



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDE YAĞIŞ ŞİDDET- SÜRE-FREKANS EĞRİLERİNİN GÜNCELLENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Pegah KAMALI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir

2022

T.C.

EGE ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDE YAĞIŞ ŞİDDET- SÜRE-FREKANS EĞRİLERİNİN GÜNCELLENMESİ

Pegah KAMALI

Danışman: Doç. Dr. Ömer Levend AŞIKOĞLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik Yüksek Lisans Programı

İzmir
2022

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDE YAĞIŞ ŞİDDET-SÜRE-FREKANS EĞRİLERİNİN GÜNCELLENMESİ” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

06 / 06 / 2022

Pegah KAMALI



ÖZET**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDE YAĞIŞ ŞİDDET-SÜRE-FREKANS EĞRİLERİNİN GÜNCELLENMESİ**

KAMALI, Pegah

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ömer Levend AŞIKOĞLU

Haziran 2022, 76 sayfa

Tüm su yapılarını, tarım ve yerleşim alanlarını taşkından korumak ve taşkın ve heyelandan oluşan can ve mal kaybının kabul edilebilir seviyelere indirmek için taşkın kontrol yapıları ve yağmur suyu drenaj projeleri inşa edilmektedir. Pek çok hidroloji çalışmasında, özellikle de taşkın koruma yapılarının ve yağmur suyu drenaj sistemlerinin tasarımında en önemli proje girdilerinden biri yağış şiddeti-süre-frekans eğrileridir. Bu eğriler standart süreli maksimum yağış verilerinin frekans analiziyle, farklı yağış süreleri ve frekanslara ait yağış şiddetlerinin hesaplanması yoluyla elde edilir.

Belli frekanslı yağış şiddetlerinin tahmininde, olasılık dağılım modeli anlamlı rol üstlenmektedir. Sağanak yağışlar gibi rasgele karakterdeki hidrolojik olaylar ortaya çıkma sıklıkları ile nitelendirilmektedirler. Gözlem verilerinin frekansların nitelendirilmesinde parametrik yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Frekans analizinin ilk aşamasında rasgele değişkene ait verileri uygun bir biçimde temsil edecek teorik olasılık dağılım modeli seçilmektedir. Daha sonra, ölçüm verileri kullanılarak ilgili olasılık dağılım modelinin parametreleri tahmin edilmektedir. Olasılık dağılım modeli veya parametre tahmin yöntemi ne olursa olsun frekans analizinde asıl hedef, örnek uzunluğundan (ya da gözlem süresinden) daha uzun süreli yağış şiddetlerini tahmin edebilmektir.

Tez çalışması kapsamında, ülkemizin şiddetli yağışlardan mal ve can kaybı bakımından en olumsuz etkilenen bölgesi olan Doğu Karadeniz Bölgesi ele alınmıştır. Bu amaçla bölgede yer alan 11 meteoroloji gözlem istasyonunun standart süreli (5-, 10-, 15-, 30-dk, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 8-, 12-, 18-, 24-sa) yıllık maksimum yağış verileri temin edilmiştir.

Bu verilerin frekans analizinde, gözlenmiş maksimum yağış verilerine en uygun olasılık dağılım modeli araştırılmıştır. Genelleştirilmiş ekstrem değer (GEV) dağılımının uygunluğu tespit edilmiş ve dağılımın L-Moment parametreleri tahmin edilmiştir. Bu parametrelerle 11 istasyon ve 14 standart yağış süresi için belirli olasılıklı (ya da tekerrürlü) maksimum yağış tahminleri hesaplanmış ve şiddet-süre-frekans eğrileri oluşturulmuştur.

Alternatif olarak her istasyonda GEV dışında en uygun olasılık dağılım fonksiyonunun belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri de hesaplanmış, sonuçlar GEV ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar sözcükler: Doğu Karadeniz Bölgesi Yağışları, Şiddet-Süre-Frekans eğrileri, Belli Tekerrürlü Maksimum Yağışlar



ABSTRACT**UPDATING THE INTENSITY-DURATION-FREQUENCY
CURVES IN THE EASTERN BLACK SEA REGION**

KAMALI, Pegah

MSc in Civil Eng.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ömer Levend AŞIKOĞLU

June 2022, 76 pages

Flood control structures and storm water drainage projects are being built to protect all water structures, agricultural and residential areas from floods and to reduce the loss of life and property caused by floods and landslides to acceptable levels. In many hydrology studies, especially in the design of flood protection structures and stormwater drainage systems, one of the most important project inputs is precipitation intensity-duration-frequency curves. These curves are obtained by frequency analysis of standard-time maximum precipitation data, calculating precipitation intensities for different rainfall durations and frequencies.

The probability distribution model plays a significant role in the estimation of the rainfall intensities of certain frequencies. Hydrological events of random character, such as storms, are characterized by their frequency of occurrence. Parametric methods have been frequently used in the characterization of frequencies of observation data. In the first step of the frequency analysis, a theoretical probability distribution model is selected that will appropriately represent the data of the random variable. Then, the parameters of the relevant probability distribution model are estimated using the observed data. Regardless of the probability distribution model or parameter estimation method, the main goal in frequency analysis is to predict rainfall intensities longer than the sample length (or observation time).

Within the scope of the thesis, the Eastern Black Sea Region, which is the most adversely affected region of our country in terms of loss of property and life from heavy rains, has been discussed. For this purpose, 11 meteorological observation stations in the region with standard time (5-, 10-, 15-, 30-min, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 8-, 12-, 18-, 24-h) annual maximum rainfall data are provided.

In the frequency analysis of these data, the probability distribution model most suitable for the observed maximum rainfall data was investigated. The fitness of the generalized extreme value (GEV) distribution was determined and the L-Moment parameters of the distribution were estimated. With these parameters, maximum rainfall estimations of certain probabilities (or return periods) for 11 stations and 14 standard rainfall durations were calculated and intensity-duration-frequency curves were created.

Alternatively, maximum rainfall estimations of certain return periods of the most appropriate probability distribution function other than the GEV were calculated at each station and the results were compared with the results obtained with the GEV

Keywords: Rainfall in Eastern Black Sea Region, Intensity-Duration-Frequency Curves, Quantiles of Maksimum Rainfall



ÖNSÖZ

Pek çok hidroloji çalışmasında, özellikle de taşkın koruma yapılarının ve yağmur suyu drenaj sistemlerinin tasarımında en önemli proje girdilerinden biri yağış şiddeti-süre-frekans eğrileridir. Bu eğriler standart süreli maksimum yağış verilerinin frekans analiziyle, farklı yağış süreleri ve frekanslara ait yağış şiddetlerinin hesaplanması yoluyla elde edilir. Belli frekanslı yağış şiddetlerinin tahmininde, olasılık dağılım modeli anlamlı rol üstlenmektedir. Sağanak yağışlar gibi rasgele karakterdeki hidrolojik olaylar ortaya çıkma sıklıkları ile nitelendirilmektedirler. Frekans analizinin ilk aşamasında rasgele değişkene ait verileri uygun bir biçimde temsil edecek teorik olasılık dağılım modeli seçilmektedir. Daha sonra, ölçüm verileri kullanılarak ilgili olasılık dağılım modelinin parametreleri tahmin edilmektedir. Olasılık dağılım modeli veya parametre tahmin yöntemi ne olursa olsun frekans analizinde asıl hedef, örnek uzunluğundan (ya da gözlem süresinden) daha uzun süreli yağış şiddetlerini tahmin edebilmektir.

Tez çalışmasında, ülkemizin şiddetli yağışlardan mal ve can kaybı bakımından en olumsuz etkilenen bölgesi olan Doğu Karadeniz Bölgesi dikkate alınmış, bölgede yer alan 11 meteoroloji gözlem istasyonunun standart süreli (5-, 10-, 15-, 30-dk, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 8-, 12-, 18-, 24-sa) yıllık maksimum yağış verileri tahmin edilmiştir. Çalışmanın sonucunda 11 istasyon ve 14 standart yağış süresi için belirli olasılıklı (ya da tekerrürlü) maksimum yağış tahminleri hesaplanmış ve şiddet-süre-frekans eğrileri oluşturulmuştur.

İZMİR

06/06/ 2022

Pegah KAMALI



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iix
ABSTRACT	xii
ÖNSÖZ	xv
İÇİNDEKİLER.....	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xx
ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM).....	xxi
TABLolar DİZİNİ.....	xxiii
TABLolar DİZİNİ (DEVAM)	xxiii
TABLolar DİZİNİ (DEVAM)	xxiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (DEVAM).....	xxvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (DEVAM)	xxvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (DEVAM)	xxviii
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	4

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

Sayfa

3. ÇALIŞMA ALANI ve VERİLER.....	12
4. UYGULANAN YÖNTEMLER.....	14
4.1 Hidrolojide İstatistik Yöntemlerin Önemi.....	14
4.2 Temel Kavramlar ve İstatistik Parametreler	14
4.2.1 Temel kavramlar	14
4.2.2 Rastgele değişkenlerin dağılımları.....	15
4.2.3 İstatistik Parametreler	16
4.3 Olasılık Dağılımları ve Belli Tekerrürlü Yağış Tahminleri	20
4.3.1 Frekans analizi	20
4.3.2 Sürekli değişkenlerin frekans analizi	20
4.3.3 Olasılık Dağılım Fonksiyonları.....	22
4.4 Dağılım Parametrelerinin Tahmin Yöntemleri	26
4.5 Frekans Faktörü ve Dönüş Aralığı Kavramları.....	31
4.6 Belli Tekerrürlü Tahminler (Kuantiller).....	32
4.6.1 Lognormal dağılımlar	32

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

Sayfa

4.6.2 Gamma Dağılımları:	32
4.6.3 Ekstrem Değer Dağılımları.....	34
4.7 Yağış Şiddeti - Süre - Tekerrür İlişkileri.....	35
4.8 Olasılık Dağılım Modelleri için Uygunluk Sınamaları.....	37
5. BULGULAR	39
5.1 Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri.....	39
5.2 Belli Tekerrürlü Tahminler ve Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri	50
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
KAYNAKLAR DİZİNİ	71
TEŞEKKÜR	75
ÖZGEÇMİŞ	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Manisa İstasyonu Yağış Yüksekliği-Süre-Tekerrür Eğrileri (Dsi,1990).....	3
3.1 Karadeniz Bölgesi Plüvyografı Yağış Ölçüm İstasyonları Konumu	13
4.1 Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrilerinin Genel Yapısı	36
4.2 L-Moment Oranı Diyagramı	38
5.1 Akçaabat L-Moment Oranı Diyagramı	45
5.2 Artvin L-Moment Oranı Diyagramı	45
5.3 Bayburt L-Moment Oranı Diyagramı.....	46
5.4 Giresun L-Moment Oranı Diyagramı.....	46
5.5 Gümüşhane L-Moment Oranı Diyagramı.....	47
5.6 Hopa L-Moment Oranı Diyagramı.....	47
5.7 Ordu L-Moment Oranı Diyagramı	48
5.8 Pazar L-Moment Oranı Diyagramı	48
5.9 Rize L-Moment Oranı Diyagramı	49
5.10 Trabzon L-Moment Oranı Diyagramı	49

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.11 Unye L-Moment Oranı Diyagramı	50
5.12 Akçaabat İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri.....	62
5.13 Artvin İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri	62
5.14 Bayburt İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri.....	63
5.15 Giresun İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri	63
5.16 Gümüşhane İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri.....	64
5.17 Hopa İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri.....	64
5.18 Ordu İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri	65
5.19 Pazar İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri.....	65
5.20 Rize İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri	66
5.21 Trabzon İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri	66
5.22 Unye İstasyonu Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri.....	67
6.1 Türkiye Yıllık Toplam Yağış Haritası (Mgm 2021).....	68

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Manisa İstasyonu İçin Hesaplanmış Yağış Derinliği Tahminler (Dsi,1990)....	2
3.1 Karadeniz Bölgesi Plüvyografı Yağış Ölçüm İstasyonları Özellikleri	13
4.1 Gamma Fonksiyonu	24
5.1 Akçaabat İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri.....	39
5.2 Artvin İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri	40
5.3 Bayburt İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri.....	40
5.4 Giresun İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri	41
5.5 Gümüşhane İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri.....	41
5.6 Hopa İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri.....	42
5.7 Ordu İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri	42
5.8 Pazar İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri.....	43
5.9 Rize İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri	43
5.10 Trabzon İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri	44
5.11 Unye İstasyonu Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri.....	44
5.12 Akçaabat Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	51
5.13 Artvin Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	51

TABLOLAR DİZİNİ (DEVAM)

5.14 Bayburt Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	52
5.15 Giresun Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	52
5.16 Gümüşhane Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	53
5.17 Hopa Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	53
5.18 Ordu Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	54
5.19 Pazar Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	54
5.20 Rize Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	55
5.21 Trabzon Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	55
5.22 Unye Meteoroloji İstasyonu Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri Ve Gev Parametreleri.....	56
5.23 Akçaabat Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	56
5.24 Artvin Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	57
5.25 Bayburt Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	57

TABLolar DİZİNİ (DEVAM)

5.26 Giresun Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	58
5.27 Gümüşhane Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	58
5.28 Hopa Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	59
5.29 Ordu Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	59
5.30 Pazar Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	60
5.31 Rize Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	60
5.32 Trabzon Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	61
5.33 Unye Meteoroloji İstasyonu Ln3 İçin Belli Tekerrürlü Maksimum Yağış Tahminleri	61

SIMGELER VE KISALTMALAR DIZINI

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
C_s	Çarpıklık Katsayısı
h	Saat
I	Yağış Yoğunluğu
i	Yağış Şiddeti
$i-t-T$	Yağış Şiddeti - Süre - Tekerrür
P	Yağış Yüksekliği
S_x	Örneğin Standart Sapması
t	Yağış Süresi
T	Dönüş Aralığı
z, z_t	Standart Normal Değişken
μ	Taşkın Debilerinin Ortalaması
χ^2	Kikare
τ	L_Moment Değişkenlik Katsayısı
$\bar{x}$	Örnek Ortalaması
σ_x	Standart Sapma

SIMGELER VE KISALTMALAR DIZINI (DEVAM)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
AD	Anderson_Darling
AMI	Yıllık Maksimum Pik Yoğunluğu
AMP	Yıllık Maksimum Kümülatif Olasılık
AMS	Yıllık Maksimum Yağış Serisi
AVM	Yıllık Maksimum Hacim
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
ENSO	Salınım Döngüsü
EXP	Exponansiyel
GEV	Genelleştirilmiş Ekstrem Değerler Dağılımı
GLO	Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım
GPA	Genelleştirilmiş Pareto Dağılım
IDF	Şiddet_Süre_Tekerrür
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişkenliği Paneli
KS	Kolmogorov_Smirnov

SIMGELER VE KISALTMALAR DIZINI (DEVAM)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
LLOG	Log_Logistik Dağılım
LN	Log-Normal
LOG	Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım
LP3	Log-Pearson Tip 3
LPT III	Log_Pearson Tip III
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
O.K.F	Olasılık Kütle Fonksiyonu
OYF	Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
OYF	Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
PDS	Kısmi Süre Serileri
PPCC	Olasılık Çizgisi Korelasyon Testi
PWM	Olasılık Ağırlık Momentleri
QUANTİL	Belli Tekerrürlü Tahmin
RCM	Bölgesel İklim Modelleri
RRD	Kızıl Nehir Deltası

SIMGELER VE KISALTMALAR DIZINI (DEVAM)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
SST	Stokastik Sağanak Traspozisyonu
UDF	Olasılık Dağılım Fonksiyonları



1.GİRİŞ

Hidrolojik çevrimin en önemli unsurlarından olan yağış, katı ya da sıvı halde yeryüzüne düşen nem formu olarak adlandırılır. Yağışın atmosferde meydana gelip yeryüzüne ulaşmasına kadar olan bölümü meteorolojinin, yağış büyüklüğünün belirlenip değerlendirilmesi kısmı ise hidrolojinin konusudur. Taşkın kontrol yapıları ve yağmur suyu drenaj projeleri, tüm su yapılarının, pek çok ulaştırma yapısının ve ayrıca yerleşim alanlarının taşkından korunması ve taşkın sebebiyle meydana gelen kayıpların kabul edilebilir seviyelere düşürülmesi amacıyla tasarlanır. Bu tasarımların pek çoğunda akım ve sızma tahminleri gerekmekte, ancak akım ölçümü olmayan akarsularda, tarım alanlarında, yerleşim bölgelerinde çoğu zaman tahminler yağışın-akış ilişkileri kurulması suretiyle yağışın akışa dönüştürülmesini kılmaktadır.

Hidrolojik büyüklüklerin rasgele yapısı meteorolojik büyüklüklerin karakterinden kaynaklanmaktadır. Yeryüzüne düşen yağış büyüklüğü (derinliği ya da şiddeti) tümüyle rasgele yapıdadır ve sadece istatistik metotlarla ele alınabilmektedir. Pekçok su yapısının projelendirilmesinde belli frekanslı (ya da olasılıklı) ve standart süreli maksimum yağışlar tasarım kriteri olarak değerlendirilmektedir. Bu proje büyüklüğü, ancak istatistiksel bir yaklaşımla tahmin edilebilmektedir.

Belli frekanslı yağış tahmininde, olasılık dağılım modelinin etkisi büyüktür. Frekans analizinde en önemli adımlardan biri incelenen maksimum yağışları en uygun biçimde temsil edecek olasılık dağılım modelinin doğru bir biçimde tespit edilmesidir. Bundan sonra yağış gözlemlerinden oluşan veri dizilerine ait parametreler tahmin edilmektedir. Son olarak incelenen her bir standart yağış süresi için belli frekanslı maksimum yağış tahminleri (kuantiller) elde edilmektedir. Olasılık dağılım modeli veya parameter tahmin yöntemi ne olursa olsun amaç, gözlem uzunluklarından daha büyük süreler (tekerrürler) için kuantiller elde edebilmektir.

Gerek dünyada gerekse ülkemizde ekstrem yağışlar nedeniyle ortaya çıkan taşkın ve heyelanlar ciddi can ve mal kaybına neden olmaktadır. Özellikle tez kapsamında ele alınan Doğu Karadeniz bölgesi, şehir planlaması açısından ne yazık ki taşkınlardan çok fazla etkilenen bir yapıdadır. Denizden gelen nemli havanın kıyıya paralel uzanan dağları aşmak üzere yükselmesi neticesinde, özellikle bölgenin kıyıda kalan veya denize bakan dağ sırtlarında yer alan yerleşim

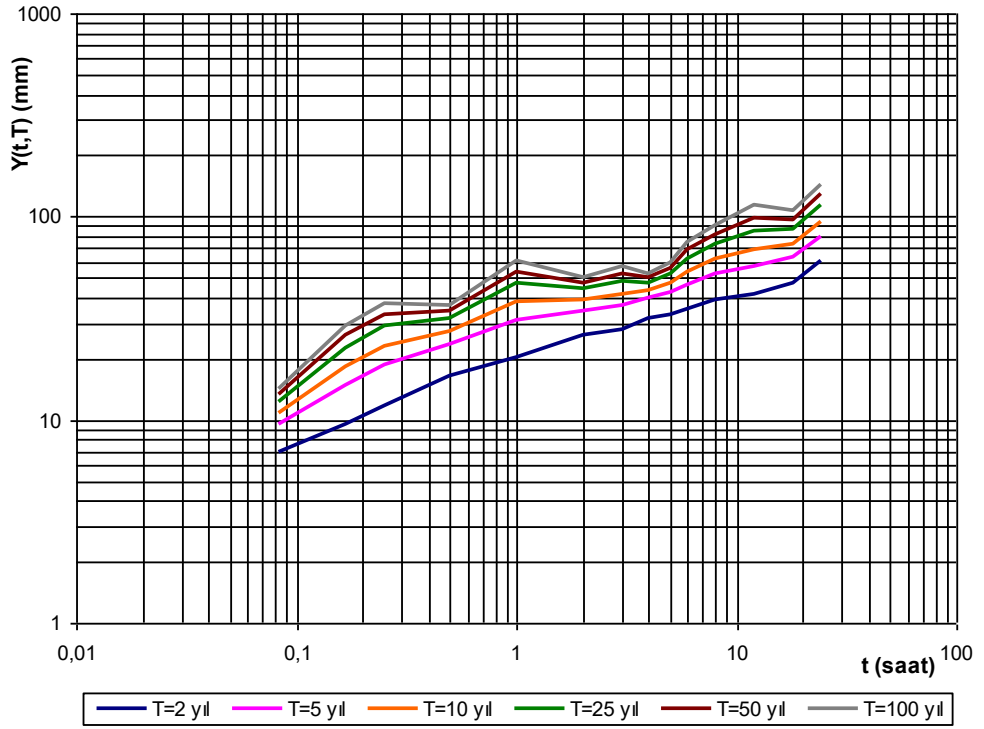
bölgelerine kısa sürede büyük miktarda yağış düşmektedir. Bu yağışlar heyelan ve/veya derelerin taşması sonucu önüne geçilemeyen kayıplara yol açmaktadır.

İklim değişikliğinin de dahil olduğu güncel çalışmaların büyük bölümü yıllık toplam yağışların artan karakterde olduğunu net bir biçimde ortaya koyamıyor olsa da, özellikle kısa süreli sağanakların şiddetinde artan bir trend olduğu göze çarpmaktadır. Karadeniz bölgesi sağanakları ile ilgili yapılan son çalışmalar, bölgedeki sağanakların artan trendlerde olduğunu göstermiştir (Drobinski ve diğerleri, 2018; Aziz ve diğerleri 2020; Oruç 2021).

Yağış şiddeti-süre-frekans eğrilerinin oluşturulmasında ortaya çıkabilecek önemli bir sorun, aynı istasyonda yağış süresi değiştikçe en uygun frekans dağılım modeli türünün değiştirilmesinden doğmaktadır. Dağılım modelinin sıkça değiştirilmesi yağış şiddeti-süre-tekerrür eğrilerinde dalgalanmalara, hatta kesişmelere neden olmaktadır. Tez çalışması kapsamında bu dalgalanmalardan ve/veya kesişmelerden kaçınmak amacıyla her istasyon için uygun tek tip bir olasılık dağılım fonksiyonu kullanmak yoluna gidilmiştir. Frekans dağılım modelinin standart sürelerle göre değiştirilmesiyle ilgili bir örnek olarak, DSİ (1990) tarafından Manisa meteoroloji istasyonu için hesaplanmış olan standart süreli ve belli tekerrürlü yağış derinlikleri Tablo 1.1 ve Şekil 1.1 de gösterilmiştir.

Tablo 1.1 Manisa istasyonu için hesaplanmış yağış derinliği tahminleri (DSİ, 1990)

t (dak.)	UDF	T(yıl)					
		2	5	10	25	50	100
5	LN3	6,93	9,44	10,79	12,27	13,24	14,12
10	G	9,62	14,87	18,34	22,73	25,99	29,22
15	G	11,70	18,57	23,12	28,87	33,13	37,37
30	G2P	16,56	23,52	27,32	31,50	34,27	36,81
60	G	20,31	31,04	38,14	47,11	53,77	60,38
120	LN3	26,00	34,48	39,10	44,19	47,55	50,63
180	LN2	28,14	36,36	41,57	47,96	52,58	57,13
240	G2P	31,87	39,51	43,34	47,32	49,82	52,03
300	LP3	33,27	42,28	47,29	52,75	56,32	59,54
360	G	35,20	45,97	53,11	62,13	68,82	75,46
480	G2P	38,68	52,39	61,70	73,44	82,08	90,62
720	LP3	41,99	56,96	68,51	85,13	99,07	114,42
1080	G2P	46,76	62,84	73,56	86,97	96,76	106,38
1440	LP3	60,41	80,04	94,36	113,81	129,17	145,28



Şekil 1.1 Manisa istasyonu yağış yüksekliği-süre-tekerrür eğrileri (DSİ, 1990)

Tez çalışması kapsamında, Doğu Karadeniz Bölgesi için özellikle taşkın koruma yapılarının ve yağmur suyu drenaj sistemlerinin tasarımında en önemli proje girdisi olarak kabul edilen yağış şiddeti-süre-frekans (ya da yağış şiddeti-süre-tekerrür) eğrilerinin oluşturulması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden 11 meteoroloji gözlem istasyonunu için elde edilen standart süreli (5-, 10-, 15-, 30-dk, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 8-, 12-, 18-, 24-sa) yıllık maksimum yağış verileri kullanılmıştır. Bu verilerin frekans analizinde öncelikle verilere uygun olasılık dağılım modelleri araştırılmıştır. Bu kapsamda ekstrem değer dizilerinin teorik olasılığını temsil etme potansiyeli bulunan 14 farklı olasılık dağılım fonksiyonu (Lognormal 2p, Lognormal 3p, Exponansiyel, Gamma 2p, Gamma 3p, LogPearson 3, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer, Gumbel, Frechet, Weibull, Genelleştirilmiş Lojistik, Lojistik, Log-lojistik ve Genelleştirilmiş Pareto) ele alınmıştır. Sonuç olarak %5 anlamlılık düzeyinde tüm istasyonlar ve tüm standart süreler için (11 istasyon x 14 standart süre) genelleştirilmiş ekstrem değer GEV dağılım modelinin uygunluğu tespit edilmiştir. Bu aşamada her istasyon için Daha sonra GEV dağılımının L-Moment parametreleri hesaplanmış ve bu parametreler kullanılarak her istasyon için belli tekerrürlü tahminler ve şiddet-süre-tekerrür eğrileri elde edilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Adamowski ve Bougadis (2003), çalışmalarında Mann-Kendall trend testi kullan, yıllık maksimum yağışların farklı süreleri için trendler tespit etmişlerdir. Çalışmada homojen bölgeleri belirlemek için L-momentleri yöntemi kullanılmıştır. Trend testi, gözlemlenen otokorelasyonu hesaba katacak şekilde değiştirilmiş ve gözlemlenen otokorelasyonu hesaba katmak için bir metodoloji kullanılmıştır. 20 yıllık bir zaman dilimi için Kanada, Ontario eyaletinden 44 yağış istasyonunda sayısal analiz yapılmıştır. Belirli sürelerde yıllık maksimum gözlemler için L-momentler prosedürü kullanılarak oluşturulan homojen bölgelerden gelen veriler kullanılmıştır. Farklı yağış sürelerine bağlı olarak dört veya beş homojen bölge tanımlanmış. %5 önem düzeyine dayalı olarak, test edilen bölgelerin yaklaşık %23'ünün, ağırlıklı olarak kısa süreli sağanaklar için önemli bir eğilime sahip olduğu belirlenmiştir. Veri setlerinin %23'ünde seri bağımlılık gözlenmiş ve bölgelerin %18'inde otokorelasyon tespiti edilmiştir. Sonuç olarak otokorelasyonun varlığının, trend belirleme üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir.

Nhat, Tachikawa ve Takara (2006), çalışmalarında Vietnam'ın muson bölgesindeki yedi istasyon için IDF eğrileri oluşturmuşlar ve Vietnam'ın Kızıl Nehir Deltası (RRD) için taban yağış derinliği ve taban dönüş periyodunu kullanarak genelleştirilmiş bir IDF formülü önermişlerdir.

Kao ve Rao (2007), çalışmalarında aşırı yağış olaylarını karakterize etmek için, Indiana, ABD'den saatlik yağış verileri kullanılarak iki değişkenli bir analiz uygulamışlardır. Çalışmada ekstrem yağış olaylarının örnekleri üç farklı kriter temelinde seçilmiştir: yıllık maksimum hacim (AMV), yıllık maksimum pik yoğunluğu (AMI) ve ampirik koşullara dayalı yıllık maksimum kümülatif olasılık (AMP). Toplam derinlik, süre ve pik şiddet gibi yağış özellikleri ile yağış değişkenleri arasındaki bağımlılık yapılarını tanımlamak ve ekstrem yağışlar için ortak dağılımları oluşturmak için kopulalar kullanılarak analiz edilmiştir. Türetilmiş iki değişkenli modellerden elde edilen sonuçlar, karşılık gelen koşullu dağılımları hesaplayarak geleneksel tek değişkenli analizden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Geleneksel tek değişkenli analiz, 10 saatten uzun süreler için yağış derinliklerine ilişkin makul tahminler sağlamakla birlikte daha kısa süreler için, AMP temelinde tanımlanan ekstrem olaylara sahip iki değişkenli bir analiz önerilmiştir. Çalışmanın sonucunda, tasarım yağışlarına ilişkin daha iyi tahminler sağlama bakımından iki değişkenli analiz önerilmiştir.

Yasemin Lopçu (2007), yüksek lisans tezi çalışmasında İzmir ve Uşak' taki Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI) plüvyografli yağış istasyonlarında gözlenen standart süreli yıllık maksimum yağış verilerini kullanarak belli tekerrürlü yağış tahminleri elde etmiştir. Çalışmada yıllık maksimum sağanaklar için Robust ve karma yöntem uygulanarak Şiddet-Süre-Tekerrür ilişkileri belirlenmiştir. Maksimum yağış verilerine en uygun dağılım İzmir için Gumbel ve LN2 dağılımı, Uşak içinse ve Gumbel dağılımı seçilmiştir. Ayrıca yağış şiddeti verilerine uygun olan dağılım seçilmemesi durumunda elde edilen modelin yanlış tahminler verdiği gösterilmiştir.

Wang vd. (2012), Apalachicola Nehri havzasındaki (Florida Panhandle sahili) yağış şiddet-süre-tekerrür (IDF) eğrileri üzerindeki iklim değişikliğinin etkisini, Kuzey Amerika Bölgesel İklim Değişikliği Değerlendirme Programından elde edilen bölgesel iklim modelleri (RCM) kullanılarak değerlendirmişlerdir. Yedi farklı iklim modeli için gerçekleştirilen çalışmada modellerin yağışın zamansal değişimini simüle etmedeki uygunluğu, vaka çalışması ile değerlendirilmiştir. İki modelin (HRM3-HADCM3 ve RCM3-GFDL) yüksek şiddetli yağışlar oluşturma konusunda başarılı olduğunu saptamışlardır. Bu iki model, IDF eğrileri üzerindeki potansiyel iklim değişikliği etkisini değerlendirmek için seçilmiştir. HRM3-HADCM3 modeliyle yapılan projeksiyona göre, yukarı ve orta akış istasyonlarında yağış şiddetlerinde önemli bir değişiklik görülmemekte, ancak akış aşağı istasyonda daha yüksek şiddeti görülmektedir. Diğer model ise (RCM3-GFDL), yukarı akıştan aşağı akışa artan yağış şiddeti öngörmüştür.

