

ÖNSÖZ

Günümüzde suyun öneminin ülkeler arasındaki ilişkileri etkileyecek boyutta önem kazanması ve artan dünya nüfusuna karşın su kaynaklarındaki hızlı azalma, hidrolojik çalışmaların öneminin artmasına sebep olmuştur. Çevre bilincinin gelişmesi ile birlikte ortaya çıkan daha kaliteli sulama, içme ve kullanma suyu ihtiyacı ise düşük akım çalışmalarının önemini ortaya koymuştur. Ülkemizdeki su kaynakları ile ilgili ciddi ve güvenilir çalışmaların yapılması ve su politikasının iyi belirlenmesi, gelecekte dünya ülkelerinin en önemli sorunlarından biri olacak olan su kaynakları problemleri ile karşılaşmamızı engelleyecektir.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bana sürekli yol gösteren danışmanım Sn. Doç. Dr. Bihrat Önöz'e teşekkürü bir borç bilirim.

Başından itibaren bana karşı sürekli teşvik edici tavır sergileyen ve her türlü desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili aileme şükranlarımı sunarım.

Mayıs 2002

Özgür SARAÇOĞLU

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Hidroloji Bilimi	2
1.2. Kuraklık ve Düşük Akım	3
1.3. Düşük Akım Hidrolojisi	4
1.4. Önceki Çalışmalar	5
1.5. Çalışmanın İçeriği ve Adımları	6
2. DÜŞÜK AKIMLARIN HİDROLOJİK ANALİZİ	8
3. DÜŞÜK AKIMLARIN İSTATİSTİK ANALİZİ	10
3.1. Düşük Akım Verilerinin Tanımlanması	10
3.2. Olasılık Dağılımları	10
3.2.1. Kesikli değişkenlerin dağılımları	11
3.2.2. Sürekli değişkenlerin dağılımları	12
3.3. Dağılımların Parametreleri ve Parametrelerin Tahmini	13
3.3.1. İstatistik momentler	13
3.3.1.1. Merkez parametreleri	14
3.3.1.2. Yayılım parametreleri	15
3.3.1.3. Çarpıklık parametreleri	17
3.3.1.4. Sivrilik parametreleri	18
3.3.2. L-momentleri	18
3.4. Olasılık Dağılım Fonksiyonları	23
3.4.1. Normal dağılım	24
3.4.2. Lognormal dağılım	26
3.4.3. Weibull dağılımı	27
3.4.4. Üniform dağılım	30
3.4.5. Üstel dağılım	31
3.5. Olasılık Dağılım Fonksiyonlarının Parametrelerinin Tahmini	32
3.5.1. Normal dağılım	33
3.5.1.1. Momentler yöntemi	33
3.5.1.2. Maksimum olabilirlik yöntemi	33
3.5.1.3. L-momentleri yöntemi	33
3.5.2. Lognormal dağılım	34
3.5.2.1. Momentler yöntemi	34
3.5.2.2. Maksimum olabilirlik yöntemi	35

3.5.2.3. L-momentleri yöntemi	35
3.5.3. Weibull dağılımı	35
3.5.3.1. Momentler yöntemi	35
3.5.3.2. Maksimum olabilirlik yöntemi	36
3.5.3.3. L-momentleri yöntemi	36
3.5.4. Üniform dağılım	37
3.5.5. Üstel dağılım	37
3.5.5.1. L-momentler yöntemi	37
4. OLASILIK DAĞILIMLARI İLE İLGİLİ TESTLER	38
4.1. Giriş	38
4.2. χ^2 Testi	39
4.3. Kolgomorov-Smirnov (K-S) Testi	40
4.4. Olasılık Çizgisi Korelasyon Çizgisi (PPCC) Testi	40
4.4.1. Lognormal dağılım	42
4.4.2. Weibull dağılımı	43
4.4.3. Üniform dağılım	44
4.4.4. Üstel dağılım	46
4.5. L-Moment Diyagramları	48
5. AKDENİZ BÖLGESİ DÜŞÜK AKIM ANALİZİ	49
5.1. Giriş	49
5.2. Hidrolojik Analiz	53
5.3. İstatistik Analiz	53
5.4. Olasılık Dağılımlarının Testi	64
6. OLASILIK DAĞILIMLARI İLE DÜŞÜK AKIM TAHMİNLERİ	71
6.1. Lognormal Dağılımı İle Tahmin Yapılması	71
6.2. Weibull Dağılımı İle Tahmin Yapılması	73
6.3. Üstel Dağılım İle Tahmin Yapılması	75
7. SONUÇLAR	78
KAYNAKLAR	80
EKLER	82
ÖZGEÇMİŞ	133

KISALTMALAR

e.d.f.	: Eklenik dağılım fonksiyonu
K-S	: Kolmogorov-Smirnov
LN2	: 2-parametrelı lognormal dağılım
LP3	: LogPearson Tip III dağılımı
L-CS	: L-çarpıklık katsayısı
L-CV	: L-değişim katsayısı
MLE	: Maksimum olabilirlik yöntemi
MOM	: Momentler yöntemi
o.y.f.	: Olasılık yoğunluk fonksiyonu
PPCC	: Probability Plot Correlation Coefficient
PWM	: Probability Weighted Moments
W2	: 2-parametrelı Weibull Dağılımı
W3	: 3-parametrelı Weibull Dağılımı

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. Normal ve Lognormal Dağılım Hipotezleri İçin Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı r 'nin Kritik Değerleri	43
Tablo 4.2. Weibull (W2) Dağılımı Hipotezi İçin Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı r 'nin Kritik Değerleri.....	44
Tablo 4.3. Üniiform Dağılım İçin Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı r 'nin $[1000(1-r)]$ Şeklindeki Kritik Değerleri.....	45
Tablo 4.4. Üstel Dağılım Hipotezi İçin Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı r 'nin Kritik Değerleri.....	47
Tablo 5.1. Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda Verileri Kullanılan İstasyonların Özellikleri.....	50
Tablo 5.2. Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda Verileri Kullanılan İstasyonların Özellikleri.....	51
Tablo 5.3. Müteferrik Doğu Akdeniz Suları'nda Verileri Kullanılan İstasyonların Özellikleri.....	52
Tablo 5.4. Seyhan Havzası'nda Verileri Kullanılan İstasyonların Özellikleri.....	53
Tablo 5.5. Müteferrik Batı Akdeniz Suları'ndaki İstasyonların 1-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	63
Tablo 5.6. Müteferrik Batı Akdeniz Suları'ndaki İstasyonların 3-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	63
Tablo 5.7. Müteferrik Batı Akdeniz Suları'ndaki İstasyonların 7-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	64
Tablo 5.8. Müteferrik Batı Akdeniz Suları'ndaki İstasyonların 10-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	64
Tablo 5.9. Müteferrik Orta Akdeniz Suları'ndaki İstasyonların 1-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	65
Tablo 5.10. Müteferrik Orta Akdeniz Suları'ndaki İstasyonların 3-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	65
Tablo 5.11. Müteferrik Orta Akdeniz Suları'ndaki İstasyonların 7-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	66
Tablo 5.12. Müteferrik Orta Akdeniz Suları'ndaki İstasyonların 10-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	66
Tablo 5.13. Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'ndaki İstasyonların 1-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	67
Tablo 5.14. Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'ndaki İstasyonların 3-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	67

Tablo 5.15.	Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'ndaki İstasyonların 7-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	68
Tablo 5.16.	Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'ndaki İstasyonların 10-Günlük Düşük Akımları İçin PPCC Test İstatistikleri.....	68
Tablo 5.17.	İstasyon Verilerinin PPCC Testine Göre Uydukları Dağılımlar.....	69
Tablo 6.1.	7-Günlük Düşük Akımlar İçin Çeşitli Dönüş Aralıklarında Lognormal Dağılım Kullanılarak Yapılan Tahminler.....	73
Tablo 6.2.	7-Günlük Düşük Akımlar İçin Çeşitli Dönüş Aralıklarında Weibull Dağılımı Kullanılarak Yapılan Tahminler.....	74
Tablo 6.3.	7-Günlük Düşük Akımlar İçin Çeşitli Dönüş Aralıklarında Üstel Dağılım Kullanılarak Yapılan Tahminler.....	75
Tablo 6.4.	10 Yıl Dönüş Aralığına Sahip 7-günlük Düşük Akım Debilerinin Tahminleri.....	76
Tablo 6.5.	7-Günlük Debi Süreklilik Çizgilerinden Elde Edilen Q_{90} , Q_{95} ve Q_{99} Akım Değerleri.....	77

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Kuraklık Tipleri.....	3
Şekil 3.1 : Olasılık Kütle Fonksiyonu ve Olasılık Dağılım Fonksiyonu.....	11
Şekil 3.2 : Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu ve Olasılık Dağılım Fonksiyonu.	12
Şekil 3.3 : İstatistik Momentlerin Tanımında Kullanılan Büyüklükler.....	13
Şekil 3.4 : Standart Sapma İle Dağılımın Yayılımı Arasındaki İlişki.....	16
Şekil 3.5 : Pozitif, Negatif Çarpık ve Simetrik Dağılımlar.....	18
Şekil 3.6 : L-Momentlerinin Tanımı.....	20
Şekil 3.7 : Standart Normal Dağılım.....	25
Şekil 3.8 : Lognormal Dağılımın Yoğunluk Fonksiyonu; $\mu=0$	27
Şekil 3.9 : Weibull Dağılımının Yoğunluk Fonksiyonu; $\beta=1$	29
Şekil 3.10 : Üniorm Dağılımın Olasılık Yoğunluk ve Eklenik Dağılım Fonksiyonu.....	31
Şekil 4.1 : Üniorm Dağılım İçin Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı r'nin Çeşitli Anlamlılık Düzeyleri İçin Kritik Değerleri.....	46
Şekil 4.2 : Üstel Dağılım İçin Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı r'nin Çeşitli Anlamlılık Düzeyleri İçin Kritik Değerleri.....	47
Şekil 4.3 : LN2, Weibull 2 ve Üstel Dağılımlarının Teorik Eğrileri.....	48
Şekil 5.1 : Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda Verileri Kullanılan İstasyonlar.....	49
Şekil 5.2 : Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda Verileri Kullanılan İstasyonlar.....	50
Şekil 5.3 : Müteferrik Doğu Akdeniz Suları'nda Verileri Kullanılan İstasyonlar.....	51
Şekil 5.4 : Seyhan Havzası'nda Verileri Kullanılan İstasyonlar.....	52
Şekil 5.5 : Müteferrik Batı Akdeniz Suları İstasyonlarının 1-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	55
Şekil 5.6 : Müteferrik Batı Akdeniz Suları İstasyonlarının 3-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	55
Şekil 5.7 : Müteferrik Batı Akdeniz Suları İstasyonlarının 7-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	56
Şekil 5.8 : Müteferrik Batı Akdeniz Suları İstasyonlarının 10-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	56
Şekil 5.9 : Müteferrik Orta Akdeniz Suları İstasyonlarının 1-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	57
Şekil 5.10 : Müteferrik Orta Akdeniz Suları İstasyonlarının 3-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	58
Şekil 5.11 : Müteferrik Orta Akdeniz Suları İstasyonlarının 7-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	58
Şekil 5.12 : Müteferrik Orta Akdeniz Suları İstasyonlarının 10-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	59

Şekil 5.13	: Mütferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası İstasyonlarının 1-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	60
Şekil 5.14	: Mütferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası İstasyonlarının 3-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	60
Şekil 5.15	: Mütferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası İstasyonlarının 7-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	61
Şekil 5.16	: Mütferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası İstasyonlarının 10-Günlük Düşük Akımlarının L-Diyagramı.....	62

SEMBOL LİSTESİ

μ_x	: Ortalamanın toplum değeri
σ_x	: Standart sapmanın toplum değeri
λ	: L-momenti
α	: Anlamlılık düzeyi
C_{sx}	: Çarpıklık katsayısı
C_{vx}	: Değişim katsayısı
$f(x)$	: Olasılık dağılım fonksiyonu
$F(x)$	: Eklenik dağılım fonksiyonu
$Q_{7,10}$	: Dönüş aralığı ortalama 10 yıl olan 7-günlük düşük akım
r	: Olasılık çizgisi korelasyon katsayısı test istatistiği
χ^2	: Ki-kare test istatistiği

DÜŞÜK AKIM HİDROLOJİSİ VE AKDENİZ BÖLGESİ'NDE UYGULANMASI

ÖZET

Bu çalışmada, Akdeniz Bölgesi'ndeki Batı, Orta ve Doğu Akdeniz ile Seyhan Havzalarında yer alan 18 adet istasyonda yapılan ölçümler kullanılarak düşük akım çalışması yapılmıştır. Kullanılacak istasyonlar belirlenirken veri uzunlukları ve baraj etkisi dikkate alınmıştır. İlk olarak istasyonlardaki akım değerlerinin 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akım değerleri belirlenerek debi süreklilik çizgileri çizilmiş ve düşük akım göstergesi olan Q_{90} , Q_{95} , ve Q_{99} debileri okunarak hidrolojik analiz yapılmıştır. Daha sonra hesaplanan düşük akım değerleri kullanılarak bu değerlerin istatistik özelliklerini yansıtan ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı, L_1 ve L_2 momentleri hesaplanmıştır. Bu düşük akım değerlerine, düşük akım çalışmalarında yaygın olarak kullanılan 2-parametrelili dağılımlardan lognormal 2, Weibull 2 ve üstel dağılım uydurulmaya çalışılmıştır. Bu dağılımların parametreleri istatistiksel yöntemler ile hesaplanmış ve uygunlukları ise L-diyagramları ve Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı Testi ile araştırılmıştır. Son olarak her üç dağılım ile 7-günlük düşük akım değerleri kullanılarak 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık dönüş aralıklarında düşük akım tahminleri yapılmış ve bölge için sonuçlar yorumlanmıştır.

Yapılan düşük akım tahminleri neticesinde üstel dağılımın daha küçük tahminler verdiği ve bu tahminlerden elde edilen, dönüş aralığı 10 yıl olan 7-günlük düşük akım değerlerinin ($Q_{7,10}$), debi süreklilik çizgisinden okunan Q_{99} değerlerine yakın olduğu gözlenmiştir.

LOW FLOW HYDROLOGY AND APPLICATION IN MEDITERRANEAN AREA

SUMMARY

In this study, low flow hydrology is applied by using the recorded flow values of 18 stations which are located in West, Middle, East Mediterranean and Seyhan Watersheds. When determining the stations to be used, data length and dam effect criterias are taken into consideration. Firstly, flow duration curves are drawn by determining 1, 3, 7 and 10-day low flows, using recorded flow values of the stations. After that, hydrologic analysis is performed by determining Q_{90} , Q_{95} and Q_{99} discharges from these curves which are indicators of low flows. Mean, standard deviation, skewness, L_1 and L_2 moments that are revealing the statistical features of the observed 1, 3, 7 and 10-day low flows are computed. Two parameter lognormal, Weibull and power distributions which are comprehensively used in low flow studies, are applied to these low flows. Aforementioned distributions' parameters are obtained by using statistical methods and goodness of fits are verified using L-moment diagrams and Probability Plot Correlation Coefficient (PPCC) test. Finally, using the three distributions, 7-day low flow estimates having 5, 10, 25, 50 and 100 years return periods are performed and results are discussed for the region.

Due to the resulting low flow estimates, power distribution is observed to give smaller estimates and 7-day low flow values having 10 years return period ($Q_{7,10}$) are close to Q_{99} values that are read from the flow duration curves.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu varolduğu günden bu yana; suya olan yaşamsal ihtiyacı, akarsu yatakları etrafındaki toprakların daha verimli olması ve suyu çok çeşitli amaçlar için kullanmak üzere su kaynaklarının çevrelerini yerleşim bölgesi olarak seçmişlerdir. Bu nedenle, su ve su kaynakları en önemli, en değerli, en stratejik ve yaşam için vazgeçilmez unsurlar olmuşlardır. Ancak günümüzde su kaynaklarının durumu ile ilgili veriler son derece düşündürücü bir hal almıştır.

İnsanların suyu kötü yönetimi ve kullanışı, nüfus artışı ve iklim değişiklikleri nedeniyle, dünya nüfusunun üçte ikisi su kıtlığı ile karşı karşıyadır. Eğer bugünkü kullanım/tüketim şekli devam ederse 25 yıl sürecinde yaklaşık 5 milyar insanın, tatlı su ihtiyacının kısmen karşılanabildiği ya da karşılanamadığı bölgelerde yaşam savaşı vermek zorunda kalacağı tahmin edilmektedir. Hatta Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri Kofi Annan Dünya Su Günü 2002 için yayınladığı mesajında “Su Kaynakları üzerindeki şiddetli ve sert ulusal rekabetler; su meselelerinin çok ciddi uluslararası uyuşmazlığın tohumlarını attığı endişesini yaratmaktadır...” şeklindeki açıklamasıyla ülkeler arasında su kaynakları sebebiyle çıkabilecek savaş tehlikesine dikkat çekmiştir.

Yaşamın sürdürülebilmesini sağlayan tatlı su kaynakları, yüzey suları (göller ve akarsular) olup; toplam tatlı su kaynakları içinde yaklaşık %0.3 oranındadır. Tatlı su kaynaklarının durumu insan sağlığı ile doğrudan ilgilidir. Öyle ki, Dünya Sağlık Örgütü verilerinde hergün yaklaşık 25000 kişinin sağlıksız koşullardaki su kullanımından ölmekte olduğu belirtilmektedir. Ayrıca denizlerin ve denizlerdeki canlı kaynaklarının korunması için denizlere bağlanan akarsuların temiz akması ve göllerin korunması gerekmektedir.

Bu durumda bir akarsuyun düşük akım karakteristiklerinin tahmini; su kaynakları planlaması, su kalitesi yönetimi, nehir taşımacılığı, akarsuda doğal yaşama engel olmadan alınabilecek su miktarının ve kurak dönemlerde su biriktirme yapılarından

suyun bırakılma politikalarının belirlenmesi açısından önemlidir. Son yıllarda çevre bilincinin artması ve yaşam kalitesinin yükselmesiyle düşük akım çalışmaları önem kazanmıştır. Ülkemiz yüzey suları ve yeraltı su kaynakları açısından zengin olmasına rağmen; iklim değişiklikleri, çölleşme, nüfus artışı, çarpık kentleşme ve hızlı sanayileşme gibi faktörler gözönüne alındığında su kaynaklarımızın ciddi tehlike altında olduğu ortaya çıkmaktadır.

1.1 Hidroloji Bilimi

İnsanoğlunun hidrolojiye olan ilgisi Milattan Önce (M.Ö.) 3000’li yıllara dayanmaktadır. Mısır kitabelerinde Nil Nehrinin taşmasına ait bilgiler göze çarpmaktadır (Linsley ve diğ. 1949). Yine M.Ö. Hindistan’da yağış ölçümlerinin yapıldığı bilinmektedir. Homeros, Platon ve Aristo gibi filozoflar hidrolojik çevrimi açıklamaya çalışmışlardır. Fakat günümüzde de kullandığımız hidrolojik çevrimin genel hatları, Vinci ve Palissy gibi araştırmacılar tarafından ancak milattan sonra onbeşinci yüzyılda oluşturulmuştur.

Hidrolik alanındaki çalışmalar; Torricelli, Pitot, Berboulli, de Chezy, Venturi gibi bilimadamlarının liderliğinde hızla ilerlemiştir. Bunun neticesinde hidrolik mühendisleri tarafından barajlar, köprüler ve kanallar gibi su yapıları tasarlanmaya başlanmıştır. Ancak bu yapıların sayılarının ve boyutlarının artmasıyla, yapısal hatalar ve işletme hatalarından kaynaklanan ekonomik kayıplar büyümüş; bu nedenle de tasarımın ihtiyaca ve kapasiteye göre yapılması gereği ortaya çıkmıştır. Bu gereklilik günümüz modern hidrolojisinin doğmasına sebep olmuştur.

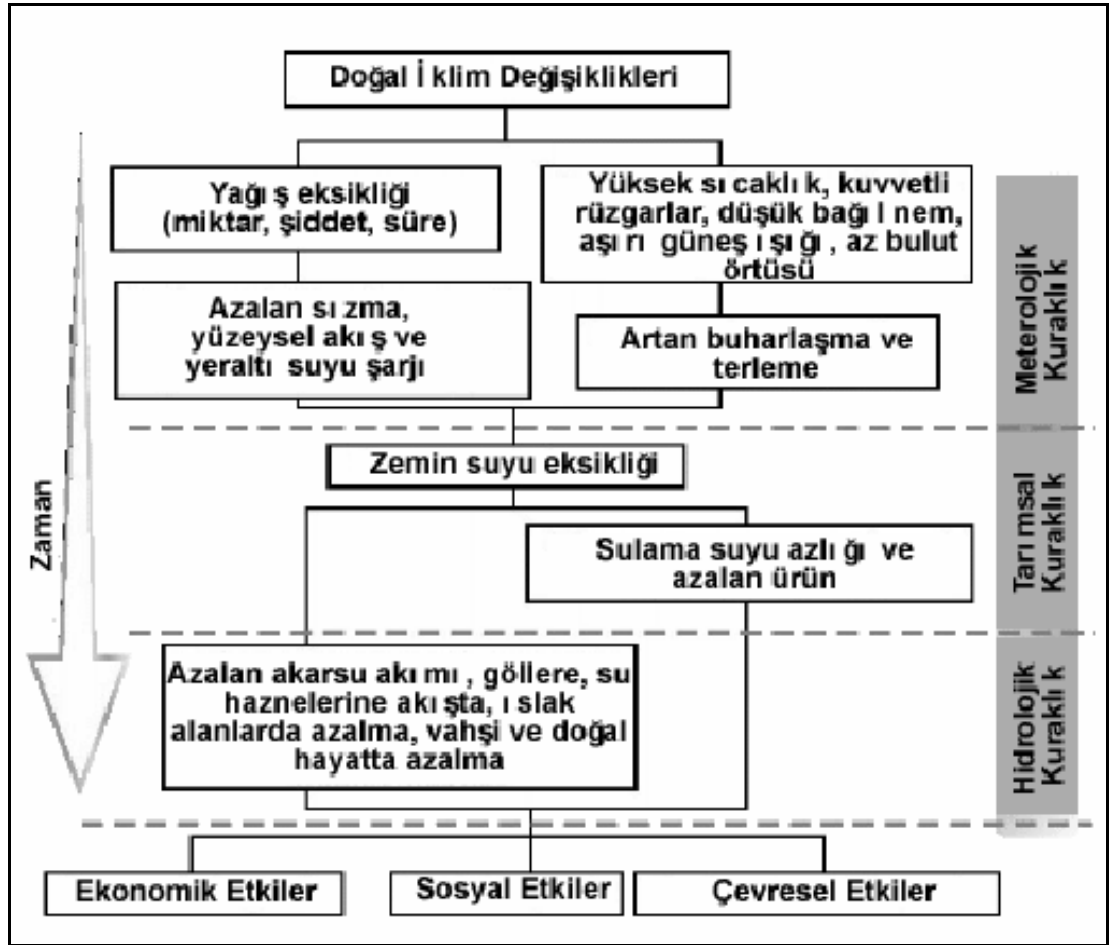
Hidroloji bilimi, diğer birçok bilim dalları ile etkileşim halinde disiplinlerarası bir bilimdir. Bu bilim dalları arasında matematik, fizik, kimya, meteoroloji, oşinografi, istatistik, ekoloji ve jeoloji ilk akla gelenlerdir.

Hidroloji bilimi de kendi içerisinde çok farklı alanlara ayrılmaktadır; limnoloji, jeohidroloji, kriyoloji, hidrometeoroloji, düşük akım hidrolojisi vb. gibi çok geniş bir spektruma yayılmış bir bilim dalıdır.

1.2 Kuraklık ve Düşük Akım

Kuraklık yağışın uzun süre mevsim normallerinin altında olması sonucu meydana gelen doğal bir olaydır. Çeşitli kuraklık tipleri tanımlanmasına rağmen, kuraklık başlıca üç başlık altında toplanabilir.

Başlıca kuraklık tipleri Şekil 1.1’de tanımlanmıştır (İnternet).



Şekil 1.1 Kuraklık tipleri

Meteorolojik Kuraklık: Meteorolojik kuraklık mevsim normalleri ya da ortalama bir değer ile karşılaştırılan kuraklık derecesi ve kurak dönemin uzunluğu ile tanımlanır. Yağış miktarında azalmaya neden olan atmosferik koşullar her bölgede farklı olduğundan, meteorolojik kuraklık bölgeye özgüdür.

Tarımsal Kuraklık: Tarımsal kuraklık, meteorolojik ya da hidrolojik kuraklığın sebep olduğu yağış azalmasına, terlemeye ve buharlaşmaya ve yeraltı sularındaki azalmaya bağlı tarımsal etkileri belirtir.

Hidrolojik Kuraklık: Hidrolojik kuraklık ise su depolama miktarında, yeraltı suyu seviyesinde ve yüzeysel akışların debilerinde azalmalara sebep olur. Bir yıldan uzun ya da birbirini takip eden birkaç yılı içerecek şekilde meydana gelebilir ve geniş alanları etkiler.

Bir akarsudaki akım değerleri, akarsuyun beslendiği havzanın karakteristiklerine ve bu havzanın bulunduğu coğrafi konuma bağlı olarak, yıl içinde değişimler göstermektedir. Akım değerleri yılın kurak dönemlerinde çok düşük olabilmekte bazen de akarsu kuruyabilmektedir. Bu dönemlerde akarsuda mevcut minimum akım değeri düşük akım olarak tanımlanmaktadır.

Düşük akımlar bir akarsuyun akış rejiminin bir bileşenidir ve kuraklık ile karıştırılmamalıdır. Düşük akımlar hidrolojik kuraklık ya da soğuk bölgelerde kış aylarında akarsuların donması sebebiyle oluşabileceği gibi, bazı dış etkenler de düşük akımlara sebep olabilirler. Bu etkenler aşağıdaki şekilde sıralanabilirler:

- Baraj yapımı,
- Yeraltı suyu çekilmesi,
- Belediye ve endüstriyel kullanım,
- Tarımsal faaliyetler,
- Şehirleşme.

1.3 Düşük Akım Hidrolojisi

Düşük akım hidrolojisi yüzeysel akışların düşük olduğu dönemlerin rejimleriyle ilgilenir. Düşük akımlar meydana geldiğinde içme suları, endüstri ve tarım amaçlı kullanılan sular, nehir taşımacılığı ve ekosistemler olumsuz yönde etkilenir. Düşük akım dönemlerinde atıksuların yüzeysel sulara verilmesinde önemli sorunlar ortaya çıkar, su kaynaklarındaki canlıların yaşamı güçleşir ve hatta yok olabilir. Nehir çevresinin estetik görünümü de bozulur.

Düşük akım hidrolojisinden aşağıda sıralanan su kaynakları problemlerinin çözümünde yararlanılmaktadır:

- Akarsudan, ekolojik dengeyi bozmadan, alınabilecek sulama ve içme suyu miktarlarının belirlenmesi,
- Hidroelektrik tesislerin kurulu gücünün belirlenmesi,
- Atık suların, arıtma işleminden geçirilmeden, yüzeysel akışlara verilisinde seyrelme oranlarının belirlenmesi,
- Arıtma tesislerinin yerinin belirlenmesi,
- Soğutma ve biriktirme tesislerinden bırakılacak minimum etek suyunun belirlenmesi.

Düşük akım hidrolojisinde günlük debilere hidrolojik ve istatistik analiz olmak üzere iki tip analiz yöntemi uygulanabilmektedir.

1. Hidrolojik analizde, gözlenmiş d-günlük debiler (1, 3, 7, 10, 14, 30, 60, 90, 120, 150 ve 273) kullanılarak minimum ortalama düşük akım değerleri elde edilmekte ve bunların debi süreklilik çizgileri çizilmektedir. Düşük akım göstergesi olarak, debi süreklilik çizgilerinden, gözlem periyodunun %90, 95 ve 99'luk dilimlerinde akarsuda mevcut olan akım değerleri belirlenmektedir.

2. İstatistik analizde, yukarıda verilen çeşitli günlerdeki akım değerlerinin frekans analizi yapılarak olasılık dağılımları belirlenmektedir.

1.4 Önceki Çalışmalar

Suyun ve su kaynaklarının öneminin her geçen gün arttığı yüzyılımızda, düşük akım hidrolojisi konusundaki çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Bu çalışmalarda en çok kullanılan yöntemlerden biri; ortalama on yıllık periyotta görülen ve yılın minimum akımına sahip ardışık 7 günün ortalamasına karşı gelen ($Q_{7,10}$) düşük akım debisidir.

Düşük akımların hidrolojik ve istatistik analizi ve $Q_{7,10}$ debisinin tahmini için çeşitli olasılık dağılımları ile bu dağılımların parametrelerinin tahminini içeren ilk çalışmalar Gumbel tarafından (1954, 1958) gerçekleştirilmiştir. Bunu Matalas (1963)

Weibull (W3) dağılımını momentler yöntemi (MOM) ile ve Pearson Tip III (P3) dağılımını maksimum olabilirlik (MLE) parametre tahmin yöntemi ile tavsiye ettiği çalışma izlemiştir. Daha sonraki bir çalışmada ise W3 (MLE) ve W3 (MOM) dağılımı önerilmiştir (Condie ve Nix, 1975). Tasker (1987) de LogPearson Tip III (LP3-MOM) kullanmıştır. W3 (MLE) yönteminin çözümü zordur ve LP3 (MOM) yöntemi ise çarpıklık katsayısının tahminine dayanır ve küçük örnekler ile güvenilir tahminler yapılamaz. İki parametrelili dağılımların kullanılması halinde çarpıklık katsayısı tahminine gerek olmaz ve yapılan düşük akım tahminlerinin varyansı küçük olur. Bu nedenle Vogel ve Kroll (1989) lognormal (LN2), Weibull (W2) ve Gumbel dağılımlarını kullanarak çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda dağılımların uygunluğunu korelasyon katsayısı (Probability Plot Correlation Coefficient, PPCC) testi ile kontrol etmişler ve her istasyon için buldukları α anlamlılık düzeylerinin uniform olarak dağıldığı kabulü ile bu anlamlılık düzeylerine PPCC testi uygulayarak bölgesel analiz yapmışlardır. Bu çalışmalar neticesinde LN2 dağılımının ABD’de $Q_{7,10}$ debisinin tahmininde en uygun dağılım olduğu görülmüştür.

Önöz ve Bulu (1996), Bulu ve diğ. (1997), Özen (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda Weibull (W2) dağılımının Türkiye’ de seçilen bazı akarsuların düşük akımlarına uyduğu görülmüştür. Durak (2000) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Gediz Havzalarında seçilen istasyonlarda Weibull (W2) dağılımının ve üstel dağılımın gözlemlenen düşük akım değerlerine uygun olduğu görülmektedir.

1.5 Çalışmanın İçeriği ve Adımları

Bu çalışmada, yüzeysel akışların düşük olduğu dönemlerin rejimleriyle ilgilenen düşük akım hidrolojisi ele alınmış ve Mütferrik Batı, Orta, Doğu Akdeniz ve Seyhan havzalarında bulunan istasyonlardaki ölçümlere dayanarak Akdeniz Bölgesi’nde düşük akım hidrolojisi çalışması yapılmıştır. Çalışmada izlenen adımlar şöyle sıralanabilir:

Veri Toplama: Elektrik İşleri Etüt İdaresi rasat yıllıklarından Mütferrik Batı, Orta, Doğu Akdeniz ve Seyhan havzalarında ölçüm yapılan istasyonlar belirlenerek, ölçümlerin istatistik anlamda yeterli uzunlukta ve bu istasyonlarda baraj etkisinin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Baraj etkisi olan ve 14 yıldan kısa gözlemleri olan istasyonlar çalışma haricinde tutulmuş ve 18 adet istasyon çalışmaya dahil edilmiştir.

Verilerin Hidrolojik Analizi: İstasyonlardan alınan verilerin, her yıla ait 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akım değerleri bulunmuştur. Elde edilen d-günlük minimum düşük akımlar kullanılarak her istasyon için debi süreklilik çizgileri çizilmiş ve bu çizgilerden düşük akım göstergesi olarak kullanılan %90, 95 ve 99 akım değerleri belirlenmiştir.

Verilerin İstatistik Analizi: Her istasyon için hesaplanan d-günlük düşük akım değerlerinin frekans analizi yapılarak, düşük akım çalışmalarında sıkça kullanılan lognormal 2, Weibull 2 ve üstel dağılımlarının uygunluğu araştırılmıştır.

Düşük Akım Tahminleri: Her üç olasılık dağılım fonksiyonu da kullanılarak, her istasyonda 7-günlük düşük akımlar için çeşitli dönüş aralıklarına karşı gelen debi değerleri hesaplanarak düşük akım tahminleri yapılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

2. DÜŞÜK AKIMLARIN HİDROLOJİK ANALİZİ

Düşük akımların hidrolojik analizinde, seçilen istasyonlarda gözlenmiş günlük debilerin 1, 3, 7, 10, 14, 30, 60, 90, 120, 150 ve 273 günlük ortalama düşük akım değerleri elde edilir. d-günlük ortalama düşük akım değerlerinin elde edilmesi için, ilk debi değerinden başlamak üzere ardışık d günün debi değerlerinin ortalamaları hesaplanır. Örneğin 7-günlük düşük akım değerlerini hesaplamak için ardışık yedi günün debi toplamalarının ortalamaları alınır. Seçilen istasyona ait n yıllık günlük debi değeri mevcutsa, bu şekilde hesaplanan d-günlük düşük akım debi sayısı

$$[n \times 365 - (d - 1)] \quad (2.1)$$

adet olarak elde edilir. Bundan sonra debinin belli bir değere eşit ya da o değerden büyük olduğu zaman yüzdesi belirlenir ve düşey eksene debiler, yatay eksene de o debilere karşı gelen zaman yüzdeleri işaretlenerek d-günlük debi süreklilik çizgisi çizilir.

Düşük akım göstergesi olarak, debi süreklilik çizgilerinden belirlenen, gözlem periyodunun %90, 95 ve 99' luk dilimlerinde akarsuda mevcut olan, Q_{90} , Q_{95} ve Q_{99} akım değerleri kullanılmaktadır. Q_{90} değeri akarsudaki yeraltı suyu beslemesinin bir ölçüsü olarak kullanılırken, İngiltere'de gerçekleştirilen bölgesel analiz çalışmalarında Q_{95} değeri düşük akım göstergesi olarak kabul edilmektedir (Gustard ve diğ., 1989).

Debi süreklilik çizgileri, mühendislik yapılarının projelendirilme aşamasında, akarsuda zamanın belli yüzdesinde mevcut olan debinin belirlenmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Örneğin, yılın %50'sinde akarsuda mevcut olan akım değeri bir hidroelektrik tesisin güvenilir gücünün hesabında esas teşkil edebilir. Ya da Q_{20}/Q_{90} oranı yüzeysel akış değişkenliğinin bir ölçüsü olarak alınabilir ve Q_{50}/Q_{90} oranı ise düşük akım debilerinin değişkenliğini temsil edebilir (Smakhtin, 2001).

Debi süreklilik çizgisinde zamanın %50'sinde aşlamayan kısım, eğrinin düşük akım parçası olarak kabul edilebilir (Smakhtin, 2001). Debi süreklilik çizgisinin düşük akım parçasının eğimi küçük ise, yeraltı suyu beslemesi zayıf olup, sıfır akımların oluşması muhtemeldir. Buna göre debi süreklilik çizgisi havza jeolojisinin düşük akımlar üzerindeki etkisini göstermektedir (Bulu 1998).

Debi süreklilik çizgilerinin diğer bir kullanım alanı ise su kalitesi çalışmalarıdır. Debi süreklilik çizgileri kullanılarak, belirli hacim ve konsantrasyondaki atığın akarsuya deşarj edilmesi sırasında, kirlilik değerleri zaman yüzdesine bağlı olarak okunabilir. Su kalitesi verilerinin yetersiz olduğu durumlarda, kalite karakteristikleri ile debi arasında yeterli bir korelasyon varsa, debi süreklilik çizgisi yardımıyla ortalama koşullar için yaklaşımlar yapılabilir (Bulu ve diğ., 1997)

3. DÜŞÜK AKIMLARIN İSTATİSTİK ANALİZİ

3.1 Düşük Akım Verilerinin Tanımlanması

Düşük akımların istatistik analizinde, seçilen istasyonlarda gözlenmiş günlük debilerin, her bir yıl için, 1, 3, 7, 10, 14, 30, 60, 90, 120, 150 ve 273 günlük ortalama akım değerleri elde edilir. Bir yılın d günlük ortalama akım değerlerinin elde edilmesi için, ardışık d günün debilerinin ortalaması hesaplanır. Bu şekilde, seçilen istasyonda bir yıl için

$$[365 - (d - 1)] \quad (3.1)$$

adet d günlük akım değeri elde edilir. Bu değerlerin en küçüğü o yıla ait d günlük düşük akım değeri olarak alınır. Seçilen istasyonda, n yıllık gözlem kayıtlarının her bir yılı için aynı işlem gerçekleştirilerek n elemanlı bir örnek oluşturulur. Bu örneklerin istatistik analizi yapılır.

3.2 Olasılık Dağılımları

Herhangi bir x rastgele değişkeninin alabileceği değerleri,

$$F(x) = P[x \leq X] \quad (3.2)$$

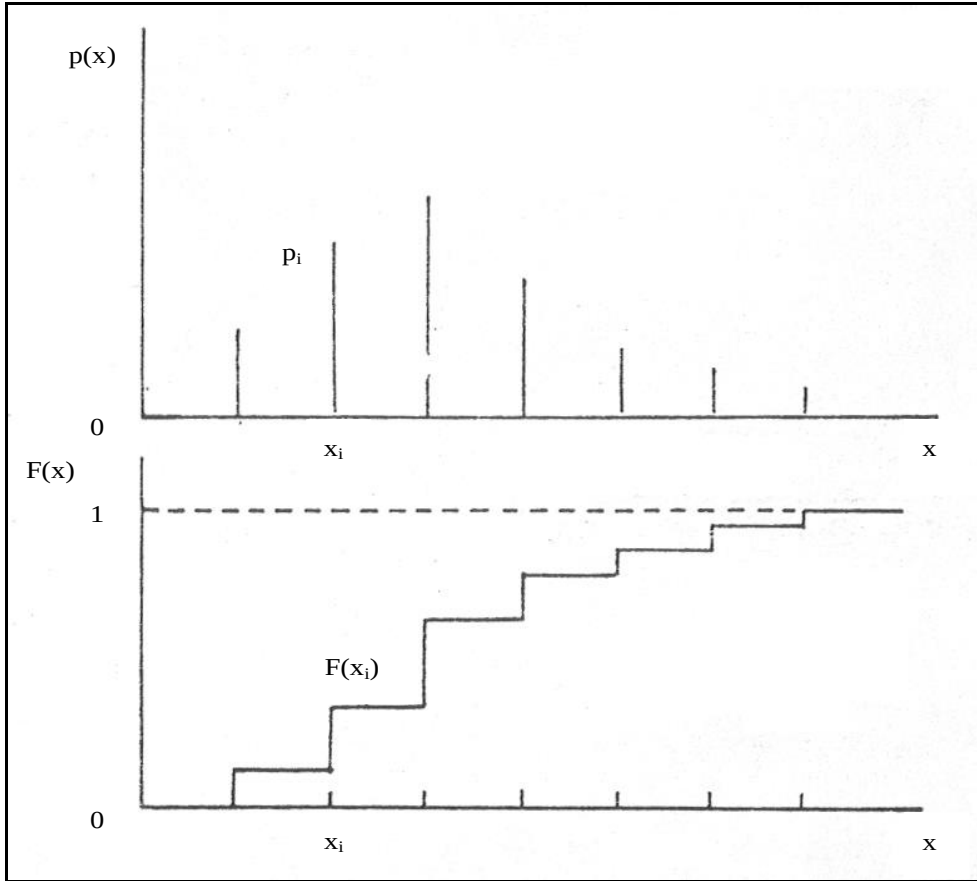
ifadesiyle verilen bir olasılık dağılımı ile tanımlanabilir. Bu ifadede $F(x)$, x rastgele değişkeninin X değerine eşit veya bu değerden küçük kalması olasılığını göstermektedir. Rastgele değişken kesikli ya da sürekli olabileceğinden, olasılık dağılımı da kesikli ya da sürekli olabilir.

3.2.1 Kesikli Değişkenlerin Dağılımları

x kesikli rastgele değişkeni sonlu sayıda $x_1, x_2, \dots, x_n$ değerlerini alabilir. $X=x_i$ basit olaylarının p_i olasılıklarının dağılımını gösteren $p(x_i)$ fonksiyonuna olasılık kütle fonksiyonu denir (Şekil 3.1). (3.2) denklemi ile tanımlanan $F(x_i)$ fonksiyonuna ise x 'in olasılık dağılım fonksiyonu ya da eklenik olasılık fonksiyonu denir (Şekil 3.1) ve,

$$F(x_i) = \sum_{j=1}^i p(x_j) \quad (3.3)$$

ifadesi ile tanımlanır.



Şekil 3.1 Olasılık kütle fonksiyonu ve olasılık dağılım fonksiyonu

3.2.2 Sürekli Değişkenlerin Dağılımları

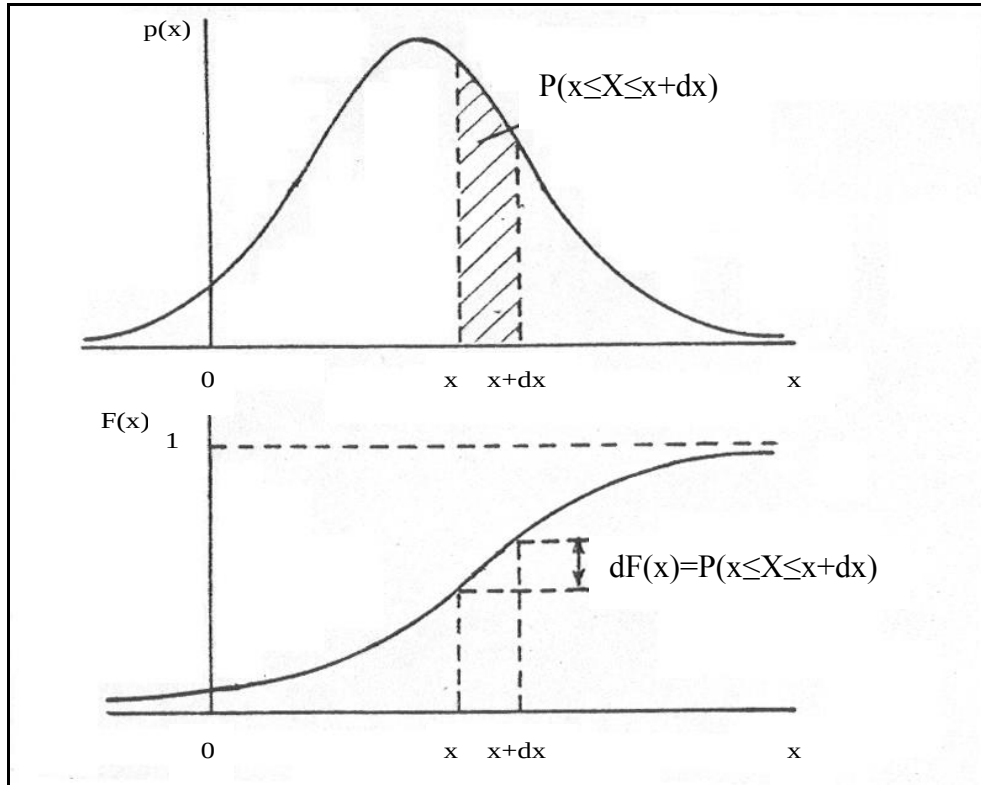
x sürekli rastgele değişkeni sonsuz sayıdaki değerlerden birini alabileceği için, ancak sonlu bir dx aralığında kalması olayının olasılığı sonlu bir değerde olabilir. Bu nedenle sürekli rastgele değişkenler için olasılık kütle fonksiyonu yerine olasılık yoğunluk fonksiyonu tanımlanır (Şekil 3.2).

$$p(x) = \frac{dF(x)}{dx} = \frac{P(x \leq X \leq x + dx)}{dx} \quad (3.4)$$

Burada $p(x)$ olasılığı x eksenı boyunca yerleştirilmiş kütlenin $(x, x+dx)$ aralığındaki yoğunluğu gibi düşünülmektedir. (3.4) denklemi integre edilerek;

$$F(x) = \int_{-\infty}^x p(x) \cdot dx \quad (3.5)$$

funksiyonu elde edilir. Burada $F(x)$, x rastgele değişkeninin olasılık dağılım fonksiyonudur (Şekil 3.2) ve x değerinden küçük kalması olasılığını göstermektedir.



Şekil 3.2 Olasılık yoğunluk fonksiyonu ve olasılık dağılım fonksiyonu

3.3 Dağılımların Parametreleri ve Parametrelerin Tahmini

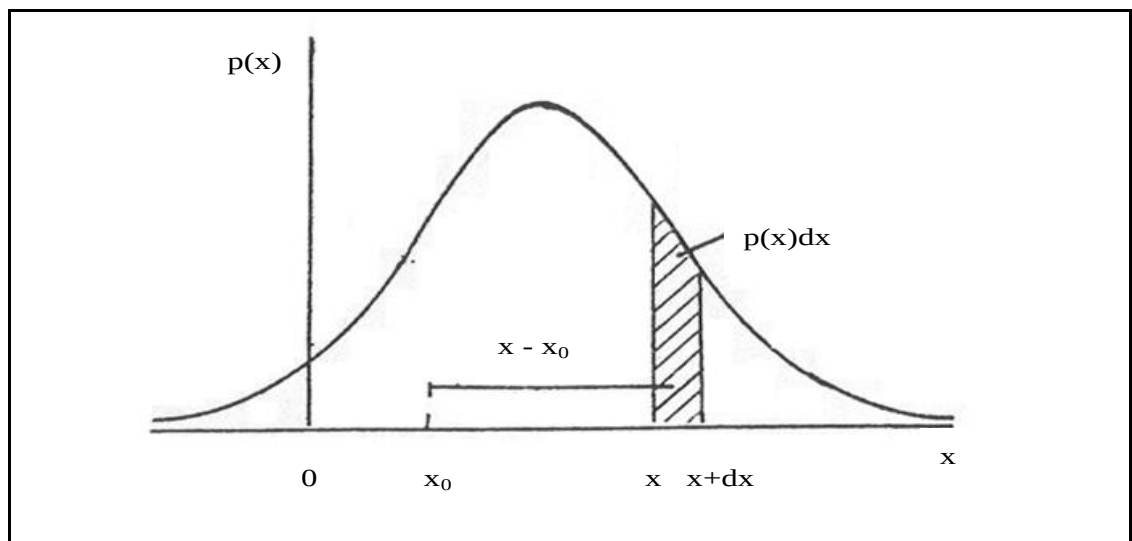
Bir rastgele değişkenin toplumunun parametreleri, o değişkenin olasılık dağılımının başlıca özelliklerini ifade ederler. Parametreler olasılık dağılımının aşağıdaki özelliklerini belirtirler:

- Dağılımın merkezini, yani rastgele değişkenin alabileceği tüm değerlerin çevresinde kümелendiği değerleri,
- Merkez çevresindeki yayılmanın büyüklüğünü,
- Dağılımın çarpıklığını,
- Dağılımın sivrilğini.

