

#### Öne Çıkan Sonuçlar:

- Antalya bölgesindeki yağışölçerlere ait yağışların olasılık dağılım fonksiyonları birbirinden farklıdır.
- Bir yağışölçerin uzun ve kısa süreli yıllık yağışlarına ait olasılık dağılım fonksiyonlarının birbirinden farklı olma ihtimali yüksektir.
- Yağış kayıtlarının son zamanlarındaki gidişatı, proje yağışı hesaplarının değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır.

#### Yazışma yazarı:

İhtişam Bozkurt BALCI,  
bihtisam@gmail.com.tr

#### Referans:

Balci, İ.B., Çimen, M., (2020), Antalya Bölgesinde Gözlenmiş Yıllık Maksimum Yağışların İstatistiksel Analizi, Su Kaynakları, 5, (2) 16–23

Makale Gönderimi : 28 MAYIS 2020  
Online Kabul : 24 AĞUSTOS 2020  
Online Basım : 25 EYLÜL 2020

İhtişam Bozkurt Balcı<sup>1</sup>, Mesut Çimen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 32260 Isparta, Türkiye. ORCID: 0000-0003-4791-7898

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta, Türkiye. ORCID: 0000-0003-4564-2384

**Özet** Akdeniz iklim kuşağında bulunan ve tarımsal üretimde en yüksek paya sahip olan Antalya ili yağışlarında meydana gelen düzensizlikler başta seralar ve meyve bahçeleri olmak üzere milyonlarca lira hasara ve hatta can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Yağışlardaki bu düzensizlikler, tarımsal faaliyetlerin yanı sıra, planlanan su yapıları, şehir drenaj şebekeleri ile çeşitli yol ve hidrolik yapılar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Muhtemel taşkınların büyüklüğü ve onun kontrolü açısından ekstrem yağışların değerlendirilmesi ve taşkınların büyüklükleri ile meydana gelme frekanslarının güvenilir bir biçimde tahmin edilmesi gerekmektedir. Çalışmada, çeşitli yinelenme sürelerindeki yağış yüksekliklerinin tahmininde hidroloji alanında sıklıkla kullanılan 6 olasılık dağılım fonksiyonu (Normal, 2 ve 3 parametrelili Log-normal, Gumbel, Pearson Tip-3 ve Log-Pearson Tip-3) kullanılmış ve bu dağılımların sonuçlarının uygunluğu, uyum doğruluğu yöntemlerinden biri olan Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi ile kontrol edilmiştir. Böylece, Antalya ili ve bölgesindeki her bir meteoroloji istasyonuna ait çeşitli tekerrür sürelerindeki yağış miktarları belirlenmiş ve bölgeye ait genel bir değerlendirme yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yağış, Şiddet, Süre, Frekans, Antalya

## Statistical Analysis of Annual Maximum Precipitations in Antalya Region

**Abstract** Irregularities occurring in the precipitation of Antalya, which is in the Mediterranean climate zone and has the highest share in agricultural production, cause millions of lira damage and even loss of life and property, especially greenhouses and orchards. These irregularities in precipitation cause negative effects on agricultural activities as well as planned water structures, city drainage networks and various road and hydraulic structures. In terms of the size and control of the possible floods, extreme precipitations should be evaluated and the magnitude and frequency of the floods should be reliably estimated. In the study, 6 probability distribution functions (Normal, 2 and 3 parameters Log-normal, Gumbel, Pearson Type-3 and Log-Pearson Type-3) which are frequently conducted in the field of hydrology are used to estimate precipitation heights at various recurrence times and the appropriateness of the results of these distributions is checked with the Kolmogorov-Smirnov (KS) test which is one of the goodness-of-fit methods. Thus, precipitation amounts in various recurrence periods of each station in the region of Antalya are determined and a general evaluation is done for the region.

**Keywords:** Rainfall, Intensity, Duration, Frequency, Antalya

### 1. Giriş

Küresel ısınmanın bir sonucu olarak meydana gelen ekosistemdeki bozulma, günümüz dünyanın neredeyse en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Küresel çapta bir ısı artışı, buzulların erimesi, deniz suyu seviyesinde yükselme ve yağışlardaki düzensizlikler bu problemlerin varlığını gözler önüne sermektedir. Son yıllarda, dünyadaki iklim değişikliğine ilişkin bulgular artarken, ülkeler iklim değişikliğinin olası olumsuz etkilerinin önlenmesi konusunda bilimsel çalışmalara ağırlık vermişlerdir. Yapılan bu çalışmalarda, yağışlarda gözlenen değişimlerden yola çıkarak iklimin hangi yönde değişmekte olduğuna ilişkin önemli bulgular elde edilmesine imkân sağlamaktadır.