Wright vd. (2013), çalışmalarında Charlotte, Kuzey Karolina Bölgesi için on yıllık yüksek çözünürlüklü (15-dk, 1-km²) radar yağış veri setinden geliştirilen "sağanaka katalogları" ile stokastik sağanak transpozisyonunu (SST) birleştiren yağış frekansı analizi için alternatif bir çerçeve sunmuşlardır. SST prosedürü, aşırı yağışın bölgesel klimatolojisini yeniden yapılandırmak için bu fırtına kataloglarından uzaysal ve zamansal yeniden örneklemeyi kapsamaktadır. SST tabanlı şiddet-süre-tekerrür (IDF) tahminleri, hava durumu radar gözlemlerinden elde edilen uzamsal ve zamansal yağış değişkenliği tarafından yönlendirilmektedir. Charlotte' taki dört kentsel havza için gerçekleştirilen çalışmada, ekstrem yağışın, geleneksel teknikler kullanılarak değerlendirilemeyen önemli sel riski etkilerinin zaman ve mekanda önemli ölçüde değişebileceğini göstermişlerdir.

Burgess vd.(2014), çalışmalarında Jamaika adasında , 30 yıllık maksimum yağış serisi (AMS) kullanarak iki istasyon için şiddet- süre-tekerrür (IDF) eğrileri

elde etmişlerdir. Çalışma, frekans analizinin konfigürasyonunda olasılık dağılımını önemli faktör olarak belirlemiştir. Her bir istasyon için konum, ölçek ve şekil parametrelerindeki zamansal eğilimleri de incelenmiş ve 2100 yılına kadar olan maksimum yağışlar tahmin edilmiştir. 2100 yılındaki yağışlardaki artışlar, değişkenlikteki artışların bir sonucu olarak 100 yıllık tekrür için %27 ile %59 arasında tespit edilmiştir.

Örgün (2015), yüksek lisans tezi çalışmasında, Türkiye’de yer alan 242 yağış ölçüm standart süreli sağanaklarını incelemiş ve verilere uygun olasılık dağılımını belirlemek amacıyla, incelediği istasyonlarda LN2, Gumbel ve LP3 dağılımlarını ele almıştır. Çalışmada LP3 ün verileri en uygun şekilde tanımladığı belirlenmiş ve bu olasılık dağılım kullanılarak IDF eğrileri oluşturulmuştur

Pérez-Zanón vd. (2015), çalışmalarında 5 dakika ile 24 saat arasındaki zaman aralıkları için maksimum yağış oranları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Her tekrür için şiddet-süre-tekrür (IDF) eğrileri ve bunların ana denklemi ve ayrıca tüm dikkate alınan süreler için muhtemel maksimum yağış (PMP) elde etmişlerdir. 1905-2013 döneminde kaydedilen 20 aşırı yağış olayı analiz edilmiş ve zamansal ölçeklerine göre sınıflandırmışlar. Yerel, orta ölçekli ve sinoptik olmak üzere ana meteorolojik skalaya karşılık gelen üç ana vaka sınıfının yanı sıra, geniş bir zaman aralığı için yüksek yoğunluklu oranları olan karmaşık olaylardan oluşan dördüncü bir grup da tanımlamışlar.

Ghiaei vd. (2016), çalışmalarında Türkiye'nin Doğu Karadeniz Havzası maksimum yağışları için L-momentlere dayalı bölgesel yağış analizi kullanmışlar. L-momentler tekniği, homojen bölgelerin belirlenmesi de dahil olmak üzere bölgesel analizin tüm aşamalarında, her homojen bölgedeki uygun dağılım fonksiyonlarından parametreleri tahmin etmek amacıyla uygulanmıştır. Ölçüm periyotları 39 ila 70 yıl olan yedi yağmur ölçüm istasyonundan çeşitli sürelerde (5 dakika ile 24 saat) yıllık maksimum yağış yüksekliği değerlerini incelemişlerdir. Genelleştirilmiş Pareto (GPA). GLO ve GEV, sırasıyla kısa (5 ila 30 dakika) ve uzun (1 ila 24 saat) dönem verileri için en uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir.

Carlier ve El Khattabi (2016), çalışmalarında Gumbel dağılımına göre belirli süre ve tekrür için yıllık maksimum yağışları analiz etmişlerdir. 1980 öncesi ve sonrası şiddet-Süre-tekrür (IDF) eğrileri hesaplamışlar ve karşılaştırmışlar. Toronto şehri için, 1980 sonrası yağış şiddetlerinin, özellikle kısa süreli yağışlar için, bu tarihten öncesine göre daha düşük olduğu gösterilmiştir.

Sarhadi ve Soulis (2017), çalışmalarında farklı karmaşık durağan olmayan koşulların Great Lakes bölgesinde ekstrem yağış oluşumu üzerindeki etkisini anlamak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişler, sabit varsayımlar kullanılarak aşırı yağışların hafife alındığını ve değişen bir iklimde altyapı tasarım stratejilerinin güncellenmesinin önemini göstermişlerdir.

Goudenhoofdt vd. (2017), çalışmalarında 2005–2016 dönemi için, otomatik yağmur ölçerlerden ve yan yana yerleştirilmiş radar tahminlerinden 1 ve 24 saatlik maksimum yağışları karşılaştırmışlardır. Pik yoğunlukları, ortalama karesel hatayı en aza indiren bir eşik derecesine sahip Q-Q grafiklerinde regresyon kullanılarak üstel dağılıma uyarlanmıştır. Referans olarak kullanılan temel bir radar ölçüm cihazı gerçekçi olmayan yüksek ekstrem değerler sergilemiştir. Kısmen kışın meydana gelen 24 saatlik aşırı yağışlar için, radar tabanlı ölçümlerin bir sapma düzeltilmesine ihtiyacı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Demaria vd.(2017), çalışmalarında ABD'deki zıt hidroklimatik ortamlarda gözlemlenen 24 saatten küçük süreli maksimum yağışları, geçici eğilimleri değerlendirmek ve durağan ve durağan olmayan iklim koşulları altında şiddet-Süre-tekerrür (IDF) eğrileri geliştirmek için kullanmışlardır. Analizler, yarı kurak ve ılıman bir ortamda bulunan deneysel havzalarda yapılan gözlemlere dayanmaktadır. 5 ila 1440 dakika arasında değişen süreler için maksimum yağışlardaki geçici eğilimleri belirlemek için Yıllık Maksimum Seri (AMS) ve Kısmi Süre Serileri (PDS) yaklaşımı kullanmışlardır. Sonuçlar, her iki havzada da gözlemlenen maksimum yağışlarda artan eğilimler gösterirken, PDS gözlemlerindeki eğilimler çoğunlukla yarı kurak bölgede pozitif ve ılıman bölgede pozitif ve negatif karışımı olarak ortaya çıkmıştır.

Dakheel (2017), çalışmasında Irak'ın Nasiriyah şehri için 1980'den 2015'e kadar (36 yıllık) maksimum yağış verisini kullanarak yağış şiddeti-süre-tekerrür (IDF) eğrilerini elde etmiş ve eğrilerin ampirik denklemlerini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, sağanak süresinin artmasıyla yağış yoğunluğunun azaldığını ve herhangi bir süredeki yağışın, dönüş süresi büyükse daha büyük bir yoğunluğa sahip olacağını göstermiştir.

De Paola vd. (2018), çalışmalarında Afrika'nın Dar Es Salaam (TZ) ve Addis Ababa (ET) şehirlerinin vaka çalışmalarına atıfta bulunularak, yıllık maksimum yağışın durağan ve durağan olmayan analizini gerçekleştirmişlerdir. Dar Es Salaam (TZ) için 53 yıllık (1958–2010) maksimum günlük yağış kayıtlarının (24 saat) bir

veri seti analiz edilirken, Addis Ababa (ET) için 47 yıllık bir zaman serisi (1964–2010) dikkate alınmış. Her iki istasyonun yağış verilerine Ekstrem Değer Dağılımı (GEV) modeli uyarlanmış, modelin şekil parametresi ve güven aralığı genişliği üzerindeki etkileri dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, iklim değişikliğinin durağan olmayan etkilerinin mühendislik tasarımı ve yönetimi için uygun bir şekilde hesaba katılmasına bağlı olduğunu göstermişlerdir.

Devkota vd. (2018), çalışmalarında, yağış değişkenliği ve ülkenin en yüksek yağış bölgelerinden biri olan (yıllık ~4500 mm) Nepal'in Orta-Batı tepelerinde olduğu gibi veri kısıtlılığı durumlarında IDF ilişkileri kurma olasılığını araştırmışlardır. Çalışmada 8 istasyonun verisine dayanan homojen günlük yağış serileri hidrolojik yıllara göre gruplandırılarak analiz edilmiştir. Musondaki günlük yağış, saatlik sentetik serilere ayrıştırılmış, yağışların tarihsel istatistiksel özelliklerinden yararlanılmıştır. Kaydedilen günlük ve ayrıştırılmış saatlik yağışların yardımıyla, Gumbel frekans faktörünü benimseyen bir IDF senaryosu geliştirilmiştir. Model, standart tahmin hatasını en aza indirerek parametreleri kalibre etmiş; buna göre istasyona özgü ampirik bir IDF modeli geliştirmiştir. Saatlik ortalama (aşırı) yağış ve diğer dinamik parametrelerle birlikte bölgesel ampirik IDF modelleri geliştirmiş, istasyona özgü ve bölgesel ampirik IDF modellerini üretmek için benimsenen yaklaşımın verilen istasyonda ve ölçüm yapılmayan yerlerde maksimum yağışları tahmin etmek için kullanışlı olduğu tespit edilmiştir.

Yavuz (2018), yüksek lisans tezi çalışmasında Türkiye' de yer alan 7 coğrafi bölgeye ait 22 yağış gözlem istasyonunun yıllık maksimum yağış serilerinin frekans analizi yapmış ve bu analizin sonucunda her bir istasyonun IDF ilişkilerini değerlendirerek 7 coğrafi bölge için 5 adet farklı analitik eşitliği ortaya koymuştur. Daha sonra 22 adet meteoroloji istasyonunun tamamını kullanarak tüm bölgeyi temsil eden tek bir IDF denklemine ulaşmıştır.

Değer (2019), yüksek lisans tezi çalışmasında Akdeniz ve Güneydoğu anadolu bölgelerinde yer alan 14 meteorolojik istasyonun 5 dakikadan 24 saate kadar olan standart yağış süreleri için yağış şiddet-süre-frekans eğrilerinin oluşturmuştur. Çalışmada belirli standart yağış sürelerine ait maksimum yağış yüksekliklerine Normal dağılım, Gumbel, LN2 ve LP3 dağılımları uyarlanmıştır

Vu ve Mishra (2019), çalışmalarında, on yıl boyunca, Amerika Birleşik Devletleri'nde bin yıldan büyük tekerrürlü ekstrem yağış olaylarını incelemişlerdir.

Zaman, maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve El Niño Southern gibi zamanla değişen ortak değişkenleri dahil ederek farklı standart sürelerde (1-, 3- ve 5 gün) meydana gelen en son ekstrem yağış olaylarının durağan olmayan yapısını ve Salınım döngüsü (ENSO) araştırmışlardır. Bu uç olaylar için durağan olmayan frekans analizi çalışmasına, zamanla değişen ortak değişkenleri dahil ederek durağan olmayan Genelleştirilmiş Ekstrem Değer dağılımı kullanılarak frekans analizi yapmışlardır. Durağan olmayan ekstrem değer analizine dayalı olarak, aşırı yağış olaylarıyla ilişkili tekerrür sürelerinin, durağan yaklaşıma kıyasla önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir.

Courty vd. (2019), çalışmalarında parametrikleştirilmiş ekstrem yağış olarak adlandırılan 31 km çözünürlükte genelleştirilmiş ekstrem değer (GEV) parametrelerinin küresel, çok zamanlı (1–360 h) verilerini kullanarak, GEV parametrelerinin tipik olarak olay süresiyle ($R^2 > 0.88$) güçlü bir şekilde ölçeklendiğini göstermek için bölgeye özgü çalışmalarını genelleştirmişlerdir. Bu amaçla çalışmada, sürekli bir süre aralığı için yağış tahminlerine izin veren evrensel bir IDF formülü önermişlerdir. Bu parametre ölçekleme özelliği, günlük kayıtlardan günlük IDF'yi tahmin etmeyi mümkün kılmakta olduğunu öne sürmüşlerdir.

Breinl vd. (2021), çalışmalarında yağış mekanizmaları ve havza özelliklerinin yağış ve taşkın olasılıklarını nasıl şekillendirdiğini araştırmışlar. Aşırı akışlar için havza davranışını anlamak için maksimum yıllık yağışın şiddet-süre-tekerrür istatistiklerini maksimum yıllık akışıyla karşılaştıran yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Avusturya'daki 314 yağış ve 428 akış istasyonunda elde edilen verilere şiddet-süre-tekerrür ölçekleme modellerini kalibre etmişler ve sonuçta ortaya çıkan dağılımların ve model parametrelerinin uzamsal modellerini analiz etmişlerdir. Ekstrem yağışların, konvektif yağışın hakim olduğu kuru ova havzalarında, yıllık yağışın daha yüksek olduğu ve yağış mekanizmalarının esas olarak orografik olduğu dağlık havzalara göre daha değişken olma eğiliminde olduğunu göstermişlerdir.

Bozyiğit (2021), yüksek lisans tezi çalışmasında Tokat, Samsun ve Ordu illeri standart süreli (5 dak., 10dak, ..., 24 saat) maksimum yağışlara en uygun olasılık dağılım fonksiyonlarını incelemiş, beş parametrelili Wakeby dağılımının (5 parametre) incelenen illerin maksimum yağışlarını başarıyla temsil ettiğini göstermiştir. Daha sonra, Wakeby dağılımını kullanarak belirli tekerrürler için (2-, 5-, 10-, 25-, 50-, 100-, ve 200-yıl) yağış şiddetleri tahmin edilmiştir.

Şen ve Aksu (2021), çalışmalarında 7 adet plüviyografli meteoroloji gözlem istasyonunun standart süreli maksimum yağışlarının trend analizini yapmışlardır. Yağış verileri iki eşit periyoda ayrılarak yağış şiddeti-tekerrür eğrileri oluşturulmuş, Kartal istasyonu dışındaki 6 istasyonda (Sarıyer, Kumköy, Florya, Çorlu, Göztepe ve Şile) anlamlı artış trendleri belirlenmiştir.

Yüksek vd. (2022), çalışmalarında çeşitli süreler için ($t=5, 15$ ve 30 dakika ve $1, 3, 6, 12$ ve 24 saat) mevcut maksimum yağış şiddeti değerleri kullanılarak Türkiye için bölgesel şiddet-süre-tekerrür (IDF) eğrileri geliştirmişlerdir. Literatürdeki çeşitli IDF formülleri ve yeni oluşturulan formüller kullanılarak alınan dokuz çeşit IDF formülü kullanılarak çoklu doğrusal olmayan regresyon analizi yapılmıştır. Türkiye'nin en yağışlı havzası olan Doğu Karadeniz Havzası'nda da IDF analizi üzerinde durularak detaylı olarak çalışılmıştır.

Aybehon (2022), çalışmasında dört yağış ölçüm istasyonunun $11 - 23$ yıllık yağış verilerini kullanarak, yağış şiddeti-süre-tekerrür (IDF) eğrilerini ve bu ilişkilere ait parametreleri elde etmiştir. Log Person Tip III'ün en uygun olasılık dağılım fonksiyonu olduğu belirlenmiş, yağış yüksekliğinin yıllık maksimum değerleri, farklı yağış süreleri ve tekerrürler için hesaplanmıştır. IDF eğrileri $2, 5, 10, 25, 50$ ve 100 yıllık tekerrürler ve $1, 2, 3, 6, 12$ ve 24 saatlik süreler için elde edilmiştir.

Jalbert vd. (2022), çalışmalarında geniş bir alanda IDF eğrilerini hesaplamak için birkaç süreli maksimum yağışın nasıl enterpole edilebileceğini açıklamışlardır. Bir örnek olarak, metodoloji Doğu Kanada üzerinde IDF eğrileri oluşturmak için kullanılmıştır. Kapsamlı bir çapraz doğrulama çalışması, verilerin mevcut olduğu yerlerde, önerilen yöntemin genel olarak Gumbel ekstrem değer dağılımının moment tabanlı uyumuna dayanan mevcut Çevre ve İklim Değişikliği Kanada uygulamasını geliştirdiğini göstermiştir.

Galiatsatou ve Iliadis (2022), çalışmalarında görece homojen aşırı yağışlı bir iklime sahip ölçüm bulunan bölgelerden bilgi aktararak ölçülmemiş alanlarda IDF eğrilerinin çıkarılması için yeni bir metodolojik çerçeve sunmuşlardır. Değişen bir iklimin IDF eğrisi inşası üzerindeki etkilerini dikkate almak için, bir hareketli zaman penceresi yaklaşımı kullanmışlar, ölçüm yapılmamış sahada aylık maksimum yağışlara uyan durağan olmayan bir Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) dağılımı uygulamışlardır. Değişen iklim koşulları altında IDF eğrilerini türetmek ve sürdürülebilir bir yağmur suyu şebekesinin tasarımında önerilen

metodolojinin etkilerini sunmak için Girit, Fourni için bir saha uygulaması sunmuşlardır. Çalışmada tanıtılan metodoloji, %20,5'e kadar artan ekstrem yağışlar göstermekte, yeni tasarlanan yağmur suyu şebekesinin, tamamen sabit koşullar altında tasarlanana kıyasla, artan çapları zorunlu kıldığı ortaya konmuştur.

Kareem vd. (2022), çalışmalarında 39 yıllık (1980-2018) maksimum yağış verileri kullanarak Erbil şehri için IDF eğrileri ve ampirik IDF formülleri geliştirilmişler. Gumbel ve Log-Pearson Tip III (LPT III) dağılımını kullanarak, birkaç standart süre ve tekerrür için günlük yağış verilerinden IDF eğrilerini ve ampirik denklemleri belirlemişlerdir. Sonuçlar, yetkililerin çalışılan alanda ve gelecekte kentsel havzaların yağmur suyu altyapısının tasarım sürecinde gerekli kılavuzları oluşturması için bir ilk adım olmuştur.



3. ÇALIŞMA ALANI ve VERİLER

Doğu Karadeniz Bölgesi, Türkiye'deki yedi coğrafi bölgesinden biri olan Karadeniz Bölgesinin Rize, Artvin, Trabzon, Giresun, Ordu, Gümüşhane ve Bayburt illerini kapsayan doğu bölümüdür.

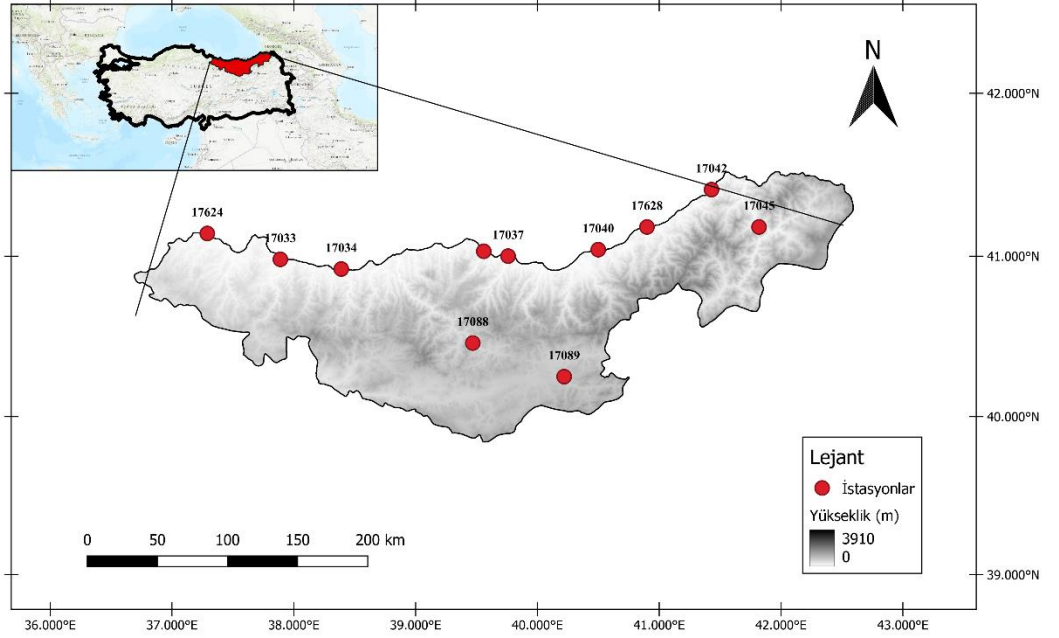
İncelenen bölge, Karadeniz Bölgesi'nin en yüksek kotlu, en çok yağış alan bölümüdür. Kıyı kesimleri ile iç kısımlar gerek iklim gerekse bitki örtüsü bakımından önemli farklılıklar göstermektedir. Kıyılarda Karadeniz iklimi hakimken iç kısımlarda yükseklikle doğru orantılı olarak nemli karasal iklim hüküm sürmektedir.

Bölge eğim bakımından yüksek değerlere sahiptir. Düz alanlar (%2eğim) toplam alanın %3'ünü kaplarken, sarp eğime sahip alanlar (%30+eğim) %20'sini kaplamaktadır (Bakırcı, 2002). Yüksek eğim değerleri arazi kullanımını sınırlandırmıştır. Yerleşimler ve tesisler için dere yatakları kullanmakta, ormanlar tahrip edilmektedir. Bunun sonucunda önünde her hangi bir engel bulunmayan su kütleleri çevreye onarılamaz hasarlar vermektedir. (Çınaklı, 2008).

Tez kapsamında Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan 11 plüvyografli yağış gözlem istasyonunun standart süreli (5-, 10-, 15-, 30-dk, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 8-, 12-, 18-, 24-sa) maksimum yağışları kullanılmıştır. Belirtilen 14 standart süreye ait veriler Devlet Meteoroloji İşleri'nden temin edilmiştir. Meteoroloji istasyonlarının yükseklikleri 4 ila 1550 m arasında, kayıt uzunlukları 39 ila 76 yıl arasında değişmektedir. Seçilen meteoroloji istasyonlarının hiçbirinin kayıtlarında boşluk bulunmamaktadır. Bu nedenle, aşırı yağışlarda zararlı olabilecek veri doldurma hatalarının potansiyeli dikkate alınarak herhangi bir veri doldurma prosedürü kullanılmamıştır. İstasyonların özellikleri Tablo 3.1 de istasyonların fiziksel konumu ise Şekil 3.1 de verilmiştir.

Tablo 3.1. Karadeniz Bölgesi Plüvyografli Yağış Ölçüm İstasyonları Özellikleri

İstasyon Adı	İstasyon No	Veri Uzunluğu N (yıl)	Enlem (° Kuzey)	Boylam (° Doğu)	Yükseklik (m)	Yıllık Yağış P (mm)
Akçaabat	17626	40	41,03	39,56	6	715
Artvin	17045	51	41,18	41,82	597	690
Bayburt	17089	50	40,25	40,22	1550	447
Giresun	17034	50	40,92	38,39	14	1291
Gümüşhane	17088	50	40,46	39,47	1219	460
Hopa	17042	51	41,41	41,43	33	2233
Ordu	17033	51	40,98	37,89	5	1048
Pazar	17628	39	41,18	40,90	50	2043
Rize	17040	76	41,04	40,50	4	2302
Trabzon	17037	54	41,00	39,76	30	829
Ünye	17624	45	41,14	37,29	10	925



Şekil 3.1. Karadeniz Bölgesi Plüvyografli Yağış Ölçüm İstasyonları Konumu

4. UYGULANAN YÖNTEMLER

4.1 Hidrolojide İstatistik Yöntemlerin Önemi

Yeryüzünde nüfus artışıyla birlikte içme ve kullanma suyu, tarımsal kullanım, endüstriyel kullanım gibi farklı amaçlarla sarfedilen su miktarı da gitgide artan bir eğilim göstermektedir. Bu bakımdan hidroloji çalışmalarında daha ileri metotların kullanımı gerekli olmaktadır. Olasılık yöntemleri hidrometrik ve meteorolojik verileri değerlendirme anlamında bu yöntemler arasında çok önemli bir yere sahiptir. Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, hidrolojik olayların rasgele karakteri meteorolojik olayların rasgele yapısından kaynaklanmakta ve hidrometrik verilerin değerlendirilmesinde olasılıksal veya istatistiksel yaklaşımı gerekli kılmaktadır (Bayazıt, 1981).

4.2 Temel Kavramlar ve İstatistik Parametreler

4.2.1 Temel kavramlar

Gelecekte alacağı değer önceden kestirilemeyen değişkenler “**rasgele değişken**” olarak adlandırılır. Rasgele değişkenin olasılık değeri 0 ile 1 arasında değişir ve bu olasılık:

$$P(X=x_i) = p_i \quad 0 \leq p_i \leq 1 \quad (4.1)$$

şeklinde gösterilir. Eğer p_i olasılığı 0 ise, bu rastgele olayın hiçbir zaman meydana gelmeyeceği, eğer bu olasılık 1 ise bu olayın daima meydana geleceği anlaşılır. Bir rastgele olayın olasılığı 1’ e ne kadar yakınsa gözlemler sırasında o rastgele olayın meydana gelme şansı o kadar büyüktür.

Bir değişkenin ölçümündeki presizyon arttırıldıkça, bu değişkenin örnek uzayındaki eleman sayısı arttırılmakta olup, değişken sürekli değişken gibi düşünülmektedir. Hidrolojik değişkenlerin ölçümleri çok presizyonlu yapılmadığı için elde edilen veriler ancak sonlu sayıda değerlerden biriyle ifade edilebilir. Ayrıca hidrolojik değişkenler alt sınırı 0 olacak şekilde sınırlıdır. Pratik olarak bu değişkenlerin üstten de sınırlı oldukları düşünülecek olursa hidrolojik değişkenleri, aslında birer sürekli değişken olmalarına rağmen, kesikli değişkenler olarak düşünmek uygun olmaktadır (Yevjevich, 1972).

4.2.2 Rastgele değişkenlerin dağılımları

Rasgele bir değişkenin dağılımını ve dağılım parametrelerini dikkate aldığımızda öncelikle değişkenin toplumu ile ilgili bilgi sahibi olmamız gerekmektedir. Rasgele bir değişkene ait tüm gözlemler (veya ölçümler) o rasgele değişkenin toplumunu oluşturmaktadır.

Kesikli bir rastgele değişkenin alabileceği çeşitli sonlu değerleri x_i ile gösterirsek ($X = x_i$) şeklinde tanımlanan rastgele olaylara ait olasılık değerleri

$$p(x_i) = P(X=x_i) \quad (4.2)$$

olacaktır. Bu olasılıkların x_i 'ler hizasında birer düşey çizgi ile gösterildikleri grafiklere bu değişkenin “**olasılık kütle fonksiyonu**” (o.k.f.) denir. Olasılık kütle fonksiyonu bir rasgele değişkenin karakteriyle ilgili tüm bilgileri içerir. Olasılık kütlelerinin toplamı daima 1' dir.

$$\sum p(x_i) = 1 \quad (4.3)$$

Bir diğer grafikte değişkenin belli bir değere eşit ya da bu değerden küçük kalma olasılıklarını çizebiliriz. Bu fonksiyona “**eklenik dağılım fonksiyonu**” denir. Fonksiyonun tanımından:

$$F(x_i) = P(X \leq x_i) = \sum_{-\infty}^i p(x_i) \quad (4.4)$$

$F(x)$ fonksiyonu 0' dan başlayıp 1' e doğru artan bir fonksiyondur. Bu fonksiyonun aşağıdaki özellikleri, fonksiyonun tanımına dayanarak yazılabilir.

$$F(-\infty) = 0, \quad F(+\infty) = 1 \quad (4.5)$$

Sürekli bir rastgele değişken “**olasılık yoğunluk fonksiyonu**” (oyf) ile tanımlanır. Olasılık yoğunluk fonksiyonunun özellikleri aşağıda verilmiştir:

$$f(x) \geq 0, \text{ her } x \text{ için } \int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1 \quad (4.6)$$

Benzer şekilde kümülatif (veya eklenik) olasılık dağılım fonksiyonu

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(X)dX \quad (4.7)$$

belirli integraliyle tanımlanır. $F(x)$ aşağıdaki özelliklere sahip, artan bir yapıya sahiptir.

$$F(-\infty) = 0, \quad F(+\infty) = 1 \quad 0 < F(x) < 1 \quad (4.8)$$

4.2.3 İstatistik Parametreler

Bir rastgele değişkenin davranışını olasılık kütle fonksiyonu ile belirlemek mümkün olsa bile karakterini belli birkaç parametreyle özetlemek pekçok koşulda yeterli olabilmektedir. Olasılık dağılım fonksiyonunun karakterini yansıtan bu büyüklükler, “**parametre**” olarak adlandırılmaktadır.

Toplum parametreleri Grek alfabesinin harfleri ile gösterilirken, örnek kümesinde bu parametrelere karşılık gelen değerler Latin alfabesinin harfleriyle ifade edilir.

Bazı istatistik parametreler rasgele değişkenin, önemli özelliklerini ifade ederler. Tanımlayıcı istatistik olarak da adlandırılan bu parametreler rasgele değişkenin dağılımına ait,

1- Merkezi, yani değişkenin alabileceği değerlerin çevresinde saçıldığı orta değeri,

2- Rasgele değişkenin alacağı değerlerin merkez etrafındaki saçılımının büyüklüğü,

3- Çarpıklığı,

4- Sivrililiği,

tanımlarlar.

