

**TÜRKİYE' DEKİ NEHİRLERİN DÜŞÜK
AKIMLARINA EN UYGUN OLASILIK DAĞILIM
FONKSİYONLARININ ARAŞTIRILMASI**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Barış ÖZEN
(501991338)**

104064

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Haziran 2001
Tezin Savunulduğu Tarih : 3 Temmuz 2001**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Atıl BULU
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. E. Beyhan OĞUZ
Prof. Dr. Yalçın YÜKSEL (Y.T.Ü.)

HAZİRAN 2001

ÖNSÖZ

Hızlı bir şekilde artış gösteren dünya nüfusu ve kullanım alanlarının genişlemesi nedeniyle, suya olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Buna karşılık, sanayileşme sonucunda kullanılabilir su kaynaklarının sayısında azalma meydana gelmesi hidrolojik çalışmaların önem kazanmasına yol açmıştır.

Bu çalışmada düşük akım hidrolojisi ele alınmış ve Türkiye akarsularının düşük akımlarına en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonları araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarının su kaynakları planlamacılarına yardımcı olacağı umulmaktadır.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde her aşamada bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam, Prof. Dr. Atıl BULU, hocalarım, Prof. Dr. Mehmetçik BAYAZIT ve Doç. Dr. Bihrat ÖNÖZ' e teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışma sırasında hiçbir destek ve yardımını esirgemeyen hocam, ağabeyim Dr. Tanju AKAR' a, gözlem istasyonlarına ait verilerin bilgisayar ortamına aktarılmasında emekleri geçen Yük. Müh. Alparslan AYDINGAKKO, Müh. Hüsnü SAÇAK ve Müh. Ahmet A. PARKER' e teşekkür ediyorum.

Çalışmanın hızlı bir şekilde tamamlanmasında eşim ve ailemin sürekli teşvik edici ve hoşgörülü tavır sergilemelerinin payı büyüktür. Kendilerine teşekkürü bir borç biliyorum.

Haziran 2001

Barış ÖZEN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Konusu	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Adımları	2
1.3 Önceki Çalışmalar	3
2. DÜŞÜK AKIMLARIN HİDROLOJİK ANALİZİ	5
3. DÜŞÜK AKIMLARIN İSTATİSTİK ANALİZİ	7
3.1 Düşük Akım Verilerinin Tanımlanması	7
3.2 Olasılık Dağılım Fonksiyonları	7
3.2.1 Normal Dağılım	8
3.2.2 Lognormal Dağılım	9
3.2.3 Pearson Tip III Dağılımı	11
3.2.4 Log-Pearson Tip III Dağılımı	12
3.2.5 Ekstrem Değer Dağılımları	12
3.2.5.1 Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) Dağılımı	13
3.2.5.2 Ekstrem Değer Tip I (Gumbel) Dağılımı	14
3.2.5.3 Ekstrem Değer Tip II Dağılımı	14
3.2.5.4 Ekstrem Değer Tip III Dağılımı	15
3.2.5.5 Weibull Dağılımı	15
3.2.6 Üstel Dağılım	17
3.3 Parametrelerin Tahmini	19
3.3.1 Ortalama	19
3.3.2 Yayılım Parametreleri	20
3.3.3 Çarpıklık Katsayısı	21
3.3.4 L-Momentleri	22
3.4 Dağılımların Parametrelerinin Tahmini	25
3.4.1 Normal Dağılım	26
3.4.1.1 Momentler Yöntemi	26
3.4.1.2 L-Momentleri Yöntemi	26
3.4.2 Lognormal Dağılım	26
3.4.3 Pearson Tip III Dağılımı	27
3.4.3.1 Momentler Yöntemi	27
3.4.3.2 L-Momentleri Yöntemi	28
3.4.4 Log-Pearson Tip III Dağılımı	28
3.4.5 Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) Dağılımı	29

3.4.5.1	Momentler Yöntemi	29
3.4.5.2	L-Momentleri Yöntemi	29
3.4.6	Ekstrem Değer Tip I (Gumbel) Dağılımı	30
3.4.6.1	Momentler Yöntemi	30
3.4.6.2	L-Momentleri Yöntemi	30
3.4.7	Ekstrem Değer Tip II Dağılımı	30
3.4.8	Ekstrem Değer Tip III Dağılımı	30
3.4.9	Weibull Dağılımı	31
3.4.9.1	Momentler Yöntemi	31
3.4.9.2	L-Momentleri Yöntemi	32
3.4.10	Üstel Dağılım	32
4.	OLASILIK DAĞILIMLARI İLE İLGİLİ TESTLER	34
4.1	Giriş	34
4.2	χ^2 Testi	34
4.3	K-S Testi	35
4.4	PPCC Testi	36
4.4.1	Lognormal Dağılım	37
4.4.2	Weibull Dağılımı	38
4.4.3	Üstel Dağılım	39
5.	OLASILIK DAĞILIMLARI İLE TAHMİNLER	41
5.1	Lognormal Dağılım İle Tahmin	41
5.2	Weibull Dağılımı İle Tahmin	42
5.3	Üstel Dağılım İle Tahmin	42
6.	UYGULAMA	43
6.1	Giriş	43
6.2	Hidrolojik Analiz	44
6.3	İstatistik Analiz	44
6.4	Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı Testi	45
6.5	Olasılık Dağılımları İle Düşük Akım Tahminleri	48
7.	SONUÇLAR	49
	KAYNAKLAR	50
	EK A: HİDROMETEOROLOJİ HARİTALARI	52
	EK B: DEBİ SÜREKLİLİK ÇİZGİLERİ	64
	EK C: AKIM DEĞERLERİ	93
	EK D: DÜŞÜK AKIM İSTATİSTİKLERİ	97
	EK E: OLASILIK DAĞILIMLARININ PARAMETRELERİ	101
	EK F: PPCC TEST İSTATİSTİKLERİ	105
	EK G: STANDART NORMAL DAĞILIM	110
	ÖZGEÇMİŞ	112

KISALTMALAR

LN2	: 2 parametrelili lognormal dağılım
LN3	: 3 parametrelili lognormal dağılım
W2	: 2 parametrelili Weibull dağılımı
W3	: 3 parametrelili Weibull dağılımı
GEV	: Genelleştirilmiş ekstrem değer dağılımı
K-S	: Kolmogorov-Smirnov
PPCC	: Olasılık çizgisi korelasyon katsayısı



TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1	: Normal ve lognormal dağılım hipotezi için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testindeki kritik değerler.	38
Tablo 4.2	: Weibull dağılımı hipotezi için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testindeki kritik değerler.	39
Tablo 4.3	: Üstel dağılım hipotezi için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testindeki kritik değerler.	40
Tablo 6.1	: Çalışmada kullanılan istasyonlar ve özellikleri.	43
Tablo 6.2	: Seçilen istasyonlarda lognormal dağılım için hesaplanan r test istatistikleri.	46
Tablo 6.3	: Seçilen istasyonlarda Weibull dağılımı için hesaplanan r test istatistikleri.	46
Tablo 6.4	: Seçilen istasyonlarda üstel dağılım için hesaplanan r test istatistikleri.	47
Tablo 6.5	: Seçilen istasyonların düşük akımlarına en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonları.	47
Tablo 6.6	: Çeşitli dönüş aralıklarında yapılan tahminlerden elde edilen 7 günlük akım değerleri.	48
Tablo C.1	: 2402 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	94
Tablo C.2	: 713 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	94
Tablo C.3	: 2020 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	94
Tablo C.4	: 2304 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	94
Tablo C.5	: 2617 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	95
Tablo C.6	: 2151 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	95
Tablo C.7	: 1535 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	95
Tablo C.8	: 103 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	95
Tablo C.9	: 1241 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	96
Tablo C.10	: 1818 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	96
Tablo C.11	: 1418 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.	96
Tablo D.1	: 2402 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	98
Tablo D.2	: 713 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	98
Tablo D.3	: 2020 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	98
Tablo D.4	: 2304 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	98

Tablo D.5 :	2617 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	99
Tablo D.6 :	2151 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	99
Tablo D.7 :	1535 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	99
Tablo D.8 :	103 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	99
Tablo D.9 :	1241 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	100
Tablo D.10 :	1818 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	100
Tablo D.11 :	1418 numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.	100
Tablo E.1 :	2402 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	102
Tablo E.2 :	713 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	102
Tablo E.3 :	2020 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	102
Tablo E.4 :	2304 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	102
Tablo E.5 :	2617 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	103
Tablo E.6 :	2151 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	103
Tablo E.7 :	1535 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	103
Tablo E.8 :	103 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	103
Tablo E.9 :	1241 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	104
Tablo E.10 :	1818 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	104
Tablo E.11 :	1418 numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.	104
Tablo F.1 :	Seçilen istasyonlarda lognormal dağılım için hesaplanan ve $\phi=0.10$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri	106
Tablo F.2 :	Seçilen istasyonlarda lognormal dağılım için hesaplanan ve $\phi=0.25$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri	106
Tablo F.3 :	Seçilen istasyonlarda Weibull dağılımı için hesaplanan ve $\phi=0.10$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri	107
Tablo F.4 :	Seçilen istasyonlarda Weibull dağılımı için hesaplanan ve $\phi=0.25$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri	107
Tablo F.5 :	Seçilen istasyonlarda Weibull dağılımı için hesaplanan ve $\phi=0.50$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri	108
Tablo F.6 :	Seçilen istasyonlarda üstel dağılım için hesaplanan ve $\phi=0.10$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri	108
Tablo F.7 :	Seçilen istasyonlarda üstel dağılım için hesaplanan ve $\phi=0.25$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri	109
Tablo F.8 :	Seçilen istasyonlarda üstel dağılım için hesaplanan ve $\phi=0.50$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri	109
Tablo G.1 :	Normal Dağılım Eğrisinin Altında Kalan Alan	111

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	: Gerçekleştirilen Çalışmanın Düzeni	2
Şekil A.1	: Aras Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 2402 Numaralı İstasyon.	53
Şekil A.2	: Büyük Menderes Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 713 Numaralı İstasyon.	54
Şekil A.3	: Ceyhan Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 2020 Numaralı İstasyon.	55
Şekil A.4	: Çoruh Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 2304 Numaralı İstasyon.	56
Şekil A.5	: Dicle Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 2617 Numaralı İstasyon.	57
Şekil A.6	: Fırat Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 2151 Numaralı İstasyon.	58
Şekil A.7	: Kızılırmak Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 1535 Numaralı İstasyon.	59
Şekil A.8	: Meriç – Ergene Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 103 Numaralı İstasyon.	60
Şekil A.9	: Sakarya Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 1241 Numaralı İstasyon.	61
Şekil A.10	: Seyhan Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 1818 Numaralı İstasyon.	62
Şekil A.11	: Yeşilırmak Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 1418 Numaralı İstasyon.	63
Şekil B.1	: Aras Nehri, 2402 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	65
Şekil B.2	: Aras Nehri, 2402 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	65
Şekil B.3	: Aras Nehri, 2402 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	66
Şekil B.4	: Aras Nehri, 2402 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	66
Şekil B.5	: Aras Nehri, 2402 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	67
Şekil B.6	: Büyük Menderes Nehri, 713 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	67
Şekil B.7	: Büyük Menderes Nehri, 713 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	68
Şekil B.8	: Büyük Menderes Nehri, 713 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	68
Şekil B.9	: Büyük Menderes Nehri, 713 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	69
Şekil B.10	: Büyük Menderes Nehri, 713 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	69

Şekil B.11	: Ceyhan Nehri, 2020 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	70
Şekil B.12	: Ceyhan Nehri, 2020 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	70
Şekil B.13	: Ceyhan Nehri, 2020 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	71
Şekil B.14	: Ceyhan Nehri, 2020 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	71
Şekil B.15	: Ceyhan Nehri, 2020 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	72
Şekil B.16	: Çoruh Nehri, 2304 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	72
Şekil B.17	: Çoruh Nehri, 2304 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	73
Şekil B.18	: Çoruh Nehri, 2304 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	73
Şekil B.19	: Çoruh Nehri, 2304 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	74
Şekil B.20	: Çoruh Nehri, 2304 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	74
Şekil B.21	: Dicle Nehri, 2617 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	75
Şekil B.22	: Dicle Nehri, 2617 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	75
Şekil B.23	: Dicle Nehri, 2617 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	76
Şekil B.24	: Dicle Nehri, 2617 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	76
Şekil B.25	: Dicle Nehri, 2617 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	77
Şekil B.26	: Fırat Nehri, 2151 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	77
Şekil B.27	: Fırat Nehri, 2151 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	78
Şekil B.28	: Fırat Nehri, 2151 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	78
Şekil B.29	: Fırat Nehri, 2151 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	79
Şekil B.30	: Fırat Nehri, 2151 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	79
Şekil B.31	: Kızılırmak Nehri, 1535 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	80
Şekil B.32	: Kızılırmak Nehri, 1535 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	80
Şekil B.33	: Kızılırmak Nehri, 1535 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	81
Şekil B.34	: Kızılırmak Nehri, 1535 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	81
Şekil B.35	: Kızılırmak Nehri, 1535 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	82

Şekil B.36 :	Meriç Nehri, 103 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	82
Şekil B.37 :	Meriç Nehri, 103 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	83
Şekil B.38 :	Meriç Nehri, 103 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	83
Şekil B.39 :	Meriç Nehri, 103 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	84
Şekil B.40 :	Meriç Nehri, 103 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	84
Şekil B.41 :	Sakarya Nehri, 1241 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	85
Şekil B.42 :	Sakarya Nehri, 1241 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	85
Şekil B.43 :	Sakarya Nehri, 1241 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	86
Şekil B.44 :	Sakarya Nehri, 1241 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	86
Şekil B.45 :	Sakarya Nehri, 1241 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	87
Şekil B.46 :	Seyhan Nehri, 1818 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	87
Şekil B.47 :	Seyhan Nehri, 1818 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	88
Şekil B.48 :	Seyhan Nehri, 1818 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	88
Şekil B.49 :	Seyhan Nehri, 1818 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	89
Şekil B.50 :	Seyhan Nehri, 1818 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	89
Şekil B.51 :	Yeşilırmak Nehri, 1418 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	90
Şekil B.52 :	Yeşilırmak Nehri, 1418 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	90
Şekil B.53 :	Yeşilırmak Nehri, 1418 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	91
Şekil B.54 :	Yeşilırmak Nehri, 1418 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	91
Şekil B.55 :	Yeşilırmak Nehri, 1418 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.	92

SEMBOL LİSTESİ

μ_x	: Ortalamanın toplum değeri
σ_x	: Standart sapmanın toplum değeri
$\text{Var}(x)$	: Varyans
$\bar{x}$	: Ortalamanın istatistik değeri
S_x	: Standart sapmanın istatistik değeri
C_{vx}	: Değişim Katsayısı
C_{sx}	: Çarpıklık Katsayısı
$f_x(x)$	: X değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu
$F_x(x)$	: X değişkeninin eklenik dağılım fonksiyonu
D	: Gün sayısı
N	: Yıl sayısı
N	: Örnekteki eleman sayısı
α	: Biçim parametresi
β	: Ölçek parametresi
γ	: Alt limit parametresi
ξ	: Yer parametresi
κ	: Weibull dağılımı için biçim parametresi
Q_{90}	: Gözlem periyodunun %90' ında akarsuda mevcut olan debi
Q_{95}	: Gözlem periyodunun %95' inde akarsuda mevcut olan debi
Q_{99}	: Gözlem periyodunun %99' unda akarsuda mevcut olan debi
$Q_{7,10}$	: 10 yıl dönüş aralıklı yedi günlük debi
x_0	: Çekilme eğrisinin başlangıcındaki akım değeri
c	: Üstel dağılımın parametresi
α_r	: Olasılık ağırlıklı momentlerin özel durumu
β_r	: Olasılık ağırlıklı momentlerin özel durumu
λ	: L-moment
λ_1	: L-yer parametresi
λ_2	: L-ölçek parametresi
τ	: L-değişim katsayısı
b_r	: Olasılık ağırlıklı momentlerin örnekten elde edilen tahmini
l	: L-momentinin istatistik değeri
t	: L-değişim katsayısının istatistik değeri
χ^2	: Ki-kare testi istatistiği
Δ	: K-S testi istatistiği
r	: PPCC testi istatistiği
M_i	: Eklenik dağılım fonksiyonun inversi
T	: Dönüş aralığı
ϕ	: Anlamlılık düzeyi

TÜRKİYE' DEKİ NEHİRLERİN DÜŞÜK AKIMLARINA EN UYGUN OLASILIK DAĞILIM FONKSİYONLARININ ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Akarsu debileri yılın bazı dönemlerinde düşük değerler alabilir ve hatta kuruyabilirler. Düşük akım hidrolojisi, bu dönemlerde akarsuda mevcut minimum akımlarla ilgilenen bir bilim dalıdır.

Düşük akım hidrolojisi su temini ve su kalitesi uygulamaları, hidrolik yapıların tasarımı, haznelerden ve soğutma tesislerinden bırakılacak minimum etek suyunun belirlenmesi gibi su kaynakları problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır.

Düşük akım hidrolojisinde yaygın olarak yedi gün ve on yıllık debiler ($Q_{7,10}$) incelenmektedir. Bu değer, on yıl dönüş aralıklı, yılın minimum akımına sahip yedi günün ortalamasına karşı gelmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye' deki akarsuların düşük akımlarına en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonlarının bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla, düşük akım hidrolojisinin iki analiz tipi olan hidrolojik ve istatistik analiz, seçilmiş, mümkün olan en uzun kayda sahip, 11 gözlem istasyonunun günlük akımlarına uygulanmıştır.