Su kaynaklarının doğru kullanılabilmesi ve yapılacak olan su yapılarının doğru projelendirilip doğru yürütülebilmesi için birçok parametrenin (yağış, akış, sızma, yeraltı suyu, buharlaşma, bitki örtüsü, vb)

doğru analiz edilip etkisinin iyi bir şekilde irdelenmesi gerekmektedir. Yağış ta bu parametrelerin en önemlilerinden bir tanesidir (Saplıoğlu ve Çimen, 2010). Yağış rastgele karakterde olan bir hidrolojik olay olduğu için, yağışın boyutu ile olasılığı arasındaki ilişki frekans analizi ile tahmin edilebilmektedir (Yavuz, 2018). Frekans analizinin öncelikli amacı olasılık dağılımlarını kullanarak ekstrem olayların büyüklükleri ile ortaya çıkma sıklıklarını ilişkilendirmektir (Chow ve diğ., 1988). Sağanaklar ve bunların sonucu olan taşkınlar gibi ekstrem olaylar, binlerce insanın ölümüne sebep olabileceği gibi, milyonlarca liralık ta maddi hasara sebep olabilmektedir. Ekstrem kurak akımlar ve kirlenmeler de ekonomik, sosyal ve çevresel etkilere yol açabilirler. Hidrolojik çalışmalar ile bu tip olayların ortaya çıkma olasılığı veya yinelenme durumu araştırılmalıdır (Aşıkoğlu, 2017). Hidrolojik olaylar, birçok faktörün etkisi altında meydana geldiği için rastgele bir özellik göstermektedir. Bu nedenle, yağış sistemlerinde herhangi bir değişikliğe bağlı olarak ortaya çıkan kurak veya aşırı yağışlı hava olayları küresel ya da bölgesel ölçekte homojen bir dağılım göstermemektedir (Okman, 1994).

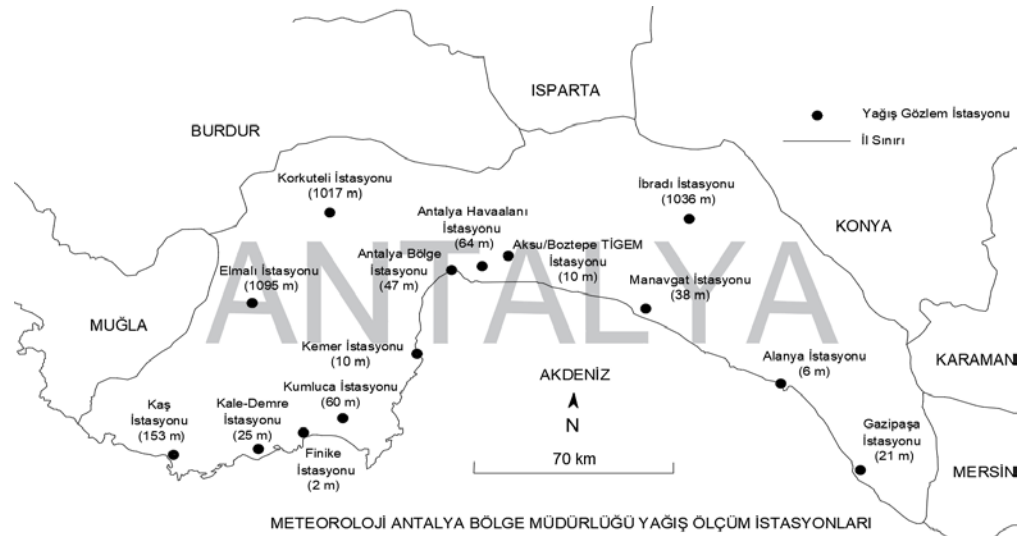
Hidrolojik verilerin hesaplanmasında, değişkenler arasındaki matematiksel bağıntıların kurulduğu deterministik yöntemlerle ya da değişkenlerin istatistik yöntemlerle analizi kullanılır (Albostan ve Önsöz, 2015). Ancak ekstrem olaylar birçok etkene bağlı olarak meydana geldiğinden, bu olayların gelecekteki miktarlarının tahmini zor olmaktadır. Bu nedenle, hidrolojik olayların gelecekteki miktarlarının tahmininde istatistiksel analizlerden yararlanılmaktadır (Anlı ve diğ., 2009). Hidroloji bilim alanında kullanılan istatistiksel analizler, verinin özetlenerek anlamlı bir şekilde ifade edilmesi ve gözlenen olayların temelini oluşturan karakteristiklerin saptanması ile bunların gelecekteki davranışları hakkında tahminler yapmak için uygulanır (Anlı, 2009).

Bu çalışmada, Antalya bölgesindeki yağış gözlem istasyonlarında kaydedilmiş yıllık maksimum yağışlar ele alınarak, bölgedeki yağışların genel özellikleri ile yağışların istatistiksel dağılımları ve bu dağılımlardan elde edilen çeşitli yinelenme sürelerine ait yağış büyüklükleri araştırılmış ve sonuçta, bölgesel bir analiz yapılmaya çalışılmıştır.

