

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**TÜRKİYE AKARSULARININ TAŞKIN FREKANS
DAĞILIM MODELLERİ ve L-MOMENT
KARAKTERİSTİKLERİ**

Orhan NİFTELİZEDE

Tez Danışmanı : Ömer Levend AŞIKOĞLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 624.02.02

Sunuş Tarihi : 13.02.2015

Bornova-İZMİR

2015

Orhan NİFTELİZE tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “Türkiye Akarsularının Taşkın Frekans Dağılım Modelleri ve L-Moment Karakteristikleri” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 13.02.2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Ertuğrul BENZEDEN

Raportör Üye : Yrd. Doç. Dr. Cahit YERDELEN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ömer Levend AŞIKOĞLU

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Türkiye Akarsularının Taşkın Frekans Dağılım Modelleri ve L-Moment Karakteristikleri” 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.

.... / / 20..

İmzası

Adı-Soyadı

ÖZET**TÜRKİYE AKARSULARININ TAŞKIN FREKANS DAĞILIM
MODELLERİ ve L-MOMENT KARAKTERİSTİKLERİ**

NİFTELİZEDE, Orhan

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ömer Levend AŞIKOĞLU

Şubat 2015, 52 sayfa

Mühendislik sistemlerindeki taşkın kontrolü amaçlı yapıların boyutlandırılmasında taşkın frekans analizi büyük önem taşımaktadır. Bu tür yapıların tasarımında uygulanacak projelendirme kriterleri önemli ölçüde taşkın olayının olasılık dağılım türüne ve dağılım parametrelerinin tahmininde kullanılan istatistik yöntemlere bağlıdır.

Öte yandan bölgesel taşkın frekans analizi çalışmaları, o bölgede taşkınlara ilişkin tüm veri ve bilgilerin bir bütün olarak değerlendirilmesini sağlayan, böylece, sadece noktasal istasyon bilgilerinin kullanılması halinde karşılaşılmaması muhtemel sakıncaları önemli ölçüde ortadan kaldıran bir yaklaşımdır. Ayrıca bölgesel bilgi ve bağıntılar hiç gözlem bulunmayan proje bölgelerine dahi başarıyla uygulanabilmektedir. L-Moment yöntemiyle bölgesel frekans analizi, literatürde sık kullanılan bir metottur. L-Moment istatistikleri, taşkın olayının gerek noktasal gerekse bölgesel özellikleri konusunda önemli bilgiler vermektedir.

Bu çalışmada, hem havza ölçeğinde, hem de Türkiye ölçeğinde bir *ana taşkın frekans dağılım modelinin* varlığı incelenmiştir. Bunun yanında L-Moment parametreleri noktasal ve bölgesel ölçekte irdelenmiş, bölgesel taşkın frekans analizine temel oluşturacak bu bilgilerin, havza ölçeğinde etkisini anlamak amacıyla detaylı çalışmalar yapılmıştır.

Bölgesel taşkın frekans analizi: Taşkın frekans analizi, Olasılık dağılım fonksiyonu, L-Momentler Yöntemi, Uygunluk testleri

ABSTRACT**FREQUENCY DISTRIBUTION MODELS and L-MOMENT
CHARACTERISTICS OF FLOODS in TURKISH RIVERS**

NİFTELİZEDE, Orhan

MSc. Thesis, Department of Civil Engineering
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ömer Levend AŞIKOĞLU
February, 2015, 52 pages

In the design of hydraulic structures it is important to determine the amount of a hydrologic variable for a given return period. Therefore the flood frequency analysis is significant in the planning of hydraulic structures. Hosking and Wallis (1993) indicated that determination of an acceptable design criterion depends on the probability distribution and statistical methods which are used to estimate the parameters of the distribution.

On the other hand regional analyses provide a generalized evaluation of the information of an event in whole region so that the disabilities arising from the usage of point informations are avoided. Regional informations are applicable to the project areas without any observations or data. Regional frequency analysis based on the method of L-Moments is frequently used in the literature. The L-Moment statistics provide critical information about the regional and point information of floods.

In this study, the presence of a *parent flood frequency distribution function* is investigated both on the basis of watersheds and on the basis of Turkey. Besides L-Moment parameters of maximum flows are studied on point- and regional-scales and the change of the effect of the parameters are investigated on a watershed-scale.

Keywords: Flood frequency analysis, Probability distribution function, L-Moments

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince ve yüksek lisans öğrenimine başladığım günden itibaren bana her türlü desteği veren, bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen tez danışman hocam Sn. Yr. Dr. Ömer Levend AŞIKOĞLU'na, kıymetli görüşlerinden yararlandığım ve yakın ilgilerini esirgemeyen Sn. Prof. Dr. Ertuğrul BENZEDEN ve Sn. Yrd. Dr. Cahit YERDELEN hocalarıma, ayrıca verdiği manevi destek ve yardımları için arkadaşım Mesut MERTSOY'a şükranlarımı ve teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
3. YÖNTEM	5
3.1 Temel Olasılık Kavramları ve Tanımlayıcı İstatistikler	5
3.2 Olasılık Dağılım Modelleri	9
3.2.1 Normal dağılım	10
3.2.2 İki ve üç parametrelili lognormal dağılım modeli	12
3.2.3 İki ve üç parametrelili gamma dağılımı	14
3.2.4 Genel ekstrem değer dağılımları (GEV)	14
3.3 Dağılım Parametrelerinin L-Momentler Yöntemi ile Tahmini L-Momentleri Yöntemi	18
3.4 Frekans Dağılımı Uygunluk Testleri	23

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.4.1 Ki-Kare testi (χ^2)	23
3.4.2 Kolmogorov-Smirnov (KS) testi	27
3.4.3 Anderson-Darling (AD) testi	28
3.4.4 Uygunluk testlerinin birleşik değerlendirilmesi	29
3.5 Frekans Dağılım Modelinin L-Moment Oranı Diyagramları ile Uygunluk Sınaması ve Bölgesel L-Moment Katsayılarının Belirlenmesi	30
4. VERİLER	33
5. BULGULAR.....	35
5.1 Maksimum Akımların Olasılık Dağılımları	35
5.2 L-Moment Oranları ve Bölgesel L-Moment Katsayıları	41
6. SONUÇLAR.....	47
7. ÖNERİLER.....	48
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	49
ÖZGEÇMİŞ	52
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 χ^2 uygunluk testi grafiksel gösterimi	26
3.2 2 parametrelili dağılımlar için L_{CV} - L_{CS} diyagramı.	31
3.3 3 parametrelili dağılımlar için L_{CS} - L_k diyagramı.	32
3.4 2 ve 3 parametrelili dağılımlar için L_{CS} - L_k diyagramı	32
4.1 Havzaların ve istasyonların konumu	33
5.1 Taşkınların olasılık dağılım fonksiyonları (χ^2 , KS, AD).	40
5.2 Taşkınların olasılık dağılım fonksiyonları (KS, AD).	41
5.3 Tüm istasyonların L-Moment oranları.	44
5.4 L_{CV} katsayılarının ülke bazında alansal dağılımı	46
5.5 L_{CS} katsayılarının ülke bazında alansal dağılımı	46
5.6 L_k katsayılarının ülke bazında alansal dağılımı	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Olasılık dağılım uygunluk testlerinin birleşik değerlendirilmesine ait bir örnek	30
4.1 Havzaların genel özellikleri.....	34
5.1 Test sonuçlarının özeti.....	35
5.2 L-Moment katsayıları	41
5.3 Bölgesel L-Moment katsayılarıyla elde edilen L-Moment oranı diyagramlarına göre 25 havza için uygun olasılık dağılımları	45

SİMGELER VE KISALTLAMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A^2	Anderson Darling testi
C_i	Sabit sayı
C_s	Yanlı örnek çarpıklık katsayısı
$\hat{C}_s$	Yansız örnek çarpıklık katsayısı
E	Sivrilik katsayısı
F_z	Standart normal dağılım
F_{0_i}	Gözlenen eklenik nisbi frekans
F_{e_i}	Beklenen eklenik nisbi frekans
K_p	Biçim faktörü
L_{Cv}	L-Momentleri cinsinden çarpıklık katsayısı
L_{Cs}	L-Momentleri cinsinden değişkenlik katsayısı
L_k	L-Momentleri cinsinden kurtosis katsayısı
N	Veri uzunluğu
Γ	Tam olmayan gama fonksiyonu
r	Kategori sayısı
S_x^2	Yanlı örnek varyans
$\hat{S}_x^2$	Yansız örnek varyans

SİMGELER VE KISALTLAMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
U_c	Kritik değer
X_i	Bağımsız rasgele değişken
$\bar{x}$	Örnek ortalaması
Z	Standart normal değişken
α	Ölçek parametresi
β	Konum parametresi
γ	Çarpıklık katsayısı
η_x	Değişkenlik katsayısı
μ_x	Beklenen değer
ν	Serbestlik derecesi
σ_x	Standart sapma
<u>Kısaltmalar</u>	
AD	Anderson-Darling testi
AIC	Akaike bilgi kriterleri
AMS	Yıllık maksimum seri
CD	Konvektif difüzyon
EV1	Gumbel dağılımı
GEV	Genelleştirilmiş ekstrem değer

SİMGELER VE KISALTLAMALAR DİZİNİ (devam)

Kısaltmalar

G2- G3	2 ve 3 parametrelili Gama dağılımı
KD	Kritik değer
KS	Kolmogorov-Smirnov testi
LMY	L-Momentler yöntemi
LN2- LN3	2 ve 3 parametrelili Lognormal dağılımı
LP3	3 parametrelili Log-Pearson dağılımı
MY	Momentler yöntemi
ML	Maksimum olabilirlik yöntemi
N	Normal dağılım
OYF	Olasılık yoğunluk fonksiyonu
R	Regional bölgesel
χ^2	Ki-Kare testi

1. GİRİŞ

Hemen hemen bütün su yapılarının, karayolu ve demiryolu gibi ulaştırma yapılarının, kentsel bölgelerin ve tarım arazilerinin taşkınlardan korunması; taşkınlar sonucunda ortaya çıkan can kaybının önlenmesi ve ekonomik zararların makul düzeylere düşürülmesi amacıyla taşkın kontrol yapıları inşa edilmektedir. Hidrolik yapıların proje kriterlerinin belirlenmesinde göz önüne alınan hidrolojik bir değişkenin farklı tekrarlanma sürelerinde beklenen miktarlarının saptanması önemli olmaktadır. Dolayısıyla tüm su yapılarının boyutlandırılmasında taşkın frekans analizi büyük önem taşımaktadır. Bir hidrolik yapı ile ilgili proje kriterinin gerektiğinden büyük ya da küçük seçilmesi, yapının yüksek maliyetli olmasına ya da kendinden beklenen faydayı sağlayamamasına yol açabilecektir. Bu anlamda hidrolik yapıların yanlış tasarımı, doğal kaynakların önemli derecede israf edilmesine ya da yapılış amacına ulaşamamasına sebep olacaktır.

Taşkın frekans analizi, bir su yapısının boyutlandırılmasında esas alınan hidrolojik büyüklüğün tespitinde kullanılan en önemli enstrüman olmakla beraber, taşkın frekans analizinin de en önemli aşaması, gözlemlenmiş verilerin frekans dağılımını en iyi tanımlayan *olasılık dağılım fonksiyonunun* tespit edilmesidir.

Taşkın frekans analizinde, incelenen olayın doğasını temsil eden olasılık dağılımının belirlenmesi kadar, dağılımın parametrelerini de yansız ve etkin olarak tahmin etmek büyük önem taşımaktadır. Uygulamada en sık kullanılan parametre tahmin yöntemleri, Momentler yöntemi, Maksimum olabilirlik yöntemi ve L-Momentler yöntemidir. L-Momentlerin klasik momentlerin yerini alması çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Özellikle kısa örnek dizilerine uygulandığında L-Momentler yöntemi daha yansız ve yüksek güvenilirliğe sahip tahminler verebilmektedir. (Vogel and Fennessey, 1993). L-Momentler yöntemi (Hosking, 1990) oldukça etkin parametre tahminleri veren bir yöntem olmanın yanı sıra, bölgesel frekans analizi için de çok sık kullanışlıdır. Bölgesel analiz çalışmaları, bir bölgede belli bir olaya ilişkin veri ve bilgilerin bir bütün olarak değerlendirilmesini sağlayan, böylece, noktasal istasyon bilgilerinin kullanılması halinde karşılaşılabilecek muhtemel sakıncaları önemli ölçüde ortadan kaldıran çalışmalardır. L-Moment yöntemiyle bölgesel frekans analizi, literatürde sıklıkla kullanılan bir yaklaşımdır. L-Moment istatistikleri, taşkın olayının gerek noktasal

gerekse bölgesel davranışı konusunda önemli bilgiler vermektedirler (Hosking ve Wallis, 1993).

Tez çalışması kapsamında Türkiye'deki 26 su toplama havzasının 25 inde yer alan 167 akarsu ölçüm istasyonunun yıllık pik debi (AMS, annual maximum series) verileri incelenmiş; hem havza ölçeğinde, hem de Türkiye ölçeğinde pik taşkınlara uygun bir ana frekans dağılım modelinin varlığı araştırılmıştır. Literatürde taşkın frekans analizinde en sık karşılaşılan olasılık dağılım fonksiyonlarından **GEV** (Genelleştirilmiş Ekstrem Değer), **Gumbel**, **LN2** ve **LN3** (2- ve 3-parametrelili log-normal dağılım), **Gamma**, **Pearson Tip 3** (3-parametrelili Gama dağılımı) ve **Log-Pearson Tip3** dağılımları, Türkiye akarsularının maksimum akımlarını temsil edecek ana frekans dağılım adayları olarak araştırılmıştır.

Ana frekans dağılım modelinin araştırılmasında öncelikle Kolmogrov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-kare uygunluk testleri kullanılmış, daha sonra L-Moment oranları diyagramları elde edilmiştir. Çalışmanın sonuçları noktasal ve havza bazında değerlendirilmiştir.

167 maksimum akım serisi için L-Moment parametreleri elde edilmiştir. Bölgesel taşkın frekans analizine temel oluşturacak bu bilgilerin değişimi noktasal ve bölgesel ölçekte irdelenmiş, bu değişimin havza ölçeğinde etkisini anlamak amacıyla detaylı çalışmalar yapılmış ve bunların havza ölçeğinde bölgesel değerleri elde edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Taşkın frekans analizinde olasılık dağılımlarının seçimi çok uzun süredir üzerinde çalışılan bir konu olmuştur. Hazen (1914) şehir suyu tedarik etmek amacıyla depolama tasarım koşulları üzerinde çalışırken bu soru üzerinde kafa yormuştur.

Gupta (1970) tarafından eldeki verilere en uygun dağılımların seçimi için bir yöntem önerilmiştir. Gupta'nın metodu determinasyon katsayılarına dayanmaktadır. Dağılımlar arasındaki farkların belirlenmesinde parametrik olmayan (non-parametrik) bir test kullanılmaktadır.

McCuen ve Rawls (1979) hidrolojik analizlerin kullanılabilirliğini değerlendirmek amacıyla genel prensipleri masaya yatırmışlar ve taşkın frekans analizinin mevcut prosedürlerini kategorize etmek amacıyla bir sınıflandırma sistemi ortaya koymuşlardır. Aynı yazarlar taşkın frekans analizi prosedürleriyle ilgili bir literatür taraması sunmuşlardır.

Campbell ve Sidel (1984) Oregon' un taşkın verilerine uyarlamak amacıyla Ekstrem Değer Tip I, iki ve üç parametrelili lognormal, Log-Pearson Tip 3 dağılımlarını karşılaştırmış ve en uygun dağılım olarak Log-Pearson Tip 3 dağılımını belirlemişlerdir.

İlerleyen yıllarda Turkman (1985) tarafından olasılık dağılımların seçimi için Akaike 'nin bilgi kriterleri (AIC) önerilmiştir.

Vogel (1986) EV1 (2) dağılımı için yeni bir olasılık çizgisi korelasyon testi önermiş ve aynı zamanda normal ve lognormal dağılım hipotezleri için olasılık çizgisi korelasyon testini öne sürmüştür. Bu çalışma 1991' de Vogel ve McMartin (Person Tip III dağılımı için olasılık çizgisi korelasyon katsayıları testini geliştiren kişidir) tarafından genişletilmiştir. Aynı yazarlar çarpıklık katsayısının tahmin edilmesinde yeni bir yöntem önermişlerdir.

Haktanır (1992), Türkiye'de düzenleme yapılmamış 45 akarsuyun taşkın verilerine 9 olasılık dağılımı uyarlamış ve bu veriler için LN 2 ile EV 1(2) dağılımlarının diğer dağılımlardan daha üstün olduğu sonucuna varmıştır.

Haktanır ve Horlacher (1993), taşkın frekans analizinde farklı olasılık dağılım fonksiyonlarını değerlendirmişlerdir. 11 tanesi Almanya Ren havzasında ve ikisi de İskoçya'da olmak üzere onbir akarsuyun verilerinin kullanıldığı çalışmada, bilhassa nadiren ortaya çıkacak 100 yıl ya da daha büyük periyotlu taşkınları GEV ve LN3 dağılımlarının başarıyla temsil ettiği ifade edilmiştir.

Bobee ve arkadaşları (1993) taşkın frekans tahminleri için sıklıkla kullanılan prosedürleri incelemişler, karşılaştırmalı çalışmalarda karışıklığa yol açabilecek nedenleri ortaya koymuşlar ve karşılaştırma stratejilerinin ana hatlarını belirlemişlerdir.

Önöz ve Bayazıt (1995) dünya üzerindeki 19 istasyondan elde edilen 1819 istasyon-yıllık veriyi analiz etmişlerdir. İnceledikleri 7 olasılık dağılımından GEV dağılımının diğer dağılımlara göre daha üstün olduğu sonucuna varmışlardır.

Rao ve Hamed (1997), L-Momentler yöntemiyle Wabash havzasının bölgesel taşkın frekans analizini yaptıkları çalışmalarında Pearson Tip 3, GEV, Genelleştirilmiş Lojistik ve Lognormal dağılımlarını kullanmışlardır.

Strupczewski ve arkadaşları (2001), yıllık pik akımları inceledikleri taşkın frekans modellemesi çalışmasında Normal, 2- ve 3-parametrelili Lognormal, Gamma, Gumbel, Pearson Tip III ve Fisher–Tippett Tip I olasılık dağılımlarını ele almışlar ve parametre tahmininde Maksimum olabilirlik yöntemini kullanmışlardır. Çalışma kapsamında en uygun olasılık dağılımının belirlenmesinde Akaike Bilgi Kriteri kullanılmıştır.

Mitosek ve arkadaşları (2006), yıllık pik taşkınlara en uygun olasılık dağılım modelini inceledikleri çalışmada üç farklı prosedür tanımlamışlar ve Gamma, Lognormal, Weibull ve Konvektif difüzyon (CD) dağılımlarını mercek altına almışlardır. Pik taşkınlara Lognormal ve Konvektif difüzyon dağılımının uygunluk gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Merz ve arkadaşları (2008), Avusturya akarsularının taşkın frekans analizini yaptıkları çalışmalarında ulusal taşkın haritalarını çıkartmışlar ve olasılık dağılım fonksiyonu olarak GEV dağılımını kullanmışlardır.

Laio ve arkadaşları (2009), ekstrem hidrolojik olaylara uygun olasılık dağılımının seçiminde kullanılan üç farklı yöntemi (Akaike Bilgi Kriteri, Bayes Bilgi Kriteri, Anderson-Darling) karşılaştırmışlar, her üç yöntemin de benzer sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Yöntemlerin karşılaştırılmasında Normal, Lognormal, Gumbel, GEV, Gamma ve Log-Pearson Tip 3 dağılımlarını incelemişlerdir.

Rahman ve arkadaşları (2013), Avustralya taşkın verileri ile yaptıkları çalışmada en uygun olasılık dağılımının belirlenmesinde Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Bayes Bilgi Kriteri, Anderson-Darling ve Kolmogorov-Smirnov testlerini kullanmışlardır. Görsel olarak test amacıyla da L-Moment oranı diyagramlarını kullanmışlardır. Tüm ülke için tek tip bir uygun olasılık dağılım fonksiyonu belirlenememekle birlikte Log-Pearson Tip 3, GEV ve Genelleştirilmiş Pareto dağılımlarını en uygun üç dağılım olarak tespit etmişlerdir.

Salinas ve arkadaşları (2014a, 2014b) tüm Avrupa kıtası taşkın akımlarını temsil edebilecek tek tip bir olasılık dağılım fonksiyonunun varlığını araştırmışlar, L-Moment oranlarını kullanarak yaptıkları testlerde GEV dağılımının en uygun dağılım olduğunu belirtmekle beraber, tüm kıtayı temsil etmede yeterli olmadığını ifade etmişlerdir.

3. YÖNTEM

3.1 Temel Olasılık Kavramları ve Tanımlayıcı İstatistikler

Sürekli bir rasgele değişkenin bütün özellikleri $f(x)$ “**olasılık yoğunluk fonksiyonu**” (oyf) ile tanımlanır. Olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki özelliklere sahiptir.

$$f(x) \geq 0, \quad \text{her } x \text{ için} \quad (3.1)$$

Sürekli bir rasgele değişkenin eklenik olasılık fonksiyonu (aşılmama olasılığı)

$$F(x) = P(X < x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (3.2)$$

belirli integraliyle tanımlanır. $F(x)$ aşağıdaki özelliklere sahip, monoton artan bir fonksiyondur.

$$F(-\infty) = 0, \quad F(+\infty) = 1, \quad 0 < F(x) < 1 \quad (3.3)$$

Toplumun tümünü gözlemek mümkün olmadığından bir rasgele değişkenin ortalama, varyans, çarpıklık ve sivrilik katsayıları gibi istatistiklerini tam olarak belirlemek mümkün değildir. Eldeki örnekten tahmin edilen istatistiklere “**örnek istatistiği**” denir.

Literatürde genellikle toplum parametreleri α, β, γ gibi Yunan harfleri ile, örnek kümesinde bu parametrelere karşı gelen değerler ise a, b, g gibi Latin harfleriyle simgelenmektedir.

Bazı istatistik parametreler rasgele değişkenin dağılımının önemli özelliklerini tanımlarlar. **Tanımlayıcı istatistik** adı verilen bu parametreler dağılımın:

1- Merkezini, yani değişkenin çeşitli gözlemlerde alabileceği değerlerin çevresinde kümелendiği değeri (ortalama, mod, medyan gibi),

2- Çeşitli gözlemlerde rasgele değişkenin değerlerinin bu merkez çevresindeki yayılmasının büyüklüğünü (varyans, standart sapma, değişkenlik katsayısı gibi),

3- Olasılık dağılım fonksiyonunun simetrik olup olmadığını (çarpıklık katsayısı),

4- Standart normal dağılıma kıyasla sivrililiğini (sivrilik katsayısı), belirtirler.

Uygulamada en sık kullanılan parametreler “**moment**” tipindeki istatistiklerdir. Bir rasgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu ile apsis eksenini arasında kalan alan bir kütle gibi düşünülürse, bu kütlenin belli bir noktaya göre momentleri istatistik momentler olarak tanımlanmaktadır (Bayazıt, 1981).

Sürekli bir değişkenin $f(x)$ yoğunluk fonksiyonunun orijine göre k mertebesinde istatistik momenti,

$$\mu_0(k) = E\{x^k\} = \int_{-\infty}^{\infty} x^k \cdot f(x) \cdot dx \quad (3.4)$$

olarak ifade edilir (Walpole ve Myers, 1972).

Bir rasgele değişkenin dağılımının en önemli karakteristiği dağılımın merkez değeridir. Orijine göre birinci istatistik momente x değişkenin **beklenen değeri** veya toplum ortalaması denir. Sürekli rasgele değişkenlerin beklenen değeri (μ_x),

$$\mu_0(1) = E\{x\} = \mu_x = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) \cdot dx \quad (3.5)$$

ifadesinden hesaplanır. μ_x rasgele değişkenin yoğunluk fonksiyonunun ağırlık merkezidir.

Örnek kümesinde, beklenen değeri temsil eden parametre $\bar{x}$ örnek ortalamasıdır. Rasgele değişkenlerle ilgili problemlerde ortalama en anlamlı parametredir. Eş olasılık ilkesi (tüm x_i değerleri $p(x_i) = 1/N$ olasılık kütlelerine sahip) uyarınca, $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$ gibi, rasgele değişkenin sonlu (N sayıda) örnek dizisinden $\bar{x}$ aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^N x_i) / N \quad (3.6)$$

Rasgele değişkenin $x = \mu_x$ noktası etrafındaki yayılmasının ölçüsü olarak **varyans** istatistiği kullanılmaktadır. Varyans, olasılık yoğunluk fonksiyonun ortalama çevresinde 2. mertebeden istatistik momentidir.

$$\mu_x^{(2)} = \text{var}(x) = \sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^2 \cdot f(x) dx \quad (3.7)$$

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

$$S_x^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 / N \quad (3.8)$$

“**yansız varyans**” ise

$$\hat{S}_x^2 = N \cdot S_x^2 / (N - 1) \quad (3.9)$$

bağıntılarından hesaplanmaktadır.

Varyans daima pozitif değer alan ($\sigma_x^2 \geq 0$) bir istatistiktir. Varyansın büyük olması değişkenin ortalama çevresinde fazla yayıldığını gösterir. Varyansın boyutu x in boyutunun karesi olduğundan, varyans yerine bunun karekökü olan standart sapma ($\sigma_x, S_x, \hat{S}_x$) kullanılabilir.

$$\sigma_x = \sqrt{\text{Var}(x)} \quad (3.10)$$

“**Değişkenlik katsayısı**” rasgele olayın ortalamasına kıyasla değişebilirliğini ölçen boyutsuz bir sayıdır.

$$\eta_x = \sigma_x / \mu_x \quad (3.11)$$

Ortalamaları aynı olan iki değişkenin hangisinin değişkenlik katsayısı büyükse onun kendi ortalaması etrafındaki yayılması daha fazladır. Değişkenlik katsayısının örnek tahmini aşağıdaki bağıntıdan elde edilmektedir.

$$C_v = S_x / \bar{x} \quad \text{veya} \quad \hat{C}_v = \hat{S}_x / \bar{x} \quad (3.12)$$

Olasılık yoğunluk fonksiyonunun $x = \mu_x$ noktasına göre 3. mertebeden istatistik momenti (Yevjevich, 1972; Bayazit, 1981),

$$\mu_x^{(3)} = \int_{-\infty}^{\infty} (x_i - \mu_x)^3 \cdot f(x) dx \quad (3.13)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. 3. mertebeden merkezi moment olasılık dağılım fonksiyonunun çarpıklığının boyutlu bir ölçüsüdür. $\mu_x^{(3)} = 0$ ise, olasılık kütle fonksiyonu ortalama etrafında simetriktr. $\mu_x^{(3)}$ değişkenin kübü boyutundadır. Üçüncü merkezi istatistik momentin boyutsuzlaştırılmış şekli **çarpıklık katsayısı** olarak anılır:

$$\gamma_1 = \mu_x^{(3)} / \sigma_x^3 \quad (3.14)$$

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

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3 / N}{S_x^3} \quad (3.15)$$

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

$$\hat{C}_s = \frac{C_s \cdot N^2}{(N-1)(N-2)} \quad (3.17)$$

bağıntısından hesaplanabilmektedir (Yevjevich, 1972).