Hidrolojik analizde gözlenmiş veriler kullanılarak 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük ortalama akım değerleri elde edilmiş ve bu ortalama akımların debi süreklilik çizgisi çizilmiştir. Debi süreklilik çizgileri kullanılarak akarsuda düşük akım göstergesi olarak kabul edilen, 0.90, 0.95, 0.99 aşılma olasılıklı debi değerleri belirlenmiştir.

İstatistik analizde, gözlem sürelerinin her bir yılı için, 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük ortalama akımların minimumları elde edilmiştir. Elde edilen 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük ortalama akımların minimumları kullanılarak her istasyon için N yıllık örnekler oluşturulmuş ve bu örneklerin parametreleri tahmin edilmiştir.

Lognormal dağılım, Weibull dağılımı ve üstel dağılım, istasyonların düşük akım değerlerine uygunluk bakımından incelenmiştir. Bu dağılımların parametreleri ya momentler yöntemi ya da L-momentleri yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir.

Bahsedilen dağılımların uygunluğunu kontrol etmek için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Çoruh ve Seyhan Nehirlerine en iyi uyan dağılım fonksiyonu 2 parametrelili lognormal dağılımdır.
- Aras, Ceyhan, Dicle, Fırat, Kızılırmak, Sakarya ve Yeşilırmak nehirlerine en iyi uyan dağılım fonksiyonu 2 parametrelili Weibull dağılımıdır.
- Büyük Menderes ve Meriç nehirlerine en uygun dağılım fonksiyonu üstel dağılımdır.

Seçilmiş gözlem istasyonlarının düşük akımlarına en iyi uyan dağılım fonksiyonları kullanılarak 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl dönüş aralıklı yedi günlük düşük akımlar için tahminler yapılmıştır.



THE INVESTIGATION OF THE BEST-FITTED PROBABILITY DISTRIBUTION FUNCTIONS TO THE LOW FLOWS OF THE RIVERS IN TURKEY

SUMMARY

River discharges can take low values in some periods of the year and even they can get dry. Low flow hydrology is a discipline, which deals with minimum flow in a river during these periods of the year.

Low flow hydrology is used in water resources problems like water supply and water quality applications, design of hydraulic structures, determination of minimum downstream release requirements from reservoirs and cooling plants.

In low flow hydrology, seven-day and ten-year low flows ($Q_{7,10}$) have been investigated more thoroughly. This value coincides with the mean seven-day minimum flows for a ten-year return period.

In this study it was attempted to find out the best-fitted probability distribution functions to the low flows of rivers in Turkey. For this purpose, hydrological and statistical analyses, which are the two analysis types of the low flow hydrology, are performed for the daily flows of the selected 11 gage stations with the possible longest record.

In the hydrological analysis, the mean flows for the 1, 3, 7, 14 and 30 duration days were obtained by using the observed data and flow duration curves of these mean flows were drawn. Discharge values with exceedance probability of 0.90, 0.95, 0.99, which are accepted as the indicator of low flow in the river, were determined by using flow duration curves.

In the statistical analysis, minima of the mean flows for duration 1, 3, 7, 14 and 30 days were extracted for each year of the observation periods. By using minima of the mean flows of duration 1, 3, 7, 14 and 30 days extracted, samples of N years were formed for each station and the parameters of these samples were estimated.

Lognormal, Weibull and power distributions were investigated for the suitability point of view for the low flow values of the stations. The parameters of these distributions were estimated by using either method of moments or method of L-moments.

Probability-Plot Correlation Coefficient tests were performed to test the goodness of fit of the aforementioned distributions. The results can be summarized as below:

- The best-fitted distribution function for Çoruh and Seyhan Rivers is the 2-parameter lognormal distribution.
- The best-fitted distribution function for Aras, Ceyhan, Dicle, Fırat, Kızılırmak, Sakarya, and Yeşilırmak Rivers is the 2-parameter Weibull distribution.

- The best-fitted distribution function for Büyük Menderes and Meriç Rivers is the power distribution.

Using the best-fitted distributions to the low flows of the selected gage stations, estimates were made for seven-day low flows with return periods of 5, 10, 25, 50 years.



1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Konusu

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.

Bu çalışmada yüzeysel akışların düşük olduğu dönemlerin rejimleriyle ilgilenen düşük akım hidrolojisi ele alınmaktadır.

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 verilmesinde seyrelme oranlarının belirlenmesi,
- Arıtma tesislerinin yerinin belirlenmesi,
- Soğutma ve biriktirme tesislerinden bırakılacak minimum etek suyunun belirlenmesi.

Düşük akım hidrolojisinde hidrolojik ve istatistik analiz olmak üzere iki tip analiz yöntemi kullanılmaktadır.

Hidrolojik analizde gözlenmiş günlük debiler kullanılarak 1, 3, 7, 10, 14, 30, 60, 90, 120, 150 ve 273 günlük ortalama akım değerleri elde edilmekte ve bunların debi süreklilik çizgileri çizilmektedir. Düşük akım göstergesi olarak, debi süreklilik

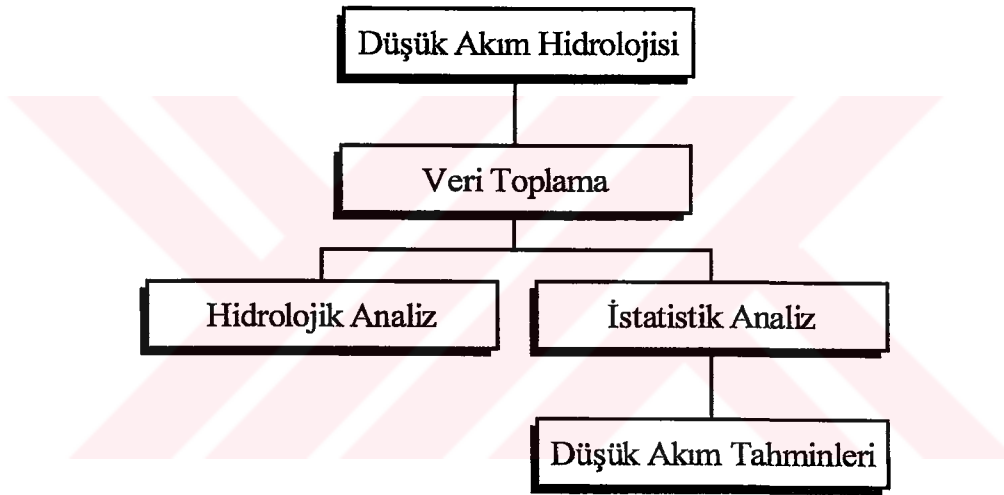
çizgilerinden belirlenen, gözlem periyodunun %90, 95 ve 99' luk dilimlerinde akarsuda mevcut olan, akım değerleri kullanılmaktadır.

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

1.2 Çalışmanın Amacı ve Adımları

Bu çalışmada, Türkiye' deki akarsuların düşük akımlarının hidrolojik ve istatistik analizinin gerçekleştirilerek, bunlara en uygun olasılık dağılım fonksiyonlarının bulunması amaçlanmıştır.

Çalışmanın adımları Şekil 1.1' de gösterilmektedir.



Şekil 1.1: Gerçekleştirilen çalışmanın düzeni

- Veri toplama: Elektrik İşleri Etüt İdaresi rasat yıllıkları dikkate alınarak, çeşitli akarsular üzerinde bulunan ve istatistik anlamda mümkün olabildiğince uzun ve homojen ölçümleri olan istasyonlar belirlenmiş, günlük debileri veri tabanı halinde oluşturulmuştur.
- Verilerin hidrolojik analizi: Seçilen istasyonlarda gözlenmiş günlük debiler kullanılarak 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük ortalama akım değerleri elde edilmiş ve bunların debi süreklilik çizgileri çizilmiştir. Debi süreklilik çizgilerinden gözlem periyodunun %90, 95 ve 99' luk dilimlerinde akarsularda mevcut olan akım değerleri belirlenmiştir.

- Verilerin istatistik analizi: Her bir akarsu için alınan istasyonda 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük düşük akım değerlerinin frekans analizi yapılarak olasılık dağılım fonksiyonları belirlenmiştir.
- Düşük Akım Tahminleri: Her bir istasyon için, düşük akım değerlerine en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonu kullanılarak, 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük düşük akımlar için çeşitli tekerrür aralıklarına karşı gelen değerler hesaplanmıştır.

1.3 Önceki Çalışmalar

Su, günümüzde geniş bir kullanım alanına sahiptir ve geçmişe oranla ihtiyaç duyulan miktar oldukça artmıştır. Dünya nüfustaki hızlı artış sonucu kişi başına düşen su miktarı azalmakta ve endüstriyel kirlenme nedeniyle su kaynaklarında kalite düşüşü gözlenmektedir. Bu nedenlerle düşük akım hidrolojisi konusundaki çalışmalar son yıllarda yoğunluk kazanmıştır.

Düşük akım konusunda yapılan çalışmalarda yaygın olarak yedi gün ve on yıllık debiler ($Q_{7,10}$) araştırılmaktadır. Bu değer, dönüş aralığı on yıl olan ve yılın minimum akımına sahip yedi günün ortalamasına karşı gelmektedir.

Düşük akımlar için çeşitli olasılık dağılım fonksiyonları ve bunların parametrelerinin tahmini için yöntemler uzun yıllardır araştırılmaktadır. İlk çalışmalardan biri Gumbel (1958) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunu Matalas (1963) gerçekleştirdiği çalışma izlemiştir. Bu çalışmalarda Weibull (W3) dağılımı momentler ve Pearson Tip III dağılımı maksimum olabilirlik parametre tahmin yöntemleri ile tavsiye edilmektedir. Condie ve Nix (1975) yaptıkları çalışmada Weibull (W3) dağılımını kullanmışlar ve parametrelerin tahminini momentler yöntemi ve maksimum olabilirlik yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir. Tasker (1987) Log-Pearson Tip III dağılımını düşük akım çalışmalarında kullanmıştır. Weibull (W3) dağılımının maksimum olabilirlik yöntemi ile uygulanması oldukça güçtür. Log-Pearson Tip III dağılımının momentler yöntemi ile uygulanması çarpıklık katsayısının tahminine dayanmakta olup küçük örneklerde güvenilir tahmin yapılamamaktadır. İki parametrelili dağılımların kullanılması halinde çarpıklık katsayısının tahmini gerekli olmayacağından, gerçekleştirilecek tahminlerin varyansı küçük olacaktır. Bu noktadan hareketle Vogel ve Kroll (1989) yaptıkları çalışmada lognormal dağılımın (LN2) Amerika Birleşik Devletleri'nde düşük akımlar için en uygun dağılım olduğu sonucuna varmışlardır.

Gustard ve diğ. (1989) Weibull (W2) dağılımını düşük akımların frekans analizi için önermektedirler.

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



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 ardışık D günün debilerinin ortalaması hesaplanır. Bu şekilde, seçilen istasyona ait N yıllık günlük debi değeri mevcutsa, D-günlük düşük akım debi sayısı

$$[N \times 365 - (D - 1)] \quad (2.1)$$

adet olarak elde edilir.

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. D-günlük debilerin N yıllık debi gidiş çizgisi çizilir ve bu çizgiden faydalanarak debinin belli bir değere eşit, ya da ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanıp düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınırsa, D-günlük debilerin debi süreklilik çizgisi elde edilmiş olur. 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 belli bir zaman yüzdesinde mevcut olan debinin bilinmesi gereken hallerde kullanılır. Örneğin, yılın %50' sinde akarsuda mevcut olan akım değeri bir hidroelektrik tesisin güvenilir gücünün hesabında esas teşkil edebilir.

Debi süreklilik çizgileri drenaj havzası karakterlerinin karşılaştırılmasında önemli bir araç olup, özellikle düşük akımlar üzerine havza jeolojisinin etkisini göstermektedir (Bulu ve diğ., 1997). Örneğin, debi süreklilik çizgisinin düşük akım kesiminin eğimi küçük ise, yeraltı suyu beslemesi zayıf olup, sıfır akımların oluşması muhtemel hale gelmektedir.

Debi süreklilik çizgilerinin diğ er 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.

3.2 Olasılık Dağılım Fonksiyonları

X, rastgele bir değişken olmak üzere, bu rastgele değişkenin eklenik dağılım fonksiyonu,

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

ifadesiyle tanımlanmaktadır. Bu ifadede $P[X \leq x]$, X rastgele değişkeninin x değerinden küçük kalması olasılığını göstermektedir. $F_X(x)$ artan bir fonksiyon olup, tüm x değerleri için 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Sürekli rastgele değişkenlerle çalışıldığında $F_X(x)$ sürekli bir fonksiyon olup, X' in kuantil fonksiyonu olarak adlandırılan, $x(u)$ gibi bir ters fonksiyonu vardır. $x(u)$,

$$F_X(x(u)) = u \quad 0 \leq u \leq 1 \quad (3.3)$$

ifadesini sağlayan tek değerdir. Herhangi bir p olasılığı için $x(p)$, X rastgele değişkeninin aşmaması olasılığı p olan değerdir.

Bir istatistik örneğin frekans analizi ile elde edilen frekans histogramına (ya da eklenik frekans dağılımı çizgisine) uyan teorik bir $f_X(x)$ olasılık yoğunluk fonksiyonunun (ya da $F_X(x)$ eklenik dağılım fonksiyonunun) belirlenmesi istatistik uygulamalarda çok karşılaşılan problemlerden biridir. Aldığı değer 0' dan 1'e doğru sürekli olarak artan herhangi bir $F_X(x)$ fonksiyonu bir eklenik dağılım fonksiyonu ve bunun türevi olan, her yerde sıfırdan büyük ve

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_X(x) \cdot dx = 1 \quad (3.4)$$

koşullarını sağlayan bir $f_X(x)$ fonksiyonu da bir olasılık yoğunluk fonksiyonu olabilir.

Aşağıda hidrolojik çalışmalarda kullanılan bazı dağılım fonksiyonları verilecektir.

3.2.1 Normal Dağılım

Pratikte uygulamalarda karşılaşılan rastgele değişkenlerin büyük bir çoğunluğu normal dağılım (Gauss Dağılımı) adı ile bilinen dağılıma uyar. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f_X(x) = \frac{1}{\sigma_X \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x - \mu_X}{\sigma_X} \right)^2 \right] \quad -\infty < x < \infty \quad (3.5)$$

denklemleri verilmektedir.

Bu ifadede, μ_X ve σ_X rastgele değişkenin ortalama ve standart sapması olup, normal dağılımın parametreleridir. Normal dağılımın momentler yöntemiyle tahmin edilen parametrelerinin etkin tahminler olduğu gösterilebilir. Buna göre eldeki örnekten hesaplanacak $\bar{x}$ ve S_X değerleri, sırasıyla dağılımın μ_X ve σ_X parametrelerinin tahminleri olarak kullanılır (Bayazit ve Oğuz, 1998).

Normal dağılım simetrik olduğundan çarpıklık katsayısı (C_{Sx}) sıfırdır ve olasılık yoğunluk fonksiyonu, μ_X ortalaması çevresinde simetrik bir çan eğrisi şeklindedir.

Normal dağılımın $F_X(x)$ eklenik dağılım fonksiyonunun ifadesi analitik olarak elde edilemez, ancak sayısal integrasyon yoluyla hesaplanarak tablo haline getirilmiştir.

Tek bir tablo hazırlayabilmek için rastgele değişken aşağıdaki dönüşümle standart değişken haline getirilir.

$$Z = \frac{X - \mu_X}{\sigma_X} \quad (3.6)$$

Standart değişken boyutsuz olup ortalaması 0, standart sapması 1' e eşittir.

Z' nin dağılımının (standart normal dağılım) eklenik dağılım fonksiyonu tablo halinde verilmiştir (Bayazıt ve Oğuz, 1998).

Doğal olaylarda karşılaşılan rastgele değişkenlerden bir çoğunun normal dağılıma uyması istatistiğin merkez limit teoremi ile açıklanabilir. Bu teoreme göre X_i ($i=1,2,...,n$) birbirinden bağımsız rastgele değişkenler ise,

$$X = \sum_{i=1}^n c_i \cdot X_i \quad (3.7)$$

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 teoreme göre bir değişkenin normal dağılmış olması için birbirinden bağımsız birçok değişkenin, etkileri birbirleriyle toplanacak şekilde, bu değişkeni etkilemesi yeterlidir.

Normal dağılmış bir değişkenin alabileceği değerler $(-\infty; \infty)$ aralığında değişir. Mühendislikte karşılaşılan birçok değişkenin sadece pozitif değerler alabilmesinin normal dağılımın uygulanmasını güçleştireceği düşünülebilirse de normal dağılmış bir değişkenin ortalamadan çok uzak değerler alması olasılığı çok küçük olduğundan bu pratikte önemli bir sorun yaratmaz.

3.2.2 Lognormal Dağılım

Normal dağılımın özelliklerinin iyi bilinmesi ve kullanım kolaylığından dolayı, çarpık dağılmış değişkenler de uygun bir dönüşümle normal dağılıma uygun hale getirilir. Bu amaçla en çok kullanılan dönüşüm logaritmik dönüşümdür.

X çarpık dağılmış bir rastgele değişken olmak üzere,

$$Y = \ln X \quad (3.8)$$

logaritmik dönüşümü uygulanarak elde edilen Y rastgele değişkeni normal dağılmış ise X rastgele değişkenin dağılımı lognormal dağılımdır.

Lognormal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f_X(x) = \frac{1}{x \cdot \sigma_X \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\ln x - \mu_Y}{\sigma_Y} \right)^2 \right] \quad (3.9)$$

denklemleriyle verilmektedir.

Bu ifadedeki μ_Y ve σ_Y parametreleri, Y rastgele değişkenin ortalama ve standart sapmasıdır.

Sadece pozitif büyüklüklerin logaritması tanımlı olduğundan, lognormal dağılım pozitif X değerleri için tanımlıdır.