Toplunun tümünü gözlemek mümkün olmadığından, parametrelerin aldığı gerçek değerler belirlenemez. Ancak eldeki örnekten tahmin yapılabilir ve tahmin edilen bu değerlere istatistikler denir (Bayazıt, 1981). Elde edilecek istatistiklerin yani tahminlerin tarafsız (beklenen değerin toplum değerine eşit olması) ve etkin (örnekleme varyansı en küçük olan tahmin) tahminler olmaları istenir. En çok kullanılan tahmin yöntemleri istatistik momentler ve L-momentleridir.

3.3.1 İstatistik Momentler

Bir rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu eğrisi ile x-ekseni arasında kalan alan bir kütle gibi düşünülürse, bu kütlenin çeşitli noktalar etrafındaki momentleri istatistik momentler olarak tanımlanır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 İstatistik momentlerin tanımında kullanılan büyüklükler

Dağılımın n-inci mertebeden istatistik momenti

$$\nu_n = \int_{-\infty}^{\infty} p(x)(x - x_0)^n dx \quad (3.6)$$

şeklinde tanımlanırken, n-inci mertebeden merkezsel momenti ise,

$$\mu_n = \int_{-\infty}^{\infty} p(x)(x - \mu)^n dx \quad (3.7)$$

$$\mu_x^{(n)} = E[(x - \mu_x)^n] \quad (3.8)$$

şeklinde tanımlanır. Burada μ_x rastgele değişkenin ortalaması ve $E[.]$ beklenen değeri göstermektedir. Momentlerin eldeki örnekten tahminindeki n mertebesi arttıkça, güvenilirlik hızla azaldığı için pratikte ilk dört moment kullanılır.

3.3.1.1 Merkez Parametreleri

Rastgele değişkenin merkezini ifade etmek için en çok kullanılan parametre $x_0=0$ noktası etrafındaki 1-inci mertebeden momenttir. Bu büyüklüğe ortalama ya da beklenen değer denir. x rastgele değişkeninin beklenen değeri olan ortalamanın toplum değeri,

$$\mu_x = E[x] = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot dF(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) \cdot dx \quad (3.9)$$

ifadesinden elde edilir.

x rastgele değişkeninin toplumundan alınmış n elemanlı bir örnekte $(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$ ortalamanın $\bar{x}$ ile gösterilen istatistik değeri,

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.10)$$

şeklinde hesaplanır. Örnekte bulunabilecek çok küçük ya da çok büyük değerler ortalamayı önemli ölçüde etkilerler.

Rastgele değişkenin merkezini ifade eden bir diğer parametre ise, n elemanlı örnek büyüklük sırasına göre dizilerek elde edilen düzenlenmiş örnekteki aşılma frekansı %50 olan medyan değeridir. Çok küçük örneklerde muhtemel ekstrem değerlerin etkisini azaltmak amacıyla ortalama yerine medyayı kullanmak uygun olabilir.

3.3.1.2 Yayılım Parametreleri

Rastgele değişkenin dağılımının merkez çevresindeki yayılımının büyüklüğünü ifade etmek için en çok kullanılan parametre 2-inci mertebeden merkezsiz moment olan varyans Var_x veya varyansın karekökü olan standart sapmadır σ_x .

Varyans rastgele değişkenin ortalamasından farkının karesinin beklenen değeridir.

$$Var_x = E\left[(x - \mu_x)^2\right] \quad (3.11)$$

x rastgele değişkeninin varyansının toplum değeri,

$$Var_x = \sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^2 \cdot f(x) \cdot dx \quad (3.12)$$

ifadesinden elde edilir.

Varyans, x rastgele değişkeninin toplumundan alınmış n elemanlı bir örnekte, $(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$ aşağıdaki ifadeyle tahmin edilebilir.

$$Var_x = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.13)$$

Ancak (3.13) denklemi ile hesaplanan varyans istatistiğinin beklenen değeri toplumun parametre değerinden daha küçük olduğundan varyansın tarafsız tahminini vermez, bu yüzden (3.13) denklemi yerine,

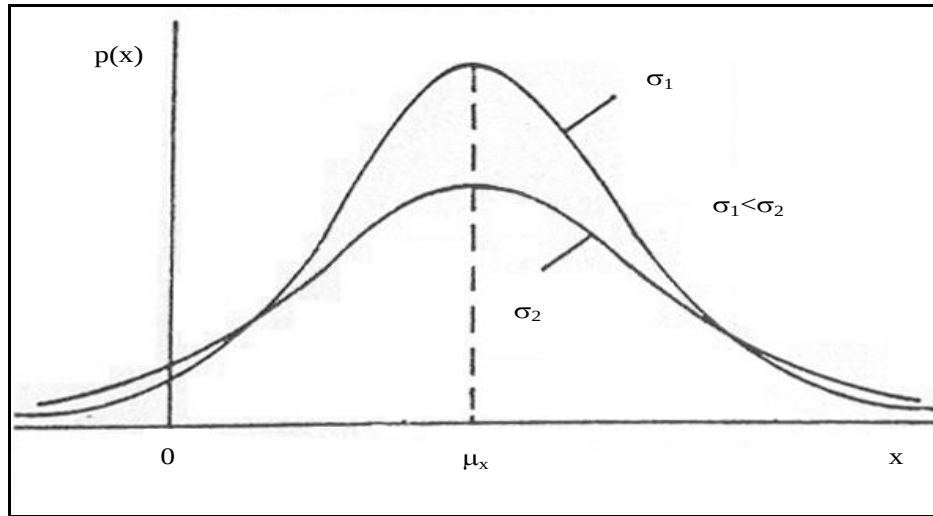
$$Var_x = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.14)$$

denklemleri kullanılmalıdır. Bu düzeltme küçük örneklerde önemlidir. $n > 30$ için (3.13) denklemleri kullanılabilir.

Denklemlerden görüldüğü gibi varyansın boyutu x^2 'nin boyutu gibidir. Boyutu rastgele değişken ile aynı olan bir büyüklük elde etmek için, varyansın karekökü alınarak standart sapma (σ_x) bulunur. Standart sapmanın S_x istatistiği eldeki örnekten,

$$S_x = [Var_x]^{1/2} = \left[\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2} \quad (3.15)$$

denklemleriyle hesaplanır. Standart sapmanın büyük olması değişkenin dağılımının daha yaygın olduğunu gösterir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Standart sapma ile dağılımın yayılımı arasındaki ilişki

Ortalamaları farklı olan iki rastgele değişkenin hangisinde yayılmanın daha büyük olduğunu anlamak için standart sapmalarını karşılaştırmak yeterli olmaz. Bu durumda boyutsuz bir katsayı olan değişim (varyasyon) katsayısını kullanmak uygun olur. Standart sapmanın ortalamaya oranı olarak tanımlanan değişim katsayısının toplum değeri,

$$C_{vx} = \frac{\sigma_x}{\mu_x} \quad (3.16)$$

ifadesinden elde edilir.

Değişim katsayısının istatistiği eldeki örnekten,

$$C_{vx} = \frac{S_x}{x} \quad (3.17)$$

denklemleriyle hesaplanır.

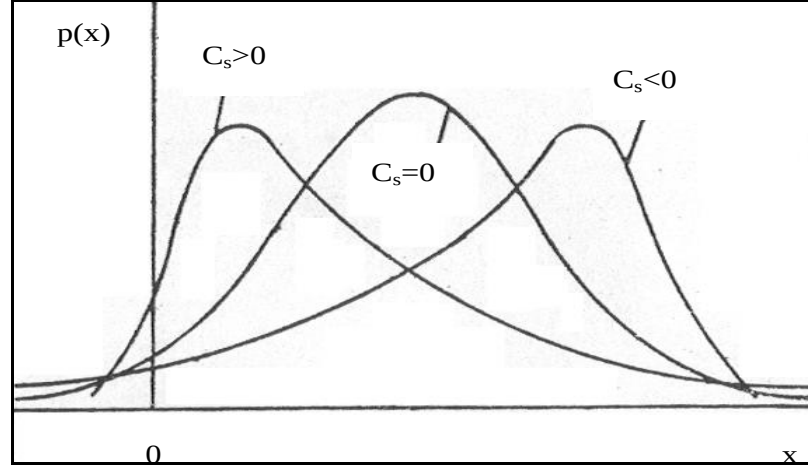
Değişim katsayısı iki rastgele değişkenin yayılımlarını doğrudan doğruya karşılaştırmamıza imkan verir. Değişim katsayısı büyük olan rastgele değişkenin yayılması, ortalamasının daha büyük bir yüzdesine eşit olmaktadır.

3.3.1.3 Çarpıklık Parametreleri

Rastgele değişkenin dağılımının merkez çevresindeki simetrisini ifade etmek için kullanılan parametre 3-üncü mertebeden merkezsiz moment olan C_{sx} çarpıklık katsayısı,

$$C_{sx} = \frac{\mu_x^{(3)}}{\sigma_x^3} \quad (3.18)$$

şeklinde tanımlanır. Bu boyutsuz katsayının 0 olması dağılımın simetrik, pozitif olması sağa çarpık, negatif olması sola çarpık olduğunu gösterir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Pozitif, negatif çarpık ve simetrik dağılımlar

Çarpıklık katsayısının tarafsız istatistik değeri,

$$C_{sx} = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{S_x^3} \quad (3.19)$$

denklemleriyle hesaplanır.

3.3.1.4 Sivrilik Parametreleri

Dağılımın sivriliğini ifade eden kurtosis katsayısı, 4-üncü mertebeden merkezi moment olan,

$$k = \frac{\mu_x^{(4)}}{\sigma_x^4} \quad (3.20)$$

denklemleri ile hesaplanır.

3.3.2 L-Momentleri

L-momentleri olasılık dağılımlarının başlıca özelliklerini ifade eden ve istatistik momentlere alternatif olan büyüklüklerdir.

L-momentleri artan sırada dizilmiş bir veri örneğindeki gözlemlerin lineer kombinasyonları olarak düşünülebilirler. n boyutundaki, $x_{n:n} \leq \dots \leq x_{2:n} \leq x_{1:n}$

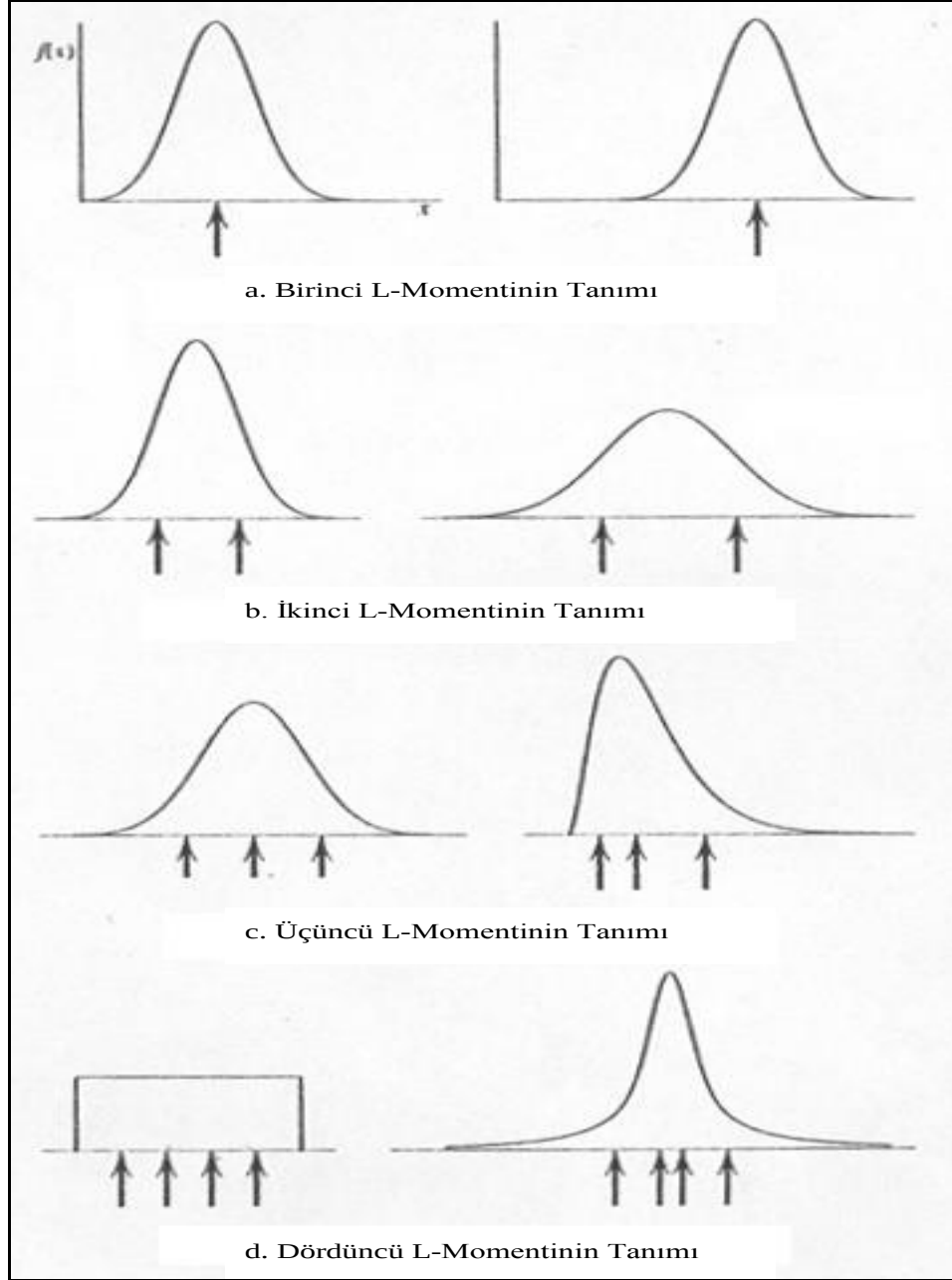
şeklinde düzenlenmiş bir örnekten alınan i-inci en büyük gözlem değeri $x_{i:n}$ ifadesiyle gösterilir.

Örnek boyutunun 1 olması tek gözlem, $X_{1:1}$, olduğunu gösterir ve bu gözlem dağılımın yeri ile ilgili bilgi verir. Dağılım daha büyük değerlere doğru kaydırılırsa, $x_{1:1}$ değeri olarak daha büyük değerler gözlenmesi beklenir (Şekil 3.6a).

Örnek boyutu 2 olursa, $X_{1:2}$ ve $X_{2:2}$ şeklinde iki gözlem mevcuttur. İki boyutlu bu örnek dağılımın ölçeği ile ilgili bilgi içerir. Eğer dağılım bir merkez değer etrafında toplanırsa gözlenen iki değer birbirlerine yaklaşırlar. Dağılımın daha da yayılması durumunda ise uzaklaşırlar (Şekil 3.6b). Bu durumda iki gözlem arasında fark, $X_{1:2} - X_{2:2}$, dağılımın ölçeğinin (yayılımının) bir ölçüsüdür.

$X_{3:3} \leq X_{2:3} \leq X_{1:3}$ şeklindeki 3 boyutlu bir örnek ise dağılımın çarpıklığı ile ilgili bilgi verir. Eğer dağılım bir merkez değer etrafında simetrik ise, büyük ve küçük olan gözlemler merkezdeki gözlemden yaklaşık olarak eşit uzaklıkta, $X_{2:3} - X_{3:3} \approx X_{1:3} - X_{2:3}$ ya da $X_{1:3} - 2X_{2:3} + X_{3:3}$ olacaktır. Dağılımın sağa doğru çarpık olması durumunda $X_{2:3} - X_{3:3}$ değeri $X_{1:3} - X_{2:3}$ değerinden büyük olacaktır. Bu durumda $X_{1:3} - 2X_{2:3} + X_{3:3}$ ifadesi pozitif, dağılım sola çarpık olursa negatif değerler alır (Şekil 3.6c). Buna göre $X_{1:3} - 2X_{2:3} + X_{3:3}$ ifadesi düzenlenmiş örneğin merkezsel ikinci farkıdır ve dağılımın çarpıklığının bir ölçüsüdür.

4 boyutundaki bir örnek de benzer şekilde dağılımın merkezsel üçüncü farkı, $X_{1:4} - 3X_{2:4} + 3X_{3:4} - X_{4:4}$, olarak düşünülür. $(X_{1:4} - X_{4:4}) - 3(X_{2:4} + X_{3:4})$ ifadesi örneğin iki uç değerinin merkez iki değerden ne kadar uzakta olduğunu belirtir. Dağılımın düz bir yoğunluk fonksiyonu varsa, merkezsel üçüncü fark sıfıra yakın, dağılım bir pik yapıyorsa büyük bir değer olacaktır (Şekil 3.6d). Bu durumda $X_{1:4} - 3X_{2:4} + 3X_{3:4} - X_{4:4}$ ifadesi dağılımın kurtosis değerinin bir ölçüsüdür.



Şekil 3.6 L-momentlerinin tanımı

Düzenlenmiş bir örneğin elemanlarının lineer kombinasyonlarının; dağılımın yeri, ölçeği ve şekli ile ilgili bilgiler içerdiği görülmektedir. L-momentleri bu lineer kombinasyonların sabit bir katsayı ile çarpılmış beklenen değerleri olarak tanımlanmaktadır. Bir olasılık dağılımının L-momentleri,

$$\lambda_1 = E(X_{1:1}),$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} E(X_{1:2} - X_{2:2}), \quad (3.21)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{3} E(X_{1:3} - 2X_{2:3} + X_{3:3}),$$

$$\lambda_4 = \frac{1}{4} E(X_{1:4} - 3X_{2:4} + 3X_{3:4} - X_{4:4}),$$

ifadeleriyle verilmektedir (Hosking ve Wallis, 1997).

Tıpkı bir değişkenin varyansının ya da çarpıklık katsayısının $E[x]$, $E[x^2]$ ve $E[x^3]$ momentlerinin fonksiyonları olması gibi, L-momentleri de, $F(x)$ x değişkeninin e.d.f. olmak üzere;

$$\beta_r = E(x \cdot [F(x)]^r) \quad (3.22)$$

denklemleri ile tanımlanan “PWM” (Probability Weighted Moments) olasılık ağırlıklı momentlerinin lineer fonksiyonlarıdır (Stedinger ve diğ., 1993). PWM’ler $F(x)$ e.d.f. nun, x değişkeni ile çarpımının beklenen değeridir. $r=0$ için β_0 toplum ortalama değeri olan μ_x ’e eşittir.

PWM’lerin tarafsız tahminleri, büyüklük sırasına göre $(x_n \leq \dots \leq x_i \leq \dots \leq x_1)$ şeklinde düzenlenmiş n elemanlı örnekte,

$$b_r = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^{n-r} \frac{\binom{n-j}{r} \cdot x_j}{\binom{n-1}{r}} \quad (3.23)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanır. Buna göre PWM’lerin tarafsız tahminleri,

$$b_0 = \bar{x}$$

$$b_1 = \sum_{j=1}^{n-1} \frac{(n-j) \cdot x_j}{n \cdot (n-1)} \quad (3.24)$$

$$b_2 = \sum_{j=1}^{n-2} \frac{(n-j) \cdot (n-j-1) \cdot x_j}{n \cdot (n-1) \cdot (n-2)}$$

olarak elde edilmektedir.

İlk üç L-moment değeri, PWM'ler cinsinden aşağıdaki ifadeler kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\lambda_1 = \beta_0$$

$$\lambda_2 = 2 \cdot \beta_1 - \beta_0 \quad (3.25)$$

$$\lambda_3 = 6 \cdot \beta_2 - 6 \cdot \beta_1 + \beta_0$$

λ_1 , L-yer veya dağılımın ortalaması, λ_2 , L-ölçek parametresi olarak adlandırılmaktadır.

L-değişim katsayısı (L-CV)

$$\tau = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (3.26)$$

ifadesinden elde edilmektedir.

Yüksek mertebeden L-momentlerini ölçek parametresi olan λ_2 'ye bölerek, L-momentlerinin boyutsuz oranlarını tanımlamak mümkündür. L-moment oranları

$$\tau_r = \frac{\lambda_r}{\lambda_2} \quad r \geq 3 \quad (3.27)$$

ifadesiyle verilmektedir. $r=3$ için L-çarpıklık katsayısı elde edilmektedir.

L-momentlerinin tahminleri, (3.25) denkleminde β_r olasılık ağırlıklı momentlerin yerlerine (3.24) denklemi ile tanımlanan b_r örnek tahminleri konularak;

$$L_1 = b_0$$

$$L_2 = 2 \cdot b_1 - b_0 \quad (3.28)$$

$$L_3 = 6 \cdot b_2 - 6 \cdot b_1 + b_0$$

denklemleri ile elde edilirler.

L-değişim ve L-çarpıklık katsayıları eldeki örnekten sırasıyla,

$$t_2 = \frac{L_2}{L_1} \quad \text{L-CV, değişim katsayısı} \quad (3.29)$$

$$t_3 = \frac{L_3}{L_2} \quad \text{L-CS, çarpıklık katsayısı} \quad (3.30)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

3.4 Olasılık Dağılım Fonksiyonları

Rastgele değişkenlere ait örneklerdeki gözlemlerden elde edilen frekans dağılımlarındaki bilgiyi ifade etmek için bu dağılımlara analitik ifadeleri belli olan olasılık dağılım fonksiyonları (o.d.f.) uydurulur. Bu amaçla uydurulacak o.d.f. lerin sayısı pekçok olup, aşağıdaki şartları sağlayan herhangi bir $F(x)$ fonksiyonu o.d.f. olabilir:

- $0 \leq F(x) \leq 1$
- $x_1 < x_2$ için $F(x_1) \leq F(x_2)$
- $F(-\infty) = 0, F(+\infty) = 1$

Literatürde en çok iki ve üç parametrelili dağılımlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan olasılık dağılım fonksiyonları aşağıda tanıtılmıştır.

3.4.1 Normal Dağılım

Normal dağılım bilim adamları ve mühendisler tarafından oldukça yaygın kullanılan bir dağılımdır. Gauss tarafından geliştirildiği için “Gauss Dağılımı” olarak da adlandırılır. Normal dağılım simetrik, sürekli ve teorik olarak bütün reel sayıları içeren bir dağılımdır.

Normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \right)^2 \right] \quad -\infty < x < \infty \quad (3.31)$$

denklemleriyle verilmektedir.

Bu ifadede, μ_x ve σ_x rastgele değişkenin ortalama ve standart sapması olup, normal dağılımın parametreleridir. (3.10) ve (3.15) denklemleri ile tanımlanan örnek ortalaması ve standart sapması ile tahmin edilirler. Normal dağılım simetrik olduğundan çarpıklık katsayısı ($C_{sx}=0$) sıfırdır ve kurtosis katsayısı $k=3$ 'e eşittir.

Normal dağılımın $F(x)$ eklenik dağılım fonksiyonunun ifadesi analitik olarak elde edilemediğinden sayısal integrasyon yoluyla hesaplanarak tablo haline getirilmiştir. Tek bir tablo hazırlayabilmek için rastgele değişken aşağıdaki dönüşümle standart hale getirilir (Şekil 3.7).

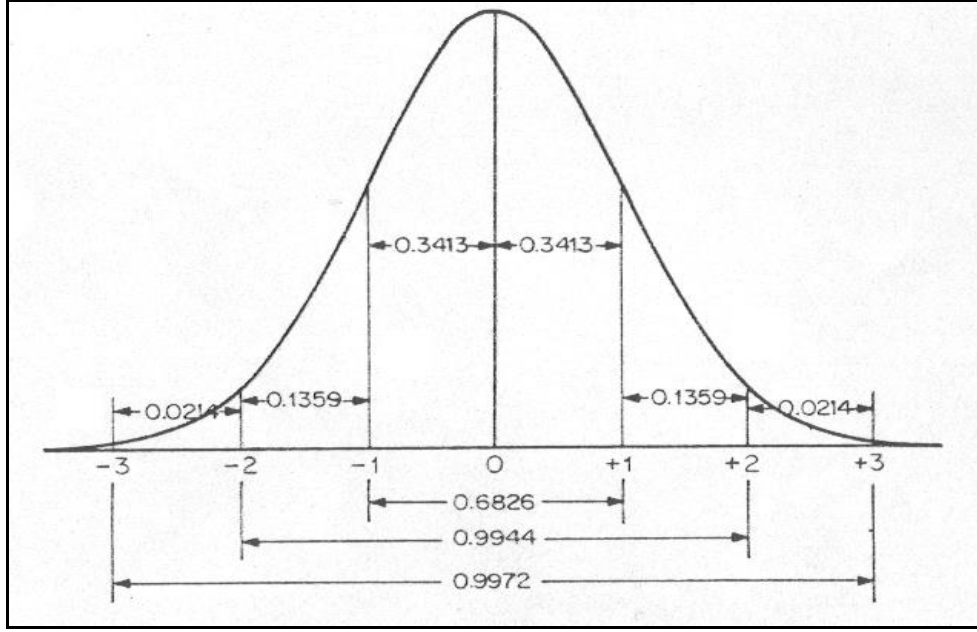
$$z = \frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \quad (3.32)$$

eşitlikte;

z : standart değişken,

μ : x değerinin ortalaması

σ : x değerlerinin standart sapmasıdır.



Şekil 3.7 Standart normal dağılım

Standart normal dağılım ortalaması 0 ve varyansı 1 olan bir dağılımdır. z'nin standart normal dağılımının eklenik dağılım fonksiyonu tablo haline getirilmiştir (Bayazıt ve Oğuz, 1994).

x_i ($i=1,2,\dots,n$) birbirinden bağımsız rastgele değişkenler ise,

$$x = \sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i \quad (3.33)$$

şeklinde, x_i 'lerin sabit sayılarla çarpılıp toplanmalarıyla elde edilen x rastgele değişkenin dağılımı, x_i 'lerin ayrı ayrı dağılımları ne şekilde olursa olsun, n büyüdükçe normal dağılıma yaklaşır. Bu durum istatistikte merkez limit teoremi olarak adlandırılır ve bu teoreme göre bir değişkenin normal dağılmış olması için bu değişkeni, birbirinden bağımsız birçok değişken etkileri birbirleriyle toplanacak şekilde etkilemelidir.

Normal dağılmış bir değişkenin alabileceği değerler $(-\infty; \infty)$ aralığında değişir. Mühendislikte karşılaşılan birçok değişken sadece pozitif değerler olsa da, normal dağılmış bir değişkenin ortalamadan çok uzak değerler alması olasılığı çok küçük olduğundan bu pratikte önemli bir sorun yaratmaz. Normal dağılmış bir değişkenin

$(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$ aralığının dışında bir değer alması olasılığı ihmal edilebilecek kadar küçüktür (Şekil 3.7).

3.4.2 Lognormal Dağılım

Normal dağılımın özelliklerinin iyi bilinmesi ve kullanımının kolay oluşu nedeniyle, normal dağılmış olmayan (çarpık dağılmış) değişkenler de uygun bir dönüşümle normal dağılıma uygun hale getirilir. Bunun için x çarpık dağılmış rastgele değişkenine,

$$y = \ln x \quad (3.34)$$

şeklinde bir logaritmik dönüşüm uygulanır ve elde edilen y rastgele değişkeni normal dağılmış ise x rastgele değişkenin dağılımına lognormal denir (Bayazıt ve Oğuz, 1994).

Lognormal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = \frac{1}{x \cdot \sigma_x \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \quad 0 < x < \infty \quad (3.35)$$

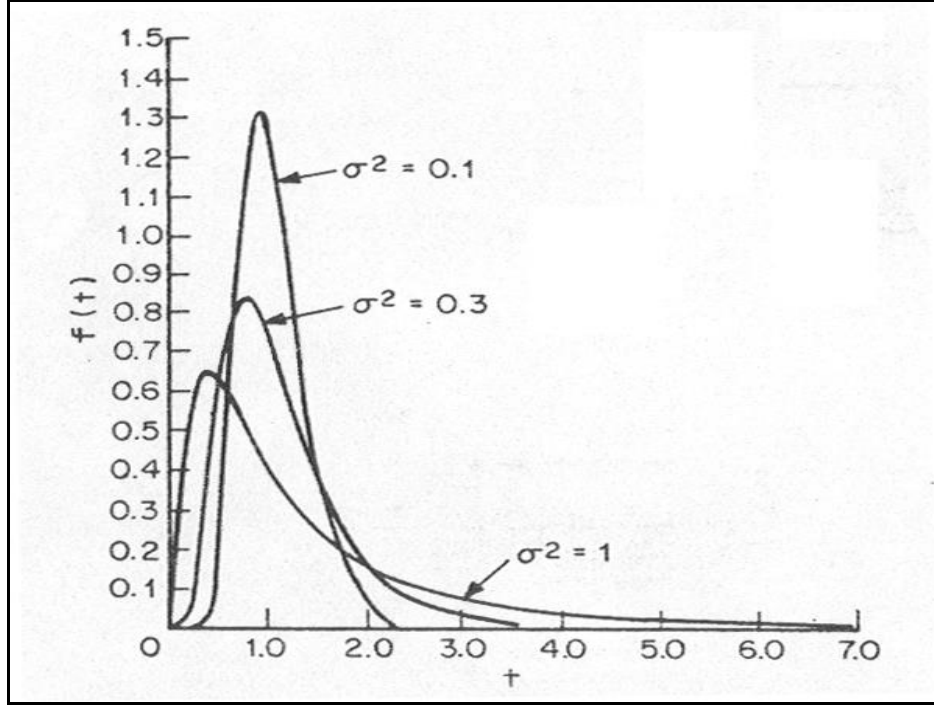
denklemleriyle verilmektedir.

Bu ifadedeki μ_y ve σ_y parametreleri, y rastgele değişkenin ortalama ve standart sapmasıdır.

Logaritma fonksiyonu sadece pozitif büyüklükler için tanımlı olduğundan, lognormal dağılım x 'in pozitif değerleri için tanımlıdır ve çarpıklık katsayısı,

$$C_{sx} = \left[\left[\exp(\sigma_y^2) - 1 \right]^{3/2} + 3 \cdot \left[\exp(\sigma_y^2) - 1 \right]^{1/2} \right] \quad (3.36)$$

ifadesiyle verilen pozitif çarpık bir dağılımdır. Varyasyon ve çarpıklık katsayıları sıfıra yaklaştığında lognormal dağılım da normal dağılıma yaklaşır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Lognormal dağılımın yoğunluk fonksiyonu; $\mu=0$

Eğer x rastgele değişkenin ξ gibi bir alt limiti varsa,

$$y = \ln(x - \xi) \quad \xi \leq x < \infty \quad (3.37)$$

3 parametrelili lognormal (LN3) dağılım elde edilir.

Lognormal dağılım, pozitif çarpık olduğu ve rastgele değişken sadece pozitif değerler alabildiği için, pratikte karşılaşılan birçok değişkene uygundur. Hidrolojik verilerin sıfırdan büyük değerler almaları nedeniyle hidrolojik çalışmalarda normal dağılıma göre daha üstündür. Vogel ve Kroll (1989) ABD’de, Önöz ve Bulu (1996) Trakya Bölgesi’nde bulunan çeşitli akarsular üzerinde gerçekleştirdikleri düşük akım çalışmalarında 2 parametrelili lognormal (LN2) dağılımı kullanmışlardır.

3.4.3 Weibull Dağılımı

Weibull dağılımı çok sayıdaki rastgele değişkenin minimumunun dağılımının modellenmesinde kullanılır. $(w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_n)$, her biri alttan sıfırla sınırlı, n adet rastgele değişkenden en küçük değere sahip $x = \min(w_i)$ rastgele değişkenin dağılımı Weibull veya minimum rastgele değişkenler için ekstrem değer tip III dağılımına

uyar. Bu nedenle düşük akımların frekans analizi için önerilmektedir (Gumbel, 1958; Gustard ve diğ., 1989).

Weibull dağılımının kullanılmasında karşılaşılan en büyük güçlük ise, parametrelerin tahmininin zor olmasıdır. Maksimum olabilirlik yönteminin kullanılması için 2 non-lineer eşitliğin çözümü gerekmektedir.

Weibull dağılımının o.y.f. ve e.d.f. sırasıyla,

$$f(x) = \alpha \cdot (x - \varepsilon)^{\alpha-1} \cdot (\beta - \varepsilon)^{-\alpha} \cdot \exp \left[- \left(\frac{x - \varepsilon}{\beta - \varepsilon} \right)^{\alpha} \right] \quad (3.38)$$

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \varepsilon}{\beta - \varepsilon} \right)^{\alpha} \right] \quad (3.39)$$

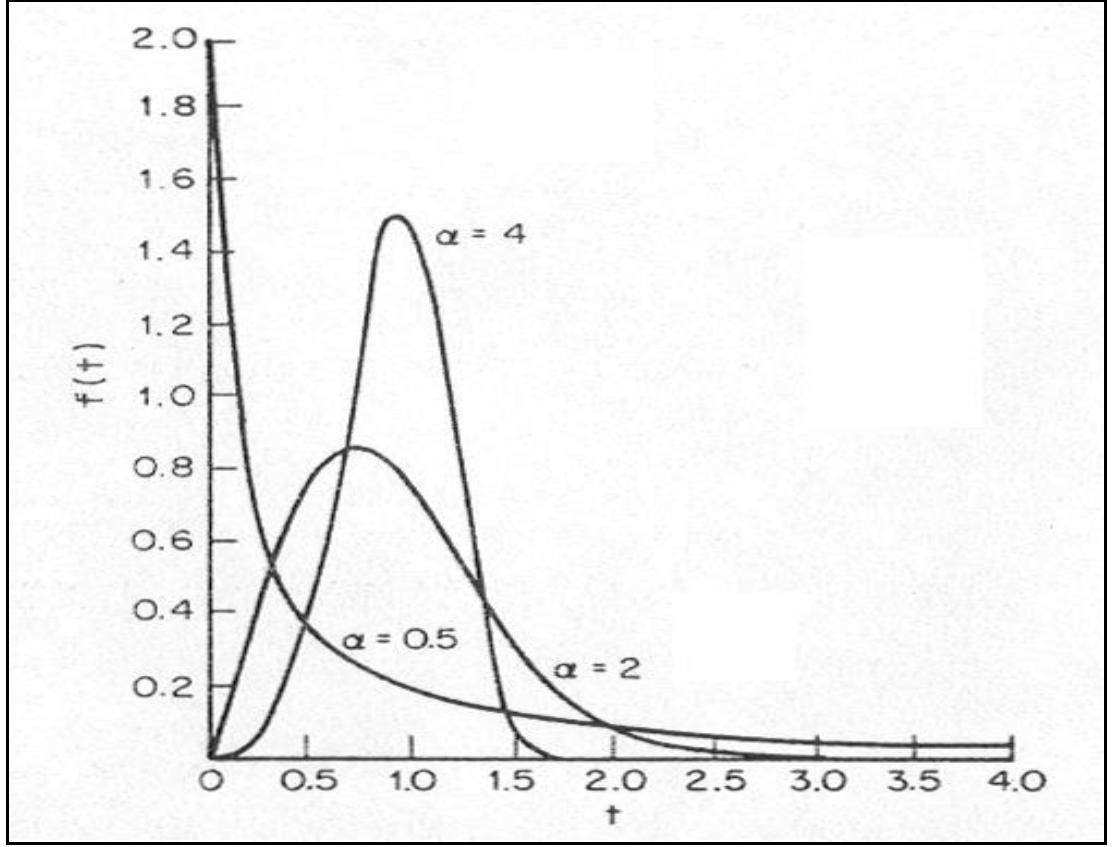
ifadeleriyle verilmektedir. (Nathan ve McMahon, 1990) Burada α şekil parametresi, β ölçek parametresi ve ε ise alt sınırdır. Alt sınır sıfır olursa, o.y.f. ve e.d.f.;

$$f(x) = \alpha \cdot x^{\alpha-1} \cdot \beta^{-\alpha} \cdot \exp \left[- \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha} \right] \quad x \geq 0 \quad \alpha, \beta > 0 \quad (3.40)$$

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha} \right] \quad (3.41)$$

ifadeleriyle verilen 2-parametrelili Weibull (W2) dağılımı elde edilir.

Şekil parametresi $\alpha=1$ için bu dağılım eksponansiyel dağılıma dönüşür ve α büyüdükçe normal dağılıma yaklaşır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Weibull dağılımının yoğunluk fonksiyonu; $\beta=1$

Weibull ve Gumbel dağılımları arasında önemli bir ilişki mevcuttur. x rastgele değişkeninin dağılımının Weibull dağılımı olması durumunda,

$$y = -\ln x \quad (3.42)$$

değişken dönüşümü yapılarak elde edilen rastgele değişkenin dağılımı Gumbel dağılımı olmaktadır. Bu ilişki, Gumbel dağılımı için kullanılan parametre tahmin yöntemleri ve uygunluk testlerinin Weibull dağılımı için de kullanılmasını sağlar.

Vogel ve Kroll (1989), Bulu ve Önöz (1996) Weibull dağılımını düşük akımların frekans analizinde uygulamışlardır. Matalas (1963) ve Tasker (1987) düşük akım çalışmalarında Weibull (W3) dağılımını kullanmışlardır.

3.4.4 Üniorm Dağılım

Eğer x rastgele değişkeni belirli bir aralıkta her değeri aynı olasılıkla alıyorsa dağılımı üniormdur. $(0,1)$ aralığında üniorm dağılmış olan bir değişkenin olasılık dağılım fonksiyonu :

$$f(x) = 1 \quad , \quad 0 \leq x \leq 1 \quad (3.43)$$

Bu olasılık dağılım fonksiyonunun şekli dikdörtgene benzediğinden dikdörtgen dağılım veya üniorm dağılım olarak adlandırılır. Eklenik dağılım fonksiyonu ise üçgendir:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ x & 0 \leq x \leq 1 \\ 1 & x > 1 \end{cases} \quad (3.44)$$

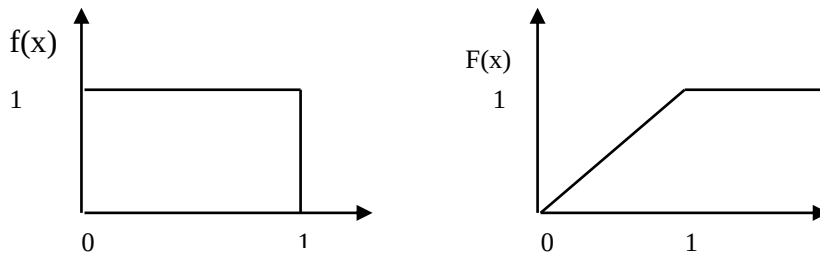
Üniorm dağılımın ortalama ve varyansı;

$$\mu_x = 1/2 \quad (3.45)$$

$$\sigma_x^2 = 1/12$$

Rastgele değişkenin (a,b) aralığında dağılmış olduğunu kabul ederek genelleştirme yapılırsa olasılık dağılım fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Şekil 3.10):

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \text{diğerlerinde} & 0 \end{cases} \quad (3.46)$$



Şekil 3.10 Üniorm dağılımın olasılık yoğunluk ve eklenik dağılım fonksiyonu

3.4.5 Üstel Dağılım

Bir akarsudaki akım, kurak dönem uzunluğuna bağlı olan çekilme eğrisi boyunca azalmaktadır. Üstel dağılım, çekilme eğrisinin eksponansiyel olduğunu ve kurak dönem uzunluğunun ise Gumbel dağılımına uyduğunu kabul ederek elde edilen 2-parametrelili Weibull dağılımının (Gottschalk ve Perzyna, 1989) özel bir durumudur.

Gottschalk ve Perzyna (1989) düşük akımların dağılımını olayın fiziksel yönünü ele alarak belirlemeye yönelik bir çalışma yapmışlardır. Kurak dönemde akarsudaki akımlar çekilme eğrisi boyunca azalmakta ve bu dönemin sonunda ($t = T$) minimum akım görülmektedir. X minimum akımının $F(x)$ dağılım fonksiyonu,

$$F(x) = P[X \leq x] = P[T \geq t] = 1 - F(t) \quad (3.47)$$

denklemini ile verilmektedir. Burada $F(t)$ kurak dönem uzunluğunun dağılım fonksiyonudur. Kurak dönem uzunluğu tam sayı değerler alabilen kesikli bir değişken olarak göz önüne alındığında geometrik dağılıma uyar (Bayazıt ve Şen, 1979). Sürekli bir değişken olarak düşünüldüğünde ise geometrik dağılıma karşı gelen eksponansiyel dağılıma uyması beklenebilir. T kurak dönem uzunluğunun eksponansiyel dağıldığı kabul edilirse, kurak dönem uzunluğunun dağılım fonksiyonu a ve b pozitif parametreler olmak üzere;

$$F(t) = \exp(-ab^{-t}) \quad t \geq 0 \quad (3.48)$$

denklemini ile tanımlanır. Minimum yıllık akımın, yılın en uzun çekilme periyodu sonunda meydana gelmesi beklenir. Çekilme eğrisinin eksponansiyel olduğu ve doğrusal bir haznenin boşalmasına karşı geldiği düşünölsün. Bu durumda k çekilme sabiti ve x_0 çekilme eğrisinin başlangıcındaki ($t=0$) akım değeri olmak üzere,

$$x(t) = x_0 \cdot \exp\left(-\frac{t}{k}\right) \quad x \leq x_0 \quad (3.49)$$

ifadesi elde edilir.

(3.48) ve (3.49) ifadeleri (3.47) denkleminde yerleştirildiğinde,

$$F(x) = 1 - F(t) = 1 - \exp(-ab^{-t}) = 1 - \exp\left[-ab^{\ln(x/x_0)^{1/k}}\right] \quad (3.50)$$

denklemini elde edilir ve gerekli cebir işlemleri yapılarak,

$$F(x) = 1 - \exp\left[-a(x/x_0)^{\ln b^{(1/k)}}\right] \quad (3.51)$$

$$F(x) = 1 - \exp\left[-(x/x_0)^c\right] \quad (3.52)$$

şeklindeki 2-parametrelili Weibull dağılımına varılır.

$(x/x_0)^c \ll 1$, olması durumunda (3.52) ifadesi,

$$F(x) \cong 1 - \left[1 - (x/x_0)^c\right] = (x/x_0)^c \quad x \leq x_0 \quad (3.53)$$

şeklinde yazılarak, üstel dağılım ifadesi elde edilir (Önöz ve Bayazıt, 2001).

3.5 Olasılık Dağılım Fonksiyonlarının Parametrelerinin Tahmini

Seçilen bir dağılım fonksiyonunu gözlenmiş bir örneğe uydurmak için fonksiyonun parametrelerinin değerlerini eldeki verilere dayanarak tahmin etmek gerekir. Fonksiyonun parametre sayısı ne kadar fazla olursa gözlemlere uydurulması o kadar kolaylaşır, buna karşılık parametre tahminlerindeki hatalar büyür. Parametre tahminlerinin tarafsız (yani beklenen değerin toplum değerine eşit olması) ve etkin olması (yani toplum değerinden farkların karelerinin toplamının en küçük olması) istenir (Bayazıt, 1996).Pratikte en çok iki ve üç parametrelili dağılımlar kullanılır.

Parametrelerin tahmini için en çok kullanılan yöntemler;

- Momentler yöntemi (MOM),
- Maksimum olabilirlik,
- L-momentleri yöntemleridir.

Momentler yönteminde dağılımın parametreleri rastgele değişkenin istatistik momentleri cinsinden yazılır. Normal dağılım dışında diğer dağılımlar için bu yöntemle elde edilen parametre tahminleri etkin tahminler değildir. Ancak uygulanmasının kolaylığı nedeniyle bu yöntem sık kullanılmaktadır.

Maksimum olabilirlik yöntemiyle parametrelerin değerleri, seçilen dağılım fonksiyonuna göre, gözlenen olayların görülme olasılıklarını en büyük yapacak şekilde belirlenir. Bu yöntem asimptotik olarak tarafsız ve etkin tahminler vermektedir. Ancak bu tahminleri elde etmek için çözülmesi gereken denklem takımı doğrusal olmadığından çözüm ardışık yaklaşımlarla elde edilebilir. Uygulamada karşılaşılan güçlükler bu yöntemin kullanılışlığını azaltmaktadır.

L-momentleri sıraya dizilmiş gözlemlerin lineer kombinasyonları olduğundan, istatistik moment tahminlerindeki gibi, gözlemlerin kareleri ve küpleri alınmaz. Bu nedenle L-momentleri yöntemiyle gerçekleştirilen parametre tahminleri özellikle kısa kayıtlar için tarafsız olup, aykırı değerlere karşı hassas değildirler ve istatistik momentlere göre örnekleme değişimlerinden daha az etkilenmektedirler. Bu nedenle momentler yöntemine göre daha az hatalı tahminler vermektedirler.

3.5.1 Normal Dağılım

3.5.1.1 Momentler Yöntemi

μ_x ve σ_x parametreleri değişkenin ortalama ve standart sapması olup, sırasıyla (3.10) ve (3.15) denklemleriyle hesaplanan $\bar{x}$ ve s_x 'e eşittirler.

3.5.1.2 Maksimum Olabilirlik Yöntemi

Bu yöntemle bulunan ortalama μ_x ve standart sapma σ_x tahminleri MOM yöntemi ile bulunan parametre tahminleri ile aynıdır (Kite, 1977). Bu nedenle μ_x ve σ_x parametrelerinin tahminleri (3.10) ve (3.15) denklemleri ile yapılır.

3.5.1.3 L-Momentleri Yöntemi

Büyüklik sırasına göre düzenlenen örneğin olasılık ağırlıklı moment tahminleri (PWM), b_0 , b_1 (3.24) denklemleri ile hesaplandıktan sonra, L-momentleri (3.28)

denklemleriyle bulunur. L-momentleri ile normal dağılımın μ_x ve σ_x parametreleri arasındaki ilişki aşağıda verildiği gibi;

$$L_1 = \bar{x} \quad (3.54)$$

$$L_2 = \frac{S_x}{\sqrt{\pi}} \quad (3.55)$$

olup, hesaplanan L_1 ve L_2 'den μ_x ve σ_x parametrelerinin örnek tahminleri $\bar{x}$ ve S_x bulunur (Stedinger ve diğ., 1993).