Dağılım fonksiyonunun $x = \mu_x$ noktasına göre 4. mertebeden merkezi momenti

$$\mu_x^{(4)} = \int_{-\infty}^{\infty} (x_i - \mu_x)^4 \cdot f(x) \cdot dx \quad (3.16)$$

olarak tanımlanmaktadır. Bu momentin

$$\gamma_2 = \mu_x^{(4)} / \sigma_x^4 \quad (3.17)$$

şeklinde boyutsuz hale getirilmesiyle **sivrilik katsayı** (kurtosis) tanımlanmaktadır. Normal (Gauss) dağılımda $\gamma_2 = 3$ tür. $E = \gamma_2 - 3$ şeklinde tanımlanan “fazlalık katsayısı”, söz konusu dağılımın standart normal dağılıma kıyasla daha sivri ($E > 0$) ya da daha basık ($E < 0$) olduğunu tanımlamak için kullanılır (Yevjevich, 1972; Bayazıt, 1981; 1996).

3.2. Olasılık Dağılım Modelleri

Belli süreli akışlar gibi rastgele unsuru ağır basan hidrolojik olaylar ancak oluşum frekansları (görülme sıklıkları) ile tanımlanabilmektedirler. Tanımlama yöntemi olarak da, grafik (frekans histogramları ve poligonları) veya analitik yöntemler uygulanabilmektedir. Gözlenmiş frekansların analitik tanımlanmasında parametrik modeller sıkça kullanılmaktadır (Kite, 1977). Bu tanımlamada, önce gözlenmiş frekansları temsil edebileceği umulan bir veya daha çok sayıda kuramsal olasılık dağılım modeli öngörülmektedir. Daha sonra, eldeki örnek değerlerinden hareketle kuramsal modeldeki parametrelerin örnek tahmini yapılmaktadır.

Hangi yöntem ve hangi teorik model kullanılırsa kullanılsın, frekans analizinde temel amaç, gözlem süresinden daha büyük tekerrürlü olay değerlerini kestirmektir. Bu amacın doğru ve güvenilir biçimde gerçekleştirilmesinde uygulanan yöntemin, öngörülen teorik dağılım modelinin ve bu modeldeki parametrelerin güvenilirliğinin rolü büyüktür.

Şiddetli akışların tahmini, mühendislik açısından son derece önemli bir konudur. Ancak hidrolojik olaylar birçok faktörün birlikte etkisi altında geliştiğinden bu olayların gelecekteki miktarlarının tahmini oldukça zor olmaktadır. Bu yüzden hidrolojik olayların gelecekteki miktarlarının tahmininde istatistiksel yöntemlerden faydalanılmaktadır. Bu yüzden hidrolojik yapıların proje kriterlerinin belirlenmesinde göz önüne alınan hidrolojik bir değişkenin farklı tekrarlanma sürelerinde beklenen miktarlarının saptanması önemli olmaktadır. Bununla birlikte makul bir proje kriterinin tahmini güç hatta imkânsızdır. Bir hidrolojik yapı ile ilgili proje kriterinin altında ya da üstünde bir miktarın seçilmesi durumunda yapı kendinden beklenen faydayı sağlayamamakla birlikte maliyette önemli oranda etkilenecektir. Hosking ve Wallis (1993) makul bir proje kriterinin seçiminin önemli ölçüde olasılık dağılımlara ait parametrelerin tahmininde kullanılan istatistiksel yöntemlere bağlı olduğunu belirtmektedir. Hidrolojik yapıların yanlış tasarımı, doğal kaynakların önemli derecede israf edilmesine yol açacaktır. Bu bakımdan hidrolojik yapıların tasarımında yağışın derinlik-süre-frekans ilişkisinin analizi, maliyet ve stratejik öneme göre seçilen tekrarlanma periyodu açısından gerekli olmaktadır.

3.2.1 Normal dağılım

Pratikte, ölçüm hataları, yıllık yağışlar, malzemelerin dayanımları, yapı yükleri, çerçevelerin çökme dayanımları, elastik sehimler ve yol kapasiteleri gibi olaylar, normal dağılıma (Gauss dağılımı) uyar. Şekil 5’de görülen çan eğrisi şeklindeki dağılıma uyan X rastgele değişkeni normal rastgele değişken olarak adlandırılmaktadır. Bu eğrinin altında kalan toplam alan 1’e eşittir. $N(\mu, \sigma^2)$ olarak gösterilen bu dağılımın parametreleri ortalama (μ) ve standart sapma (σ)’dır. Normal dağılım simetrik olduğundan çarpıklık katsayısı sıfırdır ($C_{sx}=0$), kurtosis katsayısı ise 3’e eşittir ($k=3$), fazlalık katsayısı ise ($E_{kx}=0$) olmaktadır. Normal dağılım eğrisi, ortalamadan her iki yönde uzaklaştıkça yatay eksene asimptotik olarak yaklaşır.

Normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp \left[- (x - \mu_x)^2 / 2\sigma_x^2 \right] \quad -\infty < x < \infty \quad (3.18)$$

Şekil 6’daki A ve B eğrilerinin standart sapmaları aynı olup ortalamaları birbirinden farklıdır. Bu sebeple, bu eğrilerin biçimleri aynı fakat x eksenindeki yerleri birbirinden farklıdır. B ve C eğrileri ise birbirleri ile aynı ortalamaya sahip olmalarına rağmen standart sapmaları birbirinden farklıdır. C eğrisi daha küçük bir standart sapmaya sahip olduğundan B’ye kıyasla daha dik bir görünüm vermektedir ($\mu_1 < \mu_2$ ve $\sigma_2 < \sigma_1$). Normal dağılımda μ_x , yer parametresi; σ_x ise şekil parametresi olarak adlandırılmaktadır.

Normal dağılımın $F(x)$ eklenik dağılım fonksiyonunun ifadesi analitik olarak elde edilemez, ancak sayısal integrasyon yoluyla hesaplanarak tablo haline getirilmiştir. Normal dağılımın ortalama etrafında simetrik olduğu hatırlanarak, rasgele değişken (X), denklem 15’deki dönüşüm yardımıyla standart normal değişken (Z) haline getirilir.

$$Z = \frac{X - \mu_x}{\sigma_x} \quad (3.19)$$

Bu dönüşümle elde edilen standart normal değişken (Z) boyutsuzdur. Standart değişkenin dağılımına standart normal dağılım adı verilmektedir. Bu dağılımın ortalaması 0, standart sapması 1'e eşittir, $N(0,1)$ şeklinde ifade edilir. Ek.1'de standart normal dağılımında aşılma olasılıkları $P(Z \leq z)$ verilmektedir.

Normal dağılım simetrik olduğu için Ek.1'deki tablo sadece z 'nin pozitif değerleri için hazırlanmıştır. Negatif bir değerın aşılma olasılığının hesabı için, standart normal dağılımın altında kalan alanın 1 olduğunda yararlanarak, $P(Z \leq -z) = 1 - P(Z \leq |z|)$ formülü uygulanır.

Doğal ve toplumsal olaylardaki rasgele değişkenlerden birçoğunun dağılımı normaldir. Bunun nedeni, istatistiğin merkez limit teoremi ile açıklanabilir. Bu teoreme göre X_i ($i=1,2,3,\dots,n$) birbirinden bağımsız rasgele değişkenler ise, c_i sabit sayıları olmak üzere $X = \sum_{i=1}^n c_i X_i$ şeklinde X_i ' lerin lineer bir kombinasyonu olarak tanımlanan X rasgele değişkeninin dağılımı, X_i ' lerin dağılımları ne şekilde olursa olsun, n büyüdükçe normal dağılıma yaklaşır.

Merkez limit teoremine göre bir değişkenin normal dağılmış olması için şu koşulların gerçekleşmesi yeterlidir:

1. Söz konusu değişkeni, etkileri birbiriyle toplanacak şekilde çok sayıda faktör etkilemelidir.

2. Bu etkenler birbirinden bağımsız olmalıdır. Yukarıdaki koşullara uyan değişkenlerin dağılımı normal kabul edilebilir.

Örneğin, yıllık ortalama yağış, birbirinden bağımsız kabul edilebilecek 365 adet günlük yağışın ortalaması olduğundan merkezi limit teoremine göre normal dağılması beklenebilir. Yıllık ortalama akış halinde ise, günlük akışların birbirinden bağımsız olduğu kabulü yapılamayacağı için normal dağılım her zaman geçerli olmaz.

Normal dağılımın bir özelliği, normal dağılmış bağımsız değişkenlerin doğrusal kombinasyonu olan bir değişkenin dağılımının da normal olmasıdır. X ve Y

normal dağılmış iki değişken olduğuna göre $X+Y$ 'nin dağılımı $N(\mu_x+\mu_y, \sigma_x^2+\sigma_y^2)$; $X-Y$ 'nin dağılımı $N(\mu_x-\mu_y, \sigma_x^2-\sigma_y^2)$ 'dir.

Normal dağılımın uygunluğu, bir ön test olarak örnekten hesaplanan C_{sx} çarpıklık katsayısının mutlak değerinin 0.10'dan (daha kuvvetli bir testle 0.05'ten) küçük oluşunun kontrolü ile öngörülebilir. Bu testten geçen dağılımlar için $-0.5 < E_{kx} < 0.5$ kontrolü öngörülebilir.

Normal dağılımın kullanılmasında, normal dağılıma ait olasılık kağıdı kolaylık sağlar. Bu kağıdın ordinat eksen, normal dağılımın eklenik dağılım fonksiyonu kağıt üzerine işaretlendiğinde doğru şekilde görülecek biçimde ölçeklendirilmiştir. Dağılım simetrik olduğu için $F(0.50)$ 'ye karşılık gelen $x_{0.50}$ medyan değeri ortalamayı verir. Standart sapmayı bulmak için Şekil 7'de gösterildiği gibi $\sigma = x_{0.84} - \mu = \mu - x_{0.16}$ şeklinde hesaplanabilir. Çünkü rasgele değişkenin ortalama çevresinde iki yana doğru birer standart sapma genişlikte kalma olasılığı 0.68'dir. Normal dağılımın birçok özelliği çok basit ve kullanışı kolay olduğu için normal dağılmış olmayan değişkenlerin de bazen bir dönüşümle normal dağılıma uydurulmalarına çalışılır (Bayazıt ve Oğuz, 1998).

3.2.2. İki ve üç parametrelili lognormal dağılım modelleri

Yağış, akarsu akışları gibi hidrolojik olaylar genellikle pozitif değerli ($0 < x < \infty$) ve pozitif çarpıklığa sahip ($C_s > 0$) olaylardır. Bu nedenle hidrolojide belki de en sık kullanılan teorik dağılım modeli lognormal dağılımdır.

X rastgele değişkenine, $y = \ln x$ şeklinde bir dönüşüm uygulandığında, dönüştürülmüş Y değişkeninin dağılımı normal ise X 'in dağılımı iki parametrelili lognormal dağılımdır. İki parametrelili lognormal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\left(\ln x - \mu_y\right)^2 / 2\sigma_y^2\right] \quad x \geq 0 \quad (3.20)$$

şeklinde dir. Üç parametrelili lognormal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu ise, $y = \ln(x - x_0)$ olmak üzere,

$$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\left(\ln(x-x_0)-\mu_y\right)^2/2\sigma_y^2\right] \quad x \geq x_0 \quad (3.21)$$

Sadece pozitif büyüklüklerin logaritması tanımlandığından lognormal dağılımda x sadece pozitif değerler alabilir. Mühendislik olaylarında sıklıkla pozitif değerlerle çalışıldığından lognormal dönüşüm pratikte karşılaşılan pek çok değişkene uyar. Lognormal dağılım, inşaat mühendisliğinde yıllık yağışlar, yıllık akımlar, aylık yağışlar, taşkın debileri, yorulma süreleri ve deprem şiddetleri, akarsudaki tanelerin çapları, en büyük dalgaların yükseklikleri ile ilgili problemlerde geniş ölçüde kullanılmaktadır.

İki ve Üç Parametrelili Lognormal dağılımın bir özelliği de lognormal dağılmış değişkenlerin çarpımı ile elde edilen değişkenin de lognormal dağılmış olmasıdır.

Örnekten hesaplanan çarpıklık katsayısı $C_{sx} > 0$ ve $-0.1 < C_{sy} < 0.1$ ve $-0.5 < E_{ky} < 0.5$ ise 2-parametrelili lognormal dağılım uygundur.

Eğer, $x_0 > 0$ ve $-0.1 < C_{sy} < 0.1$ ve $-0.5 < E_{ky} < 0.5$ ise 3-parametrelili lognormal dağılım uygundur.

Normal dağılımın olasılık kağıdının düşey eksenini logaritmik ölçeklendirilerek lognormal dağılım için kullanılabilir. Böylece μ_y ve σ_y parametreleri grafik yöntemle tahmin edilebilir. 3 parametrelili dağılımda, x_0 'a çeşitli değerler vererek gözlenen frekans dağılımını olasılık kağıdı üzerinde doğru çizgiye en çok yaklaştıran değer araştırılır ve x_0 parametresinin tahmini olarak alınır.

İki ve Üç Parametrelili Lognormal dağılımın toplum değişkenlik katsayısı ($\eta_x = \sigma_x / \mu_x$) ile toplum çarpıklık katsayısı ($\gamma_{1,x}$) arasında,

$$\gamma_{1,x} = \eta_x^3 + 3\eta_x \quad (3.22)$$

teorik ilişkisi mevcuttur. Üç parametrelili lognormal dağılımda $\eta_x = \sigma_x / (\mu_x - x_0)$ olduğu unutulmamalıdır. $\{X_i, i=1,2,3,\dots,n\}$ örnek dizisinden hesaplanan C_v ve C_s istatistiklerinin yukarıdaki bağıntıyı hangi düzeyde gerçekleştirdiğine bakılarak lognormal dağılımın eldeki verilerin dağılımına uygunluğu kabaca irdelenebilmektedir.

Normal dağılım gibi, doğal olarak lognormal dağılımın da eklenik olasılık fonksiyonu, $F(X)$, açık formda elde edilemediğinden, standardize değişkenin belli değerleri için $F_z(Z) = F_x(X)$ eklenik olasılıklarının verildiği tablolardan veya yaklaşık sonuç veren bağıntılardan (Abramowitz ve Stegun, 1965) yararlanma yoluna gidilmektedir.

3.2.3. İki ve üç parametrelili gamma dağılımı

İki parametrelili Gamma dağılımı, lognormal dağılım gibi sadece pozitif değerli değişkenler için tanımlanmış olan bir dağılımdır. *Eksponansiyel (üstel) dağılım*, Gamma dağılımının $\alpha=1$ için özel bir halidir. Her ikisinin de kullanım alanları çok çeşitlidir. Servis işlemleri arasında geçen süre, belli makine veya elektronik parçaların ömürleri, taşkın debileri ve yorulma süreleri gibi olayların çözümünde eksponansiyel dağılım kullanılmaktadır.

Üç Parametrelili Gamma dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} (x - x_0)^{\alpha-1} e^{-(x-x_0)/\beta} \quad x_0 \leq x < \infty \quad (3.23)$$

ifadesiyle tanımlanmaktadır. Burada $\Gamma()$, tam olmayan gamma fonksiyonudur. Gamma dağılımına uyan bağımsız değişkenlerin toplamı da Gamma dağılımına uymaktadır. $x_0=0$ için bu dağılım iki parametrelili Gamma dağılımına dönüşür. Gamma dağılımına uyan karşılıklı bağımsız değişkenlerin toplamı da Gamma dağılımına uymaktadır (Bayazıt ve Oğuz, 1998).

3.2.4 Genel ekstrem değer dağılımları (GEV)

İnşaat mühendisliğinde birçok uygulamada çok sayıda değer arasında ekstrem (en büyük, en küçük) değerlerin bilinmesi istenir. Bu ekstrem değerlerin dağılımlarının incelenmesi özellikle hidrolojide önem taşır.

X değişkeninin eklenik dağılım fonksiyonu

$$F(x) = e^{-[1-k(x-u)/\alpha]^{1/k}} \quad (3.24)$$

şeklinde verilir. GEV ekstrem değer dağılımının üç tipi vardır. Tip I (EV1) dağılımı $k=0$ içindir, Gumbel dağılımı adı ile bilinir. Tip II (EVII) $k<0$ durumu, (Frechet dağılımı), Tip III (EV III) dağılımı $k>0$ durumu (Weibull dağılımı) için geçerlidir (Bayazıt, 1996; Hosking ve Wallis, 1997; Road ve Hamed, 2000).

Gumbel (Tip I Ekstrem Değer) dağılım modeli

Taşkın zirve akışları, şiddetli sağanaklar gibi ekstrem (en büyük) değerlerin frekans analizinde en çok kullanılan teorik dağılım, Gumbel dağılımı adıyla da bilinen Fisher - Tippet Tip I dağılımıdır. Bu dağılımın eklenik olasılık (aşılmama olasılığı) formunda matematiksel ifadesi (Yevjevich, 1972; Kite, 1977),

$$F(X) = \exp\{-\exp[-\alpha(X - \beta)]\} \quad , \quad -\infty < X < \infty \quad (3.25)$$

biçimindedir. Bu ifadede α ölçek parametresi, β ise X ile aynı birime sahip mod veya konum parametresidir. Dağılımın boyutsuz değişkeni

$$U = \alpha(X - \beta) \quad , \quad -\infty < U < \infty \quad (3.26)$$

olup, (4.27) bağıntısının iki kez logaritması alındığında,

$$U = -\ln\{-\ln F(X)\} \quad (3.27)$$

olduğu görülür.

Gumbel dağılımı pozitif çarpık ($\gamma_1 \cong 1.14$) ve normal dağılıma kıyasla daha sivri ($\gamma_2 \cong 5.4$) bir dağılımdır. Chow (1954), Gumbel dağılımını değişkenliği $\gamma_1 \cong 0.356$ olan bir lognormal dağılım olarak tanımlamıştır.

Frechet dağılımı (EV 2)

$$F(x) = e^{-[1-k(x-u)/\alpha]^{1/k}} \quad , \quad u + \frac{\alpha}{k} \leq x < \infty \quad , \quad k < 0 \quad , \quad \alpha > 0 \quad (3.28)$$

Alttan $(u+\alpha/k)$ değeri ile sınırlı olan bu dağılım, yıllık en yüksek rüzgar hızları ve taşkın debileri için uygundur (Bayazıt, 1996).

Weibull dağılımı (EV 3)

Gamma dağılım fonksiyonunda olduğu gibi, sanayi ürünlerinin veya bazı yapı elemanlarının ömür sürelerinin dağılımı, ayrıca, taşkın debileri, en düşük akımlar, en büyük dalga yükseklikleri için sıklıkla *Weibull dağılımı* kullanılır. Üstten sınırlı olan bu dağılımın eklenik dağılım fonksiyonu denklem (3.29) da verilmektedir.

$$F(x) = e^{-[1-k(x-u)/\alpha]^{1/k}} \quad -\infty < x \leq u + \frac{\alpha}{k}, \quad k > 0, \quad \alpha > 0 \quad (3.29)$$

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

$$F(x) = e^{-\left(\frac{-kx}{\alpha}\right)^{1/k}} = e^{-\left(\frac{-x}{\alpha}\right)^k}, \quad x \geq 0, \quad k > 0 \quad (3.30)$$

şeklinde ifade edilir (Bayazıt, 1996).

Pearson dağılımları

Bir örnekten elde edilen frekans dağılımına uygun dağılım fonksiyonunu seçmek için Pearson, örnekten hesaplanan C_s ve E_k katsayılarına bağlı olan K_p (biçim faktörü) parametresinin kullanılmasını önermiştir:

$$K_p = \frac{C_s^2(E_k + 6)^2}{4(2E_k - 3C_s^2)(4E_k - 3C_s^2 + 12)} \quad (3.31)$$

$K_p < 0$ halinde Pearson Tip I, $K_p = 0$ için normal, $0 < K_p < 1$ için Pearson Tip IV, $K_p > 1$ için Pearson Tip VI, $K_p \rightarrow \infty$ için Pearson Tip III (Gamma) dağılımları kullanılmalıdır. Bütün bu dağılımların o.y.f.'ları için analitik ifadeler verilmiştir (Benjamin ve Cornell, 1970).

Log-Pearson Tip III dağılımı

Log-Pearson Tip III dağılımında $y=\ln x$ dönüşümü ile hesaplanan y değerlerine Pearson Tip III (Üç parametrelili gama) dağılımı uyarlanmaktadır.

$$f(x) = \frac{1}{x\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} (y - y_o)^{\alpha-1} e^{-(y-y_o)/\beta} \quad x \geq x_o \quad (3.32)$$

Bu dağılım sadece $\alpha > 1$ ve $1/\beta > 0$ durumları için kullanılabilir (Bayazıt, 1996).

Dağılım parametrelerini tahmin yöntemleri

Gözlenmiş bir örneğe seçilen bir dağılım fonksiyonunu uyarlamak için fonksiyonun parametre değerlerini eldeki verilere dayanarak tahmin etmek gerekir. Fonksiyonun parametre sayısı ne kadar fazla olursa, gözlemlere uyum o kadar artar, buna karşılık serbestlik derecesi azaldığından model tahminlerindeki hatalar büyür. Pratikte genellikle iki veya üç parametrelili dağılımlar kullanılır.

Parametrelerin örnekten tahmini için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Parametre tahminlerinin olması (yani beklenen değerin toplum değerine eşit olması) ve etkin olması (örnekleme varyansının en küçük olması) istenir. Ancak, her dağılım modeli için tarafsız ve etkin tahminler veren bir yöntem bulmak genellikle mümkün olmaz. En çok kullanılan tahmin yöntemleri;

1. Momentler yöntemi (MY)
2. Maksimum olabilirlik yöntemi (ML)
3. L-momentler yöntemidir (LMY)

Momentler yönteminde dağılımın parametreleri ile rastgele değişkenin istatistik momentleri arasındaki teorik ilişkilerden yararlanılır. Teorik ilişkilerde toplum istatistikleri yerine örnek istatistikleri kullanılarak, parametreler hesaplanır. Normal dağılım dışında diğer dağılımlar için bu yöntemle elde edilen parametre tahminleri veri uzunluğu (N) kısa ise etkin tahminler değildir. Ancak uygulanması kolay olduğu için bu yöntem çok kullanılır.

Maksimum olabilirlik yönteminde parametreler gözlenen olayların olasılıkları çarpımı en büyük olacak şekilde belirlenir. Bu yöntem asimptotik olarak etkin tahminler verir ancak uygulanması zordur ve bazen çözüm elde edilmeyebilir. (Bayazıt, 1996).

Tez çalışmasında dağılım parametreleri, L-Momentler yöntemiyle tahmin edilmiştir. L-momentleri yönteminin uygulanması kolay olduğu gibi, özellikle kısa örnekler için momentler yöntemine göre daha etkin tahminler vermektedir. L-momentler gözlemlerin doğrusal kombinasyonları şeklinde hesaplandığı için alışlagelen (traditional) istatistik momentlere göre daha yararsız ve daha etkin tahminler verir. Bu nedenle küçük örnekler için daha uygun olmaktadır. L-Momentler yöntemi çoğu zaman maksimum olabilirlik yöntemi kadar tahminler verir (Hosking ve Wallis, 1997; Road ve Hamed, 2000).

3.3 Dağılım Parametrelerinin L-Momentler Yöntemi ile Tahmini,

L-Momentleri Yöntemi

L-momentlerinin hesabı için eldeki örnek, $x_1 \geq x_2 \geq \dots \geq x_n$ şeklinde büyükten küçüğe doğru sıralanır. Olasılık ağırlıklı momentler aşağıdaki eşitliklerle tanımlanır (Haan, 1977):

$$b_0 = \sum_{i=1}^n x_i / n = \bar{x} \quad (3.33)$$

$$b_1 = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{n-i}{n(n-1)} x_i \quad (3.34)$$

$$b_2 = \sum_{i=1}^{n-2} \frac{(n-i)(n-i-1)}{n(n-1)(n-2)} x_i \quad (3.35)$$

$$b_3 = \sum_{i=1}^{n-3} \frac{(n-i)(n-i-1)(n-i-2)}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \quad (3.36)$$

İlk dört L-moment ise aşağıdaki denklemlerle tahmin edilir (Haan, 1977):

$$l_1 = b_0 = \sum_{i=1}^n x_i / n = \bar{x} \quad (3.37)$$

$$l_2 = 2b_1 - l_1 = 2 \sum_{i=1}^{n-1} \frac{n-i}{n(n-1)} x_i - l_1 \quad (3.38)$$

$$l_3 = 6b_2 - 3l_2 - 2l_1 = 6 \sum_{i=1}^{n-2} \frac{(n-i)(n-i-1)}{n(n-1)(n-2)} x_i - 3l_2 - 2l_1 \quad (3.39)$$

$$l_4 = 20b_3 - 5l_3 - 9l_2 - 5l_1 = 20 \sum_{i=1}^{n-3} \frac{(n-i)(n-i-1)(n-i-2)}{n(n-1)(n-2)(n-3)} x_i - 5l_3 - 9l_2 - 5l_1 \quad (3.40)$$

L-momentleri cinsinden değişkenlik, çarpıklık ve kurtosis katsayıları řu şekilde hesaplanır:

$$t=L_{CV}=l_2/l_1 \quad (3.41)$$

$$t_3=L_{Cs}=l_3/l_2 \quad (3.42)$$

$$t_4=L_k = l_4/l_2 \quad (3.43)$$

Hidrolojide sık kullanılan olasılık dağılım fonksiyonlarının L-Momentler yöntemiyle parametre tahminleri aşağıda verilmiştir.

Normal Dağılım:

$$\bar{x} = l_1 \quad (3.44)$$

$$S_x = \pi^{1/2} l_2 \quad (3.45)$$

2-parametrelı Log-Normal Dağılım:

$t= L_{CV}=l_2/l_1$, $F=(t+1)/2$ olasılığına karşı gelen standart normal değeri $Z_F= \Phi^{-1}(F)$ olmak üzere, dağılımın σ_y parametresi,

$$\hat{\sigma}_y = \sqrt{2}Z_F \quad (3.46)$$

denkleminde bulunur.

$$\hat{\mu}_y = \ell n(\lambda_1) - \frac{\hat{\sigma}_y^2}{2} \quad (3.47)$$

bağıntısından bulunur.