Eğer X rastgele değişkenin γ gibi bir alt limiti varsa,

$$Y = \ln(X - \gamma) \quad (3.10)$$

3 parametrelili lognormal (LN3) dağılım elde edilir.

Lognormal dağılım pozitif çarpık bir dağılım olup, çarpıklık standart sapmaya bağlı olarak artar. Çarpıklık katsayısı,

$$C_{SX} = \left[\left[\exp(\sigma_Y^2) - 1 \right]^{3/2} + 3 \cdot \left[\exp(\sigma_Y^2) - 1 \right]^{1/2} \right] \quad (3.11)$$

ifadesinden elde edilir.

Bir çarpımın logaritması, çarpanların logaritmaları toplanarak elde edildiğinden, merkez limit teoremine göre, bir rastgele değişkeni etkileyen çok sayıda bağımsız etkenin etkileri çarpım şeklinde ortaya çıkıyorsa, bu değişken için lognormal dağılımın geçerli olması beklenir.

Lognormal dağılım, pozitif çarpık olduğu ve rastgele değişken sadece pozitif değerler alabildiği için, mühendislikte karşılaşılan birçok değişkene uygundur. Vogel ve Kroll (1989) Amerika Birleşik Devletleri'nde, Önöz ve Bulu (1996) Trakya Bölgesi'nde bulunan çeşitli akarsular üzerinde gerçekleştirdikleri düşük akım çalışmalarında 2 parametrelili lognormal (LN2) dağılımı uygulamışlardır.

3.2.3 Pearson Tip III Dağılımı

Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f_X(x) = \beta^\alpha \cdot (x - \gamma)^{\alpha-1} \cdot \frac{\exp[-\beta(x - \gamma)]}{\Gamma(\alpha)} \quad \alpha > 0; \beta > 0; x > \gamma \quad (3.12)$$

denklemleriyle verilmektedir. Burada $\Gamma(\alpha)$,

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} \cdot e^{-x} \cdot dx \quad (3.13)$$

şeklinde tanımlanmış ve tablo haline getirilmiş olan gamma fonksiyonu, α , β ve γ sırasıyla biçim, ölçek ve alt limit parametreleridir.

Pearson Tip III dağılımının şekli α biçim parametresine bağlı olarak değişir. α parametresinin değerinin büyümesiyle Pearson Tip III dağılımı normal dağılıma yaklaşır.

Pearson Tip III dağılımı $\beta > 0$ ve $\gamma = 0$ için gamma dağılımına indirgenmektedir.

Pearson Tip III dağılımı pozitif çarpık bir dağılımdır. Ancak bazı durumlarda $\beta > 0$ olmak üzere, üstten sınırlı ($x < \gamma$), negatif çarpık bir dağılım olarak kullanılabilir.

Pearson Tip III dağılımının eklenik dağılım fonksiyonu analitik olarak elde edilememekte ve bu nedenle, çeşitli C_{sx} değerleri için farklı aşılma olasılıklarına karşı gelen frekans faktörü değerlerini gösteren tablolar kullanılmaktadır.

Frekans faktörü,

$$K = \frac{x - \mu_X}{\sigma_X} \quad (3.14)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Buna göre belli bir aşılma olasılığı için tablodan okunacak K değerinden rastgele değişken değerine,

$$x = \mu_X + K \cdot \sigma_X \quad (3.15)$$

ifadesiyle geçilmektedir.

Pearson Tip III dağılımı, hidrolojik çalışmalarda genellikle taşkın debileri için kullanılmaktadır. Matalas (1963) bu dağılımı düşük akım çalışmalarında uygulamıştır.

3.2.4 Log-Pearson Tip III Dağılımı

X bir rastgele değişken olmak üzere, (3.8) ifadesinde verilen logaritmik dönüşüm uygulanarak elde edilen Y rastgele değişkeni Pearson tip III dağılmış ise X rastgele değişkeninin dağılımı log Pearson tip III dağılımıdır.

Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki denklemle verilmektedir (Bobée ve Ashkar,1991).

$$f_X(x) = \beta^\alpha \cdot (\ln x - \gamma)^{\alpha-1} \cdot \frac{\exp[-\beta(\ln x - \gamma)]}{x \cdot \Gamma(\alpha)} \quad \alpha > 0; \beta > 0; x > \exp[\gamma] \quad (3.16)$$

Bu ifadede $\Gamma(\alpha)$, (2.14) denklemi ile tanımlanan gamma fonksiyonu, α , β ve γ sırasıyla biçim, ölçek ve alt limit parametreleridir.

Bu dağılım da Pearson tip III dağılımı gibi taşkın debileri için kullanılmaktadır. Tasker (1987) bu dağılımı düşük akım çalışmalarında kullanmıştır.

3.2.5 Ekstrem Değer Dağılımları

Mühendislik uygulamalarının birçoğunda çok sayıda rastgele değişken arasından en küçük ya da en büyük (ekstrem) değer alanın bilinmesi gerekmektedir. Ekstrem rastgele değişkenlerin fiziksel kaynağı, bu tip değişkenlerin dağılımının, Gumbel tarafından tanımlanan, ekstrem değer dağılımlarından birisine uymasını gerektirmektedir. (Stedinger ve diğ., 1993).

$(V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n)$ n adet rastgele değişken olsun. Bunlar arasından en büyük değere sahip olan değişken X ($X = \max(V_i)$) esas alınarak yapılacak çalışmalarda, bu değişkenin eklenik dağılım fonksiyonu olan

$$F_X(x) = P[X \leq x] = P[V_1 \leq x; V_2 \leq x, \dots, V_n \leq x] \quad (3.17)$$

fonksiyonun bilinmesi gerekmektedir. V_i değişkenleri bağımsız ise,

$$F_X(x) = P[V_1 \leq x] \cdot P[V_2 \leq x] \cdot \dots \cdot P[V_n \leq x] \quad (3.18)$$

yazılabilir.

V_i' lerin dağılımı aynı olup $F_V(v)$ ile gösteriliyorsa,

$$F_X(x) = [F_V(x)]^n \quad (3.19)$$

denklemleri elde edilir.

X' nin olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f_X(x) = \frac{dF_X(x)}{dx} = n \cdot [F_V(x)]^{n-1} \cdot f_V(x) \quad (3.20)$$

olarak elde edilir. Bu ifade X' in dağılımının ancak V' in dağılımı bilindiğinde elde edilebileceğini göstermektedir.

Mühendislik uygulamalarında (3.20) denkleminin elde edilmesinde yapılan kabullerin tam olarak gerçekleşmemesi sebebiyle, bu denklem kullanılarak aranan ekstrem değer dağılımının belirlenmesi mümkün olmamaktadır (Bayazıt ve Oğuz, 1998).

n' nin büyük değerlerinde, V' nin dağılımından bağımsız olarak, X' in dağılımı tip I, II ve III olarak adlandırılan ekstrem değer dağılımlarından birine yakınsamaktadır. Ancak bu yakınsaklık, birçok ekstrem hidrolojik değişkenin olasılık dağılımları için ekstrem değer dağılımlarının model olarak uydurulmasında, tek başına yeterli değildir.

3.2.5.1 Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) Dağılımı

Bu dağılım, Gumbel tarafından tanımlanmış ekstrem değer tip I, II ve III dağılımlarının her üçünü birleştiren genel matematik bir formdur (Stedinger ve diğ., 1993).

Genelleştirilmiş ekstrem değer dağılımının olasılık yoğunluk ve eklenik dağılım fonksiyonları,

$$f_X(x) = \frac{1}{\beta} \cdot e^{-(1-\alpha)y - e^{-y}} \quad (3.21)$$

$$F_X(x) = e^{-e^{-y}} \quad (3.22)$$

denklemleriyle verilmektedir.

Bu ifadelerde y,

$$y = \begin{cases} -\frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left[1 - \alpha \cdot \frac{(x-\xi)}{\beta} \right] & \alpha \neq 0 \\ \frac{(x-\xi)}{\beta} & \alpha = 0 \end{cases} \quad (3.23)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Yukarıdaki ifadelerde α , β ve ξ sırasıyla biçim, ölçek ve yer parametreleridir.

$\alpha=0$ durumu Gumbel dağılımı olarak adlandırılan ekstrem değer tip I dağılımına karşı gelmekte, $\alpha<0$ ve $\alpha>0$ için sırasıyla ekstrem değer tip II ve ekstrem değer tip III dağılımları elde edilmektedir.

3.2.5.2 Ekstrem Değer Tip I (Gumbel) Dağılımı

Bu dağılımın olasılık yoğunluk ve eklenik dağılım fonksiyonları,

$$f_X(x) = \frac{1}{\beta} \cdot \exp \left[-\frac{(x-\xi)}{\beta} - \exp \left[-\frac{(x-\xi)}{\beta} \right] \right] \quad -\infty < x < \infty \quad (3.24)$$

$$F_X(x) = \exp \left[-\exp \left[-\frac{(x-\xi)}{\beta} \right] \right] \quad (3.25)$$

denklemleriyle verilmektedir. Bu ifadelerde β ve ξ sırasıyla ölçek ve yer parametreleridir.

Gumbel dağılımının çarpıklığı sabit olup, yaklaşık 1.14' e eşittir.

Gumbel dağılımı taşkın debileri, maksimum rüzgar hızları, deprem büyüklükleri için kullanılmaktadır (Bayazıt, 1996).

3.2.5.3 Ekstrem Değer Tip II Dağılımı

Bu dağılımın olasılık yoğunluk ve eklenik dağılım fonksiyonları,

$$f_X(x) = \frac{1}{\beta} \cdot e^{-(1-\alpha)y-e^{-y}} \quad \alpha < 0; \beta > 0; \xi + \frac{\beta}{\alpha} < x < \infty \quad (3.26)$$

$$F_X(x) = e^{-e^{-y}} \quad (3.27)$$

denklemleriyle verilmektedir. Bu ifadelerde y,

$$y = -\frac{1}{\alpha} \cdot \text{Ln} \left[1 - \alpha \cdot \frac{(x - \xi)}{\beta} \right] \quad (3.28)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

α , β ve ξ sırasıyla biçim, ölçek ve yer parametreleridir.

Ekstrem değer tip II dağılımı taşkın debileri, maksimum rüzgar hızları için kullanılmaktadır.

3.2.5.4 Ekstrem Değer Tip III Dağılımı

Bu dağılımın olasılık yoğunluk ve eklenik dağılım fonksiyonları,

$$f_X(x) = \frac{1}{\beta} \cdot e^{-(1-\alpha)y - e^{-y}} \quad \alpha > 0; \beta > 0; -\infty < x < \xi + \frac{\beta}{\alpha} \quad (3.29)$$

$$F_X(x) = e^{-e^{-y}} \quad (3.30)$$

denklemleriyle verilmektedir.

Bu ifadelerde y,

$$y = -\frac{1}{\alpha} \cdot \text{Ln} \left[1 - \alpha \cdot \frac{(x - \xi)}{\beta} \right] \quad (3.31)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

α , β ve ξ sırasıyla biçim, ölçek ve yer parametreleridir.

3.2.5.5 Weibull Dağılımı

$(W_1, W_2, \dots, W_i, \dots, W_n)$, her biri alttan sıfırla sınırlı, n adet rastgele değişken ve bunlar arasından en küçük değere sahip olan değişken X ($X = \min(V_i)$) olmak üzere, X rastgele değişkenin dağılımı Weibull veya minimum rastgele değişkenler için ekstrem değer tip III dağılımı olarak adlandırılan dağılıma iyi bir şekilde uymaktadır.

X üstten sınırlı ($\xi + \beta/\alpha > X$) bir rastgele değişken olsun. X rastgele değişkeninin dağılımının ekstrem değer tip III dağılımı (GEV dağılımı; $\alpha > 0$) olması durumunda,

-X rastgele değişkeninin dağılımı, sınır değerinin 0 olması durumunda ($\xi+\beta/\alpha=0$), Weibull dağılımı olmaktadır.

Bu dağılımın olasılık yoğunluk ve eklenik dağılım fonksiyonları,

$$f_X(x) = \kappa \cdot \xi^{-\kappa} \cdot x^{\kappa-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{x}{\xi}\right)^\kappa\right] \quad \kappa = \frac{1}{\alpha} > 0; \xi > 0; \infty > x > 0 \quad (3.32)$$

$$F_X(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\xi}\right)^\kappa\right] \quad (3.33)$$

denklemleriyle verilmektedir.

Bu ifadelerde κ ve ξ sırasıyla biçim ve yer parametreleridir.

Weibull, Gumbel ve GEV dağılımları arasında önemli ilişkiler mevcuttur. X rastgele değişkeninin dağılımının Weibull dağılımı olması durumunda,

$$Y = -\ln X \quad (3.34)$$

değişken dönüşümü yapılarak elde edilen rastgele değişkenin dağılımı Gumbel dağılımı olmaktadır. Bu ilişki, Gumbel dağılımı için kullanılan parametre tahmin yöntemleri ve uygunluk testlerini Weibull dağılımı için de kullanılabilir duruma getirmektedir.

Alt sınır değerinin sıfır olmaması halinde, κ ve ξ olmak üzere iki parametreye sahip olan Weibull dağılımının ifadesine üçüncü bir parametre olarak γ alt limit parametresi dahil edilmelidir. Bu durumda, olasılık yoğunluk ve eklenik dağılım fonksiyonları,

$$f_X(x) = \kappa \cdot (\xi - \gamma)^{-\kappa} \cdot (x - \gamma)^{\kappa-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{x - \gamma}{\xi - \gamma}\right)^\kappa\right] \quad \kappa > 0; \xi > 0; x > \gamma \quad (3.35)$$

$$F_X(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x - \gamma}{\xi - \gamma}\right)^\kappa\right] \quad (3.36)$$

denklemleriyle verilen 3 parametrelili Weibull (W3) dağılımı elde edilir.

Weibull dağılımı düşük akımların frekans analizi için önerilmektedir (Gumbel,1958; Gustard ve diğ., 1989). 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.

3.2.6 Üstel Dağılım

Üstel dağılım Weibull dağılımının özel bir durumudur. Üstel dağılım, bir akarsuya ait çekilme eğrisi eksponansiyel kabul edildiğinde ve maksimum kurak dönem uzunluklarının olasılıkları için teorik bir sonuç kullanıldığında, düşük akımların olasılık dağılım fonksiyonu olarak elde edilebilir.

Gottschalk ve Perzyna (1989) düşük akımların olasılık dağılımını olayın fiziksel yönünü ele alarak açıklamaya çalışmışlardır. Akarsudaki akım, kurak dönemde, çekilme eğrisi boyunca azalmakta ve bu dönemin sonunda ($t=T$) düşük akımlar meydana gelmektedir.

Akarsudaki minimum akım X olmak üzere, X rastgele değişkenin eklenik dağılım fonksiyonu,

$$F_X(x) = P[X \leq x] = P[T \geq t] = 1 - F_T(t) \quad (3.37)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada $F_T(t)$ kurak dönem uzunluğunun eklenik dağılım fonksiyonudur.

Gottschalk ve Perzyna (1989), çekilme eğrisinin eksponansiyel olduğunu ve kurak dönem uzunluğunun ekstrem değer tip I (Gumbel) dağılımına uyduğunu kabul ederek, X rastgele değişkenin eklenik dağılım fonksiyonu için Weibull (W2) dağılımını elde etmiştir.

Kurak dönem uzunluğunun, tam sayı değerler alabilen kesikli bir değişken olarak ifade edilmesi durumunda, geometrik dağılımı izlediği bilinmektedir. Bu sonucu ve rastgele sayıda değişkenlerin ekstrem değerleri için geliştirilen teoriyi kullanarak, tam sayı değerler alabilen kurak dönem uzunluklarının olasılıkları için bir bağıntı geliştirilmiştir. Değişken sürekli kabul edildiğinde bu bağıntı,

$$F_T(t) = \exp(-a \cdot b^{-t}) \quad t \geq 0 \quad (3.38)$$

şeklinde verilmektedir. Bu ifadede a ve b pozitif parametrelerdir.

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

$$x(t) = x_0 \cdot \exp\left(-\frac{t}{k}\right) \quad (3.39)$$

ifadesi elde edilir.

(3.37) numaralı denklem, (3.38) ve (3.39) numaralı denklemler kullanılarak yeniden düzenlenirse, X rastgele değışkenin eklenik dağılım fonksiyonu,

$$F_X(x) = 1 - \exp\left[-a \cdot \left(\frac{x}{x_0}\right)^{\ln b^{1/k}}\right] \quad (3.40)$$

olarak elde edilir.

x_0 parametresi yeniden tanımlanır ve c parametresi ifadeye dahil edilip düzenlenirse, X rastgele değışkeninin eklenik dağılım fonksiyonu için,

$$F_X(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{x_0}\right)^c\right] \quad (3.41)$$

denklemini elde edilir. Bu ifade genellikle düşük akım çalışmalarında kullanılan Weibull dağılımının eklenik dağılım fonksiyonudur.

(2.42) denklemi $(x/x_0)^c$ nin 1' den çok küçük olması durumunda $((x/x_0)^c \ll 1)$,

$$F_X(x) \cong 1 - \left[1 - \left(\frac{x}{x_0}\right)^c\right] = \left(\frac{x}{x_0}\right)^c \quad x \leq x_0 \quad (3.42)$$

şeklinde yazılarak, parametreleri x_0 ve c olan üstel dağılımın eklenik dağılım fonksiyonunun ifadesi elde edilmiş olur.

Üstel dağılım düşük akımların frekans analizlerinde uygulanmaktadır.