3.5.2 Lognormal Dağılım

3.5.2.1 Momentler Yöntemi

Bu yöntemle tahmin iki şekilde gerçekleştirilebilir:

- $y = \ln x$ dönüşümüyle hesaplanan y değerlerine normal dağılım uydurulur. Normal dağılmış y değişkeni için, μ_y ve σ_y parametreleri momentler yöntemiyle tahmin edilir.
- μ_x ve σ_x parametreleri eldeki verilerden (3.10) ve (3.15) denklemleri kullanılarak tahmin edilir. Lognormal dağılımın μ_y ve σ_y parametrelerinin örnek tahminleri;

$$\bar{y} = \ln \left[\frac{\bar{x}}{\left(\frac{S_x^2}{\bar{x}^2} + 1 \right)^{1/2}} \right] \quad (3.56)$$

$$S_y = \left[\ln \left(\frac{S_x^2}{\bar{x}^2} + 1 \right) \right]^{1/2} \quad (3.57)$$

denklemlerinden elde edilir (Stedinger ve diğ., 1993).

3.5.2.2 Maksimum Olabilirlik Yöntemi

Bu yöntemle $y = \ln x$ dönüşümüyle elde edilen normal dağılıma uyan y değişkeninin μ_y ortalaması ve σ_y standart sapmasının örnek tahminleri,

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i}{n} \quad (3.58)$$

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln x_i - \bar{y})^2}{n - 1} \quad (3.59)$$

denklemlerinden bulunur (Bulu ve diğ., 1997).

3.5.2.3 L-Momentleri Yöntemi

Bu dağılımın L-momentleri yöntemiyle parametre tahminleri (Stedinger ve diğ., 1993) polinom yaklaşımıyla verilmiş olup burada anlatılmayacaktır.

3.5.3 Weibull Dağılımı

3.5.3.1 Momentler Yöntemi

Elimizdeki n adet verinin μ_x ve σ_x^2 varyansı hesaplandıktan sonra, 2-parametrelili Weibull dağılımının α ve β katsayıları aşağıdaki denklemlerin beraberce çözümünüyle elde edilir (Stedinger ve diğ., 1993).

$$\mu_x = \beta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad (3.60)$$

$$\sigma_x = \beta \cdot \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \right]^2 \right]^{1/2} \quad (3.61)$$

3.5.3.2 Maksimum Olabilirlik Yöntemi

2-parametrelili Weibull dağılımının parametrelerinin bu yöntemle tahmininde,

$$\lambda = \beta^{-\alpha} \quad (3.62)$$

$$\lambda = \frac{n}{\left(\sum_{i=1}^n x_i^\alpha \right)} \quad (3.63)$$

$$\alpha = \frac{n}{\lambda \sum_{i=1}^n x_i^\alpha \ln x_i - \sum_{i=1}^n \ln x_i} \quad (3.64)$$

(3.60) ve (3.61) denklemleri α ve λ için beraberce çözülürler. β değeri ise

$$\beta = (\lambda)^{-1/\alpha} \quad (3.65)$$

ifadesinden elde edilir (Bulu ve diğ., 1997).

3.5.3.3 L-Momentleri Yöntemi

Elimizdeki serinin $y=\ln x$ değerleri alındıktan sonra, bu y değerlerinin L-momentleri (3.24) ve (3.28) denklemlerinden elde edilir. Dağılımın α ve β katsayıları,

$$\alpha = \frac{\ln(2)}{L_2} \quad (3.66)$$

$$\beta = \exp\left(L_1 + \frac{0.5772}{\alpha} \right) \quad (3.67)$$

ifadelerinden elde edilir (Stedinger ve diğ., 1993).

3.5.4 Üniform Dağılım

(a,b) aralığında üniform olarak dağılan değişkenin ortalaması ve varyansı,

$$\mu_x = E(x) = \frac{b + a}{2} \quad (3.68)$$

$$\sigma_x = Var(x) = \frac{(b - a)^2}{12} \quad (3.69)$$

3.5.5 Üstel Dağılım

3.5.5.1 L-Momentler Yöntemi

Üstel dağılımın parametrelerinin tahmini sadece L-momentleri yöntemi ile verilecektir.

Büyüklik sırasına göre düzenlenmiş örneğin b_0 , ve b_1 olasılık ağırlıklı momentleri hesaplanarak, ilk iki L-moment değeri, L_1 ve L_2 , (3.24) ve (3.28) denklemleri kullanılarak elde edilir. Üstel dağılımın c ve x_0 parametreleri, hesaplanan L_1 ve L_2 momentleri kullanılarak,

$$c = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{L_1}{L_2} - 1 \right) \quad (3.70)$$

$$x_0 = L_1 \cdot \frac{(c + 1)}{c} \quad (3.71)$$

denklemlerinden elde edilir (Önöz ve Bayazıt, 2001).

4. OLASILIK DAĞILIMLARI İLE İLGİLİ TESTLER

4.1 Giriş

Bir veri kümesinin analizini yapmak için genellikle veriyi oluşturan toplumu temsil eden istatistik bir model (olasılık dağılımı) seçmek gerekir. İstatistik model kullanılarak toplumun alabileceği diğer değerler hesaplanır. Bu hesapların doğruluğu seçilen modelin uygunluğuna bağlıdır. Bunun için gözlenmiş bir örnekten elde edilen frekans dağılımının seçilen dağılım fonksiyonuna uygunluğunu kontrol eden çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan en basiti seçilen dağılıma ait olasılık kağıdına, sıraya dizilmiş veri değerleri ve her bir veri için seçilen dağılıma bağlı olarak hesaplanan p_i değerleri işaretlenerek grafik kontrol yapmaktır. İşaretlenen noktalar düz bir çizgi etrafında toplanıyorlarsa, verinin seçilen dağılıma uyduğu söylenebilir. Örnekten hesaplanan yüksek mertebeden momentlerin (çarpıklık katsayısı, kurtosis katsayısı) seçilen fonksiyonun teorik moment değerleriyle karşılaştırılması da uygunluk konusunda bir fikir verir. Ayrıca örnekten hesaplanan L-moment değerlerinin L-moment diyagramlarında noktalanması ile elde edilen noktaların teorik eğrilere yakınlığı da dağılımın uygunluğunun bir ölçüsüdür. Ancak bu yöntemler güvenilir yöntemler değildir. Çeşitli dağılım fonksiyonlarının biçimleri çok farklı olduğu halde yüksek mertebeden momentleri birbirine yakın değerlerde olabilmektedir. Grafik kontrol uygunluk hakkında bir fikir vermekle birlikte frekans dağılımı ile teorik dağılım arasındaki farkların anlamlı olup olmadığına ve dolayısıyla seçilen olasılık dağılımının uygun olup olmadığına karar vermek güçtür ve verilen karar subjektiftir. Bu nedenlerle seçilen olasılık dağılımının uygunluğunun kontrolünde çeşitli istatistik testler kullanılması gerekir.

Aşağıda, seçilen teorik dağılımın uygunluğunun kontrolünde kullanılan testlerden Ki-Kare (χ^2), Kolmogorov-Smirnov (K-S) ve Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı (PPCC) testlerinden bahsedilmiştir.

4.2 χ^2 Testi

Bir rastgele değişkene ait n elemanlı bir örneği m sınıf aralığına ayırarak, her bir sınıftaki n_i eleman sayısı hesaplanıp, seçilen o. y. f.'na göre aynı sınıf aralıklarında bulunma olasılıkları p_i ile gösterilirse;

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \quad (4.1)$$

istatistiğinin örnekleme dağılımını asimptotik olarak serbestlik derecesi $m-1$ olan χ^2 dağılımıdır.

(4.1) ifadesinde yer alan np_i , rastgele değişkenin dağılımının seçilen dağılıma uyması halinde i ' inci sınıfa düşecek eleman sayısıdır. Bütün sınıf aralıklarında gözlenen eleman sayısının (n_i) teorik sayıya (np_i) eşıt olması halinde $\chi^2=0$ olacaktır. Aradaki farkların büyümesiyle χ^2 değeri de artar. Buna göre hesaplanan χ^2 değeri $m-1$ serbestlik derecesinde aşılmaya olasılığı α olan χ^2_{α} değerinden küçükse gözlenen dağılımın seçilen teorik dağılıma uygunluğu hipotezi kabul, aksi halde reddedilir.

Pratikte seçilen teorik dağılımın parametreleri bilinmediği için eldeki örnekten tahmin edilmeleri gerekir. Bu durumda gözlenen verilerin seçilen dağılıma uyma olasılığı arttırılmış olmaktadır. Örnekten tahmin edilen parametre sayısı ne kadar fazla ise bu etki o kadar önemli olmaktadır. Bu etkiyi gözönüne alabilmek için, χ^2 dağılımının serbestlik derecesi, tahmin edilen parametre sayısı n kadar azaltılarak, $m-n-1$ olarak alınmalıdır (Bayazıt ve Oğuz, 1994).

Bu test uygulanırken sınıf aralıklarını p_i olasılıkları eşıt ($p_i = 1/m$) olacak şekilde seçmek uygundur. $m \geq 5$, $n_i \geq 5$ olması gerektiğinden bu test ancak büyük örneklerde kullanılabilir. χ^2 dağılımında aşılmaya olasılığı α olan değerler tablo haline getirilmiştir (Bayazıt,1996).

4.3 Kolgomorov-Smirnov (K-S) Testi

K-S testinde, test istatistiği

$$\Delta = \max \left| F(x_i) - F^*(x_i) \right| \quad (4.2)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Bu ifadede $F^*(x_i)$ gözlenen düzenlenmiş örnekten,

$$F^*(x_i) = \frac{i}{n} \quad (4.3)$$

denklemiyle hesaplanan, eklenik frekans dağılımının ordinatlarıdır. $F(x_i)$ ise seçilen teorik eklenik dağılım fonksiyonunun aynı x_i ' lere karşı gelen ordinatlarıdır. Buna göre, Δ istatistiği gözlenen ve teorik eklenik dağılımların arasındaki farkların en büyüğüdür.

Seçilen dağılımın parametrelerinin değerlerinin örnekteki verilerden bağımsız olarak seçilmesi halinde Δ istatistiğinin dağılımı rastgele değişkenin dağılımından bağımsız olup sadece örnekteki n eleman sayısına bağlıdır. n ' nin çeşitli değerleri için aşılma olasılığı α olan Δ_α değerleri tablolastırılmıştır (Bayazıt 1996). Dağılımın parametrelerinin örnekteki verilerden hesaplanması halinde ise kritik değer bir miktar küçülür. Bu durumda Δ_α değerleri seçilen dağılıma bağlıdır ve normal dağılım ile Gumbel dağılımı için tablo haline getirilmiştir (Bayazıt 1996). Buna göre, hesaplanan Δ istatistiği tablodan okunan Δ_α değerinden küçükse dağılımın uygunluğu α anlamlılık düzeyinde kabul, aksi halde reddedilir.

K-S testinin üstünlüğü verilerin sınıflara ayrılmasını gerektirmediğinden bilgilerin tümünün kullanılmasına imkan vermesidir. Bu bakımdan özellikle küçük örnekler için uygundur (Bayazıt ve Oğuz, 1994).

4.4 Olasılık Çizgisi Korelasyon Çizgisi (PPCC) Testi

χ^2 ve K-S testlerinde, sıfır hipotezinde seçilen dağılımın gerçekte toplumun dağılımından farklı olmasına rağmen hipotezin kabul edilme olasılığı büyük

olduğundan bu testlerin gücü düşüktür. PPCC testi ise istatistiksel çalışmalarda yaygınca kullanılan güçlü bir testtir. Bu testte olasılık çizgisi korelasyon katsayısı (r), düzenlenmiş bir örnekteki i -inci sıra istatistiğinin (x_i) ve bu istatistiğin yerinin bir ölçüsü olan beklenen değerinin $E(x_i)$ grafik ifadesi olan olasılık çizgisinin doğrusallığını ölçen bir test istatistiğidir. PPCC testi;

- olasılık çizgisi ve korelasyon katsayısı gibi iki basit konuyu içermesi sebebiyle anlaşılması kolay,
- sadece korelasyon katsayısına bağlı olduğundan hesaplaması kolay,
- örnek boyutuna bağlı olmadığından esnek,
- sonuçların hem grafiksel (olasılık çizgisi) hem de sayısal (korelasyon katsayısı) olarak karşılaştırılmasını sağlayan,
- 2-parametrelili dağılımlar için parametre tahmin yöntemlerinden bağımsız testtir (Vogel, 1986).

r olasılık çizgisi korelasyon katsayısı, büyüklük sırasına göre düzenlenmiş ($x_1 \leq \dots \leq x_i \leq \dots \leq x_n$) gözlenmiş değerler ile kabul edilen teorik dağılımın eklenik dağılım fonksiyonunun invers değerleri arasında elde edilir. Olasılık çizgisinin doğrusallığının bir ölçüsü olduğundan, eldeki örnek seçilen dağılıma uyuyorsa r 'nin bire yakın olması beklenir.

Hesaplanan r değeri kabul edilen anlamlılık düzeyinde kritik değerden büyük ise, elimizdeki örnek seçilen dağılıma uygun olmaktadır.

Test istatistiği r ;

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot (M_i - \bar{M})}{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2 \right]^{1/2}} \quad (4.4)$$

denklemleri ile verilmektedir (Önöz ve Bulu, 1996). Bu denklemde yer alan M_i i -inci büyük gözlem değerlerinin ortalamasının tahmini olup,

$$M_i = F^{-1}(p_i) \quad (4.5)$$

ifadesinden elde edilmektedir. $\overline{M}$ ise M_i değerlerinin ortalamasıdır.

(4.5) ifadesinde yer alan $F(x)$ seçilen dağılıma ait eklenik dağılım fonksiyonudur. p_i ise çeşitli olasılık dağılımları için önerilen tarafsız formüllerden hesaplanan değerlerdir.

Bu çalışmada gözlenmiş düşük akımlara en uygun olasılık dağılımını belirleyebilmek için PPCC testi kullanılmıştır. Bu nedenle, çalışmada kullanılan olasılık dağılımları için, bu testin uygulanışı aşağıda verilmiştir.

4.4.1 Lognormal Dağılım

Lognormal dağılımın inversi için aşağıda verilen ifade kullanılmaktadır (Bulu ve diğ., 1997).

$$M_i = 4,91 \cdot \left[p_i^{0,14} - (1 - p_i)^{0,14} \right] \quad (4.6)$$

Lognormal dağılım için tarafsız p_i değerleri aşağıdaki ifadelerden elde edilmektedir (Filliben, 1975).

$$\begin{aligned} p_i &= 1 - 0,5^{1/n} & i &= 1 \\ p_i &= \frac{(i - 0,3175)}{n + 0,365} & i &= 2, \dots, n - 1 \\ p_i &= 0,5^{1/n} & i &= n \end{aligned} \quad (4.7)$$

$(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ gözlenmiş değerler olmak üzere, $y = \ln x$ dönüşümü uygulanarak elde edilen y değişkenleri büyüklük sırasına göre düzenlenir ($y_1 \leq \dots \leq y_i \leq \dots \leq y_n$).

Büyüklük sırasına göre düzenlenmiş y değerleri ile (4.6) ve (4.7) denklemleri kullanılarak hesaplanan invers değerler arasındaki r korelasyon katsayısı (4.4) denklemi kullanılarak hesaplanır. Hesaplanan test istatistiği, seçilen anlamlılık

düzeyinde Tablo 4.1’ den okunan kritik değerden büyükse gözlenmiş değerlerin lognormal dağılıma uyduğu hipotezi kabul edilir.

Tablo 4.1 Normal ve lognormal dağılım hipotezleri için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı r’nin kritik değerleri (Bayazıt, 1996)

n	α - Anlamlılık Düzeyi					
	0.005	0.010	0.025	0.050	0.100	0.250
5	0.807	0.826	0.856	0.880	0.903	0.934
10	0.862	0.879	0.901	0.918	0.934	0.954
15	0.896	0.910	0.927	0.939	0.951	0.965
20	0.916	0.926	0.940	0.951	0.960	0.972
25	0.929	0.939	0.951	0.959	0.966	0.976
30	0.939	0.947	0.957	0.964	0.971	0.979
40	0.953	0.959	0.966	0.972	0.977	0.984
50	0.961	0.966	0.972	0.977	0.981	0.986
60	0.967	0.971	0.976	0.980	0.984	0.988
80	0.975	0.978	0.982	0.985	0.987	0.991
100	0.979	0.982	0.985	0.987	0.989	0.992

4.4.2 Weibull Dağılımı

Weibull dağılımı (W2) için invers değerler aşağıda verilen ifade kullanılarak elde edilmektedir (Vogel ve Kroll, 1989).

$$M_i = F_y^{-1}(p_i) = \ln \beta + \frac{1}{\alpha} \cdot \ln [-\ln (1 - p_i)] \quad (4.8)$$

Eğer x değişkeni Weibull dağılmış ise $y = -\ln(x)$ değişkeni Gumbel dağılmıştır. Bu nedenle dağılımların biri için kullanılan ifadeler diğeri için de kullanılır hale gelmektedir (Wadsworth, 1990). Buna göre Weibull dağılımı için tarafsız p_i değerleri aşağıdaki ifadeden elde edilebilir.

$$p_i = \frac{i - 0.44}{n + 0.12} \quad (4.9)$$

$(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ gözlenmiş değerler olmak üzere, $y = \ln(x)$ dönüşümü uygulanarak elde edilen y değişkenleri büyüklük sırasına göre düzenlenir ($y_1 \leq \dots \leq y_i \leq \dots \leq y_n$).

Büyüklik sırasına göre düzenlenmiş y değerleri ile (4.8) ve (4.9) denklemleri kullanılarak hesaplanan invers değerler arasındaki r korelasyon katsayısı (4.4) denklemi kullanılarak hesaplanır. Hesaplanan test istatistiği, seçilen anlamlılık düzeyinde Tablo 4.2’den okunan kritik değerden büyükse gözlenmiş değerlerin Weibull dağılımına uyduğu hipotezi kabul edilir.

Tablo 4.2 Weibull (W2) dağılımı hipotezi için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı r ’nin kritik değerleri (Vogel ve Kroll, 1989).

n	α - Anlamlılık Düzeyi					
	0.010	0.050	0.100	0.250	0.500	0.750
10	0.868	0.909	0.926	0.950	0.968	0.980
15	0.893	0.927	0.942	0.961	0.974	0.984
20	0.903	0.938	0.951	0.967	0.978	0.986
25	0.914	0.946	0.958	0.971	0.981	0.987
30	0.923	0.953	0.963	0.975	0.983	0.989
40	0.933	0.960	0.969	0.979	0.986	0.991
50	0.940	0.965	0.973	0.982	0.988	0.992
60	0.947	0.969	0.976	0.984	0.989	0.993
70	0.952	0.972	0.979	0.986	0.990	0.994
80	0.955	0.974	0.980	0.987	0.991	0.994
90	0.958	0.977	0.982	0.988	0.992	0.995
100	0.961	0.978	0.983	0.989	0.993	0.995

4.4.3 Üniform Dağılım

Bu dağılım için PPCC test istatistiğinin r tahmini, (a,b) aralığında dağılan ve sıraya dizilmiş gözlenmiş değerler ile invers değerler arasında (4.4) denklemiyle hesaplanır.

$$M_i = F_x^{-1}(p_i) = a + (b - a) \cdot p_i \quad (4.10)$$

$$p_i = \frac{i}{n + 1} \quad (4.11)$$

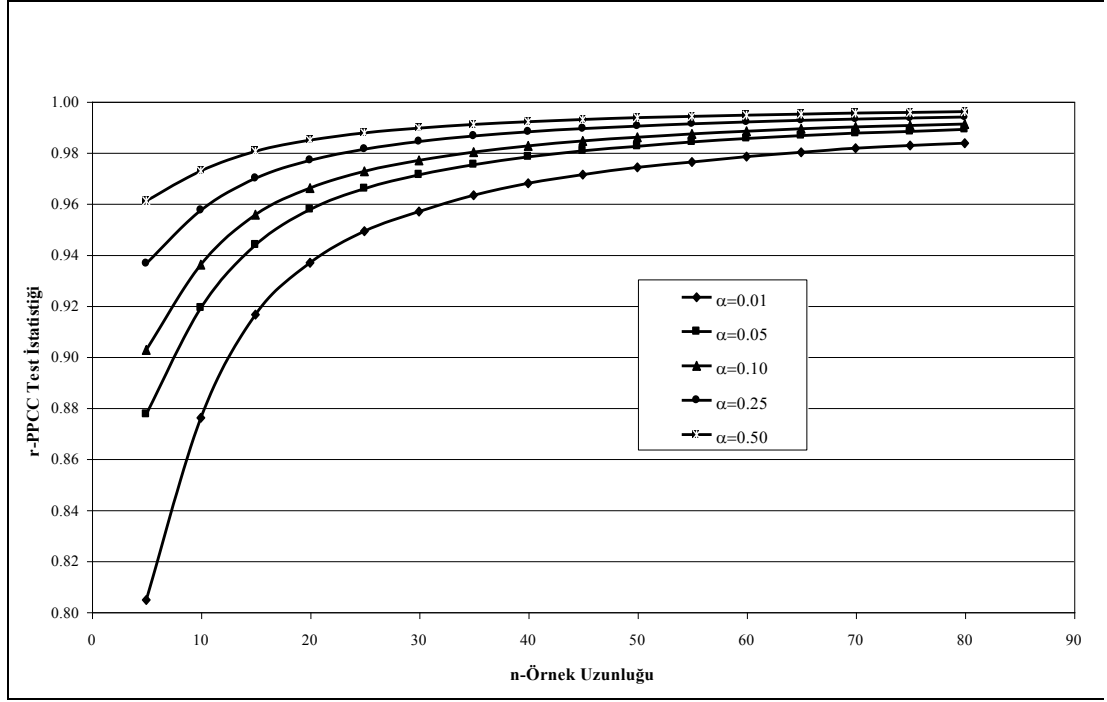
PPCC test istatistiği dağılımın a ve b parametrelerinin tahmininde kullanılan parametre tahmin yöntemlerinden bağımsız olup (4.4) denklemi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Vogel ve Kroll, 1989).

$$r = \frac{Cov(x_i, p_i)}{[Var(x_i)Var(p_i)]^{0.5}} \quad (4.12)$$

Üniform dağılıma ait test istatistiğinin kritik değerleri Tablo 4.3'te verilmiştir. Bu tablodaki değerler grafik haline getirilmiş ve oluşan eğrilere 6. dereceden polinom uydurularak grafik n=5 değerine kadar uzatılmıştır (Şekil 4.1).

Tablo 4.3 Üniform dağılım için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı r'nin $[1000(1-r)]$ şeklindeki kritik değerleri (Vogel ve Kroll, 1989).

n	α - Anlamlılık Düzeyi								
	0.01	0.05	0.10	0.25	0.50	0.75	0.90	0.95	0.99
10	124.00	81.00	64.00	42.70	27.30	17.40	11.70	9.18	5.79
15	83.60	56.30	44.40	30.20	19.60	12.80	8.94	7.21	4.87
20	63.30	42.40	34.00	23.10	15.20	10.10	7.09	5.80	4.02
25	50.90	34.20	27.40	18.80	12.40	8.29	5.88	4.82	3.39
30	43.20	28.80	23.10	15.80	10.50	7.03	5.02	4.13	2.95
35	36.80	24.80	19.90	13.60	9.04	6.10	4.36	3.62	2.55
40	32.10	21.80	17.50	12.00	7.98	5.40	3.88	3.21	2.30
45	28.70	19.40	15.50	10.70	7.12	4.81	3.47	2.88	2.08
50	25.90	17.60	14.10	9.71	6.43	4.37	3.15	2.61	1.90
55	23.80	15.90	12.80	8.80	5.87	3.98	2.87	2.40	1.72
60	21.70	14.60	11.70	8.09	5.39	3.66	2.65	2.21	1.61
65	20.00	13.40	10.80	7.48	4.99	3.39	2.46	2.05	1.49
70	18.40	12.50	10.00	6.96	4.65	3.17	2.30	1.91	1.39
75	17.30	11.80	9.45	6.53	4.35	2.96	2.15	1.79	1.30
80	16.40	11.00	8.86	6.11	4.07	2.78	2.01	1.67	1.23
90	14.40	9.84	7.92	5.45	3.64	2.47	1.80	1.49	1.09
100	13.20	8.78	7.09	4.91	3.27	2.24	1.63	1.36	0.995
200	6.58	4.45	3.58	2.47	1.65	1.13	0.824	0.688	0.503
500	2.61	1.77	1.43	0.993	0.666	0.457	0.333	0.280	0.205
1000	1.32	0.888	0.714	0.494	0.333	0.229	0.167	0.140	0.104



Şekil 4.1 Üniform dağılım için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı r 'nin çeşitli anlamlılık düzeyleri için kritik değerleri

4.4.4 Üstel Dağılım

Üstel dağılım için sıraya dizilmiş gözlemlerin $(x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_j \leq \dots \leq x_n)$ küçük kalma olasılıkları aşağıdaki formülle hesaplanır (Önöz ve Bayazıt, 1998).

$$F(x_j) = \left[\prod_{i=0}^{n-j} \frac{i+j}{i+j+\frac{1}{c}} \right]^c \quad (4.13)$$

Yukarıdaki ifade c parametresine bağlı olduğundan üstel dağılımın PPCC testi istatistiği bulunurken kullanılacak olan invers değerlerin hesabı;

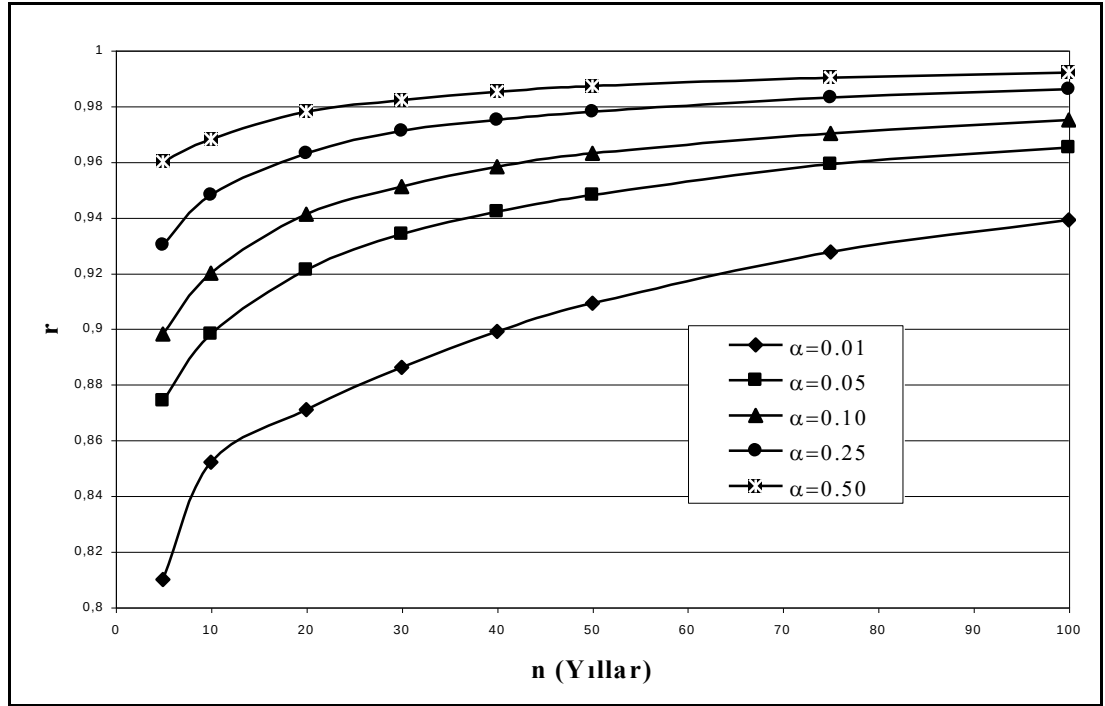
$$M_i = F_x^{-1}(p_i) = p_i \quad (4.14)$$

$$p_i = \frac{i}{n+1} \quad (4.15)$$

denklemleri ile yapılabilir.

Üstel dağılım için PPCC test istatistiğinin hesabı sırasında, gözlenmiş verilerde yer alan x_0 'dan büyük değerler örnekten çıkarılmalıdır.

(4.4) denkleminden hesaplanan hesaplanan test istatistiği r , seçilen anlamlılık düzeyinde, n eleman sayısına bağlı olmak üzere simülasyonla belirlenerek oluşturulmuş, Şekil 4.2'de gösterilen grafikten (Önöz ve Bayazıt, 2001) ya da Tablo 4.4'ten okunan kritik değerden büyükse gözlenmiş değerlerin üstel dağılıma uyduğu hipotezi kabul edilir.



Şekil 4.2 Üstel dağılım için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı r 'nin çeşitli anlamlılık düzeyleri için kritik değerleri

Tablo 4.4 Üstel dağılım hipotezi için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı r 'nin kritik değerleri

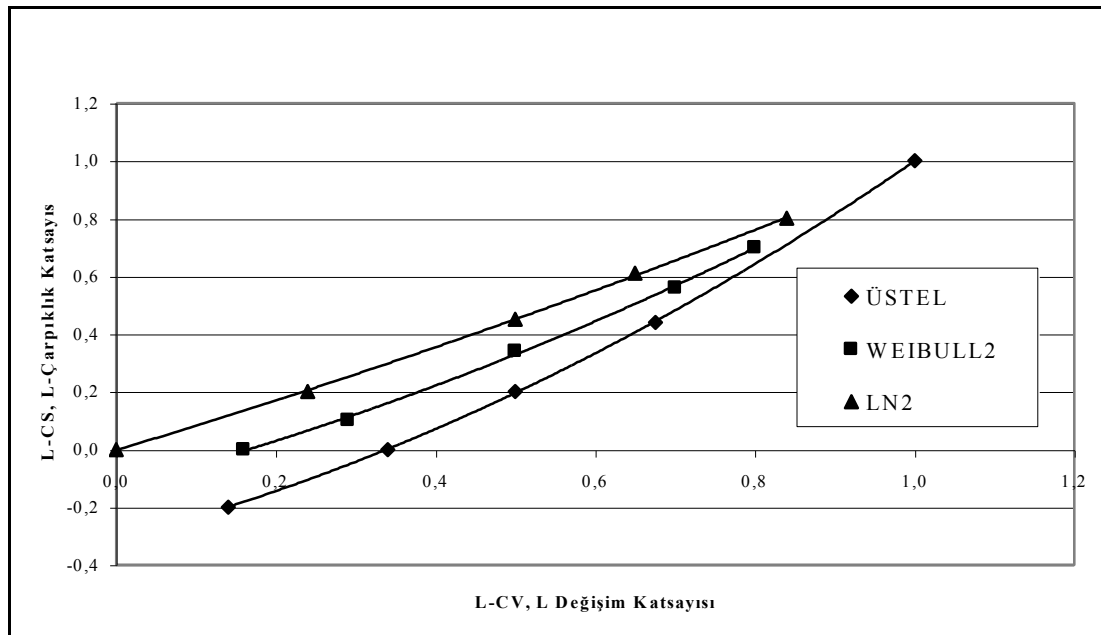
n	α - Anlamlılık Düzeyi				
	0.010	0.050	0.100	0.250	0.500
5	0.810	0.874	0.898	0.930	0.960
10	0.852	0.898	0.920	0.948	0.968
20	0.871	0.921	0.941	0.963	0.978
30	0.886	0.934	0.951	0.971	0.982
40	0.899	0.942	0.958	0.975	0.985
50	0.909	0.948	0.963	0.978	0.987
75	0.927	0.959	0.970	0.983	0.990
100	0.939	0.965	0.975	0.986	0.992

4.5 L-Moment Diyagramları

Gözlenmiş verilerden oluşan örneği tanımlamak için seçilen dağılımın eldeki örneğe uygun olup olmadığının kontrolünde istatistik yöntemlerin yanında L-Moment Diyagramları da kullanılmaktadır. Örnek L-momentleri istatistik moment tahminlerinden daha tarafsız olduklarından, moment diyagramlarının oluşturulması için daha uygundurlar.

L-moment diyagramları; iki parametrelili dağılımlar için x-eksenine (3.29) denklemi ile hesaplanan L-CV, L değişim katsayısı ve y eksenine (3.30) denklemi ile hesaplanan L-CS, L çarpıklık katsayısı, üç parametrelili dağılımlar için ise x-eksenine L-CS, L çarpıklık katsayısı ve y eksenine ise L-kurtosis katsayısı işaretlenerek oluşturulurlar.

Ayrıca dağılımın ortalaması mevcutsa, dağılımı tanımlayan L-momentleri tektirler; yani farklı iki dağılımın L-momentleri aynı olamaz. Bu özellik sayesinde verilerin L-momentleri hesaplanarak Şekil 4.3'te verilen diyagram üzerinde noktalanırlar ve diyagram üzerindeki dağılım eğrileri ile karşılaştırılırlar. Böylece hem seçilen dağılımın eldeki örneğe uygunluğu kontrol edilir hem de alternatif dağılımlar arasından bir seçim yapılabilir.

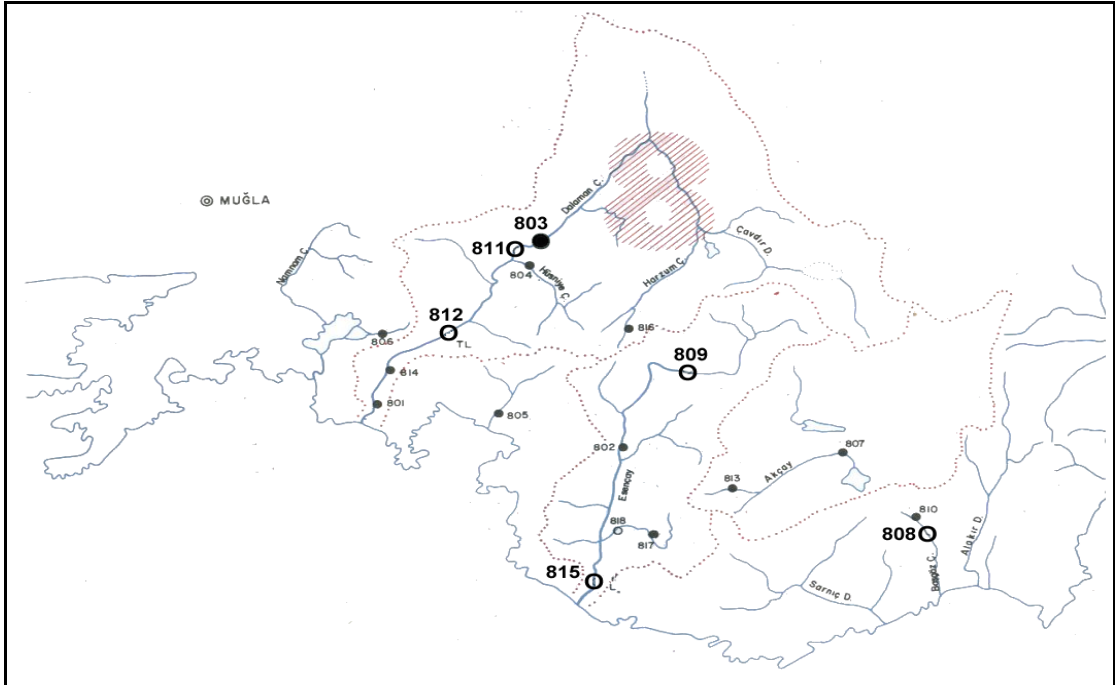


Şekil 4.3 LN2, Weibull 2 ve Üstel dağılımlarının teorik eğrileri

5. AKDENİZ BÖLGESİ DÜŞÜK AKIM ANALİZİ

5.1 Giriş

Bu çalışmada Elektrik İşleri Etüt İdaresi rasat yıllıklarından sağlanan Müteferrik Batı, Orta, Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'nda bulunan 18 adet istasyonun günlük akım verileri kullanılarak Akdeniz Bölgesi'nde düşük akım çalışmaları yapılmıştır. Müteferrik Batı ve Orta Akdeniz Suları ayrı ayrı değerlendirilirken, Seyhan havzasında sadece iki istasyon bulunması nedeniyle Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan havzaları tek bir havza olarak ele alınmıştır. Kullanılacak istasyonlar seçilirken istatistik anlamda mümkün olabildiğince uzun ve homojen ölçümleri olmasına dikkat edilmiştir. Havzalarda verileri kullanılan istasyonlar aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5.1, 5.2, 5.3 ve 5.4).

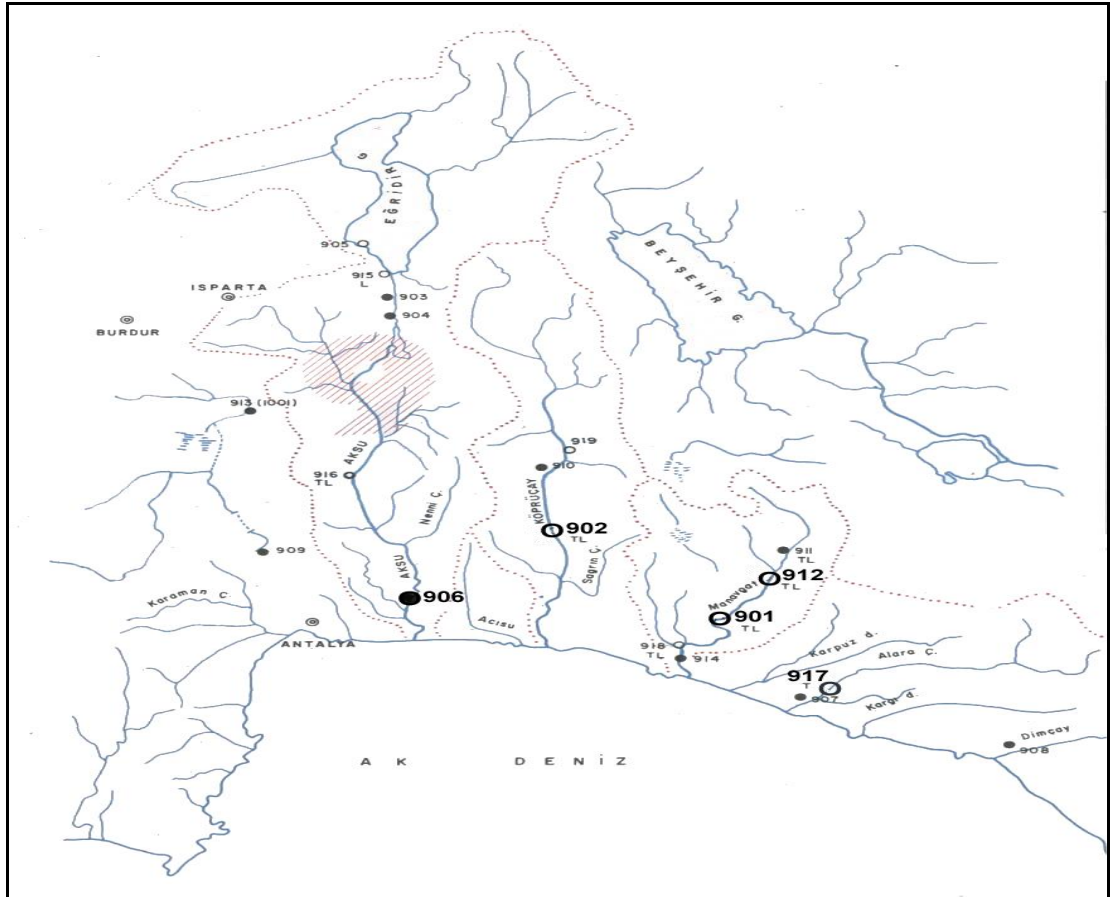


Şekil 5.1 Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda verileri kullanılan istasyonlar

Tablo 5.1’de Mütferrik Batı Akdeniz Suları’nda yeralan istasyonların bazı özellikleri gösterilmiştir. Tabloda verilen sıfır akım sayıları 7-günlük düşük akımlara ait değerlerdir.

Tablo 5.1 Mütferrik Batı Akdeniz Suları’nda verileri kullanılan istasyonların özellikleri

Akarsu	İstasyon No	Gözlem Süresi (Yıl)	Sıfır Akım Sayısı	Yağış Alanı (km ²)
Dalaman Çayı	803	15	0	478
Başgöz Çayı	808	30	0	770
Esen Çayı	809	38	0	547
Dalaman Çayı	811	29	0	3856
Dalaman Çayı	812	27	0	4955
Esen Çayı	815	23	0	2448

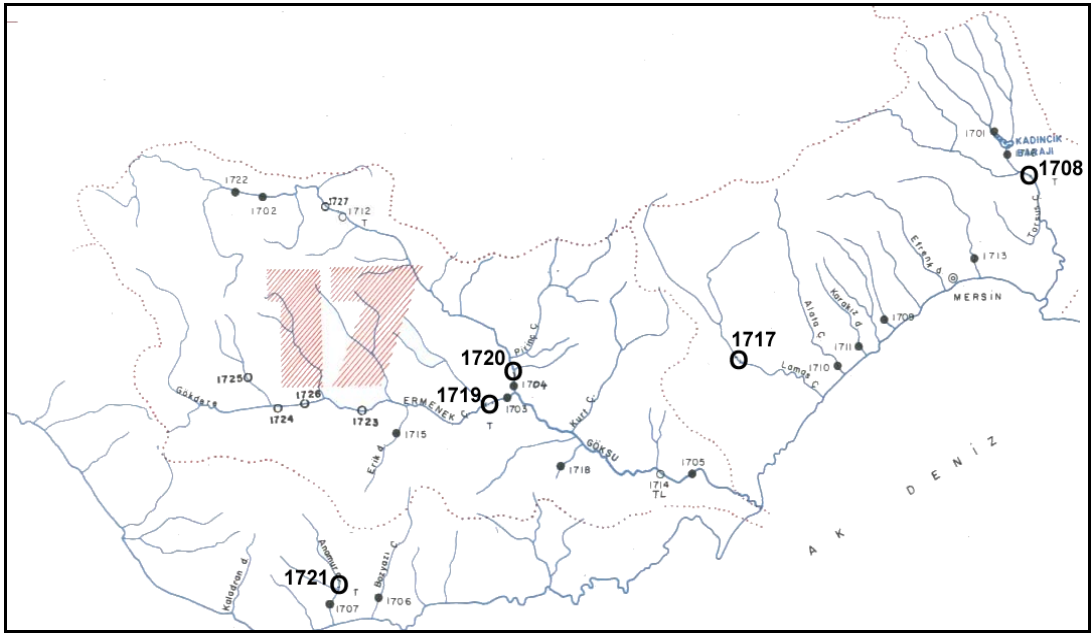


Şekil 5.2 Mütferrik Orta Akdeniz Suları’nda verileri kullanılan istasyonlar

Tablo 5.2’de Müteferrik Orta Akdeniz Suları’nda yeralan istasyonların bazı özellikleri gösterilmiştir. Tabloda verilen sıfır akım sayıları 7-günlük düşük akımlara ait değerlerdir.

Tablo 5.2 Müteferrik Orta Akdeniz Suları’nda verileri kullanılan istasyonların özellikleri

Akarsu	İstasyon No	Gözlem Süresi (Yıl)	Sıfır Akım Sayısı	Yağış Alanı (km ²)
Manavgat Çayı	901	42	0	928
Köprü Çay	902	54	0	1942
Aksu Nehri	906	15	0	647
Manavgat Çayı	912	31	8	626
Alara Çayı	917	25	0	949

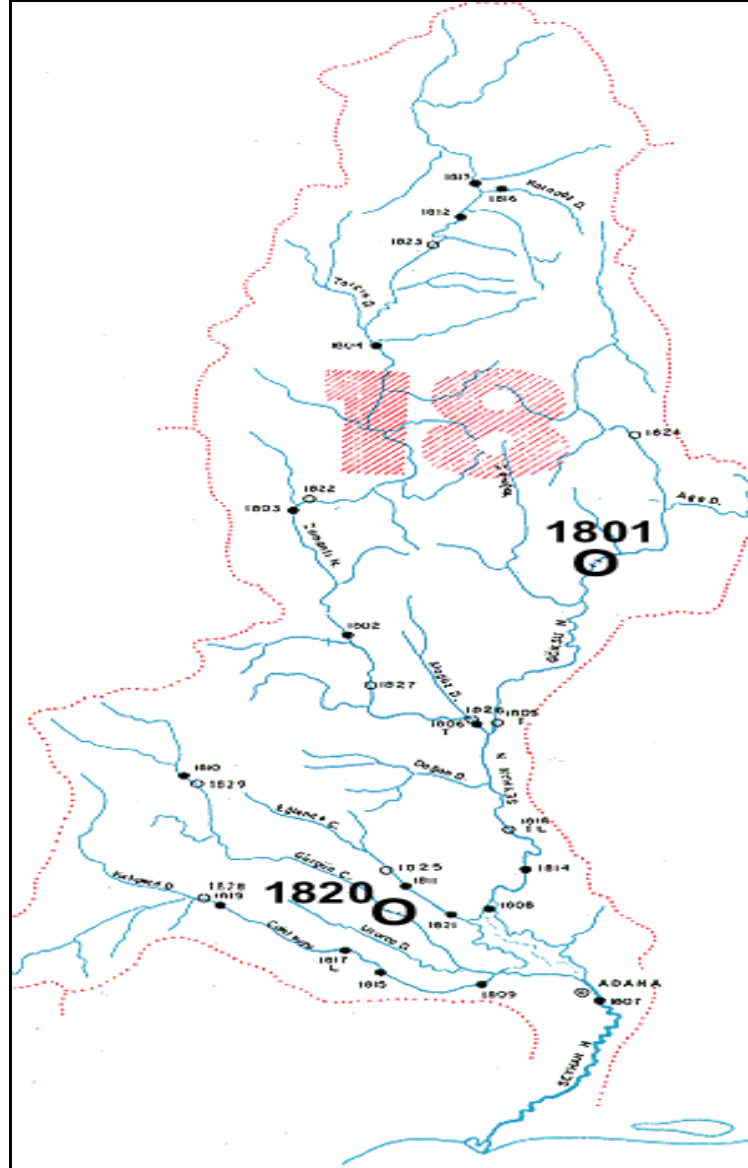


Şekil 5.3 Müteferrik Doğu Akdeniz Suları’nda verileri kullanılan istasyonlar

Tablo 5.3’te Müteferrik Doğu Akdeniz Suları’nda yeralan istasyonların bazı özellikleri gösterilmiştir. Tabloda verilen sıfır akım sayıları 7-günlük düşük akımlara ait değerlerdir.