## 2. Çalışma Alanı ve Metod

Antalya İli Türkiye'nin güneybatısında 29°20'-32°35' doğu boylamları ile 36°07'-37°29' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Güneyinde Akdeniz ve kuzeyinde denize paralel uzanan Toroslar ile çevrili olup, doğusunda İçel, Konya ve Karaman, kuzeyinde Isparta ve Burdur, batısında ise Muğla illeri ile komşudur. İlin yüzölçümü 20,815 km<sup>2</sup> kadardır. Bu miktar, Türkiye yüzölçümünün %2,6'sı kadarına karşılık gelmektedir. Akdeniz Bölgesi'nin batısında bulunan Antalya ili, bölge yüzölçümünün ise %17,6'sını oluşturmaktadır (Sarı, 2010).

Bu çalışmada Antalya ve bölgesinde bulunan ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen 14 adet yağış gözlem istasyonundan 2018 tarihine kadar elde edilen ve kayıt süresi 14 ile 90 yıl arasında değişen yıllık maksimum yağış dizileri kullanılmıştır. Çalışmada göz önüne alınan istasyonların çoğu deniz seviyesine yakın olup sadece 3 tanesi deniz seviyesinden yaklaşık olarak 1000 metre yüksekliktedir (Şekil 1). İstasyonlara ait coğrafik bilgiler ile yıllık ortalama yağış yüksekliğine dair bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve yağış istasyonlarının yerleşimi.

Tablo 1. Antalya ili yağış gözlem istasyonları ve özellikleri.

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem (K)	Boylam (D)	Rakım (m)	Gözlem Süresi (yıl)	Ortalama Yıllık Yağış Yüksekliği (mm)
17895	Aksu/Boztepe TİGEM	36°56'22"	30°53'53"	10	14	743,7
17310	Alanya	36°33'03"	31°58'49"	6	78	946,9
17302	Antalya Bölge	36°53'06"	30°40'58"	47	14	848,6
17300	Antalya Havaalanı	36°54'23"	30°47'56"	64	90	1062,7
17952	Elmalı	36°44'14"	29°54'44"	1095	61	484,8
17375	Finike	36°18'09"	30°08'45"	2	59	945,7
17974	Gazipaşa	36°16'18"	32°18'16"	21	49	806,4
17927	İbradı	37°05'49"	31°35'43"	1036	14	1769,1
17970	Kale-Demre	36°14'32"	29°58'44"	25	37	763,6
17380	Kaş	36°12'01"	29°39'01"	153	55	651,2
17953	Kemer	36°35'39"	30°34'02"	10	14	816,5
17926	Korkuteli	37°03'23"	30°11'28"	1017	51	382,6
17951	Kumluca	36°21'53"	30°17'52"	60	14	741,4
17954	Manavgat	36°47'22"	31°26'28"	38	60	1099,0

## 2.1 Yağışların olasılık dağılım fonksiyonları

Rastgele değişkenlere ait gözlenmiş örneklerden elde edilen frekans dağılımlarındaki mevcut bilgiyi ortaya çıkarmak için bu dağılımlara analitik ifadeleri belli olan olasılık dağılım fonksiyonları uydurmak gerekir. Hidroloji alanında sıklıkla kullanılan ve yine bu çalışmada da olduğu gibi, Antalya bölgesi yağışlarının çeşitli frekanslarındaki yağış miktarlarını elde etmek için Normal, Log-normal, Gumbel, Gamma, Pearson Tip-3 ve Log-Pearson Tip-3 olasılık dağılım fonksiyonları kullanılmıştır (Benjamin ve Cornel, 1970; Şen, 2002; Bayazit, 2005).

Normal (N) dağılım, Gauss dağılımı olarak da bilinir ve hidrolojik değişkenlerin istatistiksel analizinde en çok kullanılan dağılımlardan birisidir. Bu dağılımı ifade eden olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 1'de verilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Burada  $\mu$  ve  $\sigma$  normal dağılımın ( $x$  rastgele değişkenin) ortalamasını ve standart sapmasını göstermektedir.

Log-normal (LN) dağılım, bir tarafa doğru çarpık bir dağılımdır ve dağılımın sağ tarafı sonsuza gider. Log-normal dağılım hidrolojide sıklıkla kullanılmakta olup, dönüşüme ait normal dağılımın ortalaması ve standart sapması gibi yine sadece iki parametresi olduğu için faydalı bir dağılımdır.  $x$  değişkeninin sıfır olmayan bir alt sınırı varsa ve bu alt sınır yeni bir parametre olarak buna 3 parametrelili Log-normal dağılım denir. Bu dağılımı ifade eden fonksiyon Denklem 2'de verilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{(x-a)\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x-a)-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}}, \quad x>0 \quad (2)$$

Burada  $a$  rastgele değişkenin pozitif minimum (eşik) değeri,  $\mu_y$  ve  $\sigma_y$  ise  $\ln(x-a)$  değişkeninin ortalaması ve standart sapmasıdır.

Gumbel (G) dağılımı, tekrarlanan değişkenlerdeki en küçük veya en büyük değerlerin dağılımlarını göz önüne alarak uç (ekstrem) değerler teorisini ifade eder. Gumbel dağılımının (Genelleştirilmiş Ekstrem Değer dağılımı Tip-I) olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 3'teki gibi yazılabilir.