3.3 Parametrelerin Tahmini

Bir rastgele değişkenin başlıca istatistik özelliklerini yansıtan büyüklükler olan parametreler değişkenin çeşitli gözlemlerde alabileceği değerlerin merkezini, bu değerlerin merkez çevresindeki yayılımının büyüklüğünü, çarpıklığını ifade ederler. Parametrelerin toplum değerleri bilinemezse de eldeki örnekten bunlara karşı gelen istatistik değerleri tahmin edilebilir (Bayazıt, 1996).

En çok kullanılan parametreler (ortalama, varyans, çarpıklık katsayısı) istatistik moment tipinden parametrelerdir. X rastgele değişkenin m. mertebeden ($m=2,3,\dots$) merkezsiz istatistik momenti,

$$\mu_x^{(m)} = E[(x - \mu_x)^m] \quad (3.43)$$

şeklinde tanımlanır. Burada μ_x rastgele değişkenin ortalamasıdır. $E[...]$ beklenen değeri göstermekte olup $E[X] = \mu_x$ 'e eşittir, yani bir rastgele değişkenin beklenen değeri ile ortalaması aynıdır.

3.3.1 Ortalama

X rastgele değişkeninin beklenen değeri olan ortalamanın toplum değeri,

$$\mu_x = E[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot dF(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f_x(x) \cdot dx \quad (3.44)$$

ifadesinden elde edilir.

X rastgele değişkeninin toplumundan alınmış n elemanlı bir örnekte ($X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$) ortalama, elemanların aritmetik ortalaması olarak tahmin edilir. Ortalamanın $\bar{x}$ ile gösterilen istatistik değeri,

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.45)$$

şeklinde hesaplanır. Ortalama dağılımın merkezini ifade etmek için en çok kullanılan parametredir.

3.3.2 Yayılım Parametreleri

Rastgele değişkenin merkez değerinin çevresindeki yayılımının büyüklüğünü ifade eden istatistik tipi parametre varyans ($\text{Var}(X)$) veya varyansın karekökü olan standart sapmadır (σ_X).

Varyans rastgele değişkenin ortalamasından farkının karesinin beklenen değeridir.

$$\text{Var}(X) = E[(x - \mu_x)^2] \quad (3.46)$$

X rastgele değişkeninin varyansının toplum değeri,

$$\text{Var}(X) = \sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^2 \cdot f_x(x) \cdot dx \quad (3.47)$$

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.

$$\text{Var}(X) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2 \quad (3.48)$$

Ancak (3.48) denklemi ile hesaplanan varyans istatistiğinin beklenen değeri toplumun parametre değerinden daha küçük olduğundan varyansın tarafsız tahminini elde etmek için, (3.48) denklemi yerine,

$$\text{Var}(X) = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2 \quad (3.49)$$

denklemi kullanılmalıdır. Bu düzeltme küçük örneklerde önem taşımaktadır.

Standart sapmanın S_X istatistiği eldeki örnekten,

$$S_X = [\text{Var}(X)]^{1/2} = \left[\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2} \quad (3.50)$$

denklemleri hesaplanır.

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,

$$C_{v_x} = \frac{\sigma_x}{\mu_x} \quad (3.51)$$

ifadesinden elde edilir.

Değişim katsayısının istatistiği eldeki örnekten,

$$C_{v_x} = \frac{S_x}{\bar{x}} \quad (3.52)$$

denklemiyle 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.

3.3.3 Çarpıklık Katsayısı

Rastgele değişkenin dağılımının çarpıklığı C_{s_x} çarpıklık katsayısı ile ölçülebilir.

$$C_{s_x} = \frac{\mu_x^{(3)}}{\sigma_x^3} \quad (3.53)$$

Bu boyutsuz katsayının 0 olması dağılımın simetrik, pozitif olması sağa çarpık, negatif olması sola çarpık olduğunu gösterir.

Çarpıklık katsayısının tarafsız istatistik değeri,

$$C_{s_x} = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^3}{S_x^3} \quad (3.54)$$

denklemiyle hesaplanır.

3.3.4 L-Momentleri

L-momentleri olasılık ağırlıklı momentlerin lineer kombinasyonları olup, olasılık dağılımlarının başlıca özelliklerini ifade eden ve istatistik momentlere alternatif olan büyüklüklerdir.

X rastgele değişkeninin beklenen değerinin ifadesi (3.44) denklemi ile verilmişti. Bu denklemde $u=F_X(x)$ değişken dönüşümü yapılırsa, beklenen değer ifadesi,

$$E(X) = \int_0^1 x(u) \cdot du \quad (3.55)$$

olarak elde edilir.

X rastgele değişkeninin $g_X(x)$ gibi bir fonksiyonu da rastgele bir değişkendir ve beklenen değeri,

$$E[g_X(x)] = \int_{-\infty}^{\infty} g_X(x) \cdot dF = \int_{-\infty}^{\infty} g_X(x) \cdot f_X(x) \cdot dx = \int_0^1 g(x(u)) \cdot du \quad (3.56)$$

ifadesiyle verilmektedir.

X rastgele bir değişken ve $F_X(x)$ bu rastgele değişkenin eklenik dağılım fonksiyonu olmak üzere, olasılık ağırlıklı momentler,

$$M_{p,r,s} = E\left[x^p \cdot \{F_X(x)\}^r \cdot \{1 - F_X(x)\}^s\right] \quad (3.57)$$

ifadesiyle tanımlanmaktadır.

Olasılık ağırlıklı momentlerin kullanılan özel durumları $\alpha_r=M_{1,0,r}$ ve $\beta_r=M_{1,r,0}$ dır. Kuantil fonksiyonu $x(u)$ olan bir dağılım için, α_r ve β_r ,

$$\alpha_r = \int_0^1 x(u) \cdot (1-u)^r \cdot du \quad (3.58)$$

$$\beta_r = \int_0^1 x(u) \cdot u^r \cdot du \quad (3.59)$$

olarak elde edilmektedir.

$r=0$ için α_0 ve β_0 ortalamanın toplum değeri olan μ_X ' e eşittir.

α_r ve β_r , birçok araştırmacı tarafından olasılık dağılımlarının parametrelerinin tahmin metotlarında temel olarak kullanılmasına rağmen, bunları, doğrudan, bir olasılık dağılımının ölçek ve biçim ölçütleri olarak yorumlamak güçtür. Bu bilgiler, olasılık ağırlıklı momentlerin lineer kombinasyonlarından elde edilmektedir.

İlk üç L-moment değeri, olasılık ağırlıklı momentler cinsinden aşağıdaki ifadeler kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\lambda_1 = \alpha_0 = \beta_0 \quad (3.60)$$

$$\lambda_2 = \alpha_0 - 2 \cdot \alpha_1 = 2 \cdot \beta_1 - \beta_0 \quad (3.61)$$

$$\lambda_3 = \alpha_0 - 6 \cdot \alpha_1 + 6 \cdot \alpha_2 = 6 \cdot \beta_2 - 6 \cdot \beta_1 + \beta_0 \quad (3.62)$$

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

L-değişim katsayısı (L-CV)

$$\tau = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (3.63)$$

ifadesinden elde edilmektedir.

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

$$\tau_r = \frac{\lambda_r}{\lambda_2} \quad r \geq 3 \quad (3.64)$$

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

L-momentleri, olasılık dağılımları için tanımlanmış olmakla birlikte, uygulamada sonlu bir örnekten tahmin edilmek zorundadırlar. L-momentlerinin tahminleri, olasılık ağırlıklı momentlerin tahminlerinin lineer fonksiyonları olarak elde edilmektedir.

$r=0$ için β_0 olasılık ağırlıklı momentin örnekten elde edilen b_0 tahmini, ortalamanın istatistik değeri olan $\bar{x}$ 'ye eşittir.

$r \geq 1$ için olasılık ağırlıklı momentlerin tarafsız tahminleri, büyüklük sırasına göre düzenlenmiş n elemanlı örnekte ($X_n \leq \dots \leq X_i \leq \dots \leq X_1$),

$$b_r = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^{n-r} \frac{\binom{n-j}{r} \cdot X_j}{\binom{n-1}{r}} \quad (3.65)$$

denklemini kullanılarak hesaplanır.

$r=1,2$ için β_1 ve β_2 olasılık ağırlıklı momentlerinin tarafsız tahminleri (3.65) denkleminde

$$b_1 = \sum_{j=1}^{n-1} \frac{(n-j) \cdot X_j}{n \cdot (n-1)} \quad (3.66)$$

$$b_2 = \sum_{j=1}^{n-2} \frac{(n-j) \cdot (n-j-1) \cdot X_j}{n \cdot (n-1) \cdot (n-2)} \quad (3.67)$$

olarak elde edilmektedir.

Olasılık ağırlıklı momentler kullanılarak, ilk üç L-momenti aşağıdaki denklemlerle tahmin edilmektedir.

$$l_1 = b_0 \quad (3.68)$$

$$l_2 = 2 \cdot b_1 - b_0 \quad (3.69)$$

$$l_3 = 6 \cdot b_2 - 6 \cdot b_1 + b_0 \quad (3.70)$$

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

$$t = \frac{l_2}{l_1} \quad (3.71)$$

$$t_3 = \frac{l_3}{l_2} \quad (3.72)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

3.4 Dağılımların 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. Pratikte en çok iki ve üç parametrelili dağılımlar kullanılır.

Parametrelerin tahmini için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. 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).

Parametrelerin tahmini için en çok kullanılan yöntemler momentler, maksimum olabilirlik ve L-momentleri yöntemleridir.

Momentler yönteminde dağılımın parametreleri rastgele değişkenin istatistik momentleri cinsinden yazılır. İstatistik momentler daha önce verilen denklemlerle hesaplandıktan sonra parametrelere geçilir. 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 etkin tahminler vermektedir. Uygulamada karşılaşılan güçlükler nedeniyle bu çalışmada bu yöntemle parametre tahminlerine yer verilmeyecektir.

L-momentleri yöntemiyle gerçekleştirilen parametre tahminleri özellikle kısa kayıtlar için tarafsız olup, aykırı değerlere karşı hassas değildirler. Ayrıca verilerin lineer fonksiyonu olmaları nedeniyle istatistik momentlere göre örnekleme değişimlerinden daha az etkilenmektedirler.

Aşağıda hidrolojik çalışmalarda kullanılan bazı dağılım fonksiyonlarının parametre tahminleri verilecektir.

3.4.1 Normal Dağılım

3.4.1.1 Momentler Yöntemi

μ_X ve σ_X parametreleri değişkenin ortalama ve standart sapması olup, (3.45) ve (3.50) denklemleriyle hesaplanan $\bar{x}$ ve S_X ' e eşit olarak alınacaklardır.

3.4.1.2 L-Momentleri Yöntemi

Büyüklik sırasına göre düzenlenmiş örneğin b_0 , ve b_1 olasılık ağırlıklı momentleri hesaplanarak, ilk iki L-moment değeri, l_1 ve l_2 , (3.68) ve (3.69) denklemleri kullanılarak elde edilir. Normal dağılımın μ_X ve σ_X parametreleri, hesaplanan l_1 ve l_2 momentleri kullanılarak,

$$\mu_X = l_1 \quad (3.73)$$

$$\sigma_X = l_2 \cdot \sqrt{\pi} \quad (3.74)$$

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

3.4.2 Lognormal Dağılım

Lognormal dağılımın parametrelerinin sadece momentler yöntemiyle tahmini verilecektir.

Bu yöntemle tahmin iki şekilde gerçekleştirilebilir:

a. $Y = \ln X$ dönüşümüyle hesaplanan Y değerlerine normal dağılım uydurulur. Normal dağılmış Y değişkeni için, μ_Y ve σ_Y parametreleri momentler yöntemiyle tahmin edilir.

b. μ_X ve σ_X parametreleri eldeki verilerden (3.45) ve (3.50) denklemleri kullanılarak tahmin edilir. Lognormal dağılımın μ_Y ve σ_Y parametreleri, μ_X ve σ_X parametreleri kullanılarak,

$$\mu_Y = \ln \left[\mu_X / \left(\frac{\sigma_X^2}{\mu_X^2} + 1 \right)^{1/2} \right] \quad (3.75)$$

$$\sigma_Y = \left[\text{Ln} \left(\frac{\sigma_X^2}{\mu_X^2} + 1 \right) \right]^{1/2} \quad (3.76)$$

denklemlerinden elde edilir.

3 parametrelili lognormal dağılımda γ alt sınırı,

$$\gamma = \mu_X - \frac{\sigma_X}{\sqrt[3]{A} + \sqrt[3]{B}} \quad (3.77)$$

denkleminde elde edilir. Bu ifadedeki A ve B parametreleri, (3.54) denklemiyle hesaplanan C_{Sx} çarpıklık katsayısına bağlı olarak,

$$A = \frac{C_{Sx}}{2} + \sqrt{\frac{C_{Sx}^2}{4} + 1} \quad (3.78)$$

$$B = \frac{C_{Sx}}{2} - \sqrt{\frac{C_{Sx}^2}{4} + 1} \quad (3.79)$$

denklemlerinden hesaplanır.

3.4.3 Pearson Tip III Dağılır

3.4.3.1 Momentler Yöntemi

μ_X , σ_X ve C_{Sx} parametreleri eldeki örnekten sırasıyla, (3.45), (3.50) ve (3.54) denklemleri kullanılarak hesaplanır. Dağılımın α , β ve γ parametreleri μ_X , σ_X ve C_{Sx} parametrelerine bağlı olarak,

$$\alpha = \frac{4}{C_{Sx}^2} \quad (3.80)$$

$$\beta = \frac{\sqrt{\alpha}}{\sigma_X} = \frac{2}{\sigma_X \cdot C_{Sx}} \quad (3.81)$$

$$\gamma = \mu_X - \frac{\alpha}{\beta} = \mu_X - 2 \cdot \frac{\sigma_X}{C_{Sx}} \quad (3.82)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanır.

3.4.3.2 L-Momentleri Yöntemi

Büyüklik sırasına göre düzenlenmiş örneğin b_0 , b_1 ve b_2 olasılık ağırlıklı momentleri hesaplanarak, ilk üç L-moment değeri ve L-çarpıklık katsayısı, l_1 , l_2 , l_3 ve t_3 , (3.68), (3.69), (3.70) ve (3.72) denklemleri kullanılarak elde edilir. Dağılımın α , β ve γ parametreleri aşağıda verilen ifadelerden hesaplanır.

$$t_3 = \frac{6 \cdot \Gamma(3 \cdot \alpha)}{\Gamma(\alpha) \cdot \Gamma(2 \cdot \alpha)} \cdot \left[\int_0^{1/3} t^{\alpha-1} \cdot (1-t)^{2 \cdot \alpha-1} \cdot dt \right] - 3 \quad (3.83)$$

$$l_2 = \frac{\Gamma(\alpha + 1/2)}{\beta \cdot \sqrt{\pi} \cdot \Gamma(\alpha)} \quad (3.84)$$

$$l_1 = \gamma + \frac{\alpha}{\beta} \quad (3.85)$$

3.4.4 Log-Pearson Tip III Dağılımı

Bu dağılımın parametrelerinin sadece momentler yöntemiyle tahmini verilecektir.

(3.8) ifadesinde verilen logaritmik dönüşüm uygulanarak elde edilen Y rastgele değişkenine Pearson tip III dağılımı uydurularak, dağılımın α , β ve γ parametreleri (3.80), (3.81) ve (3.82) denklemlerinden hesaplanır.

μ_X , σ_X ve C_{sX} parametreleri ile Y rastgele değişkeni için hesaplanan α , β ve γ parametreleri arasındaki ilişkiler aşağıda verilmektedir.

$$\mu_X = \left(\frac{\beta}{\beta - 1} \right)^\alpha \cdot \exp[\gamma] \quad (3.86)$$

$$\sigma_X = \left[\left[\left(\frac{\beta}{\beta - 2} \right)^\alpha - \left(\frac{\beta}{\beta - 1} \right)^{2 \cdot \alpha} \right] \cdot \exp[2 \cdot \gamma] \right]^{1/2} \quad (3.87)$$

$$C_{sX} = \frac{E[X^3] - 3 \cdot \mu_X \cdot E[X^2] + 2 \cdot \mu_X^3}{\sigma_X^3} \quad (3.88)$$

(3.88) denkleminde yer alan $E[X^3]$ ve $E[X^2]$ ifadeleri, m' in 2 ve 3 değerleri için aşağıdaki denklemden elde edilmektedir.

$$E[X^m] = \left(\frac{\beta}{\beta - m} \right)^\alpha \cdot \exp[m \cdot \gamma] \quad (3.89)$$

3.4.5 Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) Dağılımı

3.4.5.1 Momentler Yöntemi

μ_x , σ_x ve C_{sx} parametreleri eldeki örnekten sırasıyla, (3.45), (3.50) ve (3.54) denklemleri kullanılarak hesaplanır. Dağılımın α , β ve ξ parametreleri aşağıdaki denklemlerden elde edilir.

$$C_{sx} = \pm \frac{-\Gamma(1+3\cdot\alpha) + 3\cdot\Gamma(1+\alpha)\cdot\Gamma(1+2\cdot\alpha) - 2\cdot\Gamma^3(1+\alpha)}{[\Gamma(1+2\cdot\alpha) - \Gamma^2(1+\alpha)]^{3/2}} \pm : \begin{cases} \alpha > 0 \Rightarrow + \\ \alpha < 0 \Rightarrow - \end{cases} \quad (3.90)$$

$$\mu_x = \xi + \left(\frac{\beta}{\alpha} \right) \cdot [1 - \Gamma(1+\alpha)] \quad (3.91)$$

$$\sigma_x = \left[\left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^2 \cdot [\Gamma(1+2\cdot\alpha) - [\Gamma(1+\alpha)]^2] \right]^{1/2} \quad (3.92)$$

3.4.5.2 L-Momentleri Yöntemi

Büyüklik sırasına göre düzenlenmiş örneğin b_0 , b_1 ve b_2 olasılık ağırlıklı momentleri hesaplanarak, ilk üç L-moment değeri, l_1 , l_2 , l_3 , (3.68), (2.69) ve (3.70) denklemleri kullanılarak elde edilir. Dağılımın α , β ve ξ parametreleri aşağıda verilen ifadelerden hesaplanır.

$$\alpha = 7,8590 \cdot z + 2,9554 \cdot z^2 \quad (3.93)$$

$$\beta = \frac{\alpha \cdot l_2}{\Gamma(1+\alpha) \cdot (1 - 2^{-\alpha})} \quad (3.94)$$

$$\xi = l_1 + \frac{\beta}{\alpha} \cdot [\Gamma(1+\alpha) - 1] \quad (3.95)$$

(3.93) denkleminde yer alan z parametresi aşağıdaki ifadeden elde edilmektedir.

$$z = \frac{2 \cdot l_2}{l_3 + 3 \cdot l_2} - \frac{\ln 2}{\ln 3} = \frac{2 \cdot b_1 - b_0}{3 \cdot b_2 - b_0} - \frac{\ln 2}{\ln 3} \quad (3.96)$$

3.4.6 Ekstrem Değer Tip I (Gumbel) Dağılımı

3.4.6.1 Momentler Yöntemi

Gumbel dağılımının çarpıklığı sabit olup, yaklaşık 1,14' tür.