Tablo 5.3 Müteferrik Doğu Akdeniz Suları'nda verileri kullanılan istasyonların özellikleri

Akarsu	İstasyon No	Gözlem Süresi (Yıl)	Sıfır Akım Sayısı	Yağış Alanı (km ²)
Tarsus Irmağı	1708	14	0	1416
Lamas Çayı	1717	16	0	1005
Ermenek Çayı	1719	21	0	3500
Göksu Nehri	1720	25	0	4304
Anamur Çayı	1721	16	0	313



Şekil 5.4 Seyhan Havzası'nda verileri kullanılan istasyonlar

Tablo 5.4'te Seyhan Havzası'nda yeralan istasyonların bazı özellikleri gösterilmiştir. Tabloda verilen sıfır akım sayıları 7-günlük düşük akımlara ait değerlerdir.

Tablo 5.4 Seyhan Havzası'nda verileri kullanılan istasyonların özellikleri

Akarsu	İstasyon No	Gözlem Süresi (Yıl)	Sıfır Akım Sayısı	Yağış Alanı (km ²)
Göksu	1801	28	0	2597
Körkün Suyu	1820	23	0	1441

5.2 Hidrolojik Analiz

Hidrolojik analizde Bölüm 2'de anlatıldığı şekilde istasyonlara ait 1, 3, 7 ve 10 günlük minimum düşük akım değerleri hesaplanarak elde edilen örnekteki veriler büyükten küçüğe dizilerek herbir istasyona ait 1, 3, 7 ve 10 günlük debi süreklilik çizgileri çizilmiş ve Ekler kısmında gösterilmiştir. Debinin belirli bir değere eşit ya da büyük olduğu zaman yüzdesini gösteren debi süreklilik çizgileri çizilirken yatay ekseninde aşılma olasılıkları, düşey ekseninde ise o aşılma olasılığına karşı gelen Q debisinin Q_{ort} debisine bölünmesiyle hesaplanan boyutsuz Q/Q_{ort} değerleri işaretlenmiştir. Bu süreklilik çizgilerinden faydalanılarak, akarsuyun düşük akım göstergesi olan %90, %95 ve %99 aşılma olasılığına sahip debi değerleri okunmuş ve Ek D'de tablolar halinde verilmiştir.

5.3 İstatistik Analiz

Verilerin istatistik analizinde ilk olarak her istasyona ait herbir yıl için gözlenmiş günlük debilerin 1, 3, 7 ve 10 günlük ardışık ortalamaları bulunarak, bunların en küçüğü seçilmiş ve herbir yılın 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akım değerleri bulunmuştur. Böylece n yıllık veriye sahip her istasyona ait n adet düşük akım değeri içeren n elemanlı 4'er tane örnek elde edilmiştir. Elde edilen bu örnekler kullanılarak Bölüm 3.3'te verilen parametre tahmin yöntemleri ile ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı ve L-momentleri hesaplanmıştır. İstasyonların istatistikleri Ek E'de tablolar halinde verilmiştir.

Bu çalışmada gözlenmiş örnekler Bölüm 3.4'te anlatılan olasılık dağılım fonksiyonlarından 2-parametrelili lognormal dağılım (LN2), 2-parametrelili Weibull (W2) ve üstel (POWER) dağılımları uydurulmaya çalışılmıştır.

Bu üç dağılım için parametre hesabı, 912 numaralı istasyondaki örnekte gözlenmiş olan 8 adet sıfır akımlı yıl atılarak yapılmıştır.

Lognormal dağılımın μ_y ve σ_y parametreleri, $y=\ln x$ logaritmik dönüşümüyle hesaplanan y değerleri için momentler yöntemiyle (3.10) ve (3.15) denklemleri ile C_{sy} çarpıklık katsayıları ise (3.17) denklemi kullanılarak tahmin edilmiştir.

Weibull dağılımının α ve β parametreleri L-momentleri yöntemiyle (3.63) ve (3.64) denklemleri kullanılarak tahmin edilmiştir.

Üstel dağılımın c ve x_0 parametreleri ise yine L-momentleri yöntemi ile (3.67) ve (3.68) denklemleri kullanılarak tahmin edilmiştir.

İstasyonların olasılık dağılım parametreleri Ek F'de tablolar halinde verilmiştir.

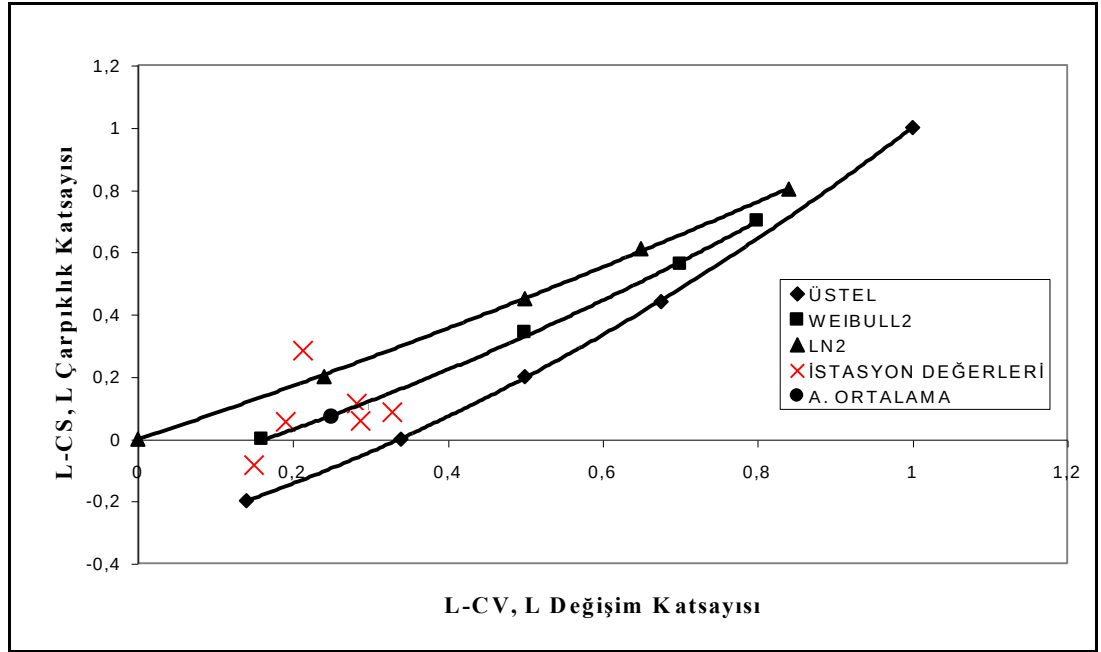
5.4 Olasılık Dağılımlarının Testi

Çalışmada kullanılan istasyonlardaki 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akım değerlerine, dikkate alınan LN2, W2 ve üstel dağılımlarından hangisinin daha iyi uyduğunu belirlemek amacıyla, sırasıyla Bölüm 4.4 ve Bölüm 4.5'te anlatılan PPCC testi ve L-moment diyagramları kullanılmıştır.

İlk olarak istasyonların 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akımlarının Bölüm 5.3'te hesaplanan L-momentleri, (3.29) ve (3.30) denklemlerinde kullanılarak L-CV değişim katsayıları ve L-CS çarpıklık katsayıları hesaplanmış ve bu değerler Bölüm 4.5'te verilen L-moment diyagramı üzerinde işaretlenmiştir.

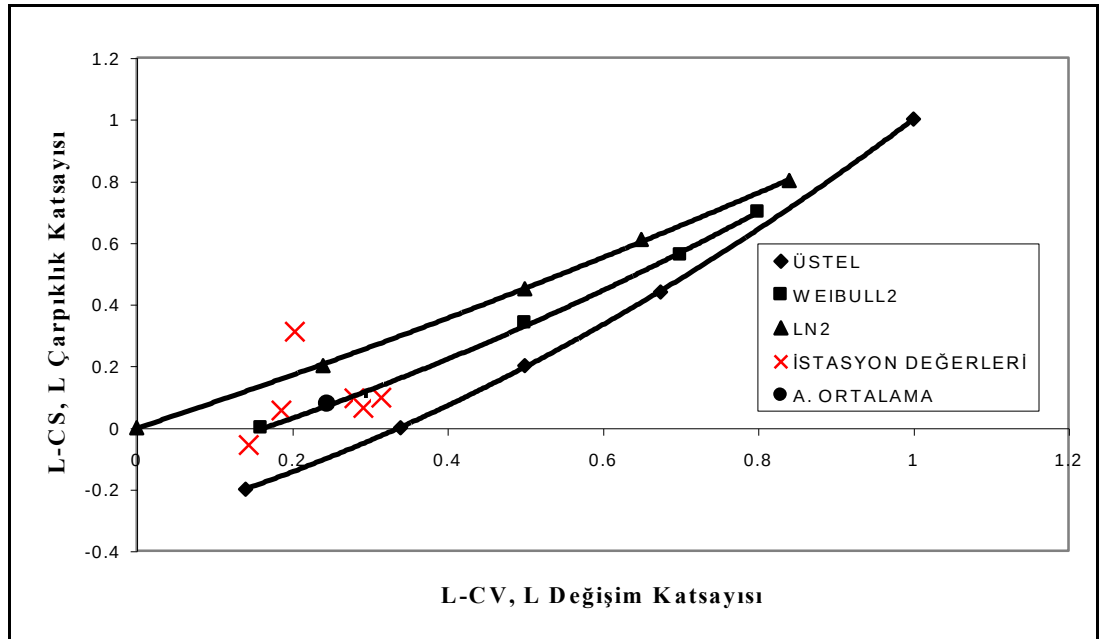
Ayrıca her bir istasyonun L-moment katsayıları o istasyona ait gözlem yılı sayısı ile çarpılmış ve bu işlem her istasyon için yapıldıktan sonra bu çarpımların toplamı, o bölgedeki tüm istasyonların gözlem yılları toplamına bölünerek ağırlıklı bir ortalama bulunmuştur. Bu ağırlıklı ortalama değeri de L-moment diyagramı üzerinde işaretlenmiştir. Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda bulunan 6 adet istasyonun 1, 3, 7

ve 10 günlük düşük akımları için oluşturulan L-moment diyagramı Şekil 5.5 – Şekil 5.8’de verilmektedir.



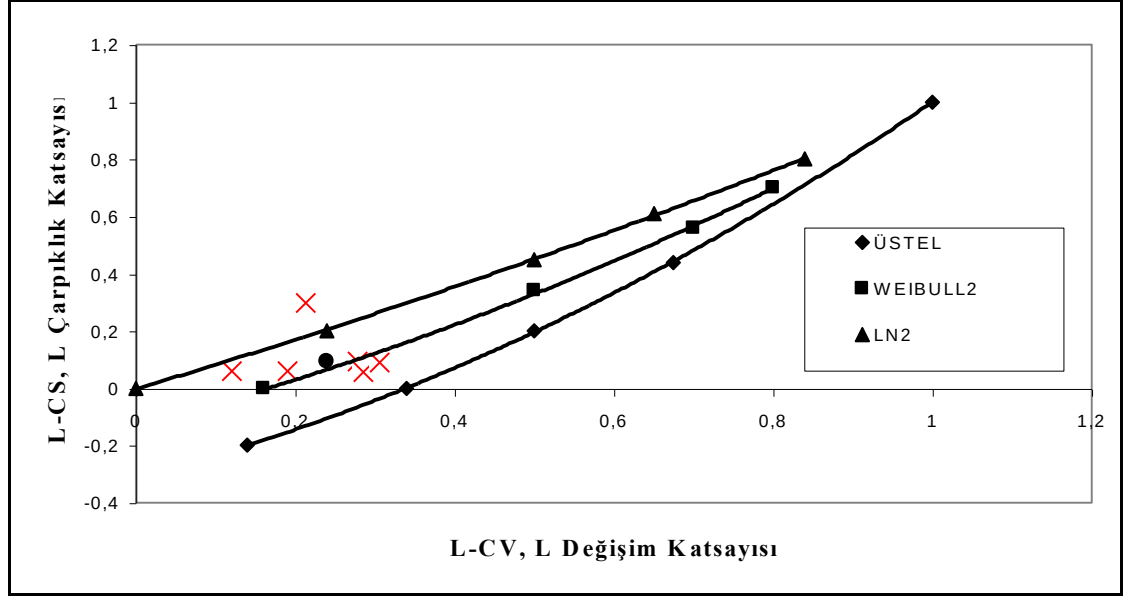
Şekil 5.5 Mütferrik Batı Akdeniz Suları istasyonlarının 1-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

Mütferrik Batı Akdeniz Suları’nda yeralan istasyonların 1-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.5 incelendiğinde noktaların biri haricinde genelde Weibull dağılımına yakın dağıldığı görülmektedir.



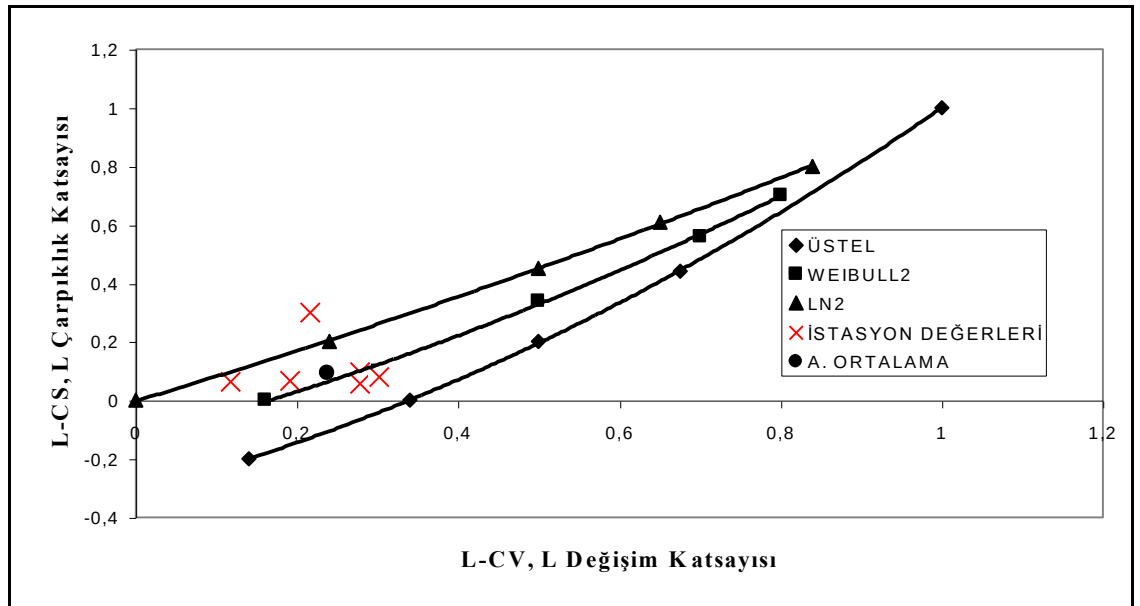
Şekil 5.6 Mütferrik Batı Akdeniz Suları istasyonlarının 3-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 3-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.6 incelendiğinde noktaların biri haricinde genelde Weibull dağılımına yakın dağıldığı görülmektedir.



Şekil 5.7 Müteferrik Batı Akdeniz Suları istasyonlarının 7-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

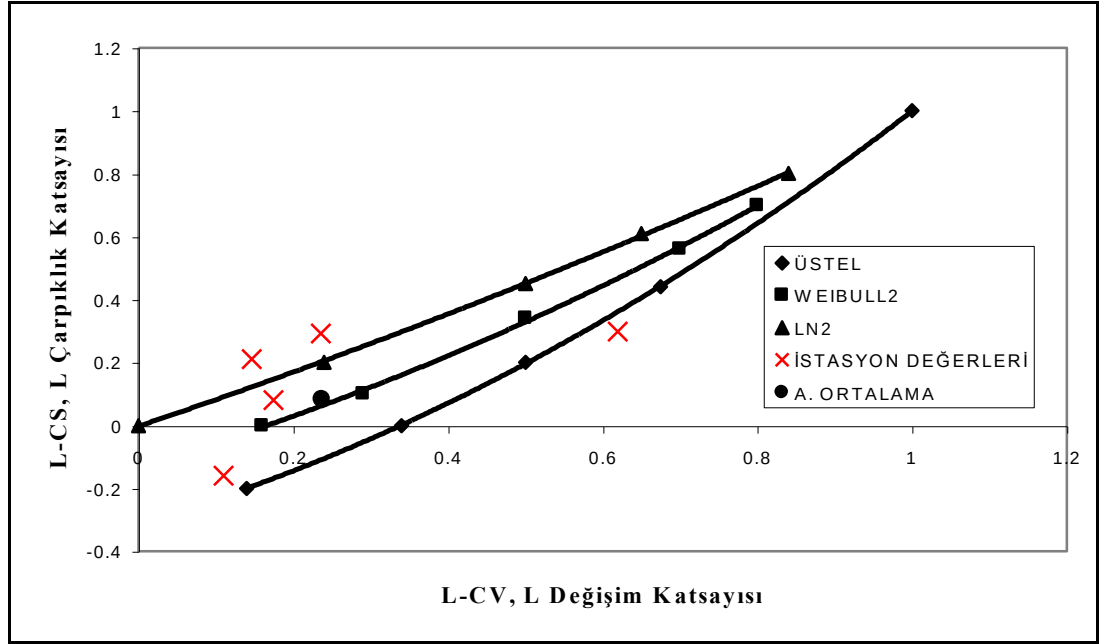
Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 7-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.7 incelendiğinde noktaların ikisinin lognormal dağılımına, diğerlerinin Weibull dağılımına yakın dağıldığı görülmektedir.



Şekil 5.8 Müteferrik Batı Akdeniz Suları istasyonlarının 10-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

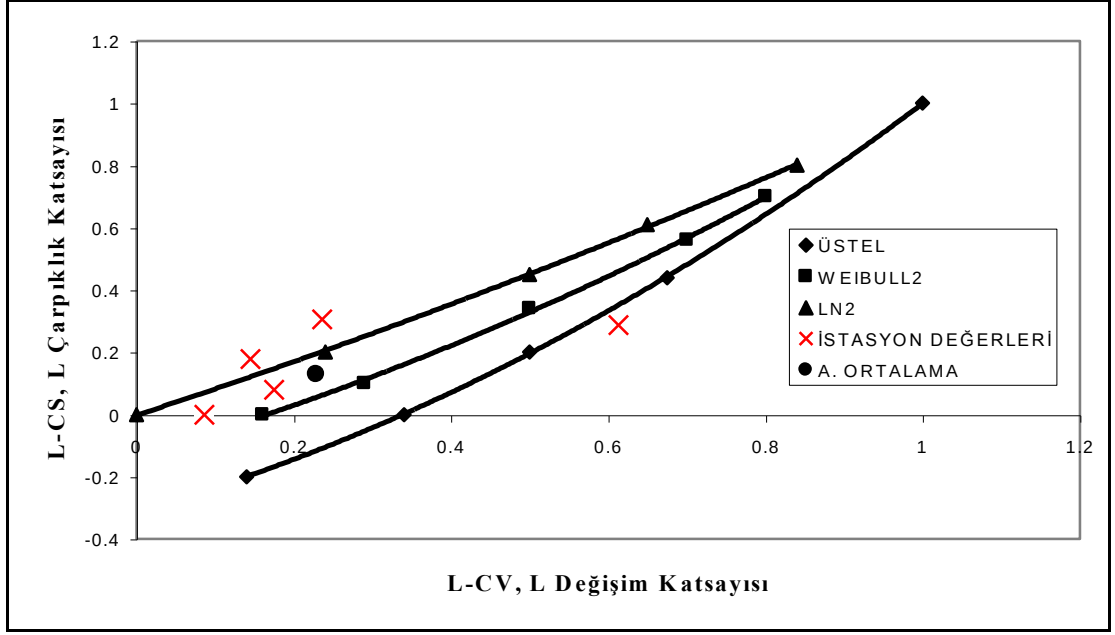
Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 10-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.8 incelendiğinde noktaların ikisinin lognormal dağılımına, diğerlerinin Weibull dağılımına yakın dağıldığı görülmektedir.

Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda bulunan 5 adet istasyonun 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akımları için oluşturulan L-moment diyagramı Şekil 5.9 – Şekil 5.12'de verilmiştir.



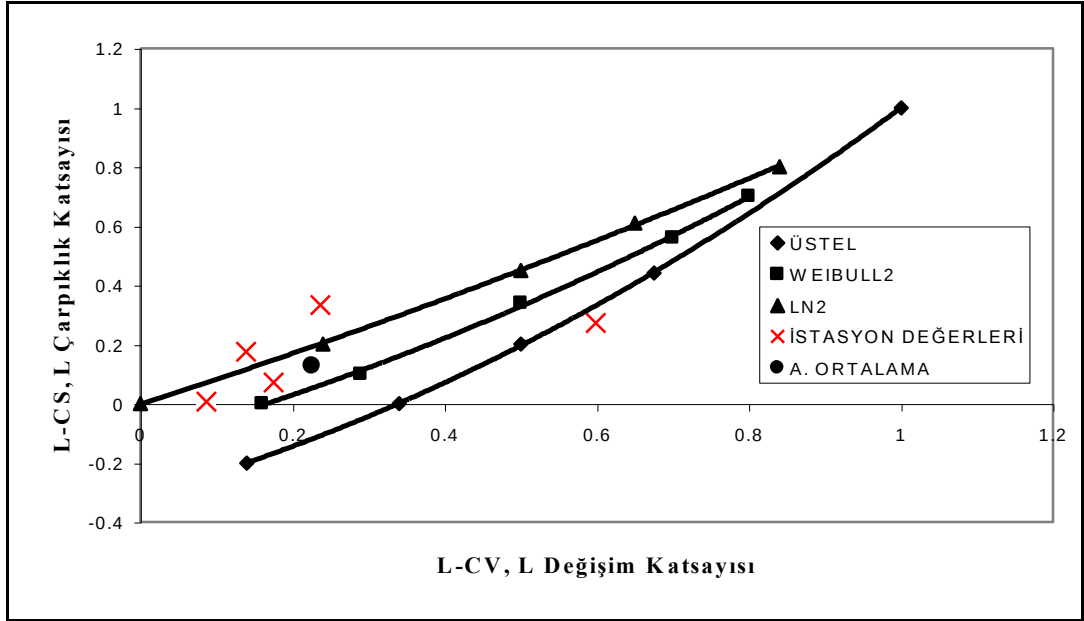
Şekil 5.9 Müteferrik Orta Akdeniz Suları istasyonlarının 1-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 1-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.9 incelendiğinde ikişer noktanın üstel ve lognormal dağılıma diğer noktanın ise Weibull dağılımına yakın olduğu görülmektedir.



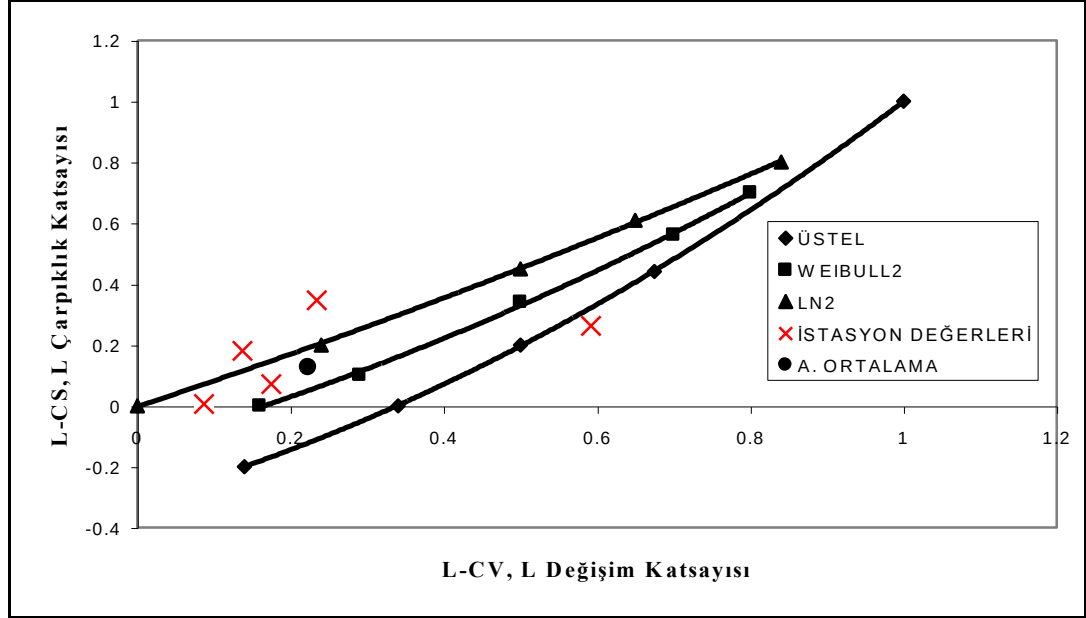
Şekil 5.10 Müteferrik Orta Akdeniz Suları istasyonlarının 3-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 3-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.10 incelendiğinde noktalardan biri haricindekilerin lognormal ve Weibull dağılımlarına yakın dağıldığı görülmektedir.



Şekil 5.11 Müteferrik Orta Akdeniz Suları istasyonlarının 7-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

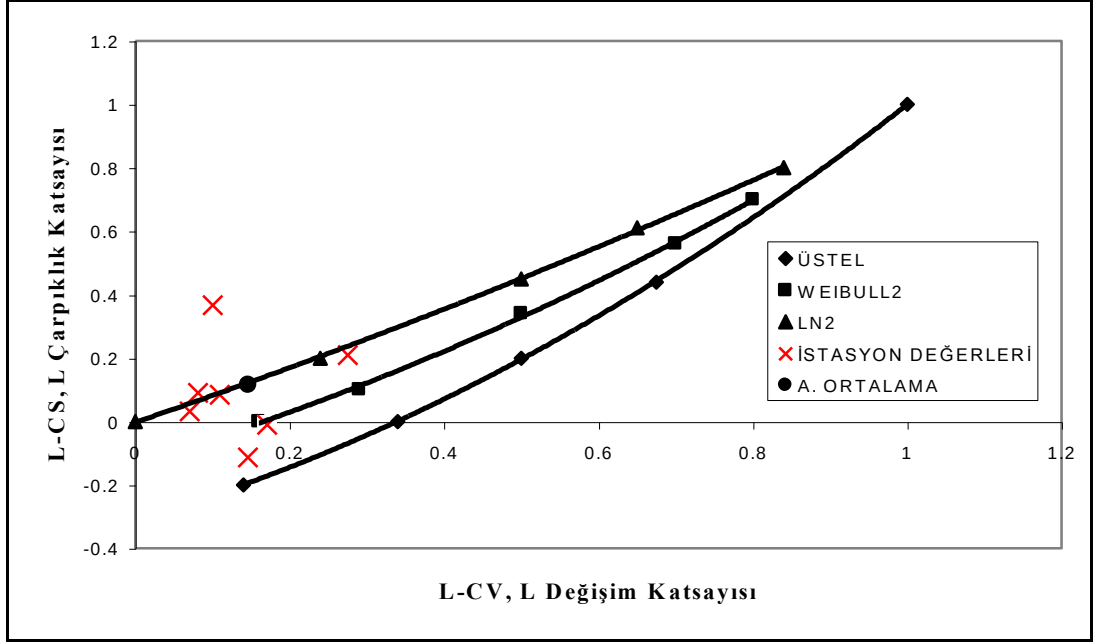
Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 7-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.11 incelendiğinde noktalardan biri haricindekilerin lognormal ve Weibull dağılımlarına yakın dağıldığı görülmektedir.



Şekil 5.12 Müteferrik Orta Akdeniz Suları istasyonlarının 10-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

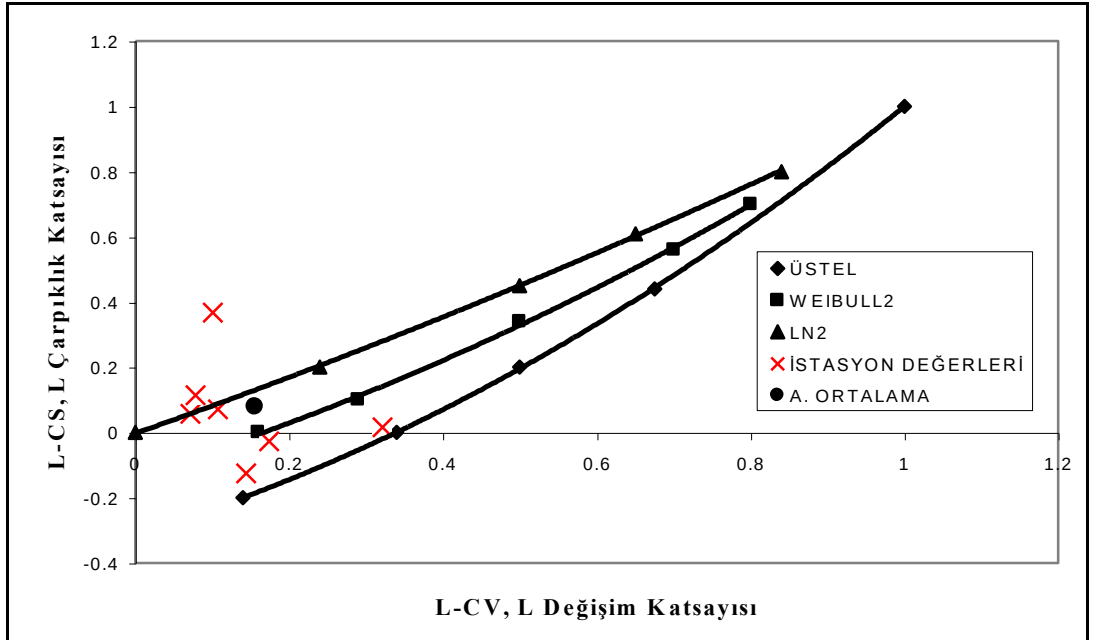
Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 10-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.12 incelendiğinde noktalardan biri haricindekilerin lognormal ve Weibull dağılımlarına yakın dağıldığı görülmektedir.

Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'nda bulunan 7 adet istasyonun 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akımları için oluşturulan L-moment diyagramı Şekil 5.13 – Şekil 5.16'da verilmiştir.



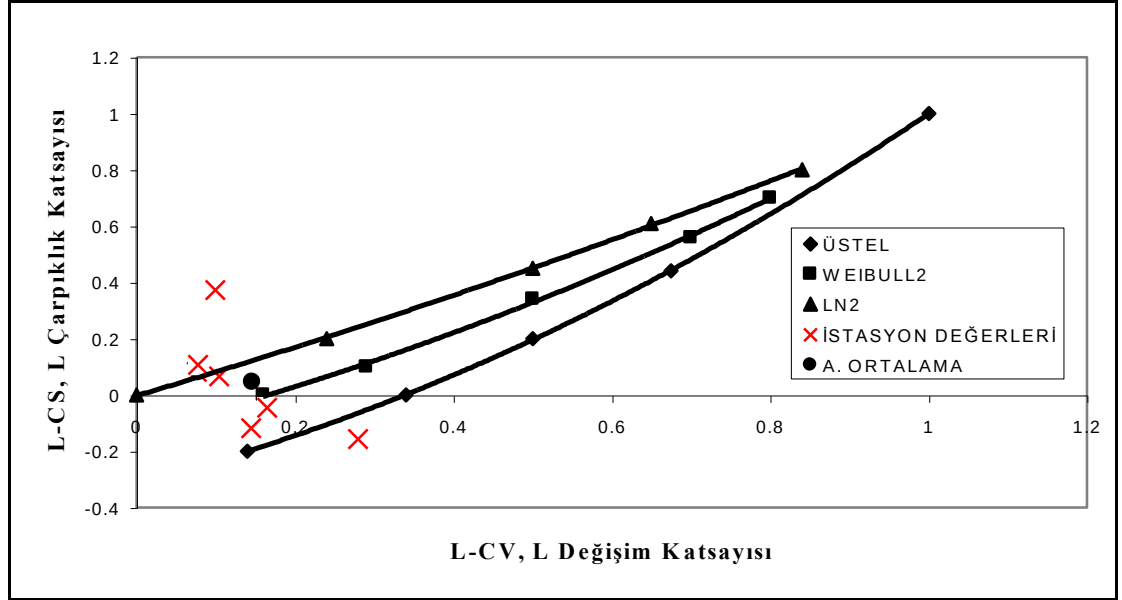
Şekil 5.13 Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası istasyonlarının 1-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'nda yeralan istasyonların 1-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.13 incelendiğinde noktalardan ikisi haricinde genelde lognormal dağılımına yakın dağıldığı görülmektedir.



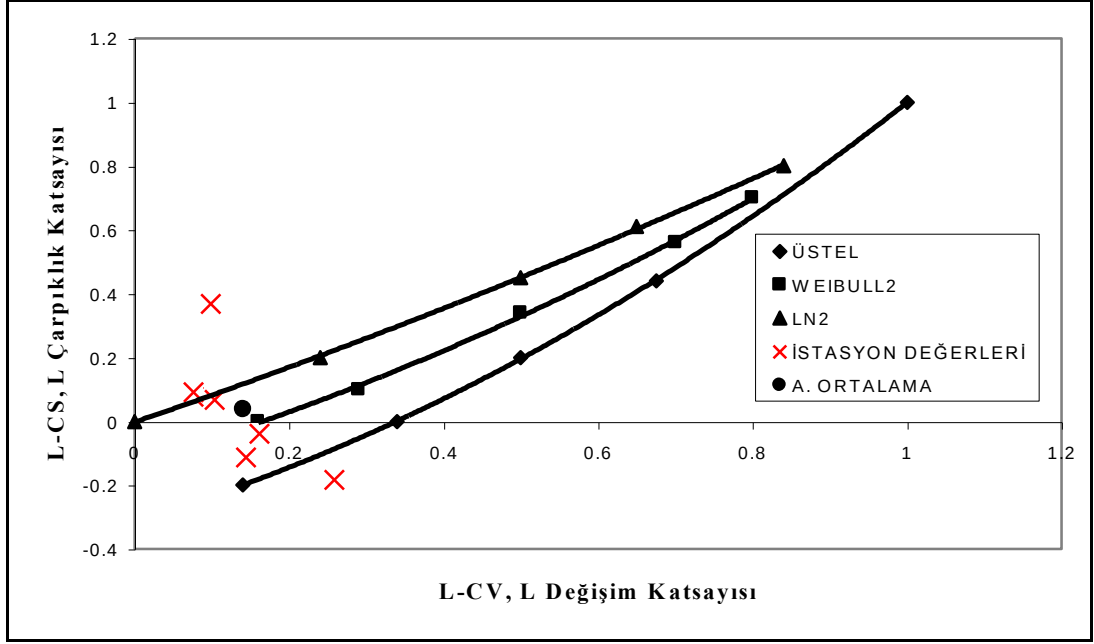
Şekil 5.14 Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası istasyonlarının 3-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'nda yeralan istasyonların 3-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.14 incelendiğinde iki noktanın üstel, bir noktanın Weibull ve diğer noktaların lognormal dağılımına yakın dağıldığı görülmektedir.



Şekil 5.15 Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası istasyonlarının 7-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'nda yeralan istasyonların 7-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.15 incelendiğinde iki noktanın üstel, bir noktanın Weibull ve diğer noktaların lognormal dağılımına yakın dağıldığı görülmektedir.



Şekil 5.16 Mütferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası istasyonlarının 10-günlük düşük akımlarının L-diyagramı

Mütferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'nda yer alan istasyonların 10-günlük düşük akımlarının L-moment diyagramı olan Şekil 5.16 incelendiğinde iki noktanın üstel, bir noktanın Weibull ve diğer noktaların lognormal dağılımına yakın dağıldığı görülmektedir.

L-moment diyagramları kullanılarak istasyonlardaki verilere uygun olan dağılımlar hakkında genel bir bilgi edinilmiştir. Bundan sonraki aşamada istasyon verilerine Bölüm 4.4'te anlatılan PPCC testi uygulanmıştır. (4.4) denklemi ile verilen r test istatistiği, gözlenmiş örneklerdeki sıfır akım değerleri ve üstel dağılım için x_0 parametresi ile belirli debiden büyük olan değerler örnekten çıkarılarak hesaplanmıştır. Daha sonra belirli dönüş aralıkları için debi tahminleri yapılırken örnekten çıkarılan bu sıfır akım değerleri için sıfır akım düzeltmesi yapılacaktır. Hesaplanan r test istatistiği belirli bir anlamlılık düzeyindeki bir kritik değerle karşılaştırılmamış, bunun yerine hesaplanan istatistik değerine karşı gelen anlamlılık düzeyi tablolardan okunmuştur. Bu işlem yapılırken r test istatistiğinin normal dağılım için 0.250 anlamlılık düzeyine kadar mevcut olması sebebiyle, dağılımları aynı düzeyde karşılaştırmak için Weibull ve üstel dağılımlarının test istatistiklerinin anlamlılık düzeyleri de en büyük 0.250 (>0.250) olarak kabul edilmiştir.

Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonlardaki 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akımlara uygulanan PPCC testi sonuçları Tablo 5.5 – Tablo 5.8'de verilmiştir.

Tablo 5.5 Müteferrik Batı Akdeniz Suları'ndaki istasyonların 1-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
803	15	0.969	0.924	0.932	0.250	0.046	0.100
808	30	0.955	0.980	0.980	0.022	0.250	0.250
809	38	0.970	0.978	0.988	0.052	0.250	0.250
811	29	0.973	0.981	0.993	0.151	0.250	0.250
812	27	0.858	0.927	0.938	0.000	0.022	0.079
815	23	0.990	0.989	0.994	0.250	0.250	0.250

Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 1-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 803 no'lu istasyonda lognormal, 812 no'lu istasyonda üstel dağılımın uygun olduğu görülmektedir. Diğer istasyonlarda ise Weibull ve üstel dağılım iyi sonuçlar vermektedir.

Tablo 5.6 Müteferrik Batı Akdeniz Suları'ndaki istasyonların 3-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
803	15	0.960	0.912	0.898	0.196	0.032	0.043
808	30	0.951	0.976	0.981	0.016	0.250	0.250
809	38	0.972	0.976	0.991	0.064	0.220	0.250
811	29	0.977	0.982	0.989	0.220	0.250	0.250
812	27	0.838	0.904	0.929	0.000	0.000	0.057
815	23	0.991	0.985	0.995	0.250	0.250	0.250

Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 3-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 803 no'lu istasyonda lognormal, 809 ve 812 no'lu istasyonlarda üstel dağılımın uygun olduğu görülmektedir. 815 no'lu istasyonda her üç dağılım da iyi sonuç vermiştir. Diğer istasyonlarda ise Weibull ve üstel dağılım iyi sonuçlar vermektedir.

Tablo 5.7 Müteferrik Batı Akdeniz Suları'ndaki istasyonların 7-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
803	15	0.949	0.900	0.894	0.092	0.018	0.034
808	30	0.952	0.976	0.981	0.018	0.250	0.250
809	38	0.972	0.978	0.991	0.064	0.250	0.250
811	29	0.975	0.984	0.988	0.190	0.250	0.250
812	27	0.982	0.957	0.992	0.250	0.087	0.250
815	23	0.990	0.985	0.993	0.250	0.250	0.250

Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 7-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 803 no'lu istasyonda lognormal dağılımının uygun olduğu görülürken diğer istasyonlarda herhangi bir dağılım diğerlerine göre üstün gözükmemektedir.

Tablo 5.8 Müteferrik Batı Akdeniz Suları'ndaki istasyonların 10-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
803	15	0.943	0.895	0.886	0.067	0.010	0.026
808	30	0.953	0.977	0.980	0.019	0.250	0.250
809	38	0.974	0.980	0.991	0.087	0.236	0.250
811	29	0.972	0.982	0.988	0.133	0.250	0.250
812	27	0.981	0.957	0.990	0.250	0.087	0.250
815	23	0.990	0.984	0.990	0.250	0.250	0.250

Müteferrik Batı Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 10-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 803 no'lu istasyonda lognormal dağılımının, 809 no'lu istasyonda üstel dağılımının uygun olduğu görülürken diğer istasyonlarda herhangi bir dağılım diğerlerine göre üstün gözükmemektedir.

Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonlardaki 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akımlara uygulanan PPCC testi sonuçları Tablo 5.9 – Tablo 5.12'de verilmiştir.

Tablo 5.9 Müteferrik Orta Akdeniz Suları'ndaki istasyonların 1-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
901	42	0.986	0.966	0.993	0.250	0.078	0.250
902	54	0.722	0.824	0.848	0.000	0.000	0.000
906	15	0.974	0.940	0.953	0.250	0.093	0.217
912	23	0.933	0.961	0.981	0.011	0.160	0.250
917	25	0.982	0.932	0.988	0.250	0.032	0.250

Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 1-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 906 no'lu istasyonda lognormal dağılımının, 912 no'lu istasyonda üstel dağılımın uygun olduğu görülürken 902 no'lu istasyona hiçbir dağılım uygun gözükmemektedir. Diğer istasyonlarda ise lognormal ve üstel dağılım iyi sonuçlar vermektedir.

Tablo 5.10 Müteferrik Orta Akdeniz Suları'ndaki istasyonların 3-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
901	42	0.986	0.966	0.994	0.250	0.078	0.250
902	54	0.987	0.987	0.973	0.250	0.250	0.250
906	15	0.972	0.934	0.948	0.250	0.073	0.210
912	23	0.933	0.964	0.983	0.011	0.191	0.250
917	25	0.986	0.943	0.996	0.250	0.044	0.250

Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 3-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 906 no'lu istasyonda lognormal dağılımının, 912 no'lu istasyonda üstel dağılımın uygun olduğu görülürken diğer istasyonlarda ise lognormal ve üstel dağılım iyi sonuçlar vermektedir.

Tablo 5.11 Müteferrik Orta Akdeniz Suları'ndaki istasyonların 7-günlük düşük akımları İçin PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
901	42	0.986	0.967	0.995	0.250	0.084	0.250
902	54	0.987	0.986	0.970	0.250	0.250	0.200
906	15	0.967	0.921	0.948	0.250	0.044	0.210
912	23	0.942	0.978	0.985	0.020	0.250	0.250
917	25	0.983	0.943	0.994	0.250	0.046	0.250

Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 7-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 906 no'lu istasyonda lognormal dağılımının, 912 no'lu istasyonda Weibull dağılımının ve üstel dağılımın uygun olduğu görülürken diğer istasyonlarda ise lognormal ve üstel dağılım iyi sonuçlar vermektedir.

Tablo 5.12 Müteferrik Orta Akdeniz Suları'ndaki istasyonların 10-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
901	42	0.985	0.966	0.995	0.250	0.078	0.250
902	54	0.987	0.986	0.971	0.250	0.250	0.200
906	15	0.966	0.917	0.950	0.250	0.038	0.214
912	24	0.893	0.964	0.984	0.000	0.174	0.250
917	25	0.981	0.939	0.995	0.250	0.042	0.250

Müteferrik Orta Akdeniz Suları'nda yeralan istasyonların 10-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 906 no'lu istasyonda lognormal dağılımının, 912 no'lu istasyonda üstel dağılımın uygun olduğu görülürken diğer istasyonlarda herhangi bir dağılım diğerlerine göre üstün gözükmemektedir.

Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'nda yeralan istasyonlardaki 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akımlara uygulanan PPCC testi sonuçları Tablo 5.13 – Tablo 5.16'da verilmiştir.

Tablo 5.13 Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'ndaki istasyonların 1-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
1708	14	0.969	0.980	0.963	0.250	0.250	0.250
1717	16	0.932	0.952	0.944	0.031	0.166	0.217
1719	21	0.976	0.960	0.974	0.250	0.174	0.250
1720	25	0.987	0.966	0.980	0.250	0.135	0.250
1721	16	0.934	0.857	0.945	0.036	0.000	0.194
1801	28	0.975	0.943	0.981	0.199	0.041	0.250
1820	23	0.981	0.997	0.992	0.250	0.250	0.250

Müteferrik Doğu Suları ve Seyhan Havzası'nda yeralan istasyonların 1-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 1717, 1721 ve 1801 no'lu istasyonlarda üstel dağılımın uygun olduğu görülürken diğer istasyonlarda ise herhangi bir dağılım diğerlerine göre üstün gözükmemektedir.

Tablo 5.14 Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'ndaki istasyonların 3-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
1708	14	0.960	0.982	0.992	0.207	0.250	0.250
1717	16	0.926	0.948	0.937	0.022	0.136	0.133
1719	21	0.982	0.963	0.972	0.250	0.203	0.250
1720	25	0.983	0.953	0.981	0.250	0.080	0.250
1721	16	0.934	0.857	0.945	0.036	0.000	0.200
1801	28	0.969	0.937	0.985	0.110	0.033	0.250
1820	23	0.977	0.996	0.992	0.250	0.250	0.250

Müteferrik Doğu Suları ve Seyhan Havzası'nda yeralan istasyonların 3-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 1717 no'lu istasyonda Weibull dağılımının, 1721 ve 1801 no'lu istasyonlarda üstel dağılımın uygun olduğu görülürken diğer istasyonlarda ise herhangi bir dağılım diğerlerine göre üstün gözükmemektedir.

Tablo 5.15 Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'ndaki istasyonların 7-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
1708	14	0.915	0.959	0.976	0.020	0.250	0.250
1717	16	0.921	0.944	0.929	0.018	0.100	0.088
1719	21	0.990	0.966	0.977	0.250	0.233	0.250
1720	25	0.987	0.960	0.982	0.250	0.125	0.250
1721	16	0.933	0.853	0.949	0.036	0.000	0.200
1801	28	0.972	0.942	0.982	0.136	0.040	0.250
1820	23	0.977	0.993	0.992	0.250	0.250	0.250

Müteferrik Doğu Suları ve Seyhan Havzası'nda yeralan istasyonların 7-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 1717 no'lu istasyonda Weibull dağılımının, 1721 ve 1801 no'lu istasyonlarda üstel dağılımın uygun olduğu görülürken diğer istasyonlarda ise herhangi bir dağılım diğerlerine göre üstün gözükmemektedir.

Tablo 5.16 Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası'ndaki istasyonların 10-günlük düşük akımları için PPCC test istatistikleri

İstasyon No	n	r-PPCC test istatistiği			α -anlamlılık düzeyi		
		LN2	W2	Üstel	LN2	W2	Üstel
1708	14	0.904	0.940	0.966	0.012	0.112	0.250
1717	16	0.919	0.942	0.926	0.016	0.080	0.087
1719	21	0.991	0.967	0.974	0.250	0.243	0.250
1720	25	0.989	0.966	0.983	0.250	0.169	0.250
1721	16	0.934	0.854	0.952	0.036	0.000	0.200
1801	28	0.973	0.944	0.983	0.165	0.043	0.250
1820	23	0.978	0.984	0.995	0.250	0.250	0.250

Müteferrik Doğu Suları ve Seyhan Havzası'nda yeralan istasyonların 1-günlük düşük akımlarının PPCC test istatistikleri incelendiğinde 1708, 1717, 1721 ve 1801 no'lu istasyonlarda üstel dağılımın uygun olduğu görülürken diğer iki istasyonda ise herhangi bir dağılım diğerlerine göre üstün gözükmemektedir.