Bir rasgele değişkenin ortaya çıkışından itibaren gözlemlenen ve kayıt altına alınan gerçek değerleri hiçbir koşulda tam olarak belirlenemez, çünkü olayın toplumunu tümüyle yansıtacak gözlemlere sahip olmak olası değildir. Rasgele değişkenin istatistiksel parametreleri sadece gözlem kayıtlarından (yani örnek kümesinden) tahmin edilebilmektedir. Bu yolla tahmin edilen parametrelere “**örnek istatistiği**” adı verilir.

Mühendislik hesaplarında en çok kullanılan parametreler “**istatistik moment**” tipinde olanlardır.

Orijine göre k cı mertebeden istatistik moment kesikli değişkenlerde,

$$\mu_0(k) = \sum_{-\infty}^{\infty} x_i^k \cdot P(x_i) \quad (4.9)$$

sürekli değişkenlerde ise,

$$\mu_0(k) = \int_{-\infty}^{\infty} x^k \cdot f(x) \quad (4.10)$$

olarak ifade edilir.

Beklenen değer

Bir rastgele değişkenin dağılımının en belirleyici karakteristiği, söz konusu değişkenin dağılımının merkez değeridir. Orijine göre 1. istatistik moment x değişkeninin beklenen değeri olarak anılır. Beklenen değer μ_x ile, örnek ortalaması ise $\bar{x}$ ile gösterilir ve

$$\mu_0(1) = \mu_x = \sum_{-\infty}^{\infty} X_i \cdot p(X_i) \quad (4.11)$$

$$\mu_0(1) = \mu_x = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) \quad (4.12)$$

şeklinde hesaplanır. Beklenen değer μ_x örnek kümesine ait değeri $\bar{x}$ parametresidir ve örnek ortalaması olarak adlandırılır.

Ortalama ya da diğer bir deyişle aritmetik ortalama rastgele değişkenlerin değerlendirilmesinde dikkate alınan en önemli parametredir. Ortalama parametresi, kesikli bir rasgele değişken için N veri uzunluğunda bir örnek dizisinden aşağıda verilen eşitlikle elde edilir.

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^N x_i) / N \quad (4.13)$$

Varyans

Rastgele değişkenin ortalama etrafındaki yayılmasının ölçüsü olarak varyans parametresi kullanılmaktadır.

Varyans, olasılık kütle fonksiyonun ortalama çevresinde 2. mertebeden momen-tidir.

$$\mu_x(2) = \sigma_x^2 = Var [X] = \sum_1^N (x_i - \mu_x)^2 \cdot p(x_i) \quad (4.14)$$

$$\sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^2 \cdot f(x) dx \quad (4.15)$$

Eş olasılık ilkesine göre “**yanlı örnek varyansı**”

$$S_x^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2 / N \quad (4.16)$$

“**yansız varyans**” ise

$$S_x^2 = N S_x^2 / (N-1) \quad (4.17)$$

Bağıntılarından hesaplanır.

Varyans parametresinin büyük değerlerde olması rasgele değişkenin ortalama çevresindeki saçılımının fazla olduğunu gösterir.

Varyansın parametresinin boyutu x rasgele değişkeninin boyutunun karesi olması sebebiyle, varyans parametresi yerine varyansın kareköküne eşit olan standart sapma (σ_x) parametresi de kullanılabilir. Örnek standart sapması S_x ile gösterilir.

$$\sigma_x = S_x = (Var[X])^{1/2} \quad (4.18)$$

“**Değişkenlik katsayısı**” rasgele olayın değişkenliğini bir ölçüsü olan boyutsuz bir parametredir.

$$\eta_x = \sigma_x / \mu_x \quad (4.19)$$

Ortalamaları aynı büyüklükte olan iki rasgele değişkenden hangisinin değişkenlik katsayısı daha büyükse, o değişkenin ortalaması etrafındaki saçılımının daha fazla olduğu anlamına gelir. Örnek kümesine ait değişkenlik katsayısı aşağıdaki şekilde tahmin edilmektedir:

$$C_v = S_x / \bar{x} \quad (4.20)$$

Üçüncü mertebeden moment

Olasılık kütle fonksiyonunun ortalama çevresindeki 3. mertebeden momentini kesikli ve sürekli değişkenler için sırasıyla aşağıdaki denklemlerle tahmin edilmektedir:

$$\mu_x^{(3)} = \sum_1^N (x_i - \mu_x)^3 \cdot p(x_i) \quad (4.21)$$

$$\mu_x^{(3)} = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^3 \cdot f(x) dx \quad (4.22)$$

3. mertebeden moment çarpıklığa ait bir parametredir ve eşitliklerden anlaşılacağı üzere değişkenin kübü boyutundadır.

Çarpıklık katsayısı boyutsuz olup,

$$\gamma_1 = \mu_x^{(3)} / \sigma_x^3 \quad (4.23)$$

şeklinde elde edilebilir. γ_1 pozitif ise, dağılım pozitif çarpık, γ_1 negatif ise, dağılım negatif çarpıktır. Eş olasılık ilkesine göre “**yanlı örnek çarpıklık katsayısı**”

$$C_s = [1 / N \sum (x_i - \bar{x})^3] / S_x^3 \quad (4.24)$$

bağıntısından, “**yansız örnek çarpıklık katsayısı**” is

$$C_s = C_s N^2 / (N - 1) (N - 2) \quad (4.25)$$

bağıntısından hesaplanabilir.

Dördüncü mertebeden moment

O.k.f.’nin ortalama çevresindeki 4. mertebeden momentini

$$\mu_x^{(4)} = \sum_1^N (x_i - \mu_x)^4 \cdot p(x_i) \quad (4.26)$$

olarak tanımlanmaktadır. Bu momentini

$$\gamma_2 = \mu_x^{(4)} / \sigma_x^4 \quad (4.27)$$

şeklinde boyutsuz hale getirerek dağılımın sivriliğini ölçen katsayı (kurtosis katsayısı) tanımlanır. Dağılımın sivriliği arttıkça, bu katsayının değeri de artar.

4.3 Olasılık Dağılımları ve Belli Tekerrürlü Yağış Tahminleri

4.3.1 Frekans analizi

Belli süreli sağnaklar gibi rasgele özelliğiyle öne çıkan hidrolojik olaylar genellikle ortaya çıkma olasılıklarıyla tanımlanırlar. Bu tür olayların olasılıklarının tanımlanmasında analitik ve/veya grafik yöntemler kullanılmıştır. Analitik yöntemler büyük ölçüde parametrik modellerin kurulmasını gerektirmektedir.

Belli frekanslı yağış tahmininde, olasılık dağılım modelinin tipi çok önemli bir rol oynamaktadır. Frekans analizinde en önemli adımlardan biri incelenen maksimum yağışları en uygun biçimde temsil edecek olasılık dağılım modelinin doğru bir biçimde tespit edilmesidir. Bundan sonra yağış gözlemlerinden oluşan veri dizilerine ait parametreler tahmin edilmektedir. Son olarak incelenen her bir standart yağış süresi için belli frekanslı maksimum yağış tahminleri (kuantiller) elde edilmektedir. Olasılık dağılım modeli veya parameter tahmin yöntemi ne olursa olsun amaç, gözlem uzunluklarından daha büyük süreler (tekerrürler) için kuantiller elde edebilmektir.

Bir rastgele değışkenin dağılımını incelerken olayın toplumunu temsil edebilecek kısıtlı miktarda bir örnek elde edebildiğimiz için eldeki bu örnek kümesini en uygun şekilde değlendirmemiz gerekmektedir. Bir rasgele değışkenin toplumunun tamamını gözlemek mümkün olamayacağından, kabul edilen olasılık dağılım modelinin elimizdeki örnek kümesine ait verilerin değlendirilmesi sonucunda elde edilen *frekans dağılımıyla* eşdeğer kabul edilmektedir. Frekans dağılımını belirlemek amacıyla örneğin analizi, söz konusu rastgele değışkenin tipine göre aşağıdaki yöntemlerle yapılır.

4.3.2 Sürekli değışkenlerin frekans analizi

Sürekli bir rastgele değışkenin frekans analizi, örnek kümesinin veri uzunluğunun kısa veya uzun olması durumuna göre farklı şekillerde gerçekleştirilmektedir.

Büyük Örneklerin Frekans Analizi

Rastgele değişken, uygun sayıda sınıf aralığına (m) ayrılır. i. sınıf aralığına düşen gözlem sayısı n_i ise bu sınıf aralığının frekansı:

$$f_i = \frac{n_i}{N} \quad (4.28)$$

denklemlerle hesaplanarak frekans histogramı, bunu takiben de eklenik frekans dağılımı çizilebilir. Frekans histogramının şekli seçilen m sınıf aralığı sayısına da bağlıdır. Büyük örnekler için ($N \geq 30$), m gerektiğinden daha küçük seçildiğinde eldeki bilgilerin büyük bir kısmı kullanılmamış olur, m çok büyük seçilirse hesaplar artacağı gibi histogram çok düzensiz bir görünüm alır, bazı aralıklarda hiç veri bulunmayabilir. Örnek uzunluğu N olmak üzere, m sayısı aşığıdaki ampirik formüllerle verilmektedir:

$$m \approx 1 + 3.3 \log_{10} N \quad \text{veya} \quad 2^m \geq N \quad (4.29)$$

Sınıf aralıkların birbirine eşit olması şart değildir, herhangi bir sınıf aralığına yaklaşık olarak aynı sayıda eleman düşmesini sağlamak için değişkenin değişme bölgesinin uçlarında sınıf aralıklarını daha geniş seçmek uygun olabilir. Birinci sınıf aralığı örnekteki en küçük değeri, son sınıf aralığı ise örnekteki en büyük değeri içine alacak biçimde seçilmesi uygun olur.

Küçük Örneklerin Frekans Analizi

Örnekteki eleman sayısı az ise verileri sınıflara ayırarak analiz etmek uygun olmaz, bu gibi örneklerde bazı sınıf aralıklarına hiç eleman düşmeyebilir. Bu durumda elemanlar küçükten büyüğe sıralanarak bir düzenlenmiş örnek elde edilir:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_m \leq \dots \leq x_N \quad (4.30)$$

Bu örnekten rastgele değişkenin x_m 'e eşit ya da daha küçük olması frekansını hesaplamak için şu ifade kullanılır:

$$F(x_m) = P(X \leq x_m) = \frac{m}{N} \quad (4.31)$$

Ancak bu ifadenin kullanılması halinde rastgele değişkenin örnekteki en büyük değer olan x_N 'e eşit ya da daha küçük olma olasılığı 1 olarak bulunmakta, bu da rastgele değişkenin toplumunda x_N 'den daha büyük elemanlar bulunabileceği için X'in x_N değerini hiçbir zaman aşamayacağını ifade eden bu formülün kullanılmasının uygunsuzluğunu ortaya çıkarmaktadır. Örnek vermek istersek, bir

akarsu ölçüm istasyonundan ölçülen aylık akımlardan debisi en büyük olanının 1500 m³/sn. olarak gözlemlendiğini varsayalım. Yukarıdaki formüle göre hesap yaparsak, bu gözlem istasyonunda 1500 m³/sn'den büyük, örneğin 1550 m³/sn debisinde akım gözlenme olasılığı “sıfır” olarak hesaplanır ama kimse de bunu garanti edemez (Örneğin gözlemin yapıldığı yıllar kurak geçmiş olabilir). Bu olumsuzluğu bertaraf etmek amacıyla $F(x_m)$ 'in tahmininde aşağıdaki ampirik formül kullanılır:

$$F(x_m) = \frac{m-a}{N+1-2a} \quad (4.32)$$

Bu formülde a, rastgele değişkenin dağılımına bağlı olarak seçilmektedir. Normal ve lognormal dağılımlar için a=0.375 (Blom) veya a=0.40 (Cunanne) alınmalıdır. Ekstrem değer dağılımları için a=0.44 (Gringorten) değeri, Gamma dağılımları için a=0.50 değeri uygundur. Weibull tarafından verilen a=0 değeri çok kullanılmakla birlikte yukarıda verilen değerler kadar uygun değildir. a için seçilen değerlerin etkisi, özellikle örnekteki küçük ve büyük değerlere karşı gelen $F(x_m)$ frekanslarında hissedilir (Bayazıt, 1996).

Çok değişkenli dağılımların da frekans analizi benzer şekilde yapılır, ancak frekans dağılımını çok boyutlu yüzeyler halinde ifade edilmesi gerekliliği grafik gösterimi güçleştirmektedir.

4.3.3 Olasılık Dağılım Fonksiyonları

Önceki bölümlerde rasgele değişkenin eklenik olasılık dağılım fonksiyonu anlatılmıştı. Pratikte, bazı teorik olasılık dağılım fonksiyonlarının incelenen rasgele değişkenlerin dağılımlarını temsil edebildikleri görülmektedir. Bu fonksiyonların analitik ifadelerinin bilinmesi ve bir kısmının tablolaştırılmış olması sebebiyle kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Bu bölümde, ekstrem değer dizilerinin teorik olasılığını temsil etme potansiyeli bulunan 14 farklı olasılık dağılım fonksiyonu (Lognormal 2p, Lognormal 3p, Exponansiyel, Gamma 2p, Gamma 3p, LogPearson 3, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer, Gumbel, Frechet, Weibull, Genelleştirilmiş Lojistik, Lojistik, Log-lojistik ve Genelleştirilmiş Pareto) ve bunların dayandığı mekanizmalar üzerinde durulacaktır.

Bir istatistik örneğin frekans analiziyle elde edilen frekans histogramına (ya da eklenik frekans dağılımı çizgisine) uyan teorik bir $f(x)$ olasılık yoğunluk fonksiyonunun (ya da $F(x)$ eklenik dağılım fonksiyonunun) belirlenmesi istatistik

uygulamalarda çok karşılaşılan problemlerden biridir. Pratikte belli formda bazı fonksiyonların bir çok rastgele değişkenin dağılımına uydukları görülmektedir.

Mühendisler uygulamada dikkate aldıkları rasgele değişkenler için bu teorik olasılık dağılım fonksiyonlarından birini seçip kullanmaktadırlar. Bahsedilen olasılık dağılım fonksiyonlarının matematiksel yapıları ve analitik ifadeleri önceden tanımlandığından kullanılmaları da kolaydır. Eldeki rasgele değişkenin verilerine uygun olasılık dağılım fonksiyona karar verirken, eldeki örnekten belirlenecek histogram ile seçilen olasılık yoğunluk fonksiyonunu karşılaştırmak yoluna gidilmektedir. Bu amaçla geliştirilmiş pek çok ampirik ve grafiksel test bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında dikkate alınan olasılık dağılım fonksiyonları bu bölümde anlatılmaktadır.

2- ve 3-Parametrelili Lognormal Dağılım

İncelenen x rasgele değişkenine, $y = \ln x$ şeklinde bir dönüşüm uygulandığında, dönüştürülmüş y değişken normal dağılımlıysa x değişkeninin lognormal dağılımlı olduğu kabul edilir. İki parametrelili lognormal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp \left[-(\ln x - \mu_y)^2 / 2\sigma_y^2 \right] \quad x \geq 0 \quad (4.33)$$

şeklinde dir. $y = \ln(x - x_0)$ olmak üzere 3 parametrelili lognormal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki eşitlikle verilmiştir:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\ln(x - x_0) - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2} \right] \quad x \geq 0 \quad (4.34)$$

Eksponansiyel ve Gamma 2p ve Gamma 3p Dağılımları

Gamma dağılımı pozitif çarpık bir dağılımdır. Eksponansiyel (üstel) dağılım, Gamma dağılımının özel bir halidir.

Gamma dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} (x - x_0)^{\alpha-1} e^{-(x-x_0)/\beta} \quad x_0 \leq 0 < \infty \quad (4.35)$$

Bu fonksiyon, $\alpha = 1$ değeri için Eksponansiyel dağılıma; $x_0 = 0$ için ise iki parametrelili Gamma dağılımına dönüşür.

$F(K) = F((x - \mu_x)/\sigma_x)$ Tablo 4.1’de verilmiştir. $\Gamma()$ gamma fonksiyonu Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Gamma fonksiyonu

x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$	x	$\Gamma(x)$
1.00	1.00000	1.25	0.90640	1.50	0.88623	1.75	0.91906
01	0.99433	26	0.90440	51	0.88659	76	0.92137
02	0.98884	27	0.90250	52	0.88704	77	0.92376
03	0.98355	28	0.90072	53	0.88757	78	0.92623
04	0.97844	29	0.89904	54	0.88818	79	0.92877
1.05	0.97350	1.30	0.89747	1.55	0.88887	1.80	0.93138
06	0.96874	31	0.89600	56	0.88964	81	0.93408
07	0.96415	32	0.89464	57	0.89049	82	0.93685
08	0.95973	33	0.89338	58	0.89142	83	0.93969
09	0.95546	34	0.89222	59	0.89243	84	0.94261
1.10	0.95135	1.35	0.89115	1.60	0.89352	1.85	0.94561
11	0.94740	36	0.89018	61	0.89468	86	0.94869
12	0.94359	37	0.88931	62	0.89592	87	0.95184
13	0.93993	38	0.88854	63	0.89724	88	0.95507
14	0.93642	39	0.88785	64	0.89864	89	0.95838
1.15	0.93304	1.40	0.88726	1.65	0.90012	1.90	0.96177
16	0.92980	41	0.88676	66	0.90167	91	0.96523
17	0.92670	42	0.88636	67	0.90330	92	0.96877
18	0.92373	43	0.88604	68	0.90500	93	0.97240
19	0.92089	44	0.88581	69	0.90678	94	0.97610
1.20	0.91817	1.45	0.88566	1.70	0.90864	1.95	0.97998
21	0.91558	46	0.88560	71	0.91057	96	0.98374
22	0.91311	47	0.88563	72	0.91258	97	0.98768
23	0.91075	48	0.88575	73	0.91467	98	0.99171
24	0.90852	49	0.88595	74	0.91683	99	0.99581
1.25	0.90640	1.50	0.88623	1.75	0.91906	2.00	1.00000

$x < 1$ için $\Gamma(x) = \Gamma(x+1)/x$

$x > 2$ için $\Gamma(x) = (x-1) \Gamma(x-1)$

Log-Pearson Tip III Dağılımı

$y=\ln x$ dönüşümü ile elde edilen y dizisi Pearson Tip III dağılımına uygunsa, x dizisinin Log-Pearson Tip III dağılımlı olduğu kabul edilmektedir.

$$f(x) = \frac{1}{x\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} (y - y_0)^{\alpha-1} e^{-(y-y_0)/\beta} \quad x \geq x_0 \quad (4.36)$$

Bu dağılım sadece $\alpha > 1$ ve $1/\beta > 0$ durumları için kullanılabilir.

Genelleştirilmiş Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)

Hidrolojide ekstrem değerlerin dağılımlarının incelenmesi özellikle büyük önem taşımaktadır. Bu ekstrem değerler maksimum ya da minimum olabilmektedir.

GEV dağılımı için x rasgele değişkeninin eklenik olasılık dağılım fonksiyonu

$$F(x) = e^{-[1-k(x-u)/\alpha]^{1/k}} \quad X \rightarrow F(x) \quad (4.37)$$

şeklinde verilmektedir. GEV üç tipi vardır. $k=0$ için verilen EV1 dağılımı aynı zamanda Gumbel dağılımı olarak adlandırılır. EVII dağılımı Frechet dağılımı olarak da bilinir ve $k<0$ durumu için geçerlidir. EV III ya da diğer adıyla Weibull dağılımı olarak bilinen üçüncü tip ise $k>0$ durumu için geçerli olmaktadır.

Gumbel Dağılımı (EV1)

İnşaat mühendisliği uygulamalarında yıllık taşkınlar, maksimum rüzgâr hızları, deprem şiddetleri ve malzemelerin mukavemeti gibi olayların dağılımları Gumbel dağılımına uymaktadır.

Bu dağılımın eklenik dağılım fonksiyonu,

$$F(x) = \exp[-\exp(-(x-u)/\alpha)] \quad -\infty < x < \infty \quad (4.38)$$

Gumbel dağılımı, C_{sx} 'in 1.14 ve E_x 'in 2.4 değerlerine yakın olduğu durumlarda uygundur.

Frechet Dağılımı (EV 2)

$$F(x) = e^{-[1-k(x-u)/\alpha]^{1/k}}, \quad u + \frac{\alpha}{k} \leq x < \infty, \quad k < 0, \alpha > 0 \quad (4.39)$$

Weibull Dağılımı (EV 3)

$$F(x) = e^{-[1-k(x-u)/\alpha]^{1/k}}, \quad -\infty < x \leq u + \frac{\alpha}{k}, \quad k > 0, \alpha > 0 \quad (4.40)$$

Alt sınırın 0 olması halinde ($u + \alpha/k = 0$) Weibull dağılımı:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{u}\right)^{1/k}}, \quad x \geq 0, \quad k > 0 \quad (4.41)$$

şeklinde ifade edilir.

Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım (GLO)

Genelleştirilmiş Lojistik dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu ve eklenik olasılık fonksiyonu aşağıda verilen ifadelerle tanımlanmıştır.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - k \left(\frac{x-\varepsilon}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{k}-1} \left[1 + \left\{ 1 - k \left(\frac{x-\varepsilon}{\alpha} \right) \right\}^{1/k} \right]^{-2} \quad (4.42)$$

$$F(x) = \left[1 + \left\{ 1 - k \left(\frac{x-\varepsilon}{\alpha} \right) \right\}^{1/k} \right]^{-1} \quad (4.43)$$

Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım (LOG)

Lojistik dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu ve eklenik olasılık fonksiyonu aşağıda verilen ifadelerle tanımlanmıştır.

$$f(x) = \frac{1}{a} e^{\left(\frac{x-m}{a}\right)} \left[1 + e^{\left(\frac{x-m}{a}\right)} \right]^{-2} \quad (4.44)$$

$$F(x) = e^{-\left(\frac{x-m}{a}\right)^{-1}} \quad (4.45)$$

Log-Lojistik Dağılım (LLOG)

X rastgele değişkenine, $y = \ln x$ şeklinde bir dönüşüm uygulandığında, dönüştürülmüş Y değişkeninin dağılımı Lojistik dağılım ise X'in dağılımı log-lojistik dağılımdır.

Genelleştirilmiş Pareto Dağılım (GPA)

Genelleştirilmiş Pareto dağılımının eklenik olasılık fonksiyonu aşağıda verilen ifadelerle tanımlanmıştır.

$$F(x) = 1 - \left[1 - \frac{k}{\alpha} (x - \varepsilon) \right]^{1/k} \quad (4.46)$$

4.4 Dağılım Parametrelerinin Tahmin Yöntemleri

Bir olasılık dağılım fonksiyonunu eldeki örnek veri dizisine uyarlamak için olasılık dağılım fonksiyonunun parametrelerini örnek veri dizisine göre tahmin etmek gerekmektedir. Fonksiyonun paramtere sayısı ne kadar fazla olursa very dizisine uydurulması o kadar kolaylaşmakta, buna karşılık paramtere tahminlerindeki hatalar büyümektedir. Pratikte en çok iki veya üç parametrelili dağılımlar kullanılmaktadır.

Parametrelerin tahmini için çeşitli yöntemler kullanılabilmekle birlikte, bu tahminlerin tarafsız ve etkili olması gerekmektedir. Mühendislik uygulamalarında en çok aşağıdaki üç yöntem karşımıza çıkmaktadır:

1. Momentler yöntemi,
2. Maksimum olabilirlik yöntemi,
3. L-momentler yöntemidir.

Momentler yöntemi, olasılık dağılımın parametrelerini rasgele değişkenin istatistik momentleri cinsinden hesaplamaktadır. Burada önce istatistik momentler sonra da bunlara bağlı olarak dağılım parametreleri hesaplanmaktadır. Bu yöntemle elde edilen parametre tahminleri çoğu olasılık dağılımı için etkin tahminler değildir. Ancak uygulanması kolay olduğu için bu sıklıkla kullanılmaktadır.

Maksimum olabilirlik yöntemi, olasılık dağılım fonksiyonunun parametrelerini, ele alınan rasgele olayın ortaya çıkma olasılığını maksimum yapacak şekilde hesaplamaktadır. Bu yöntem, asimptotik olarak etkin tahminler verirse de uygulanması zordur.

L-Momentleri yöntemi, kullanımı kolay olmasının yanında çoğu zaman momentler yöntemine kıyasla daha az hatalı parametre tahminleri sağlamaktadır. L-momentleri gözlemlerin doğrusal kombinasyonları şeklinde hesaplandığı (kare, küp, ... alınmadığı) için istatistik momentlere göre daha tarafsız ve daha etkin tahminler verir. Bu bakımdan kısa örnek dizileri için de kullanılmaları uygun olmaktadır.

Tez kapsamında olasılık dağılımı parameter tahmini için L-Momentler yöntemi kullanılacaktır.

L-momentlerinin hesabı için incelenen örnek dizisi, $x_1 \geq x_2 \geq \dots \geq x_n$ şeklinde büyükten küçüğe doğru olarak şekilde sıralanmaktadır. İlk dört L-momentleri şu denklemlerle tahmin edilir. b_0, b_1, b_2 ve b_3 "olasılık ağırlık momentleri" (PWM) olmak üzere:

$$\lambda_1 = l_1 = b_0 = \sum_{i=1}^n x_i / n = \bar{x} \quad (4.47)$$

$$\lambda_2 = l_2 = 2b_1 - l_1 = 2 \sum_{i=1}^{n-1} \frac{n-i}{n(n-1)} x_i - l_1 \quad (4.48)$$

$$\lambda_3 = l_3 = 6b_2 - 3l_2 - 2l_1 = 6 \sum_{i=1}^{n-2} \frac{(n-i)(n-i-1)}{n(n-1)(n-2)} x_i - 3l_2 - 2l_1 \quad (4.49)$$

$$\lambda_4 = l_4 = 20b_3 - 5l_3 - 9l_2 - 5l_1 = 20 \sum_{i=1}^{n-3} \frac{(n-i)(n-i-1)(n-i-2)}{n(n-1)(n-2)(n-3)} x_i - 5l_3 - 9l_2 - 5l_1 \quad (4.50)$$

L-momentlerine ait değişkenlik, çarpıklık ve kurtosis katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\tau = L_{CV} = l_2/l_1 \quad (4.51)$$

$$\tau_3 = L_{CS} = l_3/l_2 \quad (4.52)$$

$$\tau_4 = L_k = l_4/l_2 \quad (4.53)$$

2-parametrelili Log-Normal Dağılım

Hosking (1990) tarafından verilen ifadelerin özölmesiyle 2-parametrelili log-normal dağılımının parametreleri tahmin edilmektedir. $F(x)$ normal dağılım fonksiyonu z standart normal değişken ve τ ($=\lambda_2/\lambda_1$) L-Moment değişkenlik katsayısı olmak üzere,

$$F = \frac{\tau+1}{2} \quad (4.54)$$

F olasılığına karşılık gelen z değeri (F^{-1}) normal dağılım tablosundan alınarak hesaplanır. Hesaplanan z değeri kullanılarak $\hat{\sigma}_y$ elde edilir.

$$\hat{\sigma}_y = 2 \cdot z / \sqrt{2} \quad (4.55)$$

$\hat{\mu}_y$ ise (4.56) bağıntısından hesaplanır.

$$\hat{\mu}_y = \ln(\lambda_1) - \frac{\hat{\sigma}_y^2}{2} \quad (4.56)$$

3-parametrelili Log-Normal Dağılım

3-parametrelili lognormal olasılık dağılımının parametreleri Hosking (1990) tarafından verilen aşağıdaki bağıntılarla tahmin edilmektedir. L-Moment arpıklık katsayısı τ_3 ($=\lambda_3/\lambda_2$) olmak üzere L-moment parametreleri (4.59), (4.61), (4.62) eşitliklerinden hesaplanmaktadır.

$$F = \left(\frac{1+\tau_3}{2} \right) \quad (4.57)$$

z , $F(x)$ olasılığına denk gelen standardize normal değişken, $(F^{-1}(x))$ normal dağılım tablosundan alınarak hesaplanır.

$$u = \sqrt{\frac{8}{3}} \cdot z \quad (4.58)$$

(4.58) eşitliğiyle hesaplanan u değeri (4.59) eşitliğinde yerine konarak $\hat{\sigma}_y$ parametresi hesaplanır.

$$\hat{\sigma}_y = 0,999281 \, u - 0,006118 \, u^3 + 0,000127 \, u^5 \quad (4.59)$$

(4.55) eşitliğinden ($\hat{\sigma}_y = 2 \cdot z / \sqrt{2}$) z yi elde etmek istersek,

$$z = \hat{\sigma}_y \sqrt{2} / 2 \quad (4.60)$$

ve $\hat{\mu}_y$ parametresi aşağıdaki bağıntıdan tahmin edilir:

$$\hat{\mu}_y = \ln[\lambda_2 / 2 \cdot F(z) - 1] - \frac{\hat{\sigma}_y^2}{2} \quad (4.61)$$

Burada $F(z)$ normal dağılım tablosundan z değeri için okunacaktır. Son olarak x_0 parametresi aşağıdaki bağıntısından tahmin edilecektir:

$$x_0 = \lambda_1 - e^{\hat{\mu}_y + \hat{\sigma}_y^2 / 2} \quad (4.62)$$

Eksponansiyel Dağılım

Gamma dağılımının özel bir hali ($\alpha = 1$) olan bu dağılımda x_0 ve $\hat{\beta}$ parametreleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$x_0 = \lambda_1 - \hat{\beta} \quad \hat{\beta} = 2\lambda_2 \quad (4.63)$$

Gamma 2 Dağılımı

Hosking (1990), 2 parametrelili Gamma dağılımının L-Moment parametrelerini tahmin etmek için (4.65) ve (4.66) bağıntılarını vermiştir.

$$0 < \tau < 1/2 \text{ iken } u = \pi \tau^2 \text{ ve}$$

$$\hat{\alpha} = (1 - 0,3080 \, u) / (u - 0,05812 \, u^2 + 0,01765 \, u^3) \quad (4.64)$$

$1/2 \leq \tau < 1$ iken $u = 1 - \tau$ ve

$$\hat{\alpha} = (0,7213 u - 0,5947 u^2) / (1 - 2,1817 u + 1,2113 u^2) \quad (4.65)$$

$$\hat{\beta} = \lambda_1 / \hat{\alpha} \quad (4.66)$$

Gamma 3 Dağılımı

Gamma 3 ya da Pearson Tip III olasılık dağılımının L-Moment parametre tahminleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmaktadır (Hosking, 1991a)

$\tau_3 \geq 1/3$ iken $u = 1 - \tau_3$ ve

$$\hat{\alpha} = \frac{0,36067 u - 0,5967 u^2 + 0,25361 u^3}{1 - 2,78861 u + 2,56096 u^2 - 0,77042 u^3} \quad (4.67)$$

$\tau_3 < 1/3$ iken $u = 3\pi\tau_3^2$ ve

$$\hat{\alpha} = \frac{1 + 0,2906 u}{u + 0,1882 u^2 + 0,0442 u^3} \quad (4.68)$$

$$\hat{\beta} = \sqrt{\pi} \lambda_2 \frac{\Gamma(\hat{\alpha})}{\Gamma(\hat{\alpha} + 1/2)} \quad (4.69)$$

$$x_0 = \lambda_1 - \hat{\alpha} \hat{\beta} \quad (4.70)$$

Gumbel (EV 1) Dağılımı

$$\hat{\alpha} = \lambda_2 / \ln 2 \quad (4.71)$$

$$\hat{u} = \lambda_1 - 0,5772 \hat{\alpha} \quad (4.72)$$

GEV, Frechet ve Weibull Dağılımları

Frechet ve Weibull (EV2-EV3) Dağılımları

$$C = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3} \quad C = \frac{2}{3 - \tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3} \quad (Weibull) \quad (4.73)$$

olmak üzere

$$\hat{k} = 7,8590 C + 2,9554 C^2 \quad (4.74)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\lambda_2 \hat{k}}{[(1-2^{-\hat{k}})\Gamma(1+\hat{k})]} \quad \hat{\alpha} = \frac{\lambda_2}{[(1-2^{-\hat{k}})\Gamma(1+\hat{k})]} \text{ Weibull} \quad (4.75)$$

$$\hat{u} = \lambda_1 + \frac{\hat{\alpha}}{\hat{k}} [\Gamma(1+k) - 1], \hat{u} = \lambda_1 - \hat{\alpha} [\Gamma(1+k)] \text{ Weibull} \quad (4.76)$$

GLO Dağılımı

$$\hat{k} = -t_3 \quad (4.77)$$

$$\hat{\alpha} = l_2 / [\Gamma(1+\hat{k})\Gamma(1-\hat{k})] \quad (4.78)$$

$$\hat{\varepsilon} = l_1 + (l_2 - \hat{\alpha})/\hat{k} \quad (4.79)$$

LOG Dağılımı

$$\hat{a} = a_0 - 2a_1 = l_2 \quad (4.80)$$

$$\hat{m} = a_0 = l_1 \quad (4.81)$$

GPA

$$\hat{k} = \frac{(1-3t_3)}{(1+t_3)} \quad (4.82)$$

$$\hat{\alpha} = l_2(1+\hat{k})(2+\hat{k}) \quad (4.83)$$

$$\hat{\varepsilon} = l_1 - l_2(2+\hat{k}) \quad (4.84)$$

4.5 Frekans Faktörü ve Dönüş Aralığı Kavramları

Sağanak yağışların frekans analizi gibi belli tekerrürlü (dönüş aralıklı) olayların tahmininde frekans faktörü ve dönüş aralığı ifadeleri kolaylık sağlamaktadır. Rasgele bir olayın iki defa ortaya çıkması arasında geçen zamana T tekerrür (ya da dönüş aralığı) denmektedir. Dönüş aralığı T yıl olan sağanak da T yıllık sağanak olarak adlandırılır. F(x) aşılma (altında kalma) olasılığı olmak üzere söz konusu taşkın debisinin aşılma olasılığı $F(x \geq X_T) = 1 - F(x \leq X_T)$ ile gösterilirse dönüş aralığı:

$$T = \frac{1}{F(x \geq X_T)} \quad (4.85)$$

olur. Bu söz konusu sağanağın T yıllık aralıklarla düzenli olarak görüleceğini ifade etmez, ancak m.T yeter derecede bir sayı olmak üzere, m.T elemanlı bir örnekte bu sağanağın m defa görülmesinin beklendiğini gösterir.