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-(z+e^{-z})} \quad (3)$$

Burada  $\beta$  sabit bir sayı olmak üzere,  $Z = \frac{x-\mu}{\beta}$ 'dir.

Gamma (GA) dağılımı, hidrolojide çok kullanılan çarpık dağılımlardan birisidir. Genellikle 2 ya da 3 parametrelili Gamma dağılımları göz önüne alınır. 2 parametrelili Gamma dağılımına ait olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 4'te verilmiştir.

$$f(x) = \frac{x^{b-1}}{a^b \Gamma(b)} e^{-\frac{x}{a}} \quad (4)$$

Burada  $a > 0$  ve  $b > 0$  sırasıyla ölçek ve şekil parametreleri olup, Gamma fonksiyonu  $\Gamma(b) = (b - 1)!$ 'dir.

Pearson Tip-3 (P3) dağılımı, daima pozitif çarpıklığa sahip 3 parametrelili bir dağılımdır. Şekil parametresi  $+\infty$ 'a giderken, dağılımın çarpıklığı simetrik olur ve normal dağılıma dönüşür. Dağılıma ait olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 5'te verilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{a \Gamma(b)} \left(\frac{x-c}{a}\right)^{b-1} e^{-\frac{x-c}{a}} \quad (5)$$

Burada  $a > 0$ ,  $b > 0$  ve  $0 < c < x$  sırasıyla ölçek, şekil ve konum parametreleridir.

Log-Pearson Tip-3 (LP3) dağılımı, sol tarafından sınırlı çarpık bir dağılımdır. Çarpıklık katsayısı uç olaylara hassas olduğu için, bu dağılımın küçük örneklemelerde kullanılması uygun değildir. Çarpıklık katsayısı sıfır olduğunda Log-normal dağılıma dönüşür. Bu dağılımı ifade eden olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 6'da gösterilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{ax \Gamma(b)} \left(\frac{\ln x - c}{a}\right)^{b-1} e^{-\frac{\ln x - c}{a}} \quad (6)$$

Burada  $a > 0$ ,  $b > 0$  ve  $0 < c < \ln x$  sırasıyla ölçek, şekil ve konum parametreleridir.

## 2.2 Uygunluk Testi

Dağılımların gözlemlere uygunluğunu kontrol etmek için, bu çalışmada Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi uygulanmıştır. Bu test, gözlenen bir verinin istatistiksel bir metot ile bulunan dağılım sonucunun uygunluğunu kontrol etmek için uygulanır. Kolmogorov-Smirnov testinde, öncelikle gözlenen  $N$  adet veriden oluşan serinin elemanları küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sonra, verinin her bir  $x_i$  elemanına ait örnek (ampirik) dağılım fonksiyonunun değeri  $F(x_i)$  hesaplanır.  $H_0$  hipotezinde göz önüne alınan teorik olasılık dağılım fonksiyonundaki beklenen olasılıklar ( $F_0(x_i)$ ), her bir  $x_i$  değerleri için bulunur. Ampirik dağılım fonksiyonu ile teorik dağılım fonksiyonu arasındaki mutlak farklar ( $\Delta$ ) hesaplanarak en büyüğü bulunur. Kolmogorov-Smirnov testi için tablo halinde düzenlenmiş olan ve örnek sayısı ( $N$ ) ile çeşitli önem (anlamlılık) düzeylerine ( $\alpha$ ) göre belirlenmiş değerden ( $\Delta_{K-S}$ ) küçükse seçilen olasılık dağılım modeli kabul edilir. Bu yöntemin matematiksel ifadesi Denklemler 7 ve 8'de verilmiştir.

$$F(x_i) = \frac{i}{N} \quad (7)$$

$$\text{Max } \Delta = |F(x_i) - F_0(x_i)| \quad (8)$$

## 3. Bulgular

Antalya bölgesindeki 14 adet yağış gözlem istasyonunda kaydedilmiş minimum ve maksimum yağış verileri ile bu istasyonların kaydedilmiş yıllık yağış dizilerine ait bazı istatistiksel parametreleri Tablo 2'de verilmiştir. Çalışma alanındaki 9 istasyona ait veri uzunluğunun 30 yılın üzerinde olduğu (Alanya 78 yıl, Antalya Havaalanı 90 yıl, Elmalı 61 yıl, Finike 59 yıl, Gazipaşa 49 yıl, Kale-Demre 37 yıl, Kaş 55 yıl, Korkuteli 51 yıl, Manavgat 60 yıl) ve diğer 5 istasyonda ise (Aksu/Boztepe TİGEM, Antalya Bölge, İbradı, Kemer, Kumluca) sadece 14 yıl olduğu belirtilmelidir.

