendirme Aracı (SWAT) modeli entegre edilerek tahmin edilmiştir. Potansiyel lokasyonlardaki debi sýrekli lik ç izgileri geliştirilmiş ve hidroelektrik için tasarım debisi belirlenmiştir. SWAT modeli ile yapılan simúlasyondan sonra 292 MW hidroelektrik úretim potansiyeline sahip yirmi potansiyel saha tespit edilmiştir (Thin vd. 2020).

Yunanistan'ın girit adasında yapılan bir ç alışmada nehir akış süreci ve rezervuar su hacmine Bayesian analizi uygulanmış ve tahmin edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu parametreleri, stokastik bir analiz ve nehir akış sürecinin uzun vadeli simúlasyonu için entegre edilmiş, daha sonra ise rezervuardaki su dengesi ve dolayısıyla hidroelektrik enerji potansiyelinin tahmini için girdi olarak kullanılmıştır (Spanoudaki vd. 2022).

Filipin'in Mindanao nehir havzasında yapılan bir ç alışmada havzayı tanımlamak ve nehir akışını simúle etmek için küresel yağış veri setleri ile Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) modeli kullanılmıştır. Gözlemlenen hava durumu verileri (sıcaklık, nem ve güneş radyasyonu) SWAT modelinde girdi olarak kullanılmıştır. Potansiyel hidroelektrik sahalar belirlenerek bu sahaların teorik hidroelektrik enerji potansiyelleri belirlenmiştir (Guiamel ve Lee 2020).

### **2.4. Bölgesel Model Ç alışmaları**

#### **2.4.1. Kúçük havzalarda bölgesel model ç alışmaları**

Filipinler'de yapılan bir ç alışmada 35 akım gözlem istasyonunun gúnlük akım ve havza alanı verileri kullanılarak bölgesel debi sýrekli lik ç izgilerini elde etmek için üstel ve gúç modelleri kullanılmıştır (Quimpo vd. 1983). Yunanistan'da yapılan bir ç alışmada

ise debi süreklilik çizgisi, havzanın morfo-klimatolojik özellikleri kullanılarak bölgeselleştirilmiştir. Ortalama yıllık alansal yağış, havza alanı, hipsometrik düşü ve nehir uzunluğu parametreleri elde edilerek regresyon analizlerinde kullanılmıştır. Üstel ve güç modelleri dahil toplamda 5 model kullanılmıştır. Yapılan incelemelerde en iyi modelin kübik model olduğu gözlemlenmiştir (Mimikou ve Kaemaki 1985).

#### 2.4.2. Akım ölçümü olmayan havzalarda bölgesel model çalışmaları

Hindistan'ın Himalaya bölgesinde yapılan bir çalışmada akım ölçümü olmayan havzalar için debi süreklilik çizgilerinin modellenmesi yapılmıştır. Boyutsuz akım verileri normal, lognormal ve üstel dönüşümlerle elde edilmiştir (Singh vd. 2001). Akım ölçümü olmayan akarsularda debi süreklilik çizgilerini elde etmek için yapılan bir diğer çalışmada ise, indeks modeli olarak adlandırılan yarı parametrik bir model uygulanmıştır (Li vd. 2010).

İran'da bulunan Namak havzasında yapılan bir çalışmada, akım ölçümü olmayan havzalarda debi süreklilik çizgilerini tahmin etmek için uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi, yapay sinir ağları ve doğrusal olmayan regresyon yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerin sonuçları değerlendirildiğinde %2, 30 ve 75 dışındaki aşılma yüzdelerinde uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi yönteminin daha başarılı sonuç verdiği gözlemlenmiştir (Bozchaloei ve Vafakhah 2015). İtalya'da yapılan bir çalışmada yıllık debi süreklilik çizgilerini elde etmek için log-lojistik ve genelleştirilmiş Pareto dağılımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımın akım ölçümü olmayan havzalarda bölgesel debi süreklilik çizgilerinin oluşturulmasına fayda sunmaktadır (Castellarin vd. 2004).

Tayvan'ın Cho-Shuei Creek havzasında yapılan bir çalışmada 15 akım gözlem istasyonunun akım verileri ve morfo-klimatolojik özellikleri kullanılarak, polinom yöntemi ve alan-indeks yöntemi ile bölgeselleştirilmiştir (Yu vd. 2002). İtalya'da yapılan çalışmada uzun süreli yıllık debi süreklilik çizgilerinin oluşturulması için indeks-akış modelinin ilk bölgesel ölçekli uygulaması yapılmıştır. Bölgesel model, İtalya'nın doğu-orta kesiminde yer alan oldukça geniş bir coğrafi bölge için geliştirilmiştir (Castellarin vd. 2007).

İtalya'da yapılan bir çalışmada Sicilya'da bulunan ve önemli ölçüde sıfır akımlara sahip 53 akım gözlem istasyonunun akım verileri, havza karakteristikleri ve bölgesel regresyon denklemleri kullanılarak debi süreklilik çizgileri elde edilmiştir (Viola vd. 2011). İtalya'da yapılan bir başka çalışmada ise bölgesel debi süreklilik çizgilerinin tahmininde üç boyutlu kriging enterpolasyon yöntemini kullanılmıştır. Enterpolasyon için üç boyutlu x-y-z uzayı tanımlanmıştır (Castellarin 2014).

İtalya'da bulunan yukarı Po havzasında yapılan bir çalışmada, havzanın morfolojik, jeolojik ve meteorolojik karakteristikleri kullanılarak bölgesel bir model kullanılmıştır. Lognormal dağılımın parametreleri havza karakteristiklerinden hesaplanarak debi süreklilik çizgileri oluşturulmuştur. Bölgesel model ise kademeli çoklu lineer regresyon yardımıyla elde edilmiştir (Boscarello vd. 2016).

Chenab nehrinde yapılan bir çalışmada, havzanın sayısal yükseklik modeli kullanılarak havza alanı, havza kotu ve havza kot farkı hesaplanmış ve bölgesel debi süreklilik çizgisi için üç farklı yöntem izlenmiştir. Yöntem 3 modelinde kullanılan

denklemler ile akımların ortalaması ve havza karakteristikleri yardımıyla aşılma yüzdelere karşı gelen boyutsuz debiler hesaplanmıştır. Kullanılan 3 yöntem arasında yöntem 3 modelinin diğer iki modele göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Arora vd. 2005).

Yeni Zelanda'nın auckland bölgesinde yapılan bir çalışmada gen ifade programlama ile debi süreklilik çizgisi bölgeselleştirmiştir. Öncelikle akımlar medyan değerine bölünerek normalleştirilmiştir. Daha sonra ise gen ifade programlama yöntemiyle havza karakteristikleri seçilmiştir (Hashmi ve Shamseldin 2014). Yunanistan'da yapılan bir çalışmada farklı nehirlerdeki mevcut yedi istasyonun her biri için bir debi süreklilik çizgisi oluşturulmuş ve daha sonra debi süreklilik çizgilerinin parametreleri, bölgesel modelin denklemlerinin türetilmesi için havzaların jeomorfolojik ve iklimsel özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Kullanılan farklı denklem modelleri arasında aylık debi süreklilik çizgilerinin oluşturulması için en uygun denklem modelinin kübik denklem modeli olduğu gözlemlenmiştir (Baltas 2012).

Akım ölçümü olmayan kol akarsularında yapılan bir çalışmada, debi süreklilik çizgilerini elde etmek için çok değişkenli uyarlamalı regresyon eğrileri (MARS) ve rastgele orman (RF) algoritması kullanılmıştır. Hibrit MARS-ARCH ve RF-ARCH modellerini geliştirmek için otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) yaklaşımı kullanılarak simüle edilmiştir. Metodolojiyi doğrulamak için Türkiye'deki Çoruh Nehri Havzasının veri seti kullanılmış,  $R^2 \geq 0.92$  olarak hesaplanan değer ve tahmin edilen debi süreklilik çizgisi rölatif hata sonuçları çalışmada önerilen yöntemin uygunluğunu göstermiştir (Vaheddoost vd. 2023).

### 3. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

#### 3.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma kapsamında kuruyan akarsuların güç süreklilik çizgisini oluşturabilmek amacıyla çalışma alanı olarak Antalya havzası seçilmiştir. Havzaya ait meteorolojik, jeolojik ve hidrolojik özellikler aşağıda sunulmaktadır.

##### 3.1.1. Meteorolojik özellik

Antalya Havzası'nda genelde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen Akdeniz iklimi hakimdir. Ancak yüksekliğe bağlı olarak iklim özelliklerinde farklılaşmalar meydana gelmektedir. Dağların denize bakan yamaçlarında ve arkalarındaki kapalı havzalarda karasal etkilerin arttığı bir iklim tipi ortaya çıkar. Havzanın sahildeki en sıcak ayın aylık sıcaklık ortalaması 28.2 °C (Antalya) iken iç kesimlerdeki sıcaklık yaklaşık 5 °C daha düşüktür. En soğuk kış ayı ortalaması sahilde 9.9 °C iken iç kesimlerde sıcaklık 0.5 °C'ye kadar düşer. Antalya Havzası'nın yağış dağılımı incelendiğinde en az yağışın batıya ve kuzeye, en çok yağışın ise doğuya ve güneye düştüğü görülmektedir. Güneyde 1000 mm civarında olan yıllık ortalama yağış en kuzeyde 600 mm'ye kadar düşmektedir. Havzanın doğusunda bulunan Toros Dağları ile batısında bulunan Beydağları'nın kuzeye doğru uzanmaları, hava kütlelerinin hareketlerini havzanın sahil kesimi üzerine çeker. Denizden gelen yağışlı bulutlar bu dağlar tarafından tutulduğu için havzanın iç kısımlarına doğru daha az yağış düşmektedir. Havzada buharlaşma özellikle yaz aylarında etkili olup Antalya, Alanya ve Manavgat'ta kış aylarında da etkilidir. Havzada ortalama yıllık toplam buharlaşma miktarı en düşük Sütçüler'de 1978-1992 arasında 1054.8 mm ve en yüksek Taşağıl'da 1965-1973 arasında 2089.1 mm ölçülmüş olup havzanın farklı istasyonlarda uzun yıllara ait yıllık ortalama toplam buharlaşma miktarı 1678.5 mm'dir. Alt-havzaların hidromorfolojik karakterleri nedeniyle sahil bölgeleri ile yukarı kısımlar arasında önemli sıcaklık farkları ile birlikte buharlaşma miktarlarında da önemli oranda farklılık bulunmaktadır (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2016).

##### 3.1.2. Jeolojik özellik

Havza kuzeyde Sultan Dağları, doğuda Alanya ilçesi ve Toros Dağları, batıda Beydağları ve Katrancık Dağları ile çevrili olup güneyde ise Antalya Körfezi ile sınırlanmaktadır. Doğusunda Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzası, batısında Burdur ve Batı Akdeniz Havzaları ile kuzeyinde Akarçay kapalı Havzası bulunmaktadır. Yaklaşık olarak uzunluğu 200 km, genişliği 170 km olan havzanın en dar yeri doğu-batı yönünde, Isparta ili Eğirdir ilçe sınırları içerisinde kalıp genişliği yaklaşık 30 km'dir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2016).

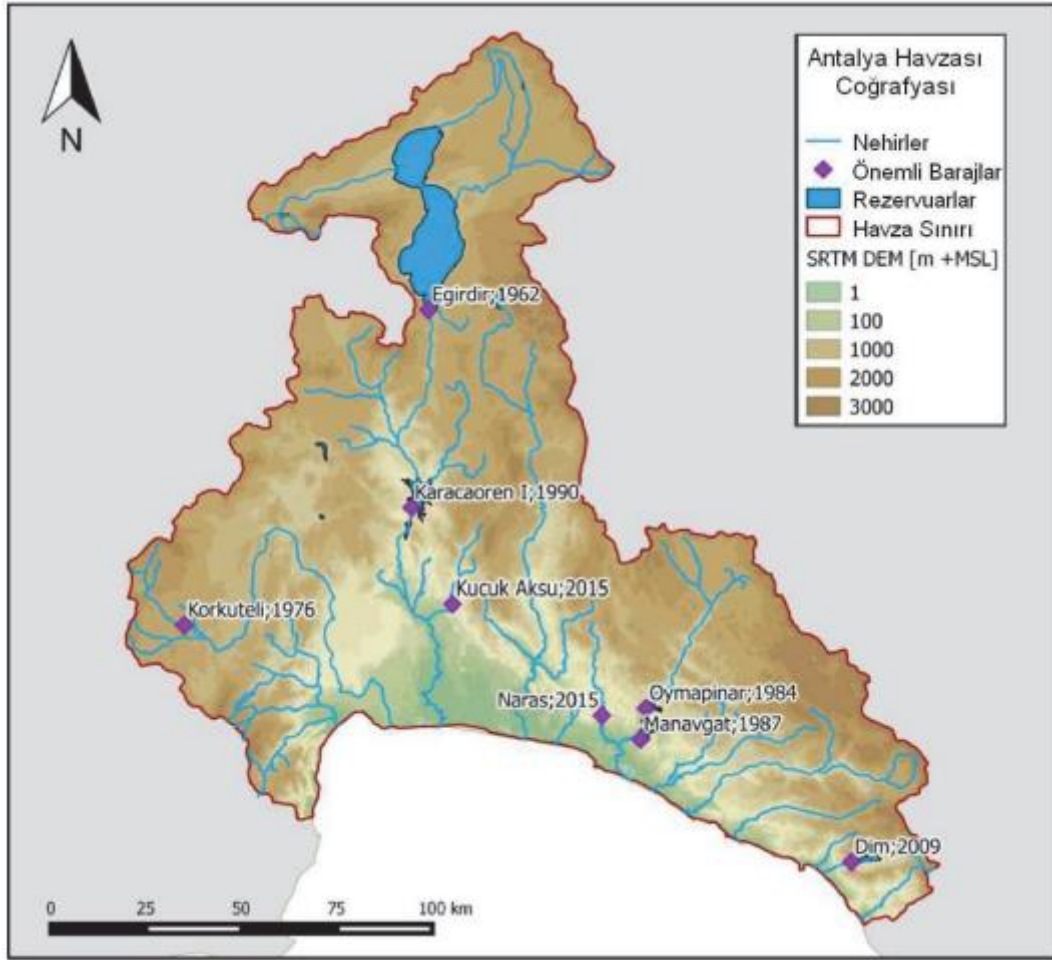
Antalya ilinin ortalama olarak %78'i dağlık alan, %10'u ova, %12'si ise engebeli alandır. Akarsular ve faylar tarafından derin bir biçimde yarılmış olan Toros Dağları ve yüksek platolar geniş yayılım alanına sahiptir. Antalya Havzası'nda Antalya bölgesi jeolojik yapı olarak özel bir yere sahiptir. Antalya bölgesi Batı Toroslar'ın güney kenarında bulunmaktadır. Bölgenin hakim kaya birimleri otokton ve allokton olarak iki gruba ayrılabilir. Sahada traverten, kireçtaşı, dolomit ve kireçtaşı ile dolomit arasında kalan çeşitli geçiş tipi özelliğindeki çözünebilen kayalar egemendir. Bu açıdan



topografyanın ana karakterini, çözünme (karstlaşma) sürecinin etkisiyle oluşan karst temsil eder. Karstik şekillenmede başta tektonizma olmak üzere akarsuların rolü önemli olmuştur. Kıyı veya akarsu dinamiklerine ait şekillerin de bulunduğu sahanın bugünkü görünümünü kazanmasında; karstlaşmanın, genç tektonik hareketlerin ve akarsuların hem geçmiş jeolojik devirlerde hem de günümüzde artarak veya azalarak sürdürdüğü etkinlikler önemlidir. Çoğunlukla kireçtaşlarından oluşmuş dağ ve plato alanlarında temelde çözünme olayları ile şekillenmiş lapyta, dolin, uvala, polye, mağara, düden ve karstik vadi gibi şekiller yaygındır. İlde polyeler verimsiz karstik arazide düz ve geniş ovalar meydana getirerek, yerleşme ve tarımda önemli rol oynar. Havzada Antalya - Burdur arasında Kestel Polyesi ve bunun güneybatısındaki Elmalı Polyesi ile ilin batısında yer alan Akseki Polyesi bulunmaktadır. Antalya ilinde farklı yaşta ve nitelikte kayaçlar yer almaktadır. Görünür temelde Paleozoyik yaşlı, kristalin şist, fillat, mermer ve kireçtaşları bulunmaktadır. Alanya'nın kuzeyinde yaygın olarak yüzeyleyen bu kayaçlar şiddetli tektonik olayların etkisiyle kıvrılmış ve kırılmıştır (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2018).