μ_X , σ_X parametreleri eldeki örnekten sırasıyla, (3.45) ve (3.50) denklemleri kullanılarak hesaplanır. Dağılımın β ve ξ parametreleri aşağıdaki denklemlerden elde edilir.

$$\sigma_X = \left[\frac{\pi^2 \cdot \beta^2}{6} \right]^{1/2} \cong 1,283 \cdot \beta \quad (3.97)$$

$$\mu_X = \xi + 0,5772 \cdot \beta \quad (3.98)$$

3.4.6.2 L-Momentleri Yöntemi

Büyüklik sırasına göre düzenlenmiş örneğin b_0 ve b_1 olasılık ağırlıklı momentleri hesaplanarak, ilk iki L-moment değeri, l_1 ve l_2 , (3.68) ve (3.69) denklemleri kullanılarak elde edilir. Dağılımın β ve ξ parametreleri aşağıdaki denklemlerden elde edilir.

$$\beta = \frac{l_2}{\text{Ln } 2} \quad (3.99)$$

$$\xi = l_1 - 0,5772 \cdot \beta \quad (3.100)$$

3.4.7 Ekstrem Değer Tip II Dağılımı

Bu dağılımın parametrelerinin momentler ve L-momentleri yöntemiyle tahmini Bölüm 3.4.5.1 ve 3.4.5.2' de genelleştirilmiş ekstrem değer dağılımı için verilen ifadeler kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

3.4.8 Ekstrem Değer Tip III Dağılımı

Bu dağılımın parametrelerinin momentler ve L-momentleri yöntemiyle tahmini Bölüm 3.4.5.1 ve 3.4.5.2' de genelleştirilmiş ekstrem değer dağılımı için verilen ifadeler kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

3.4.9 Weibull Dağılımı

3.4.9.1 Momentler Yöntemi

μ_X , σ_X parametreleri eldeki örnekten sırasıyla, (3.45) ve (3.50) denklemleri kullanılarak hesaplanır.

Weibull dağılımının (W2) κ ve ξ parametreleri aşağıdaki denklemlerin beraberce çözümüyle elde edilir.

$$\mu_X = \xi \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\kappa}\right) \quad (3.101)$$

$$\sigma_X = \xi \cdot \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\kappa}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{\kappa}\right) \right]^2 \right]^{1/2} \quad (3.102)$$

C_{Sx} çarpıklık katsayısı 2 ve 3 parametrelili Weibull dağılımı için aşağıdaki ifadeden elde edilmektedir (Haan, 1979).

$$C_{Sx} = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{3}{\kappa}\right) - 3 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\kappa}\right) \cdot \Gamma\left(1 + \frac{2}{\kappa}\right) + 2 \cdot \Gamma^3\left(1 + \frac{1}{\kappa}\right)}{\left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\kappa}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\kappa}\right) \right]^{3/2}} \quad (3.103)$$

3 parametrelili Weibull dağılımının κ , ξ ve γ parametrelerinin tahmini, (3.103) denklemi κ için çözüldüğünde, aşağıdaki denklemlerle gerçekleştirilmektedir.

$$\mu_X = \gamma + (\xi - \gamma) \cdot \Gamma\left[1 + \frac{1}{\kappa}\right] \quad (3.104)$$

$$\sigma_X = (\xi - \gamma) \cdot \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\kappa}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\kappa}\right) \right]^{1/2} \quad (3.105)$$

(3.104) ve (3.105) denklemleri cebirsel işlemler yardımıyla aşağıdaki şekillerde yazılabilmektedir.

$$\xi = \mu_X + \sigma_X \cdot A(\kappa) \quad (3.106)$$

$$\gamma = \xi - \sigma_X \cdot B(\kappa) \quad (3.107)$$

Bu denklemlerde yer alan $A(\kappa)$ ve $B(\kappa)$ ifadeleri ise,

$$A(\kappa) = \left[1 - \Gamma\left(1 + \frac{1}{\kappa}\right) \right] \cdot B(\kappa) \quad (3.108)$$

$$B(\kappa) = \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\kappa}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\kappa}\right) \right]^{-1/2} \quad (3.109)$$

denklemleriyle verilmektedir.

3.4.9.2 L-Momentleri Yöntemi

Bu yöntemle sadece 2 parametrelili Weibull dağılımının parametrelerinin tahmini verilecektir.

(3.8) ifadesinde verilen logaritmik dönüşüm uygulanarak elde edilen Y rastgele değişkeni büyüklük sırasına göre düzenlenerek b_0 , ve b_1 olasılık ağırlıklı momentleri hesaplanır. Y rastgele değişkeni için ilk iki L-moment değeri, l_1 ve l_2 , (3.68) ve (3.69) denklemleri kullanılarak elde edilir. Dağılımın κ ve ξ parametreleri aşağıdaki denklemlerden elde edilir.

$$\kappa = \frac{\ln 2}{l_2} \quad (3.110)$$

$$\xi = \exp\left[l_1 + \frac{0,5772}{\kappa}\right] \quad (3.111)$$

3.4.10 Üstel Dağılım

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

Büyüklük sırasına göre düzenlenmiş örneğin b_0 , ve b_1 olasılık ağırlıklı momentleri hesaplanarak, ilk iki L-moment değeri, l_1 ve l_2 , (3.68) ve (3.69) denklemleri kullanılarak elde edilir. Üstel dağılımın c ve x_0 parametreleri, hesaplanan l_1 ve l_2 momentleri kullanılarak,

$$c = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{l_1}{l_2} - 1 \right) \quad (3.112)$$

$$x_0 = l_1 \cdot \frac{(c+1)}{c} \quad (3.113)$$

denklemlerinden elde edilir.



4. OLASILIK DAĞILIMLARI İLE İLGİLİ TESTLER

4.1 Giriş

Gözlenmiş bir örnekten elde edilen frekans dağılımının seçilen bir dağılım fonksiyonuna uygunluğunu kontrol etmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Seçilen dağılım fonksiyonuna ait olasılık kağıdı üzerinde yapılan grafik kontrol bu yöntemlerin en basit olanıdır. 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 değerleri, L-moment diyagramlarında noktalandığında, elde edilen eğrilerin teorik eğrilere yakınlığı kriter alınarak, dağılımın uygunluğuna karar verilmesinde yardımcı olur. 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. Bu nedenlerle seçilen olasılık dağılımının uygunluğunun kontrolünde çeşitli istatistik testler kullanılmaktadır.

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

4.2 χ^2 Testi

Bir rastgele değişkene ait N elemanlı bir örneği s sınıf aralığına ayırarak, her bir sınıftaki N_i eleman sayısı hesaplandığında, seçilen olasılık yoğunluk fonksiyonuna göre aynı sınıf aralıklarında bulunma olasılıkları P_i ile gösterilirse;

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^s \frac{(N_i - N_{P_i})^2}{N_{P_i}} \quad (4.1)$$

istatistiğinin örnekleme dağılımı asimptotik olarak serbestlik derecesi s-1 olan χ^2 dağılımıdır.

(4.1) ifadesinde yer alan N_{Pi} parametresi, rastgele değişkenin dağılımının seçilen dağılıma uyması halinde i' inci sınıfa düşecek eleman sayısıdır. Bütün sınıf aralıklarında gözlenen eleman sayısının (N_i) teorik sayıya (N_{Pi}) eşit olması halinde $\chi^2 = 0$ olacaktır. Aradaki farkların büyümesiyle χ^2 değeri de artar. Buna göre hesaplanan χ^2 değeri s-1 serbestlik derecesinde aşılma olasılığı ϕ olan χ^2_{ϕ} değerinden küçükse gözlenen dağılımın seçilen teorik dağılıma uygunluğu hipotezi kabul, aksi halde reddedilir. χ^2 dağılımında aşılma olasılığı ϕ olan değerler tablo haline getirilmiştir.

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_p kadar azaltılarak, s- n_p -1 olarak alınmalıdır (Bayazıt ve Oğuz, 1998).

Bu testin uygulanmasında sınıf aralıklarının sayısının ve sınırlarının seçilmesi önem taşımaktadır. Sınıf aralığı sayısının en az beş olması ($s \geq 5$) ve ayrıca her bir sınıf aralığına en az beş gözlem düşmesi ($N_i \geq 5$) tavsiye edilmektedir. Sınıf aralıklarının aynı genişlikte seçilmesi gerekli değildir. Bunların P_i olasılıkları eşit ($P_i = 1/s$) olacak şekilde seçilmesi uygun olmaktadır (Bayazıt ve Oğuz, 1998). $s \geq 5$; $N_i \geq 5$ koşullarının gerçekleşmesi ancak büyük örneklerde ($N > 30$) mümkün olabileceğinden bu test küçük örnekler için uygun değildir (Bayazıt, 1996).

4.3 K-S Testi

K-S testinde, test istatistiği

$$\Delta = \max |F(X_i) - F^*(X_i)| \quad (4.2)$$

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

$$F^*(X_i) = \frac{i}{N} \quad (4.3)$$

denklemleriyle 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.

Δ istatistiğinin dağılımı rastgele değişkenin dağılımından bağımsız olup sadece örnekteki N eleman sayısına bağlıdır. N ' nin çeşitli değerleri için aşılma olasılığı ϕ olan Δ_ϕ değerleri tablolastırılmıştır. Buna göre, hesaplanan Δ istatistiği tablodan okunan Δ_ϕ değerinden küçükse dağılımın uygunluğu ϕ anlamlılık düzeyinde kabul, aksi halde reddedilir.

K-S testinin üstünlüğü verilerin sınıflara ayrılmasını gerektirmedikten bilgilerin tümünün kullanılmasına imkan vermesidir. Bu bakımdan özellikle küçük örnekler için uygundur (Bayazıt ve Oğuz, 1998).

4.4 PPCC Testi

PPCC testi istatistiksel çalışmalarda yaygınca kullanılmaktadır. Bu testte olasılık çizgisi korelasyon katsayısı (r), olasılık çizgisinin doğrusallığını ölçen bir test istatistiğidir.

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.

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

Test istatistiği r aşağıdaki denklemle verilmektedir (Önöz ve Bulu, 1996).

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

Bu denklemde yer alan M_i parametresi,

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

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

(4.5) ifadesinde yer alan $F_X(x)$ 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 verilmektedir.

4.4.1 Lognormal Dağılım

Lognormal dağılımın inversi için aşağıda verilen ifade kullanılmaktadır (Joiner ve Rosenblatt, 1971).

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

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

$$p_i = 1 - 0,5^{1/n} \quad i = 1 \quad (4.7)$$

$$p_i = \frac{(i - 0,3175)}{n + 0,365} \quad i = 2, \dots, n - 1 \quad (4.8)$$

$$p_i = 0,5^{1/n} \quad i = n \quad (4.9)$$

$(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n)$ gözlenmiş değerler olmak üzere, (3.8) denkleminde verilen değişken 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), (4.7), (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 4.1' den okunan kritik değerden büyükse gözlenmiş değerlerin lognormal dağılıma uyduğu hipotezi kabul edilir.

Tablo 4.1 : Normal ve lognormal dağılım hipotezi için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testindeki kritik değerler (Bayazıt, 1996)

N	φ - 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 (Bulu ve diğ., 1997).

$$M_i = \ln \xi + \frac{1}{\kappa} \cdot \ln [-\ln (1 - p_i)] \quad (4.10)$$

Weibull dağılımı için tarafsız p_i değerleri aşağıdaki ifadede elde edilmektedir.

$$p_i = \frac{i - 0,44}{n + 0,22} \quad (4.11)$$

$(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n)$ gözlenmiş değerler olmak üzere, (3.8) denkleminde verilen değişken 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 (4.10) ve (4.11) 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 dağılımı hipotezi için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testindeki kritik değerler (Vogel ve Kroll, 1989).

N	ϕ - 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 Üstel Dağılım

Üstel dağılım için invers değerler aşağıda verilen ifade kullanılarak elde edilmektedir (Önöz ve Bayazıt, 1998).

$$M_i = p_i \quad (4.12)$$

Üstel dağılım için tarafsız p_i değerleri aşağıdaki ifadeden elde edilmektedir.

$$p_i = \frac{i}{n+1} \quad (4.13)$$

PPCC test istatistiği r ise,

$$r = \frac{\text{Cov}(X; p)}{[\text{Var}(X) \cdot \text{Var}(p)]^{1/2}} \quad (4.14)$$

denkleminde hesaplanmaktadır. Hesaplanan test istatistiği r , seçilen anlamlılık düzeyinde Tablo 4.3' den okunan kritik değerden büyükse gözlenmiş değerlerin üstel dağılıma uyduğu hipotezi kabul edilir.

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

Tablo 4.3: Üstel dağılım hipotezi için olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testindeki kritik değerler

N	ϕ - 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

5. OLASILIK DAĞILIMLARI İLE TAHMİNLER

5.1 Lognormal Dağılım İle Tahmin

(3.6) ifadesi ile verilen standart değişken, (3.8) denkleminde verilen değişken dönüşümü uygulanarak elde edilen Y değişkeni için yeniden düzenlendiğinde,

$$Z = \frac{Y - \mu_Y}{\sigma_Y} = \frac{\ln X - \mu_Y}{\sigma_Y} \quad (5.1)$$

ifadesi elde edilir.

Z' nin dağılımının (standart normal dağılım) eklenik dağılım fonksiyonu tablo halinde verilmiştir.

T dönüş aralığı lognormal dağılım için aşağıdaki ifadeyle verilmektedir.

$$T = \frac{1}{F_Z(z)} \quad (5.2)$$

Bu ifadede $F_Z(z)$, standart değişkenin tablo halinde verilen eklenik dağılım fonksiyonudur.

Ek G, Tablo G.1' de verilen standart normal dağılım tablosundan seçilen dönüş aralığına karşı gelen $F_Z(z)$ değeri için Z standart değişken değeri belirlenir.

Normal dağılmış Y değişkeni için, μ_Y ve σ_Y parametreleri momentler yöntemiyle (3.45) ve (3.50) denklemleri kullanılarak tahmin edilerek seçilen T dönüş aralığına karşı gelen X değişkeni aşağıdaki ifadeden elde edilir.

$$X = \exp[Z \cdot \sigma_Y + \mu_Y] \quad (5.3)$$

5.2 Weibull Dağılımı İle Tahmin

Weibull dağılımı için T dönüş aralığı aşağıdaki ifade ile verilmektedir.

$$T = \frac{1}{F_X(x)} \quad (5.4)$$

Bu ifadede $F_X(x)$, Weibull dağılımının (3.33) denklemiyle verilen eklenik dağılım fonksiyonudur.

Weibull dağılımının κ ve ξ parametreleri (3.110) ve (3.111) denklemlerinden tahmin edilerek seçilen T dönüş aralığına karşı gelen X değişkeni aşağıdaki ifadede elde edilir.

$$X = \xi \cdot \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{1/\kappa} \quad (5.5)$$

5.3 Üstel Dağılım İle Tahmin

Üstel dağılımın $F_X(x)$ eklenik dağılım fonksiyonu (3.42) denklemiyle verilmektedir.

Dağılımın c ve x_0 parametreleri (3.112) ve (3.113) denklemlerinden elde edilir.

Üstel dağılım için PPCC test istatistiğinin hesabı sırasında gözlenmiş verilerde yer alan x_0 ' dan büyük değerler örnekten çıkarılmaktadır. Bu nedenle üstel dağılım ile tahmin yapılırken x_0 düzeltmesinin yapılması gerekmektedir.

x_0 düzeltmesi aşağıdaki ifade ile gerçekleştirilmektedir.

$$F_X^*(x) = \frac{n - n_i}{n} \cdot F_X(x/x \leq x_0) \quad (5.6)$$

Burada n_i , x_0 'dan büyük eleman sayısını, $F_X(x/x \leq x_0)$ ise x_0 ' dan küçük olmak üzere X değişkeninin eklenik frekans dağılımını ifade etmektedir.