Tablo 2'de belirtilen istasyonlarda kaydedilmiş minimum ve maksimum yıllık toplam yağış değerlerine bakıldığında en az yağışın Korkuteli istasyonunda (188,2 mm), en fazla yağışın ise İbradı (2681,6 mm) istasyonunda ölçüldüğü görülmektedir. Yıllık ortalama yağış değerleri incelendiğinde ise, en az yağış ortalamasına Korkuteli'nin (382,6 mm) olduğu, buna karşın en çok yağış ortalamasına ise İbradı'nın (1769,1 mm) olduğu belirtilmelidir. Her bir istasyondaki minimum ve maksimum yağış değerleri arasındaki farklara bakıldığında ise, en az yağış farkının 516,6 mm ile Kumluca

istasyonunda, en fazla yağış farkının ise 1691,4 mm ile İbradı istasyonunda hesaplanmıştır. İstasyonlardaki yağış farklarının, istasyonların yağış ortalamalarına göre hesaplanmış yüzdelik değişimlerinde ise, en az değişimin %69,7 ile Kumluca istasyonunda olurken, en çok değişimin %165,4 ile Korkuteli istasyonunda olduğu bulunmuştur. Antalya bölgesi istasyonlarının yağış dizilerine ait en küçük lineer standart sapmanın 107,8 mm ile Korkuteli istasyonunda, en büyük lineer sapmanın ise 492,4 mm ile İbradı istasyonunda olduğu belirlenmiştir. Logaritmik sapma miktarlarına bakıldığında ise, en küçük logaritmik sapmanın 0,10 ile Kumluca istasyonunda, en büyük logaritmik sapmanın ise 0,19 ile Aksu/Boztepe TİGEM istasyonunda olduğu görülmektedir. Lineer çarpıklık katsayıları incelendiğinde ise, Antalya Bölge ve Kumluca istasyonlarında lineer çarpıklık katsayısı -0,01 (sola çarpık) iken, diğer istasyonlar sağa çarpık olup en büyük lineer çarpıklık 1,26 ile Korkuteli istasyonunda hesaplanmıştır. Gazipaşa istasyonunda ise logaritmik çarpıklık katsayısı 0,15 olarak belirlenirken, diğer istasyonlarda logaritmik çarpıklık değerleri negatif elde edilmiştir.

Uzun süreli kaydı bulunan bu 9 istasyonun son 14 yılına ait (2005-2018) yağış ortalamaları ile Tablo 2 'de verilen uzun süreli yağış ortalamaları kıyaslandığında, Alanya istasyonundaki yağış ortalamasında %4,9 'luk bir artış belirlenirken, diğer istasyonlarda (Antalya Havaalanı %11,3, Elmalı %4,8, Finike %1,5, Gazipaşa %6,8, Kale-Demre %0,7, Kaş %2,1, Korkuteli %1,2 ve Manavgat %2,6) bir azalmanın olduğu bulunmuştur. Bu oranlar, özellikle Alanya istasyonundaki yıllık yağış miktarının yaklaşık 46 mm artmasını, buna karşın Antalya Havaalanı'nda 120 mm ve Gazipaşa'da 55 mm olmak üzere yıllık yağış yüksekliğindeki azalışları göstermektedir. Bu rakamlar, son yıllarda Antalya bölgesindeki yağış değişiminin önemli düzeylerde olduğuna işaret etmektedir.

**Tablo 2. Antalya bölgesindeki istasyonlarda kaydedilmiş yağış dizilerinin bazı istatistiksel özellikleri.**

Yağış İstasyonu	Min. Yağış (mm)	Maks. Yağış (mm)	Lin. Ort.	Lin. Stand. Sapma	Lin. Çarpık. Katsay.	Log. Ort.	Log. Stand. Sapma	Log. Çarpık. Katsay.
Aksu/Boztepe TİGEM	327,0	1367,8	743,7	306,8	0,50	2,84	0,19	-0,31
Alanya	538,3	1770,4	946,9	437,0	0,47	3,01	0,12	-0,11
Antalya Bölge	308,0	1239,2	848,6	244,3	-0,01	2,92	0,13	-0,45
Antalya Havaalanı	552,9	1914,3	1062,7	311,0	0,40	3,01	0,13	-0,24
Elmalı	245,7	777,2	484,8	113,1	0,11	2,67	0,11	-0,63
Finike	362,4	1682,9	945,7	287,9	0,47	2,95	0,14	-0,55
Gazipaşa	408,2	1357,1	806,4	212,1	0,73	2,89	0,11	0,15
İbradı	990,2	2681,6	1769,1	492,4	0,28	3,23	0,13	-0,35
Kale-Demre	409,9	1223,4	763,6	285,4	0,39	2,89	0,13	-0,32
Kaş	428,9	1319,3	651,2	358,2	0,41	2,89	0,12	-0,62
Kemer	450,9	1313,7	816,5	283,2	0,17	2,89	0,16	-0,19
Korkuteli	188,2	820,9	382,6	107,8	1,26	2,57	0,12	-0,16
Kumluca	479,8	996,4	741,4	152,4	-0,01	2,86	0,10	-0,52
Manavgat	447,8	1844,9	1099,0	285,3	0,24	3,03	0,12	-0,73