Aynı şekilde altında kalma olasılığını ifade eden $F(x)$ fonksiyonu (eklenik olasılık fonksiyonu) tekerrüre bağlı olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$F(x \leq X_T) = 1 - \frac{1}{T} \quad (4.86)$$

Taşkın debilerinin ortalaması μ , standart sapması σ ile gösterildiğine göre T yıllık sağanak için aşağıdaki genel ifade yazılabilir:

$$x_T = \mu + \sigma \cdot K_T \quad (4.87)$$

Bu ifadedeki K_T frekans faktörü sağanağın olasılık dağılımının ve T tekerrürünün fonksiyonudur.

4.6 Belli Tekerrürlü Tahminler (Kuantiller)

4.6.1 Lognormal dağılımlar

2-Parametrelı Lognormal Dağılım

Lognormal dağılım için dağılımının parametreleri olan $\hat{\mu}_y$ ve $\hat{\sigma}_y$ yi ve $1-1/T$ olasılığına denk gelen standart normal değişkeni z_T kullanarak tahmin yapılmaktadır:

$$\hat{x}_T = e^{\hat{\mu}_y + z_T \cdot \hat{\sigma}_y} \quad (4.88)$$

3-Parametrelı Lognormal Dağılım

L-momentler (x_0 , $\hat{\mu}_y$ ve $\hat{\sigma}_y$) aşağıdaki bağıntıda yerine konularak belli tekerrürlü tahminler elde edilir:

$$\hat{x}_T = x_0 + e^{\hat{\mu}_y + z_T \cdot \hat{\sigma}_y} \quad (4.89)$$

4.6.2 Gamma Dağılımları:

Ekspansiyel (Üstel) Dağılım

Gamma dağılımının özel bir hali olan Eksponansiyel dağılım için belli tekerrürlü (T) tahminler (4.90) bağıntısıyla yapılmaktadır.

$$\hat{x}_T = x_0 + \hat{\beta} \cdot \ln(T) \quad (4.90)$$

Gamma 2 Dağılımı

Belli tekerrürlü tahminlerin yapılmasında K_T , C_s çarpıklık katsayısına ($=2/\sqrt{\hat{\alpha}}$) ve T tekerrürüne bağlı olarak ilgili Tablodan okunur. Bulunan frekans faktörü bağıntıya yerleştirilerek belli tekerrürlü (olasılıklı) tahminler yapılır.

Diğer bir yöntem ise, K_T frekans faktörünü Cornish – Fisher Dönüşümü (Cornish ve Fisher, 1960) yardımıyla C_s çarpıklık katsayısına ve standart normal değişkene (z_T) bağlı olarak aşağıdaki bağıntıdan elde etmektir. (burada K_T , $C_s = 2/\sqrt{\hat{\alpha}}$ değeri esas alınarak hesaplanacaktır):

$$K_T = z_T + \frac{C_s(z_T^2-1)}{2} + \frac{C_s^2(z_T^3-7z_T)}{24} \left(-\frac{C_s^3}{2^5} \right) \frac{(6z_T^4+14z_T^2-32)}{405} + \frac{C_s^4(9z_T^5+256z_T^3-433z_T)}{2^7 \cdot 4860} + \frac{C_s^5(12z_T^6-143z_T^4-923z_T^2+1472)}{2^8 \cdot 25515} - \frac{C_s^6(3753z_T^7+4353z_T^5-289517z_T^3-289717z_T)}{2^{10} \cdot 9185400} \quad (4.91)$$

Bu bağıntı $-2 < C_s < 2$ aralığında geçerlidir ve C_s in negatif değerleri için $K_T = -K_T^I(-C_s)$ değerini alır. K_T^I , aşılma olasılığına ($1/T$) karşılık gelen frekans faktörüdür.

Bulunan frekans faktörü ilgili bağıntıya yerleştirilerek belli T tekerrürüne karşılık gelen tahminler hesaplanır:

$$\hat{x}_T = \hat{\alpha}\hat{\beta} + K_T\sqrt{\hat{\alpha}\hat{\beta}^2} \quad (4.92)$$

Gamma 3 dağılımı

Önceki eşitliklerde verilen şekilde hesaplanan frekans faktörü bağıntıda yerine konulduğunda belli T tekerrürlü tahmin yapılır:

$$\hat{x}_T = x_0 + \hat{\alpha}\hat{\beta} + K_T\sqrt{\hat{\alpha}\hat{\beta}^2} \quad (4.93)$$

Log-Pearson Tip III dağılımı

Taşkın debilerinin logaritmalarının Pearson Tip III dağılımına uyduğu kabulü sık karşılaşılan bir kabuldür. (4.93) bağıntısından elde edilen değer tekrar ters dönüşümden geçirilerek belli tekerrürlü tahminler elde edilir:

$$\hat{x}_T = e^{x_0 + \hat{\alpha}\hat{\beta} + K_T \sqrt{\hat{\alpha}\hat{\beta}^2}} \quad (4.94)$$

4.6.3 Ekstrem Değer Dağılımları

Gumbel (EV1) Dağılımı

Belli tekerrürlü tahminler için verilen bağıntı aşağıdaki eşitlikle verilmiştir:

$$x_T = \hat{u} + \hat{\alpha} \left\{ -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} = \hat{u} + \hat{\alpha} \left\{ -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad (4.95)$$

GEV Dağılımı

Gerek Frechet (EV2) gerekse Weibull (EV3) dağılımları için belli tekerrürlü tahminlerin hesaplanmasında aşağıdaki bağıntı kullanılmaktadır:

$$x_T = \hat{u} + \frac{\hat{\alpha}}{\hat{k}} \left\{ 1 - \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{\hat{k}} \right\} = \hat{u} + \frac{\hat{\alpha}}{\hat{k}} \{ 1 - \ln(F(x)) \}^{\hat{k}} \quad (4.96)$$

Burada $\hat{k}$, $\hat{\alpha}$ ve $\hat{u}$ dağılımın parametreleri, T i se tekerrür aralığıdır.

GLO Dağılımı

Genelleştirilmiş Lojistik dağılımın belli tekerrürlü tahminlerinin hesaplanmasında aşağıdaki bağıntı kullanılmaktadır:

$$x_T = \hat{\varepsilon} + \frac{\hat{\alpha}}{\hat{K}} [1 - (T - 1)^{-\hat{K}}] \quad (4.97)$$

LOG Dağılımı

Lojistik dağılımın kuantil tahminleri aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır:

$$x_T = \hat{m} + \hat{\alpha} \log(T - 1) \quad (4.98)$$

LLOG Dağılımı

Ekstrem değer dizilerinin logaritmalarının Lojistik dağılıma uyduğu kabulü sık karşılaşılan bir kabuldür. (4.98) bağıntından elde edilen değer tekrar ters dönüşümden geçirilerek belli tekerrürlü tahminler elde edilir:

$$\hat{x}_T = e^{\hat{m} + \hat{a} \log(T-1)} \quad (4.99)$$

GPA Dağılımı

Genelleştirilmiş Pareto dağılımında belli tekerrürlü tahminler için verilen bağıntı aşağıdaki eşitlikle verilmiştir:

$$x_T = \hat{\varepsilon} + \frac{\hat{\alpha}}{\hat{K}} [1 - T^{-\hat{K}}] \quad (4.100)$$

4.7 Yağış Şiddeti - Süre - Tekerrür İlişkileri

Şiddet-süre-tekerrür eğrileri, gözlenmiş yağış verisine ait şiddeti, yağışın süresini ve frekansını (dönüş aralığını) bir arada göstermeye yarayan eğrilerdir. Şiddet-süre-tekerrür eğrileri ayrıca, mühendislerin belirli bir dönüş aralığında havzaya yağan yağış miktarının büyüklüğünü grafik olarak göstermesine yarayan eğriler olarak tanımlanmaktadır (Dupont ve Allen, 2000; Elsebaie, 2011). Genel olarak şiddet-süre-frekans eğrileri hidrolojik, hidrolik ve su kaynakları projelerinde özellikle yağmur suyu toplama sistemlerinde kullanılır.

Taşkın ve heyelan gibi doğal felaketlere karşı can ve mal kaybının korunması merkezi ve yerel yönetimlerin en önemli görevlerinin başında yer almaktadır. Böylelikle can kayıplarının yanında hem sosyal hem de ekonomik kayıpların önüne geçilmelidir. Bilhassa yerleşim bölgelerindeki taşkınlar can ve mal kayıpları açısından telafi edilemez zararlara yol açabilmektedir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneline (IPCC) göre 21. yüzyılın sonlarında, ekstrem yağışların daha sık ortaya çıkmasıyla yıllık maksimum yağışların tekerrüründe önemli ölçüde bir azalmanın ortaya çıkacağı öngörülmektedir (IPCC, 2012).

Böylelikle, kentsel yağmur suyu toplama hassasiyetinin olumsuz yönde etkilenmesi söz konusudur (Willems, 2013; Fadhel vd., 2017). Bu tip tahribatların önüne geçilebilmesi açısından belli süreli ve tekerrürlü maksimum yağışlarının

frekans analizinin büyük titizlikle gerçekleştirilmesi ve buna bağlı olarak yağış şiddeti-süre-tekerrür eğrilerinin hassasiyetle elde edilmesi önem arz etmektedir. Bunun yanısıra bilhassa yerleşim bölgelerini içine alan havzalarda ortaya çıkan hidrolojik olayların sağlıklı bir biçimde incelenmesi gerekmektedir (Bozyiğit, 2021).

Yağış şiddeti-süre- tekerrür eğrilerinin genelleştirilmiş formu aşağıdaki şekildedir:

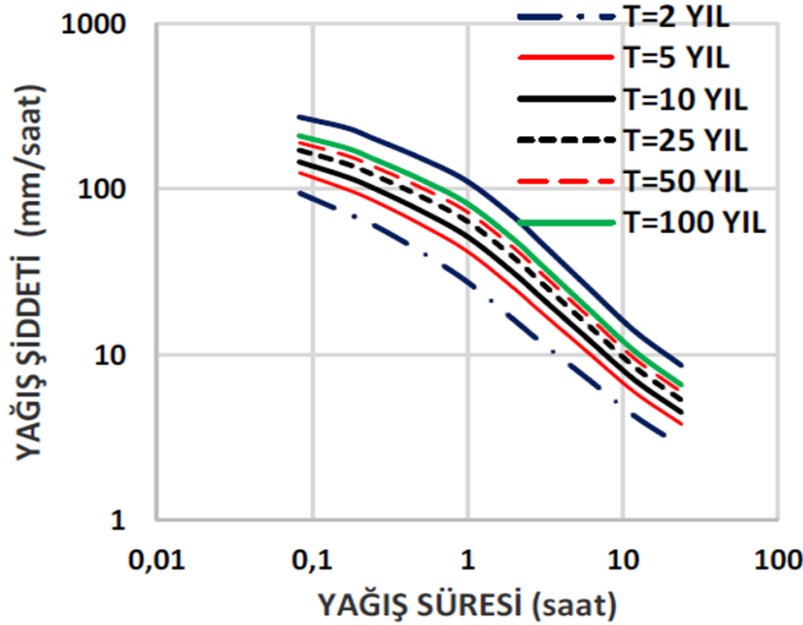
$$i = \frac{A(T)}{B(t)} \quad (4.101)$$

Bu eşitlikte i yağış şiddeti olmak üzere fonksiyonlardan $A(T)$ tekerrüre, $B(t)$ ise yağış süresine bağlıdır. Sherman (1931) ve Bernard (1932) tarafından önerilen şiddet-süre- tekerrür eğrileri günümüze kadar kullanılagelmiştir:

$$i = \frac{K.T^a}{(t+c)^b} \quad (Sherman, 1931) \quad (4.102)$$

$$i = \frac{a.T^b}{t^c} \quad (Bernand, 1932) \quad (4.103)$$

Denklemlerde a , b , c , K sabitleri coğrafi koşullara göre değişiklik göstermektedir



Şekil 4.1 Yağış şiddeti-süre- tekerrür eğrilerinin genel yapısı

4.8 Olasılık Dağılım Modelleri için Uygunluk Sınamaları

Gözlenmiş bir ststistiksel veri dizisinin seçilen bir olasılık dağılımına uygunluğunu test etmek için çeşitli istatistik testler kullanılagelmiştir. Bunların başlıcaları X^2 testi, Kolmogorov-Smirnov (KS) Testi, Olasılık Çizgisi Korelasyon testidir (PPCC) ve Anderson-Darling (AD) testidir. Bunlarla birlikte L-Moment oranı diyagramı da olasılık dağılımı uygunluğunu görsel olarak test etmede sıklıkla kullanılmaktadır. Tez kapsamında bu testlerden Kolmogorov-Smirnov (KS) Testi, Anderson-Darling (AD) testi ve L-Moment oranı diyagramları kullanılacaktır.

Kolmogorov-Smirnov (KS) Testi

K-S testinin uygulanmasında önce veri dizisi küçükten büyüğe doğru sıralanmakta ve ampirik olasılıklar $F^*(x_i)$ sıra numarası i ve veri uzunluğuna N bağlı olarak hesaplanmaktadır:

$$F^*(x_i) = (i - a)/(N + 1 - 2a) \quad (4.104)$$

Eşitlikte a , rasgele değişkenin olasılık dağılım tipine bağlıdır. Normal ve lognormal dağılımlarda $a=0,375$ (Blom) veya $a=0,40$ (Cunnane), ekstrem değer dağılımlarında $a=0,44$ (Gringorten) değerini almaktadır (Bayazıt, 1996).

Sonraki adımda olasılık dağılımının $F(x_i)$ teorik olasılıkları ve (4.104) te hesaplanan ampirik olasılıklar arasındaki farklar hesaplanarak bu farkların mutlak değerce en büyüğü tespit edilir:

$$\Delta_{max} = \max\{|F^*(x_i) - F(x_i)|\} \quad (4.105)$$

Elde edilen en büyük fark (Δ_{max}), bir α anlamlılık düzeyine ve veri sayısına N bağlı olarak verilen Δ_α kritik değeri karşılaştırılarak, gözönüne alınan olasılık dağılım modelinin uygunluğu değerlendirilmektedir.

$\Delta_{max} \leq \Delta_\alpha$ ise modelin uygunluğu α anlamlılık düzeyinde kabul edilmektedir. Eldeki verilere uygun olasılık dağılımları arasından veriyi en iyi şekilde temsil edenin belirlenmesinde $\Delta_{max}/\Delta_\alpha$ oranı gözönünde bulundurulmaktadır.

Anderson-Darling testi

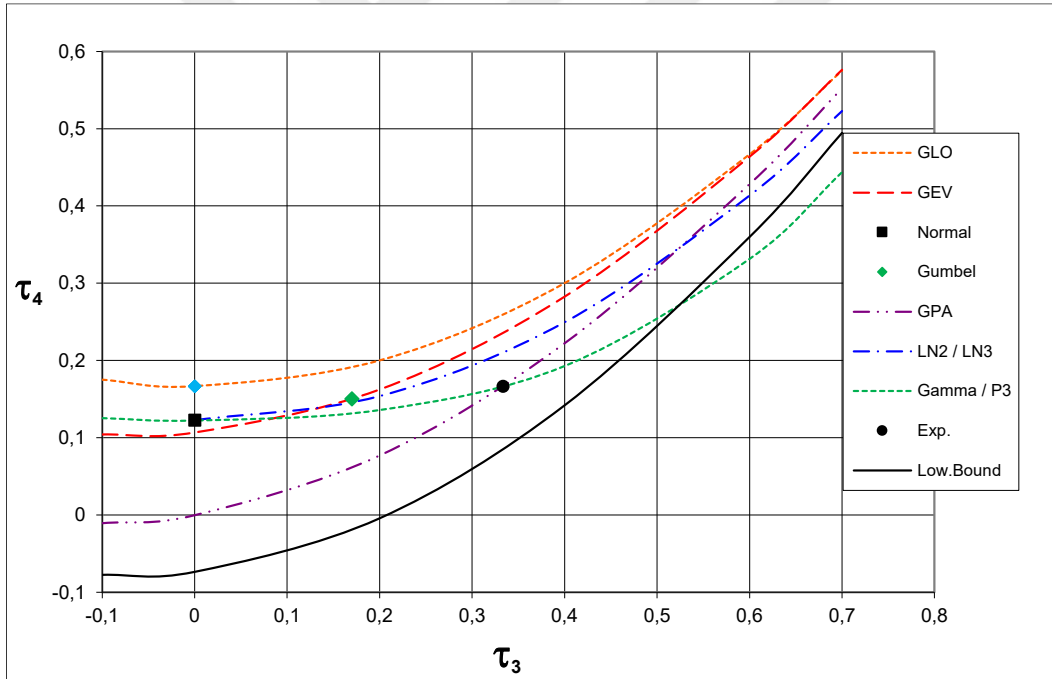
A-D testi de K-S testi gibi ampirikeklenik olasılık dağılım fonksiyonunu esas almaktadır (Anderson ve Darling, 1954).

Anderson-Darling istatistiği (A^2) hesaplanırken, veri dizisi küçükten büyüğe sıralanmakta ve standardize edilmektedir. Normal dağılımın eklenik olasılık dağılımı i . inci sıradaki veri için z_i olarak tanımlanır ve A^2 aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n (2i-1) [\ln z_i + \ln(1 - z_{n+1-i})] \right\} \quad (4.106)$$

L-Moment Diyagramları

L-Moment oranı diyagramları veri dizisi için hesaplanan L-Çarpıklık (L_{cs} veya τ_3) ile L-Kurtosis (L_k veya τ_4) arasında çizilen grafiklere dayanmaktadır. Grafiklerde olasılık dağılımlarının teorik $\tau_3 - \tau_4$ ilişkisi ve olasılık dağılımı incelenen veri dizisinin $\tau_3 - \tau_4$ noktalaması bulunmaktadır. Veri dizisinden elde edilen noktalama hangi olasılık dağılımının $\tau_3 - \tau_4$ teorik ilişkisine yakınsa, o olasılık dağılımının incelediğimiz veri dizisine uygunluğundan söz edilir.



Şekil 4.2 L-Moment Oranı Diyagramı

5. BULGULAR

5.1 Olasılık Dağılımı Uygunluk Testleri

Frekans analizinin en önemli adımlarından biri incelenen rastgele değişkenin karakterini uygun bir biçimde temsil edecek olasılık dağılım fonksiyonunun doğru bir biçimde tespit edilmesidir. Böylelikle elimizdeki kısıtlı uzunluktaki örnekten uzun süreli tahminleri ya da diğer bir deyişle rastgele değişkenin toplumunu sağlıklı bir biçimde tahmin etmek mümkün olmaktadır.

Bu bölümde Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan 11 adet meteoroloji gözlem istasyonunun 14 farklı standart süreli yağış gözlemlerine uygun teorik olasılık dağılım fonksiyonu irdelenmiştir. Tez çalışması kapsamında ekstrem değer dizilerinin teorik olasılığını temsil etme potansiyeli bulunan 14 farklı olasılık dağılım fonksiyonu (Lognormal 2p, Lognormal 3p, Exponansiyel, Gamma 2p, Gamma 3p, LogPearson 3, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer, Gumbel, Frechet, Weibull, Genelleştirilmiş Lojistik, Lojistik, Log-lojistik ve Genelleştirilmiş Pareto) ele alınmıştır. İnceleme hem ampirik testlerle (Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling testleri) hem de grafiksel olarak (L-moment oranı diyagramları) gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları (Tablo 5.1 – Tablo 5.11) ve grafiksel (ya da görsel) sonuçlar (Şekil 5.1– Şekil 5.11) de verilmiştir. Tablolarda renkli kısımlar, incelenen 14 olasılık dağılım fonksiyonundan ilk 5 sırada yer alan dağılımları göstermektedir.

Tablo 5.1 Akçaabat İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	14	7	12	2	4	11	3	10	8	1	13	5	6	9
	AD	13	6	10	4	5	11	14	8	7	1	12	3	2	9
10 min	KS	13	3	11	8	1	6	9	10	2	4	12	7	5	No Fit
	AD	12	2	10	8	1	7	13	9	4	3	11	6	5	
15 min	KS	12	4	10	3	6	5	8	9	7	2	13	11	1	No Fit
	AD	12	1	10	8	4	2	13	9	3	5	11	7	6	
30 min	KS	13	2	11	8	7	3	10	9	1	6	12	5	4	No Fit
	AD	12	3	10	8	4	2	13	9	1	6	11	7	5	
1 hr	KS	14	4	10	9	6	2	12	7	1	8	13	3	5	11
	AD	13	3	11	8	5	2	14	9	1	7	12	4	6	10
2 hr	KS	13	4	12	1	3	9	8	10	6	5	14	11	2	7
	AD	13	1	11	7	3	6	14	10	2	5	12	9	4	8
3 hr	KS	13	3	12	7	1	4	8	10	2	5	14	11	6	9
	AD	12	2	11	7	3	4	14	9	1	6	13	10	5	8
4 hr	KS	13	4	11	8	1	3	5	10	2	7	14	12	6	9
	AD	13	3	11	7	2	4	14	9	1	6	12	10	5	8
5 hr	KS	8	6	12	13	3	7	4	9	1	2	14	11	5	10
	AD	12	4	10	13	2	7	1	8	6	5	14	9	3	11
6 hr	KS	14	9	11	2	4	10	8	5	6	3	13	12	7	1
	AD	13	6	11	2	4	8	14	9	7	5	12	10	3	1
8 hr	KS	14	3	12	4	2	7	10	9	8	6	13	11	1	5
	AD	13	7	11	2	3	8	14	6	9	4	12	10	5	1
12 hr	KS	14	5	9	3	2	11	12	10	8	7	13	4	6	1
	AD	13	8	5	3	1	10	14	11	9	2	12	6	7	4
18 hr	KS	14	11	1	5	8	6	13	10	4	3	12	9	2	7
	AD	13	9	7	6	1	5	14	11	2	3	12	8	4	10
24 hr	KS	14	12	4	5	2	8	10	11	9	3	13	7	6	1
	AD	14	10	2	4	3	5	13	12	6	7	11	8	1	9

Tablo 5.2 Artvin İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	12	11	5	6	3	10	1	7	4	13	9	8	2	No fit
	AD	12	8	4	1	7	10	13	9	2	11	6	5	3	
10 min	KS	13	8	7	14	2	10	1	11	4	3	12	9	6	5
	AD	13	5	7	14	2	8	1	10	6	3	12	9	4	11
15 min	KS	14	3	4	13	2	5	1	6	9	7	8	12	10	11
	AD	14	4	6	12	2	8	1	11	9	3	13	10	5	7
30 min	KS	13	10	8	3	9	12	1	11	7	6	14	4	5	2
	AD	13	9	3	2	5	11	14	8	10	4	12	7	6	1
1 hr	KS	13	4	9	8	2	7	5	11	6	1	12	10	3	No fit
	AD	12	2	10	8	4	7	13	9	5	1	11	6	3	
2 hr	KS	14	5	12	11	1	2	7	10	3	4	13	8	6	9
	AD	13	3	11	8	1	2	14	9	4	5	12	7	6	10
3 hr	KS	14	2	11	9	7	3	10	8	1	6	13	4	5	12
	AD	14	4	10	9	3	1	13	8	2	7	12	5	6	11
4 hr	KS	14	3	10	8	9	2	12	7	1	5	13	6	4	11
	AD	13	3	10	9	4	2	14	6	1	8	12	7	5	11
5 hr	KS	14	6	10	8	4	1	12	3	2	9	13	5	7	11
	AD	13	5	10	8	4	2	14	6	1	7	12	9	3	11
6 hr	KS	14	8	6	5	9	2	13	4	1	7	12	10	3	11
	AD	13	3	10	9	4	2	14	5	1	8	12	6	7	11
8 hr	KS	14	4	11	6	9	10	3	5	1	8	13	2	7	12
	AD	13	2	9	4	5	11	14	10	6	3	12	1	7	8
12 hr	KS	14	10	6	5	2	11	1	12	7	4	13	9	8	3
	AD	13	6	8	3	4	11	14	10	9	2	12	5	7	1
18 hr	KS	14	10	8	5	1	11	6	13	9	2	12	4	7	3
	AD	13	11	6	4	1	8	14	12	7	2	10	9	3	5
24 hr	KS	14	6	7	8	2	10	1	13	11	5	3	12	9	4
	AD	13	7	4	6	1	8	14	12	9	3	11	10	5	2

Tablo 5.3 Bayburt İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	14	8	1	13	3	5	4	2	9	6	12	7	10	11
	AD	14	8	2	12	3	9	1	4	11	5	13	6	10	7
10 min	KS	14	5	2	3	1	10	12	9	8	4	13	11	7	6
	AD	13	6	8	1	3	11	14	7	10	2	12	5	4	9
15 min	KS	14	5	11	7	3	6	12	10	8	1	13	2	4	9
	AD	13	4	11	8	1	7	14	10	6	2	12	3	5	9
30 min	KS	13	7	11	6	5	10	1	12	8	2	14	4	3	9
	AD	13	3	10	6	5	8	14	11	2	4	12	7	1	9
1 hr	KS	11	1	12	8	7	9	5	13	3	6	14	10	2	4
	AD	12	3	11	7	5	9	14	10	4	2	13	8	1	6
2 hr	KS	14	5	12	6	4	7	11	10	2	3	13	8	1	9
	AD	13	2	11	6	4	7	14	10	3	5	12	8	1	9
3 hr	KS	14	1	12	7	2	5	9	10	3	6	13	11	4	8
	AD	13	2	11	7	1	6	14	9	4	3	12	8	5	10
4 hr	KS	14	8	12	2	3	9	11	6	10	5	13	7	4	1
	AD	13	6	11	1	4	10	14	7	8	5	12	9	3	2
5 hr	KS	14	8	6	3	4	12	1	10	11	7	13	9	5	2
	AD	13	8	9	1	3	11	14	6	10	4	12	7	5	2
6 hr	KS	14	7	9	2	3	12	1	11	10	5	13	8	4	6
	AD	14	7	8	1	3	11	13	9	10	4	12	6	5	2
8 hr	KS	14	7	4	13	2	8	1	6	9	3	12	5	10	11
	AD	14	7	4	12	2	9	1	6	11	3	13	5	8	10
12 hr	KS	14	11	1	9	2	6	10	12	8	5	13	4	7	3
	AD	13	8	5	6	2	9	14	11	10	3	12	4	7	1
18 hr	KS	14	6	11	1	5	9	12	2	10	4	13	7	3	8
	AD	13	1	11	6	4	8	14	5	7	3	12	9	2	10
24 hr	KS	14	6	8	1	3	11	10	7	9	5	13	12	4	2
	AD	13	7	11	1	4	9	14	5	10	3	12	8	6	2