(5.4), (3.42) ve (5.6) denklemleri kullanılarak T dönüş aralığına karşı gelen X değişkeni için aşağıdaki ifade elde edilir.

$$X = x_0 \cdot [F_X^*(x)]^{1/c} \quad (5.7)$$

6. UYGULAMA

6.1 Giriş

Bu çalışmada, Türkiye’ deki akarsuların düşük akımlarının hidrolojik ve istatistik analizinin gerçekleştirilerek, bunlara en uygun olasılık dağılım fonksiyonlarının bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla, çeşitli akarsular üzerinde bulunan ve istatistik anlamda mümkün olabildiğince uzun ve homojen ölçümleri olan istasyonların günlük akım verileri kullanılmıştır. İstasyon seçiminde, bunların akarsu üzerinde inşa edilmiş biriktirme yapılarının memba veya mansap tarafında kalmaları, bu yapılara ve yerleşim merkezlerine olan uzaklıkları gibi kriterler de gözönünde bulundurulmuştur.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi rasat yıllıklarından sağlanan günlük akım verileri kullanılan istasyonlar ve bazı özellikleri Tablo 6.1’ de verilmektedir.

Tablo 6.1: Çalışmada kullanılan istasyonlar ve özellikleri.

Akarsu	İstasyon Adı	İstasyon No	Drenaj Alanı (km ²)	Kayıt Süresi (Yıl)
Aras Nehri	Kağızman	2402	8873	31
B. Menderes Nehri	Çıtak Köprüsü	713	3946	38
Ceyhan Nehri	Aslantaş	2020	14708	17
Çoruh Nehri	Bayburt	2304	1734	33
Dicle Nehri	Çayönü	2617	1186	22
Fırat Nehri	Sansa	2151	8186	30
Kızılırmak Nehri	Söğütlühan	1535	6608	27
Meriç Nehri	Meriç Köprüsü	103	2751	23
Sakarya Nehri	Kavuncu	1241	14244	26
Seyhan Nehri	Üçtepe	1818	13846	27
Yeşilirmak Nehri	Çilhane Köprüsü	1418	1608	31

Çalışmada kullanılan Elektrik İşleri Etüt İdaresi istasyonları Ek A, Şekil A.1-A.11’ de verilen Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış hidrometeoroloji haritaları üzerinde gösterilmektedir. Kapalı havzalarda bulunan istasyonlar çalışmada değerlendirmeye alınmamıştır.

6.2 Hidrolojik Analiz

Seçilen istasyonların d akımlarının hidrolojik analizinde, ilk adım olarak gzlenmi günlük debilerin 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük ortalama akım değerleri elde edilmiştir. 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük debilerin N yıllık debi gidiş çizgisi çizilmiş ve bu çizgiden faydalanarak debinin belli bir değere eşit, ya da ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanıp düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınarak, 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük debilerin debi süreklilik çizgisi elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan tüm istasyonların 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük debi süreklilik çizgileri Ek B, Şekil B.1-B.55' de verilmektedir.

Debi süreklilik çizgilerinden, d akım göstergesi olarak kullanılan, gözlem periyodunun %90, 95 ve 99' luk dilimlerinde akarsuda mevcut olan, Q_{90} , Q_{95} ve Q_{99} akım değerleri belirlenmiştir. Bu değerler Ek C, Tablo C.1-C.11' de verilmektedir.

6.3 İstatistik Analiz

Seçilen istasyonların d akımlarının istatistik analizinde, gözlenmiş günlük debilerin, her bir yıl için, 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük ortalama akım değerleri elde edilmiştir. İstasyon bazında gerçekleştirilen bu işlem sonucunda elde edilen değerlerin en küçüğü baz alınan istasyon için o yıla ait 1, 3, 7, 14, 30 günlük d akım değeri olarak alınmitir. Seçilen istasyonlarda, N yıllık gözlem kayıtlarının her bir yılı için aynı işlem gerçekleştirilerek N elemanlı örnekler oluşturulmuştur.

İstasyonlar için elde edilen N elemanlı d akım rneklerinin, Bölüm 3.3' de ifadeleri verilen ortalama, standart sapma, arpıklık katsayısı ve L-momentleri hesaplanmitir. Bu değerler Ek D, Tablo D.1-D.11' de verilmektedir.

Bu alışmada Bölüm 3.2' de verilen olasılık dağılım fonksiyonlarından lognormal dağılım (LN2), Weibull dağılımı (W2) ve üstel dağılım uygulanmitir.

Lognormal dağılımının μ_Y ve σ_Y parametreleri, $Y=\ln X$ logaritmik dönüşümüyle hesaplanan Y değerlerine normal dağılım uydurularak, normal dağılmış Y değişkeni için momentler yöntemiyle (3.45) ve (3.50) denklemleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Her bir istasyon için elde edilen değerler Ek E, Tablo E.1-E.11' de verilmektedir.

Weibull dağılımının κ ve ξ parametreleri Bölüm 3.4.9.2' de verilen L-momentleri yöntemiyle (3.110) ve (3.111) denklemleri kullanılarak elde edilmiştir. Her bir istasyon için elde edilen değerler Ek E, Tablo E.1-E.11' de verilmektedir.

Üstel dağılımın c ve x_0 parametreleri Bölüm 3.4.10' da verilen L-momentleri yöntemiyle (3.112) ve (3.113) denklemleri kullanılarak elde edilmiştir. Her bir istasyon için elde edilen değerler Ek E, Tablo E.1-E.11' de verilmektedir.

6.4 Olasılık Çizgisi Korelasyon Katsayısı Testi

Seçilen istasyonların 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük düşük akım değerlerine lognormal dağılım (LN2), Weibull dağılımı (W2) ve üstel dağılım içinden en uygun olanını belirleyebilmek amacıyla güçlü bir test olan ve Bölüm 4.4' de verilen olasılık çizgisi korelasyon katsayısı (PPCC) testi kullanılmıştır.

Lognormal dağılım için Bölüm 4.4.1' de verildiği gibi, büyüklük sırasına göre düzenlenmiş Y değerleri ile (4.6), (4.7), (4.8) ve (4.9) denklemleri kullanılarak hesaplanan invers değerler arasındaki r korelasyon katsayısı (4.4) denklemi kullanılarak hesaplanmıştır.. Hesaplanan test istatistiği r' nin, seçilen $\phi=0.10$ ve 0.25 anlamlılık düzeylerinde Tablo 4.1' den okunan kritik değerlerden büyük olması durumunda gözlenmiş değerlerin lognormal dağılıma uyduğu hipotezi kabul edilmiştir.

Seçilen istasyonlarda lognormal dağılım için hesaplanan PPCC test istatistikleri Tablo 6.2' de verilmektedir. Lognormal dağılımın uygunluğu hipotezi $\phi=0.10$ ve 0.25 anlamlılık düzeylerinde kabul edilen debiler Ek F, Tablo F.1 ve F.2' de verilmektedir.

Weibull dağılımı için Bölüm 4.4.2' de verildiği gibi, büyüklük sırasına göre düzenlenmiş Y değerleri ile (4.10) ve (4.11) denklemleri kullanılarak hesaplanan invers değerler arasındaki r korelasyon katsayısı (4.4) denklemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan test istatistiği r' nin, seçilen $\phi=0.10$, 0.25 ve 0.50 anlamlılık düzeylerinde Tablo 4.2' den okunan kritik değerlerden büyük olması durumunda gözlenmiş değerlerin Weibull dağılımına uyduğu hipotezi kabul edilmiştir.

Tablo 6.2: Seçilen istasyonlarda lognormal dağılım için hesaplanan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
2402	0.946	0.944	0.938	0.938	0.943
713	0.937	0.932	0.932	0.928	0.929
2020	0.974	0.981	0.979	0.974	0.977
2304	0.988	0.990	0.989	0.975	0.970
2617	0.973	0.971	0.956	0.956	0.958
2151	0.921	0.961	0.951	0.959	0.975
1535	0.957	0.956	0.964	0.975	0.991
103	0.962	0.944	0.944	0.939	0.924
1241	0.976	0.978	0.975	0.976	0.975
1818	0.992	0.991	0.990	0.988	0.983
1418	0.947	0.950	0.954	0.962	0.962

Seçilen istasyonlarda Weibull dağılımı için hesaplanan PPCC test istatistikleri Tablo 6.3’ de verilmektedir. Weibull dağılımının uygunluğu hipotezi $\phi=0.10$, 0.25 ve 0.50 anlamlılık düzeylerinde kabul edilen debiler Ek F, Tablo F.3, F.4 ve F.5’ de verilmektedir.

Tablo 6.3: Seçilen istasyonlarda Weibull dağılımı için hesaplanan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
2402	0.969	0.968	0.965	0.969	0.980
713	0.962	0.962	0.973	0.967	0.967
2020	0.978	0.981	0.978	0.974	0.982
2304	0.959	0.963	0.978	0.976	0.985
2617	0.989	0.988	0.986	0.984	0.982
2151	0.975	0.988	0.987	0.978	0.981
1535	0.970	0.974	0.979	0.985	0.983
103	0.991	0.986	0.985	0.981	0.978
1241	0.990	0.991	0.988	0.988	0.984
1818	0.978	0.976	0.973	0.966	0.956
1418	0.981	0.987	0.989	0.992	0.987

Üstel dağılım için Bölüm 4.4.3’ de verildiği gibi, akım değerleri ile (4.12) ve (4.13) denklemleri kullanılarak hesaplanan invers değerler arasındaki r korelasyon katsayısı (4.14) denklemi kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan test istatistiği r ’ nin, seçilen $\phi=0.10$, 0.25 ve 0.50 anlamlılık düzeylerinde Tablo 4.3’ den okunan kritik değerlerden büyük olması durumunda gözlenmiş değerlerin üstel dağılıma uyduğu hipotezi kabul edilmiştir.

Seçilen istasyonlarda üstel dağılım için hesaplanan PPCC test istatistikleri Tablo 6.4’ de verilmektedir. Üstel dağılımın uygunluğu hipotezi $\phi=0.10$, 0.25 ve 0.50 anlamlılık düzeylerinde kabul edilen debiler Ek F, Tablo F.6, F.7 ve F.8’ de verilmektedir.

Tablo 6.4: Seçilen istasyonlarda üstel dağılım için hesaplanan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
2402	0.959	0.957	0.949	0.943	0.955
713	0.971	0.974	0.982	0.980	0.979
2020	0.976	0.978	0.979	0.970	0.973
2304	0.982	0.964	0.977	0.920	0.962
2617	0.982	0.980	0.980	0.975	0.975
2151	0.970	0.975	0.970	0.973	0.985
1535	0.954	0.958	0.968	0.980	0.976
103	0.986	0.986	0.987	0.984	0.989
1241	0.945	0.948	0.943	0.943	0.940
1818	0.987	0.989	0.987	0.991	0.987
1418	0.963	0.961	0.964	0.974	0.964

Ek F’ de verilen F.1-F.8 numaralı tablolar dikkate alınarak, seçilen istasyonların düşük akımlarına en uygun olasılık dağılım fonksiyonları belirlenmiştir. Her bir istasyon için belirlenen olasılık dağılım fonksiyonları Tablo 6.5’ de verilmektedir.

Tablo 6.5: Seçilen istasyonların düşük akımlarına en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonları.

Akarsu	İstasyon No	Olasılık Dağılım Fonksiyonu
Aras Nehri	2402	Weibull Dağılımı (W2)
B. Menderes Nehri	713	Üstel Dağılım
Ceyhan Nehri	2020	Weibull Dağılımı (W2)
Çoruh Nehri	2304	Lognormal Dağılım
Dicle Nehri	2617	Weibull Dağılımı (W2)
Fırat Nehri	2151	Weibull Dağılımı (W2)
Kızılırmak Nehri	1535	Weibull Dağılımı (W2)
Meriç Nehri	103	Üstel Dağılım
Sakarya Nehri	1241	Weibull Dağılımı (W2)
Seyhan Nehri	1818	Lognormal Dağılım
Yeşilırmak Nehri	1418	Weibull Dağılımı (W2)

6.5 Olasılık Dağılımları İle Düşük Akım Tahminleri

Düşük akım konusunda yapılan çalışmalarda yaygın olarak yedi gün ve on yıllık debiler ($Q_{7,10}$) araştırılmaktadır. Bu değer, dönüş aralığı on yıl olan ve yılın minimum akımına sahip yedi günün ortalamasına karşı gelmektedir.

Seçilen istasyonların düşük akımlarına en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak yedi günlük düşük akımlar için 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl dönüş aralıklı tahminler yapılmıştır. Her bir istasyon için tahmin edilen 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl dönüş aralıklı yedi günlük düşük akımlar Tablo 6.6' da verilmektedir.

Tablo 6.6: Çeşitli Dönüş Aralıklarında Yapılan Tahminlerden Elde Edilen 7 Günlük Akım Değerleri (m^3/s).

İstasyon No	Dönüş Aralığı (Yıl)				
	5	10	25	50	100
2402	8.64	7.14	5.61	4.69	3.93
713	0.89	0.35	0.10	0.04	0.01
2020	35.98	29.49	22.93	19.03	15.81
2304	3.08	2.72	2.38	2.18	2.01
2617	0.98	0.78	0.58	0.47	0.38
2151	8.50	6.96	5.41	4.48	3.72
1535	3.25	2.71	2.16	1.82	1.54
103	19.28	11.34	5.62	3.31	1.94
1241	15.20	13.76	12.14	11.06	10.08
1818	55.09	51.70	48.30	46.25	44.41
1418	2.43	2.19	1.92	1.73	1.57

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye’ deki akarsuların düşük akımlarının hidrolojik ve istatistik analizinin gerçekleştirilerek, bunlara en uygun olasılık dağılım fonksiyonlarının bulunması amaçlanmıştır.

Sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Seçilen istasyonlarda 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük debilerin tüm gözlem süresi boyunca debi süreklilik çizgileri elde edilmiştir. Debi süreklilik çizgileri yardımıyla, akarsuda düşük akım göstergesi olarak kabul edilen Q_{90} , Q_{95} ve Q_{99} debileri belirlenmiştir.
- Seçilen istasyonların 1, 3, 7, 14 ve 30 günlük düşük akım değerlerine en uygun olasılık dağılım fonksiyonunun araştırılması olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testi ile gerçekleştirilmiştir. Bu test sonucunda, seçilen 11 istasyonun 2 tanesinde lognormal dağılımın, 7 tanesinde Weibull dağılımının ve 2 tanesinde de üstel dağılımın uygun olduğu belirlenmiştir.
- Seçilen istasyonların düşük akımlarına en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak yedi günlük düşük akımlar için 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl dönüş aralıklı tahminler yapılmıştır.

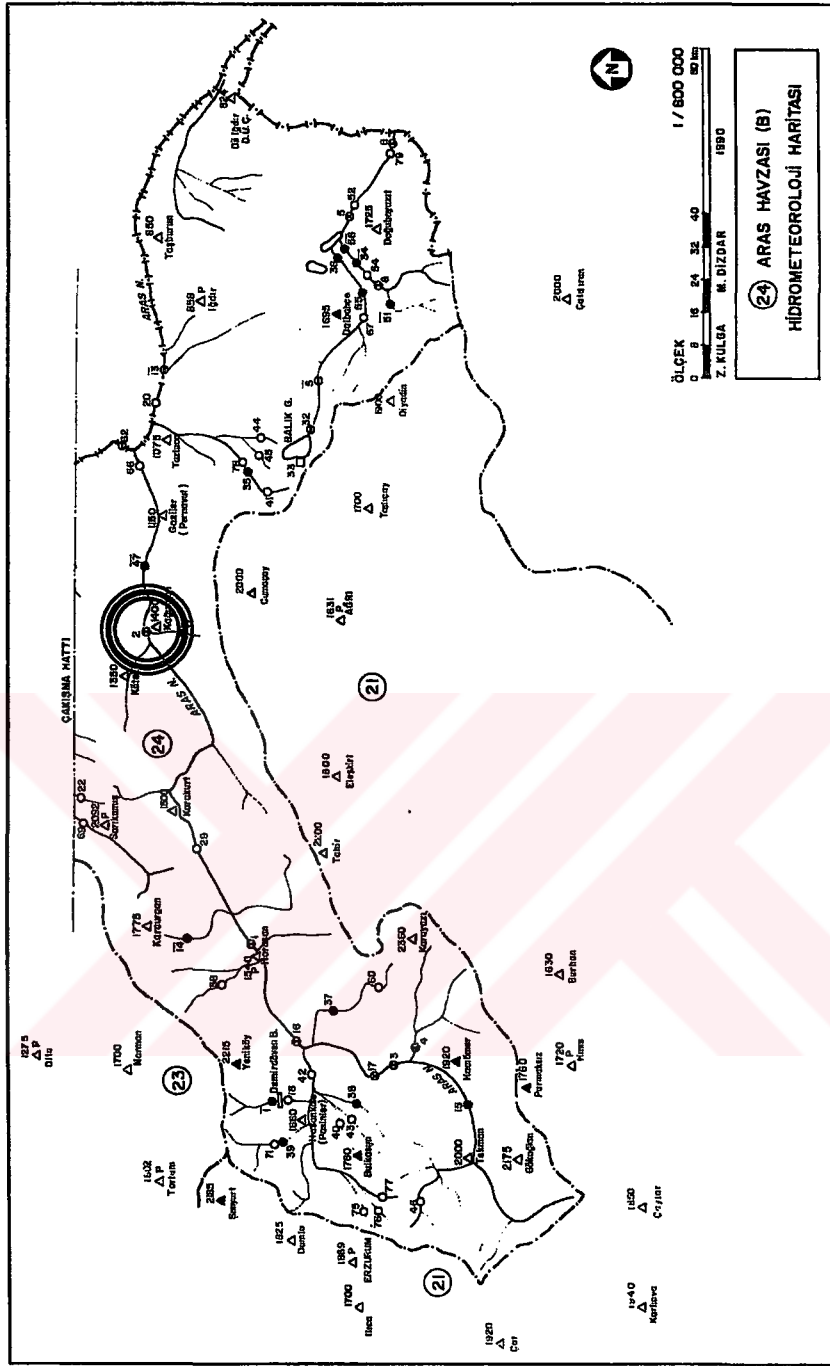
KAYNAKLAR

- Bayazıt, M., 1995. Hidroloji, 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., 1998. Probability and Statistics for Engineers, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bayazıt, M., ve diğ., 1997. Hidroloji Uygulamaları, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bobée, B. and Ashkar, F., 1991. The Gamma Family and Derived Distributions Applied in Hydrology, Water Resources Publications, Colorado.
- 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.
- Bulu A., 1998. Statistical Techniques in Low Flow Hydrology, *Low Flows Expert Meeting*, Belgrade, Yugoslavia, June 10-12, 39-45.
- Chow, V. T., 1964. Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Company, New York.
- 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.
- D.S.İ., 1994. *Türkiye Akarsu Havzaları Maksimum Akımlar Frekans Analizi*, Ankara.
- 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.
- Haan, C. T., 1979. Statistical Methods in Hydrology, The Iowa State University Press, Ames.