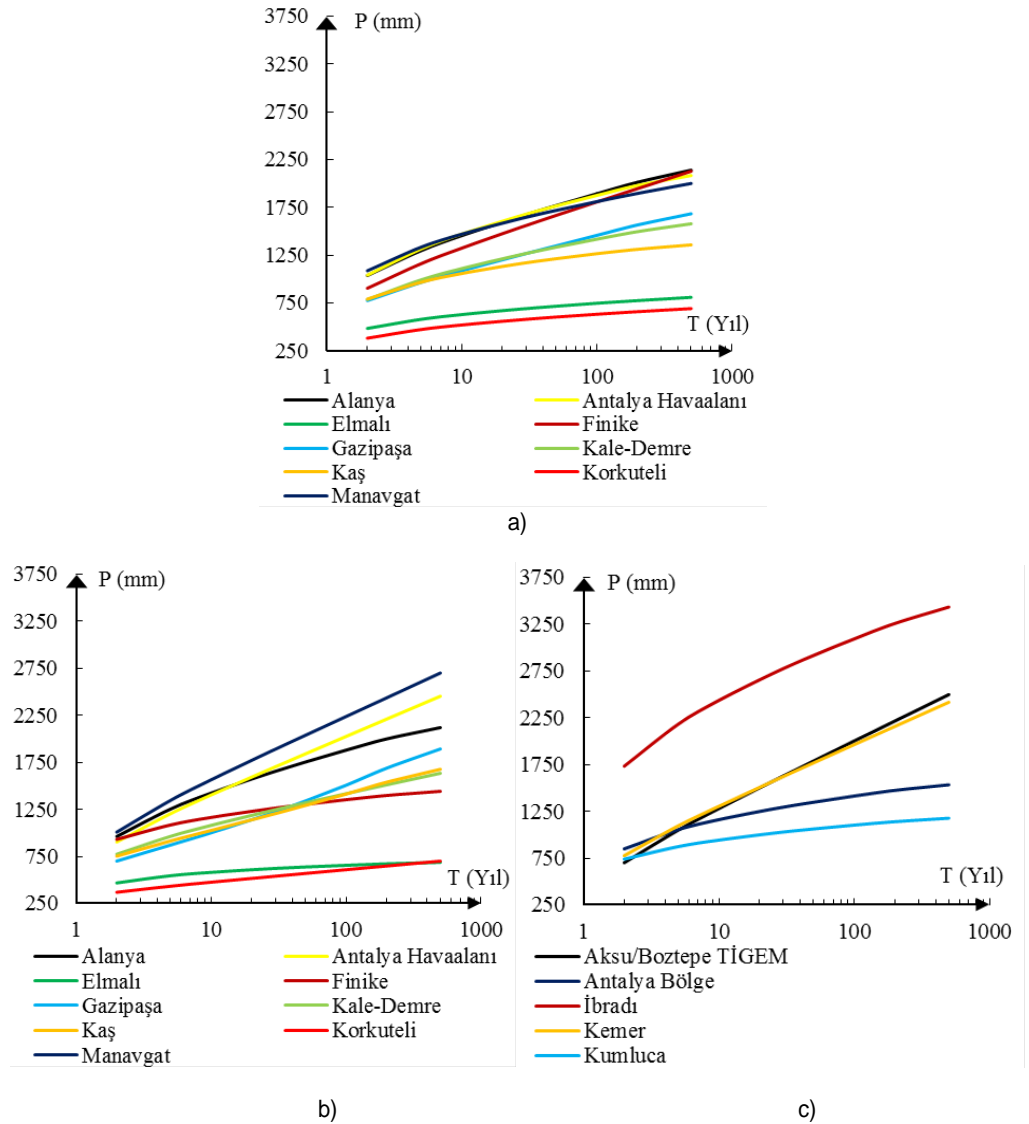
Antalya ilinde bulunan yağış ölçüm istasyonlarına ait yağış dizileri için 6 adet olasılık dağılım fonksiyonu tatbik edilmiş ve bu dağılımların uygunlukları Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi ile belirlenmiştir. Tablo 3, her bir istasyona ait uygun olasılık dağılım fonksiyonları ile bu dağılımların çeşitli tekerrür süreleri (T, yıl) için elde edilmiş olan ekstrem yağış miktarlarının (P, mm) değerlerini göstermektedir. Bu tabloda, kayıt süresi 14 yıl olan 5 istasyona ait T-P değerlerinin olduğunu not etmek gereklidir. Çeşitli yinelenme sürelerine ait yıllık yağış yüksekliği değerlerinin gidişatını daha iyi görebilmek için, tablodaki sonuçlar Şekil 2 'de çizilmiştir.

Tablo 3. Antalya ili yağış gözlem istasyonlarının ekstrem dağılım sonuçları.