### 3.1.3. Hidrolojik özellik

Antalya Havzası'nın başlıca akarsuları, Boğaçay, Düden Çayı, Aksu Çayı, Köprüçay, Manavgat Çayı, Karpuz Çayı, Alara Çayı, Kargı Çayı, Obaçay ve Dim Çayı'ndan oluşmaktadır ve bu akarsular ayrı ayrı Akdeniz'e dökülmektedir. Antalya Havzası'nın toplam yağış alanı 19.577 km<sup>2</sup>'dir. Antalya Havzası karstik bir yapıya sahip olup havza içerisinde önemli kapalı havza bölümleri ve düdenler bulunmaktadır. Antalya Havzası için yıllık ortalama akış, 13\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> (27.96 L/s.km<sup>2</sup>) olup, Türkiye'nin yüzeysel su potansiyelinin %6.97'sini teşkil etmektedir. Bunun kullanılabilir kısmı 6.5\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl olarak tahmin edilmektedir. Antalya Havzası'nın yeraltı suyu potansiyeli 1.093\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl, yer altı suyu işletme rezervi ise 0.526\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl'dır. Havzadaki 13\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl yüzeysel ve 1.093\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl yeraltı suyu potansiyeli dikkate alındığında toplam su potansiyeli: 14.093\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmaktadır. Havzanın kullanılabilir su potansiyeli 6.5\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl kullanılabilir yüzeysel su ve 0.526\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl yeraltı suyu işletme rezervleri göz önünde tutularak 7.03\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl olarak belirlenmiştir. Bu veriler Antalya Havzası'nın verimi hakkında önemli bir bilgi sağlamaktadır. (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2016). Şekil 3.1'de havzadaki başlıca akarsular ile üzerinde bulunan su yapıları sunulmaktadır.



**Şekil 3.1.** Antalya Havza sınırı ve önemli su yapıları (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2016)

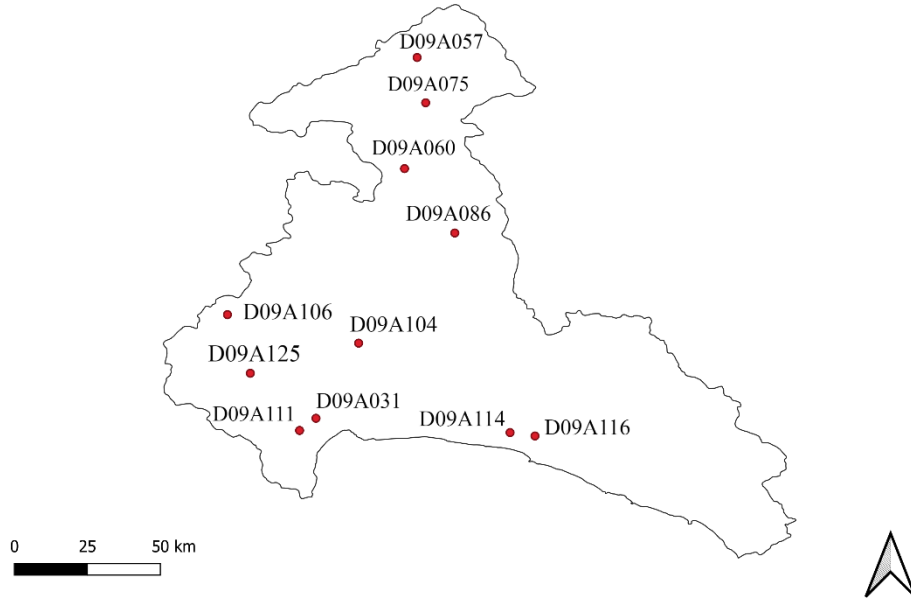
### 3.2. Veri

Bu çalışma kapsamında akım, havza alanı, kot ve yağış verileri kullanılmıştır. Yağış değerleri CHRS RainSphere verilerinden, diğer değerler ise DSİ akım gözlem yıllıklarından sağlanmıştır.

#### 3.2.1. Akım

Çalışmada Antalya havzasında yer alan akım gözlem istasyonlarının günlük akım verileri kullanılmıştır. Akım verileri DSİ Genel Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. Öncelikle her bir havzada bulunan akım gözlem istasyon verisi için envanter çalışması yapılmıştır. Akım gözlem istasyonlarının gözlem süresi boyunca verisi eksik yıllar belirlenerek değerlendirilmiş yıllar tablosu hazırlanmıştır. Çalışmada eksiksiz gözlemi bulunan yıllar ele alınmıştır. Güç süreklilik çizgisi uygulamasında havza alanı  $10\text{km}^2$ 'den büyük olan toplam 11 adet akım gözlem istasyonu kullanılmıştır (Çizelge 3.1). Çalışmada kullanılan istasyonların koordinatları Çizelge 3.2'de, konumu ise Şekil 3.2'de verilmiştir. Akım gözlem istasyonlarının sıfır olan akımları ile sıfırdan büyük olan akımları (kuruma noktası) Çizelge 3.3'de sunulmaktadır.





**Şekil 3.2.** Akım gözlem istasyonlarının konumu

**Çizelge 3.3.** Sıfır olan akımlar ile sıfırdan büyük olan akımların yüzdeleri

İstasyon Numarası	Sıfır olan akımlar (%)	Sıfırdan büyük olan akımlar (%)
D09A104	37.82	62.18
D09A060	17.01	82.99
D09A111	3.33	96.67
D09A075	28.32	71.68
D09A086	1.28	98.72
D09A057	47.87	52.13
D09A031	36.50	63.50
D09A114	36.20	63.80
D09A125	40.02	59.98
D09A116	25.92	74.08
D09A106	14.85	85.15

### 3.2.2. Havza alanı ve kot

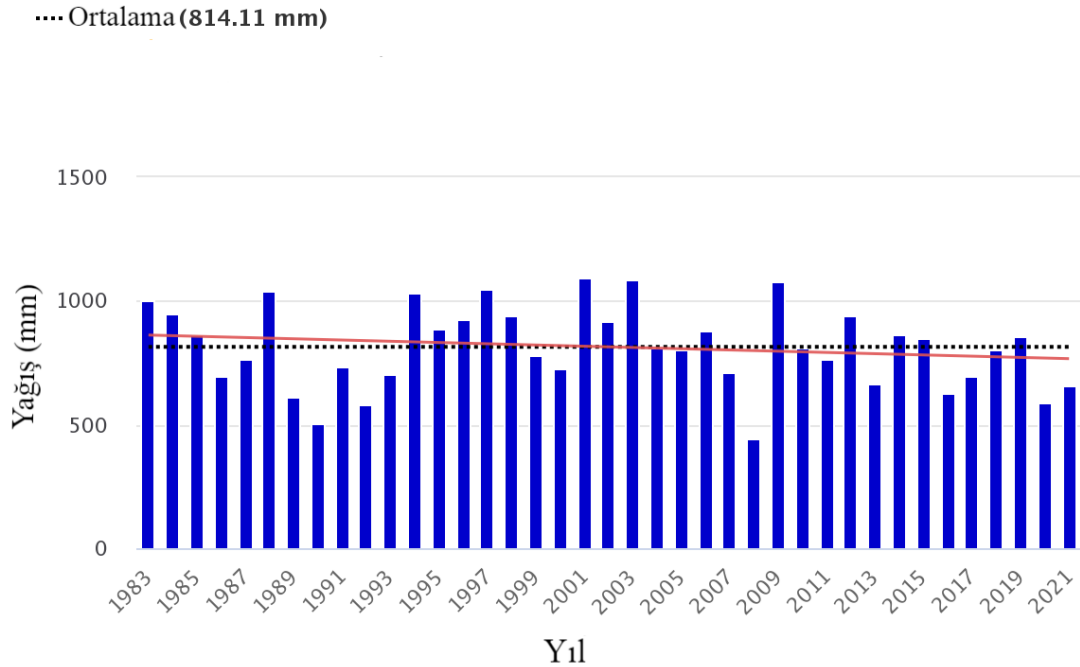
İstasyonların havza alanı ve kot değerleri, DSI'nin yayınladığı akım gözlem yıllıklarından temin edilmiştir. 1964-2015 yılları arasındaki akım gözlem istasyonları incelenerek havza alanı ve kot değerleri elde edilmiştir (Çizelge 3.4). Çizelge 3.4'te bulunan akım gözlem istasyonları akarsu yan kolları üzerinde bulunmaktadır.

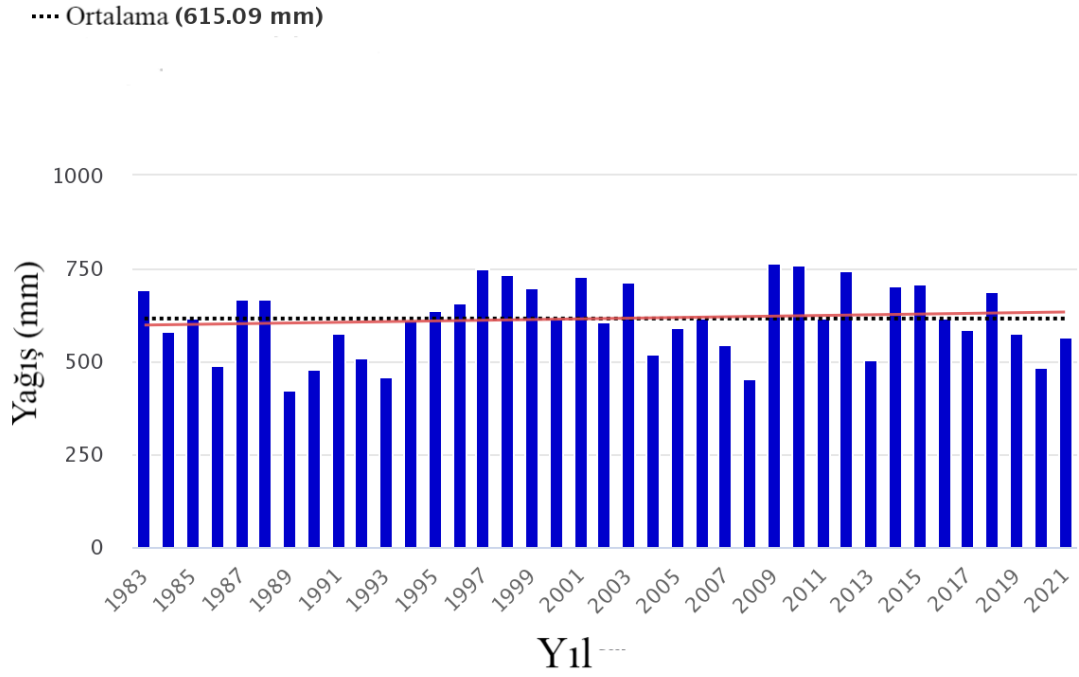
**Çizelge 3.4.** İstasyonların havza alanı ve kot değerleri

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Akarsu Adı	Havza alanı (A) (km <sup>2</sup> )	Kot (H) (m)
D09A104	Ahırtaş	Beyhasan Deresi	12.75	403
D09A060	Göl Giriş	Çaydere Gölü	111.20	935
D09A111	Doyran	Doyran Deresi	105.80	145
D09A075	Avşar Köprüsü	Gelendost Deresi	989	940
D09A086	Belence	Aksu Deresi	349	1000
D09A057	Gökçali	Hoyran Deresi	185	950
D09A031	Kapuz Boğazı	Karaman Çayı	404.60	52
D09A114	Yavrudoğan	Kızıllar Deresi	22.54	75
D09A125	Küçükköy	Kurupınar Deresi	11.60	890
D09A116	Şişeler Köyü	Naras Deresi	193.90	30
D09A106	Hacıbekar	Göldere	32.21	1002

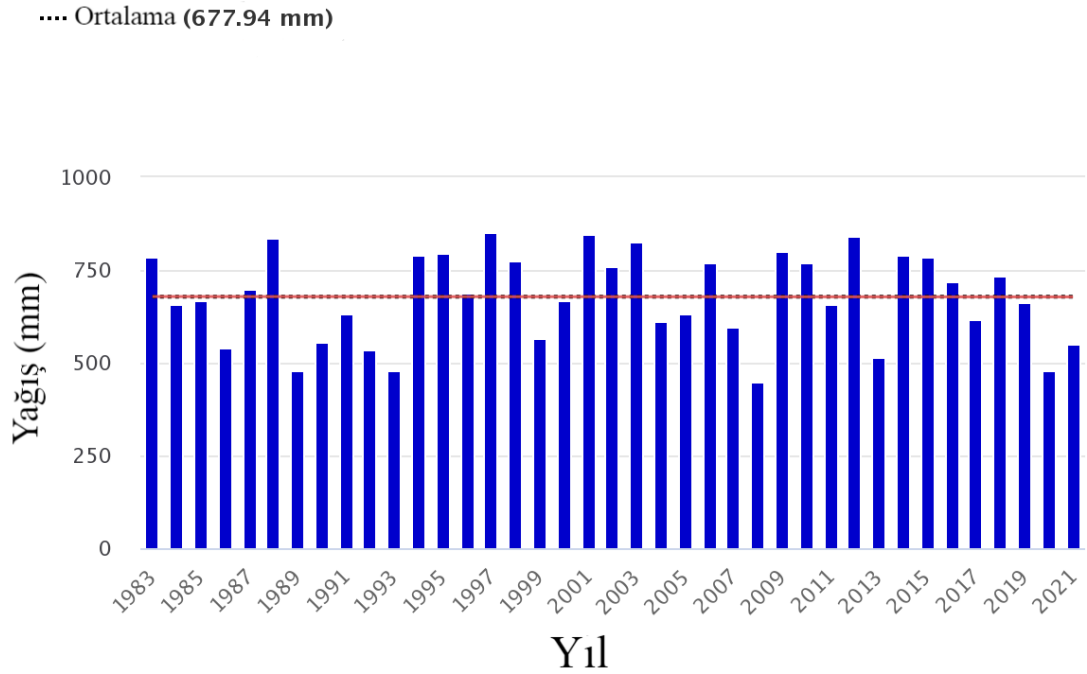
### 3.2.3. Yağış

CHRS RainSphere, özellikle iklim alanında yapılan çalışmaların bağımsız bir şekilde yürütülmesini teşvik etmek için tasarlanmış bir iklim verisi keşif aracıdır. Yağış değerleri, CHRS RainSphere verilerinden temin edilmiştir. İstasyonların 1983-2021 yılları arasındaki yıllık ortalama yağış değerleri aşağıda verilmiştir (Şekil 3.3-3.13).