Tablo 5.4 Giresun İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	14	11	9	7	1	4	8	13	3	5	10	12	6	2
	AD	13	10	7	5	1	6	14	12	8	3	9	11	4	2
10 min	KS	14	7	2	6	3	12	1	9	11	5	13	10	8	4
	AD	13	8	3	2	4	11	14	10	9	5	12	7	6	1
15 min	KS	14	9	3	6	1	10	5	12	8	4	13	11	7	2
	AD	13	7	3	5	2	10	14	11	9	4	12	8	6	1
30 min	KS	13	9	10	2	7	12	1	11	3	6	14	8	5	4
	AD	13	8	9	2	6	11	14	10	7	3	12	5	4	1
1 hr	KS	13	6	11	2	5	10	1	12	4	7	14	9	3	8
	AD	13	4	10	3	6	9	14	11	2	5	12	8	1	7
2 hr	KS	12	10	11	2	5	8	1	13	9	4	14	7	6	3
	AD	12	6	10	1	7	9	14	11	4	5	13	8	3	2
3 hr	KS	14	1	12	7	5	9	4	11	3	6	13	10	2	8
	AD	13	3	11	6	5	9	14	10	2	4	12	8	1	7
4 hr	KS	13	8	9	1	5	10	3	12	7	6	14	11	4	2
	AD	13	5	11	1	7	9	14	10	6	4	12	8	2	3
5 hr	KS	13	7	12	8	2	9	4	11	6	3	14	10	5	1
	AD	12	4	11	9	3	8	14	10	6	1	13	7	2	5
6 hr	KS	13	10	8	2	3	12	5	7	9	4	14	11	6	1
	AD	13	5	11	6	3	9	14	10	8	1	12	7	2	4
8 hr	KS	13	8	12	2	5	11	3	9	6	4	14	10	7	1
	AD	13	6	11	1	5	10	14	9	7	4	12	8	3	2
12 hr	KS	14	5	11	8	2	9	12	1	7	4	13	10	6	3
	AD	13	6	11	1	4	7	14	10	8	3	12	9	5	2
18 hr	KS	13	7	12	1	5	9	8	10	3	4	14	11	2	6
	AD	12	2	11	5	3	8	14	10	6	4	13	9	1	7
24 hr	KS	12	10	11	2	5	8	1	13	9	4	14	7	6	3
	AD	12	6	10	1	7	9	14	11	4	5	13	8	3	2

Tablo 5.5 Gümüşhane İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	13	9	7	2	6	12	4	3	11	8	14	10	5	1
	AD	13	8	11	1	4	7	14	10	9	3	12	5	6	2
10 min	KS	14	7	12	1	4	9	11	6	10	5	13	2	3	8
	AD	13	5	11	8	1	6	14	10	7	3	12	2	4	9
15 min	KS	14	5	12	8	3	1	11	10	4	6	13	2	7	9
	AD	13	4	11	8	2	1	14	9	3	6	12	5	7	10
30 min	KS	14	7	11	5	4	6	12	10	8	2	13	1	3	9
	AD	13	4	11	8	2	1	14	10	5	6	12	3	7	9
1 hr	KS	13	9	12	1	6	5	4	11	10	2	14	8	7	3
	AD	13	4	11	5	3	7	14	10	6	2	12	9	1	8
2 hr	KS	14	5	12	9	1	2	7	10	3	4	13	8	6	11
	AD	13	4	11	8	3	2	14	9	1	5	12	7	6	10
3 hr	KS	14	3	11	6	8	2	12	5	1	7	13	9	4	10
	AD	13	3	11	9	4	2	14	8	1	5	12	7	6	10
4 hr	KS	14	3	11	8	9	2	12	5	1	7	13	6	4	10
	AD	13	3	10	9	4	2	14	5	1	7	12	8	6	11
5 hr	KS	14	3	11	9	4	2	12	7	1	5	13	8	6	10
	AD	13	3	11	9	4	1	14	7	2	5	12	8	6	10
6 hr	KS	14	4	12	9	3	1	11	7	2	5	13	8	6	10
	AD	13	4	11	9	3	2	14	6	1	5	12	8	7	10
8 hr	KS	14	4	12	10	3	2	8	6	1	5	13	9	7	11
	AD	13	4	10	9	3	2	14	5	1	6	12	8	7	11
12 hr	KS	14	2	12	7	4	3	9	10	6	5	13	11	1	8
	AD	13	2	11	7	3	5	14	9	1	6	12	10	4	8
18 hr	KS	14	2	12	8	3	5	7	9	1	6	13	11	4	10
	AD	13	3	11	6	4	7	14	9	1	5	12	10	2	8
24 hr	KS	14	8	11	3	5	12	1	10	7	6	13	9	4	2
	AD	13	7	8	2	3	11	14	10	9	4	12	6	5	1

Tablo 5.6 Hopa İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	12	9	3	5	8	6	7	13	10	1	2	11	12	No fit
	AD	4	8	5	3	6	13	7	12	9	2	1	10	11	
10 min	KS	13	4	11	8	3	2	7	10	1	9	12	6	5	No fit
	AD	11	3	10	7	5	2	13	8	1	12	9	4	6	
15 min	KS	13	6	8	3	7	4	10	9	1	12	11	2	5	No fit
	AD	12	3	10	7	5	2	13	9	1	8	11	4	6	
30 min	KS	14	4	11	6	7	2	12	9	1	8	13	3	5	10
	AD	13	3	11	8	4	2	14	9	1	7	12	5	6	10
1 hr	KS	14	4	11	8	5	1	12	9	2	7	13	3	6	10
	AD	13	2	11	8	4	1	14	9	3	7	12	6	5	10
2 hr	KS	14	2	10	9	8	1	11	7	5	6	13	3	4	12
	AD	14	1	10	9	2	4	13	8	3	5	12	7	6	11
3 hr	KS	13	2	12	8	1	4	7	10	3	6	14	11	5	9
	AD	13	1	11	7	3	6	14	10	2	5	12	9	4	8
4 hr	KS	11	3	13	8	2	4	6	10	1	7	14	12	5	9
	AD	11	2	12	7	3	4	14	10	1	6	13	9	5	8
5 hr	KS	13	4	12	8	1	3	5	10	2	7	14	11	6	9
	AD	12	2	11	7	3	4	14	10	1	5	13	9	6	8
6 hr	KS	14	3	11	7	1	6	9	10	2	5	13	12	4	8
	AD	13	3	11	7	2	4	14	9	1	5	12	10	6	8
8 hr	KS	14	4	11	6	3	7	12	9	2	5	13	10	1	8
	AD	13	2	11	7	3	6	14	9	1	5	12	10	4	8
12 hr	KS	14	3	12	8	1	4	7	9	2	5	13	10	6	11
	AD	13	3	11	7	1	6	14	8	2	4	12	9	5	10
18 hr	KS	14	5	12	4	3	9	6	10	7	1	13	11	2	8
	AD	13	2	11	6	3	7	14	9	5	4	12	10	1	8
24 hr	KS	14	3	12	7	2	5	8	11	6	1	13	10	4	9
	AD	13	1	11	7	2	4	14	10	3	5	12	9	6	8

Tablo 5.7 Ordu İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	14	9	7	6	2	10	3	12	5	1	13	11	8	4
	AD	13	8	7	4	1	9	14	12	6	2	11	10	5	3
10 min	KS	14	5	10	3	7	12	2	11	1	4	13	6	9	8
	AD	13	5	7	4	3	10	14	11	8	1	12	9	6	2
15 min	KS	14	7	6	4	2	9	12	11	8	1	13	10	5	3
	AD	13	7	5	4	3	10	14	11	8	2	12	9	6	1
30 min	KS	14	10	9	3	7	12	1	11	2	5	13	6	8	4
	AD	13	8	7	1	6	11	14	10	9	3	12	4	5	2
1 hr	KS	13	11	4	2	7	12	1	6	5	8	14	10	9	3
	AD	13	9	7	5	4	11	14	9	8	2	12	3	6	1
2 hr	KS	13	7	11	6	4	9	1	12	8	2	14	5	3	10
	AD	13	5	10	3	6	11	14	9	4	2	12	7	1	8
3 hr	KS	14	9	12	1	3	8	4	11	10	2	13	7	5	6
	AD	13	6	10	1	7	11	14	9	4	5	12	8	2	3
4 hr	KS	13	5	10	1	6	11	4	12	8	9	3	7	14	2
	AD	13	4	10	1	7	11	14	9	6	8	3	5	12	2
5 hr	KS	13	6	10	1	7	9	5	11	4	8	14	12	3	2
	AD	12	5	11	1	7	8	14	10	4	6	13	9	3	2
6 hr	KS	7	6	11	3	8	10	4	12	5	9	14	13	2	1
	AD	11	5	12	2	7	8	14	10	4	6	13	9	1	3
8 hr	KS	9	4	13	12	3	8	6	11	2	5	14	10	1	7
	AD	8	4	11	14	5	7	13	10	3	6	12	9	1	2
12 hr	KS	10	1	13	6	4	5	7	12	3	8	14	11	2	9
	AD	12	4	11	7	1	6	14	10	5	2	13	9	3	8
18 hr	KS	14	3	11	8	4	1	12	9	6	2	13	7	5	10
	AD	13	4	11	8	3	1	14	9	2	5	12	7	6	10
24 hr	KS	14	6	12	8	1	2	4	10	3	5	13	9	7	11
	AD	14	4	11	8	1	2	13	9	3	5	12	7	6	10

Tablo 5.8 Pazar İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	14	3	12	4	6	5	10	8	7	1	13	11	2	9
	AD	13	3	11	8	4	1	14	7	2	5	12	9	6	10
10 min	KS	14	11	2	12	4	7	1	13	9	8	3	5	10	6
	AD	13	8	1	6	3	10	14	9	11	4	12	5	7	2
15 min	KS	14	4	9	11	5	8	12	2	6	3	13	1	7	10
	AD	13	8	9	6	1	10	14	3	11	4	12	5	7	2
30 min	KS	14	6	4	9	3	11	2	7	12	8	13	5	10	1
	AD	14	6	10	7	3	8	13	5	9	4	12	2	1	11
1 hr	KS	14	4	12	10	1	2	8	7	3	5	13	9	6	11
	AD	13	4	11	9	3	2	14	8	1	5	12	7	6	10
2 hr	KS	14	6	12	2	9	5	11	7	8	4	13	1	3	10
	AD	13	3	11	7	2	1	14	10	4	5	12	8	6	9
3 hr	KS	13	5	9	14	2	3	10	4	7	1	12	8	6	11
	AD	12	5	9	13	1	4	14	3	8	2	11	6	7	10
4 hr	KS	14	6	11	9	1	4	2	10	3	5	13	12	7	8
	AD	13	3	11	7	1	4	14	10	2	5	12	9	6	8
5 hr	KS	14	5	12	8	1	2	7	9	4	3	13	11	6	10
	AD	12	3	10	6	1	13	14	7	2	4	11	8	5	9
6 hr	KS	14	5	12	8	2	1	10	7	3	4	13	11	6	9
	AD	13	4	11	7	3	1	14	8	2	5	12	9	6	10
8 hr	KS	14	4	12	8	2	3	5	10	1	6	13	11	7	9
	AD	13	4	11	7	2	3	14	8	1	5	12	10	6	9
12 hr	KS	14	7	9	2	5	11	1	10	6	8	13	12	4	3
	AD	13	6	11	1	4	9	14	8	7	5	12	10	3	2
18 hr	KS	13	5	11	12	2	8	1	6	9	3	14	10	7	4
	AD	14	7	11	3	5	12	1	9	8	6	13	10	4	2
24 hr	KS	13	9	10	12	1	6	2	3	11	5	14	4	7	8
	AD	14	4	12	11	2	8	1	5	10	3	13	9	7	6

Tablo 5.9 Rize İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

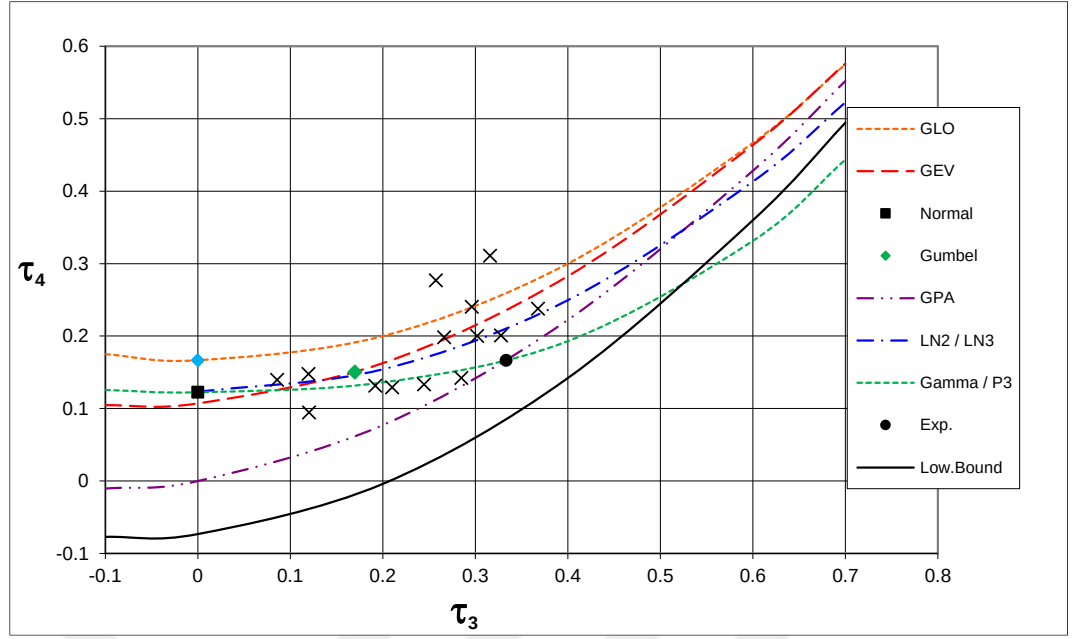
		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	14	5	12	3	9	7	11	1	6	8	13	4	2	10
	AD	13	3	11	9	4	2	14	8	1	5	12	7	6	10
10 min	KS	14	7	3	2	4	12	10	9	11	6	13	8	5	1
	AD	13	6	9	1	3	11	14	7	10	2	12	4	5	8
15 min	KS	14	5	12	7	9	1	10	6	8	4	13	2	3	11
	AD	13	3	10	9	5	1	14	4	2	6	12	8	7	11
30 min	KS	14	5	11	10	6	1	12	4	2	7	13	3	8	9
	AD	13	6	11	9	4	1	14	3	2	7	12	5	8	10
1 hr	KS	14	3	12	7	6	1	11	10	2	5	13	8	4	9
	AD	13	6	11	10	1	2	14	5	9	4	12	3	7	8
2 hr	KS	14	6	12	4	2	5	9	11	7	3	13	10	1	8
	AD	13	4	11	5	3	7	14	10	6	2	12	9	1	8
3 hr	KS	13	3	11	7	4	6	9	10	2	5	14	12	1	8
	AD	12	3	11	6	5	7	14	10	2	4	13	9	1	8
4 hr	KS	13	2	11	5	4	8	9	10	1	7	14	12	3	6
	AD	12	2	11	6	4	7	14	10	3	5	13	9	1	8
5 hr	KS	14	2	12	7	3	6	8	11	1	5	13	10	4	9
	AD	13	2	11	7	3	6	14	10	1	5	12	9	4	8
6 hr	KS	14	3	12	7	2	6	9	10	1	4	13	8	5	11
	AD	13	2	11	7	3	4	14	10	1	5	12	8	6	9
8 hr	KS	14	5	12	7	4	1	11	10	2	3	13	9	6	8
	AD	13	4	11	7	2	1	14	10	5	3	12	9	6	8
12 hr	KS	14	5	12	6	2	4	8	11	7	1	13	10	3	9
	AD	13	5	11	4	3	7	14	9	6	2	12	10	1	8
18 hr	KS	14	7	12	11	1	5	10	2	8	4	13	3	6	9
	AD	13	5	11	10	1	4	14	3	9	2	12	8	7	6
24 hr	KS	14	3	11	2	5	9	7	10	6	8	13	12	1	4
	AD	13	5	11	4	3	9	14	8	6	2	12	10	1	7

Tablo 5.10 Trabzon İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

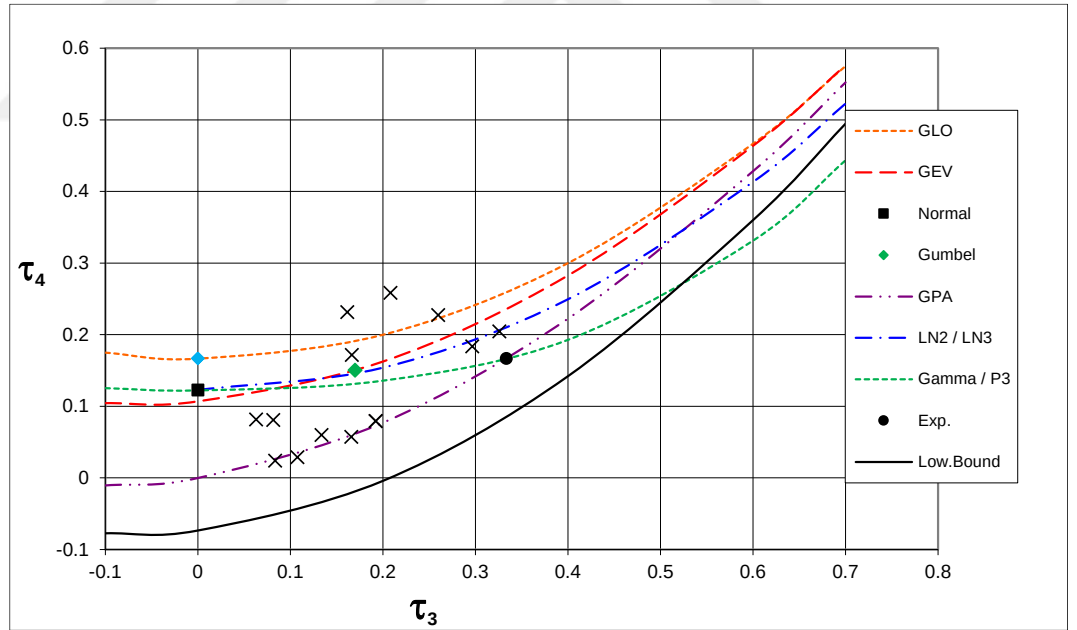
		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	14	2	11	8	1	3	10	9	5	6	13	4	7	12
	AD	13	4	10	9	3	1	14	8	2	7	12	5	6	11
10 min	KS	14	3	12	9	4	2	8	10	1	5	13	7	6	11
	AD	13	4	11	8	3	2	14	9	1	5	12	7	6	10
15 min	KS	13	3	12	9	4	1	8	11	2	5	14	7	6	10
	AD	13	4	11	7	2	1	14	10	3	5	12	8	6	9
30 min	KS	13	2	12	6	4	1	10	11	5	3	14	8	7	9
	AD	12	5	11	7	2	1	14	10	4	3	13	8	6	9
1 hr	KS	14	6	12	1	4	9	5	11	7	3	13	10	2	8
	AD	12	4	11	7	3	5	14	10	6	1	13	9	2	8
2 hr	KS	12	5	13	7	2	1	9	11	3	4	14	8	6	10
	AD	12	4	11	7	2	1	14	10	6	3	13	8	5	9
3 hr	KS	14	3	12	9	5	2	8	11	1	6	13	7	4	10
	AD	13	3	11	8	4	1	14	10	2	6	12	7	5	9
4 hr	KS	13	3	12	7	4	2	8	11	1	6	14	10	5	9
	AD	13	3	11	8	4	2	14	10	1	6	12	7	5	9
5 hr	KS	14	4	12	7	5	2	8	11	1	6	13	9	3	10
	AD	13	3	11	8	4	1	14	10	2	6	12	7	5	9
6 hr	KS	14	4	12	8	3	1	9	11	2	5	13	7	6	10
	AD	13	3	11	7	4	1	14	10	2	6	12	8	5	9
8 hr	KS	14	4	12	5	2	6	10	9	7	3	13	11	1	8
	AD	13	3	11	7	2	1	14	10	4	5	12	9	6	8
12 hr	KS	14	1	12	7	2	4	11	8	3	6	13	9	5	10
	AD	13	3	11	7	4	1	14	10	2	6	12	8	5	9
18 hr	KS	14	4	11	6	7	3	12	5	1	8	13	9	2	10
	AD	13	3	11	8	4	2	14	9	1	6	12	7	5	10
24 hr	KS	14	3	12	7	4	2	11	8	1	5	13	9	6	10
	AD	13	3	11	9	4	1	14	7	2	6	12	8	5	10

Tablo 5.11 Unye İstasyonu olasılık dağılımı uygunluk testleri

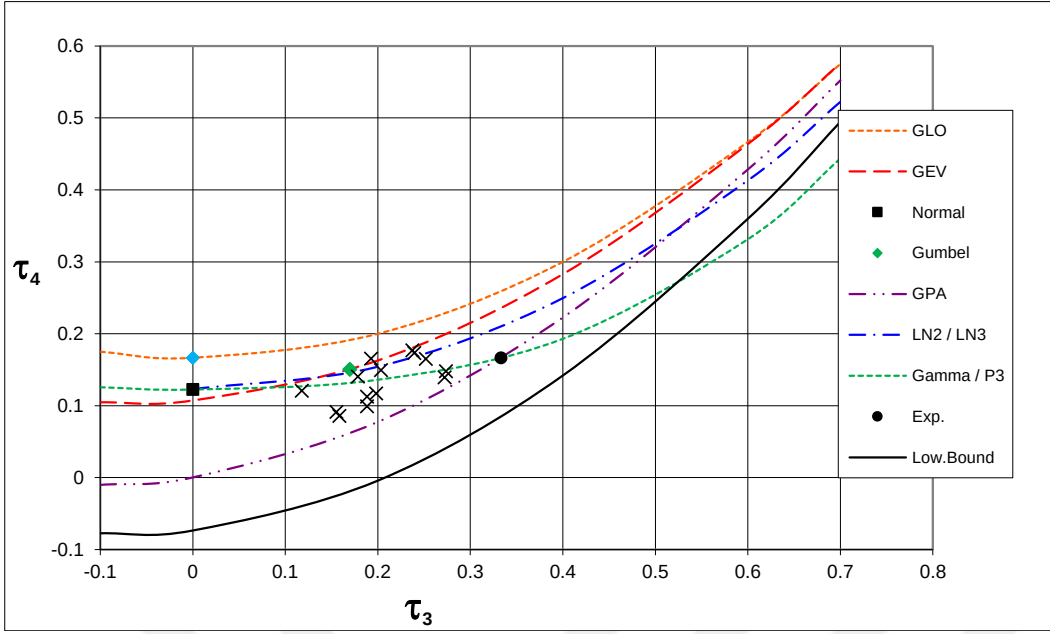
		EXP (2p)	Frechet	Gamma	Gamma(3p)	GEV	GLO	GPA	Gumbel	LLOG	LP 3	LOG	LN2	LN3	Weibull
5 min	KS	14	4	11	10	3	1	7	5	2	6	13	6	8	12
	AD	13	4	10	9	3	2	14	7	1	8	12	6	5	11
10 min	KS	14	11	9	5	6	2	13	10	1	8	3	12	4	7
	AD	13	11	7	5	6	2	14	12	1	9	3	10	4	8
15 min	KS	14	7	10	8	3	2	13	4	1	9	12	5	6	11
	AD	13	8	9	5	3	2	14	7	1	6	11	10	4	12
30 min	KS	14	9	3	6	4	10	1	7	11	5	13	12	8	2
	AD	13	7	2	3	5	11	14	8	10	4	12	9	6	1
1 hr	KS	14	9	10	3	8	12	1	11	7	6	13	2	5	4
	AD	13	7	8	1	5	11	14	10	9	2	12	3	4	6
2 hr	KS	13	6	9	2	8	12	1	11	5	7	14	10	4	3
	AD	13	7	9	1	8	11	14	10	5	4	12	6	3	2
3 hr	KS	3	6	9	2	7	12	1	11	4	8	13	10	5	No Fit
	AD	12	6	9	2	7	11	1	10	4	5	13	8	3	
4 hr	KS	2	7	8	3	9	13	1	11	5	10	14	12	6	4
	AD	11	4	8	13	6	9	1	10	3	5	12	7	2	14
5 hr	KS	3	6	10	5	8	13	1	12	4	9	14	11	2	7
	AD	13	6	10	2	8	12	1	11	5	7	14	9	4	3
6 hr	KS	13	4	9	6	7	11	1	10	2	8	14	12	3	5
	AD	12	4	10	3	7	9	14	11	2	6	13	8	1	5
8 hr	KS	14	4	10	7	5	9	1	12	2	6	13	11	3	8
	AD	13	3	11	5	6	9	14	10	2	4	12	8	1	7
12 hr	KS	14	4	12	8	3	5	2	11	1	6	13	9	7	10
	AD	13	1	11	7	3	6	14	10	2	4	12	8	5	9
18 hr	KS	14	5	12	9	2	3	4	10	1	6	13	8	7	11
	AD	13	3	11	8	1	5	14	9	2	4	12	7	6	10
24 hr	KS	13	4	12	8	3	5	1	11	2	7	14	10	6	9
	AD	13	2	11	7	3	6	14	10	1	4	12	8	5	9



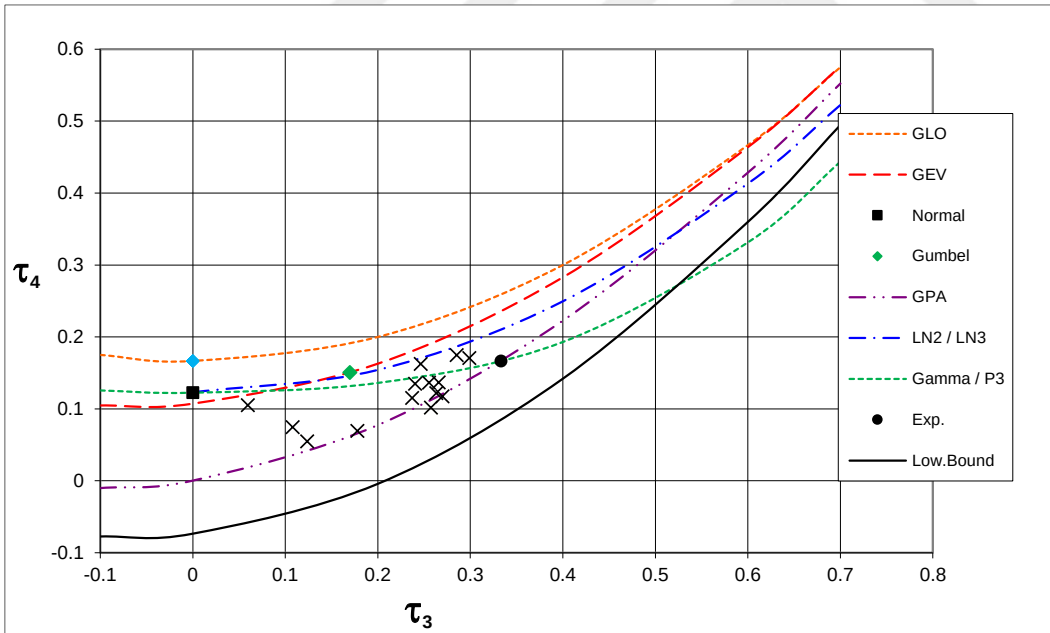
Şekil 5.1 Akçaabat İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı



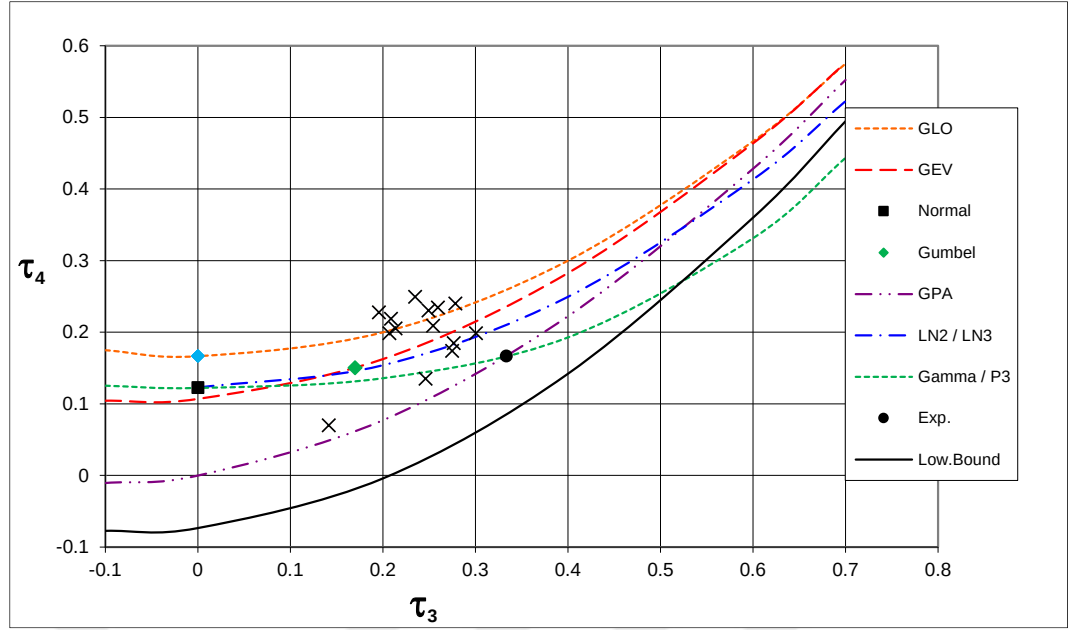
Şekil 5.2 Artvin İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı



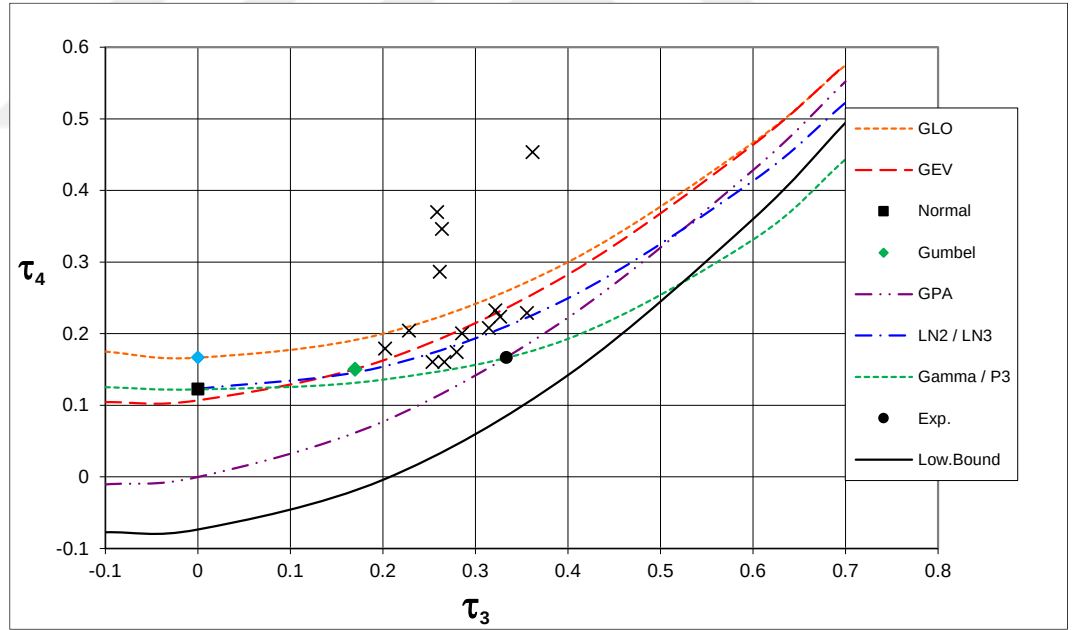
Şekil 5.3 Bayburt İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı



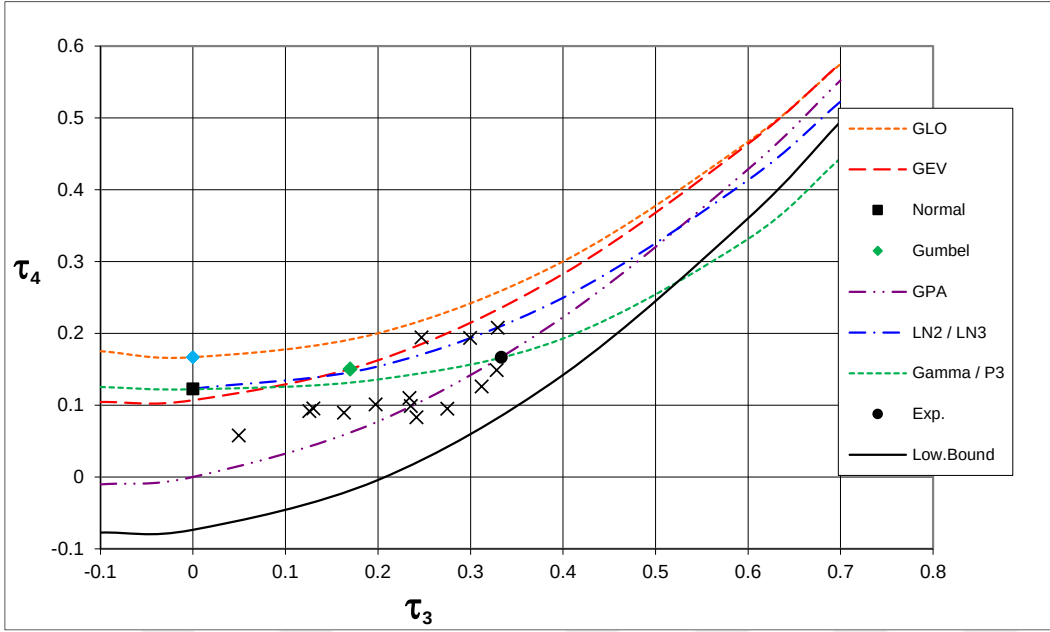
Şekil 5.4 Giresun İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı



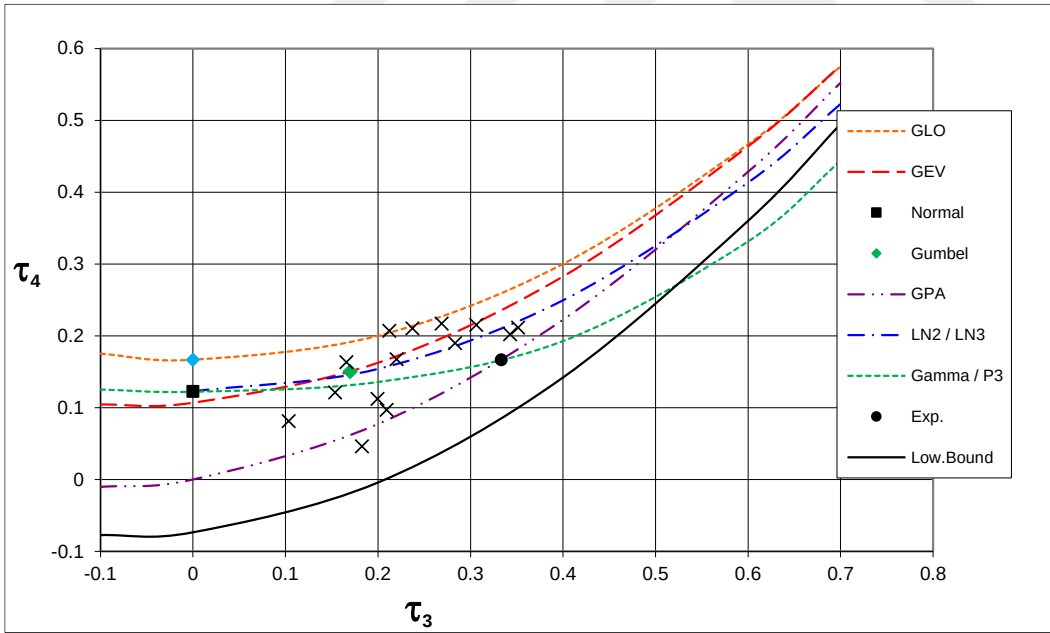
Şekil 5.5 Gümüşhane İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı



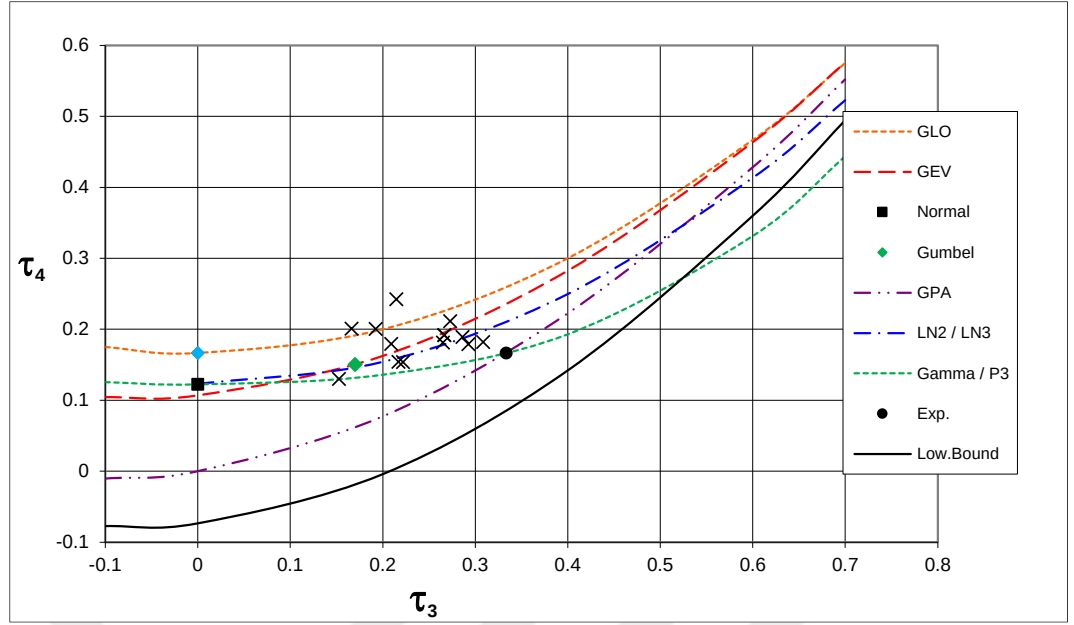
Şekil 5.6 Hopa İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı



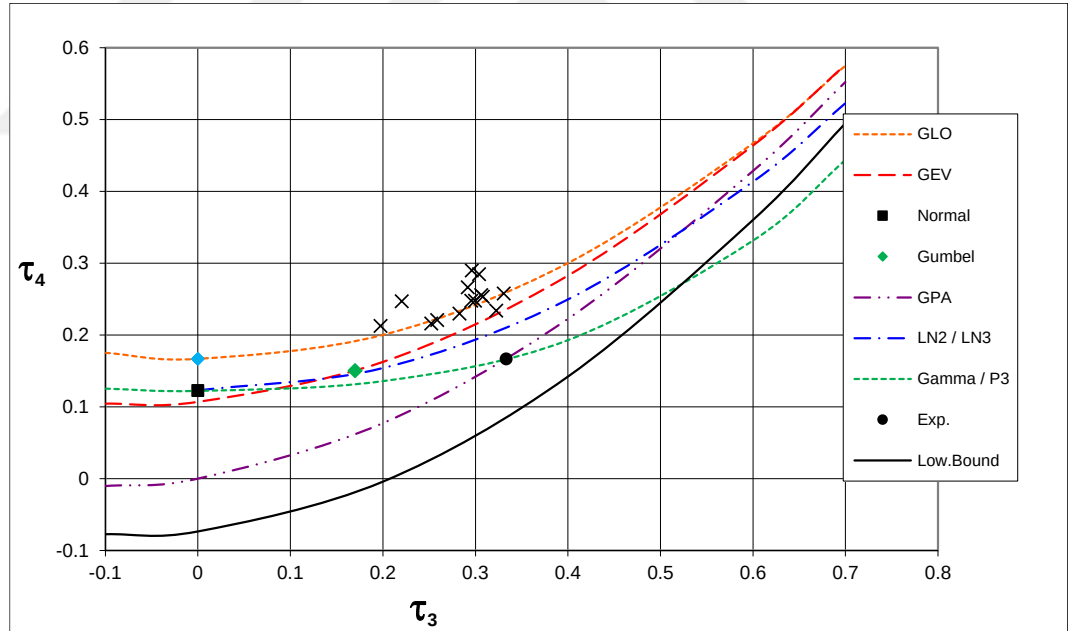
Şekil 5.7 Ordu İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı



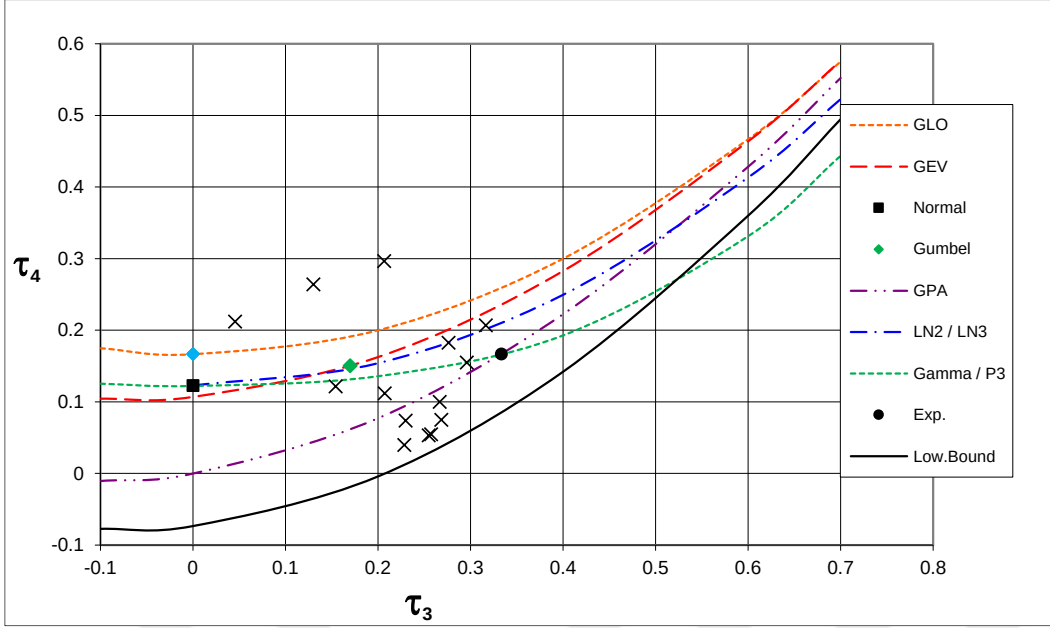
Şekil 5.8 Pazar İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı



Şekil 5.9 Rize İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı



Şekil 5.10 Trabzon İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı



Şekil 5.11 Ünye İstasyonu L-Moment Oranı Diyagramı

5.2 Belli Tekerrürlü Tahminler ve Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrileri

Uygun olasılık dağılımının belirlenmesi ve dağılım parametrelerinin hesaplanması ile belli tekerrürlü tahminleri (quantilleri) tahmin etmek mümkün hale gelmektedir. Bu bölümde Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan 11 adet meteorolojik gözlem istasyonunun standart süreli maksimum yağış gözlemleri kullanılarak belirli tekerrürlü (ya da frekanslı) maksimum yağışlar hesaplanmıştır. Frekans analizinin sonuçları Tablo 12 – Tablo 22 de verilmiştir. Ayrıca kullanılan ana dağılım modeli GEV dağılımına ait parametreler de aynı tablolarda yer almaktadır.

Alternatif olarak her istasyon için GEV dağılımı dışında en uygun olasılık dağılım fonksiyonunun (Akçaabat için LN3, Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Pazar, Rize ve Ünye için LP3, Hopa ve Trabzon için Frechet) belli tekerrürlü tahminleri de hesaplanmıştır (Tablo 23 – Tablo 33).

Son olarak belli tekerrürlü tahminler kullanılarak Doğu Karadeniz bölgesindeki 11 adet istasyon için yağış şiddeti – süre-tekerrür eğrileri oluşturulmuş, bu eğriler Şekil12 – Şekil 22 de verilmiştir.

Tablo 5.12 Akçaabat meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	68.0	49.7	40.1	27.7	18.3	11.7	8.8	7.4	6.5	5.7	4.7	3.6	2.7	2.3
5	97.9	73.5	59.2	41.4	26.0	15.8	11.7	9.5	8.2	7.2	5.9	4.5	3.4	2.8
10	117.1	89.8	73.1	51.8	31.6	18.6	13.7	11.0	9.3	8.1	6.7	5.1	3.8	3.1
25	140.7	111.2	92.2	66.4	39.2	22.3	16.3	12.9	10.8	9.3	7.7	5.6	4.3	3.5
50	157.6	127.5	107.6	78.6	45.3	25.2	18.4	14.3	11.9	10.2	8.3	6.0	4.6	3.7
100	174.1	144.2	123.9	91.8	51.8	28.2	20.5	15.8	13.0	11.1	9.0	6.4	4.9	3.9
200	190.1	161.2	141.3	106.4	58.7	31.3	22.8	17.3	14.2	12.0	9.6	6.7	5.2	4.1
500	210.7	184.5	166.2	127.7	68.6	35.5	25.9	19.3	15.7	13.1	10.4	7.0	5.5	4.3
k	0.034	-0.04	-0.10	-0.14	-0.10	-0.05	-0.06	-0.04	-0.01	0.01	0.04	0.15	0.12	0.16
α	2.27	3.38	3.86	5.34	6.18	6.83	7.10	7.15	7.50	7.77	8.89	11.06	12.57	13.76
u	4.84	7.03	8.57	11.84	16.03	20.88	23.82	27.09	29.56	31.52	34.53	39.42	43.43	49.51

Tablo 5.13 Artvin meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	49.7	37.5	31.1	20.3	12.9	8.1	6.4	5.5	4.9	4.5	3.9	3.0	2.4	2.0
5	76.7	56.1	47.4	31.4	19.8	11.8	9.0	7.4	6.5	5.9	5.1	4.0	3.1	2.7
10	93.1	66.7	56.8	38.3	24.6	14.4	10.8	8.8	7.5	6.7	5.8	4.5	3.6	3.2
25	112.4	78.6	67.3	46.7	31.0	17.9	13.2	10.4	8.7	7.8	6.6	5.1	4.0	3.7
50	125.7	86.4	74.3	52.6	36.1	20.7	15.0	11.7	9.6	8.5	7.2	5.4	4.3	4.0
100	138.1	93.3	80.5	58.2	41.3	23.5	16.9	13.0	10.4	9.1	7.6	5.8	4.6	4.3
200	149.7	99.5	86.1	63.5	46.8	26.5	18.8	14.3	11.2	9.7	8.1	6.0	4.8	4.6
500	163.9	106.8	92.7	70.3	54.5	30.7	21.4	16.0	12.3	10.5	8.5	6.3	5.1	4.9
k	0.089	0.15	0.14	0.06	-0.07	-0.07	-0.04	-0.02	0.05	0.09	0.15	0.19	0.18	0.11
α	2.16	3.14	4.12	5.19	5.66	6.14	6.75	6.83	7.33	8.10	10.15	12.08	14.40	16.84
u	3.36	5.13	6.30	8.25	10.85	13.84	16.63	19.36	21.71	23.90	27.30	32.28	37.53	42.38

Tablo 5.14 Bayburt meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	58.2	44.2	34.8	22.6	13.1	7.6	5.5	4.5	3.8	3.3	2.6	1.9	1.4	1.1
5	84.9	65.3	50.8	34.0	19.5	10.7	7.5	6.0	5.0	4.3	3.3	2.4	1.7	1.4
10	102.0	79.1	61.7	41.6	23.7	12.7	8.8	6.9	5.7	4.9	3.7	2.7	1.9	1.6
25	123.0	96.3	75.9	51.3	29.1	15.3	10.4	8.0	6.6	5.6	4.2	3.0	2.2	1.8
50	138.1	108.8	86.6	58.4	33.0	17.2	11.6	8.9	7.2	6.0	4.6	3.3	2.5	1.9
100	152.8	121.2	97.5	65.5	36.9	19.2	12.8	9.6	7.8	6.5	4.9	3.5	2.7	2.1
200	167.0	133.3	108.6	72.7	40.7	21.1	14.0	10.4	8.4	6.9	5.2	3.7	2.9	2.2
500	185.4	149.1	123.5	82.1	45.8	23.6	15.6	11.4	9.1	7.5	5.6	3.9	3.3	2.4
k	0.034	0.02	-0.03	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.04	0.06	0.09	0.08	0.09	-0.04	0.00
α	2.02	3.15	3.45	5.02	5.70	5.38	5.11	5.35	5.52	5.65	5.38	5.39	5.19	5.50
u	4.11	6.22	7.42	9.48	10.99	13.28	14.74	16.11	16.89	17.60	18.75	21.30	22.47	24.94

Tablo 5.15 Giresun meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	101.7	77.4	66.4	50.4	33.5	21.1	15.8	12.7	10.4	9.0	7.1	5.1	3.8	3.1
5	136.6	106.3	90.7	71.8	49.7	31.5	23.1	18.4	15.0	12.7	9.9	7.0	5.2	4.1
10	157.2	123.8	105.1	84.8	60.1	38.4	27.9	22.3	18.0	15.2	11.7	8.2	6.1	4.7
25	180.6	144.1	121.5	100.0	72.9	47.1	33.8	27.1	21.8	18.3	14.0	9.9	7.3	5.6
50	196.3	158.1	132.6	110.4	82.2	53.5	38.1	30.7	24.7	20.6	15.7	11.1	8.2	6.2
100	210.6	171.0	142.7	120.1	91.2	59.9	42.4	34.3	27.5	22.8	17.3	12.3	9.1	6.9
200	223.8	183.0	152.0	129.1	100.1	66.1	46.7	37.8	30.3	25.0	18.9	13.5	10.1	7.6
500	239.4	197.6	163.1	140.1	111.5	74.4	52.2	42.6	34.0	28.0	21.1	15.2	11.4	8.5
k	0.122	0.10	0.12	0.09	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	-0.02	-0.04	-0.03
α	2.87	4.66	5.98	10.34	14.62	18.58	19.42	20.39	20.15	20.06	20.02	19.34	20.62	19.99
u	7.45	11.22	14.46	21.46	28.19	35.30	40.45	43.18	44.73	46.46	49.51	54.48	60.95	67.11

Tablo 5.16 Gümüşhane meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	47.8	35.1	28.5	17.6	10.4	6.3	4.8	3.9	3.3	3.0	2.4	1.7	1.3	1.2
5	71.9	52.0	43.0	26.3	15.1	8.6	6.3	5.1	4.4	3.9	3.1	2.3	1.7	1.5
10	88.7	63.9	53.4	32.5	18.5	10.2	7.4	5.9	5.0	4.5	3.6	2.7	1.9	1.7
25	110.8	80.1	67.5	41.1	23.1	12.4	8.8	6.9	5.9	5.2	4.2	3.2	2.3	1.9
50	127.9	92.8	78.7	48.0	26.7	14.1	9.8	7.7	6.6	5.7	4.7	3.6	2.5	2.1
100	145.6	106.2	90.5	55.2	30.5	15.9	10.9	8.4	7.2	6.3	5.1	3.9	2.7	2.2
200	163.8	120.3	103.0	62.9	34.5	17.8	12.1	9.2	7.9	6.8	5.5	4.3	2.9	2.3
500	188.8	140.0	120.7	73.9	40.1	20.5	13.6	10.2	8.8	7.4	6.1	4.8	3.2	2.5
k	-0.051	-0.08	-0.08	-0.09	-0.08	-0.08	-0.05	-0.01	-0.01	0.01	0.02	-0.02	0.03	0.11
α	1.69	2.30	2.95	3.52	3.87	3.76	3.88	4.21	4.49	4.80	5.31	5.93	6.53	7.42
u	3.36	5.00	6.01	7.47	8.96	11.18	12.89	14.04	15.03	16.15	17.32	18.75	20.72	26.17

Tablo 5.17 Hopa meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	103.2	79.9	68.5	50.9	38.1	26.7	21.1	17.7	15.7	14.0	11.4	8.5	6.3	5.1
5	154.9	111.5	94.2	69.6	51.7	35.6	28.3	23.7	20.9	18.4	15.2	11.1	8.2	6.8
10	198.1	137.6	115.0	84.2	62.0	41.6	33.4	28.1	24.5	21.4	17.6	12.9	9.5	8.1
25	265.6	177.6	146.5	105.4	76.7	49.4	40.2	34.0	29.3	25.4	20.7	15.1	11.3	9.9
50	327.1	213.5	174.4	123.5	88.8	55.4	45.6	38.7	33.0	28.4	23.0	16.8	12.6	11.4
100	399.8	255.4	206.6	143.7	102.1	61.4	51.2	43.7	36.9	31.4	25.3	18.5	14.0	13.0
200	486.0	304.5	243.9	166.3	116.7	67.5	57.0	49.0	41.0	34.6	27.5	20.1	15.4	14.7
500	625.2	382.5	302.4	200.6	138.2	75.8	65.1	56.4	46.6	38.8	30.5	22.4	17.4	17.2
k	-0.249	-0.23	-0.21	-0.17	-0.14	-0.03	-0.07	-0.09	-0.06	-0.04	0.00	-0.01	-0.05	-0.12
α	3.00	3.74	4.62	7.06	10.59	15.18	17.88	19.67	21.40	22.60	26.50	27.79	29.07	32.94
u	7.44	11.88	15.37	22.77	34.10	47.82	56.77	63.40	70.70	75.62	81.78	91.39	102.18	109.27

Tablo 5.18 Ordu meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	85.5	66.7	57.4	39.8	25.4	15.5	11.7	9.6	8.3	7.2	5.9	4.4	3.4	2.8
5	111.0	91.5	80.3	56.4	37.1	22.5	16.7	13.6	11.8	10.3	8.3	6.2	4.8	3.9
10	124.7	106.0	93.7	66.4	44.9	27.2	19.9	16.2	14.1	12.4	10.0	7.4	5.7	4.7
25	139.0	122.3	108.9	78.1	54.6	32.9	23.9	19.3	17.0	15.2	12.2	9.1	6.9	5.7
50	147.8	133.1	119.1	86.2	61.8	37.2	26.8	21.6	19.1	17.3	13.9	10.4	7.8	6.4
100	155.2	142.8	128.4	93.6	69.0	41.3	29.6	23.7	21.2	19.4	15.6	11.7	8.7	7.2
200	161.6	151.7	136.8	100.6	76.0	45.5	32.3	25.8	23.2	21.6	17.3	13.0	9.5	8.0
500	168.6	162.2	146.9	109.2	85.3	50.8	35.8	28.5	25.9	24.5	19.7	14.8	10.7	9.2
k	0.224	0.13	0.13	0.09	0.01	0.01	0.03	0.04	0.01	-0.03	-0.04	-0.04	-0.01	-0.05
α	2.31	4.13	5.67	7.97	10.44	12.63	13.67	14.70	15.65	16.02	16.70	18.56	22.01	22.16
u	6.31	9.64	12.32	17.02	21.54	26.32	29.97	33.20	35.56	37.24	40.98	45.41	52.27	59.68

Tablo 5.19 Pazar meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	113.4	87.0	72.6	54.3	36.0	24.0	18.8	15.7	13.6	12.1	9.9	7.6	5.7	4.6
5	142.0	109.6	92.7	70.7	48.0	32.6	24.9	21.2	18.2	15.9	12.9	9.7	7.3	6.1
10	161.0	123.7	106.1	81.2	56.0	38.5	29.1	24.9	21.4	18.5	14.9	11.0	8.3	6.9
25	185.0	140.5	123.1	94.1	66.2	46.5	34.3	29.9	25.4	21.8	17.4	12.6	9.4	8.0
50	202.9	152.3	135.7	103.5	73.7	52.7	38.3	33.7	28.6	24.3	19.3	13.7	10.1	8.7
100	220.6	163.5	148.3	112.5	81.3	59.1	42.3	37.6	31.7	26.8	21.2	14.8	10.9	9.4
200	238.3	174.2	160.9	121.3	88.8	65.7	46.4	41.6	35.0	29.4	23.1	15.8	11.5	10.1
500	261.7	187.6	177.6	132.5	98.8	74.9	51.8	47.1	39.4	32.8	25.5	17.1	12.3	11.0
k	-0.002	0.07	-0.01	0.03	-0.01	-0.06	-0.02	-0.05	-0.04	-0.02	-0.01	0.06	0.10	0.06
α	2.10	3.53	4.42	7.46	10.55	14.32	15.93	18.38	19.54	19.97	20.99	23.59	27.85	31.78
u	8.68	13.22	16.53	24.45	32.13	42.66	50.57	56.10	61.02	65.32	71.60	82.56	92.61	99.96

Tablo 5.20 Rize meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	115.5	88.8	76.6	57.2	39.8	25.3	19.1	15.9	13.7	12.2	9.9	7.2	5.2	4.5
5	149.6	115.1	100.6	77.1	54.6	35.2	26.9	22.0	18.9	16.4	13.3	9.4	6.7	5.6
10	173.5	131.8	116.2	90.3	64.7	42.3	32.4	26.3	22.4	19.4	15.7	11.0	7.7	6.4
25	205.2	152.3	135.5	107.0	77.8	52.0	39.7	31.9	27.0	23.2	18.9	13.0	9.0	7.4
50	229.9	167.0	149.7	119.4	87.8	59.7	45.5	36.2	30.5	26.1	21.4	14.6	10.0	8.1
100	255.5	181.2	163.5	131.7	97.9	67.9	51.5	40.7	34.1	29.0	23.9	16.2	10.9	8.8
200	282.0	194.9	177.1	144.1	108.2	76.5	57.8	45.3	37.8	32.0	26.5	17.9	11.9	9.6
500	318.7	212.5	194.7	160.4	122.1	88.8	66.6	51.5	42.8	36.1	30.1	20.1	13.2	10.6
k	-0.059	0.04	0.02	0.00	-0.03	-0.09	-0.07	-0.05	-0.04	-0.03	-0.05	-0.04	-0.02	-0.01
α	2.38	4.01	5.39	8.74	12.76	16.04	19.27	20.74	22.02	21.90	23.17	23.09	23.21	24.09
u	8.74	13.34	17.18	25.40	35.05	44.67	50.13	55.76	60.49	64.90	70.30	77.27	85.74	97.96