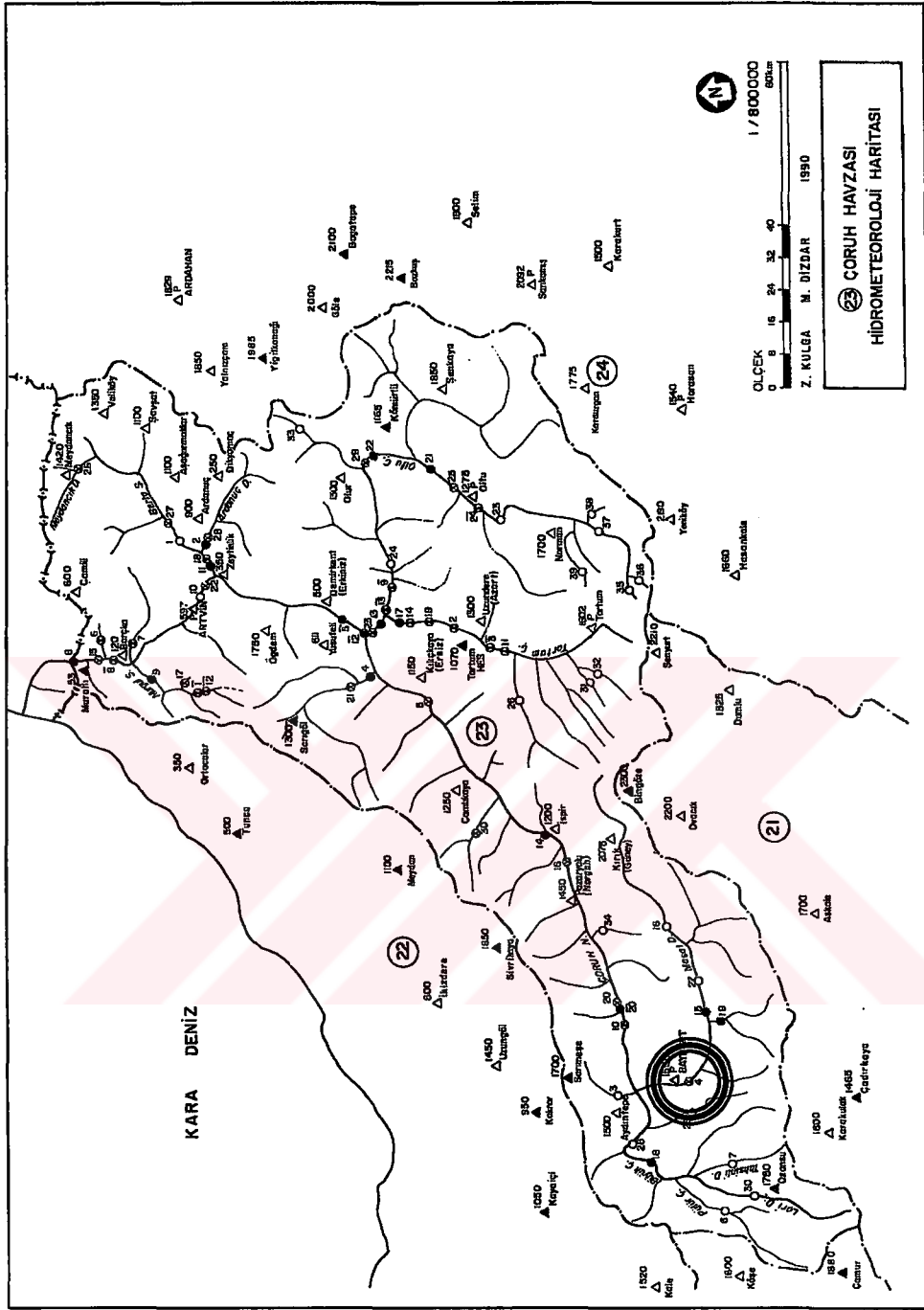
- Hosking, J. R. M.**, 1990. L-Moments: Analysis And Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics, *J.Royal Statistical Soc.*, **52**, 105-124.
- Hosking, J. R. M. and Wallis, J. R.**, 1997. Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments, Cambridge University Press, Cambridge.
- Joiner, B. L. and Rosenblatt, J. R.**, 1971. Some Properties of The Range in Samples From Turkey's Symmetric Lambda Distributions, *J. of American Statistical Association*, **66**, 394-399.
- Kite, G. W.**, 1974. Flood Frequency and Risk, Inland Waters Directorate, Water Resources Branch, Ottawa.
- Kite, G. W.**, 1976. Flood Frequency and Risk Analyses in Hydrology, Inland Waters Directorate, Water Resources Branch, Ottawa.
- 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.
- Önöz, B. ve Bayazit, M.**, 1998. Düşük Akımlar için Üstel Dağılım, *II. Ulusal Hidroloji Kongresi*, İ.T.Ü., İstanbul, 22-24 Haziran, s.175-181.
- Önöz, B. ve Bulu, A.**, 1996. Trakya Bölgesinde Düşük Akımların Frekans Analizi, *İ.M.O. Teknik Dergi*, **7**, 1243-1254.
- Sertbaş, Y. S.**, 1996. Sakarya Havzası Akarsularının Düşük Akım Debilerine En Uygun Dağılımın 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.
- Yevjevich, V.**, 1972. Probability and Statistics in Hydrology, Water Resources Publications, Colorado.

EK A: HİDROMETEOROLOJİ HARİTALARI

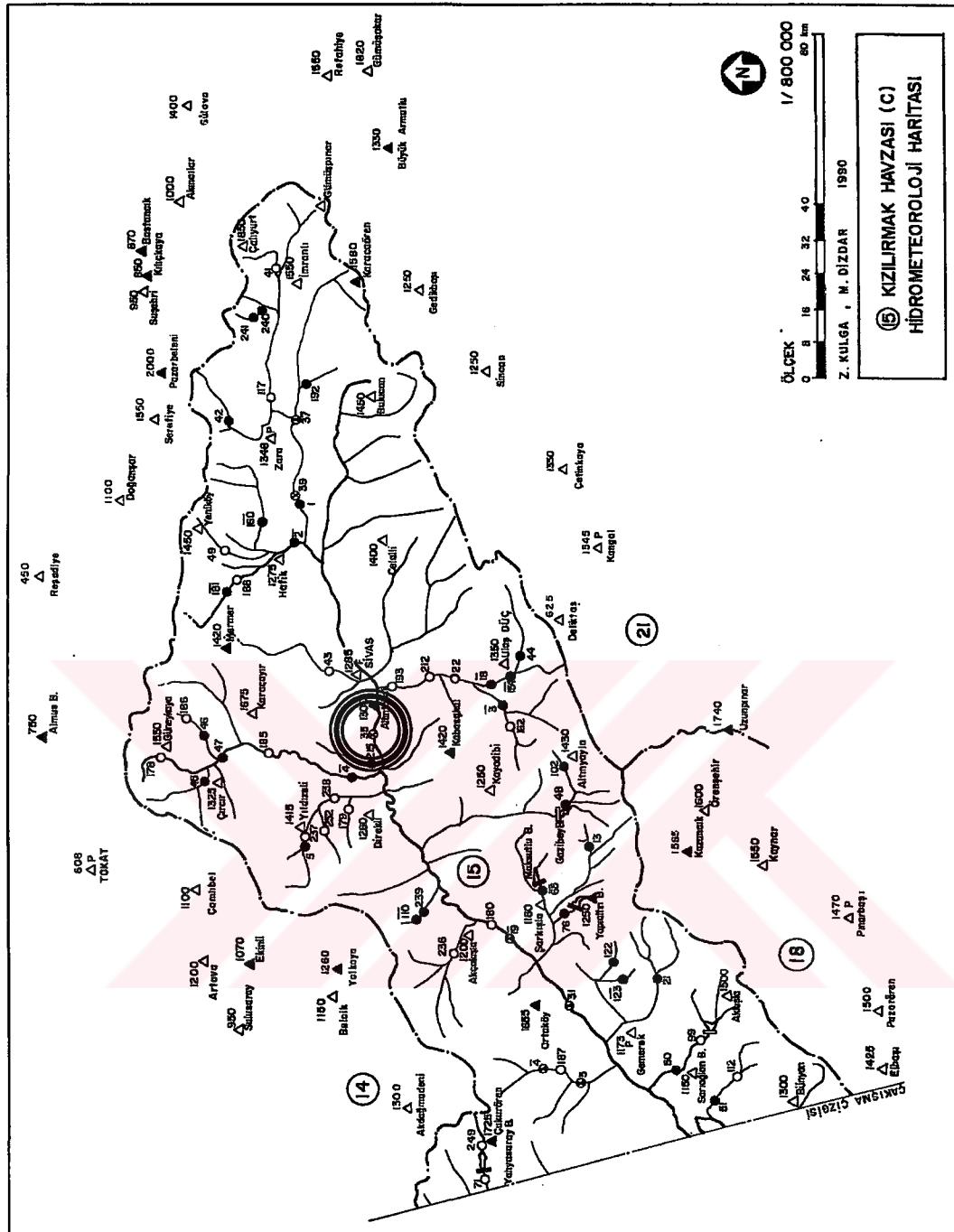


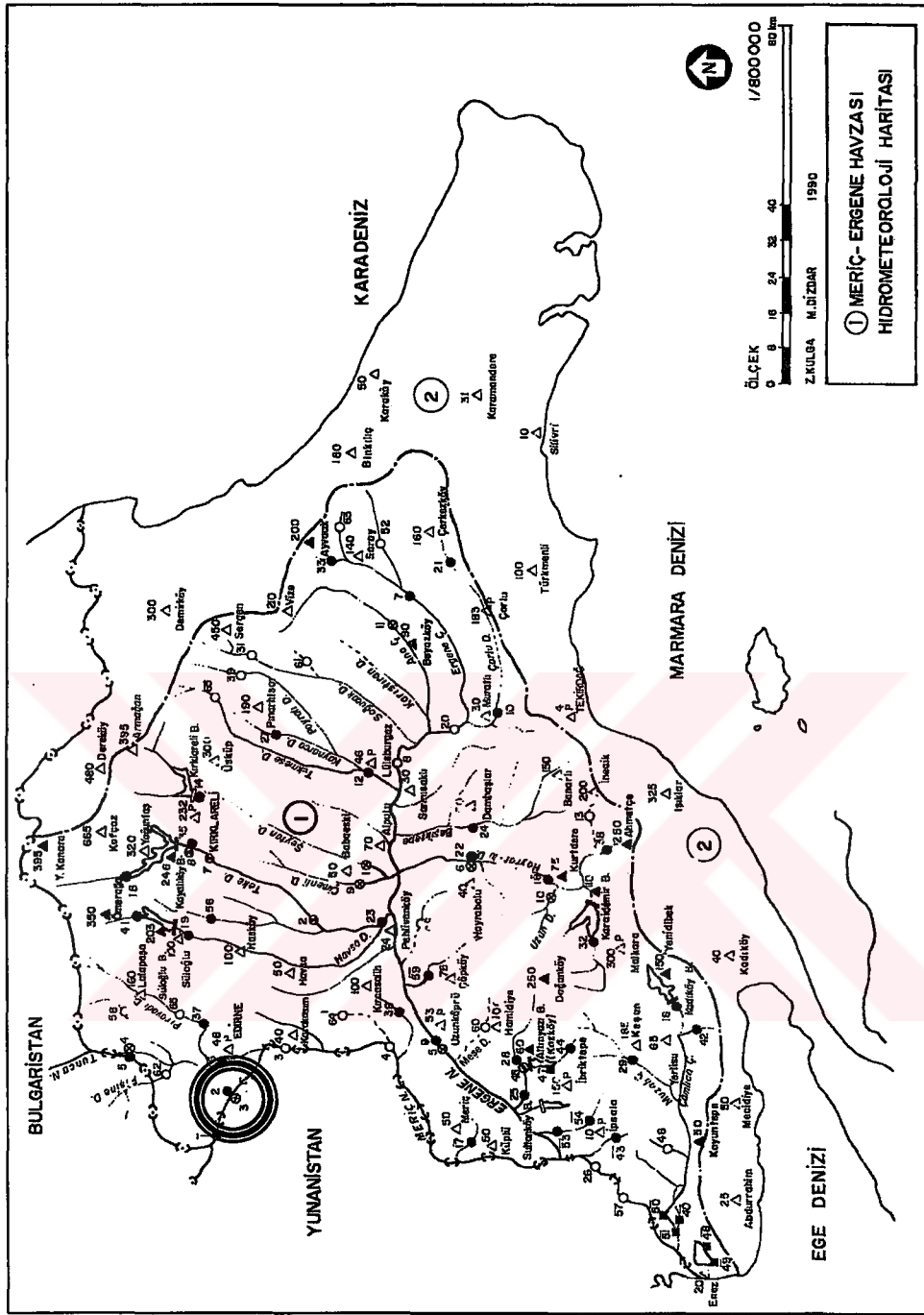


Şekil A.1: Aras Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 2402 Numaralı İstasyon (D.S.İ., 1994).

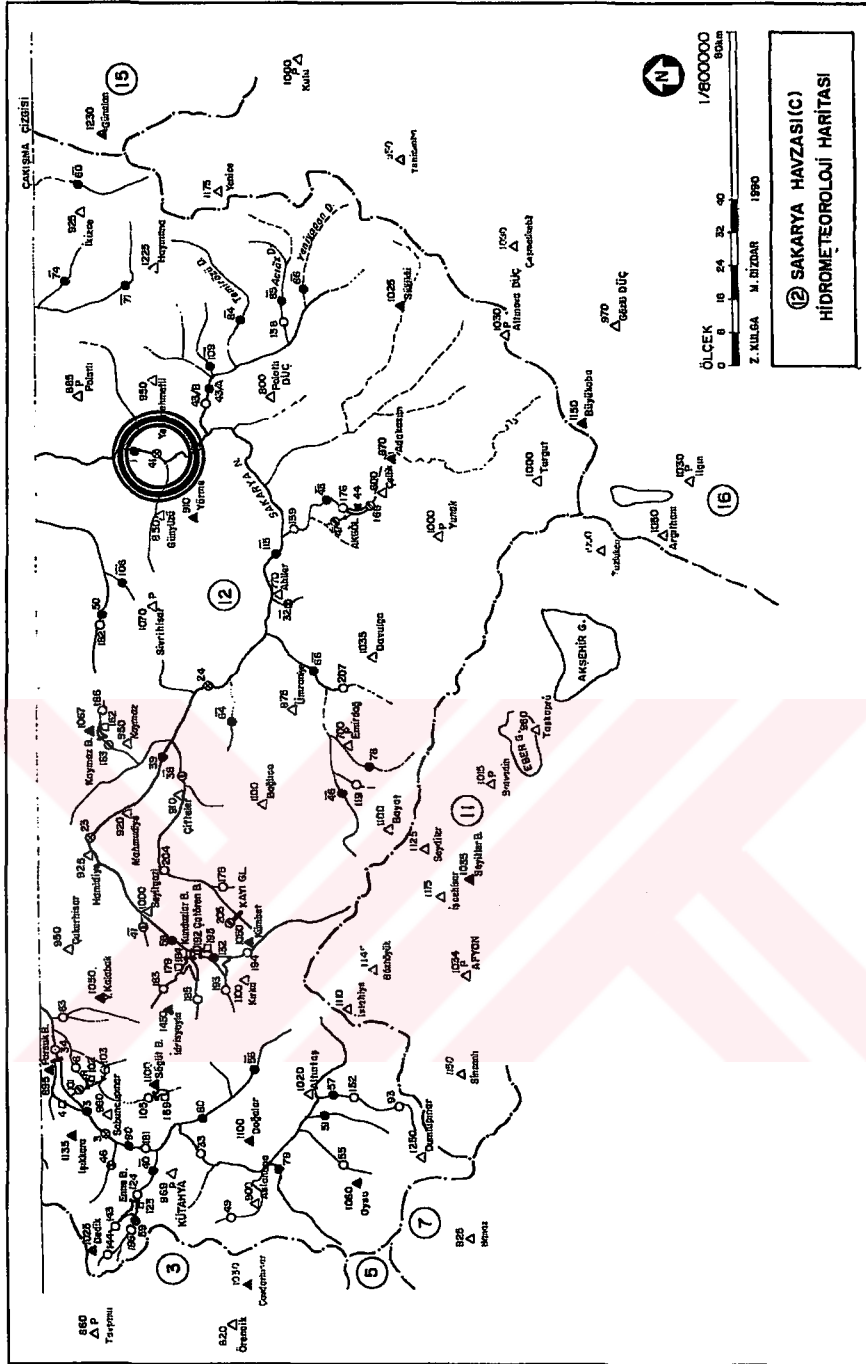


Şekil A.4: Çoruh Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 2304 Numaralı İstasyon (D.S.İ., 1994).