Bu sonuçlar neticesinde $\alpha=0.250$ anlamlılık düzeyine sahip her dağılımın o istasyonun verilerine uyduğu kabul edilerek, çalışmada kullanılan istasyonların hangi dağılımlara uyduğunu gösteren aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Tablo 5.17 İstasyon verilerinin PPCC testine göre uydukları dağılımlar

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
803	LN2	LN2	LN2	LN2
808	W2, Üstel	W2, Üstel	W2, Üstel	W2, Üstel
809	W2, Üstel	Üstel	W2, Üstel	Üstel
811	W2, Üstel	W2, Üstel	W2, Üstel	W2, Üstel
812	Üstel	Üstel	LN2, Üstel	LN2, Üstel
815	LN2, W2, Üstel	LN2, W2, Üstel	LN2, W2, Üstel	LN2, W2, Üstel
901	LN2, Üstel	LN2, Üstel	LN2, Üstel	LN2, Üstel
902	-	LN2, W2, Üstel	LN2, W2	LN2, W2
906	LN2	LN2	LN2	LN2
912	Üstel	Üstel	W2, Üstel	Üstel
917	LN2, Üstel	LN2, Üstel	LN2, Üstel	LN2, Üstel
1708	LN2, W2, Üstel	W2, Üstel	W2, Üstel	Üstel
1717	Üstel	W2	W2	Üstel
1719	LN2, Üstel	LN2, Üstel	LN2, Üstel	LN2, Üstel
1720	LN2, Üstel	LN2, Üstel	LN2, Üstel	LN2, Üstel
1721	Üstel	Üstel	Üstel	Üstel
1801	Üstel	Üstel	Üstel	Üstel
1820	LN2, W2, Üstel	LN2, W2, Üstel	LN2, W2, Üstel	LN2, W2, Üstel

PPCC testi uygulanan üç dağılım için Tablo 5.17 incelendiğinde en büyük anlamlılık düzeyi $\alpha=0.250$ olmak üzere; 18 adet istasyondaki 4 ayrı düşük akım gün sayıları toplamı olan 72 örneğin, 38 tanesinin 2-parametrelili lognormal dağılımına, 27 tanesinin 2-parametrelili Weibull dağılımına ve 59 tanesinin ise üstel dağılıma uydukları görülmektedir. Düşük akım hidrolojisinde sıkça kullanılan 7-günlük akım değerleri gözönüne alındığında ise, 18 istasyon verisinden 10 tanesinin 2-parametrelili lognormal dağılıma, 9 tanesinin 2-parametrelili Weibull dağılımına ve 14 tanesinin ise üstel dağılıma uydukları gözlenmektedir. Bu durumda PPCC testine göre LN2 ve üstel dağılımları istasyon verilerine W2 dağılımından daha iyi uymaktadırlar.

Ancak bölgelere ait L-moment diyagramları incelendiğinde ise noktaların genelde LN2 ve W2 dağılımlarının eğrileri etrafında toplandığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre verilere bir tek dağılımın uyduğu sonucuna varılamaz.

6. OLASILIK DAĞILIMLARI İLE DÜŞÜK AKIM TAHMİNLERİ

Genellikle düşük akım çalışmalarında sıkça kullanılan LN2, W2 ve üstel dağılımları için yapılan uygunluk testleri sonucu bu dağılımlar arasından bir seçim yapılamadığından, her üç dağılım da kullanılarak literatürde en çok kullanılan 7-günlük düşük akımlar için çeşitli dönüş aralıklarında tahminler yapılmıştır.

Dağılımlarının parametreleri hesaplanırken ve istasyon verilerine uygunluklarının kontrolü yapılırken sıfır akımlar gözlenmiş örnekten çıkarılmıştır. Bu nedenle olasılık dağılımları ile düşük akım tahminleri yapılırken örnekten çıkarılan bu sıfır akımların dikkate alınması ve dağılımlar için sıfır akım düzeltmesi yapılması gerekmektedir. Sıfır akımlar için yapılacak bu düzeltmede,

$$F(x) = F(0) + [1 - F(0)] \cdot F(x|x>0) \quad (6.1)$$

$$F(x) = \frac{N_0}{N} + \frac{N - N_0}{N} \cdot F(x|x>0) \quad (6.2)$$

denklemleri kullanılabilir (Bayazıt ve diğ., 2000). Bu denklemde N istasyonlardaki veri sayısı ve N_0 örnekteki sıfır akım sayısıdır. (6.2) denkleminde $F(x|x>0)$ değeri çekilerek olasılık dağılımı denklemine koyulur ve sıfır akım düzeltmesi yapılmış olur.

6.1 Lognormal Dağılımı İle Tahmin Yapılması

(3.32) ifadesi ile verilen standart değişken, (3.34) denkleminde verilen değişken dönüşümü uygulanarak elde edilen y değişkeni için yeniden düzenlendiğinde,

$$z = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} = \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \quad (6.3)$$

ifadesi elde edilir.

T dönüş aralığı lognormal dağılım için,

$$T = \frac{1}{F(z)} \quad (6.4)$$

ifadesi ile verilir.

Bu ifadede F(z), standart normal değişkenin tablo halinde verilen eklenik dağılım fonksiyonudur.

Normal dağılmış y değişkeni için, μ_y ve σ_y parametreleri momentler yöntemiyle (3.10) ve (3.15) denklemleri kullanılarak tahmin edilerek seçilen T dönüş aralığına karşı gelen x değişkeni;

$$x = \exp \left[\mu_y + z \cdot \sigma_y \right] \quad (6.5)$$

ifadesinden elde edilir.

Çalışmada yeralan istasyonların çeşitli dönüş aralıkları için lognormal dağılım kullanılarak yapılan 7-günlük düşük akım tahminleri Tablo 6.1’de verilmiştir.

Tablo 6.1 7-günlük düşük akımlar için çeşitli dönüş aralıklarında lognormal dağılım kullanılarak yapılan tahminler (m³/sn)

İstasyon No	N	N ₀	Dönüş Aralığı (Yıl)				
			5	10	25	50	100
803	15	0	2.47	2.11	1.78	1.60	1.44
808	30	0	1.14	0.88	0.66	0.55	0.47
809	38	0	0.17	0.13	0.10	0.07	0.07
811	29	0	0.94	0.72	0.54	0.44	0.38
812	27	0	11.73	10.71	9.71	9.12	8.60
815	23	0	12.78	10.99	9.35	8.44	7.67
901	42	0	37.51	32.73	28.29	25.78	23.63
902	54	0	27.74	25.90	24.07	22.97	21.99
906	15	0	4.26	3.58	2.97	2.64	2.362
912	31	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
917	25	0	3.37	3.04	2.72	2.54	2.38
1708	14	0	3.14	2.37	1.76	1.45	1.22
1717	16	0	2.66	2.34	2.04	1.87	1.725
1719	21	0	14.62	13.78	12.93	12.42	11.96
1720	25	0	3.82	3.54	3.27	3.10	2.96
1721	16	0	9.69	8.96	8.24	7.81	7.43
1801	28	0	2.80	2.43	2.09	1.90	1.74
1820	23	0	2.47	2.11	1.78	1.60	1.44

912 no'lu istasyondaki 31 adet verinin 8 tanesinin sıfır olması, ortalama olarak 4 yılda bir sıfır akım görülmesi anlamına gelmektedir. Tahmin yapılan tüm dönüş aralıkları 4 yıldan büyük olduğundan, bu dönüş aralıklarındaki debi değeri sıfırdır.

6.2 Weibull Dağılımı İle Tahmin Yapılması

Weibull dağılımının e.d.f.;

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x}{\beta} \right)^\alpha \right] \quad (6.6)$$

denklemleri ile verilmektedir. Herhangi bir x düşük akımının T dönüş aralığı ise;

$$T = \frac{1}{F(x)} \quad (6.7)$$

şeklinde tanımlanır. (6.7) denklemi (6.6) denkleminde yerine koyulursa, herhangi bir dönüş aralığındaki x debisi,

$$x = \beta \cdot \left[-\ln \left(1 - F(x) \right) \right]^{1/\alpha} \quad (6.8)$$

denklemi ile elde edilir. Sıfır akım düzeltmesi ise (6.2) denklemi (6.8) denkleminde yerine konarak hesaplanabilir.

Çalışmada yeralan istasyonların çeşitli dönüş aralıkları için Weibull dağılımı kullanılarak yapılan 7-günlük düşük akım tahminleri Tablo 6.2’de verilmiştir.

Ancak 912 no’lu istasyondaki 31 adet verinin 8 tanesinin sıfır olması sebebiyle, bu istasyonda söz konusu dönüş aralıklarındaki debiler sıfırdır.

Tablo 6.2 7-günlük düşük akımlar için çeşitli dönüş aralıklarında Weibull dağılımı kullanılarak yapılan tahminler (m³/sn)

İstasyon No	N	N ₀	Dönüş Aralığı (Yıl)				
			5	10	25	50	100
803	15	0	2.55	2.04	1.54	1.25	1.02
808	30	0	1.21	0.85	0.55	0.39	0.28
809	38	0	0.18	0.13	0.08	0.06	0.04
811	29	0	0.98	0.67	0.42	0.29	0.20
812	27	0	11.88	10.41	8.81	7.78	6.88
815	23	0	13.07	10.53	8.01	6.54	5.35
901	42	0	38.27	31.48	24.59	20.48	17.08
902	54	0	28.13	25.56	22.66	20.72	18.96
906	15	0	4.40	3.44	2.53	2.01	1.60
912	31	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
917	25	0	3.43	2.96	2.46	2.15	1.87
1708	14	0	3.32	2.25	1.38	0.96	0.67
1717	16	0	2.76	2.33	1.88	1.60	1.37
1719	21	0	12.61	11.62	10.48	9.71	9.00
1720	25	0	14.77	13.58	12.20	11.28	10.42
1721	16	0	3.89	3.52	3.09	2.81	2.56
1801	28	0	9.80	8.75	7.58	6.82	6.13
1820	23	0	2.89	2.37	1.85	1.54	1.28

6.3 Üstel Dağılım İle Tahmin Yapılması

Üstel dağılımın e.d.f.;

$$F(x) = (x/x_0)^c \quad (6.9)$$

denklemleri ile verilir. Buna göre üstel dağılım ile herhangi bir dönüş aralığındaki x debisini hesaplamak için,

$$x = x_0 \cdot F(x)^{1/c} \quad (6.10)$$

denklemleri kullanılır.

Çalışmada yer alan istasyonların çeşitli dönüş aralıkları için üstel dağılım kullanılarak yapılan 7-günlük düşük akım tahminleri Tablo 6.3'te verilmiştir.

Tablo 6.3 7-günlük düşük akımlar için çeşitli dönüş aralıklarında üstel dağılım kullanılarak yapılan tahminler (m³/sn)

İstasyon No	N	N ₀	Dönüş Aralığı (Yıl)				
			5	10	25	50	100
803	15	0	2.31	1.58	0.97	0.66	0.46
808	30	0	1.10	0.65	0.32	0.19	0.11
809	38	0	0.16	0.09	0.04	0.03	0.02
811	29	0	0.84	0.46	0.20	0.11	0.06
812	27	0	11.69	9.67	7.52	6.22	5.14
815	23	0	12.42	8.97	5.83	4.21	3.04
901	42	0	36.66	27.31	18.51	13.79	10.28
902	54	0	28.07	24.62	20.70	18.15	15.92
906	15	0	3.84	2.51	1.42	0.93	0.60
912	31	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
917	25	0	3.33	2.67	1.99	1.60	1.28
1708	14	0	3.07	1.75	0.83	0.48	0.27
1717	16	0	2.75	2.18	1.61	1.28	1.02
1719	21	0	12.58	11.23	9.67	8.64	7.71
1720	25	0	14.72	13.08	11.20	9.96	8.85
1721	16	0	3.83	3.29	2.69	2.31	1.98
1801	28	0	9.70	8.25	6.67	5.67	4.83
1820	23	0	2.83	2.15	1.49	1.13	0.86

Lognormal ve Weibull dağılımlarında olduğu gibi üstel dağılımda da 912 no'lu istasyondaki debiler sıfırdır.

Tablo 6.4'te, literatürde sıkça kullanılan 10 yıl dönüş aralığına sahip 7-günlük düşük akım değerleri ($Q_{7,10}$ debileri) her üç dağılım için verilmiştir.

Tablo 6.4 10 yıl dönüş aralığına sahip 7-günlük düşük akım debilerinin tahminleri (m^3/sn)

İstasyon No	LN2	W2	Üstel
803	2.11	2.04	1.58
808	0.88	0.85	0.65
809	0.13	0.13	0.09
811	0.72	0.67	0.46
812	10.71	10.41	9.67
815	10.99	10.53	8.97
901	32.73	31.48	27.31
902	25.90	25.57	24.62
906	3.58	3.44	2.51
912	0.00	0.00	0.00
917	3.04	2.96	2.67
1708	2.37	2.25	1.75
1717	2.34	2.33	2.18
1719	11.78	11.62	11.23
1720	13.78	13.58	13.08
1721	3.54	3.52	3.29
1801	8.96	8.75	8.25
1820	2.43	2.37	2.15

Bölüm 5.2'de yapılan hidrolojik analiz sonucunda 7-günlük debi süreklilik çizgilerinden belirlenen ve akarsuda düşük akım göstergesi olarak kabul edilen Q_{90} , Q_{95} ve Q_{99} akım değerleri, yukarıdaki 7-günlük düşük akım tahminleri ile karşılaştırılmak üzere Tablo 6.5'te topluca gösterilmiştir.

Tablo 6.5 7-günlük debi süreklilik çizgilerinden elde edilen Q_{90} , Q_{95} ve Q_{99} akım değerleri (m^3/sn)

İstasyon No	Q_{90}	Q_{95}	Q_{99}
803	3.37	2.82	2.11
808	1.47	0.79	0.51
809	0.37	0.24	0.13
811	2.14	1.40	0.68
812	14.40	12.60	11.10
815	16.63	12.90	10.50
901	49.71	39.80	32.73
902	32.90	30.00	25.40
906	6.21	5.60	4.26
912	7.57	1.59	0.00
917	4.77	4.10	3.43
1708	8.56	4.53	2.46
1717	2.37	2.14	2.00
1719	14.56	13.60	11.70
1720	16.84	15.71	13.90
1721	4.76	4.33	3.82
1801	11.30	10.49	9.47
1820	4.20	3.62	2.71

Tablo 6.4 ve Tablo 6.5 incelendiğinde, 7-günlük debi süreklilik çizgilerinden belirlenen Q_{99} debi değerlerinin, 10 yıllık dönüş aralığına sahip 7-günlük düşük akım tahminlerine ($Q_{7,10}$) yakın değerler oldukları gözlenmiştir

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada Akdeniz Bölgesi'ndeki 18 adet akım istasyonunun verileri kullanılarak düşük akım çalışması yapılmıştır. Düşük akımların hidrolojik ve istatistik analizleri gerçekleştirilerek, düşük akım çalışmalarında sıkça kullanılan olasılık dağılım fonksiyonlarından 2-parametrelili lognormal, 2-parametrelili Weibull ve üstel dağılımlarının bölgeye uygunluğunun araştırılması ve bu dağılımlar yardımıyla düşük akım tahminleri yapılması amaçlanmıştır.

Sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

1. Seçilen istasyonların 1, 3, 7 ve 10 günlük minimum debileri hesaplanmış ve d-günlük minimum debilerin debi süreklilik çizgileri çizilmiştir. Debi süreklilik çizgileri kullanılarak akarsuda düşük akım göstergesi olarak kabul edilen Q_{90} , Q_{95} ve Q_{99} debileri belirlenmiştir.
2. L-moment diyagramları ve olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testi kullanılarak, incelenen olasılık dağılım fonksiyonlarının istasyonların 1, 3, 7 ve 10 günlük düşük akım değerlerine uygunluğu kontrol edilmiştir. Bu test sonucunda en büyük anlamlılık düzeyi $\alpha=0.250$ kabul edilmek üzere; 18 adet istasyondaki 4 ayrı düşük akım gün sayıları toplamı olan 72 örneğin, 38 tanesinin 2-parametrelili lognormal dağılıma, 27 tanesinin 2-parametrelili Weibull dağılımına ve 59 tanesinin ise üstel dağılıma uydukları görülmüştür. Düşük akım hidrolojisinde sıkça kullanılan 7-günlük akım değerleri gözönüne alındığında ise, 18 istasyon verisinden 10 tanesinin 2-parametrelili lognormal dağılıma, 9 tanesinin 2-parametrelili Weibull dağılımına ve 14 tanesinin ise üstel dağılıma uydukları gözlenmiştir. Bu test sonuçlarına göre, üstel dağılımın, istasyonlarda gözlenen düşük akım verilerine lognormal ve Weibull dağılımlarından daha iyi uyduğu söylenebilir.
3. L-moment diyagramları incelendiğinde ise noktaların genelde LN2 ve W2 dağılımlarının eğrileri etrafında toplandığı gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre verilere

tek bir dağılımın uyduğu sonucuna varılamadığından, düşük akım tahminleri yapılırken her üç dağılım da kullanılmıştır.

4. Yedi günlük düşük akımlar için 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık dönüş aralıklarında, her üç dağılım da kullanılarak tahminler yapılmıştır. Yukarıda belirtilen dönüş aralıklarında her üç dağılım ile yapılan düşük akım tahminlerinde üstel dağılım, lognormal ve Weibull dağılımlarına göre daha küçük değerler vermektedir. Bu nedenle bu bölgede yapılacak su kaynaklarının planlanması veya işletilmesi ile ilgili projelerde üstel dağılım ile elde edilen tahminlerin kullanılması önerilebilir.

5. Bu tahminlerden elde edilen 10 yıllık dönüş aralığına sahip 7-günlük düşük akım değerleri ($Q_{7,10}$), debi süreklilik çizgilerinden belirlenen Q_{99} akım değerlerine yakın çıkmıştır.

Ayrıca dikkat edilmesi gereken bir husus da, Elektrik İşleri Etüd İdaresi akım yıllıklarından alınarak çalışmada kullanılan istasyon verilerin yeterli uzunluk ve sayıda olmamasıdır. Suyun öneminin ülkeler arasındaki ilişkileri etkileyecek boyutta arttığı günümüzde, ülkemizdeki su kaynakları ile ilgili ciddi ve güvenilir çalışmaların yapılabilmesi açısından ölçüm istasyonların sayıları arttırılmalı ve çalışmalar desteklenmelidir.

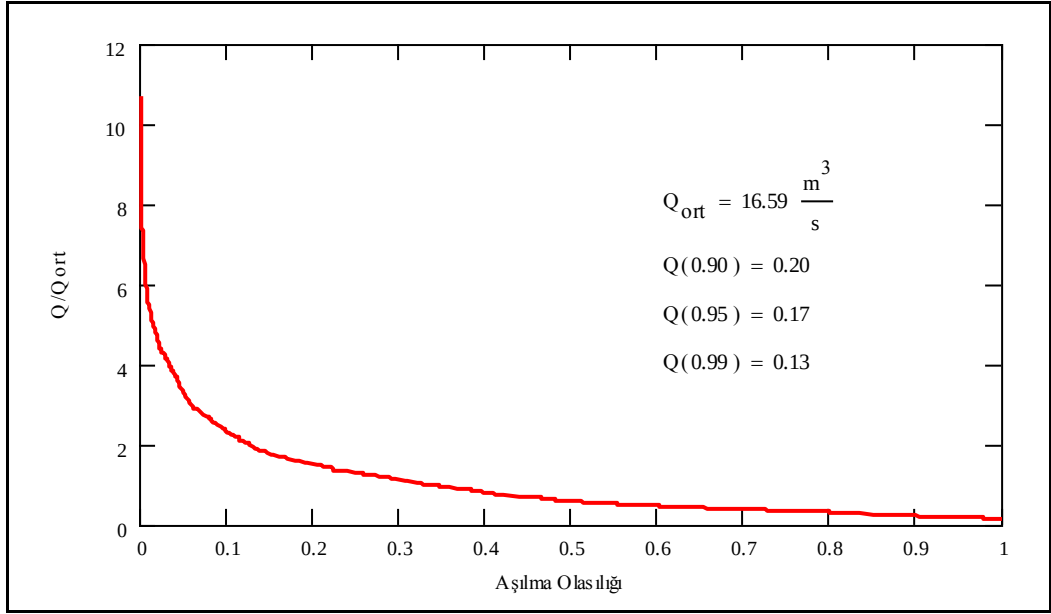
KAYNAKLAR

- Bayazıt, M.**, 1981. Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M.**, 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M. ve Oğuz, B.**, 1994. Mühendisler için İstatistik, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Bayazıt, M. ve Şen, Z.**, 1979. Dry Periods Statistics of Monthly Flow Models, Modelling Hydrologic Processes, ed. H.T. Morel-Seytoun, *Water Resources Publications*.
- Bayazıt, M., Önöz, B., Oğuz, B.**, 2000. Methodology for Regional Low Flow Analysis and An Application, *Hydrology of the Mediterranean Regions*, 11-13 October, France.
- Bulu, A.**, 1998. Düşük Akım Hidrolojisi, *II. Ulusal Hidroloji Kongresi*, İ.T.Ü., İstanbul, 22-24 Haziran, s.61-66.
- Bulu, A. ve diğ.**, 1997. Trakya Bölgesi Düşük Akımlarının Hidrolojik ve İstatistik Analizi, İ.T.Ü., Araştırma Fonu Projesi, İstanbul.
- Condie, R. and Nix, G. A.**, 1975. Modeling of Low Flow Frequency Distributions and Parameter Estimation, *International Water Resources Symposium, Water for Arid Lands*, Teheran, Iran, December 8-9.
- Durak, S.**, 2000. Düşük Akım Hidrolojisi ve Ege Bölgesi Uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Filliben, J. J.**, 1975. The Probability Plot Correlation Test for Normality, *Technometrics*, **17**, 111-117.
- Gottschalk, L. and Perzyna, G.**, 1989. A Physically Based Distribution Function for Low Flows, *Hydrological Sci. J.*, **34**, 559-573.
- Gumbel, E. J.**, 1954. Statistical Theory of Droughts, *Proc. Hydr. Div.*, **80**, 1-19.
- Gumbel, E. J.**, 1958. Statistics of Extremes, Columbia University Press, New York.
- Gustard, A. et al.**, 1989. Flow Regimes From Experimental and Network Data, Vol.I, Hydrologic Studies, Institute of Hydrology, Wallingford.

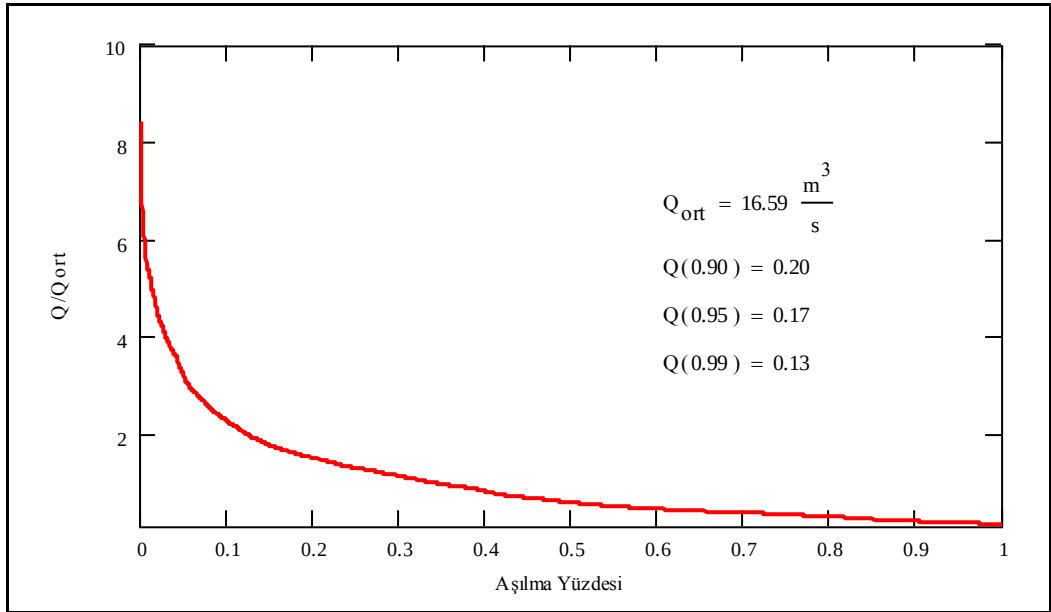
- Hosking, J. R. M. and Wallis, J. R.,** 1997. Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kite, G. W.,** 1977. Frequency and Risk Analysis in Hydrology, *Water Resources Publication*, Fort Collins, Colo.
- Linsley, R. K., et al.,** 1949. Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Company, Tokyo.
- Matalas, N. C.,** 1963. Probability Distributions of Low Flows. Professional Paper, U.S. Geological Survey, Washington, D.C.
- Nathan, R.J. and McMahon, T.A.,** 1990. Practical Aspects of Low Flow Frequency Analysis, *Water Resources Research*, **26**, 2135-2141.
- Önöz, B. ve Bayazıt, M.,** 1998. Düşük Akımlar için Üstel Dağılım, *II. Ulusal Hidroloji Kongresi*, İ.T.Ü., İstanbul, 22-24 Haziran, s.175-181.
- Önöz, B. ve Bayazıt, M.,** 2001. Power Distribution for Low Streamflows, *J. Hydr. Engrg. ASCE*, **6 (5)**, 429-435.
- Önöz, B. ve Bulu, A.,** 1996. Trakya Bölgesinde Düşük Akımların Frekans Analizi, *İ.M.O. Teknik Dergi*, **7**, 1243-1254.
- Özen, B.,** 2001. Türkiye'deki Nehirlerin Düşük Akımlarına En Uygun Olasılık Dağılım Fonksiyonlarının Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Smakhtin, V. U.,** 2001. Low Flow Hydrology: A Review, *Journal of Hydrology*, **240**, 147-186.
- Stedinger, J. R., et al.,** 1993. Frequency Analysis of Extreme Events, Chap. 18 in *Handbook of Hydrology*, pp. 18.1-18.66, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Tasker, G. D.,** 1987. A Comparison of Methods for Estimating Low Flow Characteristics of Streams, *Water Resources Bulletin*, **23**, 1077-1083.
- Vogel, R. M.,** 1986. The Probability Plot Correlation Coefficient Test for The Normal, Lognormal, and Gumbel Distributional Hypotheses, *Water Resources Research*, **22**, 587-590.
- Vogel, R. M. and Kroll, C. N.,** 1989. Low-Flow Frequency Analysis Using Probability-Plot Correlation Coefficients, *J.of Water Resources Planning and Management*, **115**, 338-357.
- Wadsworth, M. H.,** 1990. Statistical Methods for Engineers and Scientists, McGraw-Hill Book Co., USA.

EKLER

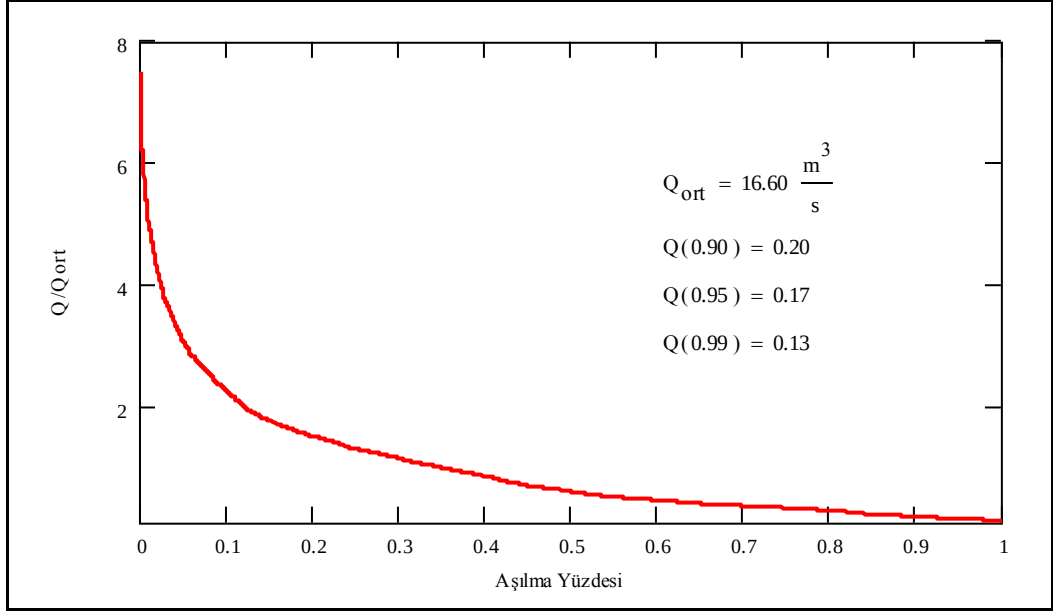
- A. Müteferrik Batı Akdeniz Suları Düşük Akım Debi Srekliplik izgileri**
- B. Müteferrik Orta Akdeniz Suları Düşük Akım Debi Srekliplik izgileri**
- C. Müteferrik Doğu Akdeniz Suları ve Seyhan Havzası Düşük Akım Debi Srekliplik izgileri**
- D. İstasyonlarda, Aşılma Olasılığı %90, %95 ve %99 Olan Debi Değerleri**
- E. İstasyonların İstatistikleri**
- F. İstasyonların Olasılık Dağılım Parametreleri**



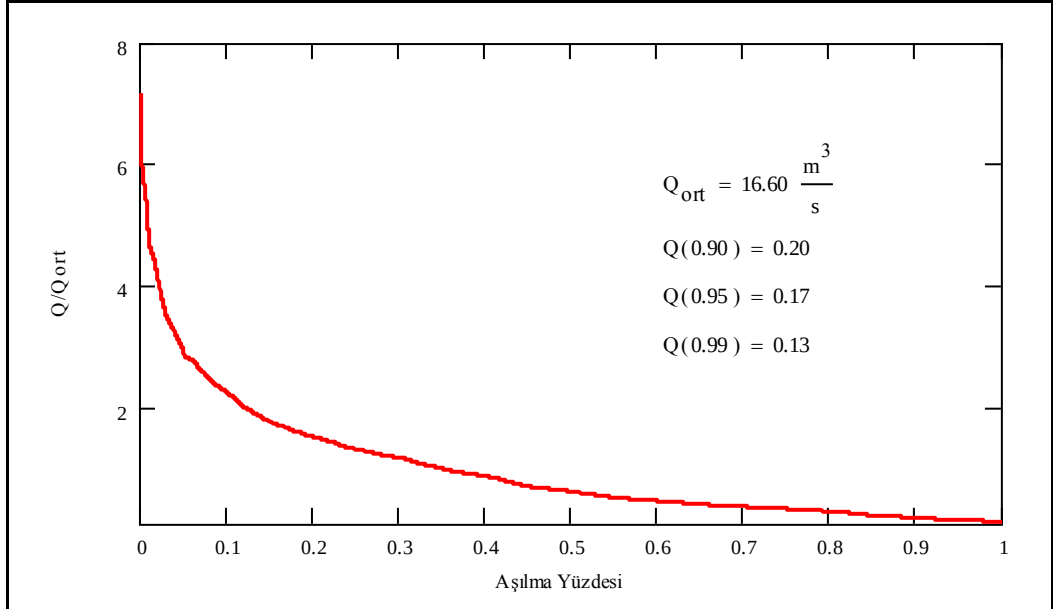
Şekil A.1 803 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



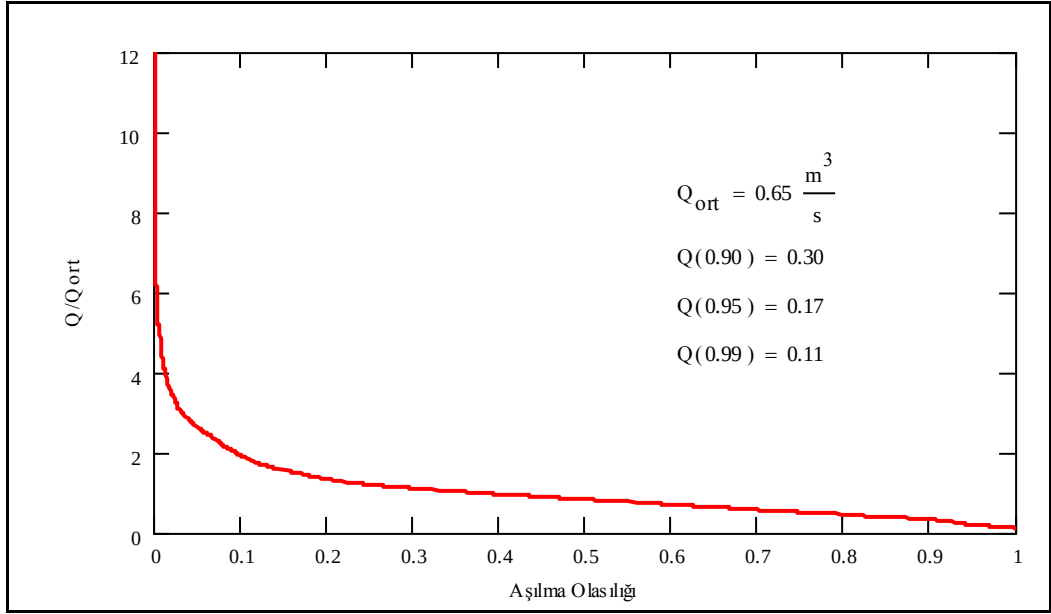
Şekil A.2 803 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



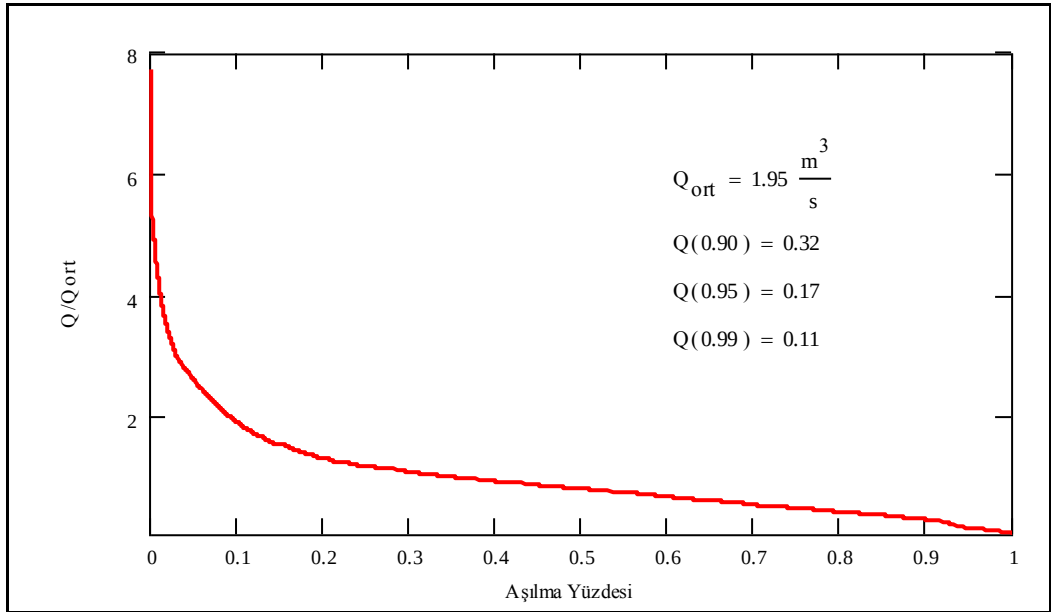
Şekil A.3 803 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



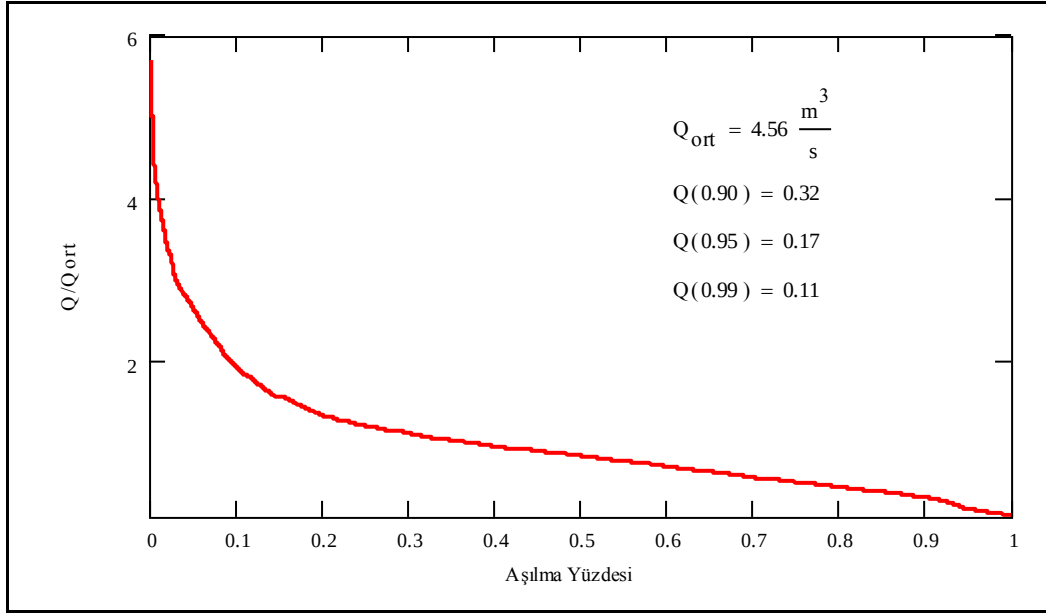
Şekil A.4 803 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



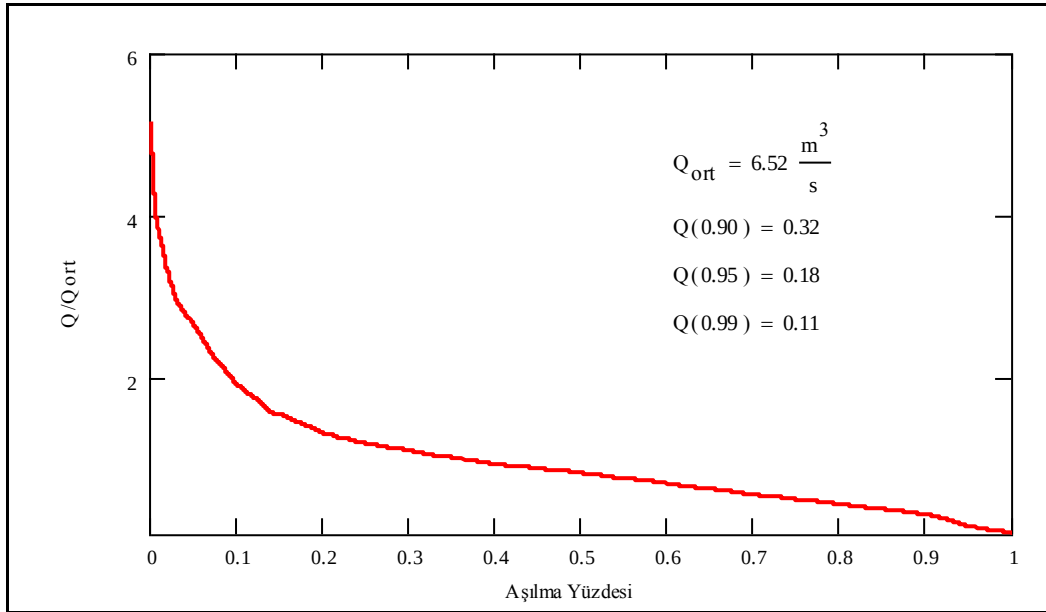
Şekil A.5 808 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



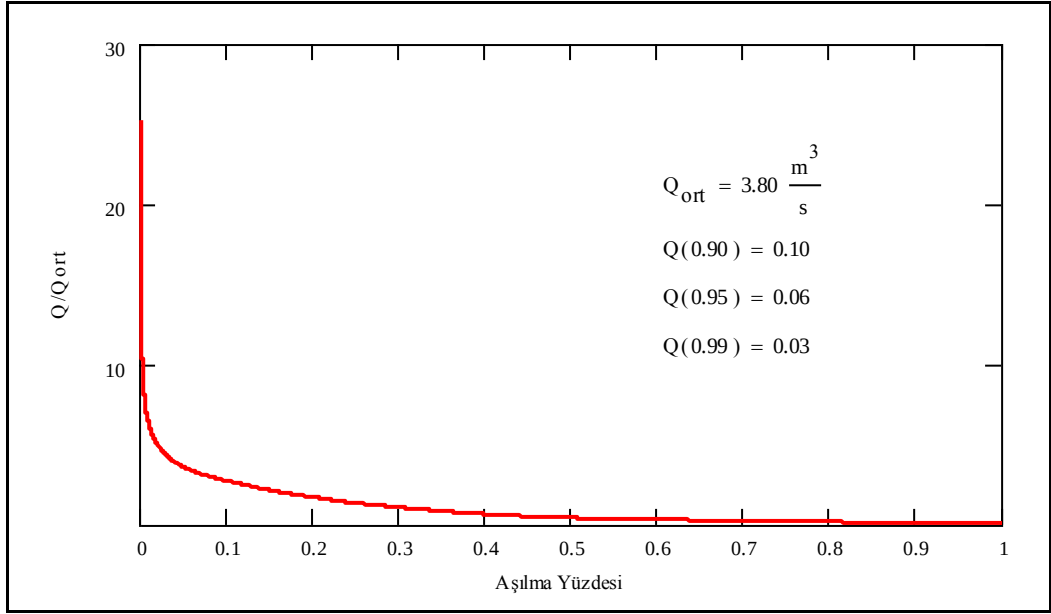
Şekil A.6 808 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



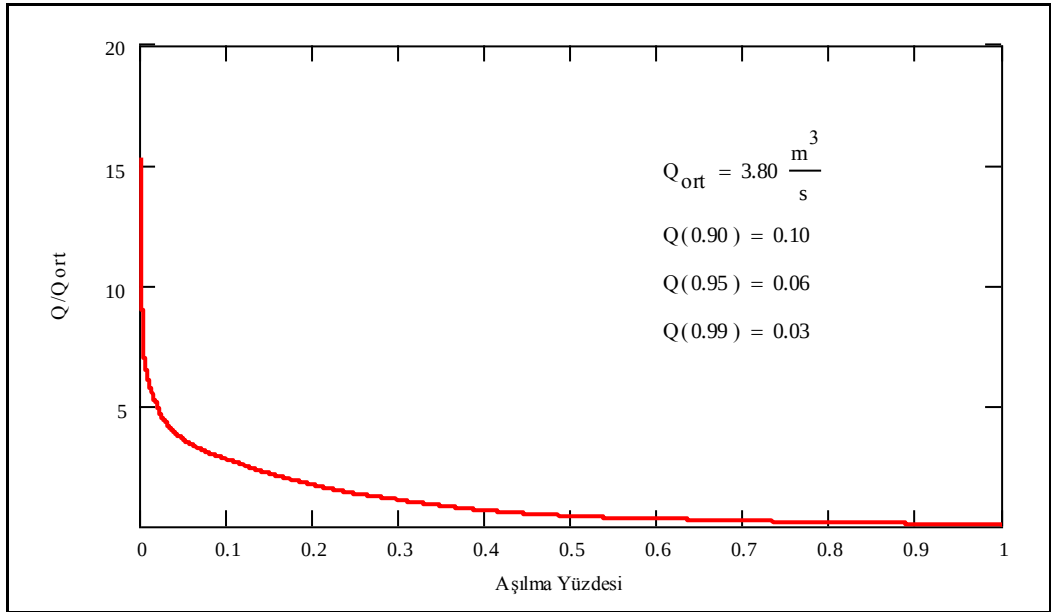
Şekil A.7 808 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



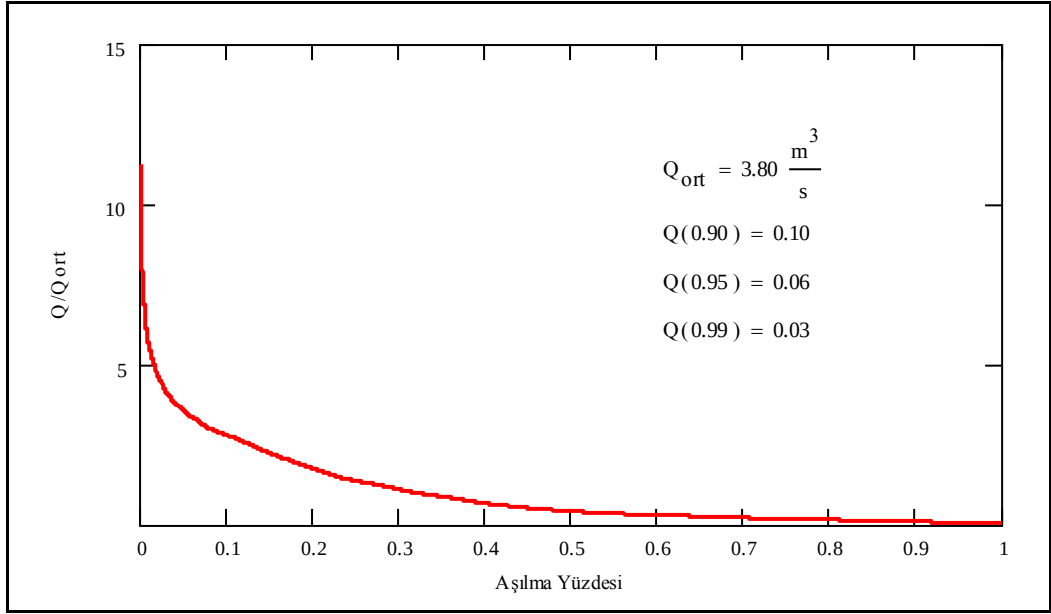
Şekil A.8 808 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