İstasyonlar	Dağıl. Tipi	Yinelenme Süresi, T (Yıl)							
		2	5	10	25	50	100	200	500
Aksu/Boztepe TİGEM	G	700	1049	1280	1571	1788	2003	2217	2499
Alanya	LP3	1038	1298	1455	1640	1770	1893	2013	2141
Antalya Bölge	P3	849	1054	1161	1275	1348	1414	1474	1534
Antalya Havaalanı	P3	1042	1316	1472	1647	1766	1876	1980	2084
Elmalı	N	484	580	629	682	717	748	776	810
Finike	LN2	904	1162	1324	1523	1667	1808	1947	2129
Gazipaşa	LP3	775	966	1088	1238	1348	1458	1567	1684
İbradı	LP3	1733	2181	2436	2724	2917	3094	3260	3434
Kale-Demre	LP3	788	993	1110	1244	1334	1418	1496	1579
Kaş	LP3	791	967	1059	1154	1214	1266	1312	1359
Kemer	G	776	1094	1304	1570	1768	1964	2159	2416
Korkuteli	N	382	473	520	571	603	633	660	692
Kumluca	LP3	739	873	942	1016	1062	1103	1139	1177
Manavgat	LN3	1088	1335	1470	1620	1719	1811	1896	2001
N	: Normal				G	: Gumbel			
LN2	: İki Parametrelili Log-normal				P3	: Pearson Tip-3			
LN3	: Üç Parametrelili Log-norma				LP3	: Log-Pearson Tip-3			

Şekil 2a incelendiğinde, çeşitli tekerrür sürelerindeki yağış miktarlarının en fazla değiştiği yerin Finike istasyonu olduğu ve sonrasında Gazipaşa istasyonu gelirken, en az değiştiği istasyon ise Elmalı ve sonrasında Kaş istasyonu gelmektedir. 2005-2018 dönemi ele alındığında ise; Şekil 2b 'ye göre yağış miktarlarının en fazla değiştiği yerin Manavgat istasyonu olduğu ve sonrasında Antalya Havaalanı istasyonu gelirken, en az değiştiği istasyon ise Elmalı ve sonrasında Finike istasyonu gelmektedir. Şekil 2a ile Şekil 2b (yani uzun süre kayıtları ile son 14 yıllık kayıtlar) çeşitli dönemeleme süreleri için karşılaştırıldığında, uzun yıllara göre yıllık yağışlarda en fazla artış eğilimi Finike istasyonunda iken son 14 yılda en az artış eğilimi yine Finike istasyonunda hesaplanmıştır. Bu değişimlerin istasyonların olasılık dağılım fonksiyonlarındaki değişimlerin bir sonucu olduğu belirtilebilir. Söyle ki; Alanya, Elmalı ve Finike istasyonları Pearson Tip-3, Antalya Havaalanı ve Korkuteli istasyonları Gumbel, Kale-Demre ve Manavgat istasyonları ise 2 Parametrelili Log-normal dağılım fonksiyonları şeklinde değişmiştir. Gazipaşa ve Kaş istasyonlarının olasılık dağılım fonksiyonlarında ise değişiklik olmamıştır. Şekil 2b ile Şekil 2c incelendiğinde ise, tüm istasyonlara göre İbradı istasyonunda en yüksek yağış miktarının oluşacağı, İbradı ile birlikte Aksu/Boztepe TİGEM istasyonu ve Kemer istasyonlarında yağış artış oranlarının yüksek olduğu belirtilebilir.





Şekil 2. Antalya bölgesindeki istasyonlara ait T-P eğrileri a) Uzun süreli istasyonlar, b) Uzun süreli istasyonların 2005-2018 dönemi, c) 2005'te işletmeye açılan istasyonlar.

## 5. Sonuç

Antalya bölgesindeki istasyonların yıllık toplam yağış miktarları incelendiğinde, en az kaydedilmiş yıllık yağışın Korkuteli istasyonunda (188,2 mm), en fazla yıllık yağışın ise İbradı (2681,6 mm) istasyonunda ölçüldüğü bulunmuştur. Yıllık ortalama yağış miktarları incelendiğinde, en az yıllık ortalama Korkuteli istasyonunda 382,6 mm olarak ve en çok yıllık ortalama İbradı istasyonunda 1769,1 mm olarak gözlenmiştir. Minimum ve maksimum yıllık yağış değerleri arasındaki farklar incelendiğinde, en az yağış farkı 516,6 mm ile Kumluca istasyonunda, en fazla yağış farkı ise 1691,4 mm ile İbradı istasyonunda hesaplanmıştır. İstasyonların yıllık yağış ortalamalarına göre minimum ve maksimum yıllık yağış farklarının oranı incelendiğinde, en az değişimin %69,7 ile Kumluca istasyonunda, en çok değişimin ise %165,4 ile Korkuteli istasyonunda olduğu hesaplanmıştır. Buna karşın, Antalya bölgesindeki yağış dizilerine ait en küçük standart sapma 107,8 mm ile Korkuteli istasyonunda, en büyük standart sapma ise 492,4 mm ile İbradı istasyonunda olduğu belirlenmiştir. Yağış dizilerindeki çarpıklık katsayıları incelendiğinde, Antalya Bölge ve Kumluca istasyonları (-0.01) hariç diğer istasyonların yıllık yağış dağılımlarının sağa doğru çarpık oldukları (en büyük çarpıklık 1,26 ile Korkuteli istasyonu) belirlenmiştir. Uzun süreli kaydı bulunan bu 9 istasyonun son 14 yılına ait yağış ortalamaları ile uzun süreli yağış ortalamaları kıyaslandığında, Alanya istasyonundaki yağış ortalamasında %4,9 'luk bir artışın (46 mm), diğer istasyonlarda ise bir azalmanın (en az Antalya Havaalanında %11,3, 120 mm) olduğu hesaplanmıştır.