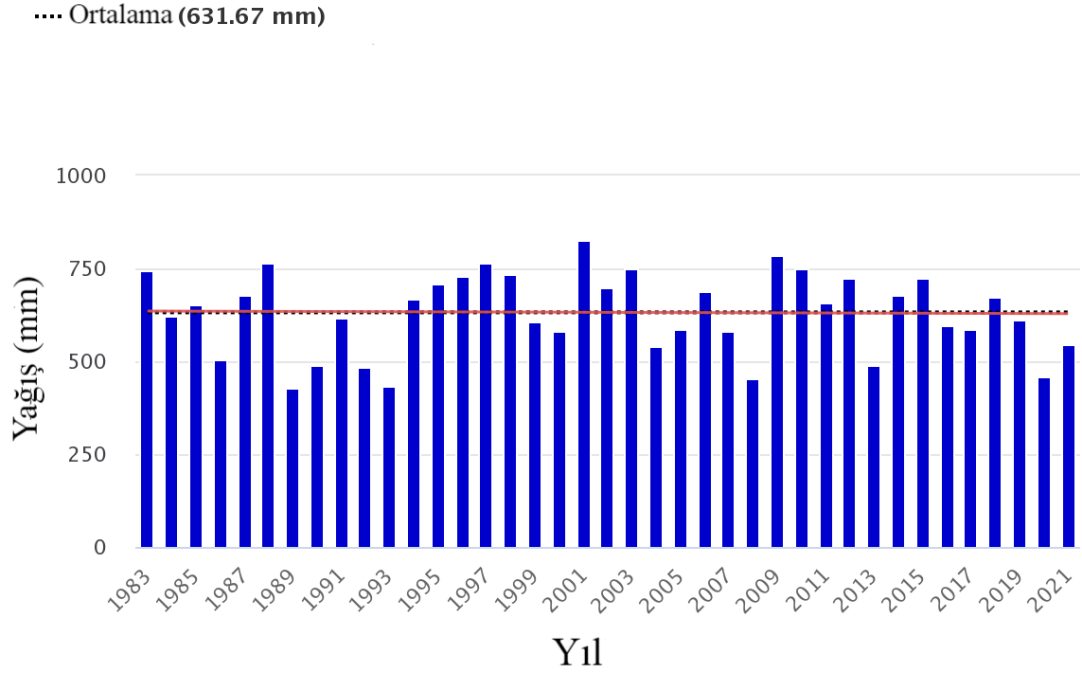
**Şekil 3.3.** D09A031 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi



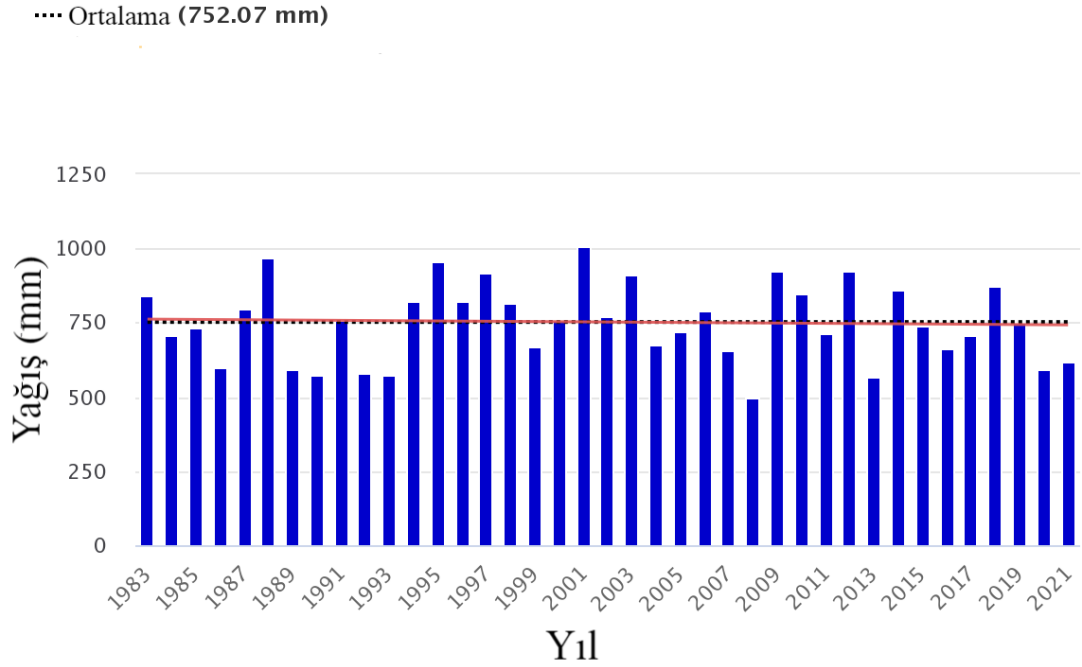
Şekil 3.4. D09A057 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi



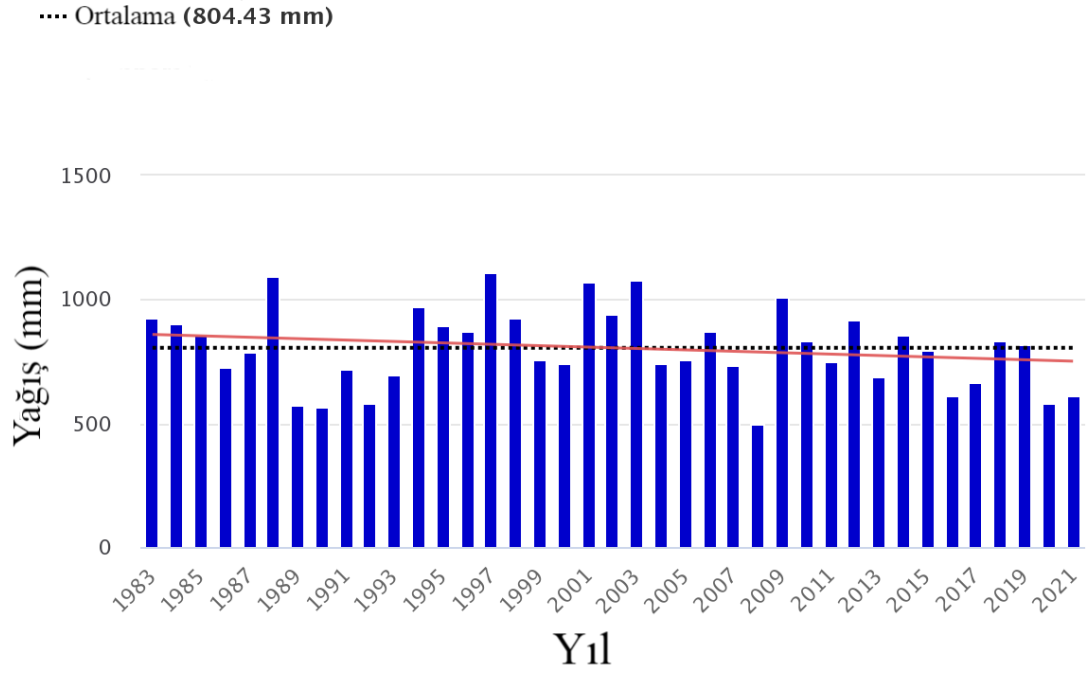
Şekil 3.5. D09A060 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi



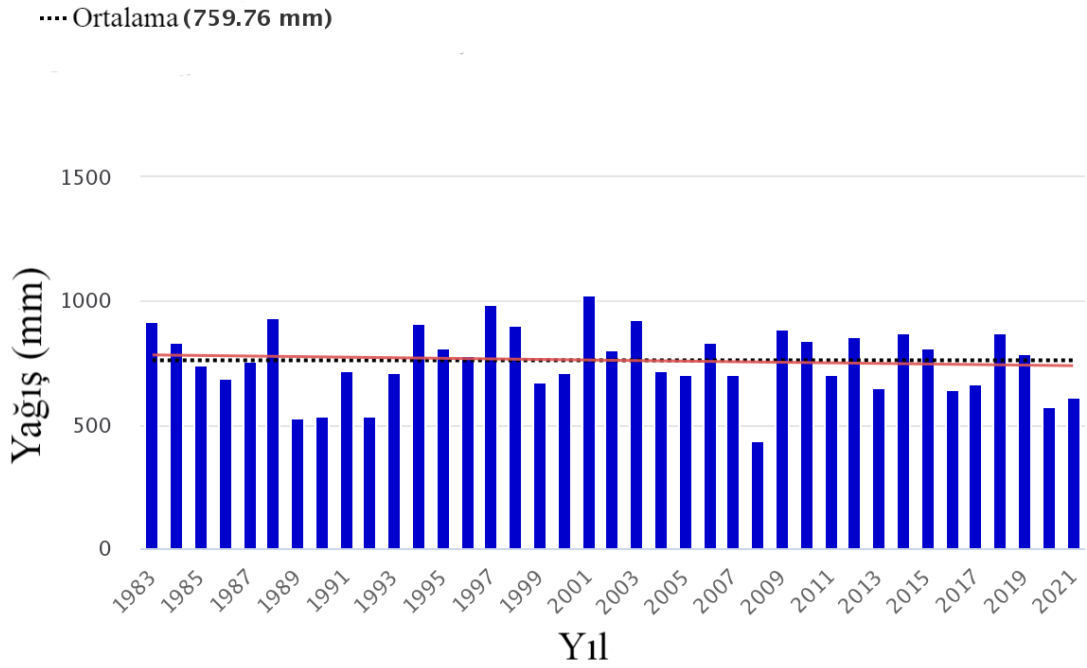
Şekil 3.6. D09A075 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi



Şekil 3.7. D09A086 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi

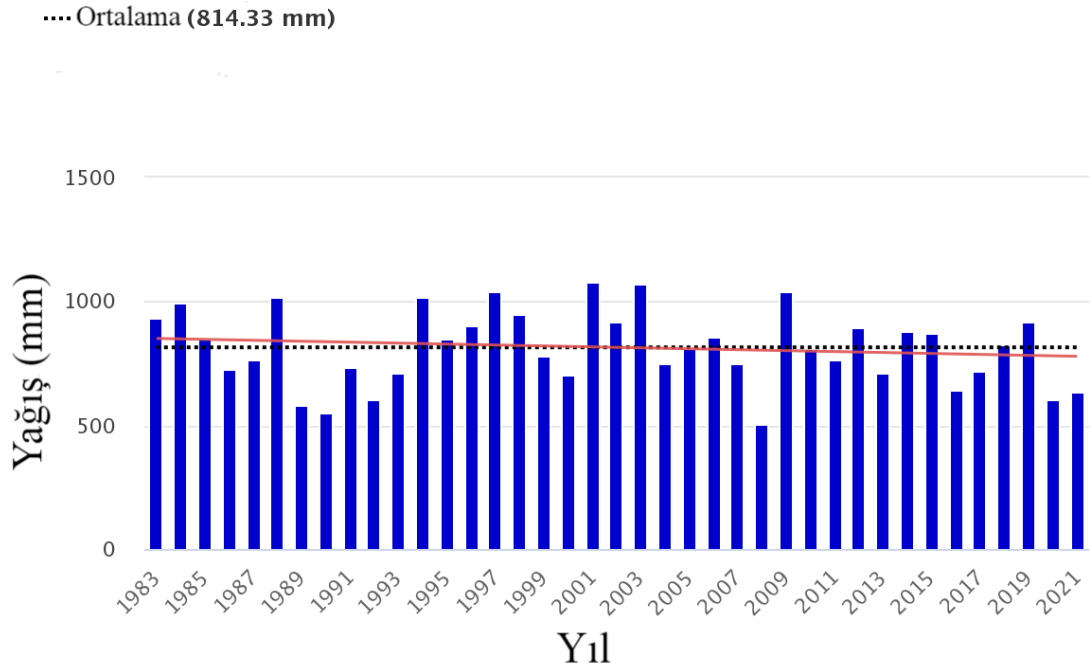


Şekil 3.8. D09A104 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi

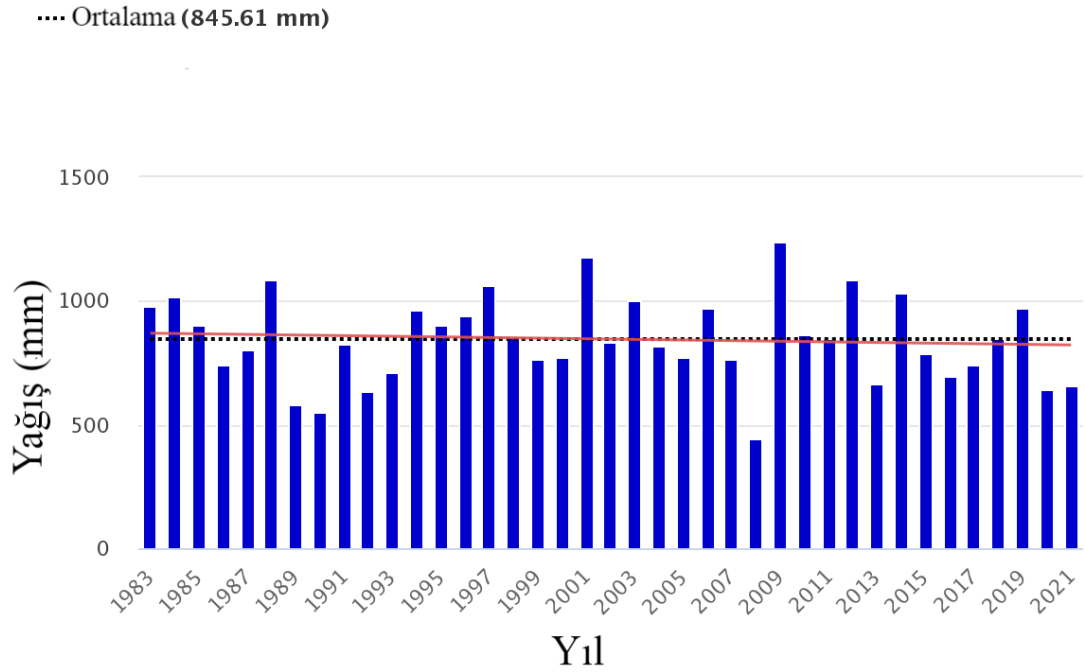


Şekil 3.9. D09A106 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi

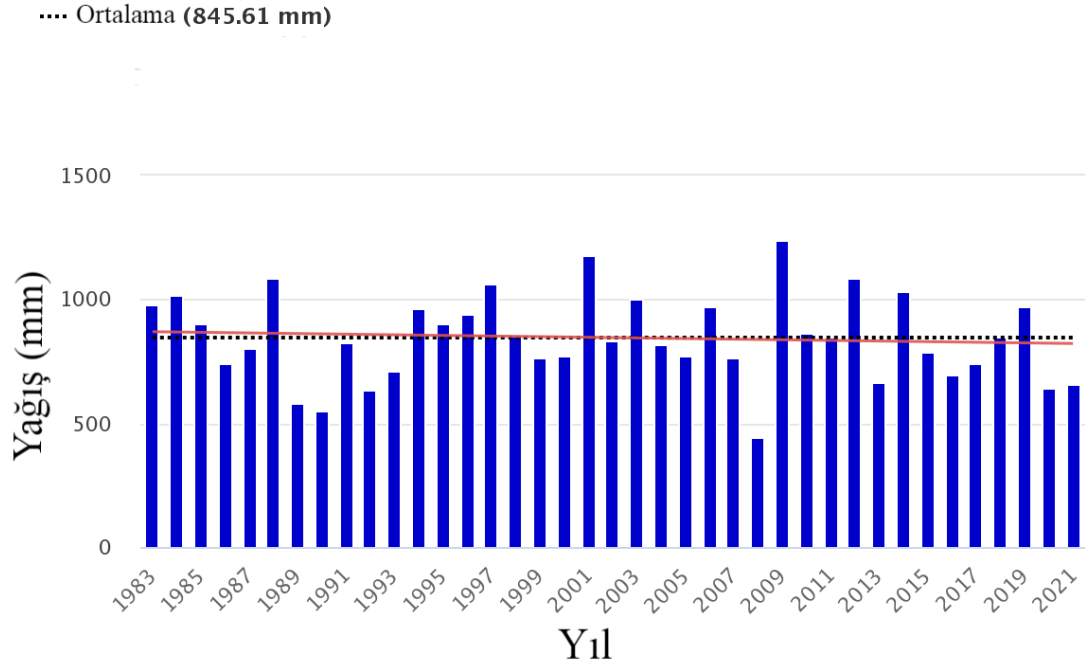




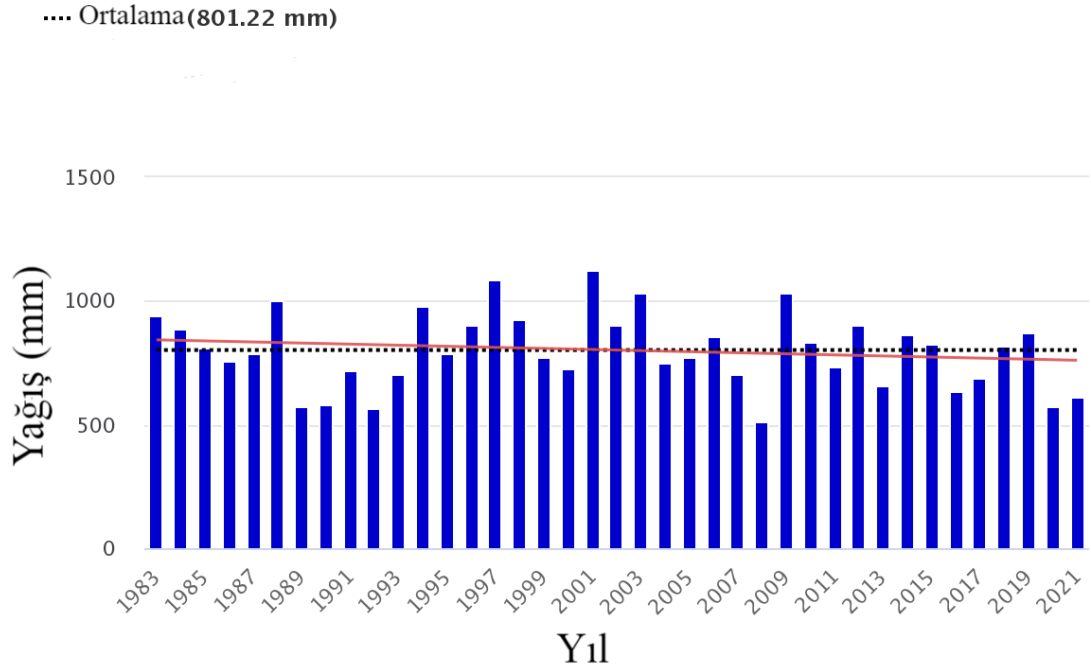
Şekil 3.10. D09A111 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi



Şekil 3.11. D09A114 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi



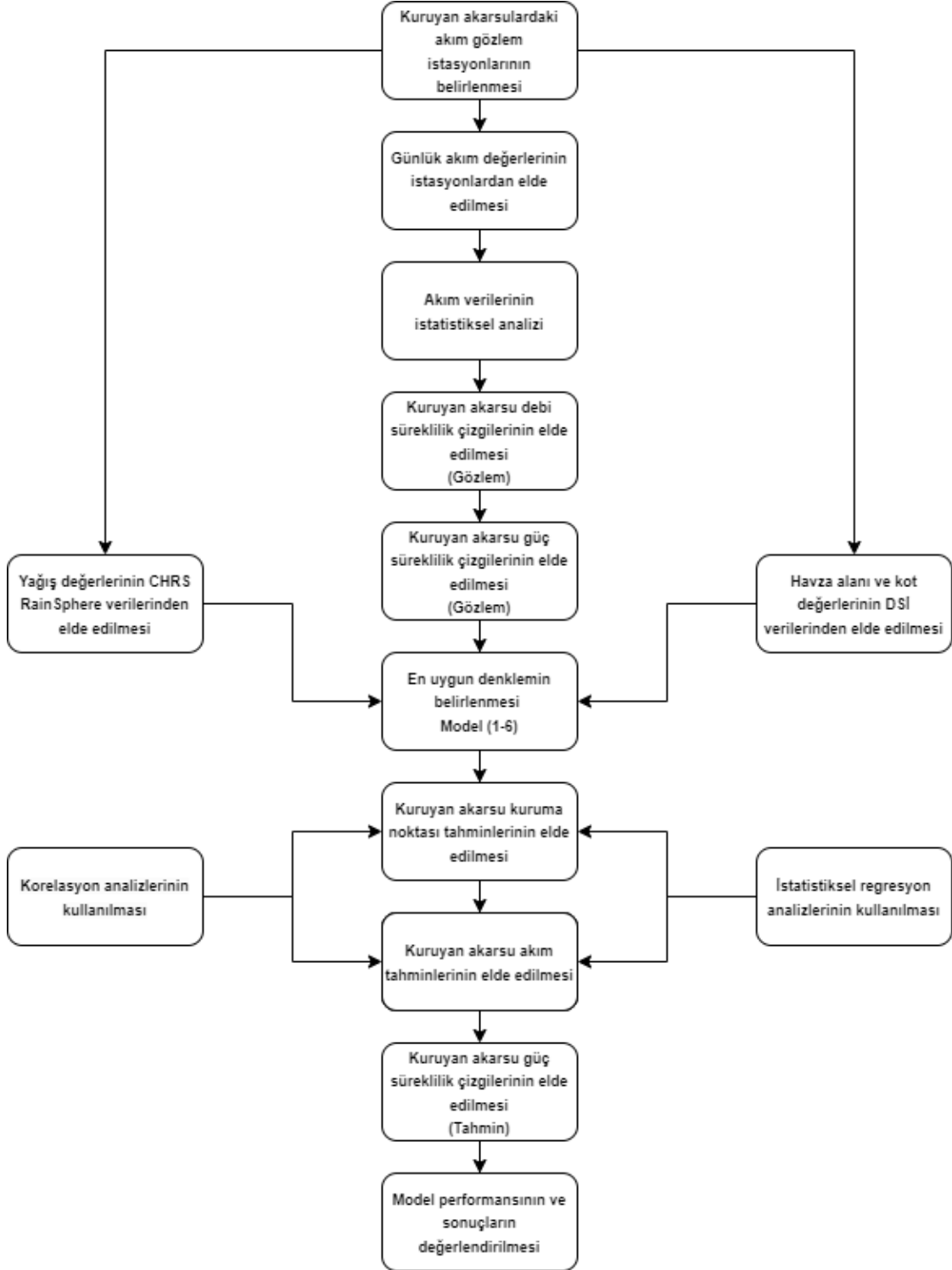
Şekil 3.12. D09A116 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi



Şekil 3.13. D09A125 numaralı akım gözlem istasyonu yıllık ortalama yağış verisi

#### 4. YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında kuruyan akarsuların güç süreklilik çizgisi modeli ile hidroelektrik enerji potansiyellerinin belirlenmesi için bölgesel bir model önerilmiştir. Bu amaçla aşağıdaki akış şeması oluşturulmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan yöntemin uygulama adımları

Modelin uygulama adımları aşağıda sunulmuştur. Aşağıda anlatılan modelin uygulama adımları sayesinde akım ölçümü olmayan kuruyan bir akarsu havzası için hidroelektrik enerji potansiyeli hesaplanabilecektir. Sonrasında, model sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla kullanılan değerlendirme ölçütleri bu bölümde anlatılmıştır.

**a) Kuruyan akarsulardaki akım gözlem istasyonlarının belirlenmesi**

Akım gözlem istasyonları ilgili kurumlar tarafından akım yıllıklarından elde edilir. Çalışmada DSİ akım gözlem yıllıkları kullanılmaktadır. Gözlem süresi on yıl ve üzeri olan kuruyan akarsu istasyonları kullanılmalıdır.

Validasyon aşamasında seçilen istasyonlardaki değişken değerlerinin (havza alanı, yağış gibi), kalibrasyon aşamasında belirlenen istasyonların değişken değerlerinin en küçük ve en büyük aralığında bulunması gerekmektedir. Bundan dolayı kalibrasyon ve validasyon istasyonlarının seçiminde kuruma noktası ile havza karakteristiklerinden yararlanılır.

**b) Akım verileri ve havza karakteristikleri**

Akım, havza alanı ve kot verileri akım gözlem yıllıklarından elde edilir. Çalışmada günlük akım verileri kullanılmaktadır. Yıllık ortalama yağış değerleri ise CHRS RainSphere verilerinden elde edilir.

**c) Akım verilerinin istatistiksel analizi**

Akım verilerinin istatistiksel analizi için ortalama akım değerleri ile sıfırdan büyük olan akımların yüzdeleri (kuruma noktası) kullanılır. Her bir akım gözlem istasyonunun gözlem süresi boyunca elde edilen günlük akım verilerinin ortalaması alınarak ortalama akım değerleri elde edilir. İstasyonların kuruma noktaları ise sıfırdan büyük olan akım sayısının sıfır olan akım sayısına bölünmesi ile elde edilir.

**d) Kuruyan akarsu debi süreklilik çizgilerinin elde edilmesi (Gözlem)**

İstasyonların gözlem süresi boyunca elde edilen günlük akım verileri ile havza karakteristikleri kullanılarak debi süreklilik çizgileri elde edilir. Debi ve güç süreklilik çizgileri Python programında yazılan kod yardımıyla elde edilmiştir (EK A).

**e) Kuruyan akarsu güç süreklilik çizgilerinin elde edilmesi (Gözlem)**

İstasyonların debi süreklilik çizgilerine su gücü denklemi uygulanarak güç süreklilik çizgileri elde edilir. Bu aşamada elde edilen güç süreklilik çizgileri daha sonraki adımlarda elde edilen güç süreklilik çizgisi tahminleri ile karşılaştırılır.

**f) En uygun denklemin belirlenmesi Model (1-6)**

Kuruma noktası için en uygun denklem modelinin belirlenmesi amacıyla kalibrasyon için kullanılan istasyonların determinasyon katsayıları ( $R^2$ ) hesaplanır. Daha sonra belirlenen denklem modelleri arasında en iyi modelin belirlenmesi için kalibrasyon istasyonlarının kuruma noktası rölatif hataları elde edilir.

### g) Kuruyan akarsu kuruma noktası tahminlerinin elde edilmesi

Denklem modelinin havza karakteristikleri ile olan ilişkisini belirlemek amacıyla korelasyon analizleri kullanılır. Daha sonra İstasyonların kuruma noktası tahminlerini elde etmek için istatistiksel regresyon analizleri kullanılır.

### h) Kuruyan akarsu akım tahminlerinin elde edilmesi

Kuruma noktası tahminleri elde edildikten sonra istasyonların en uygun denklem modeli yardımıyla yüksek, orta ve düşük akım tahminleri elde edilir. Akım tahminleri için kullanılan en uygun denklem modeli BiasPHV, SPDC ve BiasPLV kriterleri yardımıyla belirlenir.

### i) Kuruyan akarsu güç süreklilik çizgilerinin elde edilmesi (Tahmin)

Herbir akım gözlem istasyonunun kuruma noktası ve akım tahminleri hesaplandıktan sonra güç süreklilik çizgileri oluşturulur.

### j) Model performans ve sonuç değerlendirme

Güç süreklilik çizgilerinin model performansını ve sonuçlarını değerlendirmek amacıyla  $R^2$ , NSE, MAE, RMSE, MSE, VE, BiasPHV, SPDC ve BiasPLV değerlendirme ölçütleri kullanılır.

## 4.1. Değerlendirme Ölçütleri

Bu çalışmada, güç süreklilik çizgisi modeli sonuçlarının değerlendirilmesinde determinasyon katsayısı dahil olmak üzere, değerlendirme için önerilen ve kullanılan diğer değerlendirme ölçütleri hakkında bilgi verilmektedir. Tek bir değerlendirme ölçütü, güç süreklilik çizgisi üzerinde düşük ve yüksek güç verilerini değerlendirmek için yetersizdir. Sonuç olarak, güç süreklilik çizgisini parçalara ayırarak değerlendirmek ve yorumlamak daha uygun bir yaklaşımdır. Aşağıda sıralanan ölçütlerde  $P_i$  gözlenen,  $\tilde{P}_i$  modelden tahmin edilen ve  $\bar{P}$  havzada uzun yıllar gözlenen ortalama güç değerini ifade etmektedir.

### 4.1.1. Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı

Yüksek güçlerin değerlendirilmesinde özellikle Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) kullanılmaktadır.  $-\infty \leq NSE \leq 1$  aralığında değişen NSE değeri 1'e yaklaştıkça modelden tahmin edilen sonuçların gözleme yakın olduğu anlaşılmaktadır.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (\tilde{P}_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2} \quad (4.1)$$

#### 4.1.2. Ortalama mutlak hata

Bir bütün olarak güç süreklilik çizgisini değerlendirmek amacıyla ortalama mutlak hata (MAE) kullanılmaktadır. MAE,  $0 \leq MAE \leq \infty$  aralığında değişen ve hesaplanan değer sıfıra yaklaştıkça modelden tahmin edilen sonuçların gözleme yakın olduğu anlaşılmaktadır.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\tilde{P}_i - P_i| \quad (4.2)$$

#### 4.1.3. Ortalama karesel hatanın karekökü

NSE'de olduğu gibi, bu değerlendirme ölçütü, yüksek güçlerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu ölçüt, incelenen değişkenin boyutunu temsil eder. Bu nedenle, büyük güç değerlerinde yüksek RMSE değeri hesaplanmaktadır.  $0 \leq RMSE \leq \infty$  aralığında hesaplanan RMSE değeri sıfıra yaklaştıkça modelden tahmin edilen sonuçların gözleme yakın olduğu anlaşılmaktadır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\tilde{P}_i - P_i)^2} \quad (4.3)$$

#### 4.1.4. Ortalama karesel hata

Ortalama karesel hata yüksek güçlerin değerlendirilmesinde kullanılır.  $0 \leq MSE \leq \infty$  aralığında hesaplanan MSE değeri sıfıra yaklaştıkça modelden tahmin edilen sonuçların gözleme yakın olduğu anlaşılmaktadır.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\tilde{P}_i - P_i)^2 \quad (4.4)$$

#### 4.1.5. Hacimsel hata

Güç süreklilik çizgisinin altında kalan alanı değerlendirmek amacıyla hacimsel hata kullanılmaktadır.  $-\infty \leq VE \leq \infty$  aralığında değişen VE'nin sifıra yakın değerlerinde sonuçlar kabul edilebilir mertebededir.

$$VE = \frac{\sum_{i=1}^N \tilde{P}_i - \sum_{i=1}^N P_i}{\sum_{i=1}^N P_i} \quad (4.5)$$

#### 4.1.6. Güç süreklilik çizgisi yüksek kısmının hatası

Bu ölçüt güç süreklilik çizgisinde yüksek güç (%0-20) hacminin değerlendirilmesi maksadıyla kullanılmaktadır. Modelden gözlenen ve tahmin edilen değerler birbirine yakın elde edildiğinde, güç süreklilik çizgisi yüksek kısmının hatası (BiasPHV) için sifıra yakın bir değer bulunur. BiasPHV değeri %0-100 aralığında değişir.

$$\text{BiasPHV} = \frac{\sum_{i=1}^N (\tilde{P}_i - P_i) * 100}{\sum_{i=1}^N P_i} \quad (4.6)$$

#### 4.1.7. Güç süreklilik çizgisi orta eğiminin hatası

Bu ölçüt güç süreklilik çizgisinin orta (%20-70) kısmının değerlendirilmesi maksadıyla kullanılmaktadır. SPDC değeri %0-100 aralığında değişir. Denklemden  $P_{m1}$  modelden tahmin edilen %20 aşılma yüzdesine karşı gelen güç değerini,  $P_{m2}$  modelden tahmin edilen %70 aşılma yüzdesine karşı gelen güç değerini,  $P_{g1}$  gözlenen %20 aşılma yüzdesine karşı gelen güç değerini,  $P_{g2}$  gözlenen %70 aşılma yüzdesine karşı gelen güç değerini ifade etmektedir.

$$\text{SPDC} = \frac{[\log(P_{m1}) - \log(P_{m2})] - [\log(P_{g1}) - \log(P_{g2})]}{[\log(P_{g1}) - \log(P_{g2})]} * 100 \quad (4.7)$$

#### 4.1.8. Güç süreklilik çizgisi düşük kısmının hatası

Bu ölçüt güç süreklilik çizgisinde düşük güç (%70-100) hacminin değerlendirilmesi maksadıyla kullanılmaktadır. Güç süreklilik çizgisinin (BiasPLV) düşük kısmının hatası için sifıra yakın değerler beklenmesine rağmen, %100'e kadar hesaplanan değerler kabul edilebilir.

$$\text{BiasPLV} = \frac{\sum_{i=1}^N (\tilde{P}_i - P_i) * 100}{\sum_{i=1}^N P_i} \quad (4.8)$$



## 5. UYGULAMA

Çalışmada önerilen güç süreklilik çizgisi yöntemi ile Antalya havzasında bulunan kuruyan akarsuların hidroelektrik enerji potansiyellerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Antalya havzası akarsularında yeterli sayıda gözlemlerin olduğu bilinmektedir. Havzadaki akım gözlem istasyonlarının değerlendirilmiş yılları tablosu oluşturularak istasyonlardaki veri mevcudiyeti ve kuruyan akarsulardaki akım gözlem istasyonu sayıları belirlenmiştir.

İlk aşamada, belirlenen ve ölçümü mevcut istasyonlardan elde edilen veriler yardımıyla her bir akım gözlem istasyonuna ait debi ve güç süreklilik çizgileri oluşturulmuştur. Daha sonra akarsuların kuruma noktası ve akım tahminlerini elde etmek için korelasyon ve regresyon analizleri kullanılmıştır. Determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) ve kalibrasyon istasyonlarının kuruma noktasının rölatif hatası değerlendirmeleri sonucunda kuruma noktası tahmini için en uygun model olan model (2) kullanılmıştır. Denklem modeli belirlendikten sonra 6 farklı havza parametre kombinasyonundan faydalanılarak kuruma noktası tahminleri elde edilmiştir. Kuruma noktası tahminlerinin elde edilmesinden sonra yüksek, orta ve düşük akımların tahmini için kullanılacak olan model (1-6) denklemleri determinasyon katsayısı ( $R^2$ ), BiasPHV, SPDC ve BiasPLV değerlendirme kriterleri sonucunda belirlenmiştir.

İkinci aşamada ise, hesaplanan kuruma noktası ve akım tahminleri yardımıyla güç süreklilik çizgileri oluşturulmuştur. Daha sonra ise oluşturulan güç süreklilik çizgilerinin hidroelektrik enerji potansiyelleri hesaplanarak değerlendirme tabloları oluşturulmuştur. Değerlendirme kriterleri için  $R^2$ , NSE, MAE, RMSE, MSE, VE, BiasPHV, SPDC ve BiasPLV kriterleri kullanılmıştır.