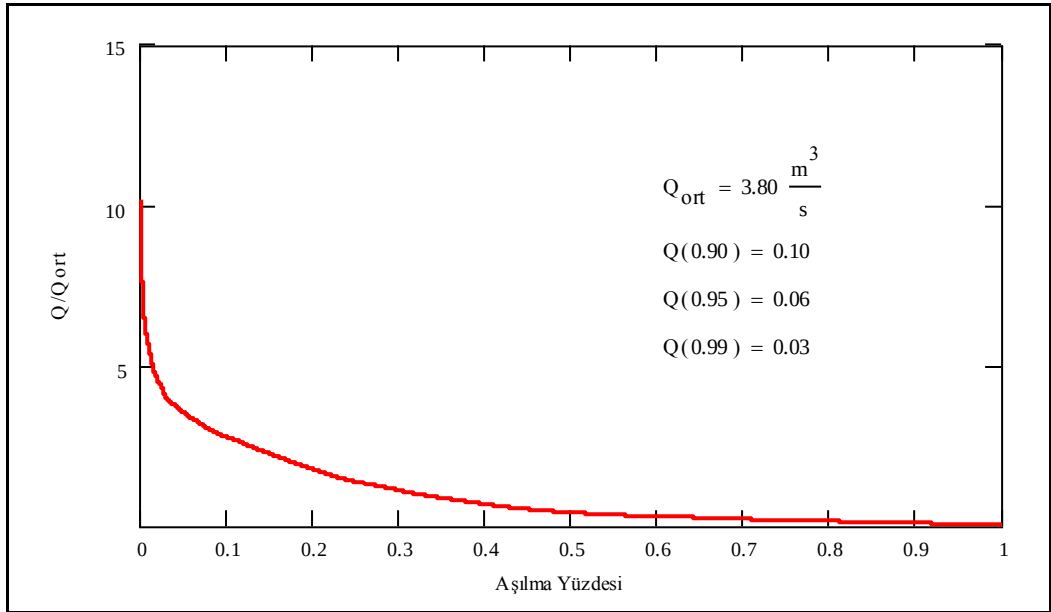
Şekil A.9 809 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



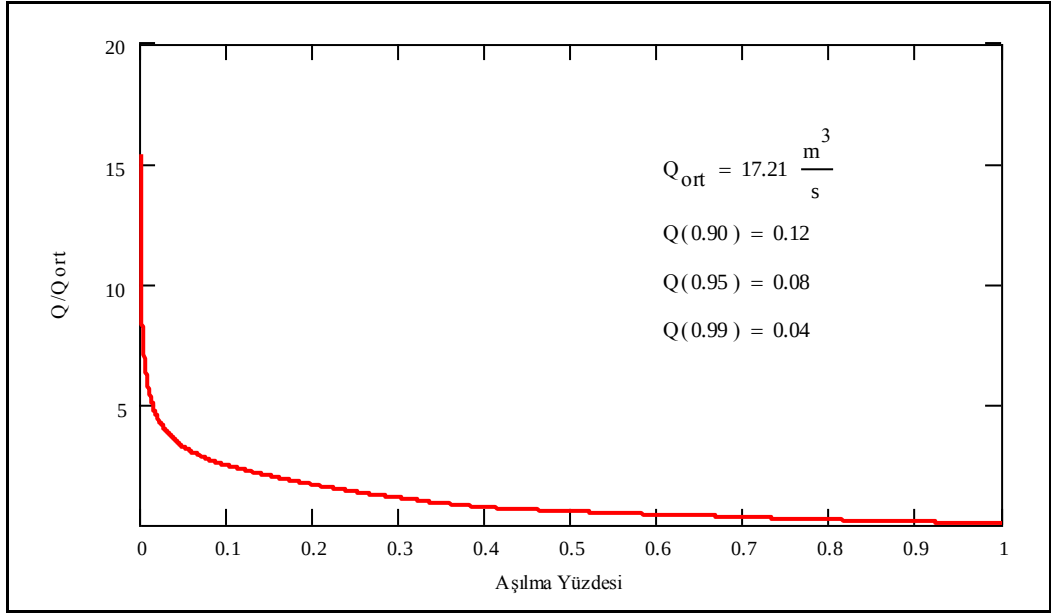
Şekil A.10 809 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



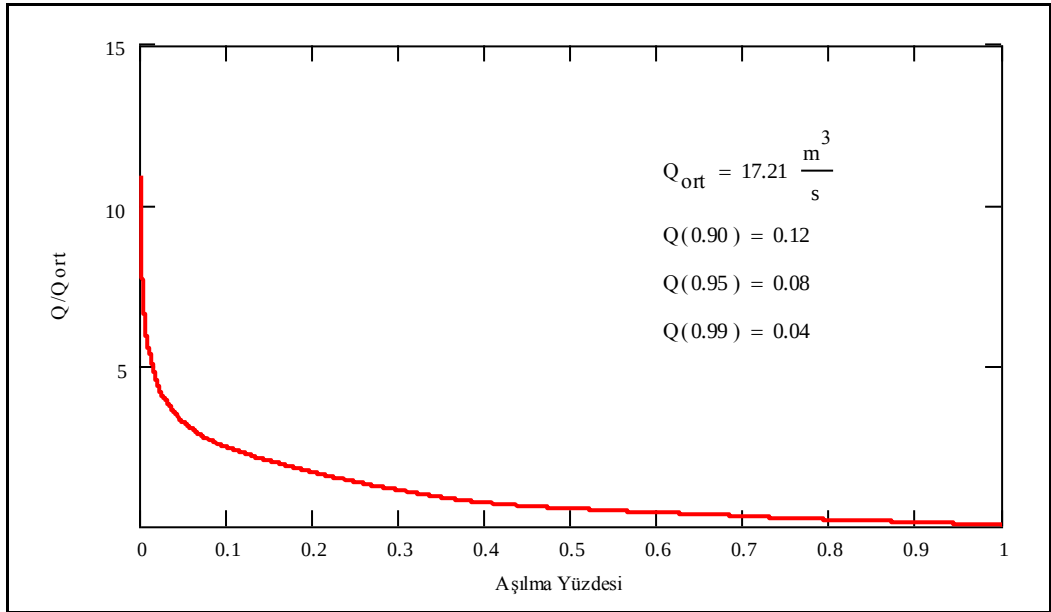
Şekil A.11 809 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



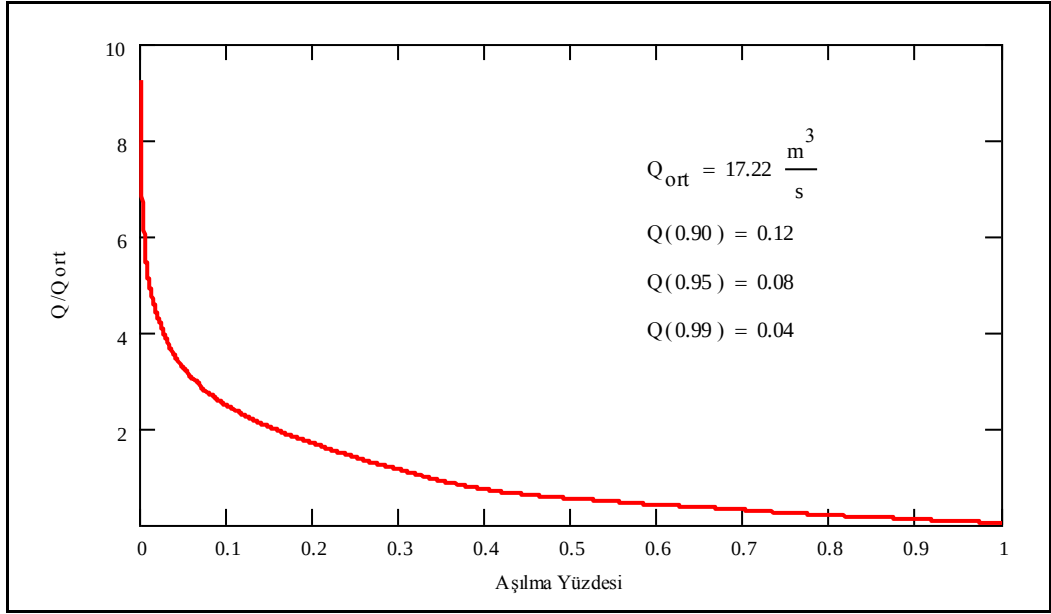
Şekil A.12 809 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



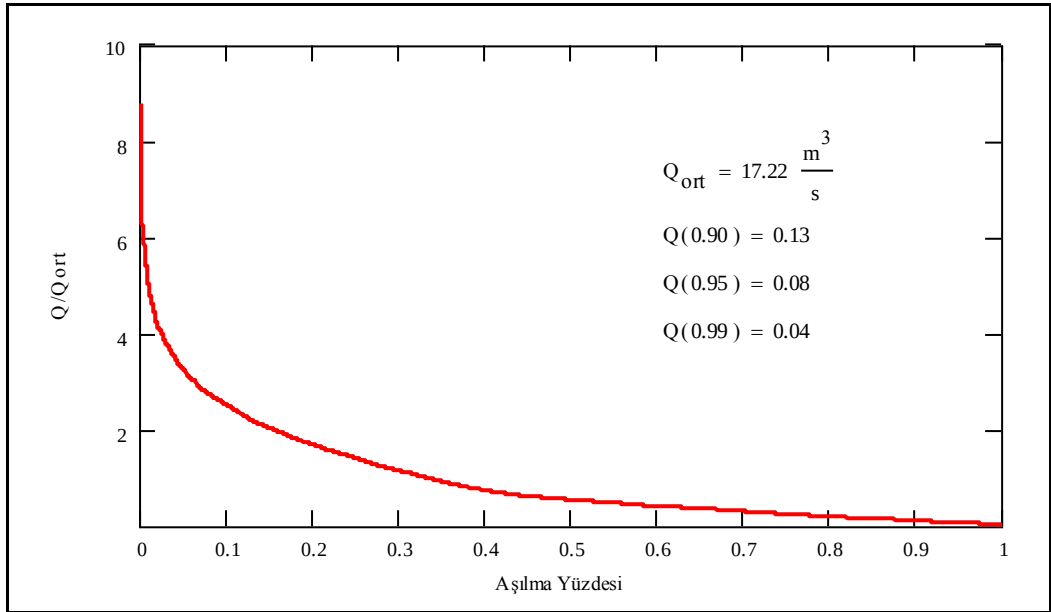
Şekil A.13 811 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



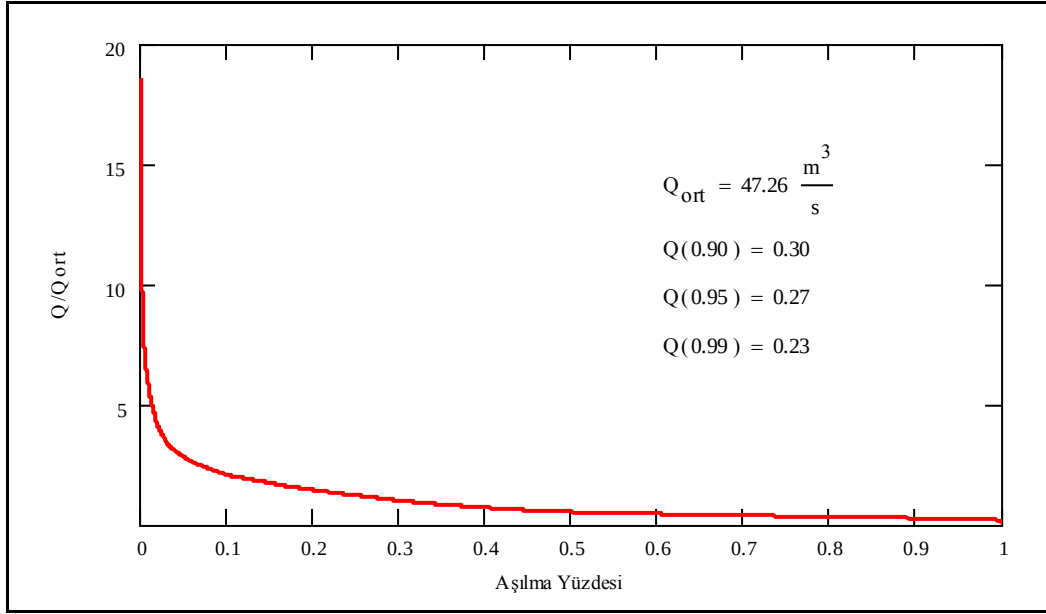
Şekil A.14 811 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



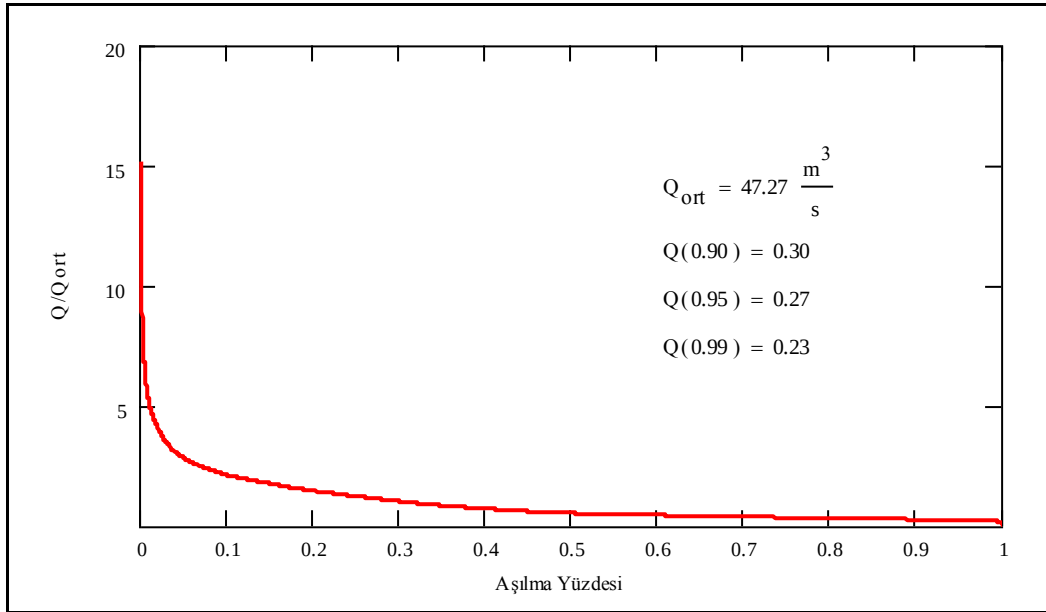
Şekil A.15 811 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



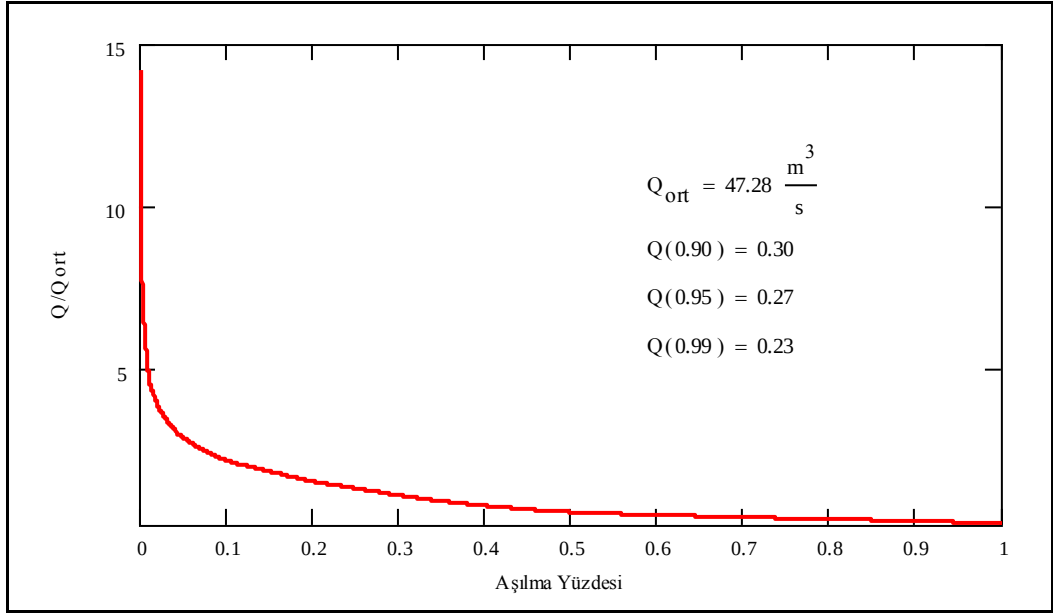
Şekil A.16 811 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



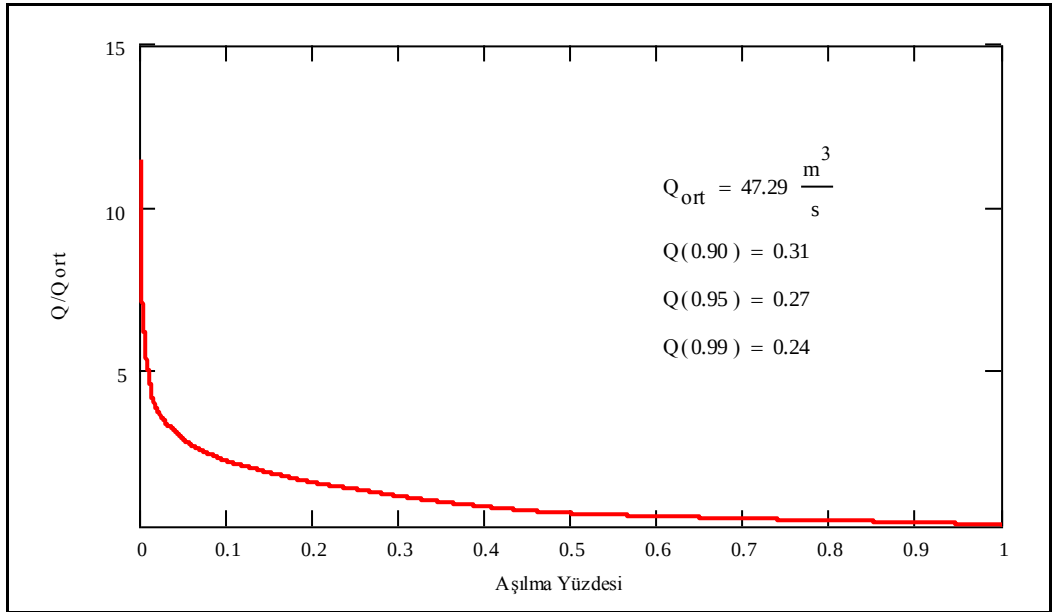
Şekil A.17 812 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



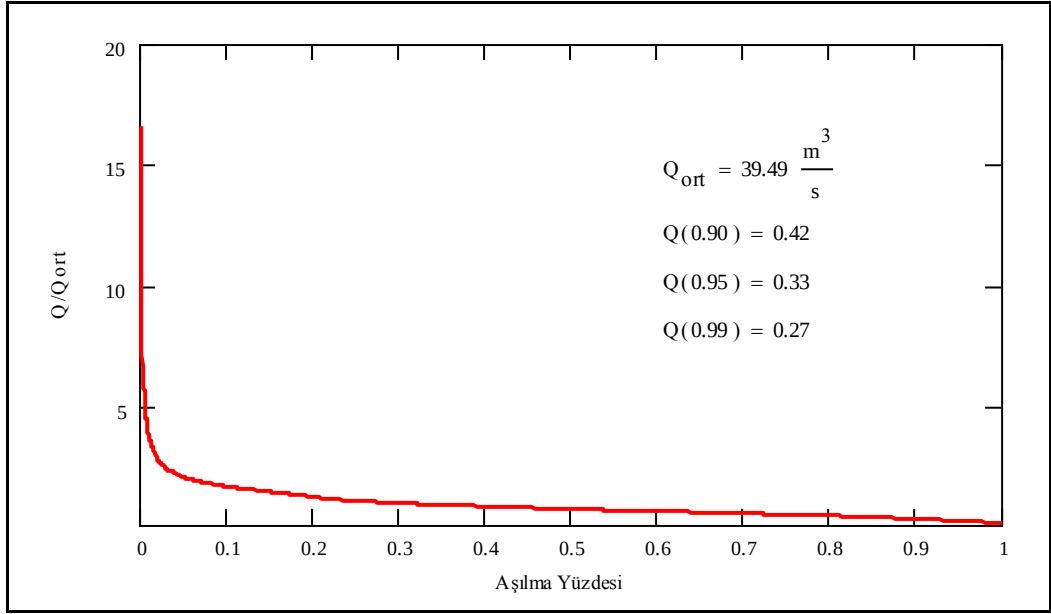
Şekil A.18 812 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



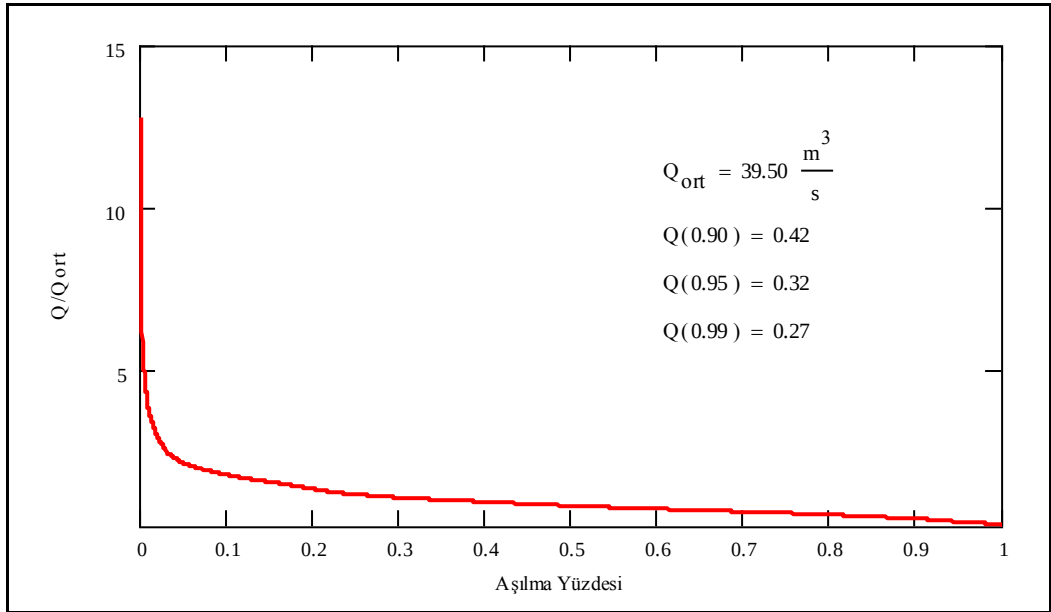
Şekil A.19 812 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



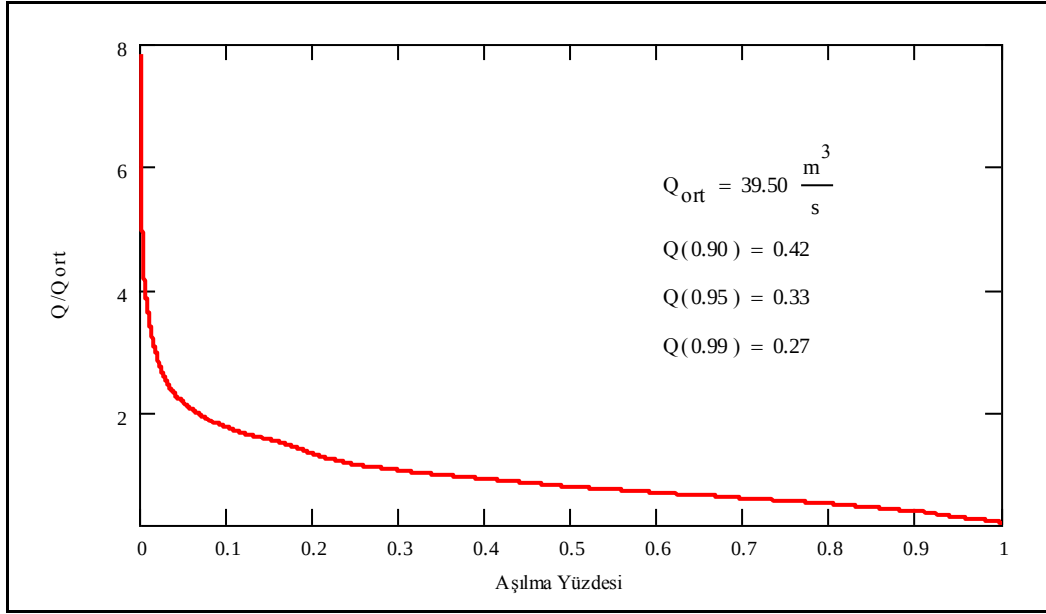
Şekil A.20 812 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



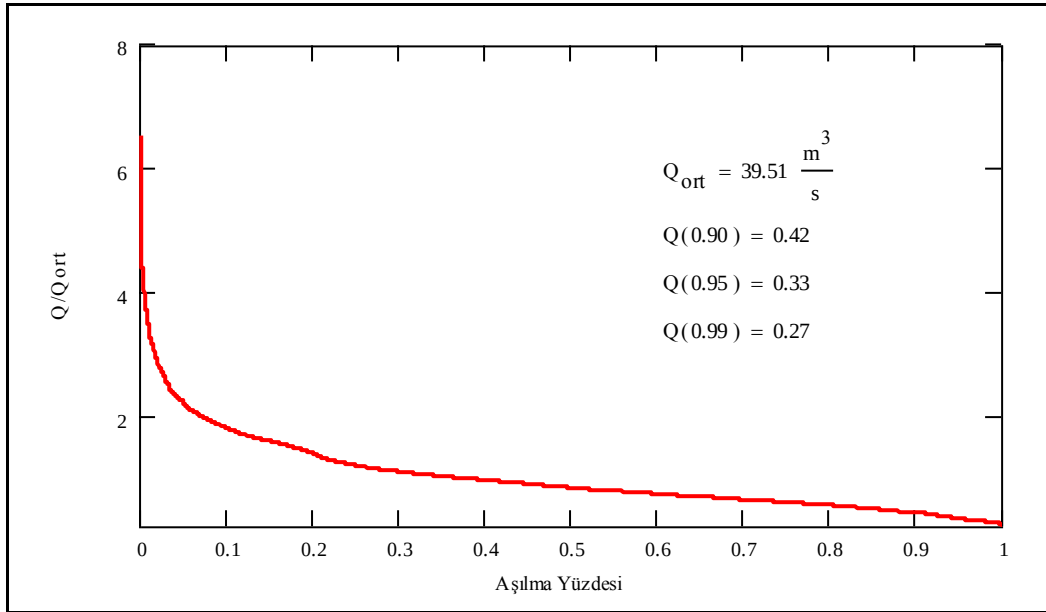
Şekil A.21 815 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



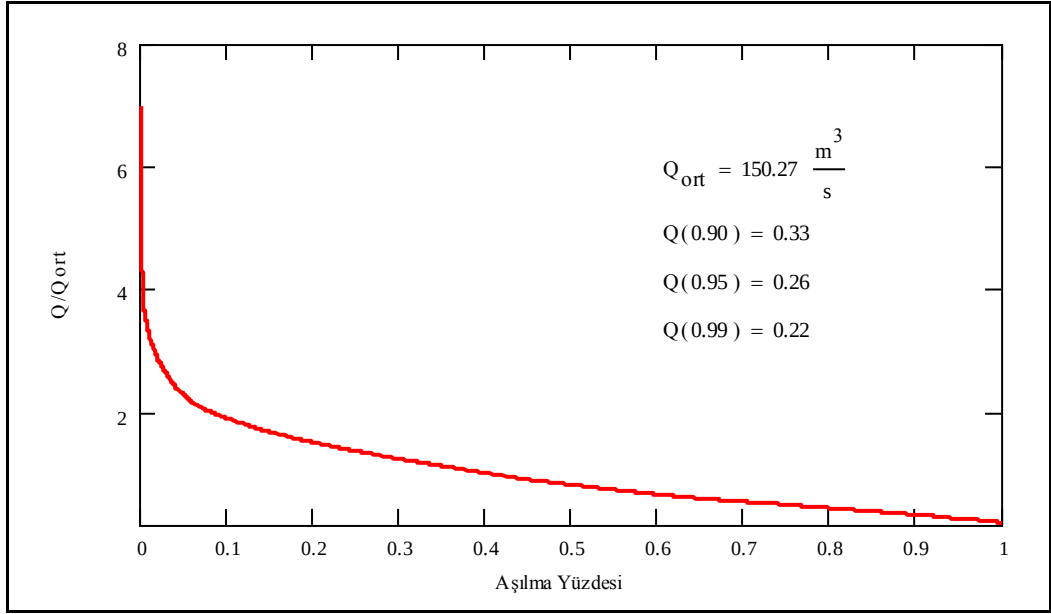
Şekil A.22 815 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



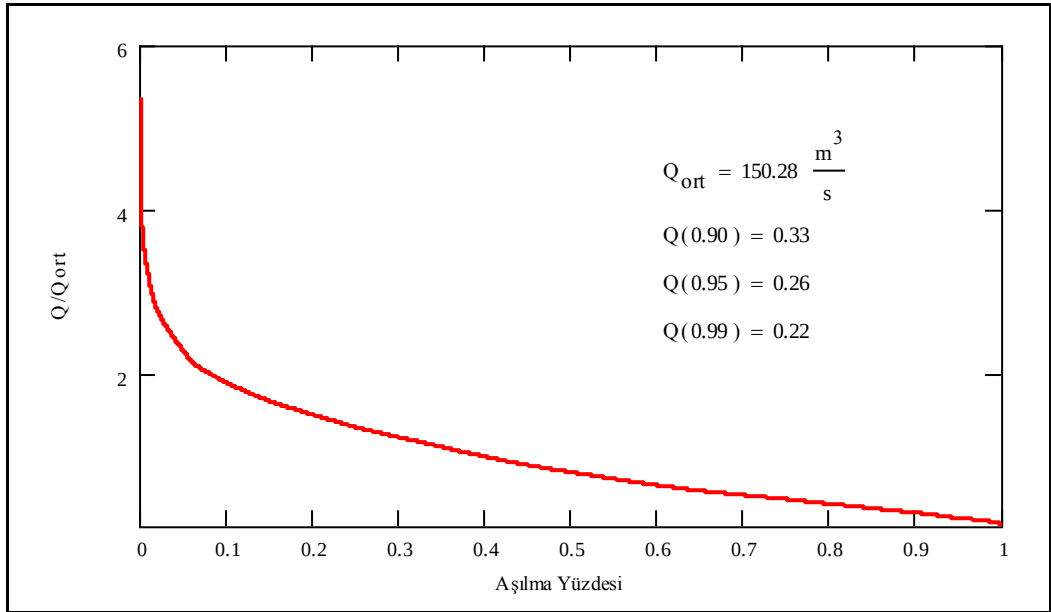
Şekil A.23 815 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



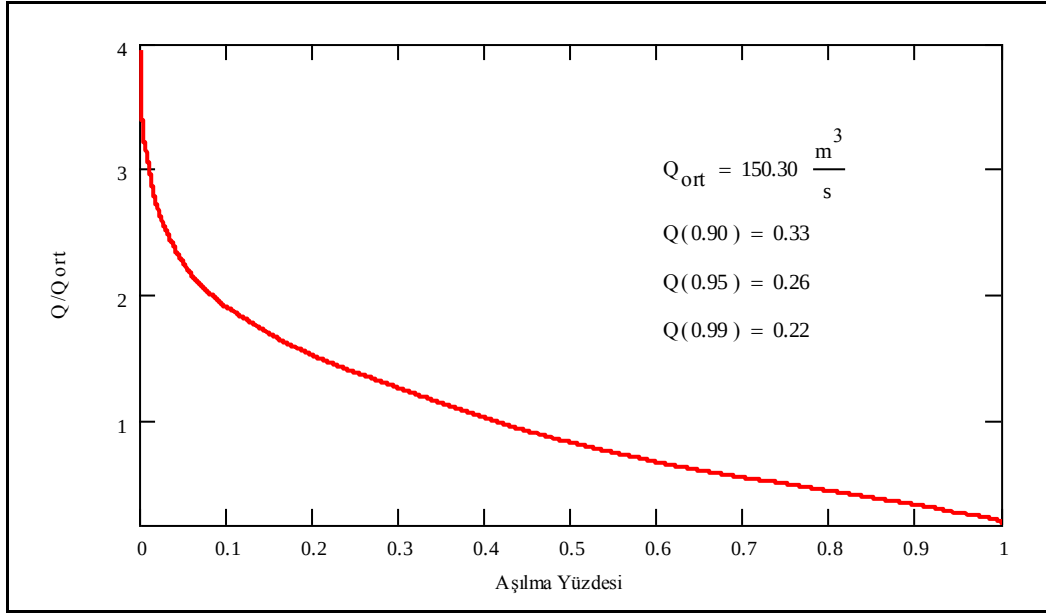
Şekil A.24 815 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



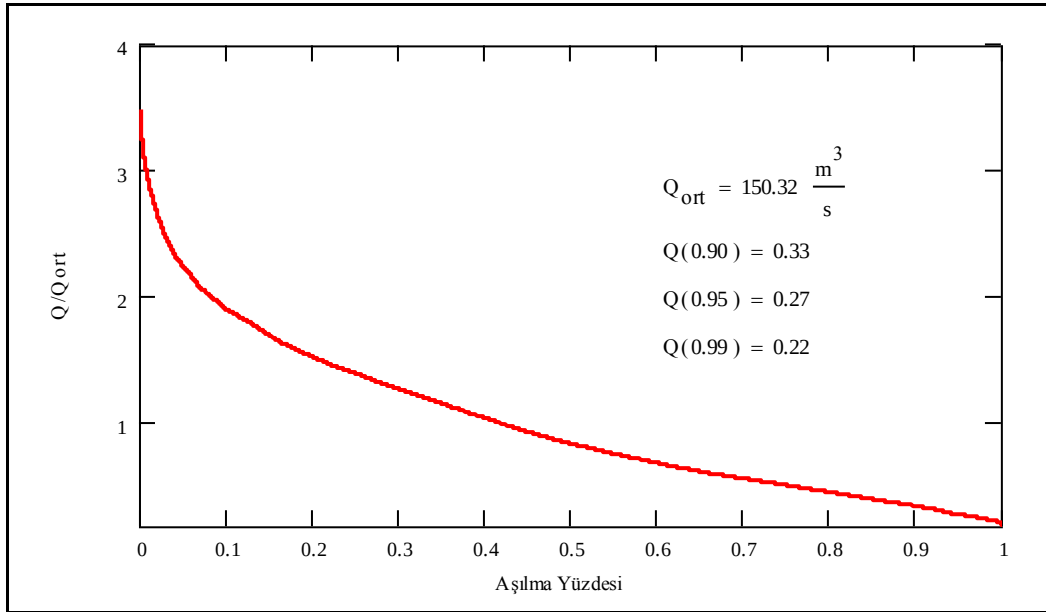
Şekil B.1 901 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



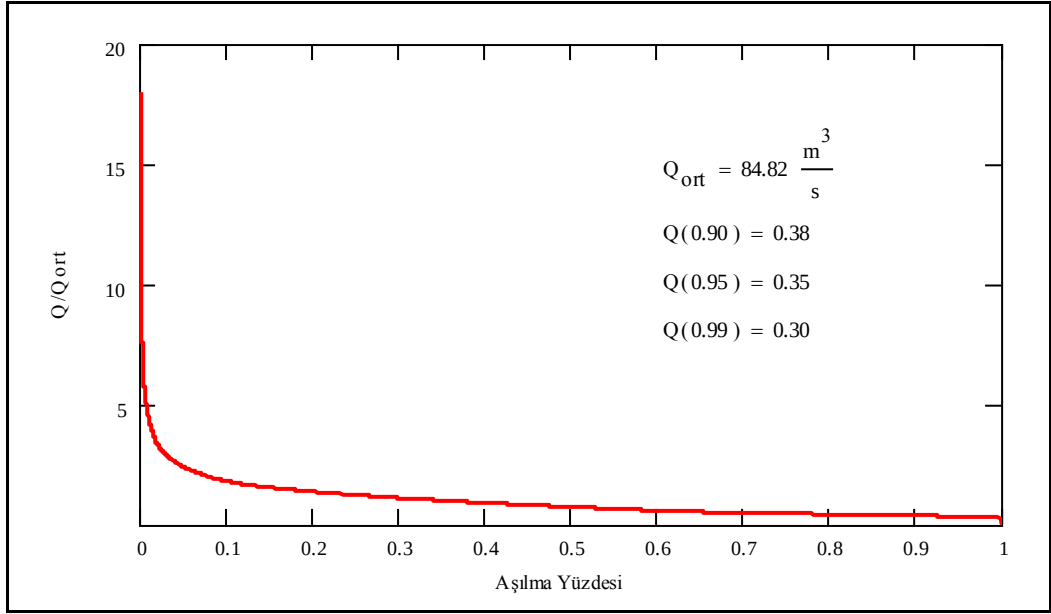
Şekil B.2 901 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



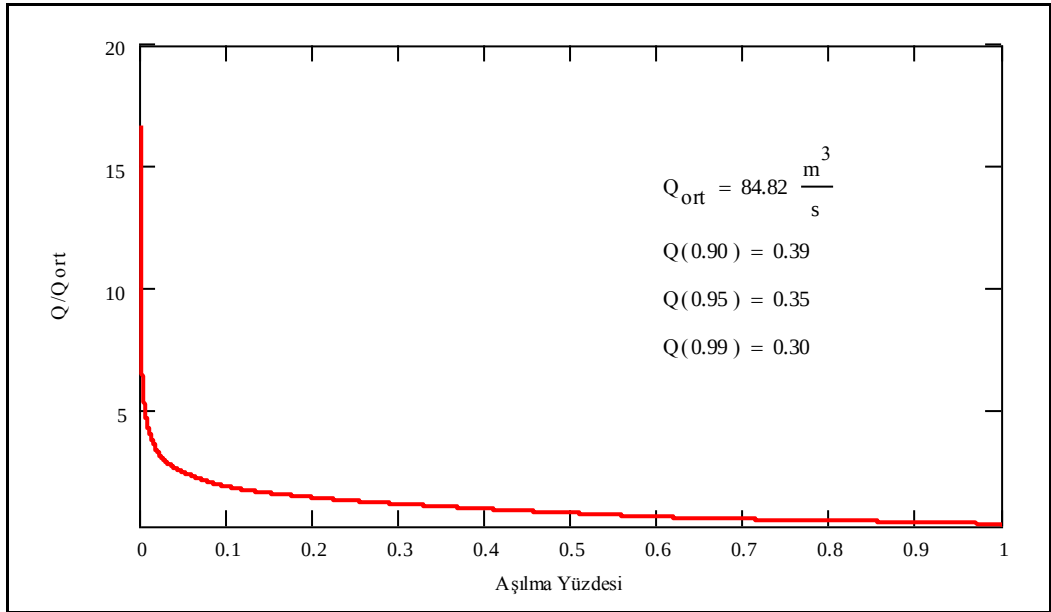
Şekil B.3 901 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



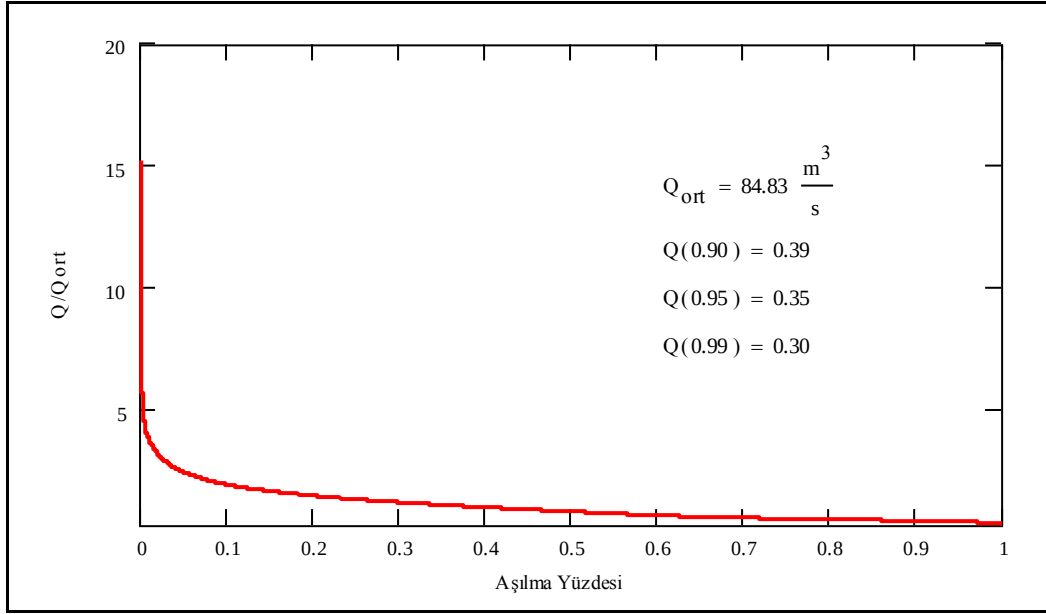
Şekil B.4 901 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



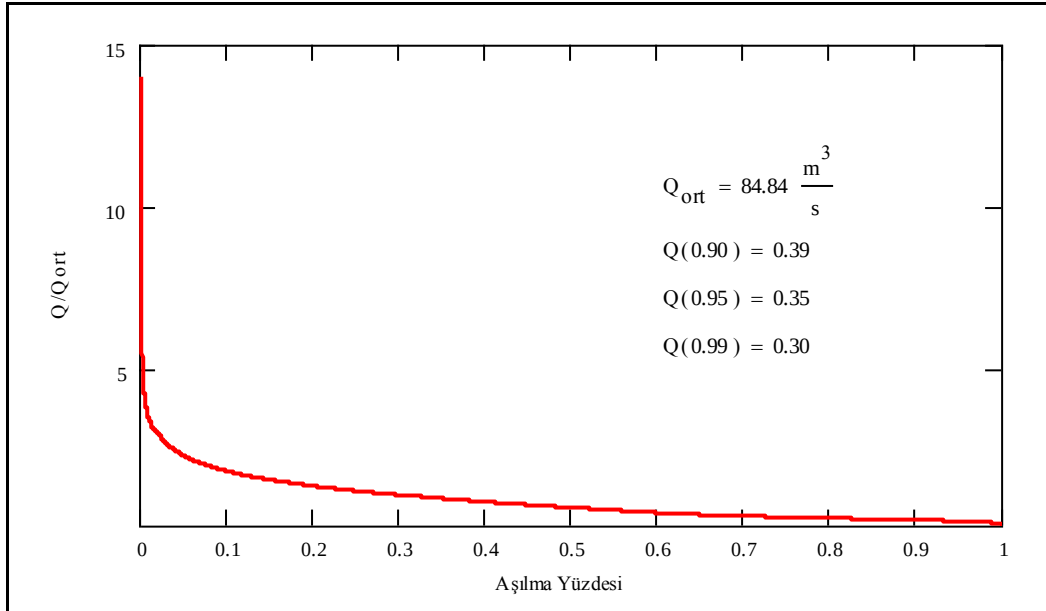
Şekil B.5 902 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



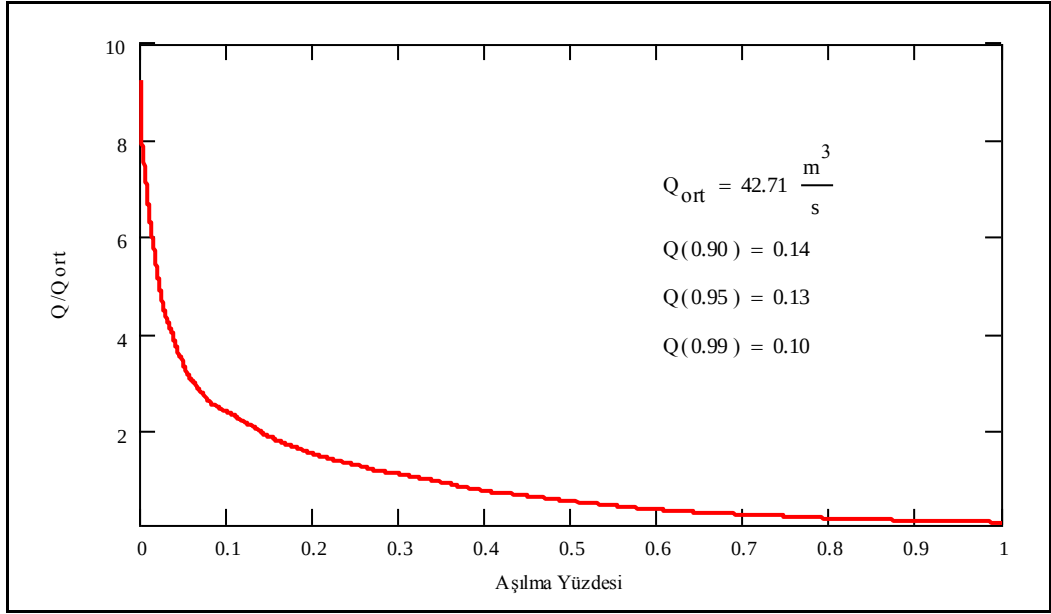
Şekil B.6 902 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



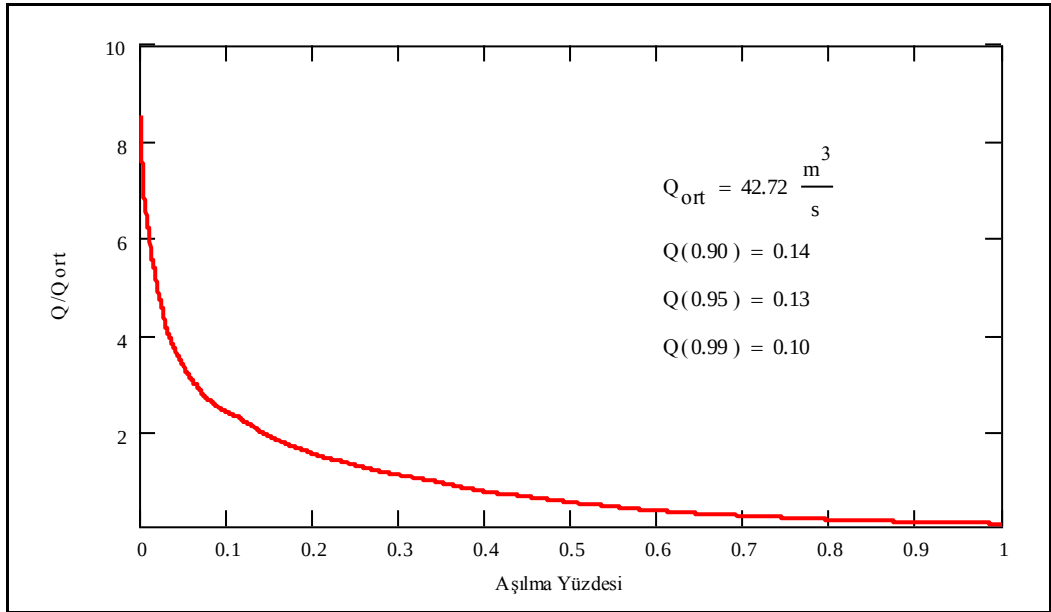
Şekil B.7 902 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