Bölgedeki yağış gözlem istasyonlarına ait olasılık dağılım fonksiyonları, Kolmogorov-Smirnov (K-S) uygunluk testine göre belirlenmiş ve çeşitli yinelenme sürelerine ait yağışların büyüklükleri tablo halinde verilmiştir. Çeşitli tekerrür sürelerindeki yağış miktarlarının en fazla değiştiği yer Finike istasyonu olduğu, en az değiştiği yer ise Elmalı istasyonudur. Yağış kaydı uzun süreli olan 9 istasyona ait yıllık yağışlar son 14 yıl (2005-2018) için de göz önüne alınmış ve bu süre için yeniden olasılık dağılım fonksiyonları elde edilmiştir. Buna göre, yağış miktarlarının en fazla değiştiği yer Manavgat istasyonu olduğu, en az değiştiği yer ise Elmalı istasyonu olmuştur. Bölgedeki toplam 9 istasyonun son 14 yıldaki yağışları ele alındığında, uzun yıllara göre yıllık yağışlarda en fazla artış eğilimi Finike istasyonunda iken, son 14 yılda en az artış eğiliminin yine Finike istasyonunda olduğu hesaplanmıştır.

Dolayısıyla, bu istasyonların uzun yıllar ile son 14 yıldaki olasılık dağılım fonksiyonları (Gazipaşa ve Kaş istasyonları hariç) değişmiştir. Bölgedeki tüm 14 istasyondaki yağışlar incelendiğinde ise, çeşitli yinelenme sürelerinde de İbradı istasyonunda en yüksek yağışın oluşacağı, İbradı ile birlikte Aksu/Boztepe TİGEM istasyonu ve Kemer istasyonlarında ise yağış artış oranlarının ise yüksek olduğu hesaplanmıştır.

Tüm istasyonlar göz önüne alındığında Finike, Manavgat, İbradı, Aksu/Boztepe TİGEM ve Kemer istasyonlarındaki yağış miktarlarındaki kritik değişimler göze çarpmıştır. Bu bağlamda, özellikle bu istasyonlarda beklenecek ekstrem yağışların gerek tarımsal faaliyetler, ulaşım ve turizm, gerekse planlanacak su yapıları, şehir drenaj şebekeleri ile çeşitli yol ve sanat yapıları gibi tesislerde oluşturacağı etkiler olumsuz manada önemli olabilecektir. Bu sebeple, yağışlar incelenirken hem uzun yıllar boyunca ve hem de son yıllarda kaydedilmiş yağışların ayrı ayrı incelenmesi büyük önem taşımaktadır.

### 6. Kaynaklar

- Albostan, A., & Onoz, B. (2015). Wavelet application approach on the chaotic analysis of daily river discharge. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30(1), 39-48.
- Anlı, A. S., Apaydin, H., & Öztürk, F. (2009). Regional frequency analysis of the annual maximum precipitation observed in Trabzon Province. Tarım Bilimleri Dergisi, 15(3), 240-248.
- ANLI, A. S. Y., & ÖZTÜRK, F. T. D. Ankara'da meydana gelen yağmurların L moment yöntemleri ile bölgesel frekans analizi (Doctoral dissertation, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı).
- AŞIKOĞLU, Ö. L. (2017). Frekans analizinde alternatif bir parametre tahmin metodu. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(4), 445-459.
- Bayazıt, M., & Oğuz, B. (2005). Mühendisler İçin İstatistik, Birsen Yayınevi. İstanbul, 198ss.
- Benjamin, J. R., & Cornell, C. A. Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers. McGraw-Hill, New York, 1970.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology McGraw-Hill Book Company. New York.
- Okman, C. (1994). Hidroloji.
- SAPLIOĞLU, K., & ÇİMEN, M. (2010). YAPAY SINIR AĞLARINI KULLANARAK GÜNLÜK YAĞIŞ MİKTARININ TAHMİNİ. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 1(1), 14-21.
- Sarı, C., & Koçak, İ. (2010). Antalya'nın Genel Coğrafya Özellikleri. Atılğan AK, editör. Dünden Bugüne Antalya. Antalya: TC Antalya Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayınları, 45-64.
- Şen, Z. (2002). İstatistik veri işleme yöntemleri:(hidroloji ve meteoroloji). Su Vakfı Yayınları.
- Yavuz, K. (2018). Türkiye'deki Standart Süreli Yağışlar İçin Şiddet-Süre-Tekerrür Periyodu İlişkisinin Uygun Olasılık Dağılım Fonksiyonunun Belirlenmesi Ve Formülüle Edilmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 58s, Kayseri.