3-parametrelili Log-Normal Dağılım:

Hosking (1990) 3-parametrelili lognormal dağılımın parametrelerinin tahmin edilmesi için aşağıdaki bağıntıları önermiştir. erf(x) hata fonksiyonu, $\Phi(x)=F(x)$ normal dağılım fonksiyonu, $z (=F^{-1}(x))$ standart normal değişken ve $(t_3=l_3/l_2)$ L-Moment çarpıklık katsayısı olmak üzere 3-parametrelili lognormal dağılımda L-moment parametreleri aşağıdaki bağıntılardan hesaplanabilir.

$$u = \sqrt{\frac{8}{3}} z_u \quad (3.48)$$

Bu denklemde z_u , $F_u=(1+t_3)/2$ olasılığın karşı gelen standart normal değişken değeridir.

$$\hat{\sigma}_y = 0,999281 u - 0,006118 u^3 + 0,000127 u^5 \quad (3.49)$$

eşitliğinde yerine konularak $\hat{\sigma}_y$ elde edilir. $\hat{\mu}_y$ ve x_0 parametreleri ise aşağıdaki bağıntılardan tahmin edilir:

$$\hat{\mu}_y = \ln \left[\ell_2 / \operatorname{erf} \left(\frac{\hat{\sigma}_y}{2} \right) \right] - \frac{\hat{\sigma}_y^2}{2} = \ell n \left[\frac{\ell_2}{2F_Z - 1} \right] - \frac{\hat{\sigma}_y^2}{2} \quad (3.50)$$

Burada $x = \frac{\hat{\sigma}_y}{2}$ ve

$$\operatorname{erf} \left(\frac{\hat{\sigma}_y}{2} \right) = 2\Phi \left(\frac{\sqrt{2}\hat{\sigma}_y}{2} \right) - 1 = 2\Phi \left(\frac{\hat{\sigma}_y}{\sqrt{2}} \right) - 1 = 2F_Z - 1 \quad (3.51)$$

Bu bağıntıda F_Z standart normal dağılımda $z = \hat{\sigma}_y / \sqrt{2}$ değerine karşı gelen olasılıktır. Son olarak x_0 parametresi hesaplanacaktır:

$$x_0 = \ell_1 - e^{\hat{\mu}_y + \hat{\sigma}_y^2/2} \quad (3.52)$$

Gamma II Dağılımı

İki parametrelili Gamma dağılımının L-Moment parametreleri Hosking (1990) tarafından aşağıda tanımlanmıştır. $t = \ell_2 / \ell_1$ L-Moment değişkenlik katsayısı olmak üzere,

$0 < t < 1/2$ iken $u = \pi t^2$ ve

$$\hat{\alpha} = (1 - 0,3080 u) / (u - 0,05812 u^2 + 0,01765 u^3) \quad (3.53)$$

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

$$\hat{\alpha} = (0,7213 u - 0,5947 u^2) / (1 - 2,1817 u + 1,2113 u^2) \quad (3.54)$$

$$\hat{\beta} = \ell_1 / \hat{\alpha} \quad (3.55)$$

Pearson Tip III (Gamma III) Dağılımı

Pearson Tip III dağılımının L-Moment parametreleri Hosking (1991a) tarafından aşağıda tanımlanmıştır. $t_3 = \ell_3 / \ell_2$ L-Moment çarpıklık katsayısı olmak üzere,

$t_3 \geq 1/3$ iken $u = 1 - t_3$ ve

$$\hat{\alpha} = \frac{0,36067 u - 0,5967 u^2 + 0,25361 u^3}{1 - 2,78861 u + 2,56096 u^2 - 0,77042 u^3} \quad (3.56)$$

$t_3 < 1/3$ iken $u = 3\pi t_3^2$ ve

$$\hat{\alpha} = \frac{1 + 0,2906 u}{u + 0,1882 u^2 + 0,0442 u^3} \quad (3.57)$$

$$\hat{\beta} = \sqrt{\pi} \ell_2 \frac{\Gamma(\hat{\alpha})}{\Gamma(\hat{\alpha} + 1/2)} \quad (3.58)$$

$$x_0 = \ell_1 - \hat{\alpha} \hat{\beta} \quad (3.59)$$

Gumbel (EV 1) Dağılımı

$$\hat{\alpha} = \ell_2 / \ln 2 \quad (3.60)$$

$$\hat{u} = \ell_1 - 0.5772 \hat{\alpha} \quad (3.61)$$

GEV Dağılımı

Frechet ve Weibull (EV2-EV3) Dağılımları

$$C = \frac{2}{3+t_3} - \frac{\log 2}{\log 3} \quad C = \frac{2}{3-t_3} - \frac{\log 2}{\log 3} \text{ Weibull} \quad (3.62)$$

olmak üzere, GEV dağılımının k biçim parametresinin L-moment tahmini

$$\hat{k} = 7.8590 C + 2.9554 C^2 \quad (3.63)$$

bağıntısından; α ve u parametrelerinin L-moment tahminleri ise

$$\hat{\alpha} = \frac{\ell_2 \hat{k}}{\left[(1 - 2^{-\hat{k}}) \Gamma(1 + \hat{k}) \right]} \quad \hat{\alpha} = \frac{\ell_2}{\left[(1 - 2^{-\hat{k}}) \Gamma(1 + \hat{k}) \right]} \text{ Weibull(EV3)} \quad (3.64)$$

$$\hat{u} = \ell_1 + \frac{\hat{\alpha}}{\hat{k}} [\Gamma(1 + k) - 1] \quad \hat{u} = \ell_1 - \hat{\alpha} [\Gamma(1 + k)] \text{ Weibull(EV3)} \quad (3.65)$$

bağıntılarından hesaplanır (Hosking ve Wallis, 1997; Rao ve Hamed, 2000).

3.4 Frekans Dağılım Uygunluk Testleri

Verilere uyarlanan frekans dağılım modelinin uygunluğu çeşitli yöntemlerle sınanabilmektedir. Uygulamada, kısa örnekler için Kolmogorov-Smirnov (KS) testi ve Olasılık çizgisi korelasyon testi, uzun örnekler için ise Ki-kare (χ^2) testleri sıkça kullanılan test yöntemleridir.

Bu çalışmada yıllık maksimum akış verilerinin olasılık dağılımını temsil etmede iki parametrelili dağılımlardan, Gama (G2), Lognormal (LN2), ve Gumbel dağılımının (EV1); üç parametrelili dağılımlardan ise, genelleştirilmiş ekstrem değer (GEV), üç parametrelili Lognormal (LN3), Pearson Tip III (G3) ve Log-Pearson (LP3) dağılım modellerinin uygunlukları test edilmiştir.

3.4.1 Ki-Kare testi (χ^2)

Ki-Kare dağılımı ilk olarak 1900'lü yıllarda Pearson tarafından ortaya atılmıştır. Ki-Kare dağılımı; uygunluk, bağımsızlık, varyans, homojenlik ve bağımlı grupların testinde sıklıkla kullanılmaktadır (Kartal, 1998).

Ki-Kare değişkeni, ortalaması sıfır ve varyansı bir olan normal dağılımlı bir ana kütleden her biri diğerinden bağımsız olarak seçilen N birimli bir örnekleme ait değerlerin karelerinin toplamı demektir (Aytaç 1998). Z_i , $i = 1, \dots, N$ gibi karşılıklı bağımsız N adet standart normal değişkenin kareleri toplamı, N serbestlik dereceli Ki-Kare dağılımı gösterir (Walpole ve Myers, 1972).

$$\chi^2 \approx \sum_{i=1}^N Z_i^2 \quad (3.66)$$

Ki-Kare dağılımı, (3.23) denklemiyle verilen Gamma dağılımının $\beta=2$ ve $\alpha=\nu/2$ için özel halidir. $\nu=2\alpha$ tamsayı değerine literatürde “serbestlik derecesi” denir.

Sadece ν parametresine sahip olan Ki-Kare dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu şöyledir.

$$f_{\chi^2}(U) = \frac{U^{\frac{\nu}{2}-1} e^{-U/2}}{2^{\nu/2} \Gamma(\frac{\nu}{2})}; \quad 0 < U = \chi^2 < +\infty \quad (3.67)$$

Belirli integrali olmayan bu fonksiyonun, çeşitli ν serbestlik dereceleri ve aşılma olasılıklarına karşı gelen $U_c = \chi^2(P_c, \nu)$ kritik değerleri kitaplarda mevcuttur (Walpole ve Myers, 1972).

Ki-Kare; iki veya daha fazla veri seti arasında önemli farkın olup olmadığını belirlemede kullanabilen frekans tabanlı bir istatistik analiz yöntemidir. Bu yöntemde sürecin gözlenen özellikleri ile beklenen özellikleri kıyaslanır.

Uygunluk testi belli bir hipoteze uygunluk ve olasılık dağılımlarına uygunluk testi olarak iki kısımda incelenmektedir. Bu çalışmada belirli bir hipoteze uygunluk testi üzerinde durulacaktır.

Belirli bir hipoteze uygunluk testinde; gözlenen frekansların (f_{xi}), belli bir hipoteze göre elde edilen beklenen frekanslara (f_{xi}) uygun olup olmadığı araştırılır.

N birimlik veri, r kategoriden oluşmak üzere, bu testin safhaları aşağıdaki gibi olur.

a-Hipotezler:

$H_0 : f_{xi} = f_{xi}, i=1, 2, \dots, r, (f_{x1} = f_{x1}, f_{x2} = f_{x2}, \dots, f_{xr} = f_{xr})$ Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygundur).

$H_1 : f_{xi} \neq f_{xi}$ (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygun değildir. Fark önemlidir).

b-Test İstatistiği:

Test istatistiği aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(f_{xi} - f'_{xi})^2}{f'_{xi}} \quad (3.68)$$

Görüldüğü gibi f_{xi} 'lerin f'_{xi} 'lere yaklaşması durumunda χ^2 istatistiği sıfıra yaklaşacaktır.

c-Karar Modeli ve Karar

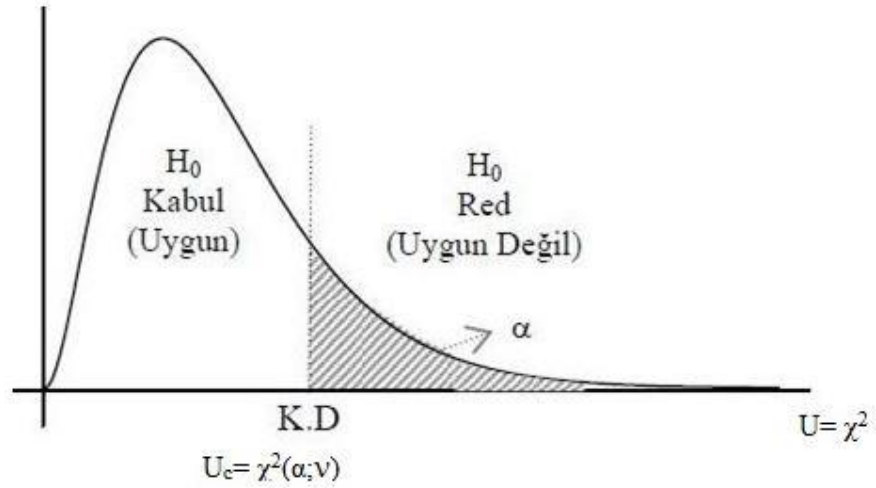
χ^2 istatistiği $f_{xi} - f'_{xi}$ farklarının kareleri alınarak hesaplandığından Ki-Kare uygunluk testi sağ kuyruk testidir. Fark büyüdükçe, farkların kareleri pozitif yönde sonsuza doğru büyür. Böylece red bölgesi daima dağılımın sağ kuyruğunda olur. Buna göre karar modeli aşağıda Şekil 2.1.'de, gösterilmiştir.

(a) daki H_0 hipotezini, gerçekte doğru olmasına rağmen, test sonucu reddetmiş olma koşullu olasılığına “Tip I hata olasılığı” veya “önem düzeyi” denir.

$$\alpha = P_r(H_0 \text{ red} \mid H_0 \text{ doğru}) = P_c$$

Hipotez testinde ikinci önemli adım (α) önem düzeyinin (Tip I hata olasılığının) seçimidir. Bu olasılık, uygulamada genellikle $0.01 \leq \alpha \leq 0.10$ aralığında seçilir.

α önem düzeyi azaltıldıkça, H_0 hipotezinin kabul bölgesi genişler, red bölgesi (yani, H_1 zıt hipotezinin kabul bölgesi) daralır. Bu durumda, β Tip II hata olasılığı (Gerçekce H_0 yanlış iken, H_0 hipotezini kabul etme olasılığı) giderek artar bu nedenle α aşırı küçük seçilmemelidir (Walpole ve Myers, 1972).



Şekil 3.2. χ^2 uygunluk testi grafiksel gösterimi

Kritik değer (K.D), α önem seviyesi (Tip I hata olasılığı) ve $\nu=r-1-m$ serbestlik derecesine göre hazırlanmış kritik χ^2 değerleri tablosundan alınır. Burada m dağılım modelindeki parametre sayısıdır. Örnek olarak; normal dağılım için tahmin edilen parametreler $\hat{\mu}$ ve $\hat{\sigma}$ olduğundan $m=2$ alınır Bu sebeple, serbestlik derecesi iki parametrelili modellerde ($\nu = r-1-2 = r-3$) olur.

Ki-Kare testi sonuçlarının güvenilir olabilmesi için serbestlik derecesi en az 5 veya daha fazla olmalıdır ($\nu \geq 5$). Ayrıca hiç boş kategori ($F_{xi}=0$ olan) olmamalıdır.

d. Karar Verme:

Test istatistiğinde hesaplanan χ^2 değeri ile kritik $(\chi_{\alpha; r-1-m})^2$ değeri, karar modeline göre mukayese edilerek karar verilir. Buna göre, $\chi^2 < (\chi_{\alpha; r-1-m})^2$ ise, H_0 hipotezi kabul edilerek gözlenen değerlerle beklenen değerlerin birbirine (f_{xi} 'lerin f_{xi} 'lere) uygun olduğuna, görülen farklılığın önemsiz olduğuna α önem seviyesinde karar verilir.

Testten daha güvenilir sonuç almak için şu iki durum dikkate alınmalıdır (Kartal 1998,106).

- 1) İki kategori varsa her bir beklenen frekans 10 veya daha büyük olmalıdır.

2) Kategori sayısı ikiden fazla ise ($r > 2$) her bir beklenen frekans 5 veya daha büyük olmalıdır ($f_{xi} \geq 5$).

Ki-Kare testi yaparken, çok sık yapılan yanlış kullanma hatalarından birisi küçük beklenen frekanslarla çalışılmasıdır. Küçük bir beklenen frekansın χ^2 'ye katkısı büyük olacaktır. f'_{xi} küçüldükçe χ^2 büyüyecektir. Bu durum H_0 hipotezinin reddedilmesi ihtimalini artırır.

3.4.2 Kolmogorov-Smirnov (KS) testi

χ^2 uygunluk testlerinin alternatifi olan Kolmogorov-Smirnov testi, Kolmogorov tarafından 1933 yılında önerilmiştir. Kolmogorov, tek örnek için uyum iyiliği testini önermiştir. 1939 yılında ise bir Rus matematikçisi olan Simirnov tarafından iki bağımsız örnek için uyum iyiliği testi geliştirilmiştir. Kolmogorov ve Simirnov testi benzerlik nedeniyle, uygulamada, Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testleri olarak bilinirler.

KS testi eklenik frekans tabanlı bir testtir. χ^2 testinin uygulanabilmesi için beklenen frekansların 5'den büyük olması istenir. Kolmogorov-Smirnov testi eklenik frekanslar dayandığı için daha kolay uygulanabilmektedir. Ki-Kare testinde beklenen frekansların 5'ten büyük olması için ya örneklerin büyük hacimli olması gerekir (bu masraflı bir iştir), yada sınıflar birleştirilmek suretiyle beklenen frekansların 5'den büyük olması sağlanır. Bu durumda ise bilgi kaybı söz konusudur. Oysa Kolmogorov-Smirnov testinde beklenen frekanslar için bir alt limit söz konusu değildir.

a. Hipotezler

$H_0 : F_{xi} = f'_{xi}$ (Gözlenen eklenik frekanslar beklenen frekanslara uygundur).

$H_1 : f_{xi} \neq f'_{xi}$ (Gözlenen eklenik frekanslar beklenen frekanslara uygun değildir. Fark önemlidir).

b. Test İstatistiği

Test istatistiği Δ ile gösterilir. Δ ; gözlenen ve beklenen değerlerin kümülatif nispi frekansları arasındaki mutlak farkların en büyüğüdür.

$$\Delta_{\max} = \max |f_0 - f_e| \quad (3.69)$$

F_{0_i} = Gözlenen eklenik nispi frekans

F_{e_i} = Beklenen eklenik nispi frekans

c.Karar Modeli ve Karar

Kolmogorov-Smirnov testinin kritik değerleri, $[\Delta(\alpha, n)]$ Normal ve üstel dağılım için Stephens (1974) tarafından verilmiştir. Daha sonra Crutcher (1975), Normal dağılım ve Gumbel dağılımı için bu kritik değerleri vermiştir. Chowdury ve arkadaşları ise (1991), GEV dağılımı için kritik değer tablolarını elde etmişlerdir. Veri sayısına ve seçilen önem düzeyine bağlı olarak hazırlanmış tablolardan $KD = \Delta(\alpha; n)$ kritik değeri alınır (Crutcher, 1975; Chowdury vd., 1991; Haan, 2002).

$\Delta > K.D$ ise α önem seviyesinde gözlenen frekansların beklenen frekanslara uygun olmadığına α karar verilir.

$\Delta_{\max} \leq K.D$ ise gözlenen frekansların beklenen frekanslara uygun olduğuna karar verilir.

3.4.3 Anderson-Darling (AD) testi

Anderson-Darling testi (Stephens, 1974) bir veri dizisinin aynı dağılımlı bir toplumdan olup olmadığını test etmede kullanılmaktadır. KS testine göre olasılık dağılımının kuyruklarına daha fazla ağırlık vermektedir. Anderson Darling test istatistiği (A^2) aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$A^2 = -N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (2i-1) [\ell n F(X_i) + \ell n (1-F(X_{N+1-i}))] \quad (3.70)$$

Burada X_{N+1-i} sıraya dizilmiş veriler i büyüklük sıra numarası olmak üzere $F()$ kümülatif dağılım fonksiyonudur. Test edilen hipotezler ise:

H_0 : veriler ilgili dağılım modeline uygundur.

H_1 : veriler ilgili dağılım modeline uygun değildir.

A^2 test istatistiği tablodan okunan $A^2(\alpha, n)$ değerden büyükse, H_0 hipotezi, α anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. Genellikle sıfır hipotezi H_0 , α nın fiks

değerleri (0.01, 0.05 gibi) için dikkate alınır. Pratikte pek çok uygulamada $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyi kullanılmaktadır. Genel olarak Anderson-Darling testinin A_{α}^2 kritik değerleri incelenen dağılım modeli dikkate alınarak test edilir. Ancak uygulamada bazı dağılım modelleri için (sık kullanılanlar dışında) kritik değer tabloları mevcut değildir. Genellikle paket programlar Anderson-Darling testinde tüm olasılık dağılımları için aynı kritik değerleri kullanmaktadırlar. Bu değerler formülasyonla yaklaşık olarak hesaplanmakta ve veri büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedirler.

3.4.4. Uygunluk testlerinin birleşik değerlendirilmesi

Haktanır ve arkadaşları (2010) tarafından belli süreli sağanaklar için önerilmiş olan birleşik değerlendirme yöntemi, dağılımların uygunluk sıralamasını baz almaktadır. Ki-kare (χ^2), Kolmogorov-Smirnov (KS) ve Anderson-Darling (AD) uyumluluk testlerinin sonuçları, incelenen olasılık dağılımları açısından en uygun dağılımdan en az uygun olan dağılıma göre sıralanmaktadır. Her üç testin sonuçlarının birarada değerlendirilmesinin (birleşik değerlendirme) daha objektif ve sağlam sonuçlar vereceği düşünülmektedir. İlk olarak χ^2 testinde m adet dağılım χ^2 aşılıma olasılıklarının büyüklüklerine göre sıralanmaktadır. Sıralamada en küçük olasılığa sahip dağılım, incelenen örnek dizisi için en uygun dağılım olacak ve 1 numaralı sırayı alacaktır. 1' den m' e kadar olan sıra numaraları (en uygun olandan en az uygun olana doğru) χ^2 test performansına göre dağılım modellerine atanmış olmaktadır. Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi için de benzer şekilde en küçük Kolmogorov-Smirnov olasılığına sahip dağılım en uygun (1 numaralı) dağılım olmak üzere m adet dağılım her veri dizisi için 1' den m' e kadar sıralanacak ve her olasılık dağılıma bir sıra numarası karşılık gelecektir. Son olarak Anderson-Darling test istatistiğine göre benzer sıralama işlemi en uygun dağılımdan en az uygun olan dağılıma (1' den m' e kadar) kadar yapılacaktır. Artık her veri dizisi için olasılık dağılımları üç test için de sıra numaralarına sahip olacaktır. İncelenen veri dizisinde bu sıra numaralarının toplamı, uygunluk sıralama sayısını verecektir. En küçük uygunluk sıralama sayısı, en uygun olasılık dağılımına karşılık gelmektedir. Olasılık

dağılım uygunluk testlerinin birleşik değerlendirilmesine ait bir Çizelge 2.1.'de örnek olarak aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.1. Olasılık dağılım uygunluk testlerinin birleşik değerlendirilmesine ait bir örnek

$\alpha=0.05$	101			
	KS	AD	χ^2	Σ
Gamma	7	6	6	19
Gen. Ekstrem Değ	2	2	3	7
Gumbel	6	7	7	20
Log-Pearson 3	5	4	5	14
Lognormal 2P	1	1	1	3
Lognormal 3P	4	3	2	9
Pearson 3P	3	5	4	12

3.5 Frekans Dağılım Modelinin L-Moment Oranı Diyagramları ile Uygunluk Sınaması ve Bölgesel L-Moment Katsayılarının Belirlenmesi

Standart süreli maksimum yağış verilerine en uygun frekans dağılım modelinin araştırılmasında, modelin uygunluğu bazı yöntemlerle sınanabilmektedir. Uygulamada, kısa örnekler için uygun frekans dağılım modelinin belirlenmesinde Ki-Kare (χ^2) testi, Kolmogorov-Smirnov (KS) testi, Anderson-Darling (AD) testi gibi yöntemlerin yanı sıra L-Moment diyagramları da sıkça kullanılan sınama yöntemlerindendir.

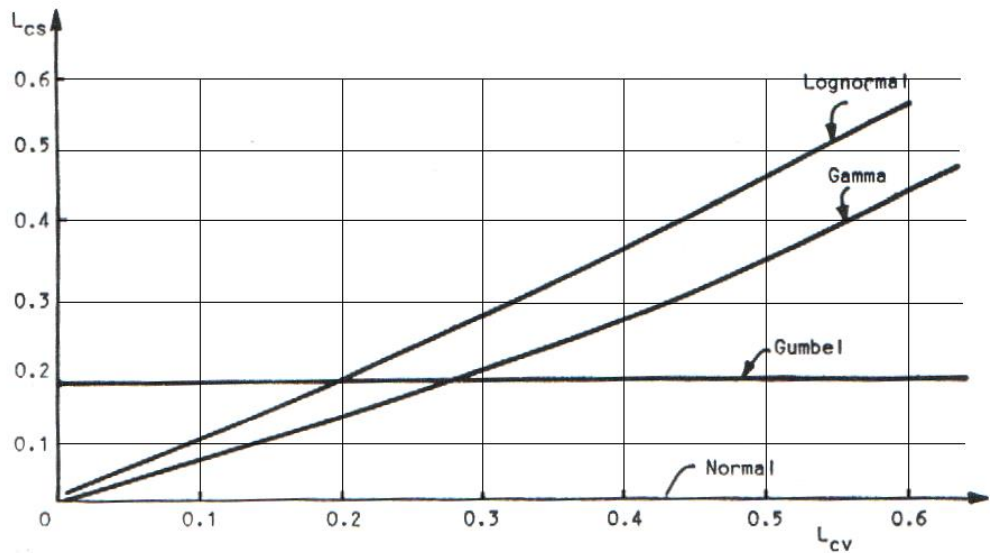
L-Moment diyagramlarının kullanılmasında, 2 parametrelili dağılımlar için değişkenlik ve çarpıklık katsayıları (L_{Cv} - L_{Cs}), 3 parametrelili dağılımlar için ise çarpıklık katsayıları ve kurtosis katsayıları (L_{Cs} - L_k) arasında çizilen diyagramlar kullanılmaktadır (Şekil 1, Şekil 2). Bu çalışmada hem 2 hem de 3 parametrelili dağılımlar için tek tip bir diyagram kullanılacaktır (Şekil 3). Bu diyagramlarda her bir frekans dağılım modeli bir eğri ile gösterilmektedir. Hesaplanan L_{Cv} - L_{Cs} ve L_{Cs} - L_k değerleri diyagram üzerinde noktalanmakta, bu değer hangi dağılım eğrisine en yakınsa, o dağılımın en uygun dağılım olduğu kabul edilmektedir (Bayazit, 1996).

Bu çalışmada standart süreli maksimum yağış verilerini temsil etmede 2 parametrelili dağılımlardan, Normal (N), Lognormal (LN2 ve LN3), Gamma (G2 ve G3) ve Gumbel (EV1) dağılımlarının teorik LC_v - LC_s ilişkileri Şekil 3.2’de verilmiştir. Çeşitli dağılım modellerinin teorik LC_s - L_k ilişkileri ise Şekil 3.3’de ve Şekil 3.4’de gösterilmiştir (Hosking ve Wallis, 1997). L-Moment değişkenlik (t), çarpıklık (t_3) ve kurtosis (t_4) katsayıları havza bazında Hosking ve Wallis (1997) tarafından verilen aşağıdaki bağıntılarla ağırlıklı olarak hesaplanmış, elde edilen bu bölgesel katsayılarla ($t^{(R)}$) L-Moment oranları diyagramları oluşturulmuştur (bu notasyonlarda R üst değildir, Regional (Bölgesel) anlamındadır).