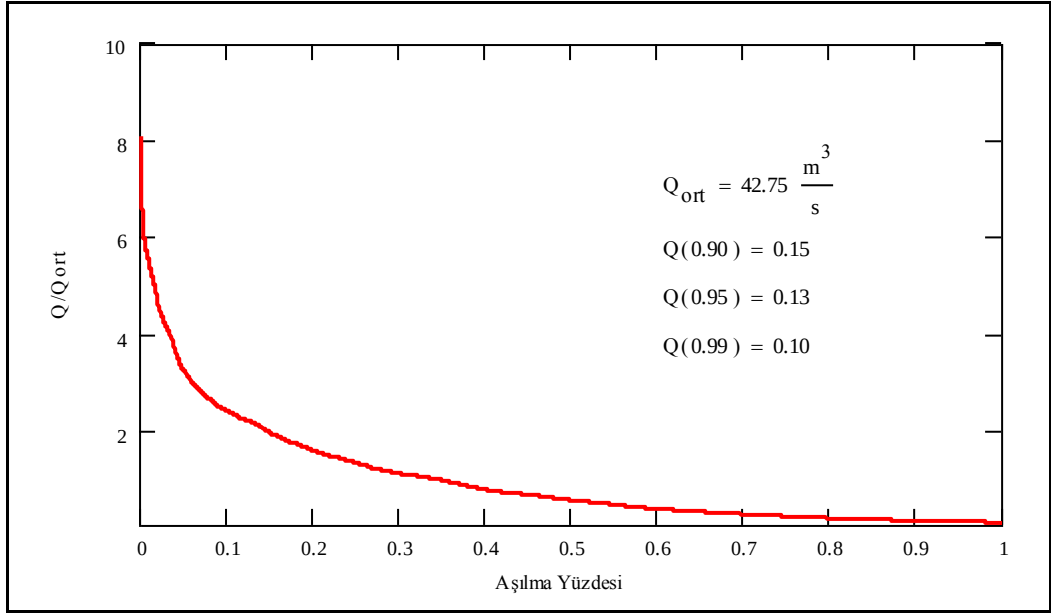
Şekil B.8 902 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



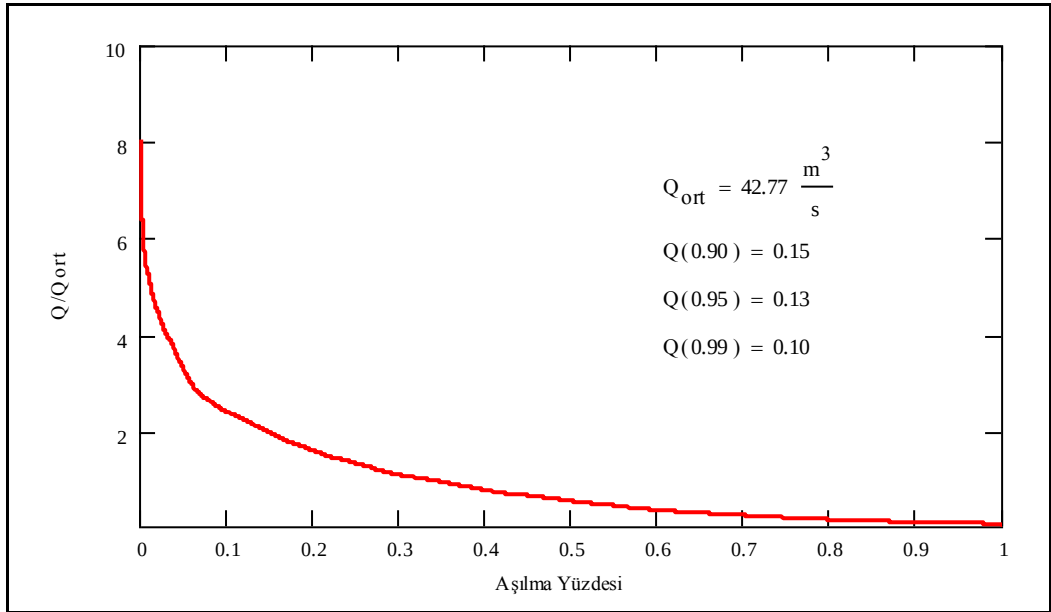
Şekil B.9 906 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



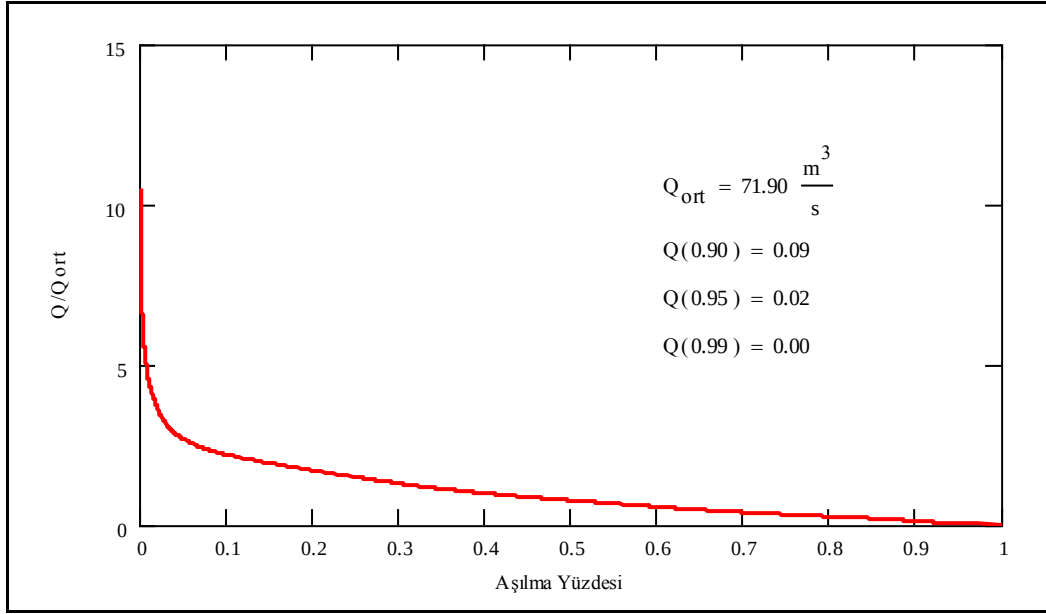
Şekil B.10 906 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



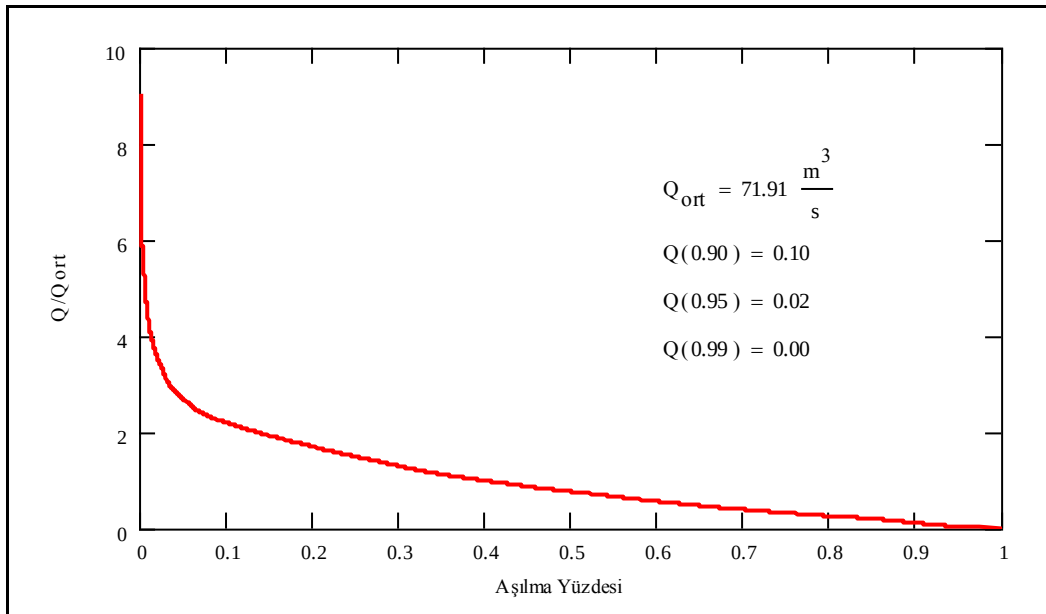
Şekil B.11 906 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



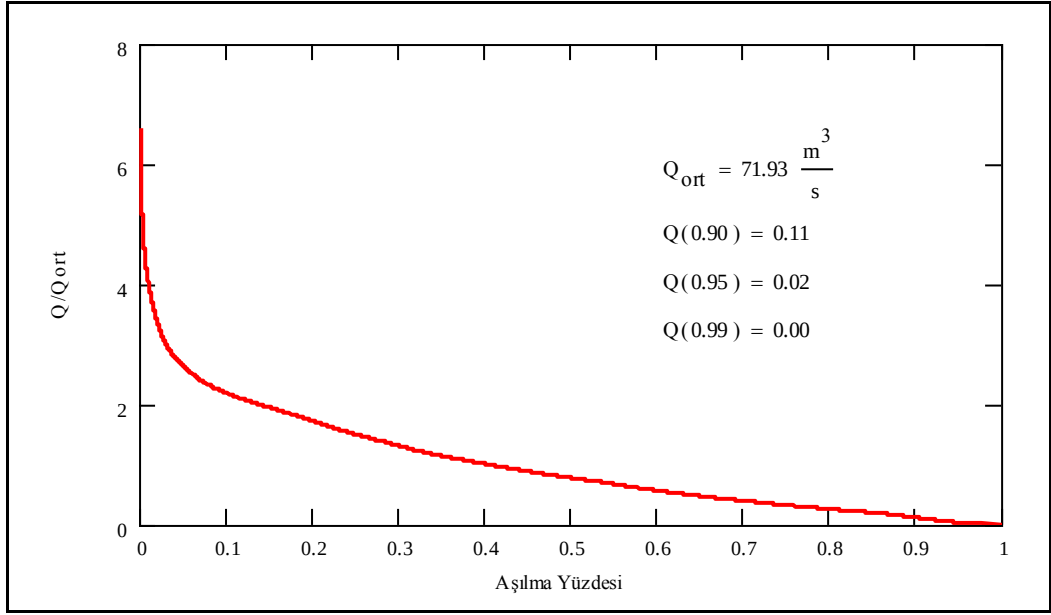
Şekil B.12 906 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



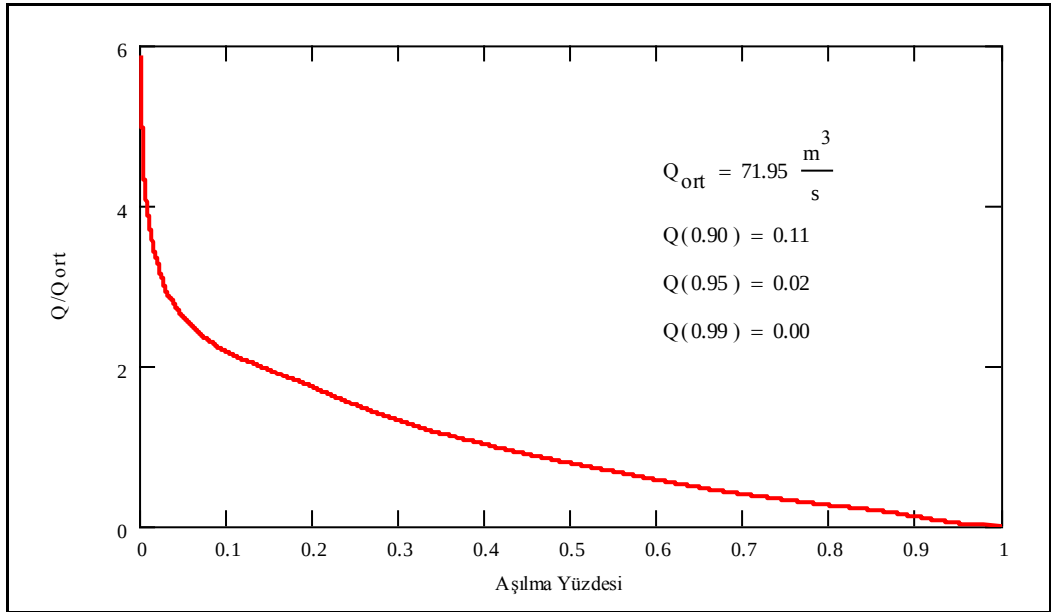
Şekil B.13 912 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



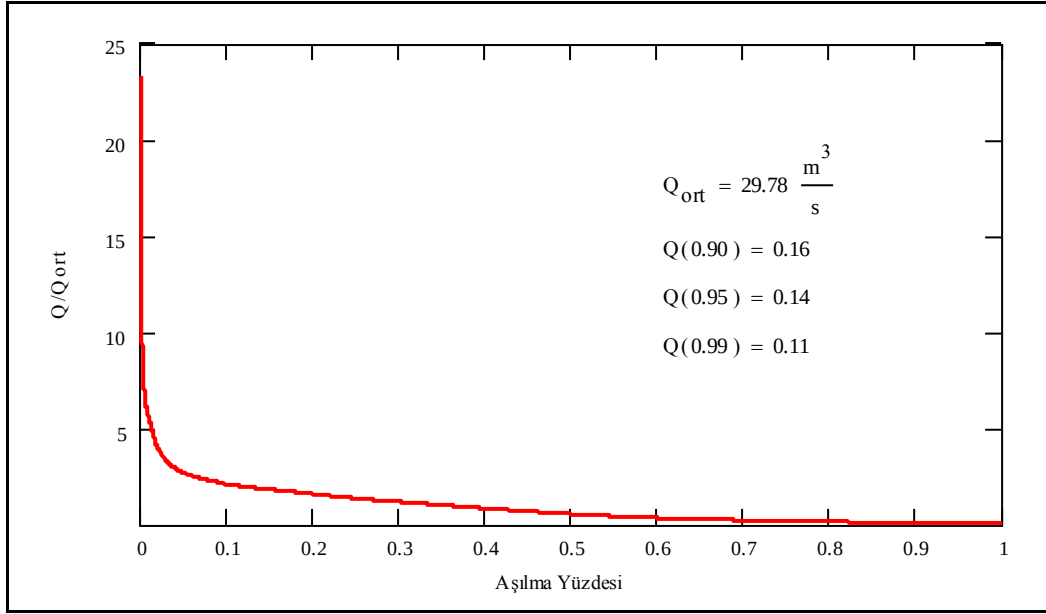
Şekil B.14 912 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



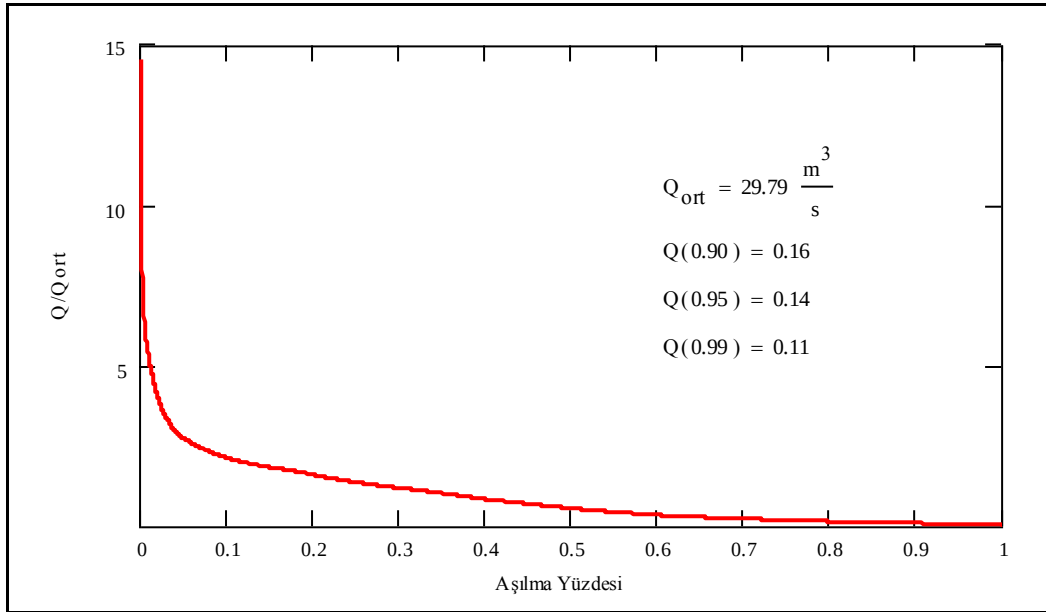
Şekil B.15 912 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



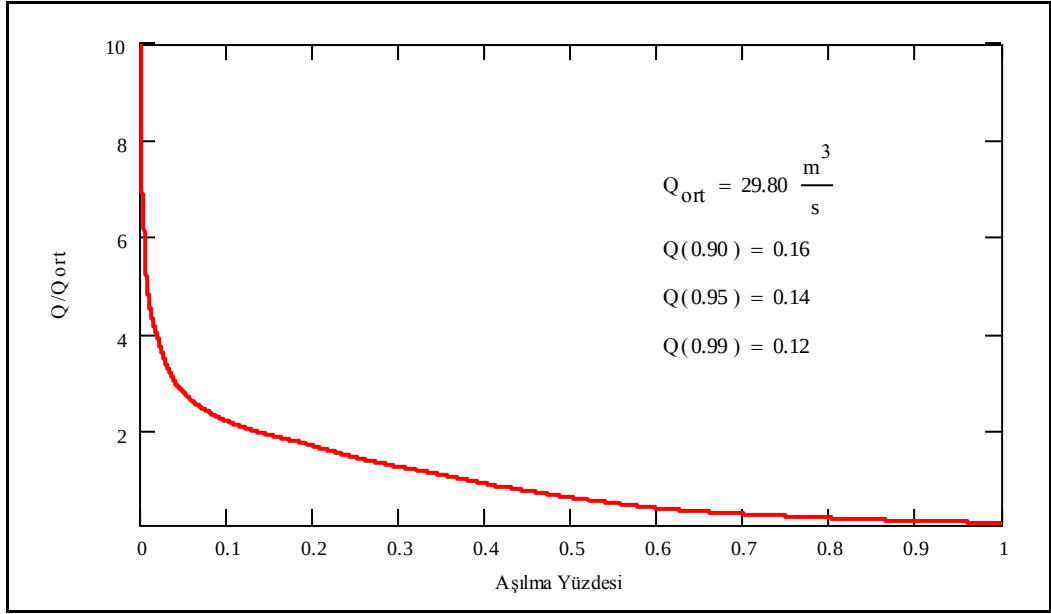
Şekil B.16 912 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



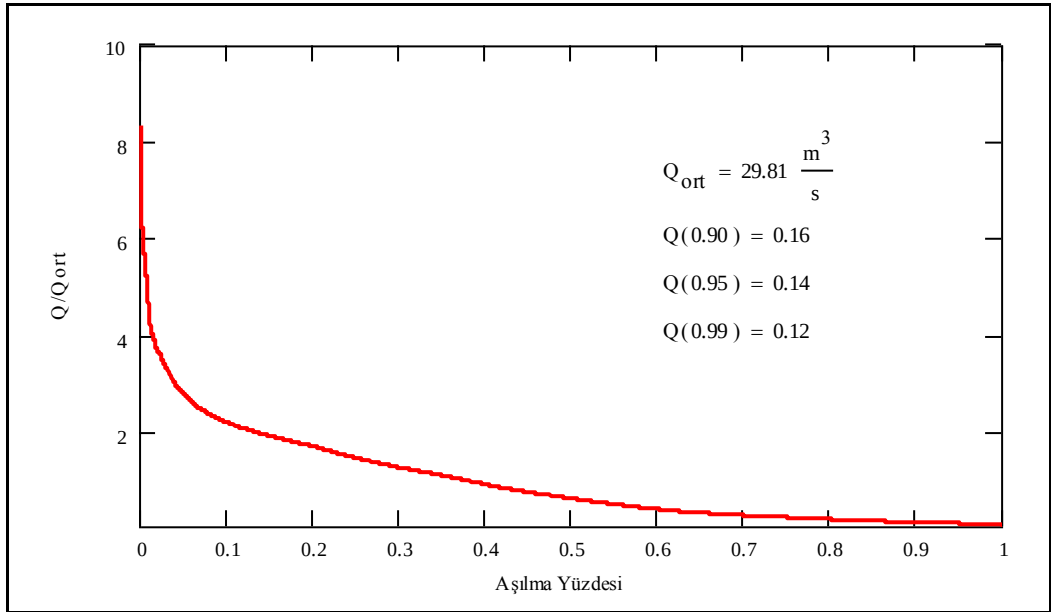
Şekil B.17 917 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



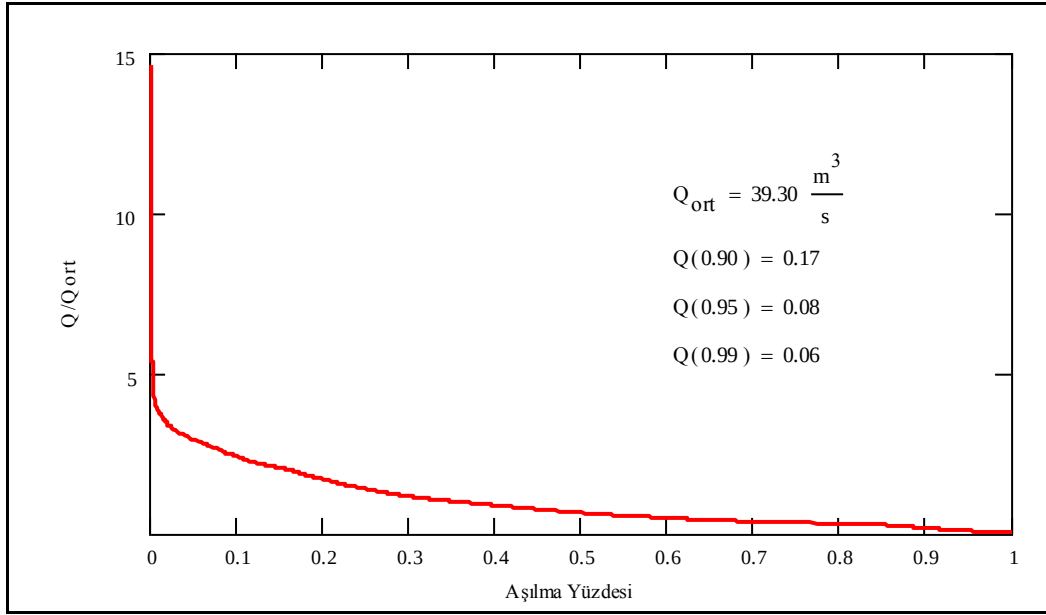
Şekil B.18 917 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



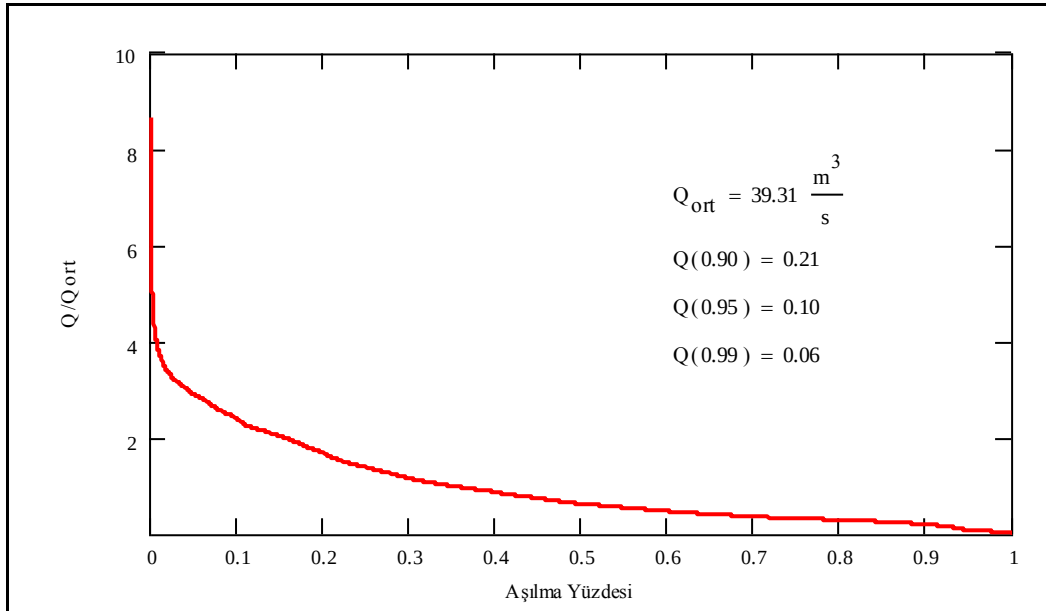
Şekil B.19 917 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



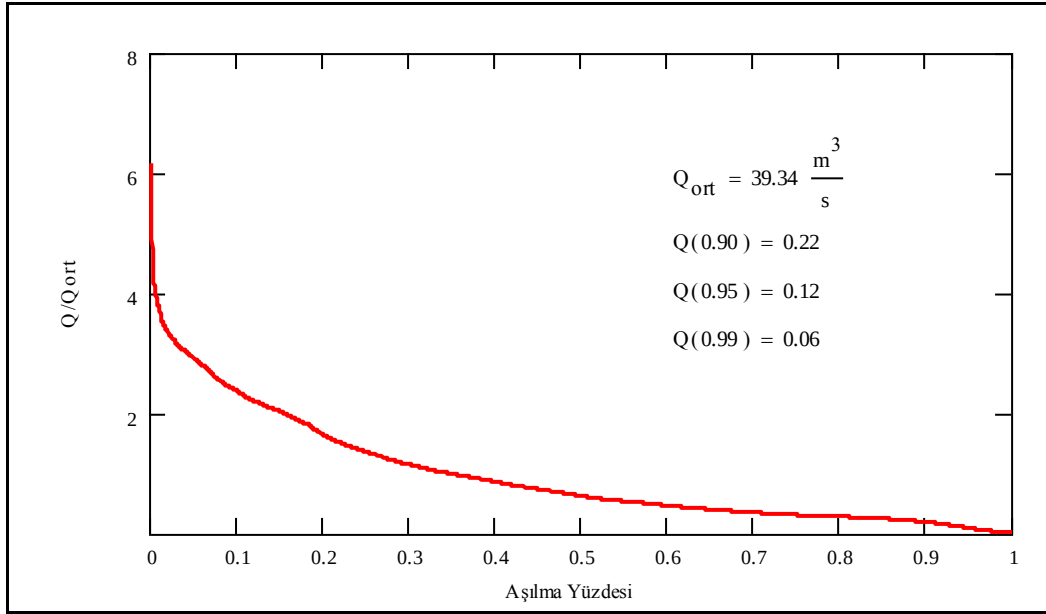
Şekil B.20 917 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



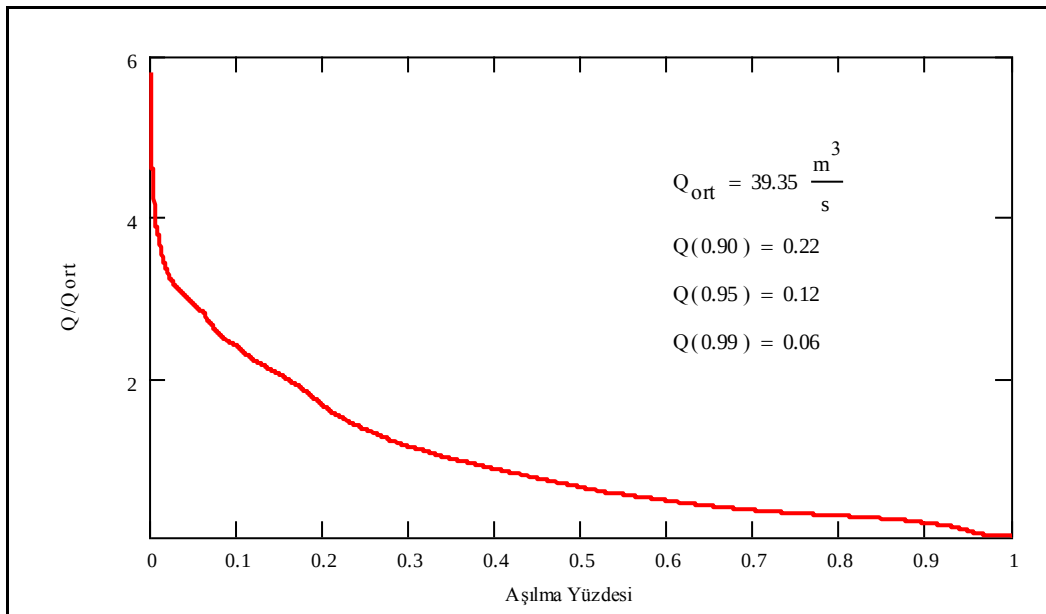
Şekil C.1 1708 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



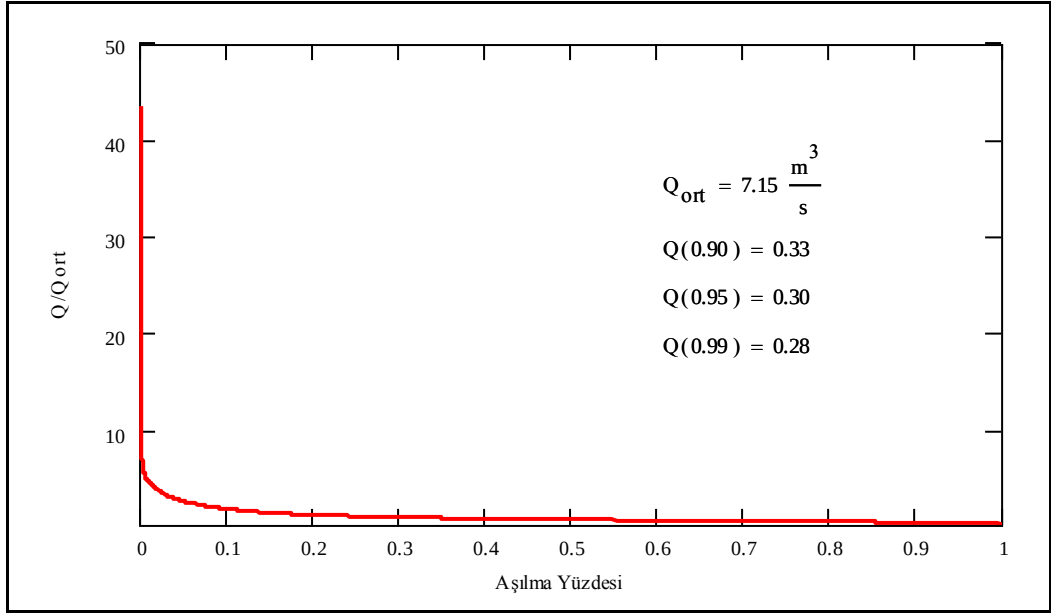
Şekil C.2 1708 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



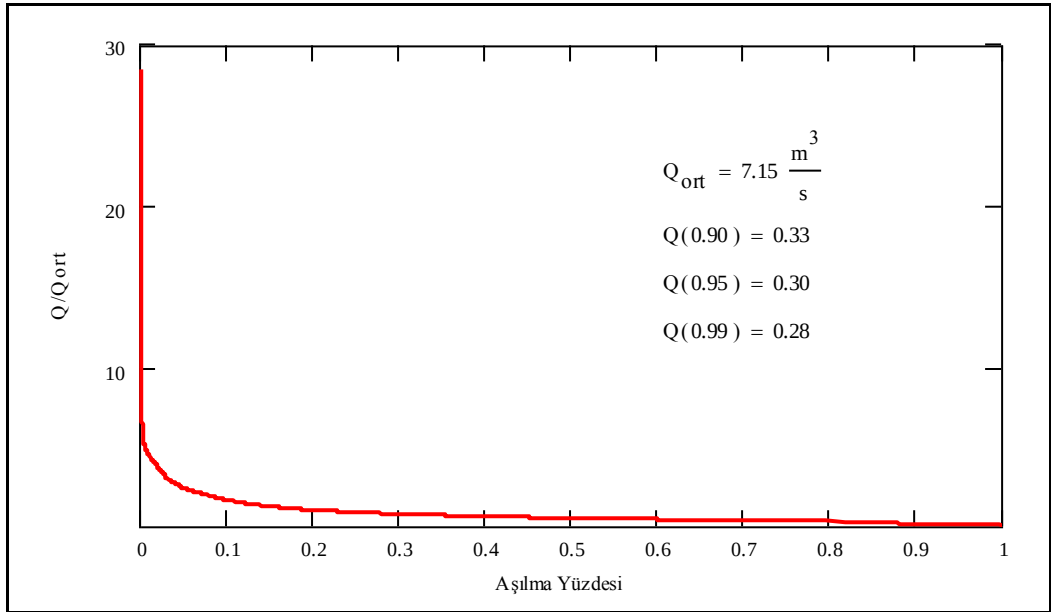
Şekil C.3 1708 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



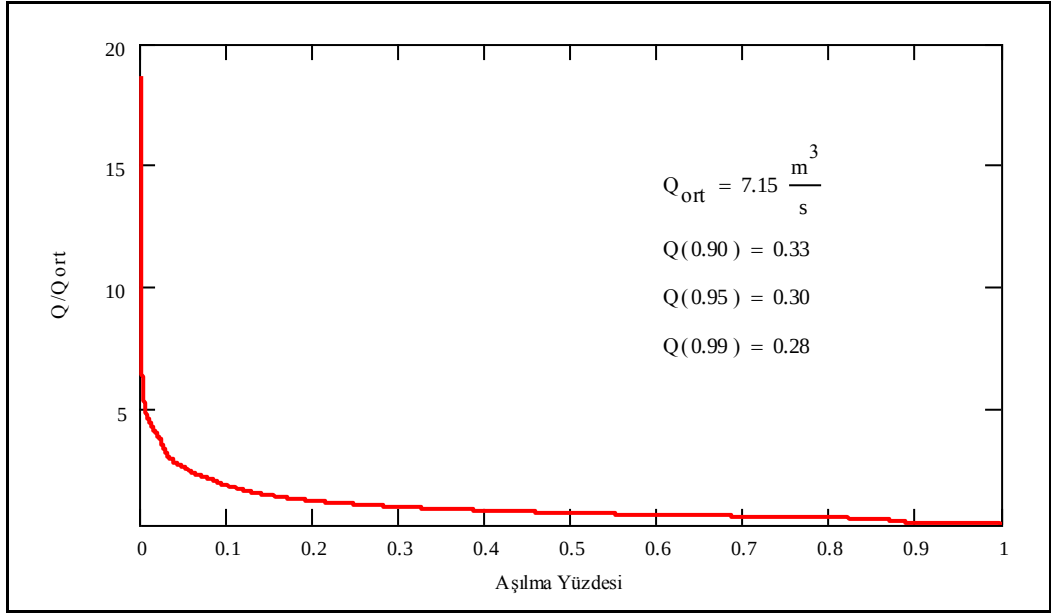
Şekil C.4 1708 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



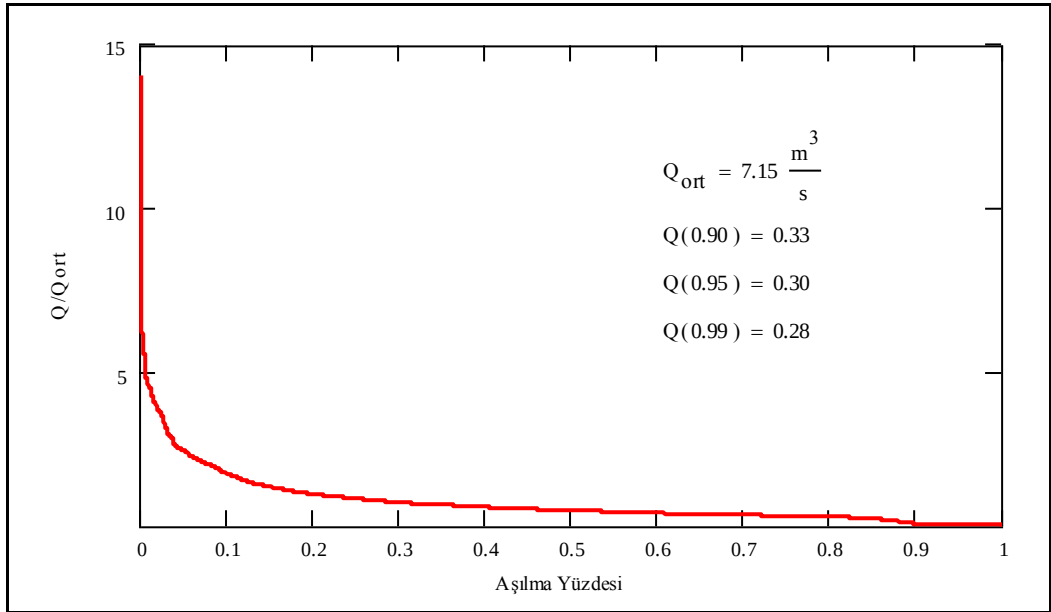
Şekil C.5 1717 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



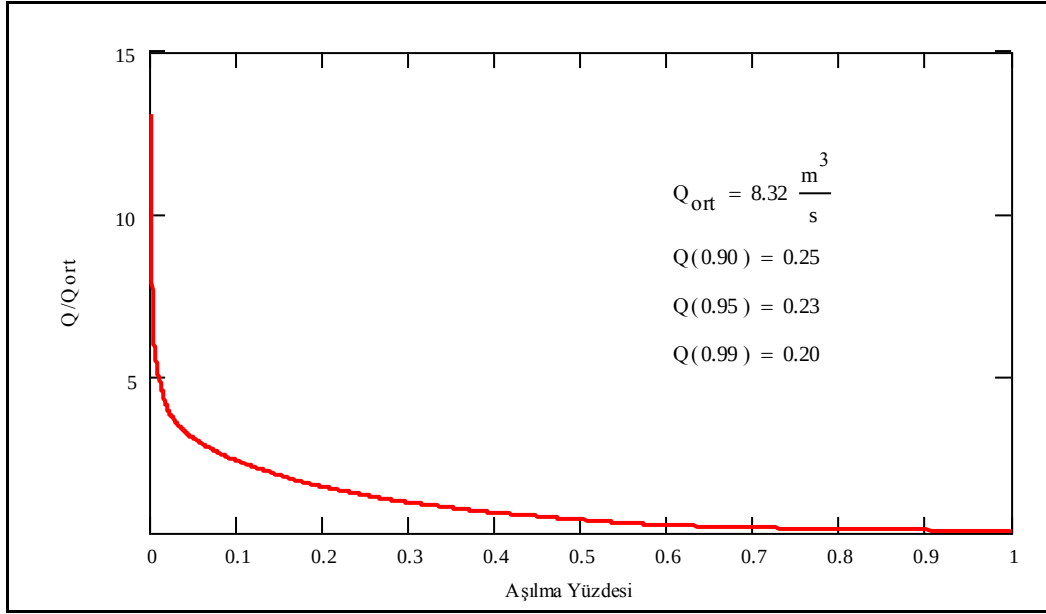
Şekil C.6 1717 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



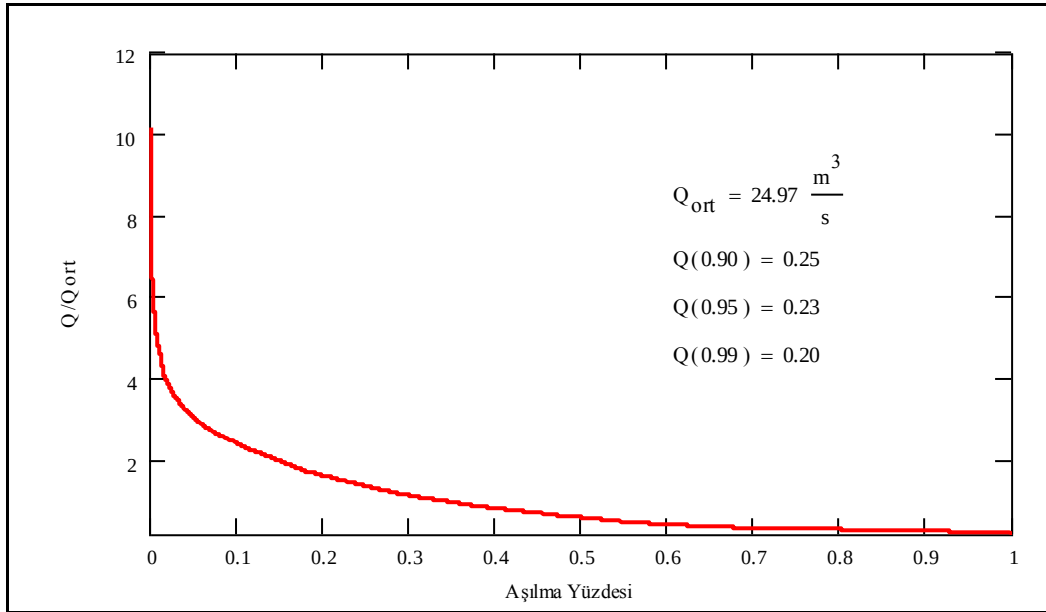
Şekil C.7 1717 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



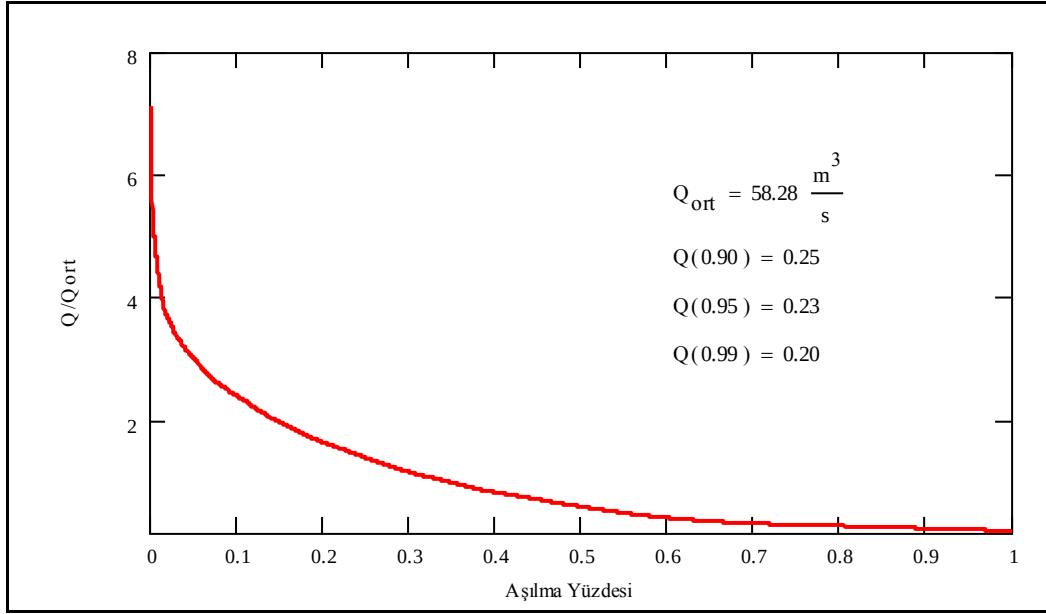
Şekil C.8 1717 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



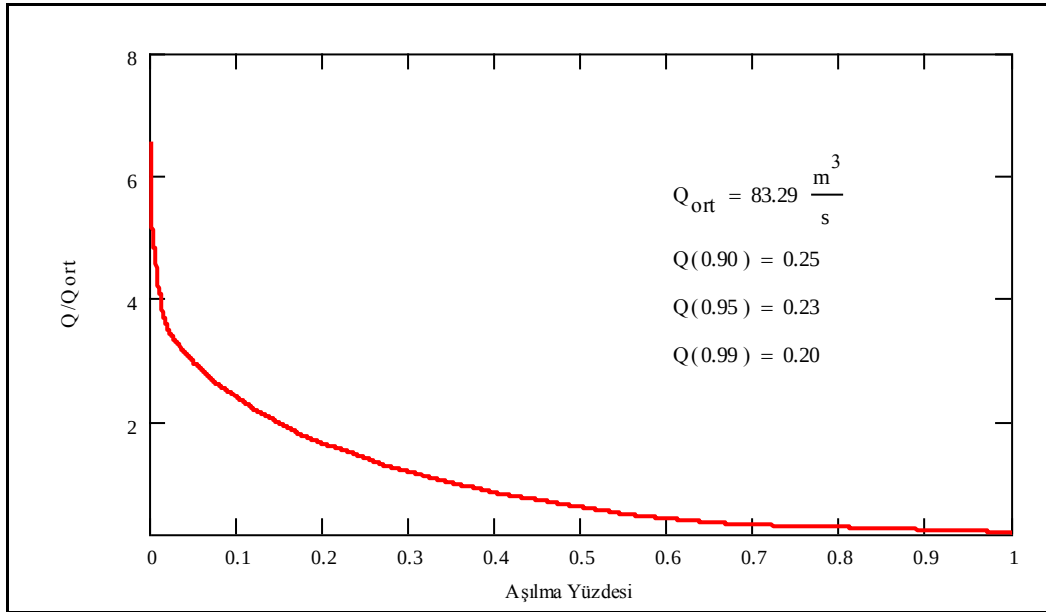
Şekil C.9 1719 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



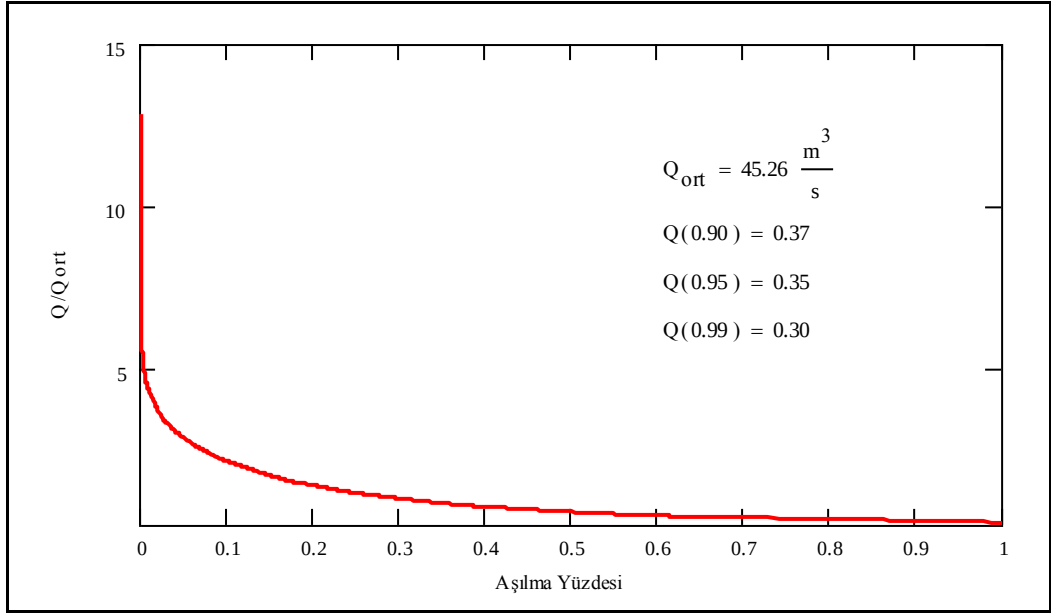
Şekil C.10 1719 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