### 5.1. Denklem Modelinin Belirlenmesi

Antalya havzasının kuzey, güneybatı ve güneydoğu bölgesinde bulunan istasyonların kuruma noktası tahminleri için en uygun denklem modelinin belirlenmesi amacıyla kalibrasyon için kullanılan istasyonların determinasyon katsayıları ( $R^2$ ) hesaplanmıştır. Herbir bölge için en yüksek  $R^2$  ortalamasına sahip üç denklem modeli seçilmiştir (Çizelge 5.2). Seçilen üç denklem modeli arasında sadece model (6) üstel bir denklem olduğu için kuruma noktası tahmininde kullanılamamaktadır (Çizelge 5.1). Daha sonra seçilen denklem modelleri arasında en iyi modelin belirlenmesi için kalibrasyon istasyonlarının kuruma noktası rölatif hataları elde edilmiştir (Çizelge 5.3). Yapılan hesaplamalar sonucunda bütün bölgeler için en iyi denklem modelinin model (2) olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 5.1.** Model (1-6) denklemleri

MODEL		
(1)	(2)	(3)
$y = ax^2 + bx + c$	$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$	$y = a \ln x + b$
(4)	(5)	(6)
$y = ax + b$	$y = \frac{a}{x} + b$	$y = a * e^{bx}$

**Çizelge 5.2.** İstasyonların R<sup>2</sup> değerleri (Model 1-6)

		MODEL					
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Kuzey	D09A060	0.996	0.998	0.989	0.871	0.798	0.955
	D09A086	0.822	0.932	0.862	0.548	0.996	0.940
	D09A057	0.981	0.996	0.984	0.822	0.941	0.982
	<b>ORTALAMA</b>	0.933	<b>0.975</b>	<b>0.945</b>	0.747	0.912	<b>0.959</b>
Güneybatı	D09A125	0.937	0.957	0.971	0.861	0.886	0.951
	D09A111	0.931	0.980	0.951	0.691	0.929	0.990
	D09A031	0.922	0.974	0.962	0.760	0.969	0.968
	<b>ORTALAMA</b>	0.930	<b>0.970</b>	<b>0.961</b>	0.771	0.928	<b>0.970</b>
Güney doğu	D09A104	0.938	0.976	0.969	0.775	0.960	0.983
	D09A116	0.849	0.950	0.866	0.576	0.998	0.977
	<b>ORTALAMA</b>	0.894	<b>0.963</b>	0.918	0.676	<b>0.979</b>	<b>0.980</b>

**Çizelge 5.3.** İstasyonların kuruma noktasının rölatif hatası (Kalibrasyon)

		MODEL (2)			MODEL (3)		MODEL (5)	
		GÖZLEM	TAHMİN	Rölatif hata (%)	TAHMİN	Rölatif hata (%)	TAHMİN	Rölatif hata (%)
Kuzey	D09A060	82.99	72.90	12.16	75.23	9.35	-	-
	D09A086	98.72	92.20	6.60	70.63	28.45	-	-
	D09A057	52.13	49.71	4.64	46.22	11.34	-	-
Güneybatı	D09A125	59.98	58.87	1.85	64.50	7.54	-	-
	D09A111	96.67	96.66	0.01	74.20	23.25	-	-
	D09A031	63.50	62.26	1.95	56.54	10.96	-	-
Güneydoğu	D09A104	62.18	60.34	2.96	-	-	100	60.82
	D09A116	74.08	70.43	4.93	-	-	70.30	5.10
<b>ORTALAMA</b>								
Kuzey	MODEL (2)			MODEL (3)		MODEL (5)		
	<b>7.80</b>			16.38		-		
Güneybatı	<b>1.27</b>			13.92		-		
Güneydoğu	<b>3.95</b>			-		32.96		

## 5.2. Kuzey Bölgesi

### 5.2.1. Kuruma noktası tahmini

Antalya havzasının kuzey bölgesi incelendiğinde bu bölgede bulunan 4 adet kuruyan akarsuyun yüksek kotlara sahip olduğu gözlemlenmiştir. Kuruyan akarsuların kuruma noktası tahminlerini elde etmek için havza parametrelerinin model (2) katsayıları ile olan ilişkisi korelasyon hesaplamaları ile belirlenmiştir (Çizelge 5.4).

**Çizelge 5.4.** Model (2) katsayılarının havza parametreleri ile olan korelasyon ilişkisi

	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>
a, b, c, d	1	1	1	1
HAVZA ALANI	-0.96	0.92	-0.86	0.73
YAĞIŞ	-0.88	0.93	-0.97	0.99
KOT	-0.98	0.95	-0.90	0.79

Regresyon analizleri ile hesaplanan denklemler yardımı ile kuzey bölgesinde bulunan kuruyan akarsuların kuruma noktası tahminleri hesaplanmıştır. Kuzey bölgesi için en iyi tahminin elde edilmesi amacıyla 6 farklı havza parametre kombinasyonu kullanılmıştır (Çizelge 5.6).

Yapılan rölatif hata hesaplamaları sonucunda (H) kombinasyonunun en iyi sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Bundan dolayı kuruma noktası tahminleri için kot (H) değeri dikkate alınmıştır (Çizelge 5.7). Model (2) katsayılarının kuadratik denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir. Bu denklemler yardımıyla elde edilen a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub> ve d<sub>1</sub> katsayıları Çizelge 5.5’ de gösterilmiştir.

$$a_1 = k_1 * x^2 + k_2 * x + k_3 \quad (5.1)$$

$$b_1 = k_4 * x^2 + k_5 * x + k_6 \quad (5.2)$$

$$c_1 = k_7 * x^2 + k_8 * x + k_9 \quad (5.3)$$

$$d_1 = k_{10} * x^2 + k_{11} * x + k_{12} \quad (5.4)$$

**Çizelge 5.5.** İstasyonların model (2) katsayıları

			$a_1$	$b_1$	$c_1$	$d_1$
KALİBRASYON	Gözlem & Tahmin	D09A060	-0.0000166	0.0041	-0.361	10.959
		D09A086	-0.000095	0.0185	-1.151	23.316
		D09A057	-0.0000189	0.0024	-0.107	1.71
VALİDASYON	Gözlem	D09A075	-0.0000759	0.0112	-0.543	9.043
	Tahmin	D09A075	-0.0000163	0.0032	-0.247	7.069

**Çizelge 5.6.** İstasyonların kuruma noktası tahmini (%)

İstasyon Numarası	Kuruma Noktası (Gözlem)	Kuruma Noktası (Tahmin) (A)	Kuruma Noktası (Tahmin) (R)	Kuruma Noktası (Tahmin) (H)	Kuruma Noktası (Tahmin) ( $\frac{A}{H}$ )	Kuruma Noktası (Tahmin) ( $\frac{A}{R}$ )	Kuruma Noktası (Tahmin) ( $\frac{H}{R}$ )
D09A060	82.99	72.90	72.90	72.90	72.90	72.90	72.90
D09A086	98.72	92.20	92.20	92.20	92.20	92.20	92.20
D09A057	52.13	49.71	49.71	49.71	49.71	49.71	49.71
D09A075	71.68	100	60.61	66.53	100	100	100

**Çizelge 5.7.** İstasyonların kuruma noktasının rölatif hatası

İstasyon Numarası	Rölatif hata (%) (A)	Rölatif hata (%) (R)	Rölatif hata (%) (H)	Rölatif hata (%) ( $\frac{A}{H}$ )	Rölatif hata (%) ( $\frac{A}{R}$ )	Rölatif hata (%) ( $\frac{H}{R}$ )
D09A060	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16
D09A086	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
D09A057	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64
D09A075	39.50	15.44	7.18	39.50	39.50	39.50
ORTALAMA	15.73	9.71	<b>7.65</b>	15.73	15.73	15.73

### 5.2.2. Akım tahmini

Kuzey bölgesinde bulunan dört adet kuruyan akarsuyun akım tahminlerinde kullanılan denklemler BiasPHV, SPDC ve BiasPLV kriterleri ile belirlenmiştir. Yüksek akım tahminleri için kuruma noktası tahmininde kullanılan model (2) kullanılmıştır. Orta ve düşük akım tahminlerinde ise model (6)'nın daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle orta ve düşük akım tahminlerinde model (6) kullanılmıştır (Çizelge 5.8).

**Çizelge 5.8.** Akım tahmin denklemlerini değerlendirme ölçütleri

MODEL (2)			
İstasyon Numarası	BiasPHV	SPDC	BiasPLV
D09A060	-0.01	6.34	0
D09A086	5.13	23.09	-28.43
D09A057	-0.26	5.76	0
MODEL (6)			
D09A060	34.06	8.34	0
D09A086	-7.11	20.86	-28.23
D09A057	20.10	2.98	0
MODEL (3)			
D09A060	-2.34	-1.43	0
D09A086	-3.06	100	-97.81
D09A057	0.97	37.86	0

İstasyonların akım tahminleri için model (2) ve model (6) kullanılmıştır. Model (2) ve model (6)'nın (H) ile olan ilişkisini belirlemek amacıyla kuadratik regresyon analizleri kullanılmıştır. Model (6) katsayılarının kuadratik denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir. Bu denklemler yardımıyla elde edilen  $a_2$  ve  $b_2$  katsayıları Çizelge 5.9' da gösterilmiştir.

Model (6);

$$a_2 = k_{13} * x^2 + k_{14} * x + k_{15} \quad (5.5)$$

$$b_2 = k_{16} * x^2 + k_{17} * x + k_{18} \quad (5.6)$$

**Çizelge 5.9.** İstasyonların model (6) katsayıları

			$a_2$	$b_2$
KALİBRASYON	Gözlem & Tahmin	D09A060	20.07	-0.06
		D09A086	20.96	-0.06
		D09A057	2.84	-0.10
VALİDASYON	Gözlem	D09A075	9.21	-0.07
	Tahmin	D09A075	13.16	-0.08

### 5.3. Güneybatı Bölgesi

#### 5.3.1. Kuruma noktası tahmini

Antalya havzasının güneybatı bölgesinde 4 adet kuruyan akarsu bulunmaktadır. Bu akarsuların kuruma noktası tahmini için öncelikle korelasyon hesaplamaları

kullanılarak havza parametrelerinin model (2) katsayıları ile olan ilişkisi belirlenmiştir (Çizelge 5.10).

**Çizelge 5.10.** Model (2) katsayılarının havza parametreleri ile olan korelasyon ilişkisi

	$a_3$	$b_3$	$c_2$	$d_2$
a, b, c, d	1	1	1	1
HAVZA ALANI	-0.99	0.99	-0.98	0.93
YAĞIŞ	-0.61	0.69	-0.79	0.90
KOT	0.70	-0.77	0.86	-0.94

Regresyon analizleri kullanılarak güneybatı bölgesinde bulunan kuruyan akarsuların kuruma noktası tahminleri hesaplanmıştır. Kuruma noktası tahmini için kullanılan 6 farklı havza parametre kombinasyonunun rölatif hata hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda en iyi tahmin kombinasyonunun (A/H) olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 5.12, Çizelge 5.13). Model (2) katsayılarının kuadratik denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir. Bu denklemler yardımıyla elde edilen  $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_2$  ve  $d_2$  katsayıları Çizelge 5.11’ de gösterilmiştir.

$$a_3 = k_{19} * x^2 + k_{20} * x + k_{21} \quad (5.7)$$

$$b_3 = k_{22} * x^2 + k_{23} * x + k_{24} \quad (5.8)$$

$$c_2 = k_{25} * x^2 + k_{26} * x + k_{27} \quad (5.9)$$

$$d_2 = k_{28} * x^2 + k_{29} * x + k_{30} \quad (5.10)$$

**Çizelge 5.11.** İstasyonların model (2) katsayıları

			$a_3$	$b_3$	$c_2$	$d_2$
KALİBRASYON	Gözlem	D09A125	-0.000000213	0.0000267	-0.00126	0.0251
	&	D09A111	-0.0000111	0.00231	-0.158	3.714
	Tahmin	D09A031	-0.0000682	0.00889	-0.393	6.467
VALİDASYON	Gözlem	D09A106	-0.00000241	0.000411	-0.0222	0.39
	Tahmin	D09A106	-0.000000514	0.000091	-0.0057	0.131

**Çizelge 5.12.** İstasyonların kuruma noktası tahmini (%)

İstasyon Numarası	Kuruma Noktası (Gözlem)	Kuruma Noktası (Tahmin) (A)	Kuruma Noktası (Tahmin) (R)	Kuruma Noktası (Tahmin) (H)	Kuruma Noktası (Tahmin) ( $\frac{A}{H}$ )	Kuruma Noktası (Tahmin) ( $\frac{A}{R}$ )	Kuruma Noktası (Tahmin) ( $\frac{H}{R}$ )
D09A125	59.98	58.87	58.87	58.87	58.87	58.87	58.87
D09A111	96.67	96.66	96.66	96.66	96.66	96.66	96.66
D09A031	63.50	62.26	62.26	62.26	62.26	62.26	62.26
D09A106	85.15	100	27.78	57.71	73.66	100	60.12

**Çizelge 5.13.** İstasyonların kuruma noktasının rölatif hatası

İstasyon Numarası	Rölatif hata (%) (A)	Rölatif hata (%) (R)	Rölatif hata (%) (H)	Rölatif hata (%) ( $\frac{A}{H}$ )	Rölatif hata (%) ( $\frac{A}{R}$ )	Rölatif hata (%) ( $\frac{H}{R}$ )
D09A125	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
D09A111	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
D09A031	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
D09A106	17.44	67.40	32.20	13.50	17.44	29.40
ORTALAMA	5.31	17.80	9	<b>4.33</b>	5.31	8.30

### 5.3.2. Akım tahmini

Akım tahminleri için kullanılan denklemler BiasPHV, SPDC ve BiasPLV kriterleri ile belirlenmiştir. Yüksek akım tahminlerinde model (2), orta ve düşük akım tahminlerinde ise model (6)'nın daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 5.14).

**Çizelge 5.14.** Akım tahmin denklemlerini değerlendirme ölçütleri

MODEL (2)			
İstasyon Numarası	BiasPHV	SPDC	BiasPLV
D09A125	3.33	48.70	0
D09A111	2.89	-37.96	666.72
D09A031	2.51	-22.42	0
MODEL (6)			
D09A125	3.17	23.71	0
D09A111	33.13	3.58	18.98
D09A031	3.59	-15.54	0
MODEL (3)			
D09A125	3.77	43.88	0
D09A111	-3.56	-9.14	-42.68
D09A031	1.99	81.66	0

Model (2) ve model (6)'nın (A/H) ile olan ilişkisini belirlemek amacıyla kuadratik regresyon analizleri kullanılmıştır. Model (6) katsayılarının kuadratik denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir. Bu denklemler yardımıyla elde edilen  $a_4$  ve  $b_4$  katsayıları Çizelge 5.15' de gösterilmiştir.

$$a_4 = k_{31} * x^2 + k_{32} * x + k_{33} \quad (5.11)$$

$$b_4 = k_{34} * x^2 + k_{35} * x + k_{36} \quad (5.12)$$

**Çizelge 5.15.** İstasyonların model (6) katsayıları

			$a_4$	$b_4$
KALİBRASYON	Gözlem & Tahmin	D09A125	0.02	-0.05
		D09A111	6.22	-0.07
		D09A031	6.29	-0.06
VALİDASYON	Gözlem	D09A106	0.25	-0.05
	Tahmin	D09A106	0.17	-0.05

## 5.4. Güneydoğu Bölgesi

### 5.4.1. Kuruma noktası tahmini

Antalya havzasının güneydoğu bölgesinde 3 adet kuruyan akarsu bulunmaktadır. Kuruyan akarsuların kuruma noktası tahminlerini elde etmek için havza parametrelerinin model (2) katsayıları ile olan ilişkisi korelasyon hesaplamaları ile belirlenmiştir (Çizelge 5.16).