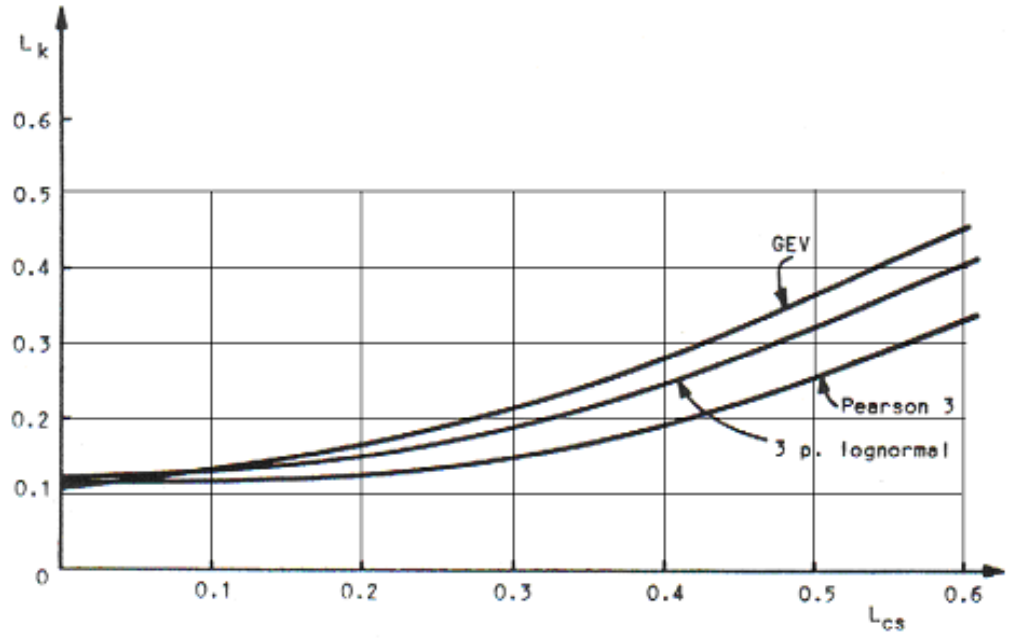
$$RL_{Cv} = t^{(R)} = \sum_{i=1}^m N_i t^{(i)} / \sum_{i=1}^m N_i \quad (3.71)$$

$$RL_{Cs} = t_3^{(R)} = RL_k = t_4^{(R)} = t_r^{(R)} = \sum_{i=1}^m N_i t^{(i)} t_r^{(i)} / \sum_{i=1}^m N_i t^{(i)} \quad r \geq 3 \quad (3.72)$$

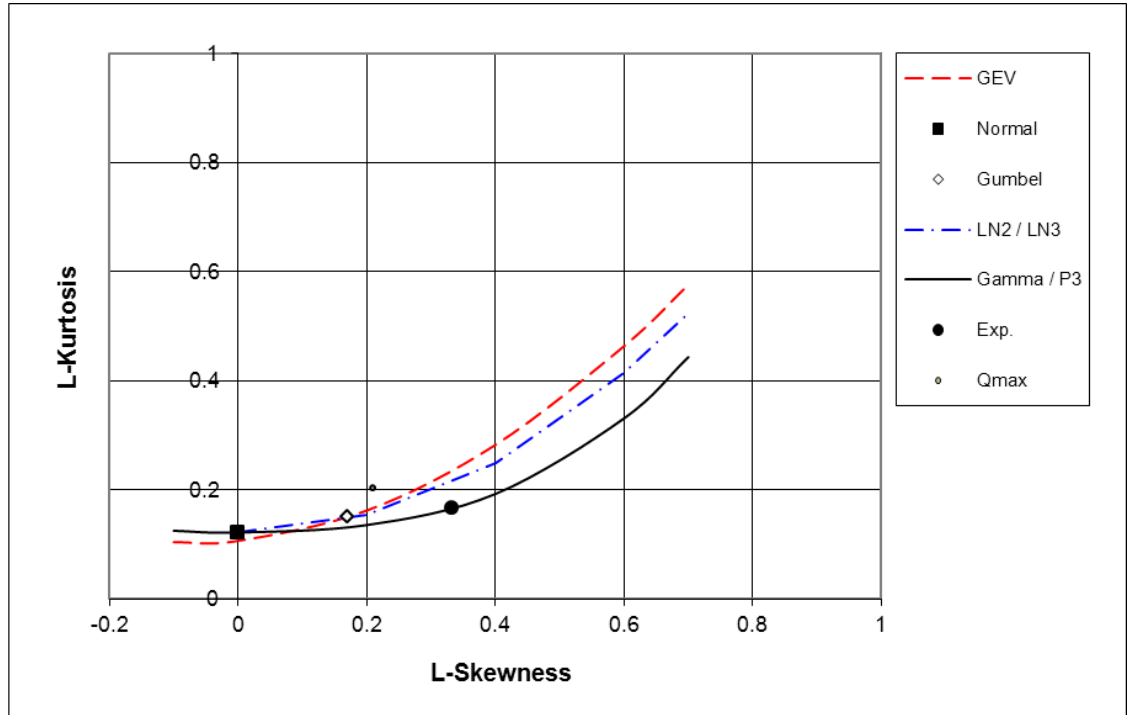
Burada m havzadaki istasyon sayısını, N istasyonlardaki veri sayısını göstermektedir. İlk denklem LC_v , ikinci denklem ise bölgesel LC_s ve L_k ’nin hesaplanmasında kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. İki parametrelili dağılımlar için LC_v - LC_s diyagramı



Şekil 3.3. Üç parametrelili dağılımlar için L_{Cs} - L_k diyagramı



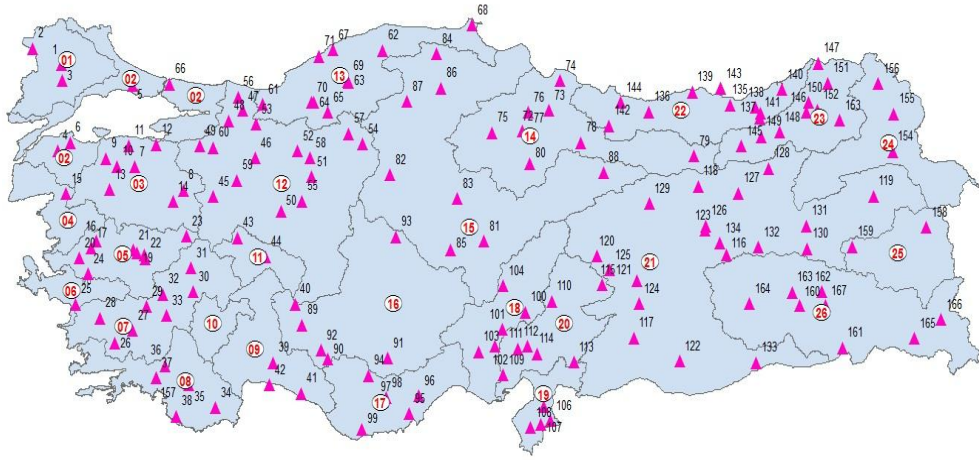
Şekil 3.4. İki ve üç parametrelili dağılımlar için L_{Cs} - L_k diyagramı

4. VERİLER

Türkiye, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (eski adıyla T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü) hazırlanan çalışmalar sonrasında 26 adet büyük ölçekli hidrolojik havzaya ayrılmıştır. Havzaların ortalama yıllık toplam akışları 186 milyar m³'tür. Bunun yanında Türkiye'de yıllık ortalama yağış yüksekliği 643mm ve yıllık çekilebilir yer altı suyu potansiyeli 13.6 milyar m³'tür.

Çalışma kapsamında Türkiye'de bulunan 26 akarsu havzasının 25 inde yer alan 167 akarsuyun maksimum akımları incelenmiştir. İstasyonların seçiminde gözlem sayısının en az 25 olması dikkate alınmıştır.

Havzaların ve istasyonların konumu Şekil 4.1.'deki haritada, havzaların genel özellikleri ise Çizelge 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Havzaların ve istasyonların konumu

Çizelge 4.1. Havzaların genel özellikleri

Havza adı	Yağış alanı (km ²)	Ortalama yıllık akış (km ³)	Ortalama yıllık debi (l/s/km ²)
(01) Meriç Havzası	14 560	1.33	2.9
(02) Mütferrik Marmara Suları	24 100	8.33	11
(03) Susurluk Havzası	22 399	5.43	7.2
(04) Mütferrik Ege Suları	10 003	2.9	7.4
(05) Gediz Havzası	18 000	1.95	3.6
(06) Küçük Menderes Havzası	6 907	1.19	5.3
(07) Büyük Menderes Havzası	24 976	3.03	3.9
(08) Mütferrik Batı Akdeniz Suları	20 953	8.93	12.4
(09) Mütferrik Orta Akdeniz Suları	19 577	11.06	24.2
(10) Burdur Gölü Kapalı Havzası	6 374	0.5	1.8
(11) Afyon Suları Kapalı Havzası	7 605	0.49	1.9
(12) Sakarya Havzası	58 160	6.4	3.6
(13) Mütferrik Batı Karadeniz Suları	29 598	9.93	10.6
(14) Yeşilırmak Havzası	36 114	5.8	5.1
(15) Kızılırmak Havzası	78 180	6.48	2.6
(16) Orta Anadolu Kapalı Havzası	53 850	4.52	2.5
(17) Mütferrik Doğu Akdeniz Suları	22 048	11.07	15.6
(18) Seyhan Havzası	20 450	8.01	12.3
(19) Hatay Suları	7 796	1.17	3.4
(20) Ceyhan Havzası	21 982	7.18	10.7
(21) Fırat Havzası	127 304	31.61	8.3
(22) Mütferrik Doğu Karadeniz Suları	24 077	14.9	19.5
(23) Çoruh Havzası	19 872	6.3	10.1
(24) Aras Havzası	27 548	4.63	5.3
(25) Van Gölü Kapalı Havzası	19 405	2.39	5
(26) Dicle Havzası	57 614	21.33	13.1

5. BULGULAR

5.1. Maksimum Akımların Olasılık Dağılımları

Çalışma kapsamında Türkiye’de bulunan 25 akarsu havzasında yeralan 167 akarsuyun maksimum akımları incelenmiştir. İncelenen akımların uygun olasılık dağılımları Ki-kare (χ^2), Kolmogorov-Smirnov (KS) ve Anderson-Darling (AD) uyumluluk testleriyle gerçekleştirilmiştir. Test sonuçlarının özeti Çizelge 5.1.’de verilmiştir. Bu testlere ait detaylı bilgiler çalışmanın sonunda EK 1 bölümünde yer almaktadır.

Çizelge 5.1. Test sonuçlarının özeti

Havza No	Havza Adı	İstasyon No	Uygun Olasılık Dağılımı
01	MERİÇ	101	LN2
		103	LN3
		106	LP3
02	MÜTEFERRİK MARMARA SULARI	209	LP3
		211	GEV
		212	LP3
03	SUSURLUK HAVZASI	302	LN2
		311	P3
		314	LN2
		316	LN2
		317	LP3
		321	P3
		324	LN3
		328	LP3
04	MÜTEFERRİK EGE SULARI	408	P3
05	GEDİZ HAVZASI	509	GEV
		510	LN3
		514	LN3
		515	GEV
		518	LP3
		522	GEV
		523	LP3
		524	LP3
		525	P3

Çizelge 5.1.-in devamı

Havza No	Havza Adı	İstasyon No	Uygun Olasılık Dağılımı
06	KÜÇÜKMENDERES	601	LN3
07	BÜYÜKMENDERES	701	G2
		704	P3
		706	LP3
		712	LN2
		713	P3
		725	LN3
		726	LN3
		728	G2
08	MÜTEFERRİK BATI AKDENİZ SULARI	808	LP3
		809	GEV
		811	G2
		812	LP3
		815	GEV
09	MÜTEFERRİK ORTA AKDENİZ SULARI	902	GEV
		912	LP3
		917	LP3
		918	GEV
11	AFYON SULARI KAPALI HAVZASI	1102	GEV
		1104	GEV
12	SAKARYA HAVZASI	1203	GEV
		1218	GEV
		1219	LN3
		1221	GEV
		1222	LP3
		1224	GEV
		1226	LN3
		1233	P3
		1237	P3
		1239	LP3
		1242	LN3
		1243	LN3
		1244	GEV
		1245	LN3
		1248	GEV
		1249	LP3

Çizelge 5.1.-in devamı

Havza No	Havza Adı	İstasyon No	Uygun Olasılık Dağılımı
13	MÜTEFERRİK BATI KARADENİZ SULARI	1302	P3
		1307	GEV
		1314	LN2
		1319	LP3
		1327	LP3
		1330	G2
		1331	LP3
		1332	GEV
		1333	P3
		1334	P3
		1335	GEV
14	YEŞİLIRMAK HAVZASI	1401	GEV
		1402	GEV
		1408	GEV
		1412	LP3
		1413	LP3
		1414	LN2
		1418	GEV
		1422	GEV
		1424	G2
15	KIZILIRMAK HAVZASI	1501	LP3
		1503	GEV
		1517	LP3
		1524	P3
		1532	LP3
		1536	LP3
		1538	GEV
		1539	GEV
16	ORTA ANADOLU KAPALI HAVZASI	1604	GEV
		1611	LN3
		1612	LN2
		1621	GEV
		1622	LN2

Çizelge 5.1.-in devamı

Havza No	Havza Adı	İstasyon No	Uygun Olasılık Dağılımı
17	MÜTEFERRİK DOĞU AKDENİZ SULARI	1712	LN2
		1714	GEV
		1717	LN2
		1719	GEV
		1720	P3
		1721	GEV
18	SEYHAN HAVZASI	1801	P3
		1805	GEV
		1818	LN2
		1820	LN2
		1822	P3
19	HATAY SULARI	1905	GEV
		1906	LP3
		1907	P3
		1908	LN3
20	CEYHAN HAVZASI	2020	GEV
		2009	LN2
		2006	G2
		2004	GEV
		2008	LN2
		2007	P3
		2022	P3
21	FIRAT HAVZASI	2102	LP3
		2115	P3
		2119	P3
		2122	GEV
		2124	GEV
		2131	P3
		2132	LN3
		2133	P3

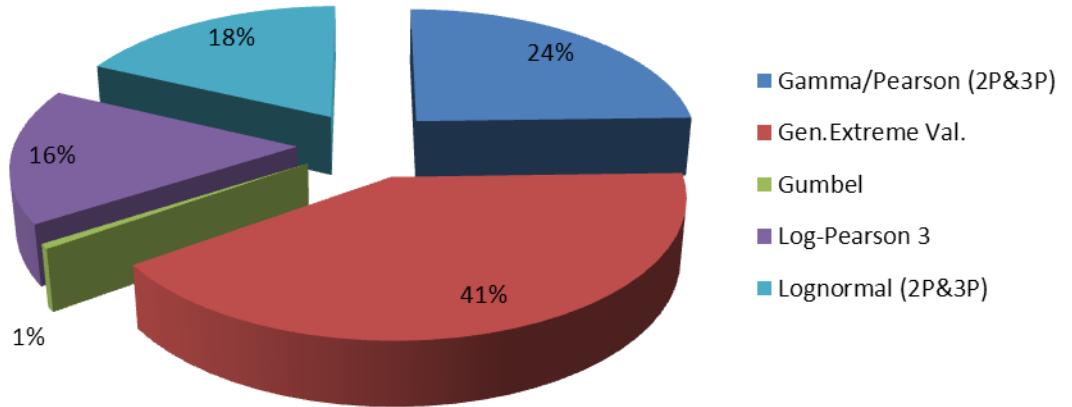
Çizelge 5.1.-in devamı

Havza No	Havza Adı	İstasyon No	Uygun Olasılık Dağılımı
21	FIRAT HAVZASI	2135	G2
		2145	GEV
		2149	P3
		2151	GEV
		2154	GEV
		2156	LP3
		2157	GEV
		2158	LN2
		2164	GEV
		2165	P3
		2166	LP3
22	MÜTEFERRİK DOĞU KARADENİZ SULARI	2202	GEV
		2213	GEV
		2215	GUM
		2218	GEV
		2228	GEV
		2232	GEV
		2233	LN3
		2238	G2
		2245	G2
		2247	LP3
23	ÇORUH HAVZASI	2304	GEV
		2305	GEV
		2315	LN3
		2316	GEV
		2320	GEV
		2321	GEV
		2322	LN3
		2323	P3
		2325	GEV

Çizelge 5.1.-in devamı

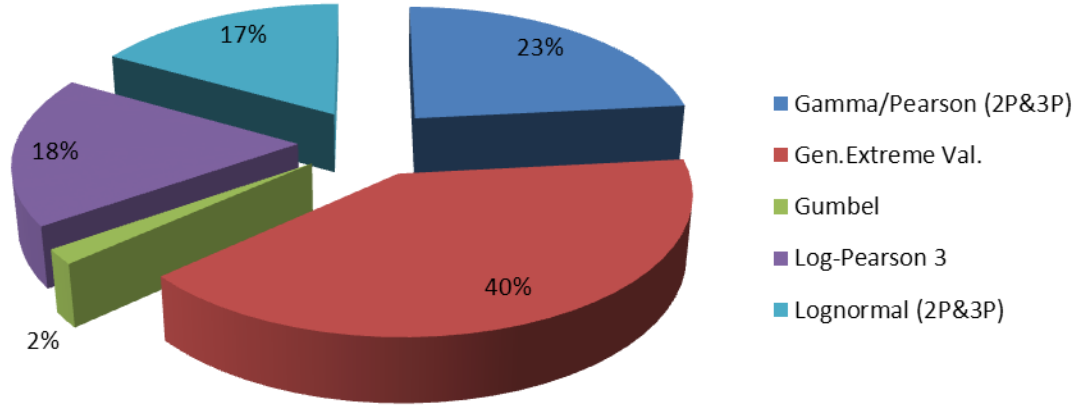
Havza No	Havza Adı	İstasyon No	Uygun Olasılık Dağılımı
24	ARAS HAVZASI	2402	GEV
		2409	GEV
		2415	LN2
		2418	GEV
25	VAN GÖLÜ KAPALI HAVZASI	2505	GEV
		2507	LP3
26	DİCLE HAVZASI	2603	GEV
		2606	GEV
		2610	GEV
		2612	GEV
		2618	LN3
		2620	GEV
		2621	LN3
		2624	GEV

Tablo incelendiğinde 167 adet istasyonun tamamını temsil edebilecek tek tip bir olasılık dağılım bulunmadığı tespit edilmiştir. Olasılık dağılımlarının istasyonlara göre genel bir dağılımı elde edilmek istenirse Şekil 5.1 deki sonuca ulaşılabacaktır.

Şekil 5.1. Taşkınların olasılık dağılım fonksiyonları (χ^2 , KS, AD)

Alternatif olarak, birleşik değerlendirmeye tabi tutulan 3 testin (Ki-kare, Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling) yerine 2 adet testin (Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling) sonuçları birleşik olarak değerlendirilmiş bu

değerlendirmenin sonuçları Şekil 5.2 de verilmiştir. Bu alternatif çalışmadaki düşünce, Ki-kare testinin uzun örnek dizilerinde daha uygun sonuçlar verdiği temeline dayanmaktadır.



Şekil 5.2. Taşkınların olasılık dağılım fonksiyonları (KS, AD)

Şekil 5.2 dikkatlice incelendiğinde, Ki-kare, Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling yerine Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling test sonuçlarının birleşik değerlendirilmesinin, taşkın olasılık dağılımlarını anlamlı bir biçimde değiştirmedeği tespit edilmiştir.

5.2. L-Moment Oranları ve Bölgesel L-Moment Katsayıları

Bu bölümde Türkiye havzalarında bulunan 167 adet akarsu ölçüm istasyonunun maksimum akım verilerinin L-Moment katsayıları hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. L-Moment katsayıları

İstasyon No	101	103	106	209	211	212	302	311	314	316
N	43	33	32	32	29	36	63	56	48	48
$L_{c_v}=t$	0.48	0.29	0.55	0.41	0.32	0.29	0.37	0.37	0.32	0.29
$L_{c_s}=t_3$	0.50	0.17	0.39	0.21	0.21	0.13	0.33	0.27	0.27	0.30
$L_k=t_4$	0.40	0.00	0.15	0.10	0.20	0.11	0.23	0.11	0.18	0.23

Çizelge 5.2.nin devamı

İstasyon No	317	321	324	328	408	509	510	514	515	518
N	45	47	45	35	32	42	43	38	36	39
L _{c_v} =t	0.25	0.28	0.20	0.39	0.49	0.39	0.51	0.51	0.44	0.31
L _{c_s} =t ₃	0.11	0.25	-0.01	0.27	0.48	0.26	0.47	0.40	0.35	0.12
L _k =t ₄	0.08	0.29	0.14	0.12	0.28	0.19	0.34	0.13	0.14	0.10

İstasyon No	522	523	524	525	601	701	704	706	712	713
N	31	30	28	26	46	63	46	51	50	49
L _{c_v} =t	0.38	0.38	0.39	0.45	0.38	0.27	0.52	0.24	0.36	0.20
L _{c_s} =t ₃	0.22	0.33	0.43	0.41	0.30	0.07	0.57	0.07	0.30	0.37
L _k =t ₄	0.16	0.17	0.32	0.38	0.26	0.18	0.23	0.03	0.20	0.33

İstasyon No	725	726	728	808	809	811	812	815	902	912
N	29	29	26	38	44	39	37	29	61	37
L _{c_v} =t	0.30	0.52	0.39	0.37	0.37	0.38	0.25	0.40	0.27	0.21
L _{c_s} =t ₃	0.21	0.50	0.30	0.22	0.30	0.20	0.09	0.22	0.16	0.02
L _k =t ₄	0.20	0.26	0.15	0.11	0.20	0.05	0.09	0.10	0.11	0.02

İstasyon No	917	918	1102	1104	1203	1218	1219	1221	1222	1224
N	31	27	40	40	65	41	45	48	48	38
L _{c_v} =t	0.33	0.27	0.44	0.34	0.37	0.22	0.30	0.25	0.29	0.32
L _{c_s} =t ₃	0.18	0.18	0.48	0.24	0.33	0.24	0.21	0.25	0.12	0.31
L _k =t ₄	0.05	0.03	0.34	0.15	0.24	0.44	0.04	0.18	0.09	0.21

İstasyon No	1226	1233	1237	1239	1242	1243	1244	1245	1248	1249
N	37	40	47	41	39	38	34	39	28	28
L _{c_v} =t	0.37	0.32	0.39	0.32	0.30	0.18	0.41	0.35	0.35	0.30
L _{c_s} =t ₃	0.25	0.33	0.40	0.22	0.31	0.05	0.39	0.22	0.12	0.03
L _k =t ₄	0.05	0.16	0.17	0.03	0.15	0.13	0.21	0.20	0.07	0.07

İstasyon No	1302	1307	1314	1319	1327	1330	1331	1332	1333	1334
N	48	38	38	36	34	34	32	32	34	34
L _{c_v} =t	0.20	0.24	0.29	0.41	0.25	0.29	0.34	0.18	0.33	0.26
L _{c_s} =t ₃	0.19	0.06	0.19	0.39	0.04	0.19	0.35	-0.22	0.42	0.37
L _k =t ₄	0.19	0.07	0.08	0.23	-0.02	0.10	0.18	0.09	0.23	0.34

İstasyon No	1335	1401	1402	1408	1412	1413	1414	1418	1422	1424
N	35	63	62	36	47	46	46	38	32	32
L _{c_v} =t	0.32	0.20	0.18	0.22	0.33	0.26	0.22	0.18	0.28	0.25
L _{c_s} =t ₃	0.28	-0.02	0.15	0.30	0.19	0.10	0.11	0.07	0.26	0.11
L _k =t ₄	0.19	0.08	0.20	0.19	0.10	0.12	0.20	0.05	0.19	0.09

İstasyon No	1501	1503	1517	1524	1532	1536	1538	1539	1604	1611
N	63	59	47	44	39	35	30	29	37	39
L _{c_v} =t	0.22	0.33	0.28	0.34	0.23	0.26	0.34	0.24	0.18	0.34
L _{c_s} =t ₃	0.16	0.35	0.08	0.40	0.22	0.30	0.24	0.14	0.35	0.37
L _k =t ₄	0.13	0.21	0.09	0.34	0.15	0.17	0.27	0.16	0.34	0.30

Çizelge 5.2.nin devamı

İstasyon No	1612	1621	1622	1712	1714	1717	1719	1720	1721	1801
N	41	32	32	39	40	34	35	35	33	65
L _v =t	0.34	0.14	0.42	0.21	0.22	0.37	0.25	0.23	0.24	0.30
L _s =t ₃	0.36	0.19	0.49	0.20	-0.01	0.37	0.02	0.25	0.07	0.30
L _k =t ₄	0.34	0.18	0.40	0.22	0.08	0.33	0.08	0.26	0.16	0.24

İstasyon No	1805	1818	1820	1822	1905	1906	1907	1908	2020	2009
N	60	34	32	32	47	46	51	49	35	46
L _v =t	0.28	0.26	0.31	0.17	0.28	0.42	0.22	0.21	0.36	0.31
L _s =t ₃	0.28	0.25	0.35	0.20	0.13	0.34	0.10	0.05	0.12	0.32
L _k =t ₄	0.26	0.21	0.36	0.24	0.21	0.21	0.17	0.17	-0.05	0.25

İstasyon No	2006	2004	2008	2007	2022	2102	2115	2119	2122	2124
N	47	30	32	41	28	33	40	40	37	38
L _v =t	0.29	0.23	0.34	0.21	0.40	0.23	0.37	0.22	0.22	0.27
L _s =t ₃	0.17	0.07	0.30	0.20	0.39	0.10	0.40	0.17	0.12	0.13
L _k =t ₄	0.14	0.12	0.20	0.27	0.19	0.06	0.36	0.19	0.13	0.09

İstasyon No	2131	2132	2133	2135	2145	2149	2151	2154	2156	2157
N	44	36	33	38	38	34	36	32	32	32
L _v =t	0.50	0.61	0.22	0.38	0.28	0.23	0.23	0.21	0.20	0.27
L _s =t ₃	0.48	0.45	0.13	0.29	0.29	0.10	0.14	0.20	0.14	0.02
L _k =t ₄	0.29	0.18	0.20	0.21	0.26	0.15	0.15	0.15	0.15	-0.05

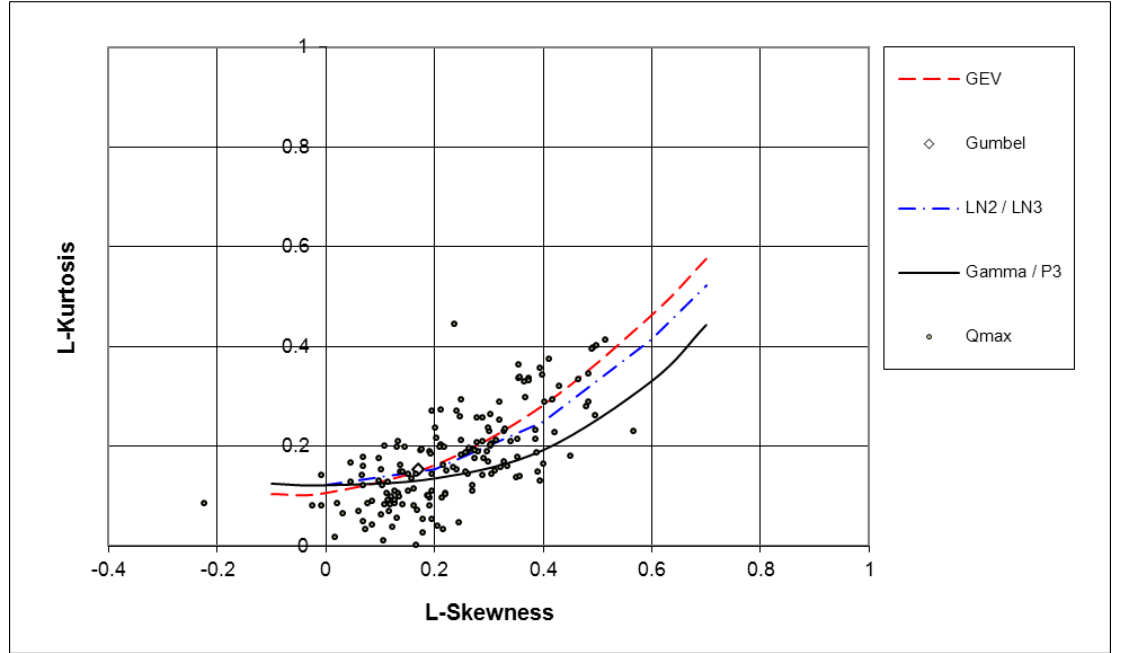
İstasyon No	2158	2164	2165	2166	2202	2213	2215	2218	2228	2232
N	32	32	30	31	50	41	36	46	35	37
L _v =t	0.30	0.26	0.53	0.27	0.23	0.27	0.17	0.25	0.34	0.20
L _s =t ₃	0.27	0.09	0.51	0.14	0.26	0.32	0.15	0.40	0.28	0.49
L _k =t ₄	0.19	0.04	0.41	0.10	0.20	0.29	0.14	0.29	0.21	0.39

İstasyon No	2233	2238	2245	2247	2304	2305	2315	2316	2320	2321
N	37	36	32	34	56	40	36	36	31	29
L _v =t	0.13	0.25	0.30	0.30	0.26	0.18	0.18	0.21	0.24	0.13
L _s =t ₃	0.20	0.12	0.19	0.26	0.26	0.14	0.24	0.17	0.10	0.13
L _k =t ₄	0.11	0.08	0.10	0.14	0.15	0.08	0.16	0.07	0.13	0.11

İstasyon No	2322	2323	2325	2402	2409	2415	2418	2505	2507	2603
N	29	37	26	32	38	32	31	32	31	55
L _v =t	0.15	0.21	0.33	0.26	0.40	0.21	0.32	0.30	0.30	0.25
L _s =t ₃	0.11	0.18	0.09	0.21	0.32	0.13	0.29	0.29	0.16	0.15
L _k =t ₄	0.01	0.19	-0.03	0.27	0.16	0.06	0.18	0.14	0.08	0.11

İstasyon No	2606	2610	2612	2618	2620	2621	2624			
N	25	46	38	30	26	26	29			
L _v =t	0.26	0.26	0.26	0.40	0.29	0.28	0.29			
L _s =t ₃	0.07	0.12	0.13	0.28	0.42	0.36	0.11			
L _k =t ₄	0.14	0.04	0.09	0.19	0.29	0.14	0.11			

Tüm 167 istasyonun $L_{Cs}-L_k$ oranları L-Moment oranı diyagramıyla Şekil 5.3 de verilmiştir.