Tablo 5.21 Trabzon meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	79.6	58.2	46.8	31.1	20.2	12.6	9.3	7.4	6.3	5.5	4.5	3.4	2.7	2.2
5	109.8	79.5	65.9	45.2	29.2	18.0	13.0	10.3	8.5	7.4	6.0	4.5	3.4	2.8
10	131.0	94.0	79.5	55.4	36.0	22.1	15.8	12.4	10.2	8.8	7.1	5.2	3.9	3.2
25	159.2	112.8	97.7	69.6	45.5	27.8	19.7	15.5	12.7	10.8	8.6	6.3	4.6	3.7
50	181.3	127.2	112.0	81.1	53.3	32.5	23.0	18.1	14.7	12.4	9.9	7.2	5.2	4.1
100	204.2	141.7	127.0	93.4	61.7	37.6	26.6	20.9	16.9	14.2	11.3	8.1	5.7	4.5
200	228.1	156.4	142.7	106.5	70.9	43.1	30.5	24.0	19.4	16.2	12.8	9.1	6.4	4.9
500	261.3	176.4	164.7	125.4	84.4	51.2	36.3	28.5	23.0	19.2	14.9	10.6	7.2	5.5
k	-0.064	-0.03	-0.07	-0.10	-0.13	-0.12	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.12	-0.12	-0.09	-0.05
α	2.09	3.05	3.94	5.63	7.09	8.62	8.58	8.75	8.71	8.69	9.48	9.82	10.51	11.40
u	5.86	8.58	10.24	13.43	17.52	21.87	24.74	26.48	28.02	29.68	32.25	37.45	44.20	49.45

Tablo 5.22 Ünye meteoroloji istasyonu GEV için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri ve GEV parametreleri

T (yıl)	x_T (mm/sa)													
	5 dk	10 dk	15 dk	30 dk	60 dk	120 dk	180 dk	240 dk	300 dk	360 dk	480 dk	720 dk	1080 dk	1440 dk
2	112.5	84.7	70.9	50.9	33.2	21.1	15.7	12.8	11.0	9.6	7.7	5.6	4.2	3.5
5	149.8	108.4	94.0	72.2	48.8	31.5	23.2	18.9	16.1	14.0	11.1	8.2	6.1	5.0
10	175.4	122.2	109.3	85.6	58.7	37.9	27.8	22.8	19.3	16.8	13.3	9.9	7.3	6.1
25	208.8	137.8	128.5	101.9	70.7	45.7	33.3	27.5	23.3	20.3	16.0	12.2	9.0	7.5
50	234.5	148.1	142.6	113.5	79.3	51.2	37.1	30.8	26.1	22.8	18.0	13.8	10.2	8.6
100	260.7	157.4	156.6	124.6	87.6	56.4	40.7	34.0	28.7	25.2	19.9	15.5	11.5	9.7
200	287.5	165.8	170.5	135.3	95.6	61.4	44.1	37.0	31.3	27.6	21.8	17.2	12.7	10.8
500	324.1	175.7	188.7	148.9	105.8	67.6	48.4	40.9	34.5	30.6	24.2	19.4	14.4	12.3
k	-0.040	0.14	0.01	0.05	0.04	0.06	0.07	0.05	0.05	0.03	0.03	-0.01	-0.02	-0.04
α	2.64	3.96	5.15	9.85	14.30	19.34	21.15	22.68	23.81	23.98	24.71	27.12	29.33	31.85
u	8.40	12.70	15.83	21.86	28.05	35.20	39.59	42.90	46.18	49.10	52.77	57.48	64.34	71.93

Tablo 5.23 Akçaabat meteoroloji istasyonu LN3 için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	65,8	48,5	39,4	27,8	18,4	11,4	8,6	7,3	6,1	5,5	4,6	3,6	2,7	2,3
5	96,6	72,5	58,5	41,2	26,1	15,5	11,3	9,3	8,0	7,1	5,9	4,5	3,4	2,8
10	118,0	89,8	72,7	51,0	31,5	18,6	13,5	10,9	9,6	8,3	6,8	5,1	3,8	3,1
25	146,1	112,9	92,2	64,4	38,5	23,0	16,6	13,1	12,1	10,0	7,9	5,7	4,3	3,5
50	167,7	131,0	107,8	74,9	43,9	26,6	19,2	14,8	14,3	11,4	8,9	6,2	4,7	3,7
100	189,8	149,9	124,4	85,9	49,4	30,4	22,0	16,6	16,7	12,9	9,8	6,7	5,0	4,0
200	212,7	169,6	141,9	97,5	55,1	34,4	25,1	18,6	19,5	14,6	10,8	7,2	5,3	4,2
500	244,0	197,1	166,6	113,7	62,9	40,3	29,5	21,4	23,7	17,0	12,1	7,8	5,8	4,5

Tablo 5.24 Artvin meteoroloji istasyonu LP3 için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	46,3	34,8	28,3	18,9	12,5	7,9	5,8	5,5	4,9	4,5	3,8	3,0	2,3	2,0
5	76,2	55,9	47,0	30,9	19,4	11,6	8,3	7,5	6,5	5,9	5,1	4,0	3,1	2,7
10	96,9	70,1	59,9	39,6	24,7	14,4	9,9	8,8	7,5	6,8	5,9	4,6	3,6	3,2
25	123,3	87,7	76,5	51,1	32,2	18,3	12,1	10,4	8,7	7,8	6,9	5,3	4,2	3,8
50	143,0	100,6	88,9	60,0	38,4	21,5	13,7	11,6	9,5	8,6	7,6	5,9	4,6	4,1
100	162,6	113,0	101,2	69,2	45,1	25,0	15,3	12,7	10,3	9,3	8,3	6,3	4,9	4,5
200	182,0	125,2	113,4	78,6	52,4	28,7	17,0	13,9	11,1	9,9	8,9	6,8	5,3	4,9
500	207,6	141,0	129,4	91,5	63,1	34,2	19,2	15,4	12,0	10,8	9,8	7,4	5,7	5,3

Tablo 5.25 Bayburt meteoroloji istasyonu LP3 için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	50,9	43,1	34,1	21,6	12,4	7,4	5,4	4,4	3,7	3,2	2,6	1,9	1,4	1,1
5	76,2	65,1	50,6	33,2	18,9	10,5	7,4	5,9	4,9	4,3	3,3	2,4	1,7	1,4
10	94,1	80,2	62,4	41,8	23,8	12,8	8,8	6,9	5,7	4,9	3,7	2,7	1,9	1,6
25	117,7	99,7	78,3	53,9	30,9	15,8	10,6	8,2	6,8	5,7	4,3	3,1	2,2	1,8
50	136,0	114,3	90,8	63,7	36,6	18,2	12,1	9,3	7,5	6,3	4,8	3,3	2,5	2,0
100	154,9	129,1	103,8	74,2	42,9	20,8	13,6	10,3	8,3	6,9	5,2	3,6	2,7	2,1
200	174,4	144,0	117,5	85,4	49,7	23,5	15,2	11,4	9,1	7,5	5,7	3,8	3,0	2,3
500	201,3	164,1	136,6	101,6	59,7	27,4	17,5	12,8	10,2	8,3	6,3	4,2	3,3	2,5

Tablo 5.26 Giresun meteoroloji istasyonu LP3 için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	101,3	75,5	65,0	48,4	31,8	19,9	15,2	12,1	10,0	8,7	6,9	5,0	3,7	3,0
5	137,6	105,8	90,5	71,0	48,2	30,5	22,5	18,0	14,6	12,5	9,7	6,9	5,1	4,0
10	158,9	125,6	106,6	86,6	60,5	38,6	28,0	22,3	18,1	15,3	11,8	8,3	6,1	4,7
25	183,1	150,2	126,1	106,9	77,6	50,2	35,5	28,5	22,8	19,1	14,6	10,1	7,5	5,7
50	199,3	168,2	140,0	122,4	91,5	59,8	41,7	33,5	26,7	22,1	16,8	11,6	8,6	6,6
100	214,3	186,1	153,4	138,2	106,4	70,2	48,3	38,9	30,9	25,3	19,2	13,2	9,9	7,5
200	228,2	203,8	166,5	154,3	122,4	81,6	55,3	44,8	35,3	28,7	21,7	14,9	11,3	8,4
500	245,3	227,3	183,3	176,4	145,4	98,3	65,5	53,3	41,8	33,5	25,3	17,3	13,3	9,9

Tablo 5.27 Gümüşhane meteoroloji istasyonu LP3 için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	45,9	34,6	28,0	17,3	10,1	6,2	4,8	3,9	3,3	3,0	2,4	1,7	1,3	1,2
5	70,2	51,7	42,9	26,2	14,8	8,5	6,3	5,1	4,4	3,9	3,1	2,3	1,7	1,5
10	88,9	64,2	53,7	32,7	18,5	10,2	7,4	5,9	5,1	4,5	3,6	2,7	1,9	1,7
25	115,6	81,4	68,5	41,8	23,8	12,5	8,8	6,9	4,6	5,2	4,3	3,3	2,3	2,0
50	137,8	95,2	80,3	49,1	28,2	14,4	9,9	7,7	6,7	5,8	4,7	3,7	2,6	2,2
100	162,1	109,9	92,7	56,8	33,2	16,4	11,1	8,5	7,4	6,4	5,2	4,2	2,9	2,3
200	188,6	125,5	105,8	65,1	38,7	18,5	12,2	9,2	8,1	7,0	5,7	4,8	3,3	2,5
500	227,7	147,7	124,4	76,9	46,8	21,6	13,9	10,3	9,2	7,8	6,3	5,5	3,8	2,8

Tablo 5.28 Hopa meteoroloji istasyonu Frechet için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	103,4	78,7	66,9	48,9	36,4	25,1	20,2	17,0	15,1	13,3	10,8	8,0	6,0	4,9
5	136,5	104,6	90,2	67,3	50,0	34,5	27,0	22,6	20,0	17,7	14,6	10,7	7,9	6,5
10	164,1	126,2	109,9	83,1	61,8	42,5	32,8	27,4	24,1	21,4	17,8	13,0	9,4	7,9
25	207,0	160,2	141,1	108,5	80,6	55,3	41,9	34,9	30,6	27,1	23,0	16,5	11,8	10,0
50	246,0	191,1	169,9	132,2	98,2	67,3	50,3	41,7	36,5	32,2	27,7	19,7	14,0	11,9
100	291,9	227,7	204,2	160,9	119,4	81,7	60,2	49,8	43,4	38,4	33,4	23,6	16,6	14,2
200	346	271	245	196	145	99	72	59	52	46	40	28	20	17
500	434	341	312	253	188	128	91	75	65	57	51	36	24	21

Tablo 5.29 Ordu meteoroloji istasyonu LP3 için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	83,8	64,9	55,8	38,4	24,7	14,9	11,2	9,2	7,9	6,9	5,7	4,2	3,3	2,8
5	110,9	91,1	80,1	55,8	36,9	22,2	16,3	13,3	11,4	10,0	8,1	6,0	4,7	3,8
10	126,6	107,6	95,4	67,4	45,6	27,4	20,0	16,3	14,1	12,4	10,0	7,4	5,7	4,7
25	144,3	127,5	113,8	82,0	57,3	34,4	25,1	20,4	17,9	15,9	12,7	9,4	7,1	5,8
50	156,2	141,7	126,7	92,9	66,3	40,0	29,1	23,7	21,0	18,9	15,1	11,1	8,2	6,8
100	167,1	155,5	139,2	103,7	75,7	45,8	33,4	27,1	24,4	22,2	17,8	12,9	9,3	7,8
200	177,16	168,79	151,20	114,51	85,52	51,85	37,87	30,83	28,04	25,88	20,73	14,92	10,54	9,00
500	189,50	185,96	166,53	128,91	99,12	60,41	44,26	36,11	33,44	31,44	25,22	17,92	12,27	10,70

Tablo 5.30 Pazar meteoroloji istasyonu LP3 için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	112,6	86,5	72,4	54,6	35,8	23,6	18,6	15,3	13,3	11,9	9,7	7,5	5,6	4,5
5	141,6	109,5	92,9	71,2	48,0	32,2	24,8	20,6	17,9	15,8	12,7	9,6	7,2	6,0
10	161,4	124,2	106,6	81,6	56,3	38,6	29,2	24,8	21,3	18,5	14,9	11,1	8,3	7,0
25	187,4	142,3	124,2	94,1	67,0	47,4	35,0	30,8	26,1	22,3	17,8	12,9	9,7	8,3
50	207,3	155,5	137,5	103,0	75,1	54,6	39,6	35,8	30,1	25,3	20,2	14,4	10,8	9,3
100	227,9	168,6	151,0	111,7	83,4	62,3	44,4	41,4	34,5	28,5	22,7	15,8	11,9	10,3
200	249,1	181,6	164,8	120,2	92,0	70,6	49,4	47,5	39,2	31,9	25,3	17,3	13,0	11,4
500	278,7	198,9	183,7	131,2	103,7	82,6	56,5	56,7	46,2	36,8	29,0	19,4	14,5	12,9

Tablo 5.31 Rize meteoroloji istasyonu LP3 için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

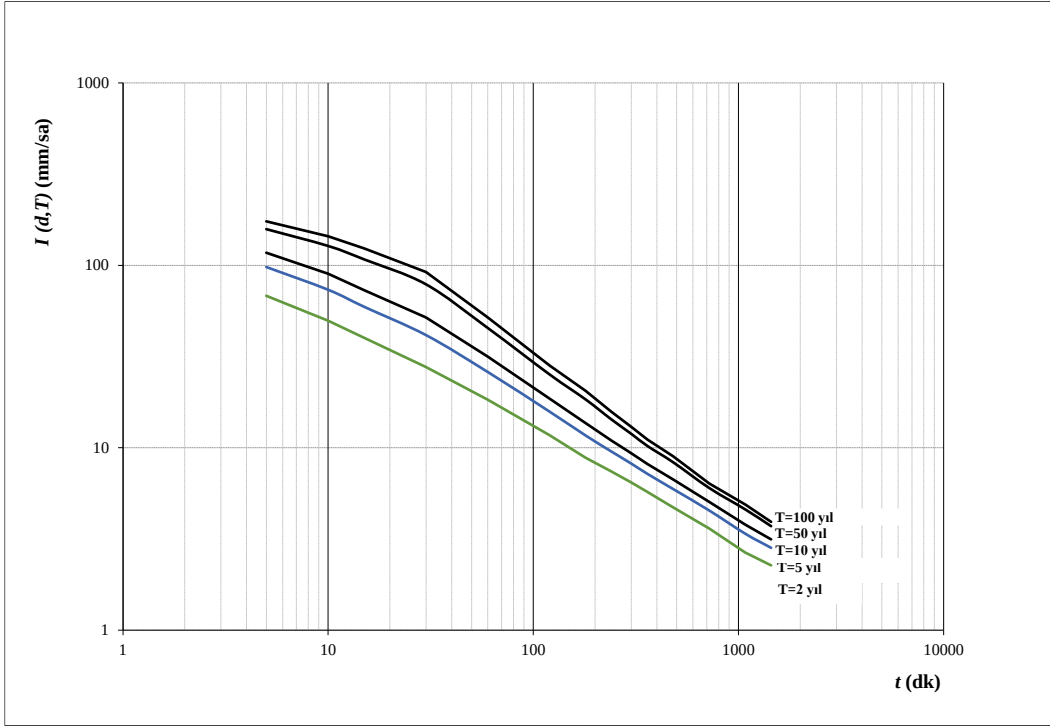
T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	115,5	88,6	76,2	56,8	39,3	24,9	18,6	15,4	13,4	11,9	9,7	7,0	5,2	4,4
5	150,1	115,2	100,4	76,9	54,4	34,7	26,2	21,5	18,5	16,2	13,1	9,3	6,7	5,6
10	174,0	132,5	116,2	90,5	64,9	42,2	32,1	26,1	22,3	19,3	15,7	11,0	7,7	6,4
25	205,3	154,1	136,1	108,1	79,0	52,9	40,8	32,8	27,8	23,6	19,2	13,3	9,1	7,4
50	229,5	170,0	150,9	121,4	89,9	61,8	48,0	38,3	32,2	27,1	22,1	15,1	10,2	8,3
100	254,5	185,9	165,7	134,9	101,3	71,6	56,1	44,3	37,1	30,8	25,3	17,1	11,3	9,1
200	280,5	201,9	180,6	148,7	113,2	82,3	65,0	51,0	42,4	34,7	28,7	19,3	12,5	10,0
500	316,7	223,2	200,6	167,6	129,8	98,1	78,4	60,8	50,2	40,4	33,6	22,3	14,2	11,2

Tablo 5.32 Trabzon meteoroloji istasyonu Frechet için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

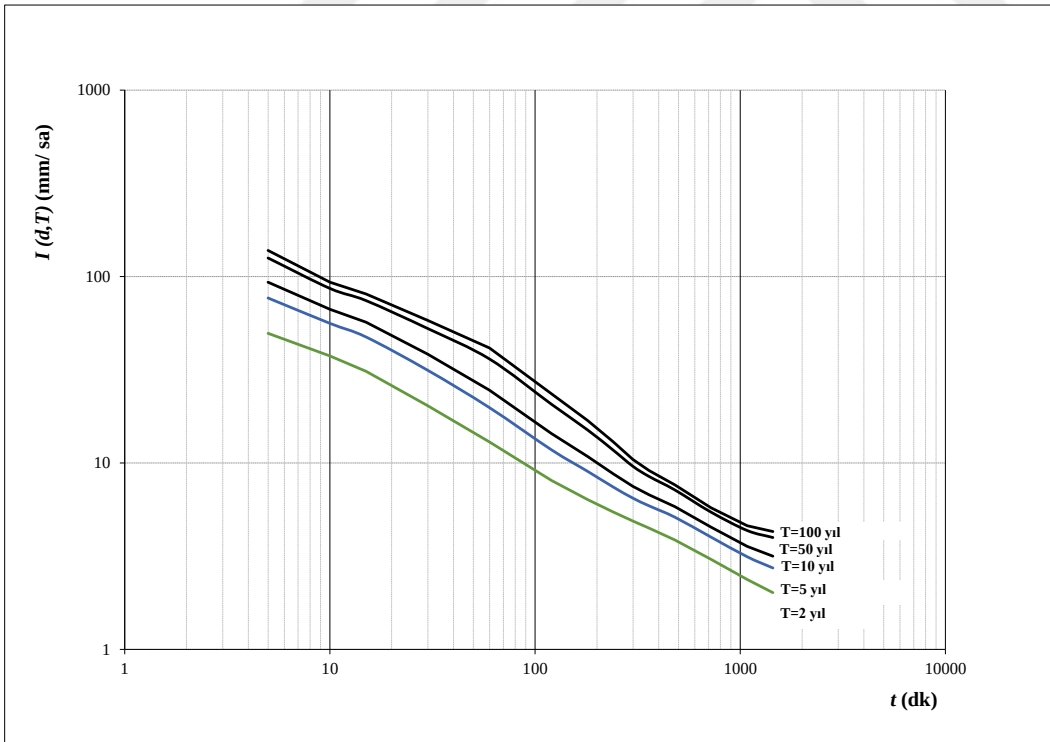
T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	74,4	54,5	43,8	29,1	19,0	11,9	8,9	7,2	6,0	5,3	4,3	3,3	2,6	2,2
5	106,7	76,6	62,6	42,3	27,4	17,0	12,4	9,8	8,2	7,1	5,7	4,3	3,3	2,7
10	135,5	95,9	79,2	54,1	34,9	21,6	15,4	12,1	9,9	8,5	6,9	5,1	3,9	3,2
25	183,2	127,5	106,7	74,0	47,4	29,3	20,2	15,8	12,8	10,8	8,7	6,3	4,7	3,9
50	229,1	157,5	133,1	93,3	59,5	36,7	24,8	19,3	15,4	12,8	10,4	7,4	5,5	4,5
100	286,2	194,2	165,8	117,5	74,5	45,8	30,3	23,4	18,5	15,2	12,4	8,6	6,4	5,1
200	357,1	239,3	206,3	147,8	93,2	57,2	37,1	28,5	22,3	18,1	14,7	10,1	7,4	5,9
500	478,3	315,3	275,2	200,1	125,3	76,8	48,4	36,8	28,4	22,7	18,4	12,4	9,0	7,2

Tablo 5.33 Ünye meteoroloji istasyonu LP3 için belli tekerrürlü maksimum yağış tahminleri

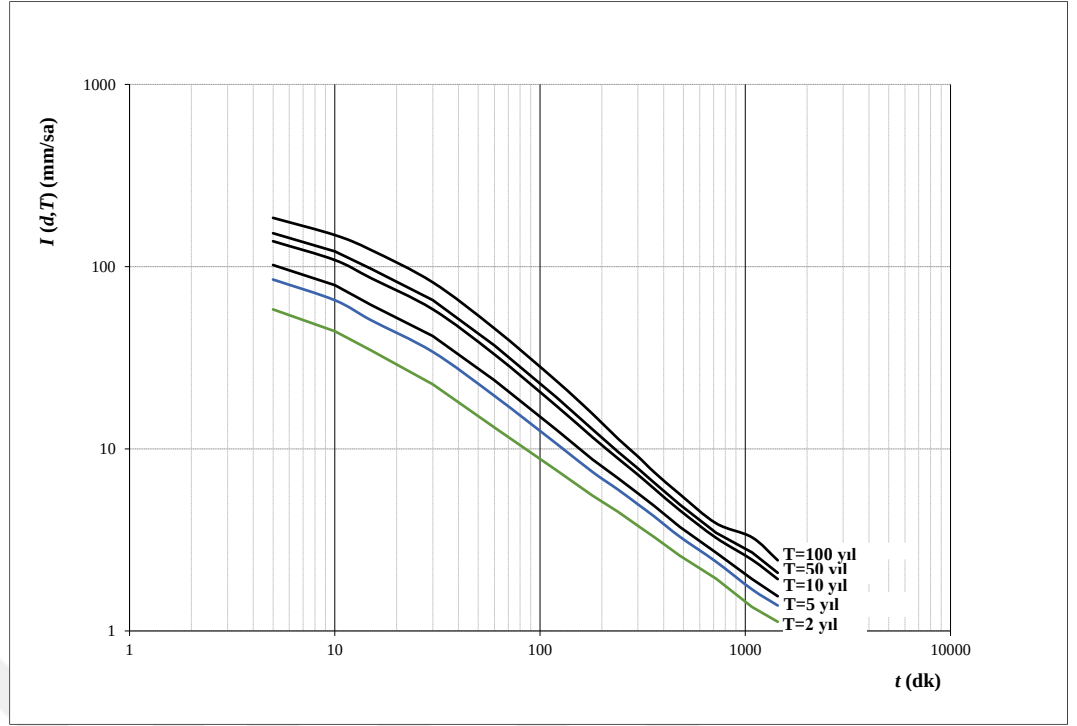
T	x_T (mm/sa)													
	5dk	10dk	15dk	30dk	60dk	120dk	180dk	240dk	300dk	360dk	480dk	720dk	1080dk	1440dk
2	114,1	86,8	72,0	50,0	32,2	19,8	14,7	11,9	10,3	9,1	7,4	5,4	4,1	3,4
5	151,8	110,0	95,6	72,3	48,5	30,5	22,4	18,2	15,5	13,5	10,8	8,0	6,0	4,9
10	175,8	121,5	109,7	86,9	59,6	38,4	28,2	23,0	19,5	16,9	13,4	10,0	7,4	6,1
25	205,1	132,8	126,2	104,8	74,1	49,2	36,3	29,8	25,2	21,7	17,0	12,7	9,2	7,8
50	226,4	139,4	137,5	117,9	85,0	57,8	42,9	35,5	29,9	25,7	19,9	15,0	10,7	9,3
100	247,2	144,9	148,3	130,7	96,0	66,9	50,0	41,7	34,9	29,9	23,0	17,4	12,3	10,8
200	267,7	149,6	158,5	143,3	107,1	76,5	57,6	48,5	40,5	34,6	26,4	20,1	14,0	12,6
500	294,7	154,6	171,4	159,8	122,2	90,1	68,6	58,6	48,6	41,5	31,2	24,0	16,3	15,2



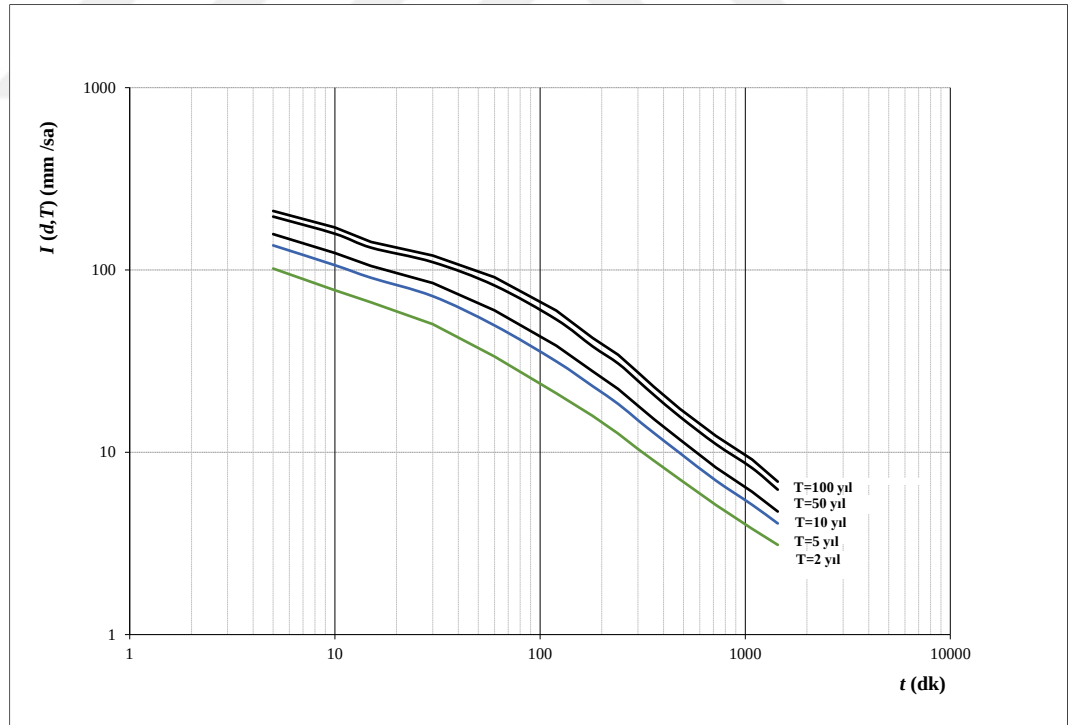
Şekil 5.12 Akçaabat İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri



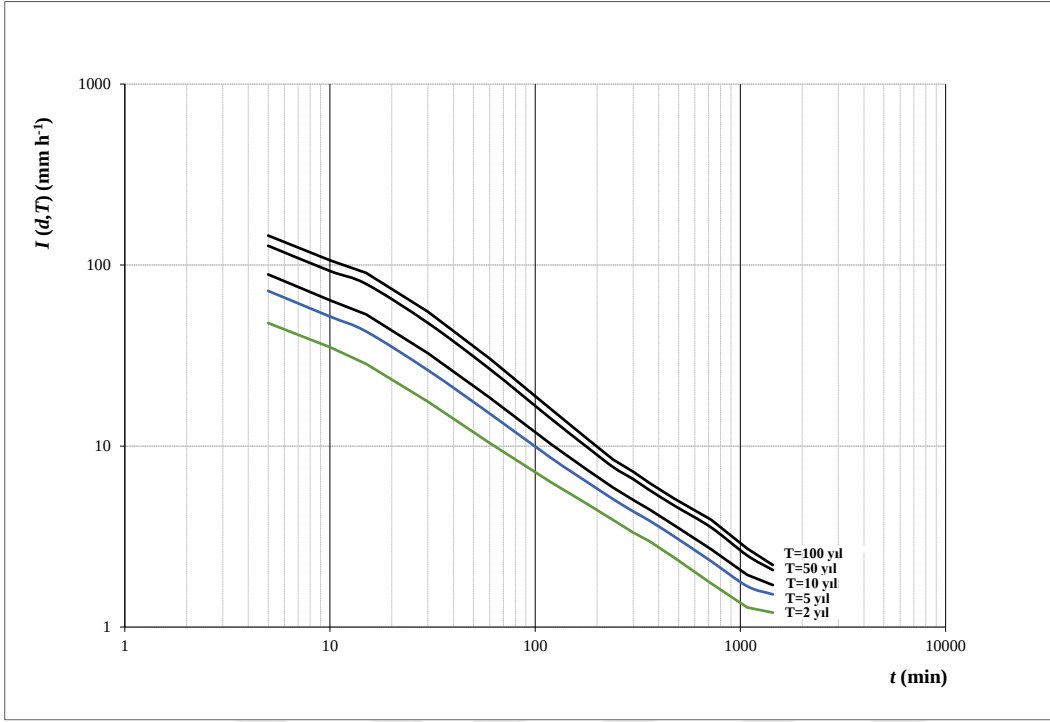
Şekil 5.13 Artvin İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri



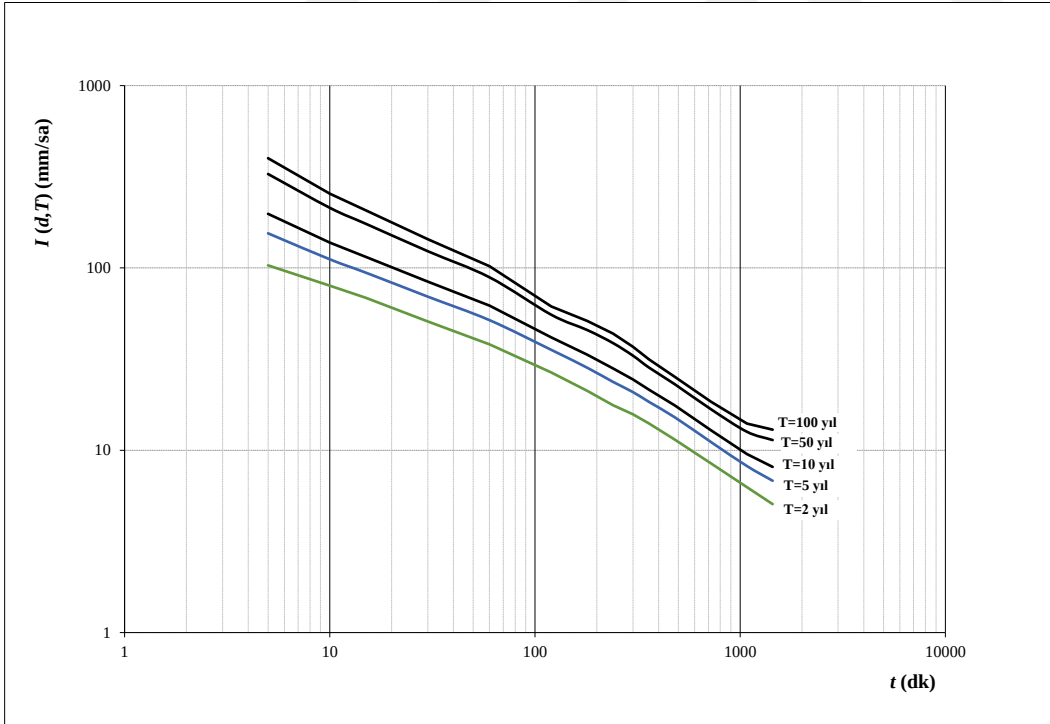
Şekil 5.14 Bayburt İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri



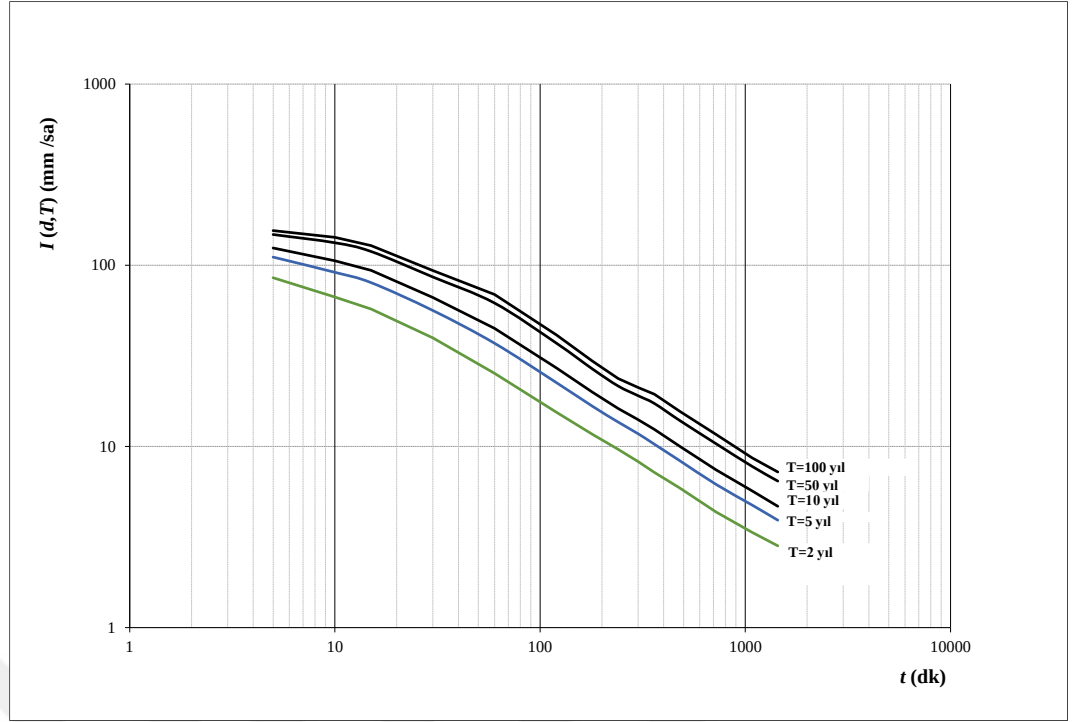
Şekil 5.15 Giresun İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri



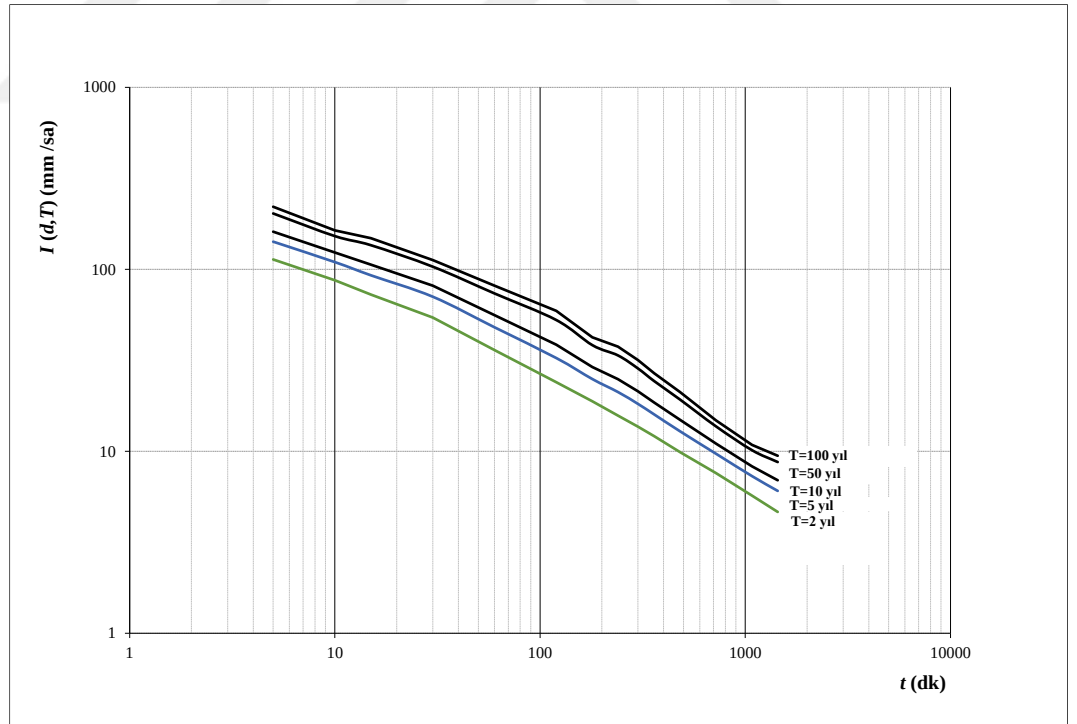
Şekil 5.16 Gümüşhane İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri



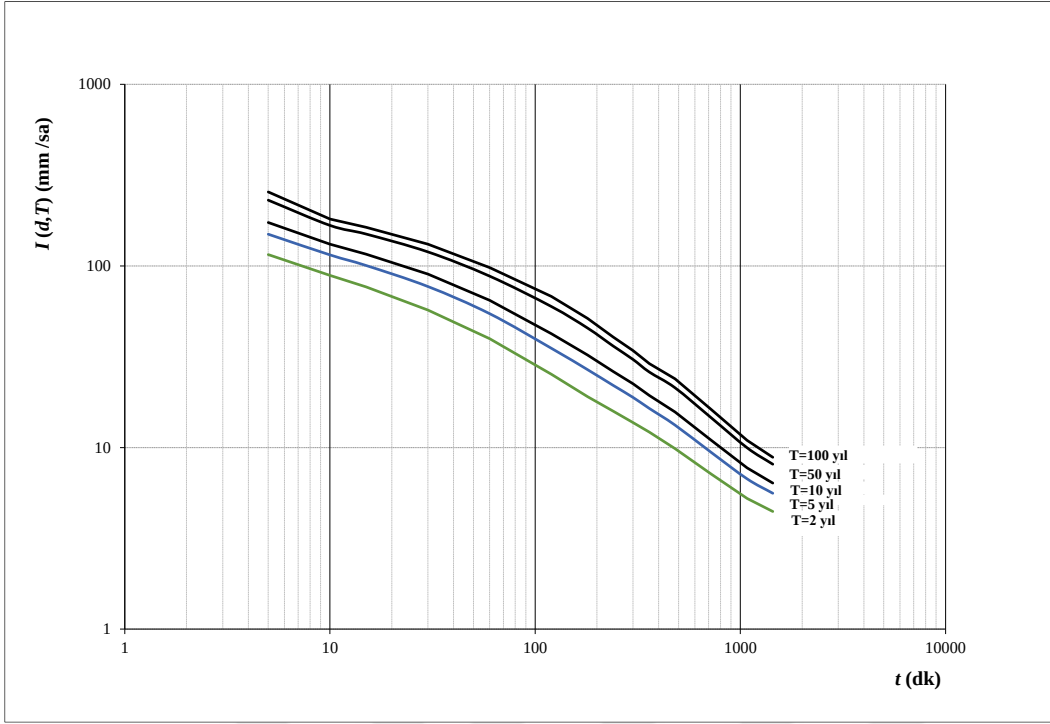
Şekil 5.17 Hopa İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri



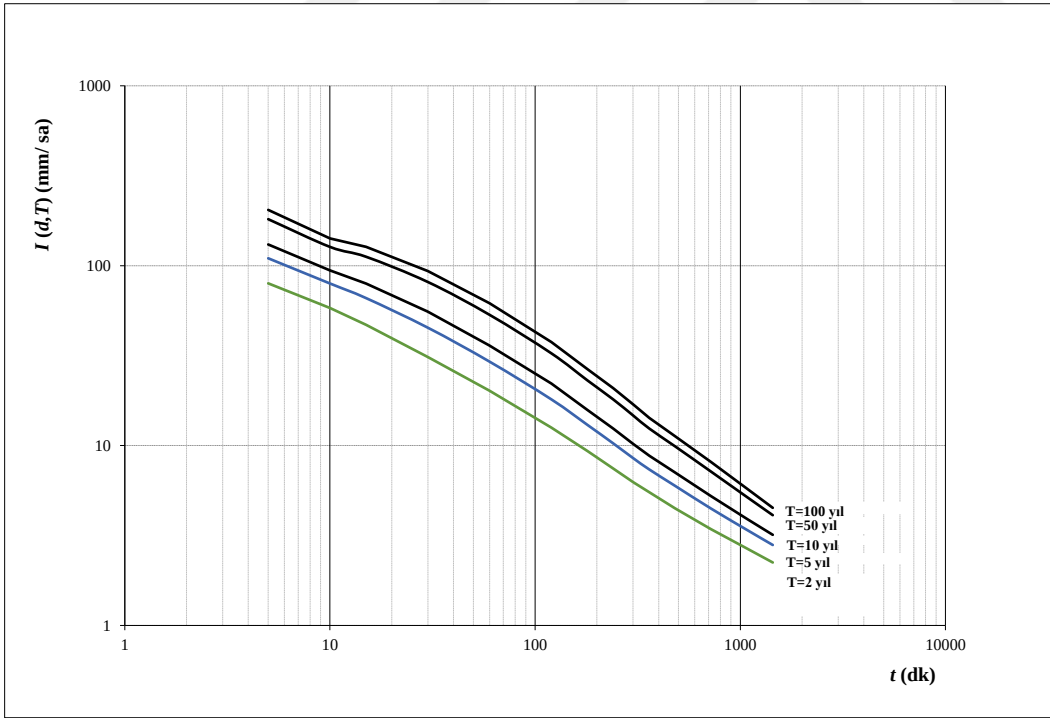
Şekil 5.18 Ordu İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri



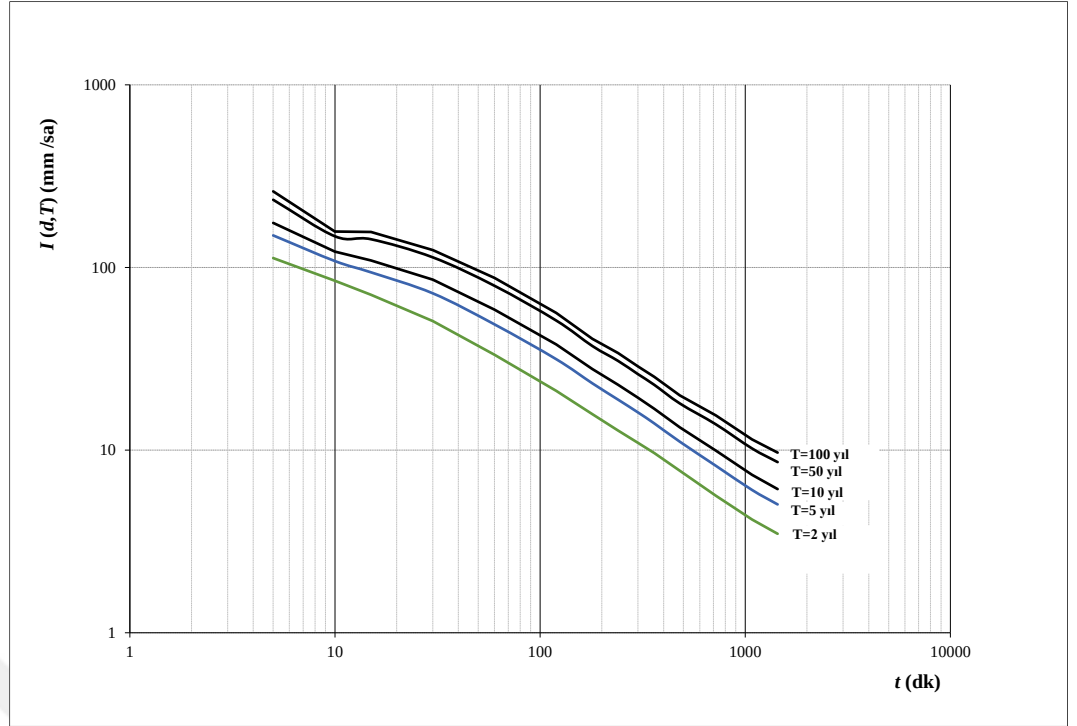
Şekil 5.19 Pazar İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri



Şekil 5.20 Rize İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri



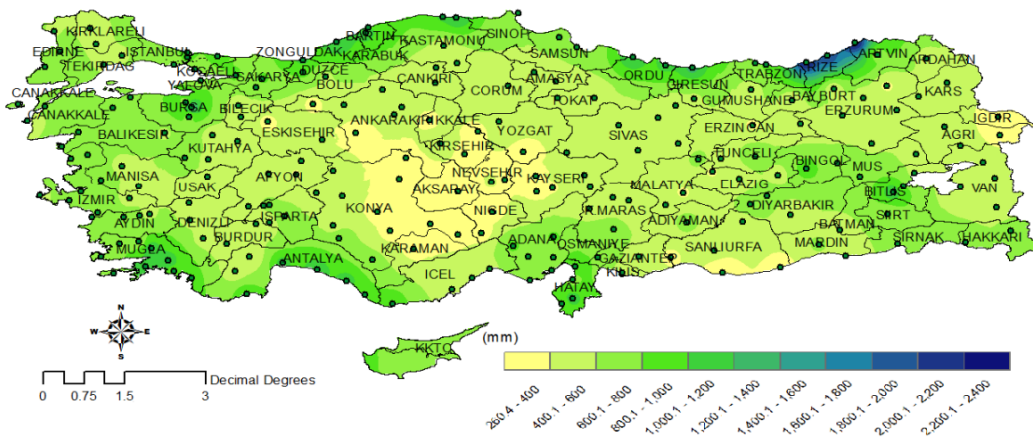
Şekil 5.21 Trabzon İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri



Şekil 5.22 Ünye İstasyonu Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür Eğrileri

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

YurdumuzÜlkemiz, gerek coğrafi özellikleri gerekse iklim şartları nedeniyle sağanak yağışlar, taşkın, heyelan gibi olaylardan sıklıkla etkilenen bir konumdadır. Yurdumuzda 1955-1969 yıllarında 1140 taşkın olayında 510 kişi, 1970- 1997 yıllarında 626 taşkın olayında 533 kişi, 1998-2005 yılları arasında da 88 taşkında 119 kişi yaşamını yitirmiştir (Şahin ve Sipahioğlu 2003; DSİ, 2006). Taşkın sonucunda ortaya çıkan can kayıplarının yanında önemli maddi kayıplar da söz konusudur. Taşkın olaylarında ciddi kayıplar yaşanmasının en büyük sebeplerinin başında Türkiye'nin dağlık bir yapıya sahip olması gelmektedir. Yurt genelinde Ülke geneline alçak bölgelerin % 10'luk bir orana sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanında genel yüzölçümünün %45'ini eğimi %40 olan alanlar oluşturmaktadır. Eğimin büyük oluşu, doğal bitki örtüsünün önemli bir kısmının tahrip edilmiş olması ve son yıllardaküresel ısınmanın da etkisiyle sağanak yağışların daha sık ortaya çıkması sebebiyle birçok ilimizdede taşkın ve heyelan meydana gelmiştir (Çınaklı, 2008). Tez çalışmasında, gerek yüksek eğimli arazilerden oluşması, gerek bu eğimli arazilerde hatta dere yataklarında yerleşim olması, gerekse Türkiye'nin en fazla yağış düşen bölgesi olması itibarıyla Doğu Karadeniz bölgesi ele alınmıştır (Şekil 6.1.) Bölgede özellikle kısa süreli sağanakların şiddetinde artan bir trend olduğu göze çarpmaktadır. Karadeniz bölgesi sağanakları ile ilgili yapılan son çalışmalar, bölgedeki sağanakların artan trendlerde olduğunu göstermiştir (Drobinski ve diğerleri, 2018; Aziz ve diğerleri 2020; Oruç 2021).



Şekil 6.1 Türkiye yıllık toplam yağış haritası (MGM 2021)

Hemen hemen bütün su yapılarının, yol ve demiryolu gibi ulaştırma yapılarının ve kentsel bölgelerin taşkınlardan korunması ve taşkınlar sonucu ortaya

ıkan can ve mal kaybının makul düzeylere düşürülmesi amacıyla taşkın kontrol yapıları inşa edilmektedir. Pek çok hidroloji çalışmasında, özellikle de taşkın koruma yapılarının ve yağmur suyu drenaj sistemlerinin tasarımında en önemli proje girdilerinden biri yağış şiddeti-süre-frekans eğrileridir.

Tez alışması kapsamında:

1. Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan 11 adet meteorolojik gözlem istasyonunun 14 standart süreye ait maksimum yağış verileri derlenmiş,
2. Standart srelerdeki maksimum yağışlara en uygun olasılık dağılım fonksiyonu olarak GEV dağılımı tespit edilmiş,
3. GEV dağılımına ait parametreler L-momentler yöntemiyle hesaplanmış,
4. Hesaplanan olasılık dağılım parametreleriyle 11 istasyon için belli süreli ve tekerrürlü sağnaklar tahmin edilmiş,
5. Bu tahminlere dayalı şiddet-süre-tekerrür eğrileri oluşturulmuştur.

Bulgular irdelendiğinde, GEV dağılımının iki istasyonun (Hopa ve nye) birkaç standart süresi dışında tüm veri dizilerini başarıyla temsil ettiği saptanmıştır. Bununla birlikte bahsedilen birkaç standart süre için de GEV dağılımı %5 anlamlılıkta kabul edilir düzeydedir. Alternatif olarak 11 istasyonun GEV dışında ikinci en uygun olasılık dağılımları kullanılarak belli tekerrürlü maksimum sağnaklar tahmin edilmiş, bu tahminlerin GEV tahminlerinden ortalama %10 sapma gösterdiği (pozitif veya negatif) tespit edilmiştir.

Giriş bölümünde bahsedilen, “istasyon bazında farklı standart süreli yağışlara farklı olasılık dağılım modellerinin uyarlanmasından kaynaklanan” eğrilerin dalgalanması ve keşişmesi problemi her istasyon için tüm srelere tek tip bir olasılık dağılım fonksiyonu uyarlanması suretiyle büyük ölçüde giderilmiştir.

Çalışmada elde edilen eğrilerin, bölgede ciddi can ve mal kaybına sebep olan taşkın ve heyelanlardan korunmak amacıyla tasarlanacak taşkın koruma yapıları ve yağmur suyu drenaj sistemlerinin boyutlandırılmasında kullanılması umulmaktadır.

İleriki çalışmalarda, elde edilen eğrilerin geçmiş dönemlere ait çalışmalarda sunulan eğrilerle karşılaştırılması, varsa ortaya çıkan artış veya azalmanın sebeplerinin irdelenmesi önerilmektedir.

Bir diğ er öneri ise tüm bölgeyi temsil eden GEV dağılımına ait parametrelerin zamanla değışiminin incelenmesi olacaktır.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Adamowski K. and Bougadis J.**, 2003, Detection Of Trends İn Annual Extreme Rainfall, *Hydrological Processes*, 17, 3547–3560pp.
- Asıkoglu, Ö.L.**, 1997, Ege Bölgesindeki Sagnak Yağışların Bölgesel Frekans Analizi. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. Yüksek Lisans Tezi (Yön: E. Benzeden), İzmir.
- Awda Dakheel A.**, 2019, Drawing Curves Of The Rainfall Intensity Duration Frequency (IDF) And Assessment Equation Intensity Rainfall For Nasiriyah City, Iraq, *University Of Thi-Qar Journal*
- Bakırcı, M.**, 2002, Bir Dağlık Bölge Planlaması Olarak Doğu Karadeniz Projesi (DOKAP), İst. Üni. Coğrafya Dergisi, Sayı:10, İstanbul
- Bozyiğit A.**, 2021 Tokat, Samsun Ve Ordu İleri Standart Süreli En Büyük Yağışları İçin En Uygun Dağılımların Ve Yağış Şiddetsüre-Tekerrür Eğrilerinin Belirlenm, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat
- Breidl K., Lun D., Müller-Thomy H., and Blochl G.**, 2021, Understanding The Relationship Between Rainfall And Flood Probabilities Through Combined Intensity-Duration-Frequency Analysis, *Journal Of Hydrology*, 602p.
- Burgess C. P., Taylor M. A., Stephenson T., and Mandal A.**, 2014, Frequency Analysis, İnfilling And Trends For Extreme Precipitation For Jamaica (1895–2100), *Journal Of Hydrology: Regional Studies*. Jamaica, 424-443pp.
- Carlier E. and Khattabi J. E.**, 2017, Impact Of Global Warming On Intensity-Duration-Frequency (IDF) Relationship Of Precipitation: A Case Study Of Toronto, Canada, *Open Journal Of Modern Hydrology*, Doi /10.4236/Ojmh.2016.61001, 62683p.
- Courty L. G., Wilby R. L., Hillier J. K. and Slater L. J.**, 2019, Intensity-Duration-Frequency Curves At The Global Scale, *Environmental Research Letters*, 14, 084045, Doi /10.1088/1748-9326/Ab370a
- Çınaklı, M.**, 2008, Doğu Karadeniz Bölümü’nde Meydana Gelen Taşkınlar Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, (Yön: Hakan Yiğitbaşoğlu),
- Demaria E. M. C., Goodrich D., and Keefer T.**, 2017 Frequency Analysis Of Extreme Sub-Daily Precipitation Under Stationary And Non-Stationary

Conditions Across Two Contrasting Hydroclimatic Environments, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, Manuscript Under Review For *Journal Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Doi:10.5194/Hess-2017-247pp.

Devkota S., Shakya N. M., Sudmeier-Rieux K., Jaboyedoff M., Van Westen C. J., Mcadoo B. G. and Adhikari A., 2018, Development Of Monsoonal Rainfall Intensity-Duration-Frequency (IDF) Relationship And Empirical Model For Data-Scarce Situations: The Case Of The Central-Western Hills (Panchase Region) Of Nepal, *Hydrology Article*, Doi:10.3390/Hydrology5020027

Drobinski P, Silva ND, Panthou G vd., 2018, Scaling precipitation extremes with temperature in the Mediterranean: past climate assessment and projection in anthropogenic scenarios. *Clim Dyn* 51:1237–1257.

Galiatsatou P. And Iliadis C., 2022, Intensity-Duration-Frequency Curves At Ungauged Sites In A Changing Climate For Sustainable Stormwater Networks, *Sustainability*, 14, No. 3: 1229, Doi /10.3390/Su14031229

Ghiaei F., Kankal M., Anilan T. and Yuksek O., 2018, Regional Intensity–Duration–Frequency Analysis In The Eastern Black Sea Basin, Turkey, By Using L-Moments And Regression Analysis, *Researchgate, Theor Appl Climatol* , 131, 245–257

Goudenhoofdt E., Delobbe L. and Willems P., 2017, Regional Frequency Analysis Of Extreme Rainfall In Belgium Based On Radar Estimates, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, 5385–5399 Pp.

Halil Deger I., 2019, Generating Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curves Of Southeastern And Eastern Mediterranean Regions Of Turkey, Hasan Kalyoncu University Graduate School Of Natural And Applied Sciences, M.Sc. Thesis, Gaziantep

Jalbert J., Genest C., and Perreault L., 2022, Interpolation Of Precipitation Extremes On A Large Domain Toward IDF Curve Construction At Unmonitored Locations, *Journal Of Agricultural, Biological, And Environmental Statistics*, Doi /10.1007/S13253-022-00491-5

Kao S. C. and Govindaraju R. S., 2007, A Bivariate Frequency Analysis Of Extreme Rainfall With Implications For Design, *Journal Of Geophysical Research*, Vol. 112, D13119, Doi:10.1029/2007jd008522

Kareem D. A., Amen A. R. M., Mustafa A., Yüce M.I. and Szydłowski M., 2022, Comparative Analysis of Developed Rainfall Intensity–Duration–Frequency

Curves for Erbil with Other Iraqi Urban Areas, *Water article*, doi /10.3390/w14030419

- Kemal Yavuz H.**, 2018, Türkiye’deki Standart Süreli Yağışlar İçin Şiddet-Süre-Tekerrür Periyodu İlişkisinin Uygun Olasılık Dağılım Fonksiyonunun Belirlenmesi Ve Formülize Edilmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri
- Lopçu Y.**, 2007, Yıllık Maksimum Yağışların Şiddet-Süre-Tekerrür Modelleri, Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik-Hidroloji Ve Su Kaynakları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir
- Nhat L. M., Tachikawa Y., and Takara K.**, 2006, Establishment Of Intensity-Duration-Frequency Curves For Precipitation In The Monsoon Area Of Vietnam, *Reach Gate, Annuals Of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.*, No. 49 B
- Okutan, E.**, 1995, Standart Süreli Sagnakların Frekans Analizinde Degisik Yaklaşımlar, DEÜ, Nsaat Müh. Bölümü, Bitirme Projesi (Yön: E.Benzeden), No:128., İzmir.
- Oruç, S.**, 2021, Non-stationary investigation of extreme rainfall. *Civ Eng J.* <https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091748>
- Örgün E.**, 2015, Türkiye İçin Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür İlişkilerinin Analizi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon
- Paola F. D., Giugni M., Pugliese F., Annis A. and Nardi F.**, 2018, GEV Parameter Estimation And Stationary Vs. Non-Stationary Analysis Of Extreme Rainfall In African Test Cities, *Hydrology Article*, Doi:10.3390/Hydrology5020028
- Pérez-Zanón N., Casas-Castillo M. C., Rodríguez-Solà R., Peña J. C., Rius A., Solé J. G. and Redaño A.**, 2016, Analysis Of Extreme Rainfall In The Ebre Observatory (Spain), *Theor Appl Climatol*, 124, 935–944pp.
- Sarhadi1 A. and Soulis E . D.**, 2017, Time-Varying Extreme Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curves In A Changing Climate, *Geophysical Research Letters*, Agu Publication, 10.1002, 2016gl072201
- Şen K. and Aksu H.**, 2021, İstanbul İçin Standart Süreli Gözlenen En Büyük Yağışların Eğilimleri, *Teknik Dergi*, 32(1), 10495-10514ss.
- Vu T. M. and Mishra A.K.**, 2019, Nonstationary Frequency Analysis Of The Recent Extreme Precipitation Events In The United States, *Journal Of*

Hydrology, Glenn Department Of Civil Engineering, Clemson University, Clemson, Sc, USA, 575,999_1010pp.

Wang D., Hagen S. C. and Alizad K., 2013, Climate change impact and uncertainty analysis of extreme rainfall events in the Apalachicola River basin, Florida, *Journal of Hydrology* Volume 480, 125-135pp, ISSN 0022-1694.

Wright D. B., Smith J. A., Villarini G. and Baeck M. L., 2013, Estimating The Frequency Of Extreme Rainfall Using Weather Radar And Stochastic Storm Transposition, *Journal Of Hydrology*, Volume 488, 150-165pp, ISSN 0022-1694.

Yigletu Aybehon E., 2022, Intensity Duration Frequency Curve Analysis For Selected Meteorological Stations İn North Shoa, Amhara Region, Ethiopia, *Ethiop. J. Sci. & Technol*, Dilla University, College Of Engineering And Technology, Department Of Water Resources And Irrigation Engineering, Dilla, Ethiopia, 15(1), 31-52 Pp.

Yüceil K. ve GÖNENÇ İ.E., 2006, Kırsal Yayılı Kaynaklar İçin Modelleme Destek Sistemi Ve Yerel Uygulaması, İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul, 5(1), 161-174ss.

Yüksek Ö., Anılan T., Saka F. and Örgün E., 2020, Rainfall Intensity-Duration-Frequency Analysis İn Turkey, With The Emphasis Of Eastern Black Sea Basin, *Teknik Dergi*, 33(4), 0-0ss.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince her türlü tecrübe ve bilgisini benimle paylaşan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ömer Levend AŞIKOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca hidrolik anabilim dalındaki hocalarım Sayın Doç. Dr. Ebru ERİŞ ve Sayın Doç. Dr. Cahit YERDELEN'e desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen haklarını asla ödeyemeyeceğim annem ve babam, Rana ve Ahmad KAMALI', her zaman desteğim ablam Yalda KAMALI'a, bu süreç boyunca beni yalnız bırakmayıp hoşgörü ve sabırla her türlü bilgi ve deneyimini benimle paylaşan sevgili eşim Amir PIRAN'a sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

.... / ... / 2022

Pegah KAMALI

ÖZGEÇMİŞ

Pegah KAMALI, İlkokulu Sama ve ortaokul öğrenimini Fatematolzahra okulu'nda, lise öğrenimini ise Mobtaker Lisesi'nde tamamlamıştır. 2014 yılında Seraj Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. 2014_2015 Tabriz Kara Trah Company' de kolon ve çatı temellerinin inşaat, kazı güçlendirme, betonlama işlemlerinin kontrol görevinde çalışmıştır, 2015_2017 Mehr Shahr Architects Consulting Engineers Company' de beton ve çelik yapılarının tasarım ve hesaplama görevinde çalışmıştır ve 2019 yılında Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı'nda lisansüstü eğitimine başlamıştır.