**Çizelge 5.16.** Model (2) katsayılarının havza parametreleri ile olan korelasyon ilişkisi

	$a_5$	$b_5$	$c_3$	$d_3$
a, b, c, d	1	1	1	1
HAVZA ALANI	-0.99	0.99	-0.99	0.99
YAĞIŞ	-0.99	0.99	-0.99	0.99
KOT	0.99	-0.99	0.99	-0.99

Regresyon analizleri kullanılarak güneydoğu bölgesindeki kuruyan akarsuların kuruma noktası tahmini elde edilmiştir. Kuruma noktası tahmini için kullanılan altı farklı havza parametre kombinasyonundan oluşan rölatif hata hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar, (A/H) en iyi kombinasyon olduğunu göstermiştir (Çizelge 5.18, Çizelge 5.19). Aşağıda, model (2) katsayılarının lineer denklemleri gösterilmektedir. Bu



denklemler yardımıyla elde edilen  $a_5$ ,  $b_5$ ,  $c_3$  ve  $d_3$  katsayıları Çizelge 5.17' de gösterilmiştir.

$$a_5 = k_{37} * x + k_{38} \quad (5.13)$$

$$b_5 = k_{39} * x + k_{40} \quad (5.14)$$

$$c_3 = k_{41} * x + k_{42} \quad (5.15)$$

$$d_3 = k_{43} * x + k_{44} \quad (5.16)$$

**Çizelge 5.17.** İstasyonların model (2) katsayıları

			$a_5$	$b_5$	$c_3$	$d_3$
KALİBRASYON	Gözlem & Tahmin	D09A104	-0.00000468	0.000619	-0.0281	0.47
		D09A116	-0.000205	0.0305	-1.454	22.733
VALİDASYON	Gözlem	D09A114	-0.0000216	0.0028	-0.117	1.573
	Tahmin	D09A114	-0.0000131	0.00187	-0.088	1.405

**Çizelge 5.18.** İstasyonların kuruma noktası tahmini (%)

İstasyon Numarası	Kuruma Noktası (Gözlem)	Kuruma Noktası (Tahmin) (A)	Kuruma Noktası (Tahmin) (R)	Kuruma Noktası (Tahmin) (H)	Kuruma Noktası (Tahmin) ( $\frac{A}{H}$ )	Kuruma Noktası (Tahmin) ( $\frac{A}{R}$ )	Kuruma Noktası (Tahmin) ( $\frac{H}{R}$ )
D09A104	62.18	60.34	60.34	60.34	60.34	60.34	60.34
D09A116	74.08	70.43	70.43	70.43	70.43	70.43	70.43
D09A114	63.80	40.30	70.43	72.70	63.84	64.70	68.35

**Çizelge 5.19.** İstasyonların kuruma noktasının rölatif hatası

İstasyon Numarası	Rölatif hata (%) (A)	Rölatif hata (%) (R)	Rölatif hata (%) (H)	Rölatif hata (%) ( $\frac{A}{H}$ )	Rölatif hata (%) ( $\frac{A}{R}$ )	Rölatif hata (%) ( $\frac{H}{R}$ )
D09A104	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96	2.96
D09A116	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93
D09A114	36.80	10.40	13.95	0.06	1.41	7.13
ORTALAMA	14.90	6.10	7.28	<b>2.65</b>	3.10	5.01

### 5.4.2. Akım tahmini

Akım tahminleri için kullanılan denklemler BiasPHV, SPDC ve BiasPLV kriterleri yardımıyla elde edilmiştir. Model (5) yüksek akım tahminlerinde, model (6) ise orta ve düşük akım tahminlerinde daha iyi performans göstermektedir (Çizelge 5.20).

**Çizelge 5.20.** Akım tahmin denklemlerini değerlendirme ölçütleri

MODEL (5)			
İstasyon Numarası	BiasPHV	SPDC	BiasPLV
D09A104	-5.38	-63.15	0
D09A116	-0.90	17.81	0
MODEL (6)			
D09A104	17.95	-13.34	0
D09A116	14.28	-16.20	0
MODEL (2)			
D09A104	3.01	19.39	0
D09A116	5.60	-28.75	0

İstasyonların akım tahminleri, model (5) ve model (6) kullanılarak elde edilmiştir. Model (5) ve model (6)'nın (A/H) kombinasyonu ile olan ilişkisini belirlemek amacıyla lineer regresyon analizleri kullanılmıştır. Aşağıda, model (5) ve model (6) katsayılarının lineer denklemleri gösterilmektedir. Bu denklemler yardımıyla elde edilen  $a_6$ ,  $b_6$ ,  $a_7$  ve  $b_7$  katsayıları Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.22'de gösterilmiştir.

Model (5);

$$a_6 = k_{45} * x + k_{46} \quad (5.17)$$

$$b_6 = k_{47} * x + k_{48} \quad (5.18)$$

Model (6);

$$a_7 = k_{49} * x + k_{50} \quad (5.19)$$

$$b_7 = k_{51} * x + k_{52} \quad (5.20)$$

**Çizelge 5.21.** İstasyonların model (5) katsayıları

			$a_6$	$b_6$
KALİBRASYON	Gözlem & Tahmin	D09A104	2.04	-0.01
		D09A116	100.53	-1.43
VALİDASYON	Gözlem	D09A114	6.45	-0.12
	Tahmin	D09A114	6.17	-0.07

**Çizelge 5.22.** İstasyonların model (6) katsayıları

			$a_7$	$b_7$
KALİBRASYON	Gözlem & Tahmin	D09A104	0.62	-0.08
		D09A116	28.68	-0.09
VALİDASYON	Gözlem	D09A114	1.49	-0.10
	Tahmin	D09A114	1.75	-0.08

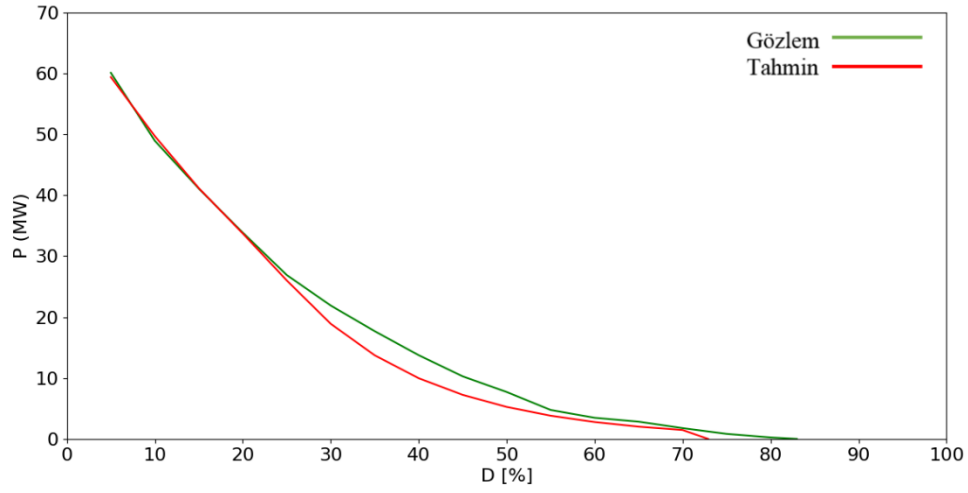
## 6. BULGULAR

İstasyonların akım tahminleri hesaplandıktan sonra debi süreklilik çizgisine su gücü denklemi uygulanarak güç süreklilik çizgileri elde edilmiştir. Güç süreklilik çizgileri Şekil 6.1-6.11’de, hesaplanan güç (MW) değerleri Çizelge 6.1’de sunulmuştur. P (MW) güç değerini, D [%] ise aşılma yüzdesini ifade etmektedir (Şekil 6.1-6.11).

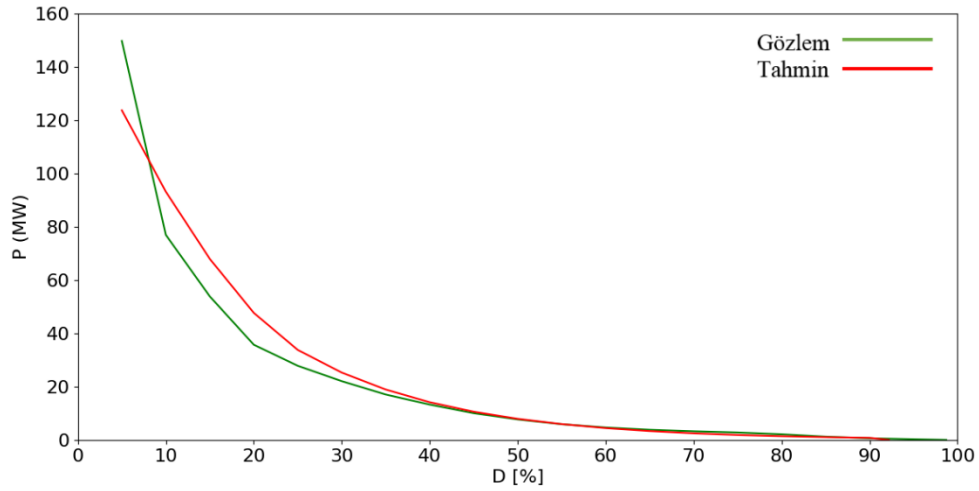
Kuzey bölgesinde D09A060 nolu istasyondaki bulgulara göre tahmin edilen (kırmızı) güç süreklilik çizgisi gözlenen (yeşil) güç süreklilik çizgisine yakın hesaplanmıştır. Aşılma yüzdesi %30-%60 arasında küçük farklılık gözlenmekte olup özellikle kuruma noktası ve güç süreklilik çizgisinin tümü dikkate alındığında tahmin sonuçlarının kabul edilebilir bir mertebede olduğu söylenebilir (Şekil 6.1). D09A086 ve D09A075 nolu istasyonların aşılma yüzdesi %5-%30 arasında farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Kuzey bölgesinde bulunan bu iki istasyonun havza alanlarının büyük olduğu bilinmektedir. Özellikle havza alanı ve pik debiler arasında bir ilişki olduğundan bu farkların bu sebepten kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 6.2, Şekil 6.4). D09A057 nolu istasyonun aşılma yüzdesi %5-%20 arasında iyi tahminler elde edilmiştir. Sadece %20-%40 arasında çok küçük farklılıklar olduğu görülmektedir (Şekil 6.3).

Güneybatı bölgesinde bulunan D09A125 numaralı istasyonun gözlem ve tahmin değerleri arasındaki en büyük farkların %25-%35 aralığındaki aşılma yüzdesinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu aşılma yüzdesi aralığında tahmin edilen güç değerlerinin gözlenen güç değerlerinden daha küçük olduğu görülmektedir (Şekil 6.5). D09A0111 numaralı istasyonun %10-%25 aşılma yüzdesi aralığında tahmin edilen güç değerlerinin gözlenen güç değerlerinden daha büyük olduğu, aşılma yüzdesi %30’dan sonra ise tam tersi olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 6.6). Antalya havzasında bulunan 11 adet kuruyan akarsu arasında en büyük havza alanına sahip (404.60 km<sup>2</sup>) D09A031 numaralı istasyonun aşılma yüzdesi %20-%30 aralığında tahmin edilen ve gözlenen değerler arasında neredeyse hiçbir farkın olmadığı, diğer aşılma yüzdelerinde ise farklılıkların olduğu söylenebilir (Şekil 6.7). D09A106 numaralı istasyonun orta ve düşük güç değerlerinde iyi tahminler elde edilmiş olup, sadece pik güç değerlerinde (aşılma yüzdesi %5-%25) farklılıklar olduğu görülmektedir (Şekil 6.8).

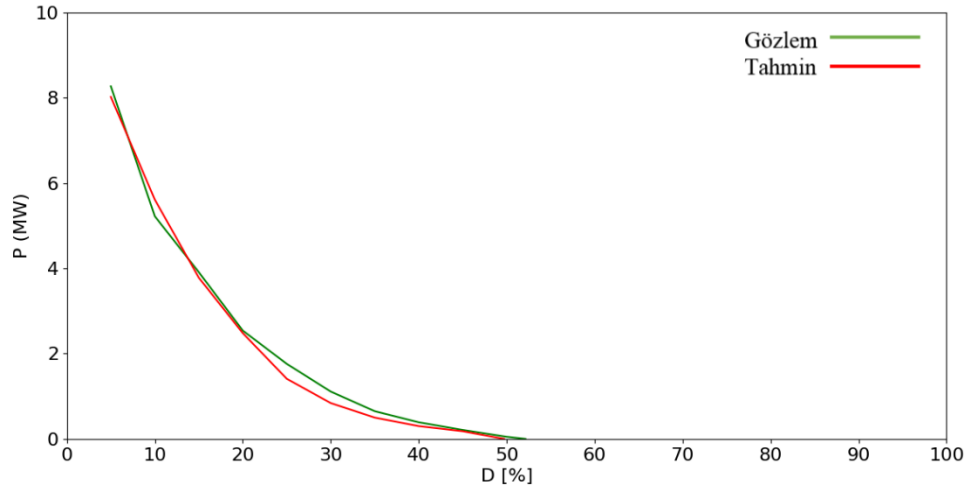
Güneydoğu bölgesinde bulunan D09A104 numaralı istasyonun aşılma yüzdesi %10’dan sonra tahmin edilen güç değerlerinin gözlenen güç değerlerinden daha küçük olduğu, D09A114 numaralı istasyonda ise bu durumun tam tersi olduğu görülmektedir (Şekil 6.9, Şekil 6.11). Bu bölgede en büyük havza alanına sahip (193.90 km<sup>2</sup>) D09A116 numaralı istasyonun tüm aşılma yüzdelerinde ise gözlem ve tahmin değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 6.10). Gözlem süresi 10-25 yıl arasında değişen istasyonların güç süreklilik çizgisi yardımıyla hesaplanan güç (MW) değerleri incelendiğinde, gözlenen ve tahmin edilen güç değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 6.1).



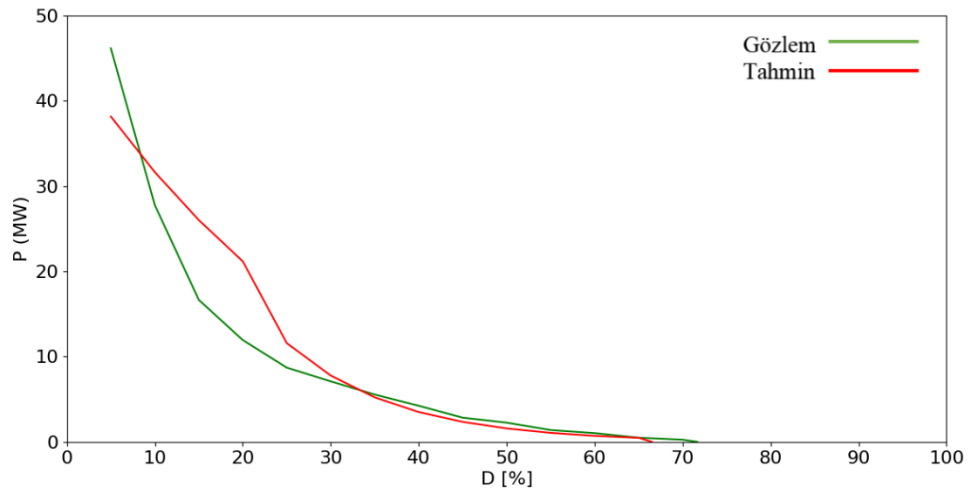
**Şekil 6.1.** D09A060 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Kuzey bölgesi – Kalibrasyon)



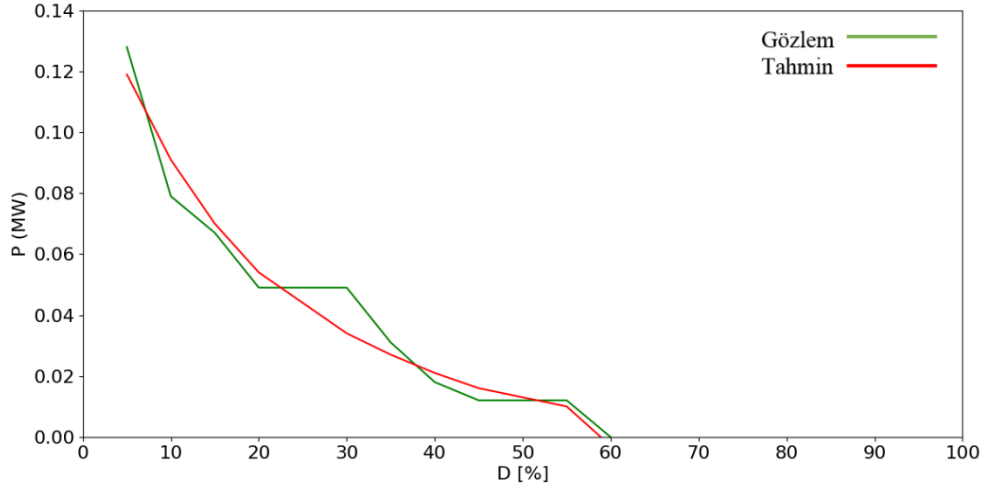
**Şekil 6.2.** D09A086 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Kuzey bölgesi – Kalibrasyon)