Şekil 5.3. Tüm istasyonların L-Moment oranları

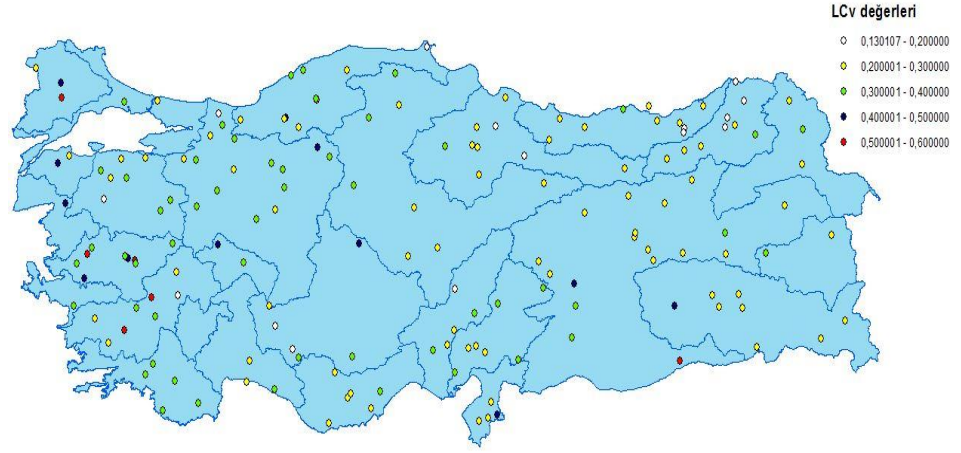
Ayrıca her havzaya ait bölgesel (ağırlıklı) L-Moment katsayıları da hesaplanmış, bu katsayılar için L-Moment oranı diyagramları ile bu diyagramlarda gözlenen uyumlu olasılık dağılım fonksiyonları havza bazında Çizelge 5.3.' de gösterilmiştir. 25 havza için elde edilen L-Moment oranı diyagramları çalışmanın sonunda EK2 bölümünde yer almaktadır.

L-Moment oranları diyagramlarında olasılık dağılımlarına ait fonksiyonel eğriler GEV dağılımı için, LN2/LN3 dağılımı için, Gamma/Pearson 3 dağılımı için verilmiştir. Gumbel dağılımı için noktasal bir değer bulunmakta olup, Log-Pearson dağılımına ait bir eğri bulunmamaktadır.

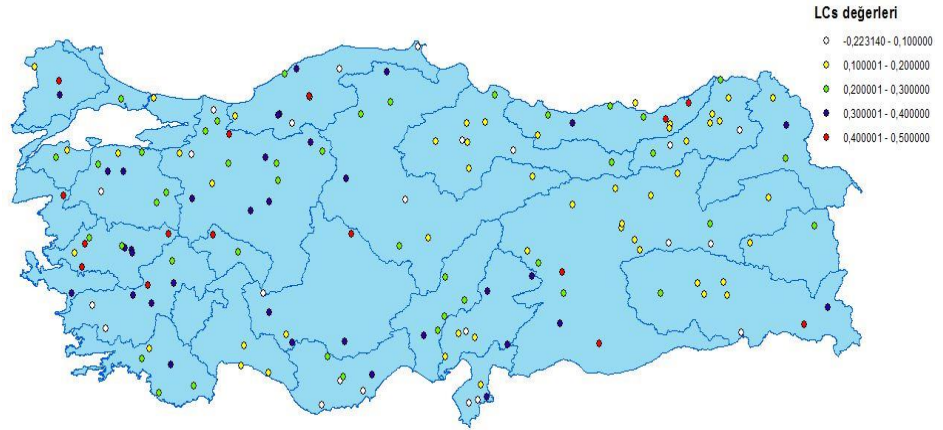
L-Moment katsayıları, L-Moment yöntemiyle taşkın frekans analizinde kullanılmak üzere önemli bir altyapı oluşturmaktadır. Bu katsayıların ülke bazında alansal dağılımı Şekil 5.2, 5.3 ve 5.4 deki haritalarda gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Bölgesel L-Moment katsayılarıyla elde edilen L-Moment oranı diyagramlarına göre 25 havza için uygun olasılık dağılımları

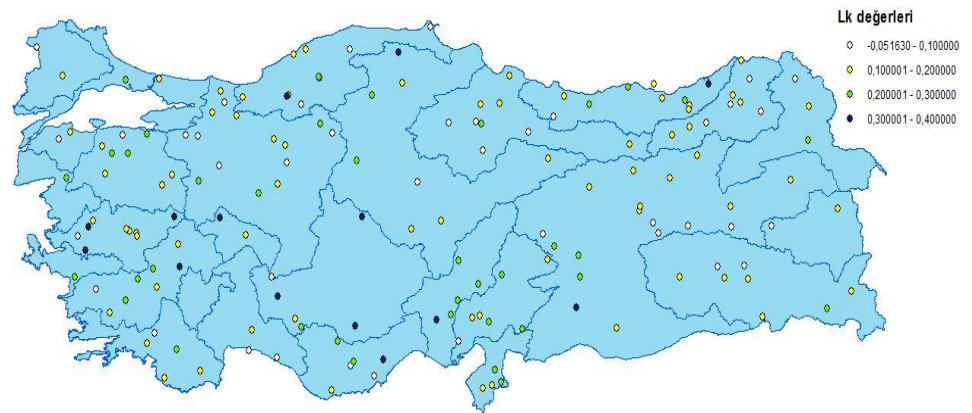
Havza adı	$L_{c_v}=t$	$L_{c_s}=t_3$	$L_k=t_4$	Uygun Olasılık Dağılımı
(01) Meriç Havzası	0.44	0.39	0.23	LN2/LN3
(02) Müteferrik Marmara Suları	0.34	0.19	0.13	G2/P3
(03) Susurluk Havzası	0.31	0.25	0.18	G2/P3 - GEV
(04) Müteferrik Ege Suları	0.49	0.48	0.28	LN2/LN3 - G2/P3
(05) Gediz Havzası	0.42	0.34	0.21	LN2/LN3
(06) Küçük Menderes Havzası	0.38	0.30	0.26	GEV
(07) Büyük Menderes Havzası	0.33	0.32	0.20	LN2/LN3
(08) Müteferrik Batı Akdeniz Suları	0.35	0.22	0.12	G2/P3
(10) Burdur Gölü Kapalı Havzası	0.27	0.14	0.07	G2/P3 - GEV
(11) Afyon Suları Kapalı Havzası	0.39	0.38	0.26	LN2/LN3 - GEV
(12) Sakarya Havzası	0.32	0.26	0.15	G2/P3
(13) Müteferrik Batı Karadeniz Suları	0.28	0.24	0.16	LN2/LN3 - G2/P3
(14) Yeşilırmak Havzası	0.23	0.14	0.13	G2/P3 - GEV
(15) Kızılırmak Havzası	0.28	0.25	0.20	GEV
(16) Orta Anadolu Kapalı Havzası	0.29	0.38	0.33	GEV
(17) Müteferrik Doğu Akdeniz Suları	0.25	0.17	0.20	GUM - GEV
(18) Seyhan Havzası	0.30	0.30	0.24	GEV
(19) Hatay Suları	0.28	0.18	0.19	GUM - GEV
(20) Ceyhan Havzası	0.30	0.23	0.16	LN2/LN3
(21) Fırat Havzası	0.31	0.27	0.20	LN2/LN3 - GEV
(22) Müteferrik Doğu Karadeniz Suları	0.24	0.28	0.20	LN2/LN3 - GEV
(23) Çoruh Havzası	0.21	0.17	0.10	G2/P3
(24) Aras Havzası	0.30	0.26	0.17	LN2/LN3
(25) Van Gölü Kapalı Havzası	0.30	0.23	0.11	G2/P3
(26) Dicle Havzası	0.28	0.20	0.13	G2/P4



Şekil 5.4. LC_v katsayılarının ülke bazında alansal dağılımı



Şekil 5.5. LC_s katsayılarının ülke bazında alansal dağılımı



Şekil 5.6. L_k katsayılarının ülke bazında alansal dağılımı

6. SONUÇLAR

Taşkın frekans analizinde, incelenen olayın doğasını temsil eden olasılık dağılımının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tez çalışmasında öncelikle Türkiye’de bulunan 26 adet su toplama havzasının 25 inde yer alan 167 akarsu ölçüm istasyonunun yıllık pik debi verileri incelenmiş, bu pik debilere uygun olasılık dağılım modelleri (GEV, Gumbel, LN2, LN3, Gamma, Pearson 3 ve Log-Pearson 3) Kolmogrov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-kare olasılık dağılım uygunluk testleri ile araştırılmıştır.

Olasılık dağılım fonksiyonlarının istasyon ölçeğinde dağılımları dikkate alındığında, 167 adet istasyonun %24 ünün 2-parametrelili (Gamma) ve 3-parametrelili Pearson dağılımına, %41 inin GEV dağılımına, %16 sının Log-Pearson dağılımına ve %18 inin ise 2- ve 3-parametrelili Lognormal dağılıma uygun olduğu tespit edilmiştir. 167 adet istasyondan sadece birinin olasılık dağılımı Gumbel dağılımı ile uyum göstermektedir. Alternatif olarak Ki-kare test sonuçları birleşik değerlendirmeden çıkartıldığında da hemen hemen aynı sonuçlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu üç testin sonuçları istasyon bazında dikkate alındığında GEV dağılımının bariz bir biçimde diğer olasılıkların önüne geçtiği belirlenmekle beraber, herhangi tek tip bir olasılık dağılımının tüm istasyonlar için geçerli kabul edilemeyeceği saptanmıştır.

Havza bazında elde edilen L-Moment oranları diyagramları dikkate alındığında GEV dağılımı tüm havzaların hemen hemen yarısında uygun bir dağılım olarak ortaya çıkmış ise de, tüm Türkiye için geçerli bir ana frekans dağılım modeli olamayacağı gerçeği de göze çarpmaktadır. GEV dağılımının genel uyumu tüm istasyonların L-Moment oranlarının işaretlendiği L-Moment oranı diyagramında da (Şekil 5.3) açıkça göze çarpmaktadır.

Tüm Avrupa için yapılmış olan güncel bir çalışmada Salinas ve arkadaşları (2014a) GEV dağılımının Avrupa taşkınlarının tamamını temsil etmedeki başarısını incelemişler, kıtadaki taşkınların önemli bir kısmının bu dağılıma uyum sağladığını göstermişler, ancak yine de GEV dağılımını tüm Avrupa taşkınları için genelleyememişlerdir.

Bölgesel frekans analizinde geniş bir uygulama alanı bulunan L-Momentler yöntemi tez çalışmasının son bölümünde ele alınmış, Türkiye havzalarında yer

alan 167 adet akarsuyun maksimum akım serisi için L-Moment parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen bu parametrelerin bölgesel değişimi incelendiğinde L_{Cv} (L değişkenlik), L_{Cs} (L çarpıklık) ve L_k (L kurtosis) katsayılarının doğudan batıya doğru bir artış gösterdiği saptanmıştır.

7. ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen L-Moment istatistiklerinin bölgesel taşkın frekans analizine temel oluşturacak nitelikte olduğu düşünülmektedir. L-Moment istatistiklerinden elde edilecek eş L_{Cv} , eş L_{Cs} ve eş L_k eğrilerinin yer alacağı haritalar, ölçüm bulunmayan noktalar için de başarılı bir şekilde kullanılabilecektir. Böylelikle ölçüm istasyonu bulunmayan herhangi bir akım noktasında frekans analizi gerçekleştirilirken, örneğin o noktanın L_{Cs} ve L_k değerleri haritadaki eğrilerden okunarak, o noktadaki akımın olasılık dağılımına karar verilebilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abramowitz, M. and Stegun, I.A.**, 1965. *Handbook of Mathematical Functions*, National Bureau of Standards, Applied Mathematics Series – 55pp.
- Ayesha, S., Rahman, A.S., Rahman, A., Zaman, M.A., Haddad, K. and Ahsan, A.**, Imteaz, M. 2013. A study on selection of probability distributions for at-site flood frequency analysis in Australia, *Nat Hazards* 69:1803–1813pp
- Aytaç, M.**, 1998, *Matematiksel İstatistik*, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa
- Bayazıt, M.**, 1981. *Hidrolojide İstatistik Yöntemler*, İTÜ, İstanbul, 223s.
- Bayazıt, M.**, 1996. *İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri*. İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayın No:1573, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, 245s.
- Bayazıt, M. ve Oğuz, B.**, 1998 *Mühendisler için İstatistik*,. İstanbul, Birsen Yayınevi, 211s.
- Benjamin, J.R. and Cornell, C.A.**, 1970. *Probability, statistics and decisions for civil engineers*. New York, McGraw-Hill.
- Bobée, B., G. Caradias., F. Ashkar., J. Bernier. and P. Rasmussen.**, 1993. Towards a Systematic Approach to Comparing Distributions used in Flood Frequency Analysis, *Journal of Hydraulics*, Vol. 142, pp. 121-136pp.
- Campbell, A.J. and R.C. Sidel.**, 1984. Prediction of Peak Flows on Small Watersheds in Oregon for Use in Culvert Design, *Water Resources Bulletin*, Vol. 20, No. 1, pp. 9-14pp.
- Chow, V.T.**, 1954. The log-probability Law and its Engineering Applications, *Proc. ASCE* v.80, p. 1-25pp.
- Chowdhury, J.V. and J.R. Stedinger.**, 1991. Confidence Interval for Design Floods with Estimated Skew Coefficient, *Journal of Hydraulic Engineering*. , ASCE, pp. 811-839pp.
- Crutcher, H.L.**, 1975. A Note on the Possible Misuse of the Kolmogorov-Smirnov Test, *Journal of Applied Meteorology*, 14:1600-1603pp.
- Haan, C.T.**, 1977. *Statistical methods in hydrology*. Ames, Iowa, Iowa State University Press.
- Haktanir, T.**, 1992. Comparison of Various Flood Frequency Distributions using Annual Flood Peak Data of Rivers in Anatolia, *Journal of Hydraulics*, Vol. 136, pp. 1-31pp.
- Haktanir, T. and Horlacher, H.B.**, 1993. Evaluation of various distributions for flood frequency analysis, *Hydrological Sciences Journal*, 38:1, 15-32pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Haktanir, T., Cobaner, M. and Kisi, O.,** 2010. Frequency analyses of annual extreme rainfall series from 5 min to 24 Hydrol. Process. 24, 3574–3588pp.
- Hazen, A.,** (1914) Storage to be Provided in Impounding Reservoirs for Municipal Water Supply, *Trans. ASCE*, 77 (1308), ASCE, New York, NY.
- Hosking, J.R.M.,** 1990. L-Moments: Analysis and Estimation of Distribution using Linear Combinations of Order Statistics, *Journal of Royal Statistical Society B*, Vol 52, pp. 105-124pp.
- Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R.,** 1993. Some statistics useful in regional frequency analysis, *Water Resources Research*, Volume 29, Issue 2, pages 271–281pp.
- Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R.,** 1997. *Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-moments*. Cambridge University Press
- Gupta, V.L.,** 1970. Selection of Frequency Distribution Models, *Water Resources Research*, Vol. 6, No. 4, pp. 1193-1198pp.
- Kartal, M.,** 1998. *Hipotez Testleri*, Şafak Yayınevi, Erzurum
- Kite G. W.,** 1977. *Frequency and Risk Analysis in Hydrology*. Water Resources Publications, Littleton, CO.
- Laio, F., Di Baldassarre, G. and Montanari, A.,** 2009. Model selection techniques for the frequency analysis of hydrological extremes. *Water Resour. Res.* 45, 07416.
- Markovic, R.D.,** 1965. Probability Functions of Best Fit to Distributions of Annual Precipitation and Runoff, Colorado State University Hydrology Paper No. 8, Fort Collins, CO.
- McCuen, R.H.,** 1979a. Statistical Terminology: Definitions and Interpretation for Flood Peak Estimation, *Water Res. Bull.*, Vol. 15, No. 4, pp. 1106-1116pp.
- McCuen, R.H. and W.J. Rawls.,** 1979b. Classification of Evaluation of Flood Flow Frequency Estimation Techniques, *Water Resources Bulletin*, Vol. 15, No. 1, pp. 88-93pp.
- Merz, R., Blöschl, G. and Humer, G.,** 2008. National flood discharge mapping in Austria, *Nat Hazards*, 46:53–72pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mitosek, H.T., Strupczewski W.G. and Singh VP.,** 2006. Three procedures for selection of annual flood peak distribution, *Journal of Hydrology* 323: 57–73pp.
- Önöz, B. and Bayazit, M.,** 1995. Best-fit Distributions of Largest Available Flood Samples, *Journal of Hydrology*, Vol. 167, pp. 195-208pp.
- Rao, A.R. and K.H. Hamed.,** 1997. Regional frequency analysis of Wabash River flood data by L-moments, *Journal of Hydrologic Engineering* 2 (4), 169-179pp.
- Rao, A.R. and Hamed K.H.,** 2000. Flood frequency analysis. CRC, Boca Raton, FL
- Salinas, J. L., Castellarin, A., Kohnová, S. and Kjeldsen, T. R.,** 2014a. Regional parent flood frequency distributions in Europe – Part 1: Is the GEV model suitable as a pan-European parent? *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 4381–4389pp.
- Salinas, J. L., Castellarin, A., Kohnová, S. and Kjeldsen, T. R.,** 2014b. Regional parent flood frequency distributions in Europe – Part 2: Climate and scale controls, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 4391–4401pp.
- Stephens, M. A.,** 1974. EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons, *Journal of the American Statistical Association*, 69, 730-737pp.
- Strupczewski W.G., Singh V.P. and Feluch W.,** 2001. Non-stationarity approach to at-site flood frequency modeling: I. Maximum likelihood estimation. *J. Hydrol.* 248:123–142pp.
- Turkman, K.F.,** 1985. The Choice of Extremal Models by Akaike's Information Criterion, *Journal of Hydraulic*, Vol. 82, pp. 307-315pp.
- Vogel, R.M.,** 1986. The Probability Plot Correlation Coefficient Test for the Normal, Lognormal and Gumbel Distributional Hypotheses, *Water Resources Research*, vol. 22, No. 4, pp. 587-590pp.
- Vogel R.M. and Fennessey, N.M.,** 1993. *L* moment diagrams should replace product moment diagrams, *Water Resources Research*, Volume 29, Issue 6, pages 1745–1752pp.
- Walpole, R.E. and Myers, R.H.,** 1972. *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. Macmillan, 506 pages
- Yevjevich, V.,** 1972. *Probability and Statistics in Hydrology*, Water Resources Publications, Fort Collins.

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Azerbaycan'ın Bakü şehrinde dünyaya gelen Orhan NİFTELİZADE, ilk, orta ve lise öğrenimini Bakü'de, lisans öğrenimini ise Azerbaycan Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnşaat Mühendisliği bölümünde 2011 yılında tamamlamıştır. 2011 yılında 'Azersu' Açık Anonim Şirketinde mühendis olarak çalışmaya başlamış, 2012 yılında Türkiye'ye gelmiş ve 2012 yılından bu yana da Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimini görmüştür.

EKLER

EK 1: Havzalarda İstasyon Bazında Olasılık Dağılımları

EK2: Havza Bazında Ağırlıklı L-Moment Katsayılarından Elde Edilen L-Moment Oranı Diyagramları

EK 1: Havzalarda İstasyon Bazında Olasılık Dağılımları

Meriç Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	101					103					106				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	7	6	6	19		4	5	4	13		5	5	6	16	
Gen.Ekstrem Değ.	2	2	3	7		3	6	2	11		6	6	5	17	
Gumbel	6	7	7	20		7	7	3	17		7	7	7	21	
Log-Pearson 3	5	4	5	14		2	2	6	10		3	1	1	5	
Lognormal	1	1	1	3		6	3	7	16		1	3	3	7	
Lognormal 3P	4	3	2	9		1	1	1	3		2	2	2	6	
Pearson 3P	3	5	4	12		5	4	5	14		4	4	4	12	

Müteferrik Marmara Suları Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	209					211					212				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	3	2	5	10		2	5	3	10		5	5	6	16	
Gen.Ekstrem Değ.	2	4	3	9		1	2	5	8		2	2	2	6	
Gumbel	4	6	6	16		5	4	4	13		6	6	7	19	
Log-Pearson 3	1	1	2	4		6	6	6	18		1	1	3	5	
Lognormal	5	7	1	13		7	7	7	21		7	7	1	15	
Lognormal 3P	6	3	4	13		3	3	2	8		3	3	4	10	
Pearson 3P	7	5	7	19		4	1	1	6		4	4	5	13	

Susurluk Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	302					311					314				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	6	6	1	13		6	6	3	15		6	6	7	19	
Gen.Ekstrem Değ.	4	5	6	15		5	5	4	14		4	5	4	13	
Gumbel	7	7	2	16		7	7	1	15		7	7	1	15	
Log-Pearson 3	2	2	3	7		4	4	6	14		5	1	2	8	
Lognormal	1	1	4	6		1	1	7	9		1	2	3	6	
Lognormal 3P	3	4	7	14		3	3	5	11		3	3	6	12	
Pearson 3P	5	3	5	13		2	2	2	6		2	4	5	11	

$\alpha=0.05$	316					317					321			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	7	7	7	21		3	4	3	10		6	7	7	20
Gen.Ekstrem Değ.	4	1	4	9		1	2	7	10		4	1	3	8
Gumbel	6	6	1	13		6	7	6	19		5	6	6	17
Log-Pearson 3	3	5	5	13		2	1	2	5		3	5	5	13
Lognormal	1	3	2	6		7	6	1	14		7	4	2	13
Lognormal 3P	5	4	6	15		4	3	5	12		2	3	4	9
Pearson 3P	2	2	3	7		5	5	4	14		1	2	1	4

$\alpha=0.05$	324					328				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	5	4	5	14		4	4	4	12	
Gen.Ekstrem Değ.	1	3	4	8		3	5	3	11	
Gumbel	6	5	6	17		7	7	7	21	
Log-Pearson 3	4	7	1	12		5	3	2	10	
Lognormal	7	6	7	20		6	6	1	13	
Lognormal 3P	2	1	3	6		1	1	5	7	
Pearson 3P	3	2	2	7		2	2	6	10	

Müteferrik Ege Suları Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	408				
	KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	6	6	7	19	
Gen.Ekstrem Değ.	2	4	4	10	
Gumbel	7	7	6	20	
Log-Pearson 3	3	2	2	7	
Lognormal	5	5	5	15	
Lognormal 3P	4	3	1	8	
Pearson 3P	1	1	3	5	

Gediz Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	509					510					514			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	4	4	7	15		6	6	7	19		5	5	3	13
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	1	3		3	2	5	10		6	6	6	18
Gumbel	6	6	3	15		7	7	6	20		7	7	5	19
Log-Pearson 3	5	5	6	16		1	4	4	9		3	3	7	13
Lognormal	7	7	4	18		4	5	3	12		4	4	1	9
Lognormal 3P	2	2	2	6		2	3	1	6		1	1	2	4
Pearson 3P	3	3	5	11		5	1	2	8		2	2	4	8

$\alpha=0.05$	515				518				522			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	5	5	2	12	4	5	6	15	1	4	6	11
Gen.Ekstrem Değ.	1	3	3	7	2	2	2	6	5	1	3	9
Gumbel	7	7	7	21	6	6	5	17	6	3	4	13
Log-Pearson 3	2	1	5	8	1	1	1	3	4	5	5	14
Lognormal	3	2	6	11	7	7	7	21	7	7	1	15
Lognormal 3P	4	4	1	9	3	3	4	10	2	2	7	11
Pearson 3P	6	6	4	16	5	4	3	12	3	6	2	11

$\alpha=0.05$	523				524				525			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	5	1	12	7	6	7	20	6	6	6	18
Gen.Ekstrem Değ.	1	3	4	8	2	2	5	9	4	2	1	7
Gumbel	7	7	2	16	6	7	6	19	7	7	7	21
Log-Pearson 3	3	1	3	7	1	1	4	6	5	4	5	14
Lognormal	2	6	5	13	9	5	2	16	3	5	4	12
Lognormal 3P	4	2	6	12	4	3	3	10	2	3	2	7
Pearson 3P	5	4	7	16	5	4	1	10	1	1	3	5

Küçük Menderes Havzası

$\alpha=0.05$	601			
	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	4	4	2	10
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	6	8
Gumbel	6	5	7	18
Log-Pearson 3	7	7	1	15
Lognormal	3	3	3	9
Lognormal 3P	2	2	4	8
Pearson 3P	5	6	5	16

Büyük Menderes Havzası

$\alpha=0.05$	701				704				706			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	2	1	1	4	2	4	3	9	5	5	5	15
Gen.Ekstrem Değ.	6	6	7	19	6	5	6	17	1	1	4	6
Gumbel	7	7	6	20	5	7	4	16	7	7	7	21
Log-Pearson 3	3	2	4	9	4	3	7	14	2	2	1	5
Lognormal	5	4	2	11	7	6	5	18	6	6	3	15
Lognormal 3P	1	3	3	7	3	2	2	7	4	3	6	13
Pearson 3P	4	5	5	14	1	1	1	3	3	4	2	9

$\alpha=0.05$	712				713				725			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	6	2	14	7	6	7	20	5	6	1	12
Gen.Ekstrem Değ.	2	3	5	10	3	1	3	7	6	3	3	12
Gumbel	7	7	1	15	6	5	5	16	1	4	7	12
Log-Pearson 3	3	1	4	8	4	7	1	12	3	5	4	12
Lognormal	1	2	3	6	5	4	4	13	7	7	2	16
Lognormal 3P	4	4	7	15	2	3	6	11	2	2	5	9
Pearson 3P	5	5	6	16	1	2	2	5	4	1	6	11

$\alpha=0.05$	726				728			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	6	2	14	2	5	1	8
Gen.Ekstrem Değ.	3	4	1	8	6	6	7	19
Gumbel	7	7	7	21	7	7	6	20
Log-Pearson 3	4	2	4	10	3	1	4	8
Lognormal	5	5	3	13	5	3	2	10
Lognormal 3P	1	1	5	7	1	2	3	6
Pearson 3P	2	3	6	11	4	4	5	13

Müteferrik Batı Akdeniz Suları Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	808				809				811			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	1	5	5	11	6	6	6	18	1	2	3	6
Gen.Ekstrem Değ.	3	3	7	13	1	2	2	5	3	5	7	15
Gumbel	6	6	1	13	7	7	7	21	4	7	5	16
Log-Pearson 3	4	1	2	7	4	5	3	12	2	1	6	9
Lognormal	7	7	3	17	5	4	5	14	7	4	1	12
Lognormal 3P	2	2	4	8	3	3	4	10	5	3	2	10
Pearson 3P	5	4	6	15	2	1	1	4	6	6	4	16