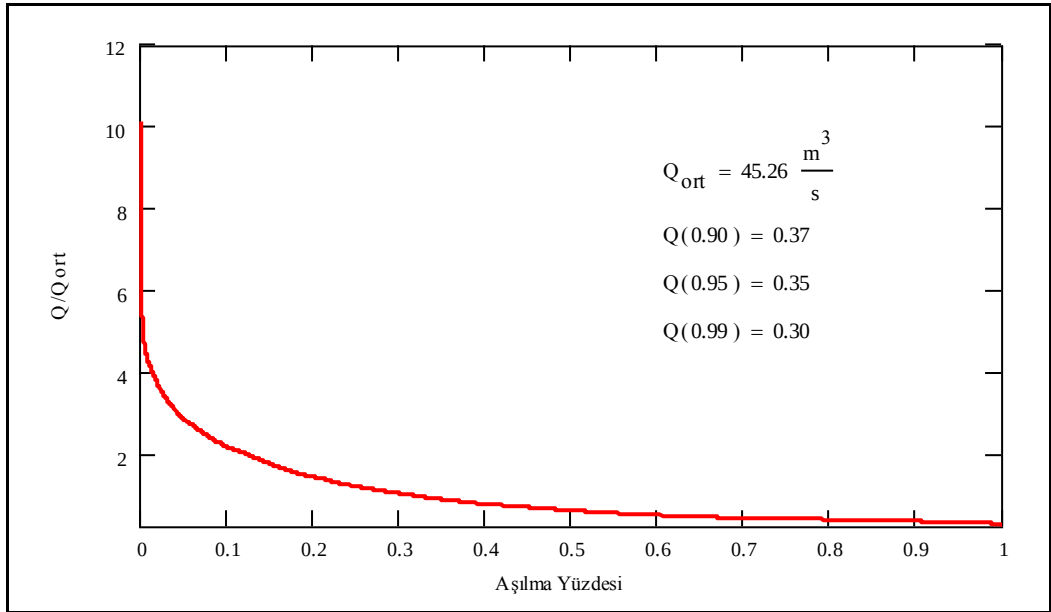
Şekil C.11 1719 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



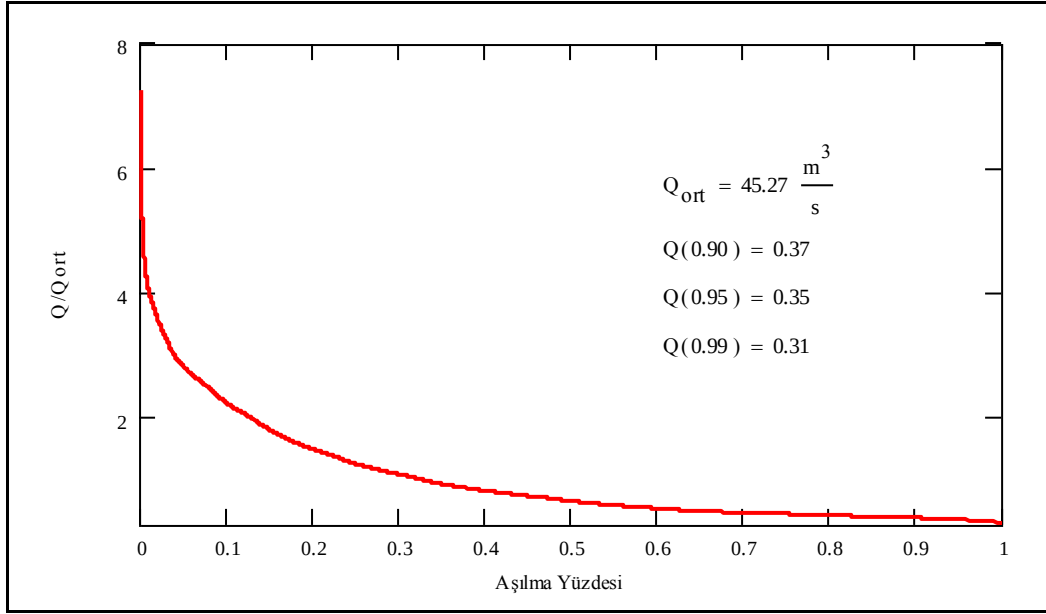
Şekil C.12 1719 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



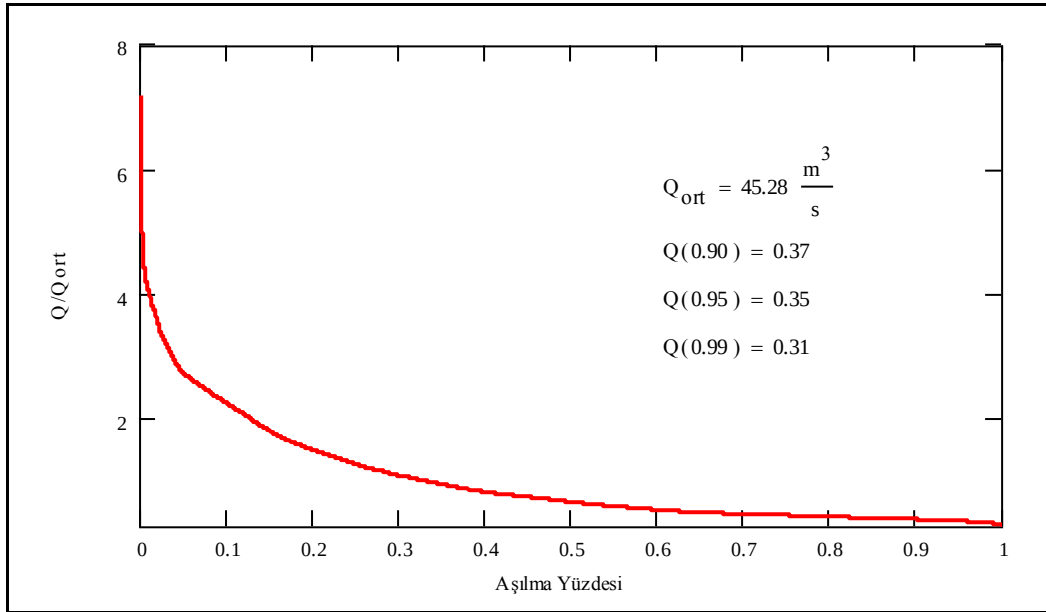
Şekil C.13 1720 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



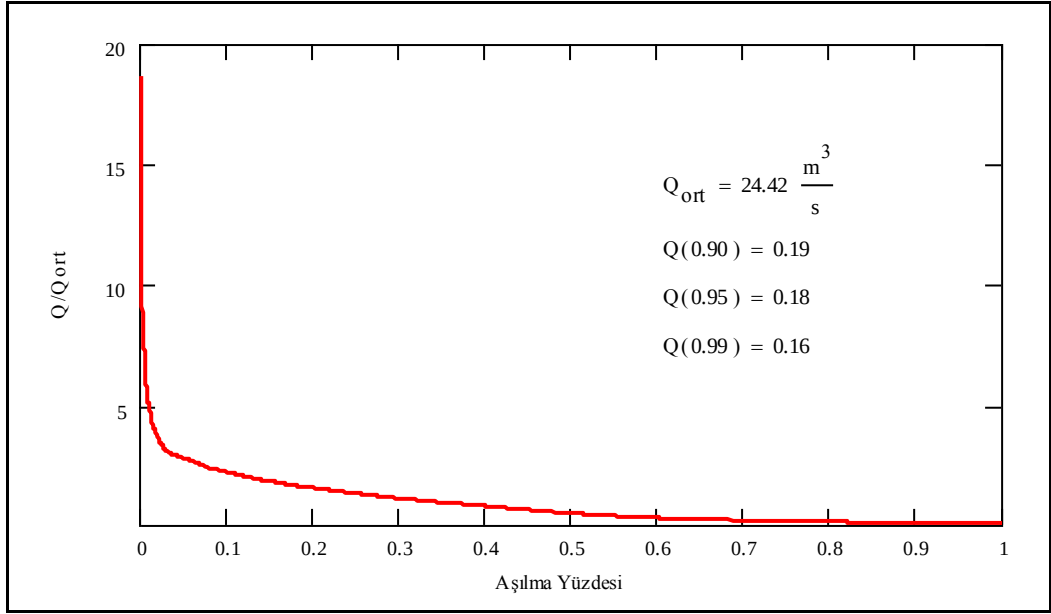
Şekil C.14 1720 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



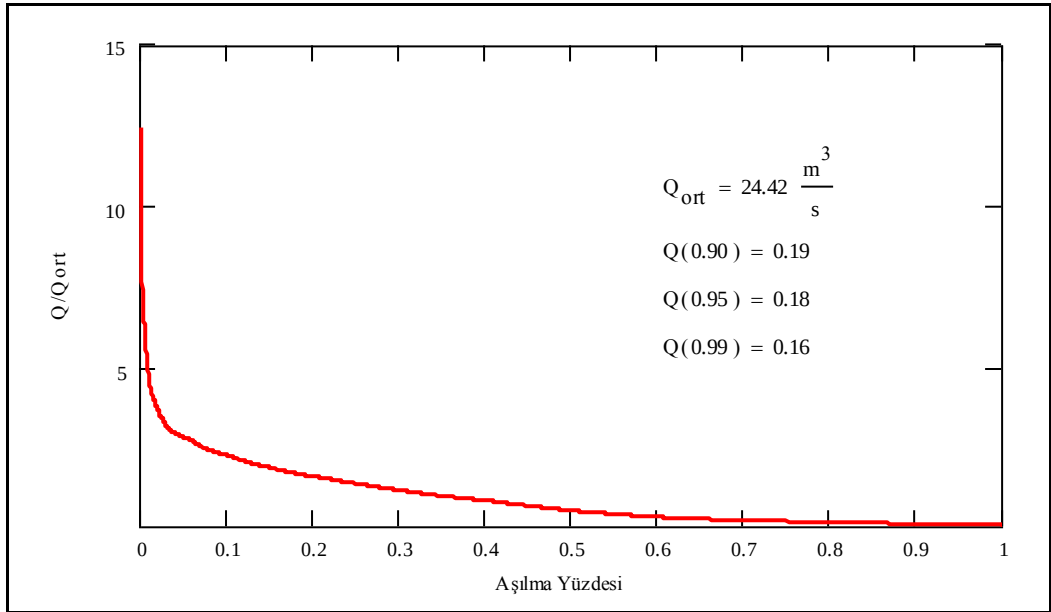
Şekil C.15 1720 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



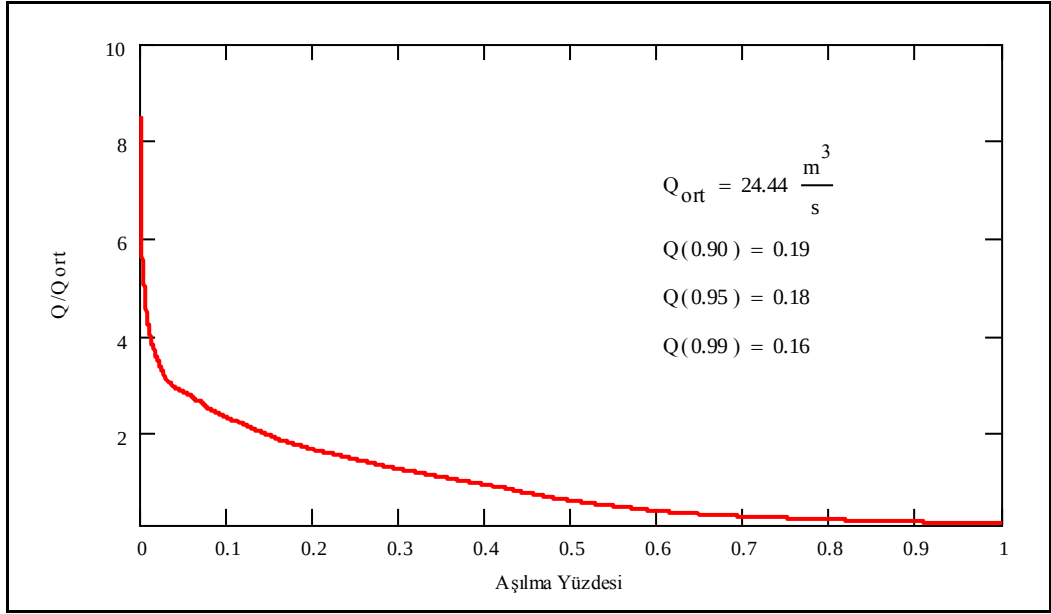
Şekil C.16 1720 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



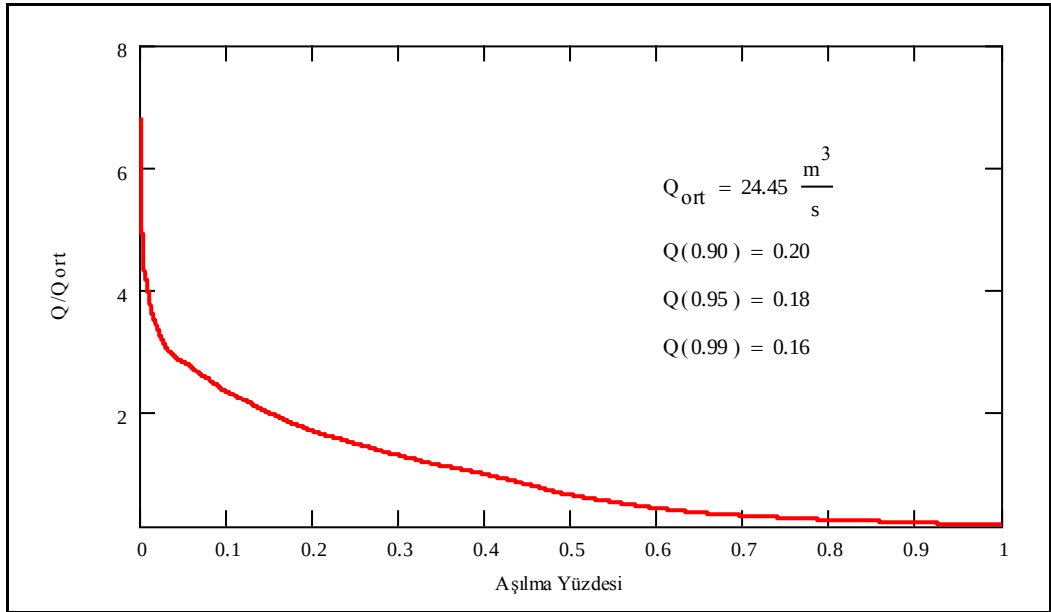
Şekil C.17 1721 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



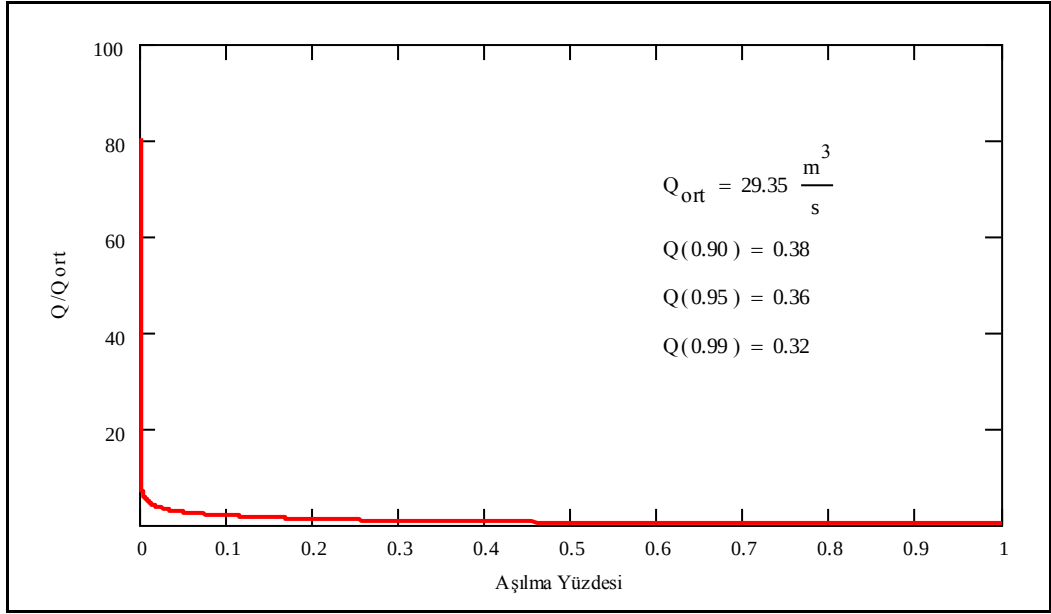
Şekil C.18 1721 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



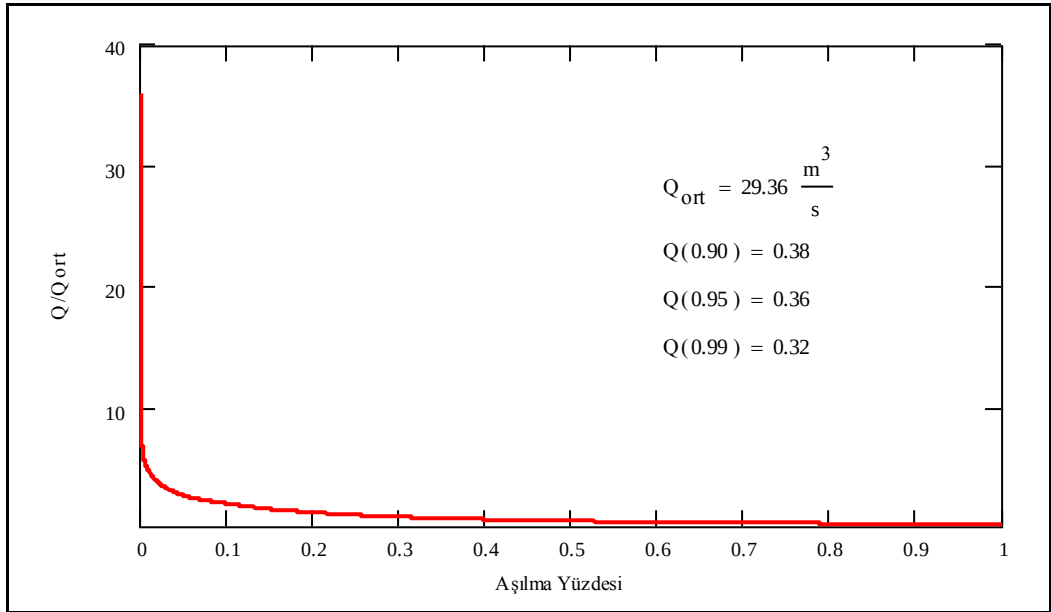
Şekil C.19 1721 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



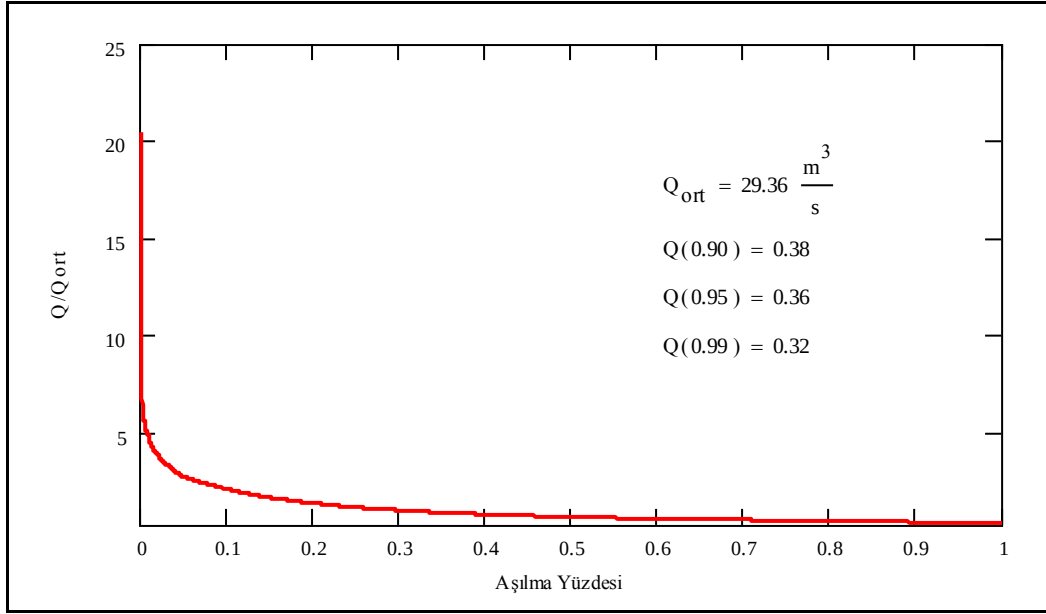
Şekil C.20 1721 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



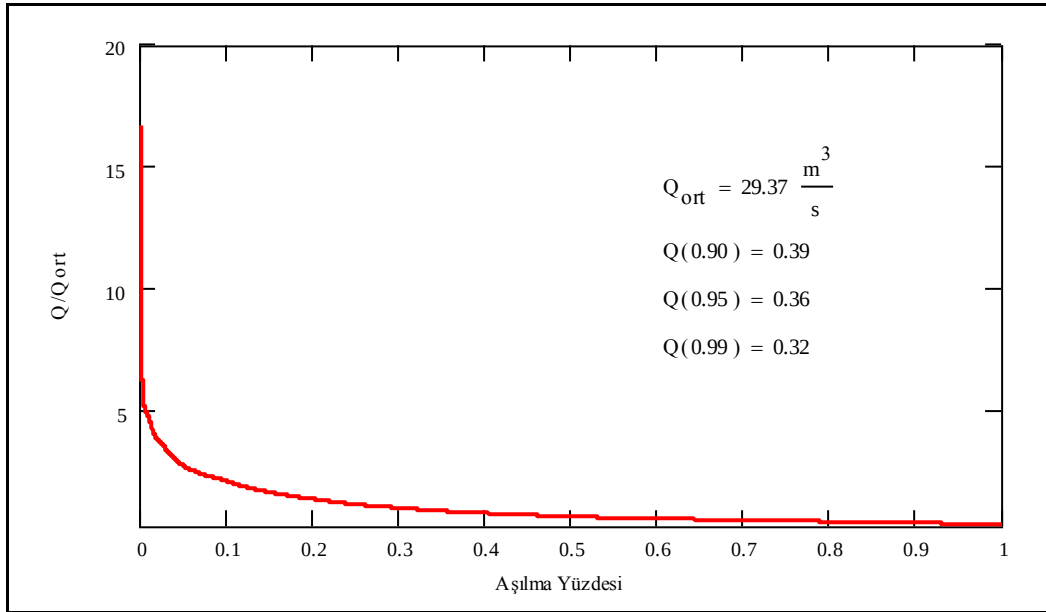
Şekil C.21 1801 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



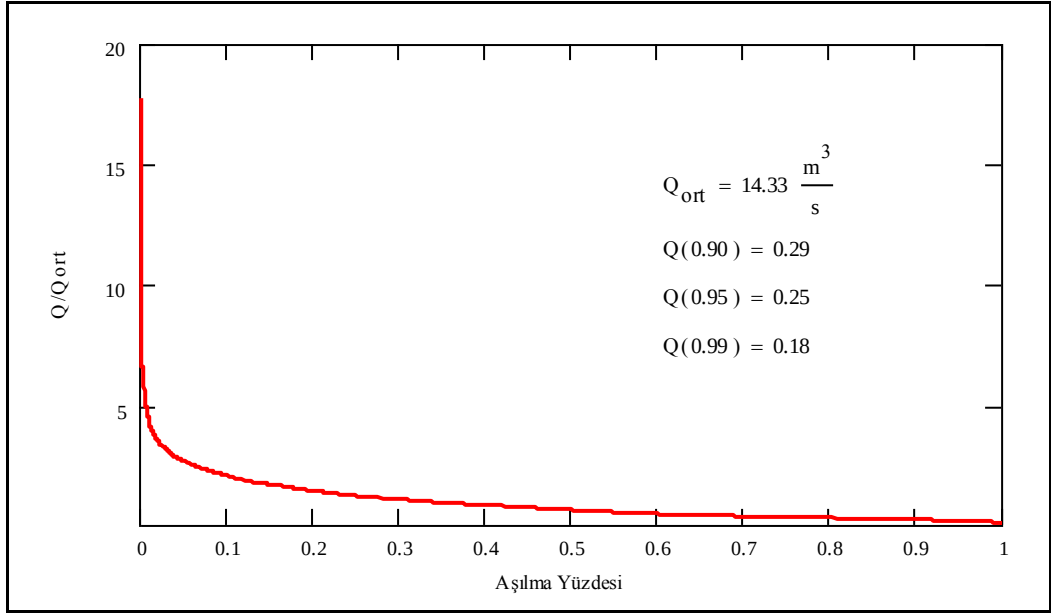
Şekil C.22 1801 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



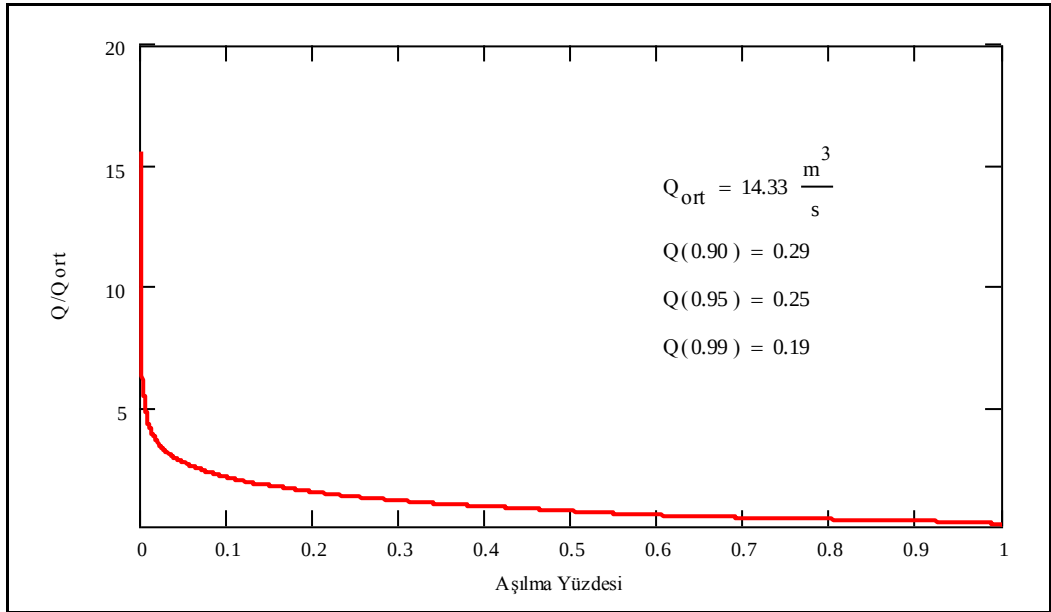
Şekil C.23 1801 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



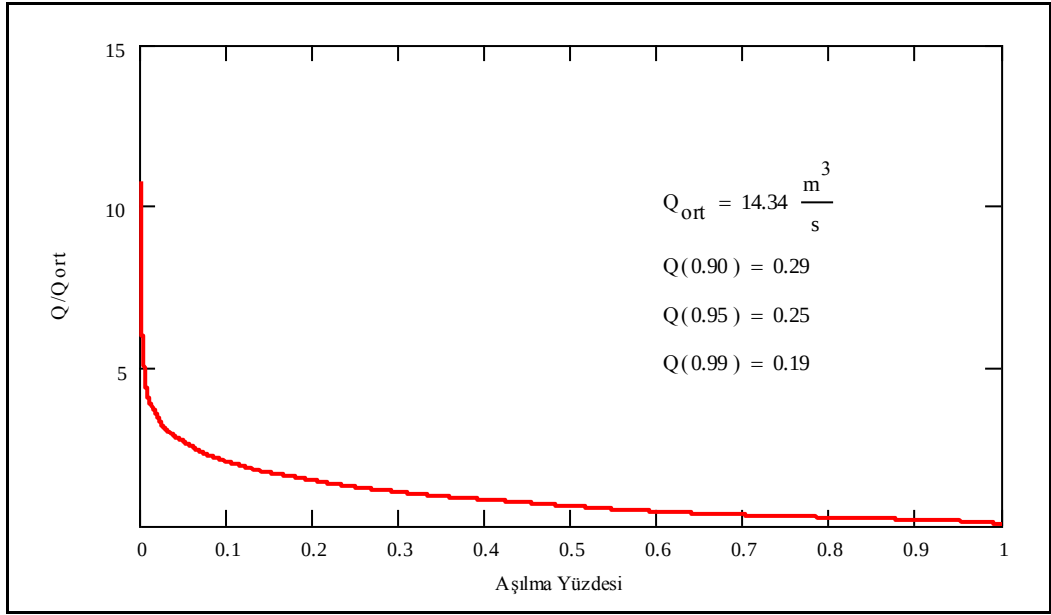
Şekil C.24 1801 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



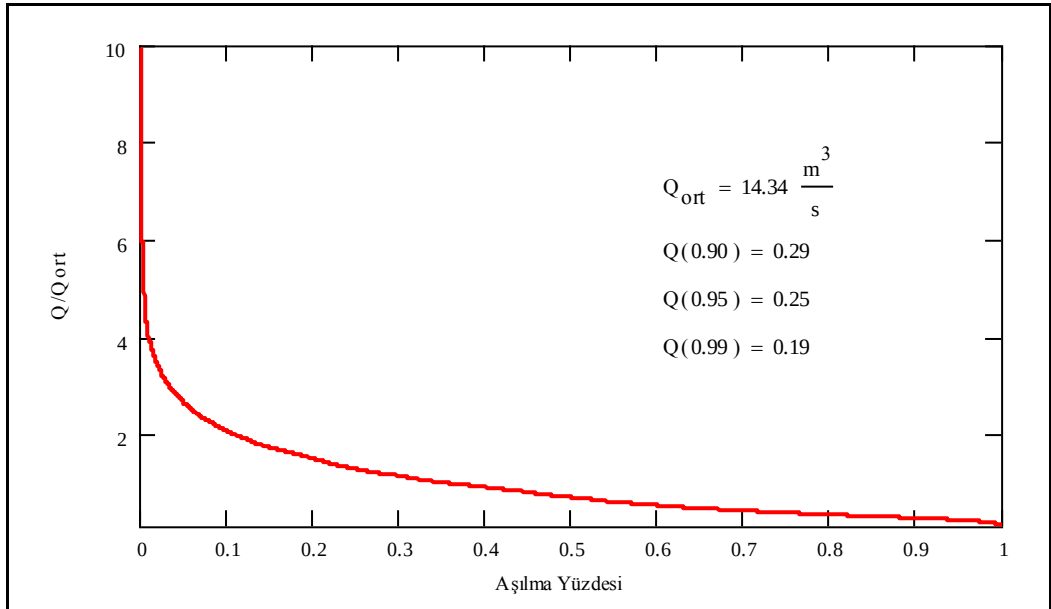
Şekil C.25 1820 no'lu istasyonun 1-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



Şekil C.26 1820 no'lu istasyonun 3-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



Şekil C.27 1820 no'lu istasyonun 7-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi



Şekil C.28 1820 no'lu istasyonun 10-günlük düşük akım debi süreklilik çizgisi

Tablo D.1 803 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı %90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	3.28	3.36	3.37	3.37
Q(95)	2.80	2.80	2.82	2.84
Q(99)	2.12	2.11	2.11	2.11

Tablo D.2 808 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı %90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	0.20	0.62	1.47	2.11
Q(95)	0.11	0.33	0.79	1.15
Q(99)	0.07	0.22	0.51	0.73

Tablo D.3 809 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı %90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	0.37	0.37	0.37	0.38
Q(95)	0.23	0.24	0.24	0.25
Q(99)	0.12	0.12	0.13	0.13

Tablo D.4 811 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı %90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	2.07	2.08	2.14	2.17
Q(95)	1.38	1.38	1.40	1.43
Q(99)	0.66	0.66	0.68	0.69

Tablo D.5 812 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı %90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	14.20	14.27	14.40	14.45
Q(95)	12.60	12.60	12.60	12.61
Q(99)	11.10	11.10	11.10	11.18

Tablo D.6 815 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı %90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	16.40	16.50	16.63	16.75
Q(95)	12.90	12.80	12.90	12.89
Q(99)	10.50	10.50	10.50	10.50

Tablo D.7 901 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı %90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	49.00	49.23	49.71	50.11
Q(95)	39.50	39.53	39.80	40.02
Q(99)	32.40	32.40	32.73	32.82

Tablo D.8 902 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı %90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	32.60	32.70	32.90	33.07
Q(95)	29.80	29.80	30.00	30.09
Q(99)	25.40	25.40	25.40	25.40

Tablo D.9 906 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı
%90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	6.15	6.13	6.21	6.26
Q(95)	5.60	5.60	5.60	5.63
Q(99)	4.25	4.25	4.26	4.45

Tablo D.10 912 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı
%90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	6.74	7.02	7.57	7.88
Q(95)	1.23	1.40	1.59	1.76
Q(99)	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo D.11 917 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı
%90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	4.68	4.73	4.77	4.79
Q(95)	4.10	4.10	4.10	4.10
Q(99)	3.30	3.42	3.43	3.45

Tablo D.12 1708 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı
%90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	6.73	8.21	8.56	8.71
Q(95)	3.24	3.79	4.53	4.78
Q(99)	2.17	2.37	2.46	2.51

Tablo D.13 1717 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı
%90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	2.35	2.35	2.37	2.37
Q(95)	2.16	2.16	2.14	2.14
Q(99)	2.00	2.00	2.00	2.00

Tablo D.14 1719 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı
%90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	2.06	6.20	14.56	20.86
Q(95)	1.94	5.83	13.60	19.43
Q(99)	1.67	5.01	11.70	16.71

Tablo D.15 1720 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı
%90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	16.80	16.80	16.84	16.90
Q(95)	15.80	15.80	15.71	15.71
Q(99)	13.80	13.80	13.90	13.94

Tablo D.16 1721 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı
%90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	4.76	4.76	4.76	4.80
Q(95)	4.32	4.32	4.33	4.35
Q(99)	3.82	3.82	3.82	3.82

Tablo D.17 1801 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı %90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	11.20	11.20	11.30	11.34
Q(95)	10.50	10.47	10.49	10.52
Q(99)	9.32	9.32	9.47	9.48

Tablo D.18 1820 no'lu istasyonda 4 farklı düşük akım gün sayısı için aşılma olasılığı %90, %95 ve %99 olan debi değerleri

Debi (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı			
	1	3	7	10
Q(90)	4.20	4.15	4.20	4.22
Q(95)	3.59	3.59	3.62	3.65
Q(99)	2.64	2.72	2.71	2.76

Tablo E.1 803 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	3.35	1.28	0.93	0.712	0.202
3	0	3.39	1.26	0.99	0.692	0.215
7	0	3.58	1.38	0.84	0.762	0.227
10	0	3.65	1.44	0.84	0.789	0.236

Tablo E.2 808 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	2.10	1.04	0.42	0.594	0.067
3	0	2.14	1.05	0.33	0.601	0.057
7	0	2.17	1.06	0.31	0.605	0.055
10	0	2.19	1.07	0.34	0.611	0.059

Tablo E.3 809 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	0.31	0.16	0.39	0.089	0.005
3	0	0.32	0.16	0.36	0.092	0.005
7	0	0.33	0.16	0.38	0.093	0.005
10	0	0.33	0.16	0.38	0.093	0.005

Tablo E.4 811 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	1.73	0.98	0.30	0.569	0.047
3	0	1.77	0.96	0.34	0.558	0.053
7	0	1.85	0.97	0.31	0.565	0.050
10	0	1.89	0.99	0.26	0.573	0.045

Tablo E.5 812 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	13.60	3.67	-0.76	2.047	-0.171
3	0	13.78	3.58	-0.79	1.986	-0.113
7	0	14.26	2.94	0.19	1.719	0.103
10	0	14.39	2.90	0.19	1.691	0.106

Tablo E.6 815 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	17.55	5.73	0.27	3.344	0.180
3	0	17.70	5.65	0.25	3.297	0.183
7	0	17.99	5.86	0.26	3.421	0.208
10	0	18.12	5.96	0.29	3.471	0.233

Tablo E.7 901 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	50.43	15.15	0.28	8.784	0.714
3	0	50.65	15.27	0.28	8.858	0.710
7	0	51.09	15.40	0.25	8.944	0.647
10	0	51.37	15.46	0.25	8.981	0.632

Tablo E.8 902 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	30.87	6.63	-1.71	3.399	-0.546
3	0	31.84	4.80	-0.07	2.741	0.000
7	0	32.05	4.89	-0.05	2.785	0.015
10	0	32.18	4.91	-0.05	2.802	0.017

Tablo E.9 906 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	6.13	2.64	1.16	1.442	0.422
3	0	6.24	2.70	1.17	1.474	0.451
7	0	6.43	2.81	1.26	1.518	0.506
10	0	6.50	2.84	1.32	1.526	0.530

Tablo E.10 912 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	8	6.73	7.62	0.77	4.170	1.242
3	8	6.88	7.68	0.74	4.220	1.212
7	8	7.17	7.76	0.73	4.297	1.169
10	8	7.38	7.86	0.71	4.370	1.149

Tablo E.11 917 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	4.09	1.07	0.87	0.600	0.127
3	0	4.16	1.07	0.81	0.602	0.107
7	0	4.25	1.06	0.87	0.591	0.104
10	0	4.29	1.06	0.90	0.589	0.106

Tablo E.12 1708 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	2.47	1.24	1.14	0.680	0.142
3	0	5.07	2.75	0.03	1.629	0.028
7	0	6.99	3.36	-0.51	1.957	-0.308
10	0	7.38	3.30	-0.58	1.906	-0.351

Tablo E.13 1717 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	3.48	0.89	-0.47	0.507	-0.057
3	0	3.50	0.89	-0.53	0.503	-0.063
7	0	3.53	0.91	-0.50	0.510	-0.060
10	0	3.54	0.92	-0.50	0.511	-0.058

Tablo E.14 1719 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	13.91	1.76	0.48	0.985	0.031
3	0	13.96	1.78	0.47	1.004	0.058
7	0	14.07	1.87	0.43	1.066	0.088
10	0	14.10	1.88	0.40	1.073	0.083

Tablo E.15 1720 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	16.28	2.32	0.37	1.329	0.120
3	0	16.39	2.24	0.44	1.281	0.148
7	0	16.55	2.23	0.39	1.284	0.138
10	0	16.65	2.20	0.34	1.269	0.117

Tablo E.16 1721 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	4.43	0.84	1.56	0.446	0.164
3	0	4.43	0.84	1.56	0.445	0.164
7	0	4.48	0.84	1.59	0.444	0.166
10	0	4.51	0.84	1.60	0.444	0.164

Tablo E.17 1801 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	11.03	2.07	0.27	1.204	0.102
3	0	11.29	2.09	0.22	1.213	0.087
7	0	11.45	2.06	0.21	1.197	0.079
10	0	11.55	2.06	0.21	1.198	0.080

Tablo E.18 1820 no'lu istasyonun istatistikleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Sıfır Akım Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
		$\bar{x}$	S_x	C_{sx}	L_2	L_3
1	0	3.62	1.06	-0.04	0.618	-0.007
3	0	3.68	1.09	-0.11	0.640	0.017
7	0	3.86	1.09	-0.15	0.636	-0.028
10	0	3.92	1.08	-0.12	0.634	-0.025

Tablo F.1 803 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	1.15	0.36	0.51	3.35	3.74	1.85	5.16
3	1.16	0.34	0.59	3.54	3.77	1.95	5.13
7	1.21	0.36	0.53	3.37	3.98	1.85	5.51
10	1.23	0.37	0.55	3.32	4.06	1.81	5.66

Tablo F.2 808 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	0.60	0.60	-1.00	2.10	2.39	1.27	3.76
3	0.61	0.60	-1.00	2.09	2.43	1.28	3.81
7	0.63	0.59	-0.96	2.13	2.46	1.29	3.83
10	0.63	0.59	-0.95	2.14	2.47	1.30	3.85

Tablo F.3 809 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	-1.32	0.59	-0.57	2.08	0.35	1.24	0.56
3	-1.30	0.59	-0.54	2.05	0.36	1.21	0.58
7	-1.26	0.58	-0.55	2.10	0.37	1.25	0.59
10	-1.23	0.56	-0.56	2.18	0.38	1.30	0.59

Tablo F.4 811 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	0.36	0.68	-0.57	1.77	1.98	1.02	3.42
3	0.40	0.63	-0.49	1.91	2.02	1.09	3.40
7	0.45	0.61	-0.55	1.97	2.11	1.13	3.47
10	0.48	0.61	-0.57	1.98	2.16	1.15	3.54

Tablo F.5 812 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	2.56	0.37	-2.62	3.91	14.98	2.82	18.42
3	2.57	0.36	-2.84	4.09	15.12	2.97	18.42
7	2.64	0.21	-0.05	5.68	15.46	3.65	18.17
10	2.65	0.20	-0.03	5.84	15.57	3.76	18.22

Tablo F.6 815 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	2.81	0.35	-0.39	3.45	19.65	2.12	25.82
3	2.82	0.33	-0.33	3.55	19.78	2.18	25.81
7	2.84	0.34	-0.33	3.47	20.13	2.13	26.44
10	2.84	0.34	-0.31	3.45	20.28	2.11	26.71

Tablo F.7 901 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	3.87	0.31	-0.12	3.87	55.95	2.37	71.70
3	3.88	0.31	-0.12	3.85	56.18	2.36	72.10
7	3.88	0.31	-0.13	3.84	56.56	2.36	72.58
10	3.89	0.31	-0.13	3.85	56.78	2.36	72.83

Tablo F.8 902 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	3.39	0.37	-4.66	4.91	33.22	4.04	38.51
3	3.45	0.15	-0.46	7.91	33.85	5.32	37.82
7	3.45	0.16	-0.47	7.86	34.04	5.28	38.06
10	3.46	0.16	-0.48	7.88	34.12	5.30	38.14

Tablo F.9 906 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	1.73	0.40	0.31	2.99	6.87	11.62	9.90
3	1.75	0.40	0.39	3.01	6.99	1.62	10.10
7	1.78	0.39	0.60	3.06	7.18	1.62	10.39
10	1.80	0.39	0.68	3.11	7.25	1.63	10.48

Tablo F.10 912 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	1.52	1.52	-0.90	0.82	9.22	0.54	25.88
3	1.56	1.49	-0.94	0.84	9.49	0.31	28.74
7	1.70	1.34	-1.04	0.93	10.15	0.33	28.50
10	1.75	1.30	-1.06	0.97	10.44	0.34	28.57

Tablo F.11 917 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	1.38	0.25	0.44	4.82	4.47	2.91	5.49
3	1.39	0.25	0.37	4.87	4.54	2.96	5.55
7	1.41	0.23	0.39	5.12	4.60	3.13	5.57
10	1.42	0.23	0.42	5.21	4.63	3.19	5.59

Tablo F.12 1708 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	0.78	0.53	-0.58	2.33	2.81	1.32	4.35
3	1.40	0.65	-0.64	1.83	5.53	1.04	9.37
7	1.68	0.64	-0.96	1.93	7.23	1.23	11.34
10	1.76	0.57	-0.81	2.14	7.58	1.35	11.48

Tablo F.13 1717 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	1.21	0.29	-0.98	4.36	3.83	2.93	4.67
3	1.21	0.29	-1.03	4.39	3.84	2.97	4.67
7	1.22	0.29	-1.08	4.42	3.87	3.01	4.69
10	1.23	0.29	-1.10	4.43	3.88	3.02	4.70

Tablo F.14 1719 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	2.62	0.13	0.05	9.77	14.65	6.56	16.03
3	2.63	0.13	0.05	9.63	14.71	6.46	16.13
7	2.63	0.13	0.06	9.19	14.85	6.13	16.35
10	2.64	0.13	0.04	9.18	14.87	6.12	16.38

Tablo F.15 1720 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	2.78	0.14	0.03	8.49	17.26	5.63	19.17
3	2.79	0.13	0.15	8.91	17.33	5.89	19.17
7	2.80	0.13	0.12	8.89	17.48	5.89	19.33
10	2.80	0.13	0.07	9.02	17.58	5.99	19.40

Tablo F.16 1721 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	1.47	0.17	1.15	7.25	4.72	4.47	5.42
3	1.47	0.17	1.15	7.26	4.72	4.48	5.42
7	1.48	0.17	1.22	7.39	4.77	4.56	5.45
10	1.49	0.17	1.23	7.40	4.79	4.56	5.48

Tablo F.17 1801 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	2.38	0.19	0.08	6.33	11.88	4.08	13.73
3	2.41	0.18	0.06	6.42	12.15	4.15	14.01
7	2.42	0.18	0.04	6.62	12.29	4.29	14.11
10	2.43	0.18	0.04	6.69	12.39	4.34	14.19

Tablo F.18 1820 no'lu istasyonun olasılık dağılım parametreleri

Düşük Akım Gün Sayısı	Logaritmaların Merkez Momentleri			Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımının Parametreleri	
	μ_y	σ_y	C_{sy}	α	β	c	x_0
1	1.24	0.32	-0.71	3.78	4.03	2.43	5.11
3	1.25	0.33	-0.73	3.69	4.10	2.37	5.23
7	1.30	0.32	-0.91	3.82	4.27	2.51	5.37
10	1.31	0.32	-0.94	3.82	4.33	2.51	5.44

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Ankara’da doğan Özgür Saraçoğlu, ilk öğrenimini Bursa’da Atatürk İlkokulu’nda, orta ve lise öğrenimini Bursa Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 1994 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne girerek, 1999 yılında mezun oldu. Aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Su Mühendisliği Programı’nda yüksek lisans eğitime başladı. Halen İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yüksek lisans eğitime devam etmektedir.