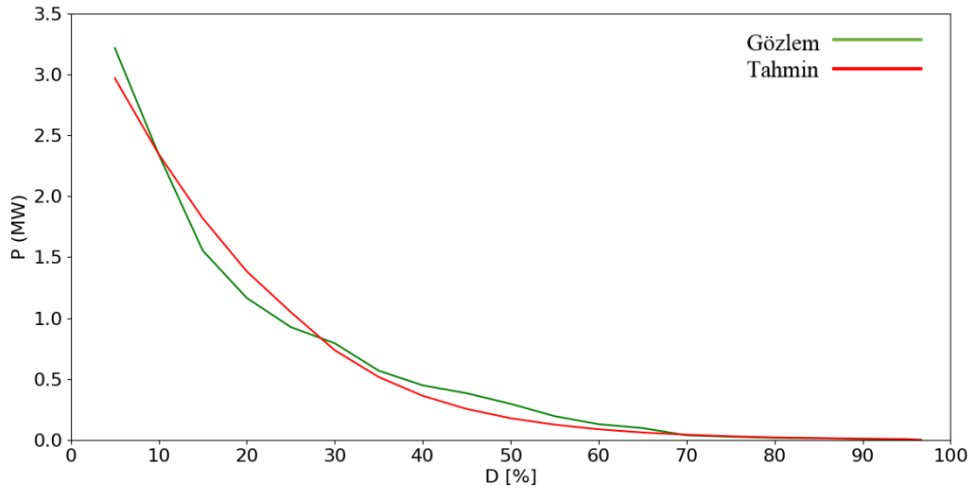
**Şekil 6.3.** D09A057 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Kuzey bölgesi – Kalibrasyon)



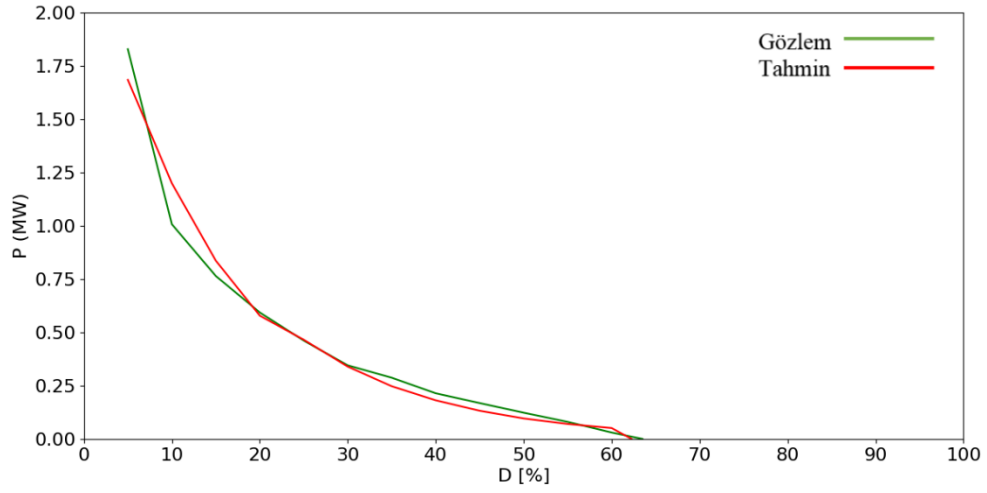
**Şekil 6.4.** D09A075 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Kuzey bölgesi – Validasyon)



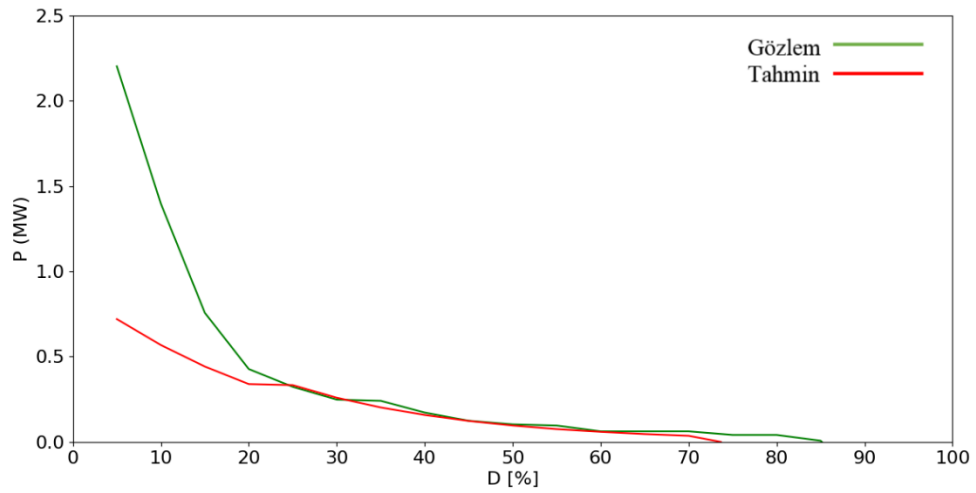
**Şekil 6.5.** D09A125 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneybatı bölgesi – Kalibrasyon)



**Şekil 6.6.** D09A111 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneybatı bölgesi – Kalibrasyon)

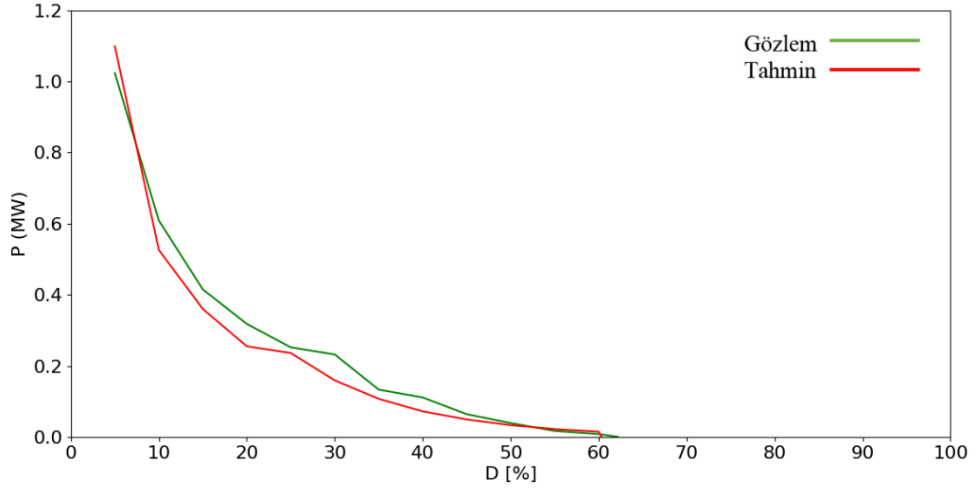


**Şekil 6.7.** D09A031 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneybatı bölgesi – Kalibrasyon)

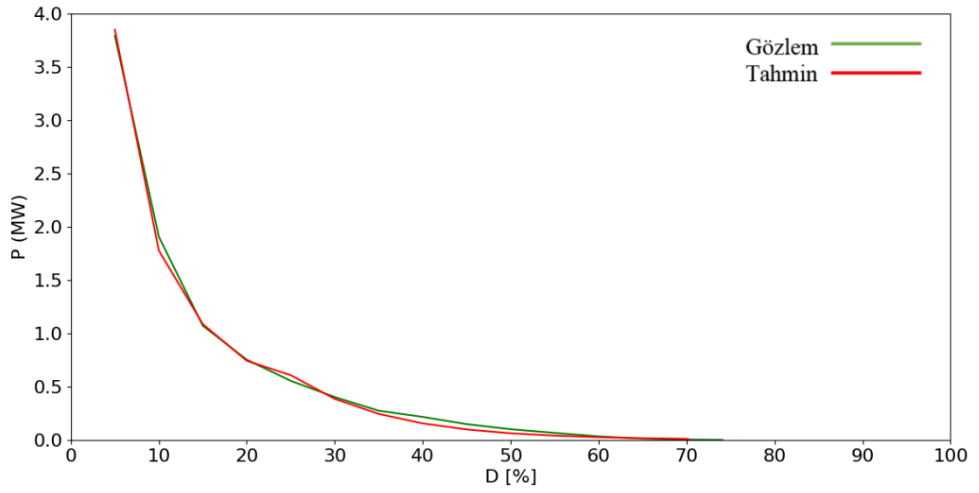


**Şekil 6.8.** D09A106 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneybatı bölgesi – Validasyon)

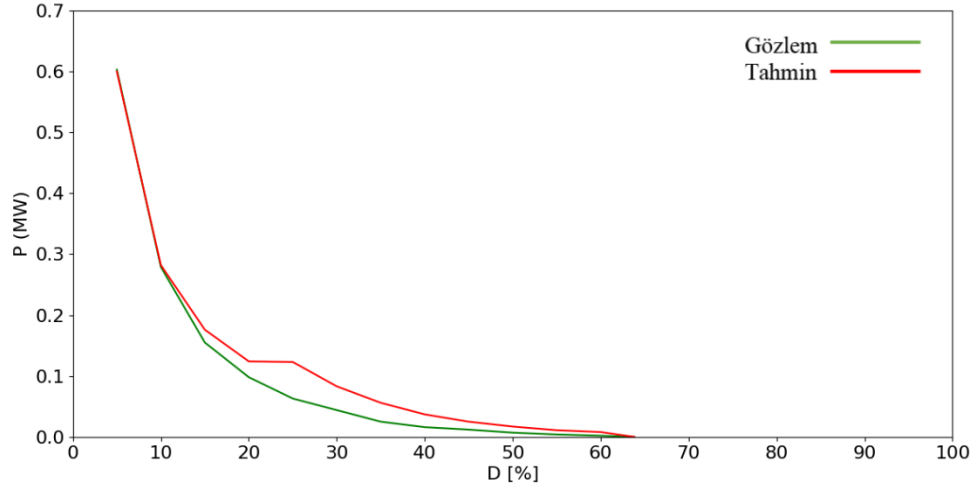




**Şekil 6.9.** D09A104 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneydoğu bölgesi – Kalibrasyon)



**Şekil 6.10.** D09A116 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneydoğu bölgesi – Kalibrasyon)



**Şekil 6.11.** D09A114 numaralı akım gözlem istasyonunun güç süreklilik çizgisi (Güneydoğu bölgesi – Validasyon)

**Çizelge 6.1.** İstasyonların yıllık toplam güç (MW) değerleri

		İstasyon Numarası	Güç (Gözlem)	Güç (Tahmin)	$Q_d$ ( $m^3/s$ )	A ( $km^2$ )	N (yıl)
Kalibrasyon	Kuzey	D09A060	66.49	61.27	2.64	111.20	20
		D09A086	72.74	80.42	5.09	349	25
		D09A057	5.25	5.03	0.26	185	19
	Güneybatı	D09A125	0.20	0.20	0.006	11.60	11
		D09A111	2.53	2.51	0.75	105.80	21
		D09A031	1.92	1.93	1.37	404.60	13
	Güneydoğu	D09A104	0.59	0.52	0.10	12.75	23
D09A116		2.86	2.76	4.30	193.90	13	
Validasyon	Kuzey	D09A075	25.73	30	1.53	989	22
	Güneybatı	D09A106	2.63	1.55	0.07	32.21	10
	Güneydoğu	D09A114	0.31	0.39	0.26	22.54	16

## 7. TARTIŞMA

Kuruyan bir akarsuda kuruma noktası yıldan yıla değişmekte, aynı havza içerisinde farklı akarsu kollarında bulunan akım gözlem istasyonlarında kuruma noktaları büyük değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlik nedeniyle akarsulardaki kuruma noktasının tahmini çok kolay olmamaktadır. Konuyla ilgili literatürde kısıtlı çalışmalar bulunmakta ve bu çalışmalarda akım gözlem istasyonlarının gruplandırılması ve sonrasında her bir grup için bölgesel modeller geliştirildiği gözlenmiştir. Bu çalışmada Antalya havzası coğrafi olarak kuzey, güneybatı ve güneydoğu şeklinde üç gruba ayrılarak bölgesel modeller geliştirilmiştir. Antalya havzasında bulunan tüm istasyonların kuruma noktası model (2) ve regresyon analizleri yardımıyla hesaplanmıştır. Bölgesel model çalışmasında havzadaki değişkenlerin her biri korelasyon analizi ile incelenmiştir. Bu kapsamda birbiriyle yüksek ilişkili olduğu korelasyon analizi ile tespit edilen değişkenler belirlenerek modelin tarafsız olması için ilişkili değişkenler model dışında tutulmuştur. Her bir bölgede regresyon modellerinin uygun değişkenlerini seçerken havza değişken kombinasyonları değerlendirilmiştir. Model hem düşük hem de yüksek kuruma noktasına sahip istasyonların kuruma noktalarını doğru tahmin etmektedir. Hesaplamalar sonucunda %0.01-%13.50 aralığında değişen rölatif hatalar gözlemlenmiştir. Literatürde gözlem ve model arasında %30-40'a kadar olan hataların kabul edilebilir mertebede olduğu ifade edilmektedir (Shao vd. 2009). Ayrıca denklemlerin performansını detaylı bir şekilde incelemek ve en uygun değerlendirme ölçütünü belirlemek amacıyla determinasyon katsayısı ( $R^2$ ), Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), ortalama mutlak hata (MAE), ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE), ortalama karesel hata (MSE), hacimsel hata (VE), güç süreklilik çizgisi yüksek kısmının hatası (BiasPHV), güç süreklilik çizgisi orta eğiminin hatası (SPDC) ve güç süreklilik çizgisi düşük kısmının hatası hesaplanmıştır (BiasPLV) (Çizelge 7.1).

Kalibrasyon istasyonlarının determinasyon katsayısı değerleri ( $R^2$ ) 0.95-0.99 aralığında, validasyon istasyonlarının  $R^2$  değerleri ise 0.89-0.99 aralığında değişmektedir. Hesaplanan  $R^2$  değeri 1'e yaklaştıkça modelden tahmin edilen sonuçların gözleme yakın olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle kalibrasyon ve validasyon istasyonlarında iyi sonuçların elde edildiği söylenebilir. Yüksek güç verilerinin değerlendirilmesinde kullanılan NSE değerlendirme ölçütü,  $R^2$ 'de olduğu gibi 1'e yakın olan bir değer iyi sonuç vermektedir. Kalibrasyon istasyonlarının değerleri 0.94-0.99 aralığında değişmekte olup iyi sonuçların elde edildiği görülmektedir. D09A075 numaralı validasyon istasyonunun NSE değeri 0.87, D09A114 numaralı validasyon istasyonunun NSE değeri ise 0.98 olarak elde edilmiştir. Bu iki istasyonda başarılı sonuçlar elde edildiği düşünülmektedir. Sadece güneybatı bölgesinde bulunan D09A106 numaralı validasyon istasyonunun 0.41 olarak hesaplanan NSE değerinin kötü sonuç verdiği görülmektedir. Güç süreklilik çizgisinin bir bütün olarak değerlendirilmesinde kullanılan MAE değerlendirme ölçütü incelendiğinde, kalibrasyon ile validasyon değerleri sırasıyla 0.001-0.68 ve 0.03-0.44 aralığında değişmektedir. MAE,  $0 \leq MAE \leq \infty$  aralığında değişen ve hesaplanan değer sıfıra yaklaştıkça modelden tahmin edilen sonuçların gözleme yakın olduğu bilinmektedir. Uygulama sonuçlarının kuzey, güneybatı ve güneydoğu bölgelerinde başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. D09A106 numaralı validasyon istasyonunun 0.41 olarak hesaplanan hacimsel hata (VE) değerinin kabul edilebilir mertebede olduğu, diğer bütün istasyonlarda ise sonuçların başarılı olduğu söylenebilir. MAE'de olduğu gibi sıfıra yakın olan VE değeri iyi sonuç vermektedir. NSE gibi yüksek güç verilerinin

değerlendirilmesinde kullanılan BiasPHV değerlendirme ölçütünde %100'e kadar hesaplanan değerler kabul edilebilir mertebededir. Kalibrasyon istasyonları incelendiğinde elde edilen en büyük hatanın -5.38 olduğu, validasyon istasyonlarında gözlenen en büyük hatanın ise -56.72 olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın konusu güç süreklilik çizgisi ile ilgili olduğundan en önemli değerlendirme ölçütünün SPDC olduğu söylenebilir. Herbir bölgedeki kalibrasyon ile validasyon değerleri sırasıyla 1.29-23.14 ve -28.01-16.67 aralığında değişmektedir. BiasPHV'de olduğu gibi %100'e kadar hesaplanan SPDC değerleri kabul edilebilir mertebededir. Düşük güç verilerinin değerlendirilmesinde kullanılan BiasPLV değerlendirme ölçütü incelendiğinde, BiasPLV değeri D09A086 numaralı istasyonda -28.23, D09A111 numaralı istasyonda ise 18.97 olarak hesaplanmıştır. Diğer istasyonlarda hata bulunmamasına rağmen D09A086 ve D09A111 numaralı kalibrasyon istasyonlarında gözlenen hataların yüksek kuruma noktasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 7.1).