$\alpha=0.05$	812				815			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	5	5	3	13	3	2	1	6
Gen.Ekstrem Değ.	3	1	6	10	2	3	2	7
Gumbel	6	7	7	20	1	1	4	6
Log-Pearson 3	1	2	2	5	4	4	7	15
Lognormal	7	6	1	14	6	6	5	17
Lognormal 3P	2	3	4	9	7	7	3	17
Pearson 3P	4	4	5	13	5	5	6	16

Müteferrik Orta Akdeniz Suları Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	902					912					917				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	2	1	1	4		6	5	2	13		3	2	6	11	
Gen.Ekstrem Değ.	1	2	2	5		1	1	3	5		1	3	5	9	
Gumbel	3	4	3	10		7	7	7	21		7	7	7	21	
Log-Pearson 3	5	3	4	12		2	2	1	5		2	1	2	5	
Lognormal	7	7	7	21		3	6	6	15		4	5	4	13	
Lognormal 3P	6	6	6	18		4	3	4	11		5	4	3	12	
Pearson 3P	4	5	5	14		5	4	5	14		6	6	1	13	

$\alpha=0.05$	918				
	KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	7	6	3	16	
Gen.Ekstrem Değ.	3	5	2	10	
Gumbel	6	7	1	14	
Log-Pearson 3	1	2	6	9	
Lognormal	2	4	7	13	
Lognormal 3P	4	1	4	9	
Pearson 3P	5	3	5	13	

Afyon Suları Kapalı Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	1102					1104				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	7	6	6	19		3	3	6	12	
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	2	4		1	1	4	6	
Gumbel	6	7	7	20		4	4	2	10	
Log-Pearson 3	3	3	5	11		7	7	1	15	
Lognormal	4	4	4	12		6	5	5	16	
Lognormal 3P	5	5	3	13		2	2	3	7	
Pearson 3P	2	2	1	5		5	6	7	18	

Sakarya Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	1203					1218					1219				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	6	6	7	19		6	5	6	17		6	5	6	17	
Gen.Ekstrem Değ.	2	1	2	5		1	3	2	6		5	6	7	18	
Gumbel	7	7	6	20		4	4	5	13		7	7	2	16	
Log-Pearson 3	1	4	3	8		7	7	1	15		3	2	3	8	
Lognormal	5	5	5	15		5	6	7	18		4	3	4	11	
Lognormal 3P	3	3	4	10		3	2	4	9		1	1	1	3	
Pearson 3P	4	2	1	7		2	1	3	6		2	4	5	11	

$\alpha=0.05$	1221					1222					1224				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	7	7	1	15		5	5	7	17		6	5	5	16	
Gen.Ekstrem Değ.	2	1	5	8		2	2	3	7		1	1	2	4	
Gumbel	6	6	7	19		6	6	6	18		7	7	4	18	
Log-Pearson 3	5	5	6	16		1	1	1	3		3	3	3	9	
Lognormal	4	3	2	9		7	7	5	19		2	2	1	5	
Lognormal 3P	3	4	3	10		3	3	4	10		5	6	76	87	
Pearson 3P	1	2	4	7		4	4	2	10		4	4	24	32	

$\alpha=0.05$	1226					1233					1237				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	2	5	4	11		5	6	5	16		6	6	7	19	
Gen.Ekstrem Değ.	1	6	7	14		1	4	4	9		4	4	5	13	
Gumbel	7	7	3	17		7	7	7	21		7	7	6	20	
Log-Pearson 3	3	2	5	10		4	2	2	8		3	3	3	9	
Lognormal	5	3	6	14		6	5	6	17		5	5	4	14	
Lognormal 3P	4	1	1	6		3	3	3	9		2	2	2	6	
Pearson 3P	6	4	2	12		2	1	1	4		1	1	1	3	

$\alpha=0.05$	1239					1242					1243				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	4	5	3	12		6	6	6	18		5	5	1	11	
Gen.Ekstrem Değ.	1	6	2	9		3	4	3	10		1	1	7	9	
Gumbel	7	7	1	15		7	7	7	21		7	7	4	18	
Log-Pearson 3	2	2	4	8		4	3	2	9		3	4	5	12	
Lognormal	3	4	6	13		5	5	4	14		6	6	6	18	
Lognormal 3P	5	1	7	13		2	1	1	4		2	2	3	7	
Pearson 3P	6	3	5	14		1	2	5	8		4	3	2	9	

$\alpha=0.05$	1244					1245					1248				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	6	6	25	37		1	2	4	7		4	6	7	17	
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	1	3		2	1	6	9		1	2	1	4	
Gumbel	7	7	41	55		5	5	7	17		6	5	6	17	
Log-Pearson 3	5	5	11	21		6	6	5	17		5	1	3	9	
Lognormal	3	3	13	19		7	7	1	15		7	7	2	16	
Lognormal 3P	4	4	10	18		4	4	2	10		2	3	4	9	
Pearson 3P	2	2	3	7		3	3	3	9		3	4	5	12	

$\alpha=0.05$	1249				
	KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	5	6	2	13	
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	7	9	
Gumbel	6	5	3	14	
Log-Pearson 3	4	4	1	9	
Lognormal	7	7	4	18	
Lognormal 3P	2	2	6	10	
Pearson 3P	3	3	5	11	

Müteferrik Batı Karadeniz Suları Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	1302					1307					1314				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	7	7	7	21		5	5	6	16		5	5	5	15	
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	5	7		2	2	1	5		2	2	7	11	
Gumbel	4	3	6	13		7	7	7	21		7	7	3	17	
Log-Pearson 3	6	7	4	17		1	1	5	7		6	3	6	15	
Lognormal	3	4	3	10		6	6	2	14		1	1	2	4	
Lognormal 3P	5	5	2	12		3	3	4	10		3	4	1	8	
Pearson 3P	2	2	1	5		4	4	3	11		4	6	4	14	

$\alpha=0.05$	1319					1327					1330				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	6	6	6	18		6	6	4	16		6	2	1	9	
Gen.Ekstrem Değ.	1	4	2	7		1	2	3	6		5	3	4	12	
Gumbel	7	7	7	21		7	7	7	21		7	7	3	17	
Log-Pearson 3	2	1	1	4		2	1	1	4		3	1	6	10	
Lognormal	4	5	3	12		5	4	2	11		1	6	5	12	
Lognormal 3P	3	2	5	10		4	3	6	13		2	4	7	13	
Pearson 3P	5	3	4	12		3	5	5	13		4	5	2	11	

$\alpha=0.05$	1331				1332				1333			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	6	5	17	5	5	4	14	7	6	7	20
Gen.Ekstrem Değ.	1	2	7	10	1	1	1	3	3	4	1	8
Gumbel	7	7	4	18	7	7	7	21	6	7	6	19
Log-Pearson 3	3	3	2	8	2	2	2	6	4	3	2	9
Lognormal	5	5	1	11	6	6	6	18	5	5	3	13
Lognormal 3P	4	4	3	11	3	3	5	11	2	1	5	8
Pearson 3P	2	1	6	9	4	4	3	11	1	2	4	7

$\alpha=0.05$	1334				1335			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	7	7	6	20	6	6	7	19
Gen.Ekstrem Değ.	4	3	3	10	2	2	1	5
Gumbel	6	6	7	19	7	7	4	18
Log-Pearson 3	5	5	4	14	3	1	2	6
Lognormal	1	4	2	7	1	3	6	10
Lognormal 3P	2	2	5	9	5	4	5	14
Pearson 3P	3	1	1	5	4	5	3	12

Yeşilirmak Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	1401				1402				1408			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	5	5	5	15	7	7	1	15	7	7	7	21
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	4	6	1	2	4	7	2	1	1	4
Gumbel	7	7	7	21	6	5	3	14	5	6	5	16
Log-Pearson 3	4	3	1	8	5	4	5	14	1	2	4	7
Lognormal	6	6	6	18	4	6	2	12	6	5	6	17
Lognormal 3P	2	2	2	6	3	3	6	12	3	3	3	9
Pearson 3P	3	4	3	10	2	1	7	10	4	4	2	10

$\alpha=0.05$	1412				1413				1414			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	5	2	2	9	5	5	1	11	5	4	6	15
Gen.Ekstrem Değ.	6	3	1	10	1	1	6	8	1	2	7	10
Gumbel	7	6	4	17	6	6	3	15	3	5	1	9
Log-Pearson 3	1	1	3	5	4	2	2	8	6	6	3	15
Lognormal	4	7	7	18	7	7	7	21	7	7	2	16
Lognormal 3P	2	4	5	11	3	4	4	11	4	3	4	11
Pearson 3P	3	5	6	14	2	3	5	10	2	1	5	8

$\alpha=0.05$	1418					1422					1424			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	4	3	4	11		7	7	2	16		2	2	1	5
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	1	3		1	2	4	7		1	1	6	8
Gumbel	7	7	7	21		6	6	1	13		4	5	7	16
Log-Pearson 3	2	2	6	10		2	1	5	8		3	3	2	8
Lognormal	3	6	5	14		3	3	3	9		6	6	3	15
Lognormal 3P	5	4	3	12		5	4	6	15		5	4	4	13
Pearson 3P	6	5	2	13		4	5	7	16		7	7	5	19

Kızılırmak Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	1501					1503					1517			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	7	7	2	16		5	5	7	17		5	5	1	11
Gen.Ekstrem Değ.	4	2	3	9		1	1	1	3		1	1	7	9
Gumbel	3	5	5	13		7	7	5	19		7	6	2	15
Log-Pearson 3	2	1	1	4		6	6	6	18		2	2	3	7
Lognormal	1	6	7	14		3	3	2	8		6	7	4	17
Lognormal 3P	5	3	4	12		4	4	4	12		4	4	5	13
Pearson 3P	6	4	6	16		2	2	3	7		3	3	6	12

$\alpha=0.05$	1524					1532					1536			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	6	6	18		2	7	7	16		7	7	5	19
Gen.Ekstrem Değ.	3	2	5	10		5	3	2	10		2	4	4	10
Gumbel	7	7	7	21		1	6	6	13		4	6	2	12
Log-Pearson 3	2	3	3	8		3	1	1	5		1	3	3	7
Lognormal	5	5	1	11		6	5	3	14		3	5	1	9
Lognormal 3P	4	4	2	10		4	2	5	11		5	1	6	12
Pearson 3P	1	1	4	6		7	4	4	15		6	2	7	15

$\alpha=0.05$	1538					1539				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	5	5	1	11		3	4	1	8	
Gen.Ekstrem Değ.	1	2	2	5		2	1	5	8	
Gumbel	6	4	7	17		1	5	7	13	
Log-Pearson 3	7	6	4	17		6	6	6	18	
Lognormal	4	7	3	14		7	7	2	16	
Lognormal 3P	3	3	5	11		4	3	3	10	
Pearson 3P	2	1	6	9		5	2	4	11	

Orta Anadolu Kapalı Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	1604					1611					1612			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	7	7	7	21		7	6	7	20		6	4	7	17
Gen.Ekstrem Değ.	2	1	1	4		4	2	4	10		4	3	6	13
Gumbel	5	6	5	16		6	7	6	19		7	6	4	17
Log-Pearson 3	1	4	2	7		2	5	2	9		5	5	2	12
Lognormal	6	5	6	17		5	3	5	13		1	1	5	7
Lognormal 3P	4	3	4	11		1	4	1	6		3	4	1	8
Pearson 3P	3	2	3	8		3	1	3	7		2	2	3	7

$\alpha=0.05$	1621					1622				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	7	7	7	21		6	6	6	18	
Gen.Ekstrem Değ.	6	1	1	8		3	2	3	8	
Gumbel	1	2	6	9		7	7	7	21	
Log-Pearson 3	3	3	4	10		4	4	4	12	
Lognormal	4	6	3	13		1	1	2	4	
Lognormal 3P	5	5	2	12		5	5	5	15	
Pearson 3P	2	4	3	9		2	3	1	6	

Müteferrik Doğu Akdeniz Suları Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	1712					1714					1717			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	7	7	6	20		5	5	6	16		6	6	7	19
Gen.Ekstrem Değ.	4	1	3	8		1	1	2	4		3	3	4	10
Gumbel	1	3	7	11		7	7	7	21		7	7	6	20
Log-Pearson 3	3	2	4	9		2	2	5	9		5	5	2	12
Lognormal	2	4	2	8		6	6	1	13		1	1	1	3
Lognormal 3P	5	6	5	16		3	3	3	9		4	4	3	11
Pearson 3P	6	5	1	12		4	4	4	12		2	2	5	9

$\alpha=0.05$	1719					1720					1721			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	5	5	3	13		7	7	7	21		2	2	2	6
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	2	4		3	6	1	10		1	1	3	5
Gumbel	7	6	1	14		5	2	3	10		5	6	1	12
Log-Pearson 3	2	4	4	10		6	5	6	17		6	5	6	17
Lognormal	6	7	6	19		2	4	4	10		7	7	7	21
Lognormal 3P	3	2	7	12		4	3	5	12		4	4	4	12
Pearson 3P	4	3	5	12		1	1	2	4		3	3	5	11

Seyhan Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	1801				1805				1818			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	6	7	19	7	7	7	21	5	7	7	19
Gen.Ekstrem Değ.	7	2	1	10	4	2	1	7	7	2	2	11
Gumbel	3	7	6	16	6	6	6	18	1	6	6	13
Log-Pearson 3	5	5	2	12	5	5	3	13	3	4	3	10
Lognormal	1	4	5	10	3	4	2	9	2	1	1	4
Lognormal 3P	2	3	4	9	2	3	4	9	4	5	5	14
Pearson 3P	4	1	3	8	1	1	5	7	6	3	4	13

$\alpha=0.05$	1820				1822			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	6	2	14	6	7	5	18
Gen.Ekstrem Değ.	5	4	6	15	4	2	4	10
Gumbel	7	7	1	15	7	6	7	20
Log-Pearson 3	4	2	7	13	5	5	6	16
Lognormal	1	5	3	9	2	3	1	6
Lognormal 3P	3	3	4	10	3	4	2	9
Pearson 3P	2	1	5	8	1	1	3	5

Hatay Suları Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	1905				1906				1907			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	5	5	3	13	6	6	7	19	4	4	5	13
Gen.Ekstrem Değ.	1	3	4	8	5	5	3	13	3	3	1	7
Gumbel	4	4	2	10	7	7	1	15	6	6	6	18
Log-Pearson 3	6	7	1	14	3	1	4	8	5	5	3	13
Lognormal	7	6	7	20	1	3	5	9	7	7	7	21
Lognormal 3P	3	2	6	11	2	2	6	10	2	2	4	8
Pearson 3P	2	1	5	8	4	4	2	10	1	1	2	4

$\alpha=0.05$	1908			
	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	4	4	7	15
Gen.Ekstrem Değ.	3	3	6	12
Gumbel	5	6	2	13
Log-Pearson 3	6	5	3	14
Lognormal	7	7	1	15
Lognormal 3P	2	1	5	8
Pearson 3P	1	2	4	7

Ceyhan Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	2004				2006				2007			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	2	2	3	7	3	2	1	6	7	7	7	21
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	2	4	2	1	5	8	4	2	3	9
Gumbel	6	6	7	19	1	3	4	8	6	6	6	18
Log-Pearson 3	3	3	1	7	6	4	3	13	5	5	5	15
Lognormal	7	7	4	18	7	7	6	20	2	4	4	10
Lognormal 3P	5	5	6	16	5	6	2	13	3	3	1	7
Pearson 3P	4	4	5	13	4	5	7	16	1	1	2	4

$\alpha=0.05$	2008				2009				2020			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	6	6	18	5	6	7	18	6	6	4	16
Gen.Ekstrem Değ.	2	3	7	12	7	2	2	11	1	1	1	3
Gumbel	7	7	3	17	2	7	1	10	5	4	3	12
Log-Pearson 3	3	1	1	5	6	3	6	15	2	2	6	10
Lognormal	1	2	2	5	1	5	3	9	3	5	2	10
Lognormal 3P	4	4	5	13	4	4	5	13	7	7	5	19
Pearson 3P	5	5	4	14	3	1	4	8	4	3	7	14

$\alpha=0.05$	2022			
	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	6	5	17
Gen.Ekstrem Değ.	3	4	4	11
Gumbel	7	7	6	20
Log-Pearson 3	4	3	2	9
Lognormal	5	5	7	17
Lognormal 3P	2	2	3	7
Pearson 3P	1	1	1	3

Fırat Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	2102				2115				2119			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	4	3	6	13	6	6	6	18	7	7	7	21
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	3	5	2	2	2	6	3	3	4	10
Gumbel	7	7	7	21	7	7	7	21	1	4	5	10
Log-Pearson 3	3	2	2	7	5	5	5	15	6	5	2	13
Lognormal	2	6	1	9	3	4	3	10	5	6	6	17
Lognormal 3P	5	4	5	14	4	3	4	11	4	2	3	9
Pearson 3P	6	5	4	15	1	1	1	3	2	1	1	4

$\alpha=0.05$	2122				2124				2131			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	4	4	2	10	4	3	4	11	6	6	7	19
Gen.Ekstrem Değ.	5	1	3	9	1	1	1	3	4	4	3	11
Gumbel	1	6	4	11	6	7	7	20	7	7	6	20
Log-Pearson 3	6	5	5	16	2	2	5	9	2	2	2	6
Lognormal	7	7	1	15	7	6	2	15	5	5	5	15
Lognormal 3P	2	2	6	10	3	4	6	13	3	3	4	10
Pearson 3P	3	3	7	13	5	5	3	13	1	1	1	3

$\alpha=0.05$	2132				2133				2135			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	3	5	5	13	6	5	1	12	1	4	2	7
Gen.Ekstrem Değ.	6	6	4	16	3	3	4	10	2	1	3	6
Gumbel	7	7	7	21	5	4	7	16	4	7	1	12
Log-Pearson 3	2	1	1	4	4	6	2	12	3	2	5	10
Lognormal	4	2	2	8	7	7	3	17	5	3	7	15
Lognormal 3P	1	3	3	11	2	2	6	10	7	5	4	16
Pearson 3P	5	4	6	15	1	1	5	7	6	6	6	18

$\alpha=0.05$	2145				2149				2151			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	7	7	7	21	5	5	6	16	1	1	2	4
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	1	3	3	1	1	5	2	2	1	5
Gumbel	6	6	2	14	6	6	6	18	5	6	3	14
Log-Pearson 3	3	3	3	9	4	4	4	12	4	3	5	12
Lognormal	5	5	4	14	7	7	7	21	7	7	6	20
Lognormal 3P	4	4	5	13	2	3	3	8	6	5	7	18
Pearson 3P	2	2	6	10	1	2	2	5	3	4	4	11

$\alpha=0.05$	2154				2156				2157			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	5	7	2	14	4	5	5	14	6	6	7	19
Gen.Ekstrem Değ.	2	2	4	8	2	2	1	5	1	2	1	4
Gumbel	6	3	1	10	7	7	6	20	7	7	5	19
Log-Pearson 3	3	1	6	10	1	1	2	4	2	1	6	9
Lognormal	7	4	5	16	6	6	7	19	3	4	4	11
Lognormal 3P	1	2	7	10	3	3	4	10	4	3	3	10
Pearson 3P	4	6	3	13	5	4	3	12	5	5	2	12

$\alpha=0.05$	2158					2164					2165			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	5	6	7	18		5	5	6	16		5	5	6	16
Gen.Ekstrem Değ.	3	2	5	10		1	1	1	3		4	2	2	8
Gumbel	7	7	6	20		6	7	4	17		6	6	5	17
Log-Pearson 3	2	1	2	5		2	3	3	8		-	-	-	N/A
Lognormal	1	3	1	5		7	6	7	20		3	4	1	8
Lognormal 3P	6	5	3	14		4	4	5	13		2	3	4	9
Pearson 3P	4	4	4	12		3	2	2	7		1	1	3	5

$\alpha=0.05$	2166			
	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	3	4	5	12
Gen.Ekstrem Değ.	5	2	7	14
Gumbel	1	6	4	11
Log-Pearson 3	6	1	2	9
Lognormal	7	7	1	15
Lognormal 3P	4	3	3	10
Pearson 3P	2	5	6	13

Müteferrik Doğu Karadeniz Suları Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	2202					2213					2215			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	7	7	1	15		6	7	7	20		3	5	1	9
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	4	6		1	2	1	4		2	1	5	8
Gumbel	6	6	7	19		7	6	4	17		4	3	2	9
Log-Pearson 3	5	3	5	13		3	3	6	12		5	4	7	16
Lognormal	3	5	2	10		5	5	3	13		1	2	6	9
Lognormal 3P	4	4	6	14		4	4	5	13		7	7	4	18
Pearson 3P	2	2	3	7		2	1	2	5		6	6	3	15

$\alpha=0.05$	2218					2228					2232			
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ
Gamma	7	7	7	21		5	5	6	16		7	6	7	20
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	2	4		1	1	1	3		1	2	2	5
Gumbel	6	6	6	18		7	7	7	21		6	5	6	17
Log-Pearson 3	2	3	1	6		3	2	2	7		4	7	1	12
Lognormal	5	5	5	15		4	4	4	12		5	4	5	14
Lognormal 3P	4	4	4	12		6	6	5	17		3	3	3	9
Pearson 3P	3	2	3	8		2	3	3	8		2	1	4	7

$\alpha=0.05$	2233					2238					2245				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	6	7	2	15		2	2	2	6		1	2	4	7	
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	1	3		1	1	4	6		2	3	5	10	
Gumbel	5	5	7	17		6	7	7	20		4	7	3	14	
Log-Pearson 3	4	3	6	13		3	3	3	9		3	1	7	11	
Lognormal	7	6	5	18		7	6	1	14		7	5	1	13	
Lognormal 3P	2	2	4	8		5	4	6	15		5	4	2	11	
Pearson 3P	3	4	3	10		4	5	5	14		6	6	6	18	

$\alpha=0.05$	2247				
	KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	6	6	5	17	
Gen.Ekstrem Değ.	1	4	7	12	
Gumbel	7	7	6	20	
Log-Pearson 3	2	2	1	5	
Lognormal	4	5	2	11	
Lognormal 3P	5	1	4	10	
Pearson 3P	3	3	3	9	

Çoruh Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	2304					2305					2315				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	6	7	6	19		2	2	18	22		6	7	6	19	
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	2	4		1	1	23	25		2	3	2	7	
Gumbel	7	6	7	20		7	7	37	51		5	5	4	14	
Log-Pearson 3	5	5	3	13		4	3	27	34		3	1	3	7	
Lognormal	3	2	1	6		6	4	33	43		7	6	7	20	
Lognormal 3P	4	4	4	12		3	6	28	37		1	2	1	4	
Pearson 3P	2	3	5	10		5	5	24	34		4	4	5	13	

$\alpha=0.05$	2316					2320					2321				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	5	5	4	14		1	4	6	11		2	6	1	9	
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	1	3		3	1	3	7		1	1	2	4	
Gumbel	7	7	3	17		2	5	5	12		7	7	7	21	
Log-Pearson 3	2	2	5	9		-	-	-	N/A		3	2	4	9	
Lognormal	3	4	2	9		6	6	1	13		6	5	3	14	
Lognormal 3P	6	3	6	15		4	2	4	10		4	3	6	13	
Pearson 3P	4	6	7	17		5	3	2	10		5	4	5	14	

$\alpha=0.05$	2322				2323				2325			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	3	5	4	12	7	7	3	17	4	6	2	12
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	1	3	5	3	5	13	1	2	4	7
Gumbel	7	7	7	21	3	1	4	8	5	7	3	15
Log-Pearson 3	2	3	2	7	4	5	7	16	2	1	5	8
Lognormal	4	6	3	13	6	6	6	18	7	4	7	18
Lognormal 3P	7	2	5	11	2	4	1	7	6	3	6	15
Pearson 3P	5	4	6	15	1	2	2	5	3	5	1	9

Aras Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	2402				2409				2415			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	7	5	5	17	6	6	1	13	7	6	2	15
Gen.Ekstrem Değ.	1	2	1	4	1	4	2	7	3	3	3	9
Gumbel	5	4	7	16	7	7	7	21	6	7	4	17
Log-Pearson 3	6	6	3	15	3	1	4	8	1	1	6	8
Lognormal	2	7	2	11	4	2	3	9	2	2	1	5
Lognormal 3P	4	3	4	11	2	3	5	10	4	4	5	13
Pearson 3P	3	1	6	10	5	5	6	16	5	5	7	17

$\alpha=0.05$	2418			
	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	6	5	17
Gen.Ekstrem Değ.	1	2	1	4
Gumbel	7	7	4	18
Log-Pearson 3	2	1	3	6
Lognormal	3	3	2	8
Lognormal 3P	5	4	7	16
Pearson 3P	4	5	6	15

Van Gölü Kapalı Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

$\alpha=0.05$	2505				2507			
	KS	AD	X^2	Σ	KS	AD	X^2	Σ
Gamma	6	6	1	13	2	2	4	8
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	5	7	4	3	7	14
Gumbel	5	5	2	12	7	7	6	20
Log-Pearson 3	3	2	4	9	1	1	1	3
Lognormal	2	3	6	11	6	6	3	15
Lognormal 3P	7	7	7	21	3	4	2	9
Pearson 3P	4	4	3	11	5	5	5	15

Dicle Havzası Olasılık Dağılımı Uygunlukları

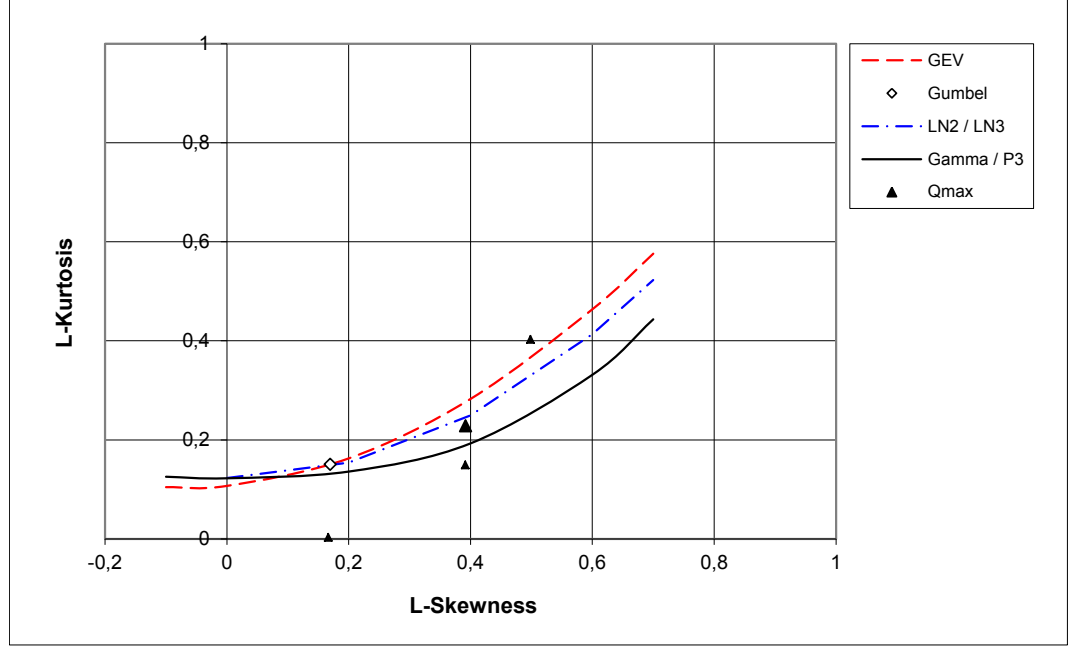
$\alpha=0.05$	2603					2606					2610				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	3	2	2	7		5	5	7	17		2	3	2	7	
Gen.Ekstrem Değ.	1	3	3	7		3	1	2	6		1	1	1	3	
Gumbel	7	7	7	21		6	6	6	18		7	7	7	21	
Log-Pearson 3	2	1	4	7		4	4	5	13		3	2	3	8	
Lognormal	4	6	1	11		7	7	1	15		6	6	4	16	
Lognormal 3P	5	4	6	15		1	3	4	8		5	4	6	15	
Pearson 3P	6	5	5	16		2	2	3	7		4	5	5	14	

$\alpha=0.05$	2612					2618					2620				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	3	4	6	13		4	4	1	9		5	7	5	17	
Gen.Ekstrem Değ.	1	1	2	4		1	3	6	10		4	2	1	7	
Gumbel	6	6	7	19		6	5	3	14		7	6	7	20	
Log-Pearson 3	2	2	3	7		5	6	7	18		3	3	2	8	
Lognormal	7	7	1	15		7	7	4	18		6	5	6	17	
Lognormal 3P	5	5	4	14		3	1	2	6		2	4	3	9	
Pearson 3P	4	3	5	12		2	2	5	9		1	1	4	6	

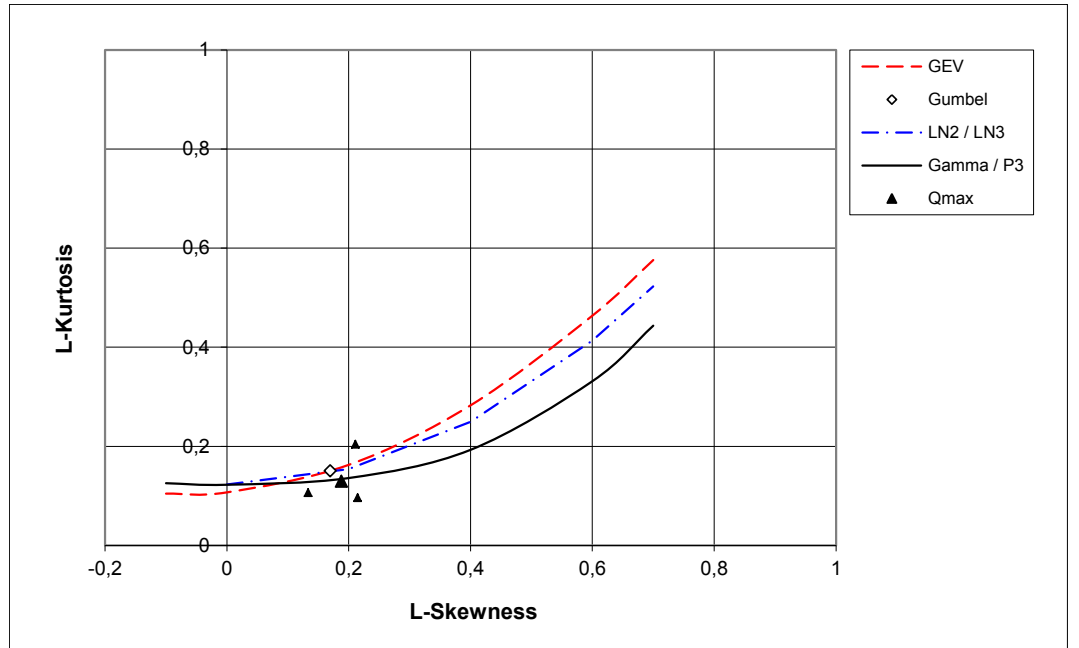
$\alpha=0.05$	2621					2624				
	KS	AD	X^2	Σ		KS	AD	X^2	Σ	
Gamma	5	7	1	13		5	5	7	17	
Gen.Ekstrem Değ.	3	4	6	13		2	2	4	8	
Gumbel	6	6	2	14		6	6	5	17	
Log-Pearson 3	4	3	7	14		1	1	6	8	
Lognormal	7	5	3	15		7	7	2	16	
Lognormal 3P	1	1	5	7		4	3	3	10	
Pearson 3P	2	2	4	8		3	4	1	8	

EK2: Havza Bazında Ağırlıklı L-Moment Katsayılarından Elde Edilen L-Moment Oranı Diyagramları

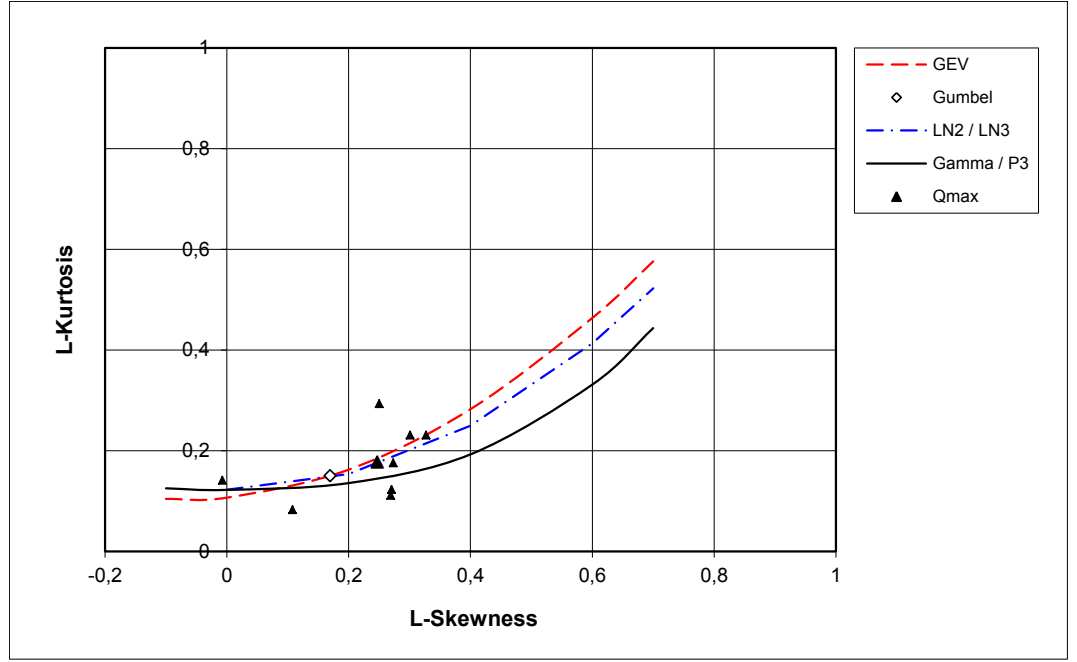
Meriç Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



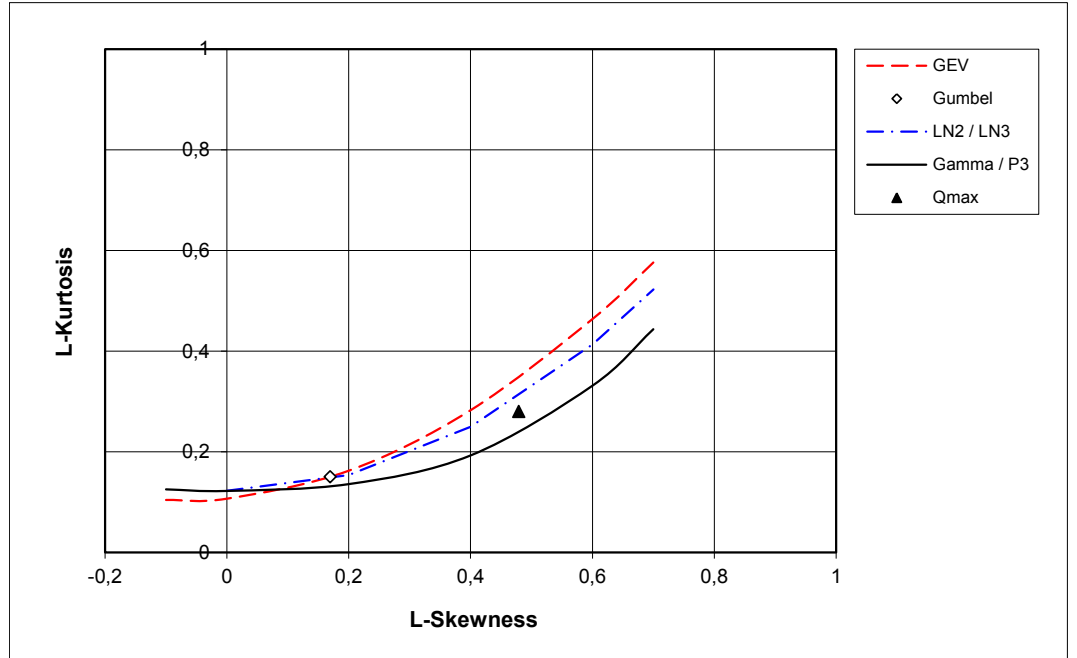
Müteferrik Marmara Suları Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



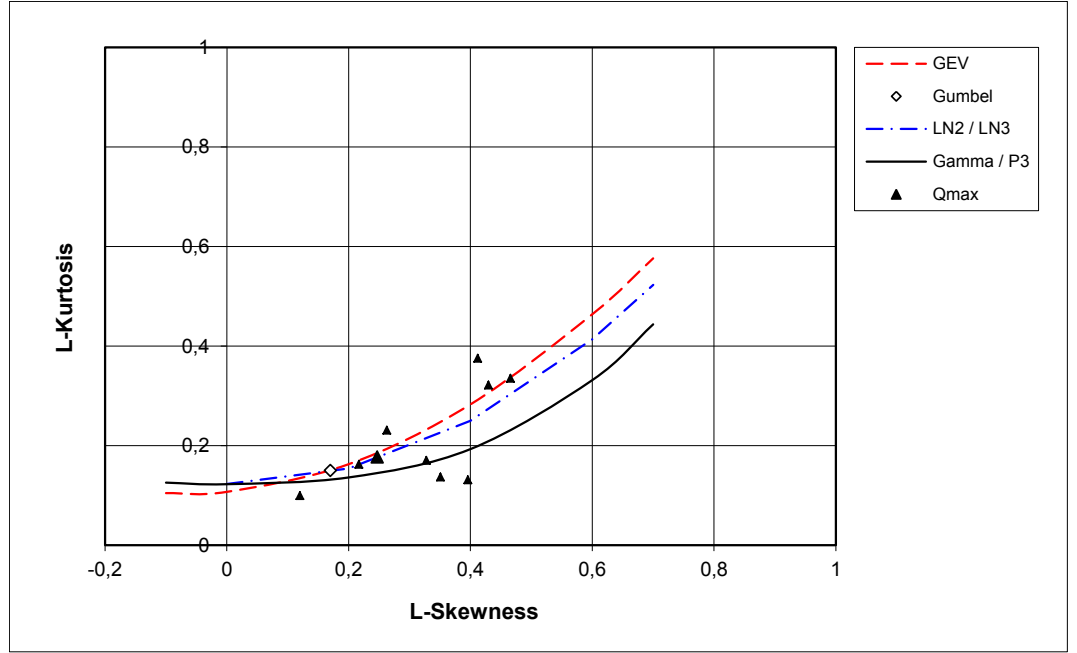
Susurluk Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



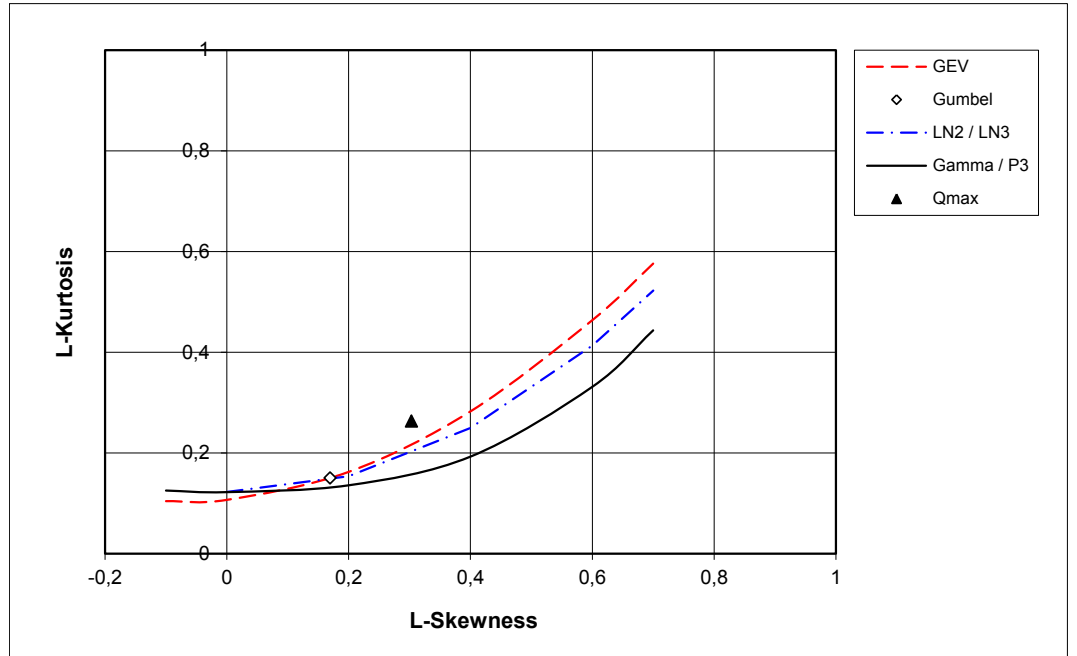
Müteferrik Ege Suları Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



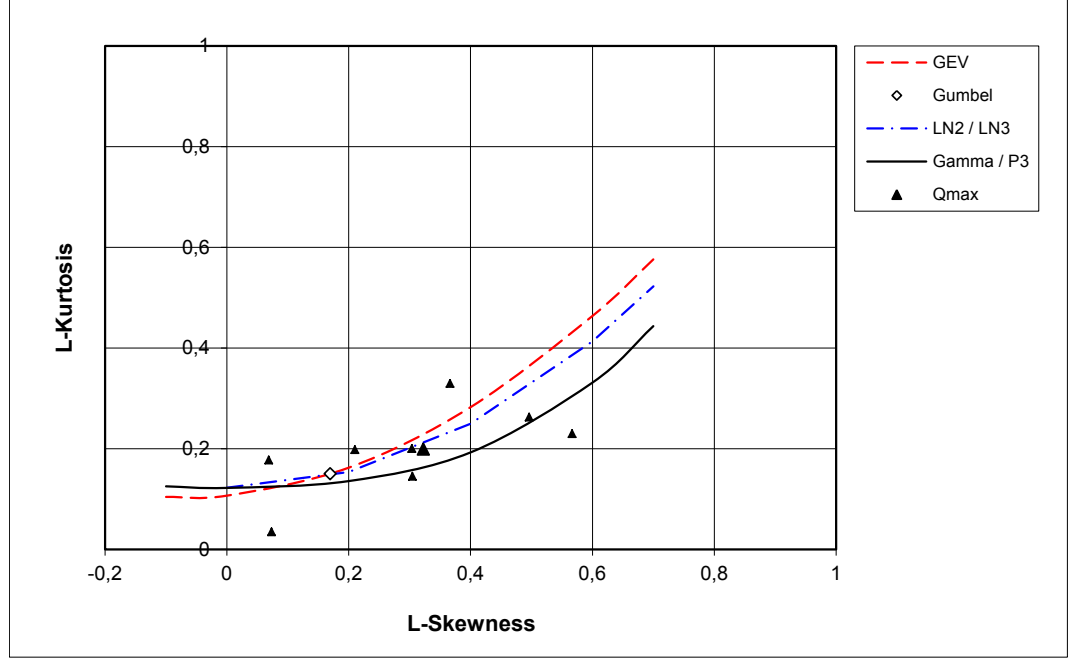
Gediz Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



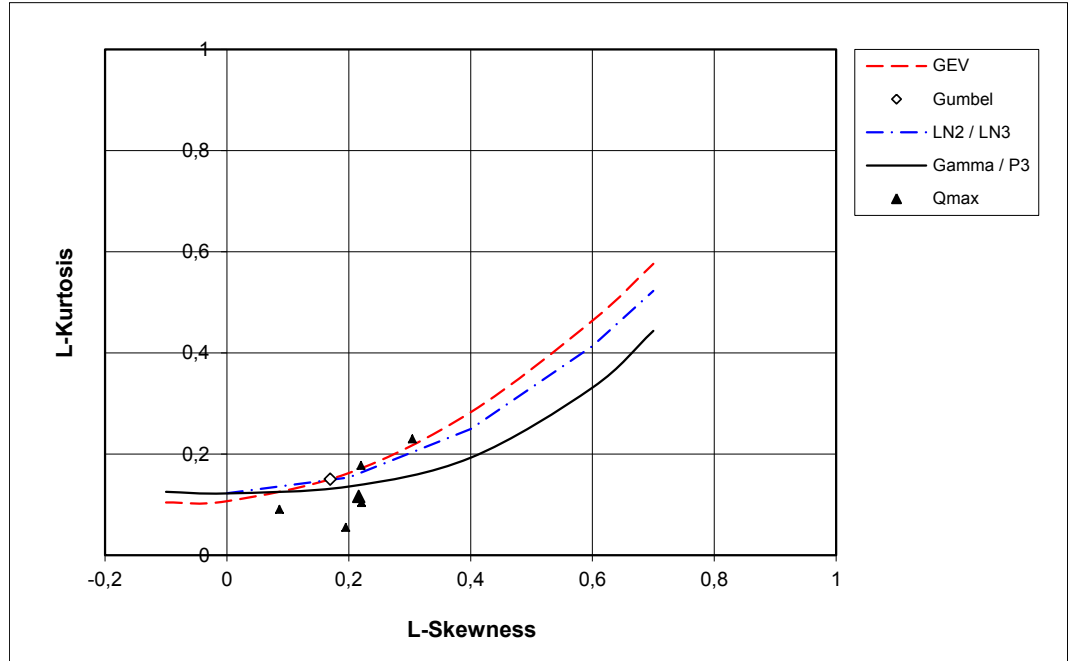
Küçük Menderes Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



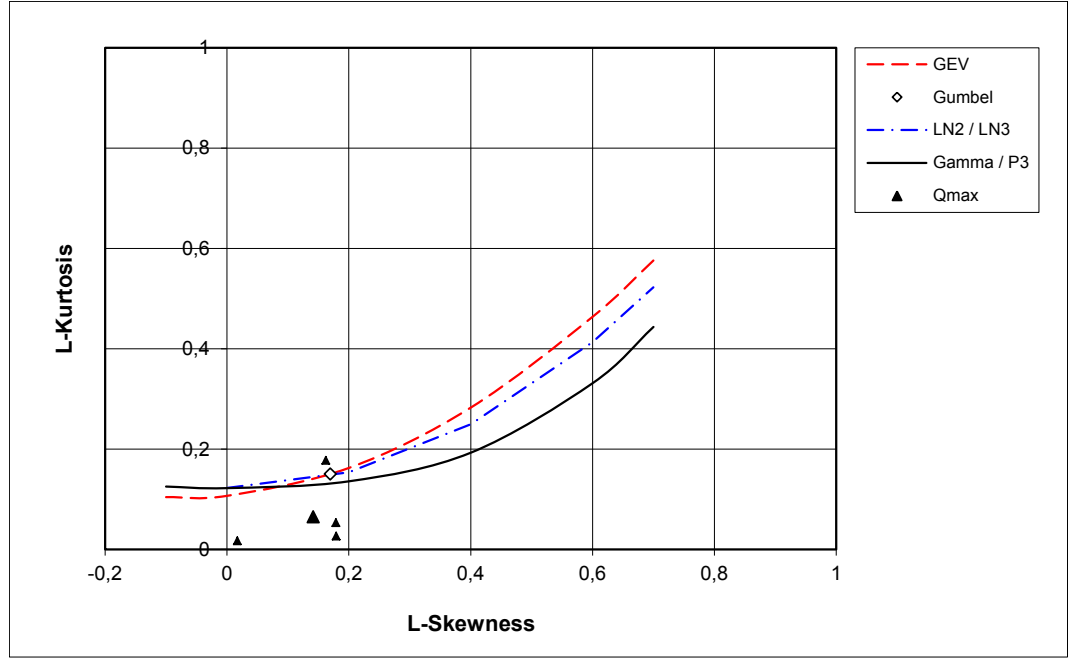
Büyük Menderes Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



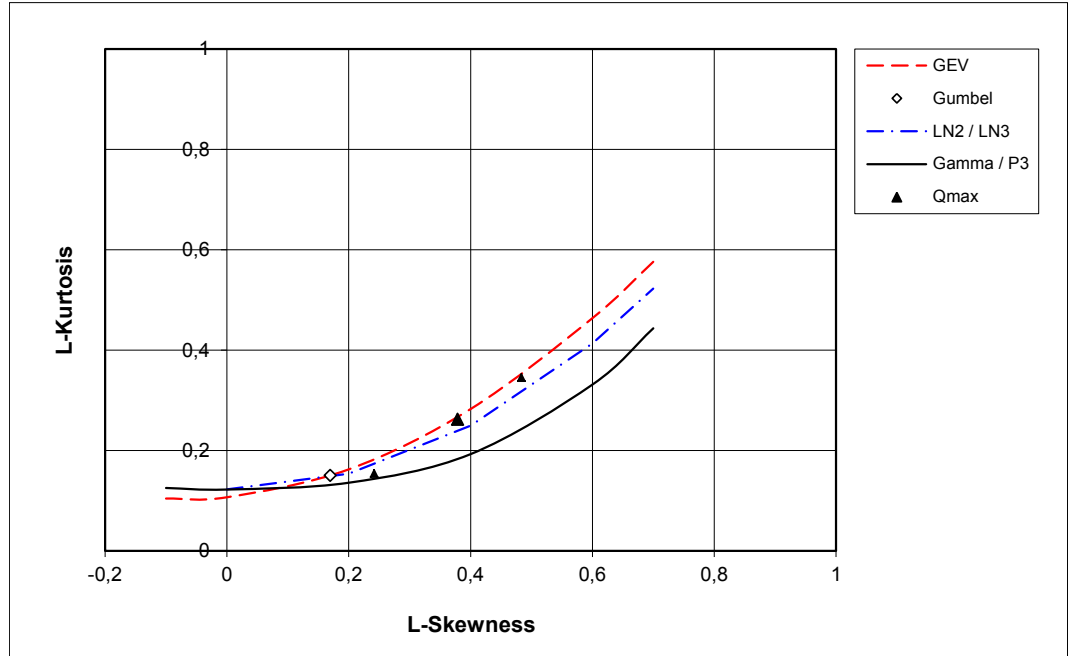
Müteferrik Batı Akdeniz Suları Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



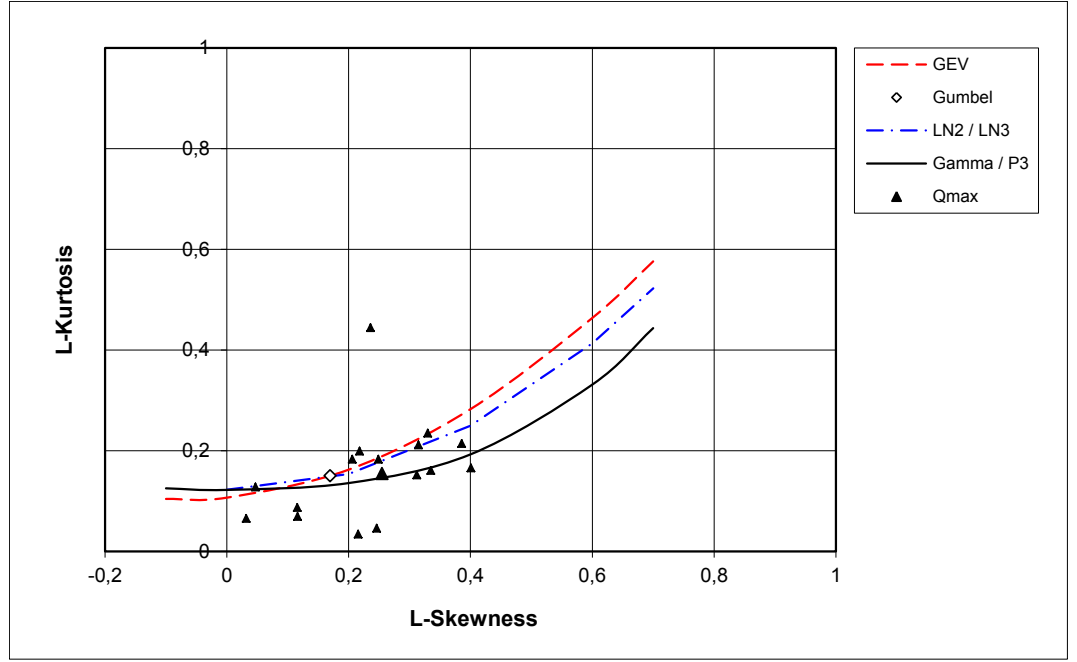
Müteferrik Orta Akdeniz Suları Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



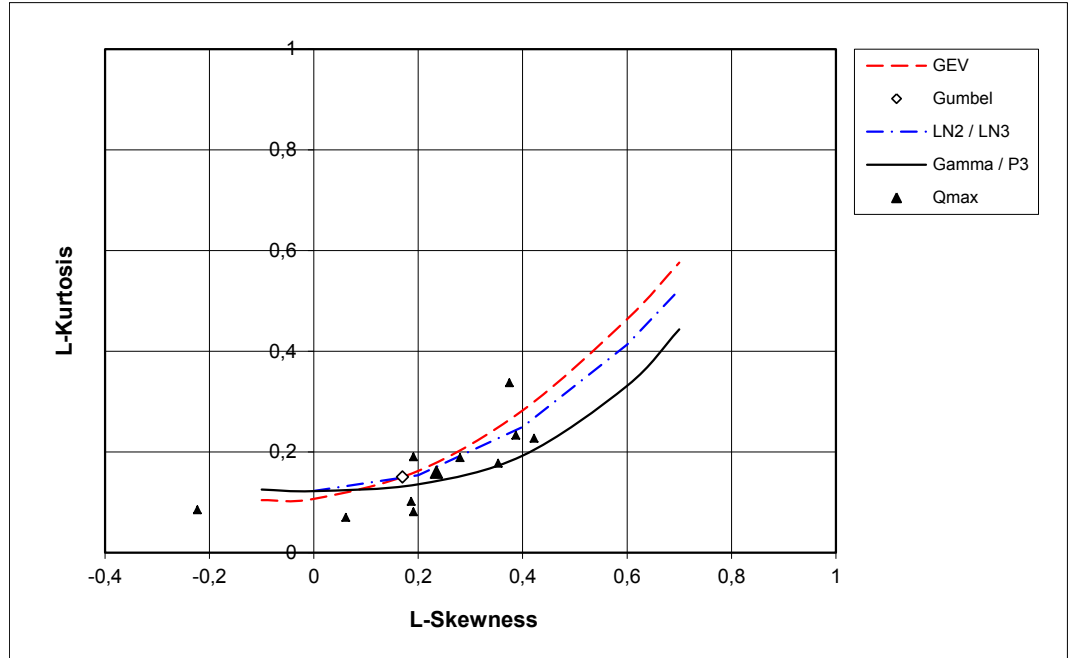
Afyon Suları Kapalı Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