**Çizelge 7.1.** İstasyonların güç süreklilik çizgisi değerlendirme ölçütleri

		İstasyon Numarası	R <sup>2</sup>	NSE	MAE	RMSE	MSE	VE
Kalibrasyon	Kuzey	D09A060	0.99	0.99	0.24	0.32	0.10	-0.08
		D09A086	0.95	0.94	0.68	1.25	1.57	0.11
		D09A057	0.99	0.99	0.03	0.04	0.001	-0.04
	Güneybatı	D09A125	0.95	0.95	0.001	0.001	0.000002	-0.01
		D09A111	0.98	0.98	0.08	0.11	0.01	-0.01
		D09A031	0.98	0.98	0.14	0.21	0.05	0.01
	Güneydoğu	D09A104	0.98	0.97	0.01	0.02	0.0003	-0.12
		D09A116	0.99	0.99	0.18	0.24	0.06	-0.04
	Validasyon	Kuzey	D09A075	0.89	0.87	0.44	0.70	0.48
Güneybatı		D09A106	0.88	0.41	0.03	0.07	0.004	-0.41
Güneydoğu		D09A114	0.99	0.98	0.04	0.05	0.003	0.23

Çizelge 7.1'in devamı

		İstasyon Numarası	BiasPHV (%)	SPDC (%)	BiasPLV (%)
Kalibrasyon	Kuzey	D09A060	-0.01	<b>6.28</b>	0
		D09A086	5.13	<b>23.14</b>	-28.23
		D09A057	-0.26	<b>4.99</b>	0
	Güneybatı	D09A125	3.33	<b>21.75</b>	0
		D09A111	2.89	<b>1.29</b>	18.97
		D09A031	2.51	<b>-18.81</b>	0
	Güneydoğu	D09A104	-5.38	<b>-22.12</b>	0
		D09A116	-0.91	<b>-20.91</b>	0
Validasyon	Kuzey	D09A075	14.11	<b>18.76</b>	0
	Güneybatı	D09A106	-56.72	<b>16.67</b>	0
	Güneydoğu	D09A114	4.09	<b>-28.01</b>	0
<b>İYİ</b>					
<b>YETERLİ</b>					
<b>YETERSİZ</b>					

## 8. SONUÇLAR

Akım gözlem istasyonlarının debi süreklilik çizgisi kuruma noktasının belirlenmesi ve güç süreklilik çizgilerinin elde edilmesi amacıyla havzaların sınıflandırılması gerektiği gözlemlenmiştir. Tek bir denklem modelinin tüm nehir havzasını temsil etmek için yeterli olmadığı düşünülmektedir. Literatürde herhangi bir havzada bulunan istasyonlar, havza alanı büyüklüğüne ya da kuruma noktası yüzdesine göre sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmada ise istasyonlar coğrafi bölgeye göre kuzey, güneybatı ve güneydoğu olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır. Kullanılan modeller sonucunda bütün istasyonların kuruma noktası tahminlerinde gözlem ve tahmin değerleri arasında %0.014-%13.5 aralığında değişen çok küçük farklar gözlenmiştir. Yani, kuruma noktası bölgesel havza karakteristiklerinden elde edilebilir. Çalışmada kullanılan değerlendirme ölçütleri güç süreklilik çizgisini değerlendirmede kolaylık sağlamıştır. Model, D09A106 numaralı akım gözlem istasyonunun 0.409 olarak elde edilen NSE değeri dışında bütün değerlendirme ölçütlerinde başarılı sonuçlar vermiştir. Çalışmada havza alanı (A), kot (H) ve yağış (R) parametreleri ile bu parametrelerden elde edilen (A/H), (A/R) ve (H/R) ile birlikte toplamda altı havza parametre değişkeni kullanılmıştır. Kullanılan bu parametrelerin pratik ve kolay temin edilebilir olduğu düşünülmektedir. Antalya havzasında az sayıda kuruyan akarsu bulunduğundan dolayı sadece kuadratik ve lineer regresyon analizleri kullanılmıştır. Havzada toplamda 11 adet kuruyan akarsu gözlemlenmiştir. Kuzey ve güneybatı bölgesinin herbirinde üç adet kalibrasyon istasyonu bulunduğundan bu bölgelerde kuadratik regresyon analizleri, güneybatı bölgesinde ise iki adet kalibrasyon istasyonu bulunması nedeniyle lineer regresyon analizleri kullanılmıştır. Kuruyan akarsuların fazla olduğu havzalarda yapılacak olan çalışmalarda bu iki regresyon analizleri dışında üstel, logaritmik ve kübik regresyon analizleri de kullanılabilir. Kuruma noktası ve akım tahminlerinde kullanılan model (1-6) incelendiğinde, tüm bölgelerde model (2)'nin kuruma noktası tahminlerinde diğer modellere göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Kuzey ve güneybatı bölgesinde bulunan istasyonların yüksek akım tahminlerinin elde edilmesinde model (2)'nin, orta ve düşük akım tahminlerinde ise model (6)'nın daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Güneydoğu bölgesinin orta ve düşük akım tahminleri diğer bölgelerde olduğu gibi model (6) yardımıyla elde edilmesine rağmen, yüksek akım tahminlerinde model (5)'in daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Literatürde akarsularda debi ve güç süreklilik çizgisi, hidroelektrik enerji potansiyeli ve bölgesel model çalışmaları bulunmasına rağmen Antalya havzası kuruyan akarsularında güç süreklilik çizgisi yöntemiyle hidroelektrik enerji potansiyeli belirleme çalışması bulunmamaktadır.

Son olarak, hidroelektrik enerjinin geliştirilmesi, birçok ülkedeki petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak için ideal bir alternatiftir. Bu çalışma, kuruyan akarsularda hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi ve hidroelektrik enerji üretimi için potansiyel su kaynaklarının geliştirilmesi konusunda Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) gibi resmi kurumlara yardımcı olacağı düşünülmektedir. Gelişmeye açık bir konu olan kuruyan akarsularda güç süreklilik çizgisi modelinde havza eğimi ve akarsu uzunluğu gibi farklı değişkenler ile bu parametrelerin kombinasyonları kullanılabilir. Çalışmada önerilen model, pratik ve denklemde az değişkene sahip olduğundan aynı zamanda başarılı sonuçlar verdiği için yaygın bir şekilde kullanılması beklenmektedir.

## 9. KAYNAKLAR

- Ağralıoğlu, N., Cıgızoğlu, H. K., Yılmaz, L., Coşkun, G., Aksoy, H., Toprak F. Z., Eriş, E., Algancı, U., Andiç, G., Usta G., Beşiktaş, M., Ülken, İ. 2009. Akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında teknik hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi. Program Kodu: 1001, Proje No: 106M043.
- Arora, M., Goel, N. K., Singh, P., & Singh, R. D. 2005. Regional flow duration curve for a Himalayan river Chenab. *Nordic Hydrology*, 36(2), 193–206.
- Arthur, E., Anyemedu, F. O. K., Gyamfi, C., Asantewaa - Tannor, P., Adjei, K. A., Anornu, G. K., & Odai, S. N. 2020. Potential for small hydropower development in the Lower Pra River Basin, Ghana. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 32.
- Ayaz, E., 2009. Solaklı havzasında aylık ve yıllık debi süreklilik eğrilerinin normalleştirme yöntemiyle incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Baltas, E. A. 2012. Development of a regional model for hydropower potential in western Greece. *Global Nest Journal*, 14(4), 442–449.
- Berhanu, B., Seleshi, Y., Demisse, S. S., & Melesse, A. M. 2015. Flow regime classification and hydrological characterization: A case study of Ethiopian rivers. *Water (Switzerland)*, 7(6), 3149–3165.
- Boscarello, L., Ravazzani, G., Cislighi, A., & Mancini, M. 2016. Regionalization of Flow-Duration Curves through Catchment Classification with Streamflow Signatures and Physiographic–Climate Indices. *Journal of Hydrologic Engineering*, 21(3).
- Bozchaloei, S. K., & Vafakhah, M. 2015. Regional Analysis of Flow Duration Curves Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *Journal of Hydrologic Engineering*, 20(12).
- Burgan, H. I., & Aksoy, H. 2022. Daily flow duration curve model for ungauged intermittent subbasins of gauged rivers. *Journal of Hydrology*, 604.
- Castellarin, A. 2014. Regional prediction of flow-duration curves using a three-dimensional kriging. *Journal of Hydrology*, 513, 179–191.
- Castellarin, A., Camorani, G., & Brath, A. 2007. Predicting annual and long-term flow-duration curves in ungauged basins. *Advances in Water Resources*, 30(4), 937–953.
- Castellarin, A., Vogel, R. M., & Brath, A. 2004. A stochastic index flow model of flow duration curves. *Water Resources Research*, 40(3).
- Costa, V., Fernandes, W., & Naghettini, M. 2014. Regional models of flow-duration curves of perennial and intermittent streams and their use for calibrating the parameters of a rainfall–runoff model. *Hydrological Sciences Journal*, 59(2), 262–277.
- Costa, V., Fernandes, W., & Starick, Â. 2020. Identifying Regional Models for Flow Duration Curves with Evolutionary Polynomial Regression: Application for Intermittent Streams. *Journal of Hydrologic Engineering*, 25(1).

- Crawford, N.H.; Thurin, S.M. 1981. *Hydrologic Estimates for Small Hydroelectric Projects*; Small Decentralized Hydropower Program, International Programs Division, National Rural Electric Cooperative Association: Washington, DC, USA.
- de Oliveira, V. A., de Mello, C. R., Viola, M. R., & Srinivasan, R. 2017. Assessment of climate change impacts on streamflow and hydropower potential in the headwater region of the Grande river basin, Southeastern Brazil. *International Journal of Climatology*, 37(15), 5005–5023.
- Fujimura, K., Murakami, M., Iseri, Y., & Kanae, S. 2014. Application of a hydrological model to evaluate the potential hydro energy in a mountainous small river basin of Japan. In *IAHS-AISH Proceedings and Reports* (Vol. 363, pp. 431–436). Copernicus GmbH.
- Guiamel, I. A., & Lee, H. S. 2020. Potential hydropower estimation for the Mindanao River Basin in the Philippines based on watershed modelling using the soil and water assessment tool. *Energy Reports*, 6, 1010–1028.
- Hashmi, M. Z., & Shamseldin, A. Y. 2014. Use of Gene Expression Programming in regionalization of flow duration curve. *Advances in Water Resources*, 68, 1–12.
- Jung, S., Bae, Y., Kim, J., Joo, H., Kim, H., & Jung, J. 2021. Analysis of small hydropower generation potential: (1) estimation of the potential in ungaged basins. *Energies*, 14(11).
- Li, M., Shao, Q., Zhang, L., & Chiew, F. H. S. 2010. A new regionalization approach and its application to predict flow duration curve in ungauged basins. *Journal of Hydrology*, 389(1–2), 137–145.
- Mendicino, G., & Senatore, A. 2013. Evaluation of parametric and statistical approaches for the regionalization of flow duration curves in intermittent regimes. *Journal of Hydrology*, 480, 19–32.
- Mimikou, M., & Kaemaki, S. 1985. Regionalization of flow duration characteristics. *Journal of Hydrology*, 82(1–2), 77–91.
- Mohor, G. S., Rodriguez, D. A., Tomasella, J., & Siqueira Júnior, J. L. 2015. Exploratory analyses for the assessment of climate change impacts on the energy production in an Amazon run-of-river hydropower plant. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 4(PB), 41–59.
- Quimpo, R. G., Alejandrino, A. A., & McNally, T. A. 1983. Regionalized Flow Duration for Philippines. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 109(4), 320–330.
- Reichl, F., & Hack, J. 2017. Derivation of flow duration curves to estimate hydropower generation potential in data-scarce regions. *Water (Switzerland)*, 9(8).
- Rianna, M., Efstratiadis, A., Russo, F., Napolitano, F., & Koutsoyiannis, D. 2013. A stochastic index method for calculating annual flow duration curves in intermittent rivers. *Irrigation and Drainage*, 62(S2), 41–49.
- Shao, Q., Zhang, L., Chen, Y. D., & Singh, V. P. 2009. A new method for modelling flow duration curves and predicting streamflow regimes under altered land-use conditions. *Hydrological Sciences Journal*, 54(3), 606–622.



- Singh, R. D., Mishra, S. K., & Chowdhary, H. 2001. Regional Flow-Duration Models for Large Number of Ungauged Himalayan Catchments for Planning Microhydro Projects. *Journal of Hydrologic Engineering*, 6(4), 310–316.
- Spanoudaki, K., Dimitriadis, P., Varouchakis, E. A., & Corzo Perez, G. A. 2022. Estimation of Hydropower Potential Using Bayesian and Stochastic Approaches for Streamflow Simulation and Accounting for the Intermediate Storage Retention. *Energies*, 15(4).
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. 2016. Antalya Havzası Taşkın Yönetim Planı. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. 2018. Antalya Havzası Kuraklık Yönetim Planı. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Thin, K. K., Zin, W. W., San, Z. M. L. T., Kawasaki, A., Moiz, A., & Bhagabati, S. S. 2020. Estimation of run-of-river hydropower potential in the myitnge river basin. *Journal of Disaster Research*, 15(3), 267–276.
- Vaheddoost, B., Yilmaz, M. U., & Safari, M. J. 2023. Estimation of flow duration and mass flow curves in ungauged tributary streams. *Journal of Cleaner Production*, 409, 137246.
- Viola, F., Noto, L. V., Cannarozzo, M., & La Loggia, G. 2011. Regional flow duration curves for ungauged sites in Sicily. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(1), 323–331.
- Yankey, B. E., Gyamfi, C., Arthur, E., Dekongmen, B. W., Asantewaa-Tannor, P., Tawiah, J. K., & Mends, L. G. 2023. Small hydropower development potential in the Densu River Basin, Ghana. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 45.
- Yu, P.-S., Yang, T.-C., & Wang, Y.-C. 2002. Uncertainty Analysis of Regional Flow Duration Curves. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 128(6), 424–430.

## 10. EKLER

### EK A: Debi ve güç süreklilik çizgilerinin Python kodu

```

import pandas as pd
import numpy as np
x1 = pd.read_excel(r'C:\Users\USER\Desktop\Veriler.xlsx')
print(x1)
a = np.array([x1])
print(a)
b = list(a)
print(b)
c = a.ravel()
print(c)
d = list(c)
print(d)

newlist = [x for x in d if np.isnan(x) == False]
print(newlist)

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

veriler = np.array(newlist)
sort = np.sort(veriler)[::-1]
exceedence = np.arange(1, len(sort)+1) / len(sort)
plt.plot(exceedence*100, sort)
plt.xlim(0,100)
plt.xticks(np.arange(0,101, step=20))
plt.xticks(fontsize=14)
plt.yticks(np.arange(0,10**5, step=10**1))
plt.yticks(fontsize=14)
plt.yscale('log')
plt.xlabel("AŞILMA YÜZDESİ [%]", fontsize=14)
plt.ylabel("DEBİ ($m^3$/s)", fontsize=14)
plt.grid()
plt.show()

veriler = np.array(newlist)*9.8*0.7*90
sort = np.sort(veriler)[::-1]
exceedence = np.arange(1, len(sort)+1) / len(sort)
plt.plot(exceedence*100, sort, color='g')
plt.xlim(0,100)
plt.xticks(np.arange(0,101, step=20))
plt.xticks(fontsize=14)
plt.yticks(np.arange(0,10**5, step=10**1))
plt.yticks(fontsize=14)
plt.yscale('log')
plt.xlabel("AŞILMA YÜZDESİ [%]", fontsize=14)
plt.ylabel("GÜÇ (kW)", fontsize=14)
plt.grid()
plt.show()

```

## ÖZGEÇMİŞ

**Turan ALAKBAR**

**turan-aliekberov@mail.ru**



### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2021-2023	Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016-2021	Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Antalya