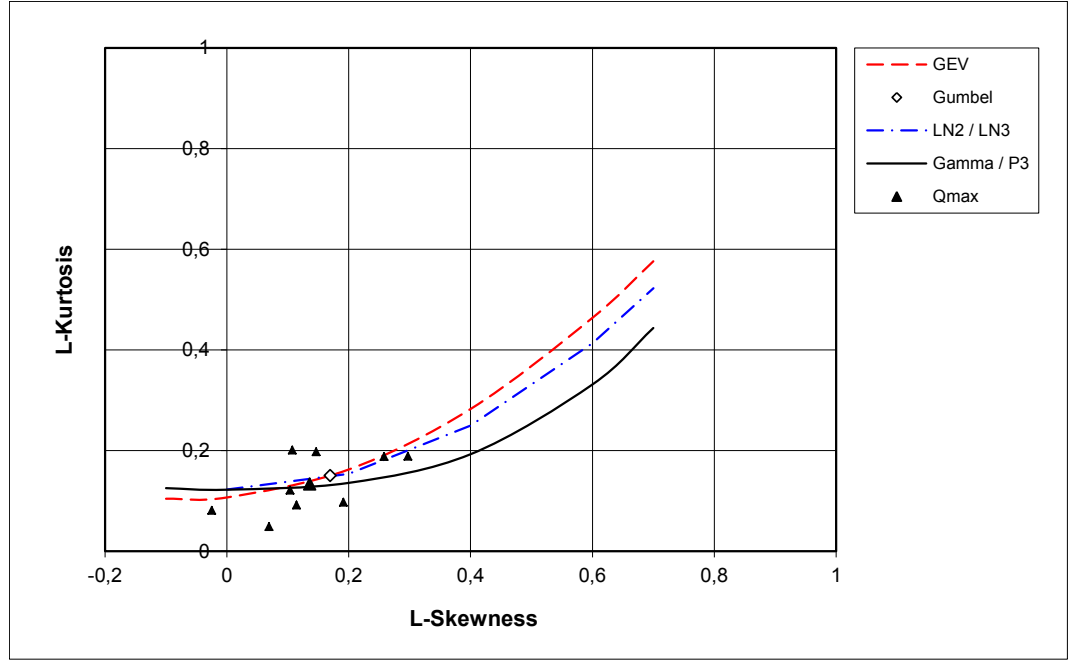
Sakarya Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



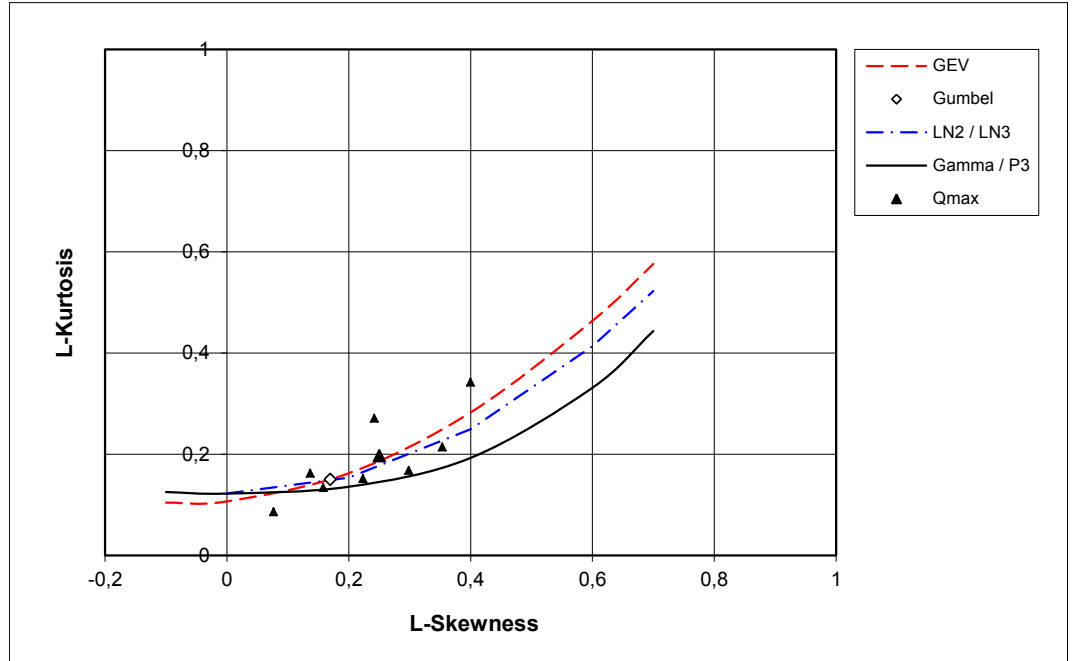
Müteferrik Batı Karadeniz Suları Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



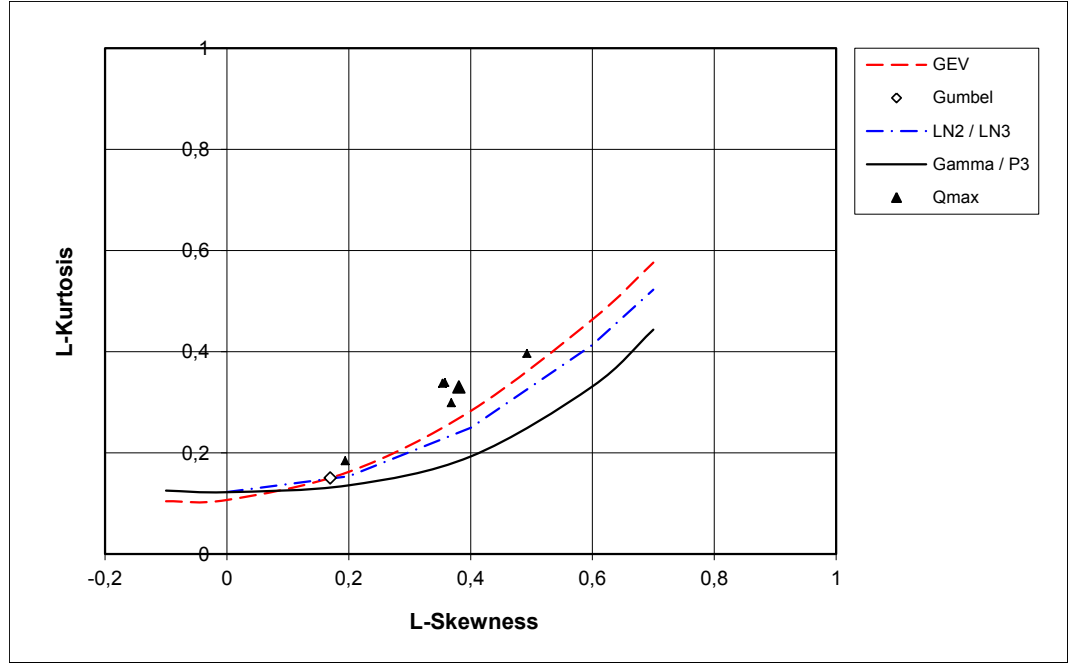
Yeşilırmak Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



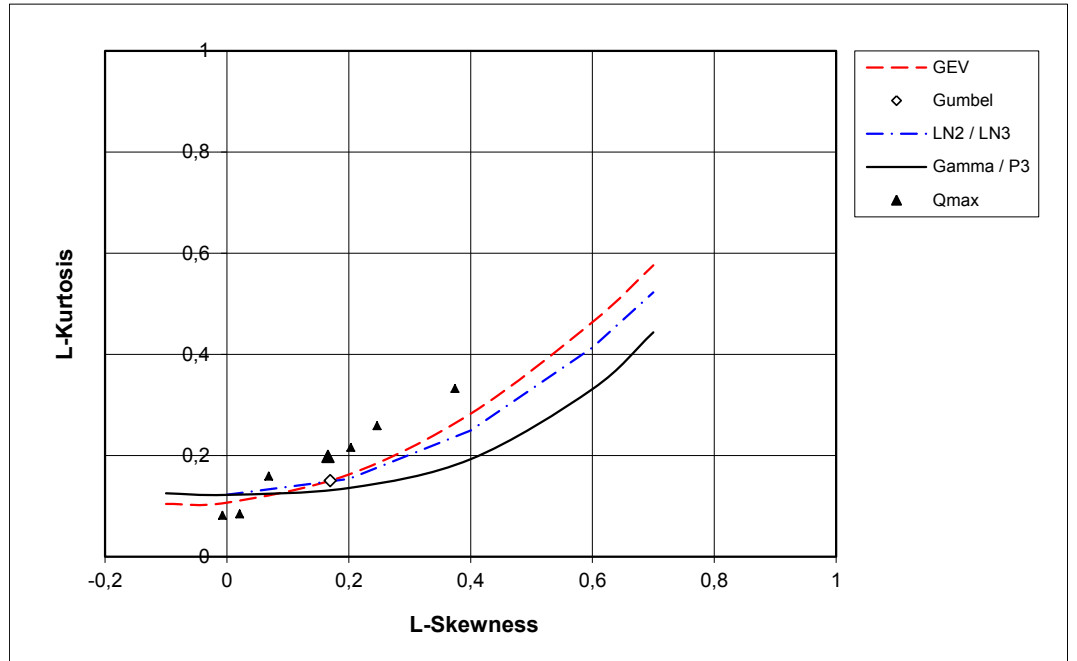
Kızılırmak Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



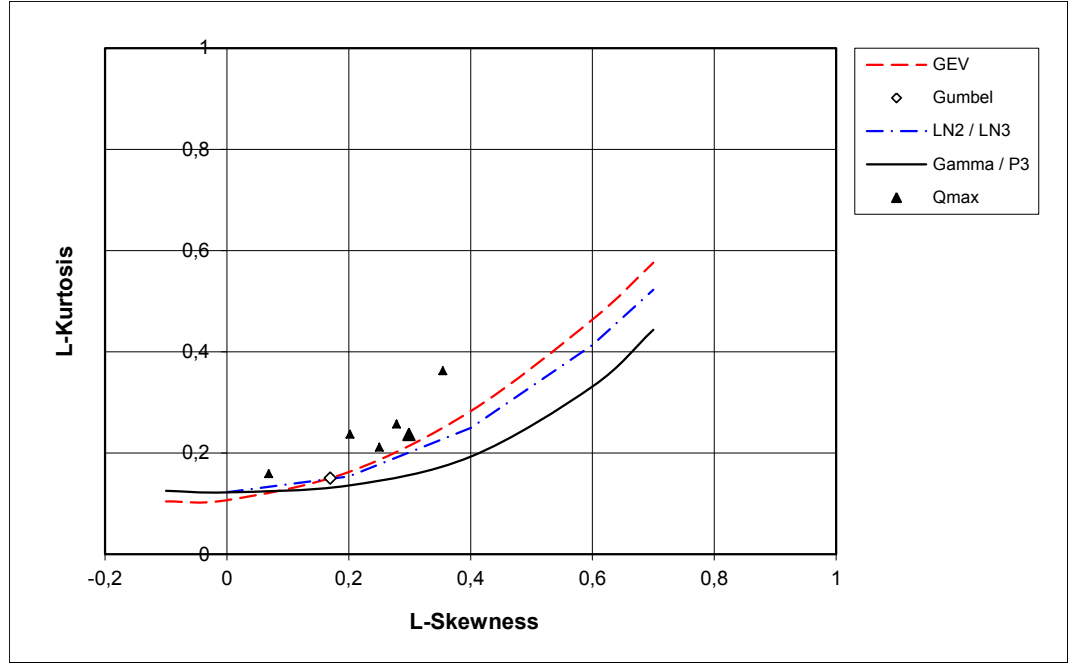
Orta Anadolu Kapalı Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



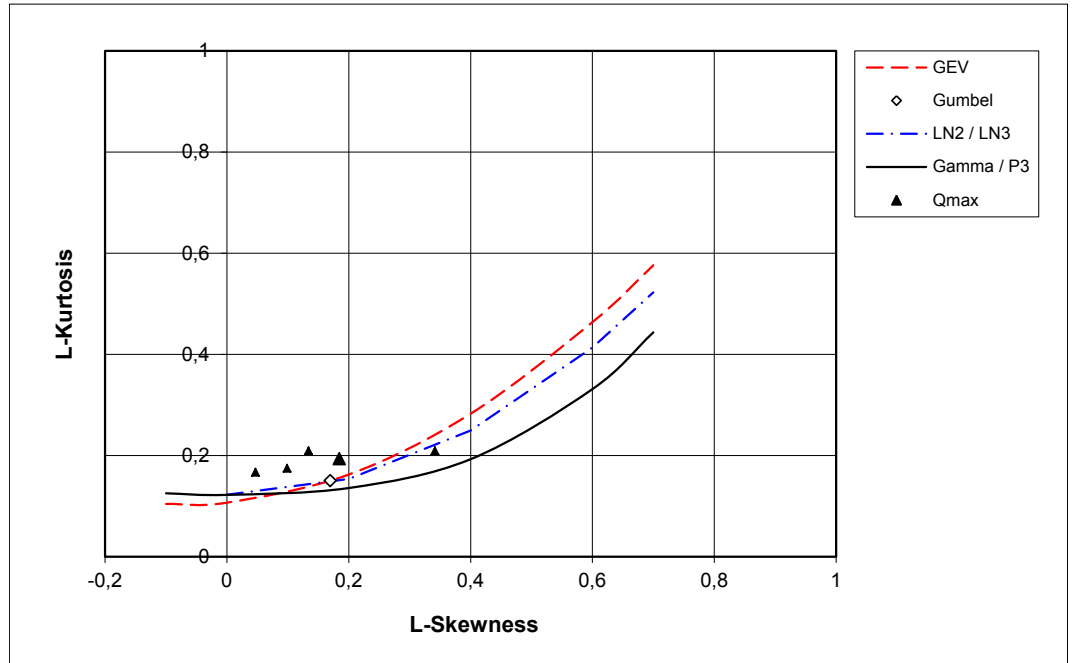
Müteferrik Doğu Akdeniz Suları Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



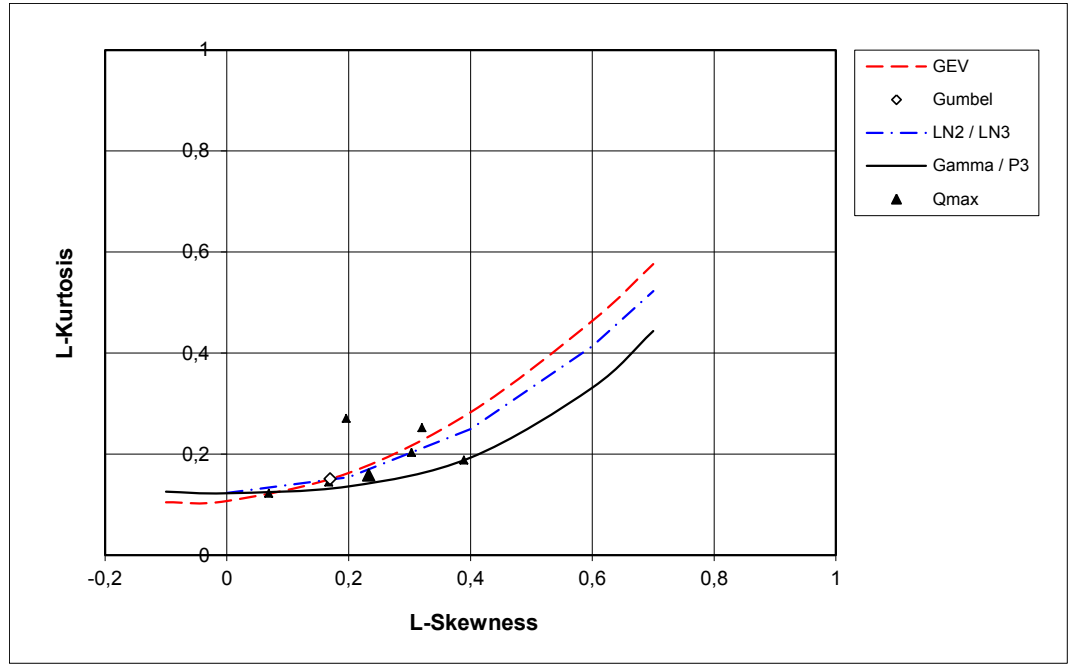
Seyhan Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



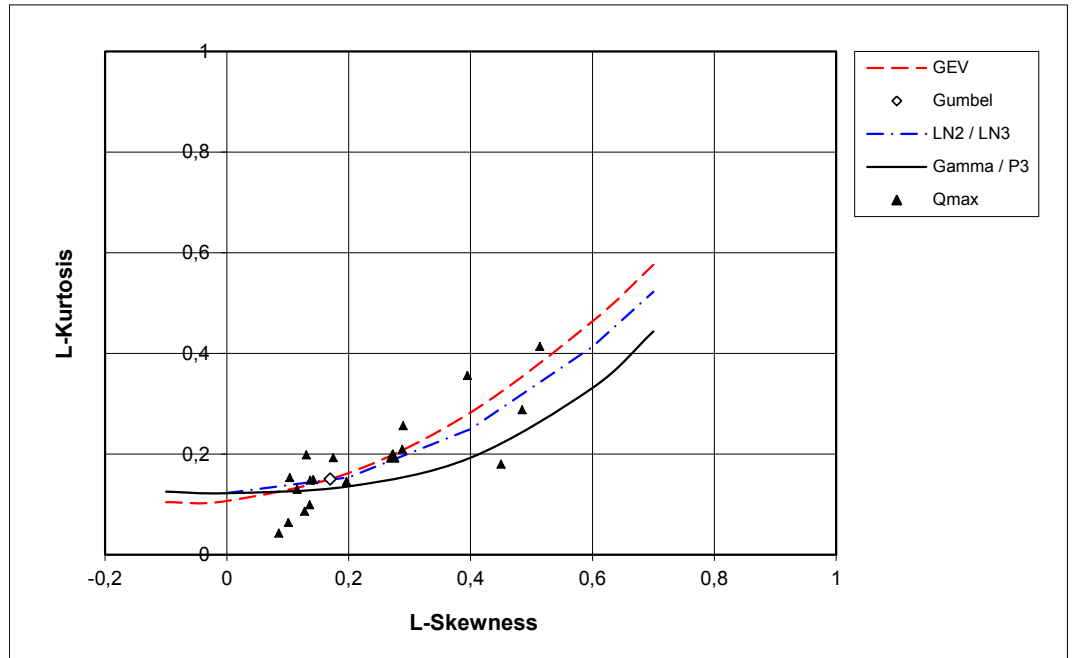
Hatay Suları L-Moment Oranı Diyagramı



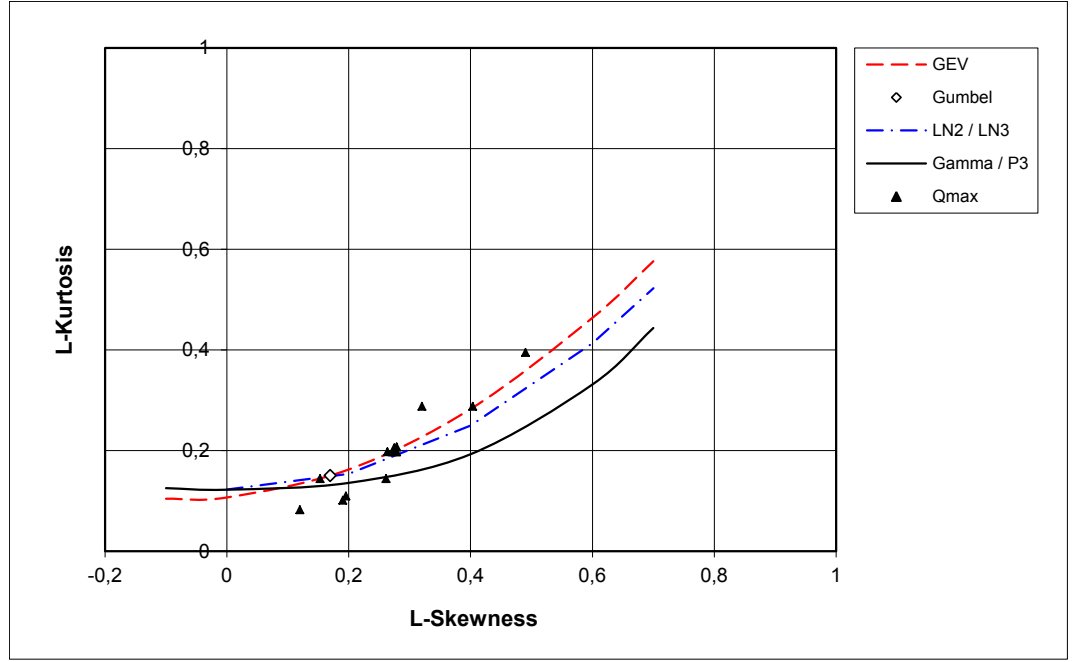
Ceyhan Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



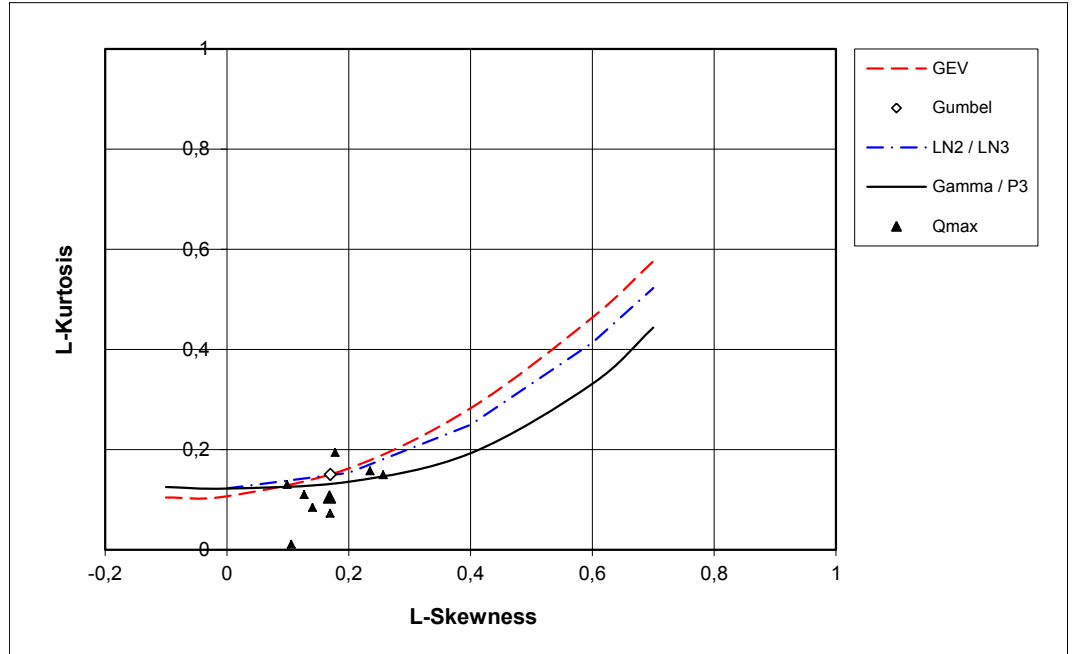
Fırat Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



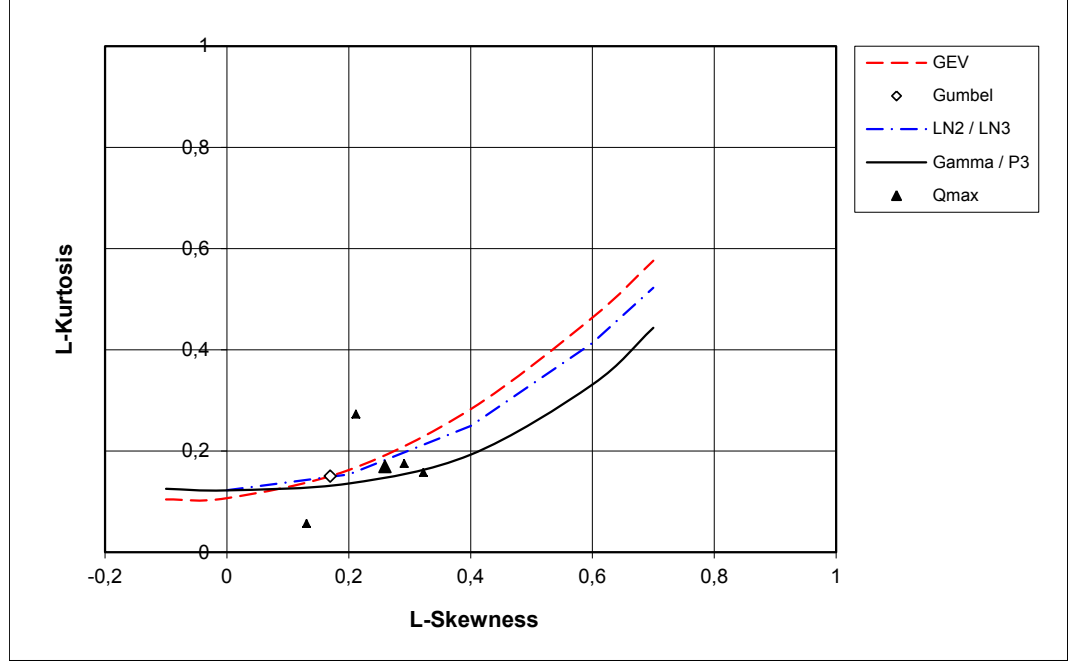
Müteferrik Doğu Karadeniz Suları Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



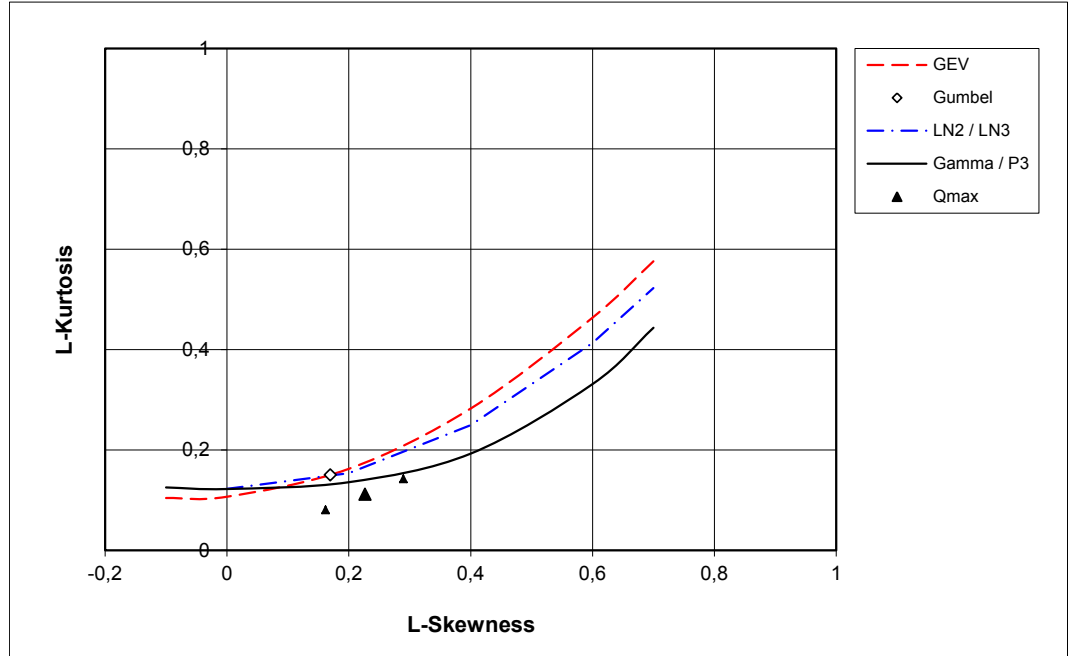
Çoruh Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



Aras Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



Van Gölü Kapalı Havzası L-Moment Oranı Diyagramı



Dicle Havzası L-Moment Oranı Diyagramı