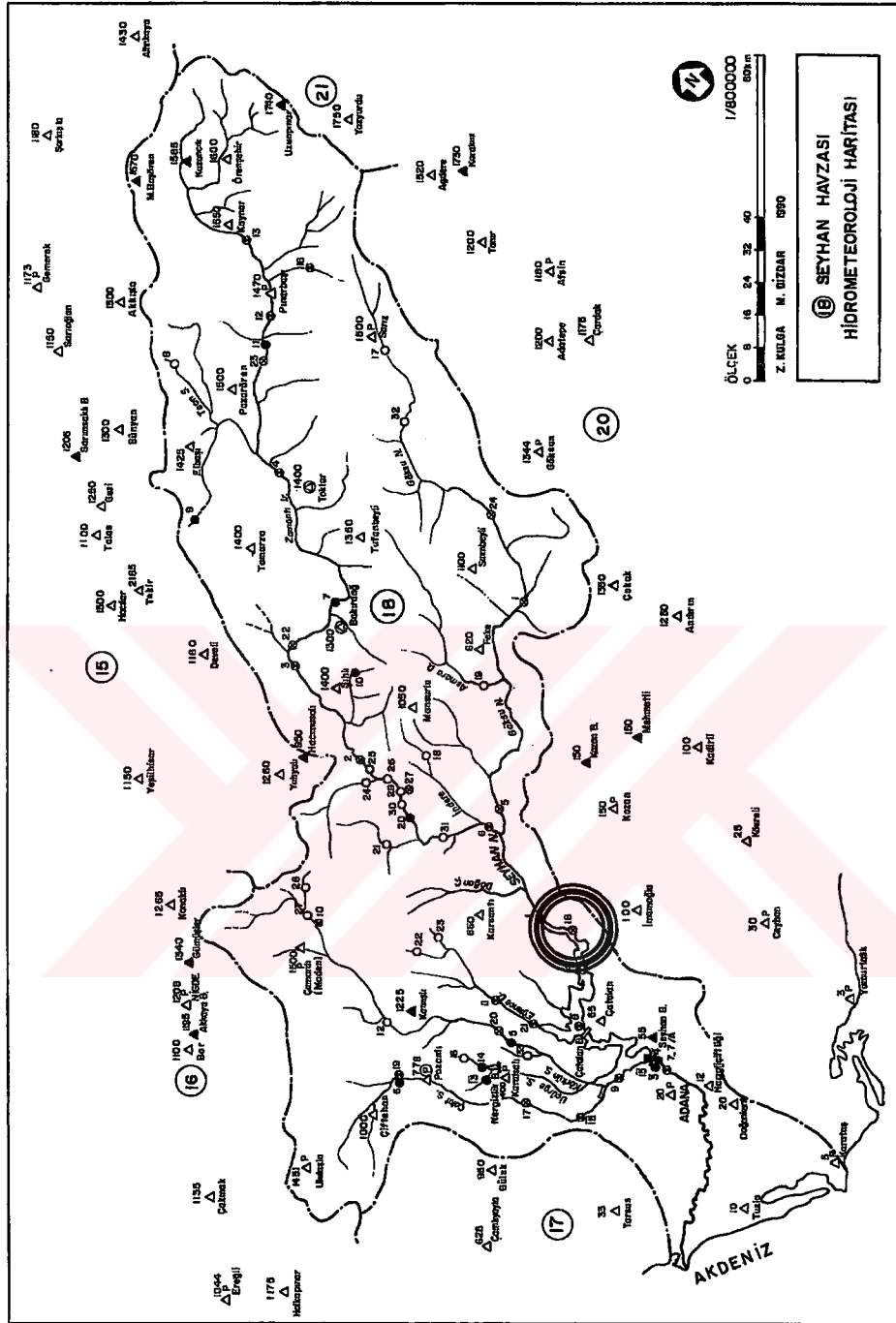




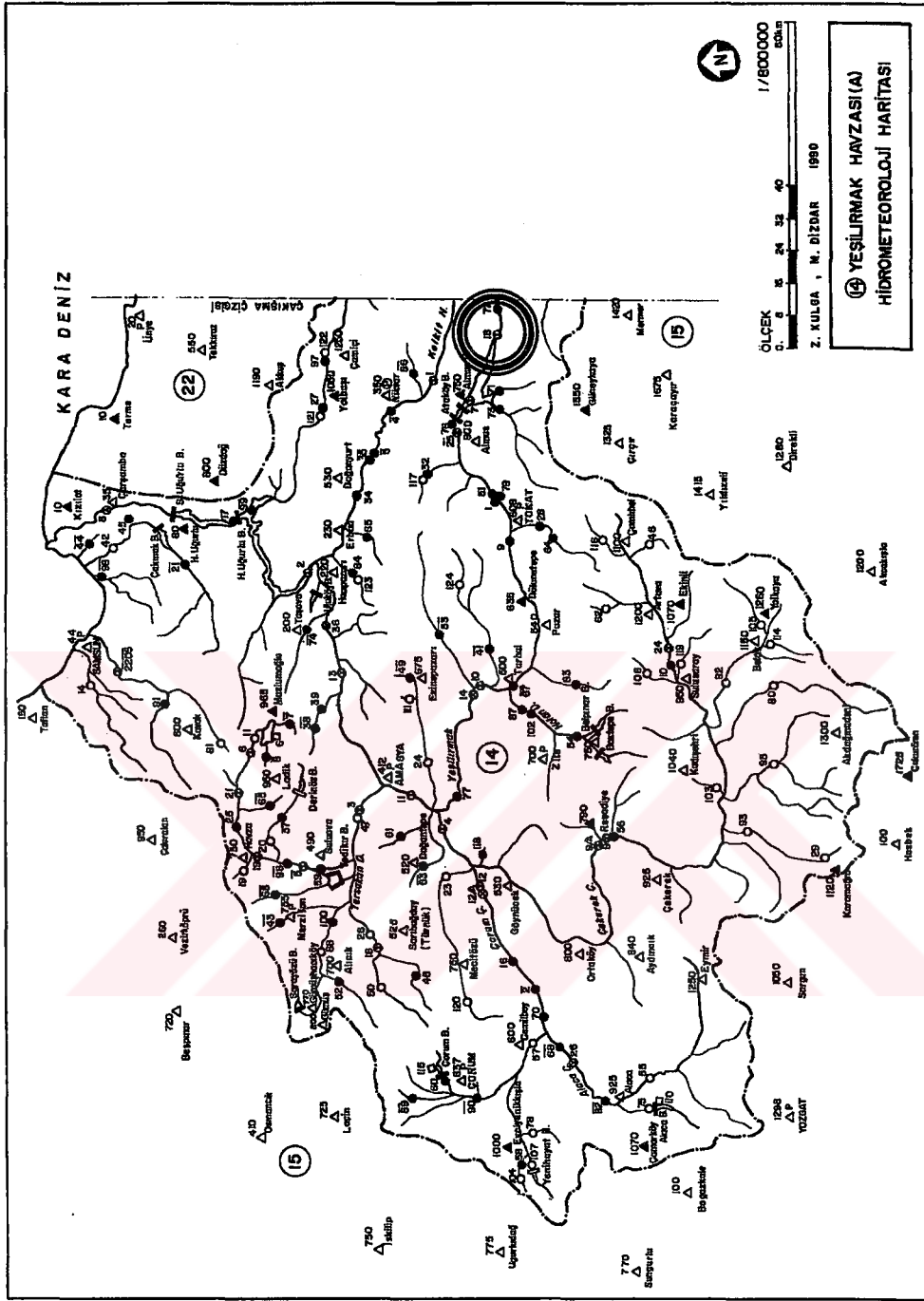
Şekil A.8: Meriç – Ergene Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri
Kullanılan 103 Numaralı İstasyon (D.S.İ., 1994).



Şekil A.9: Sakarya Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 1241 Numaralı İstasyon (D.S.İ., 1994).



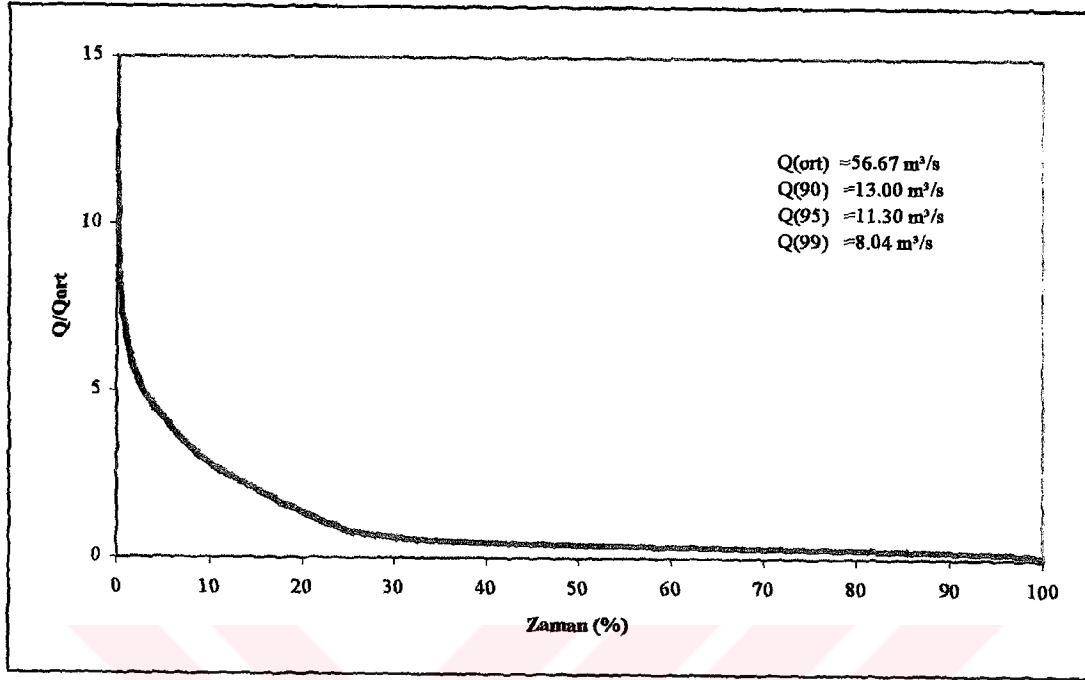
Şekil A.10: Seyhan Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 1818 Numaralı İstasyon (D.S.İ., 1994).



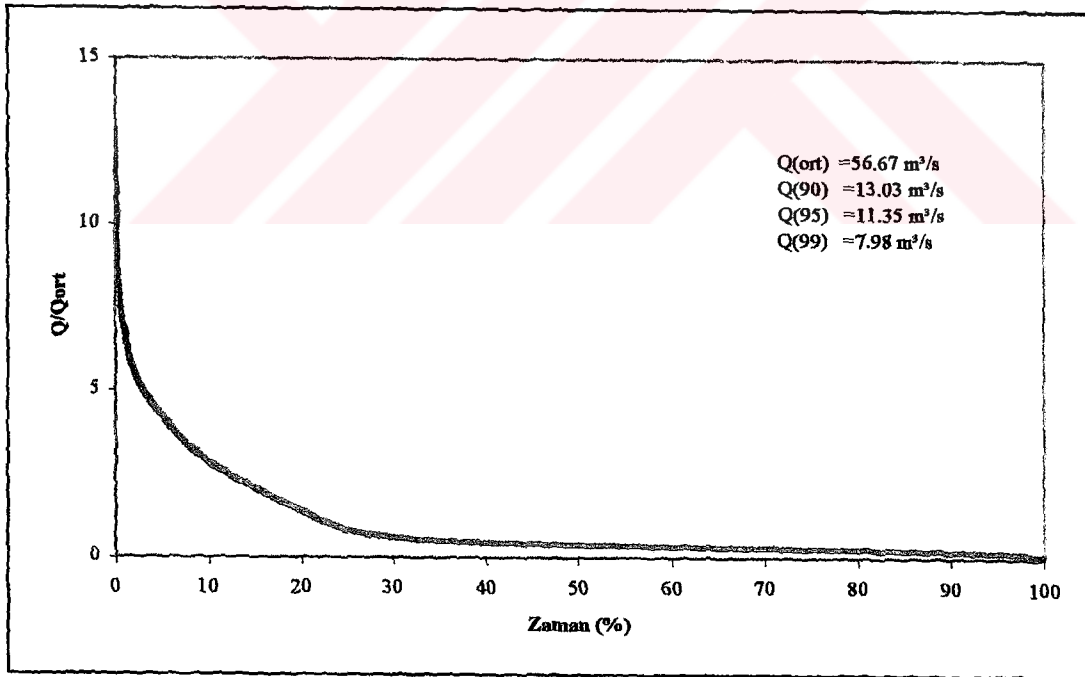
Şekil A.11: Yeşilırmak Havzası Hidrometeoroloji Haritası ve Günlük Debileri Kullanılan 1418 Numaralı İstasyon (D.S.İ., 1994).

EK B: DEBİ SÜREKLİLİK ÇİZGİLERİ

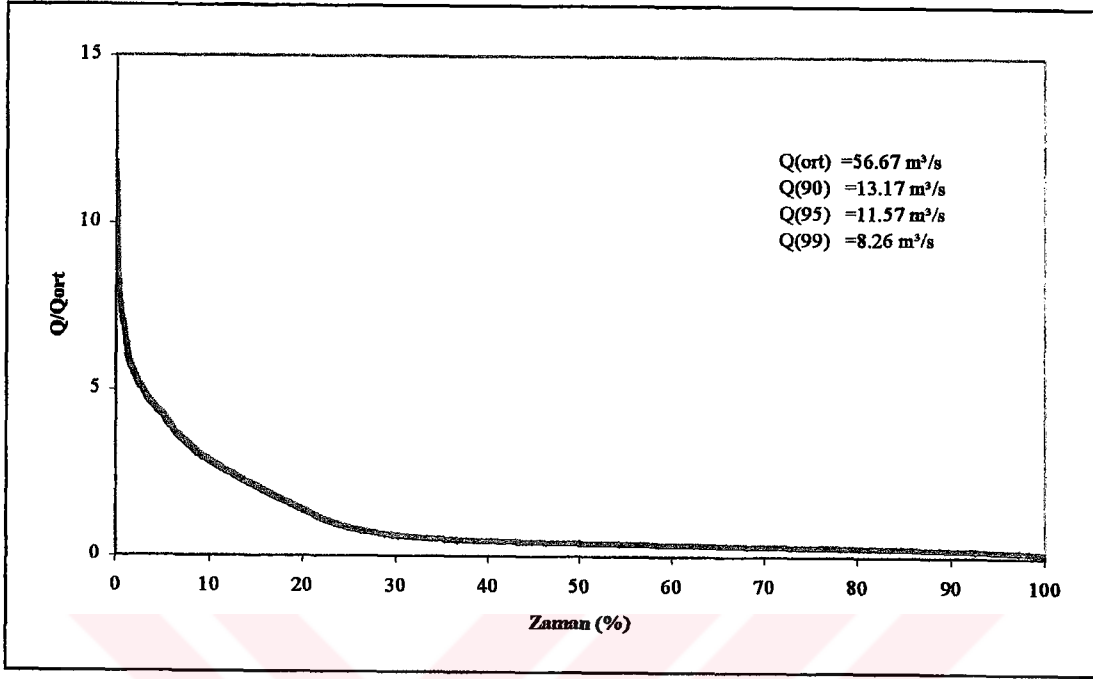




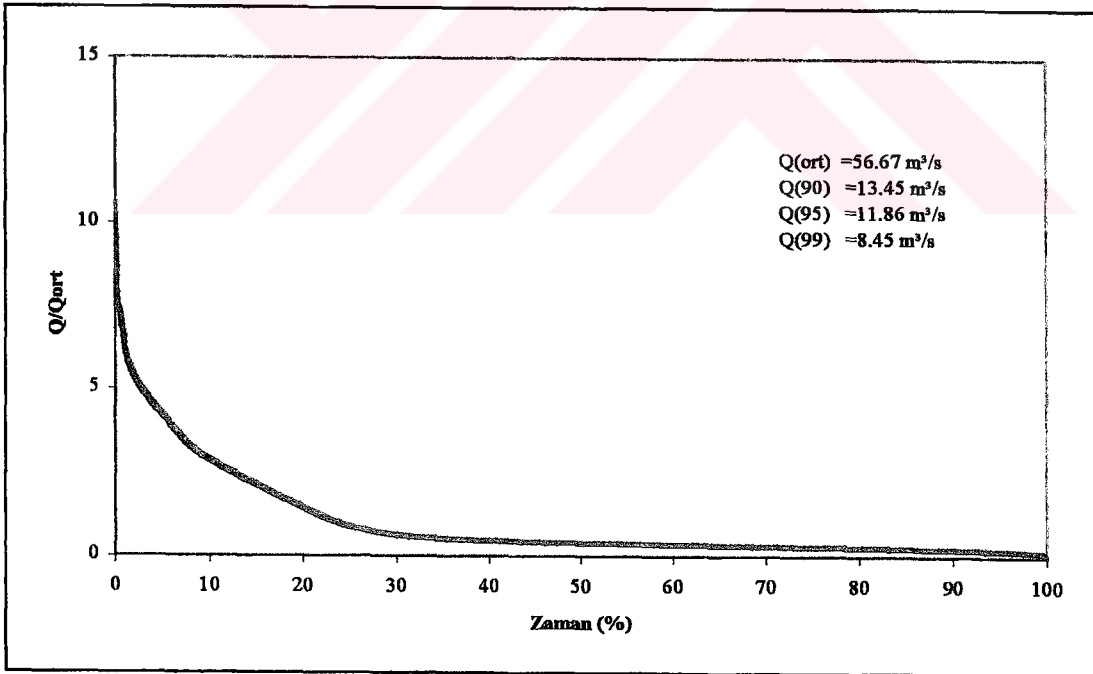
Şekil B.1: Aras Nehri, 2402 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



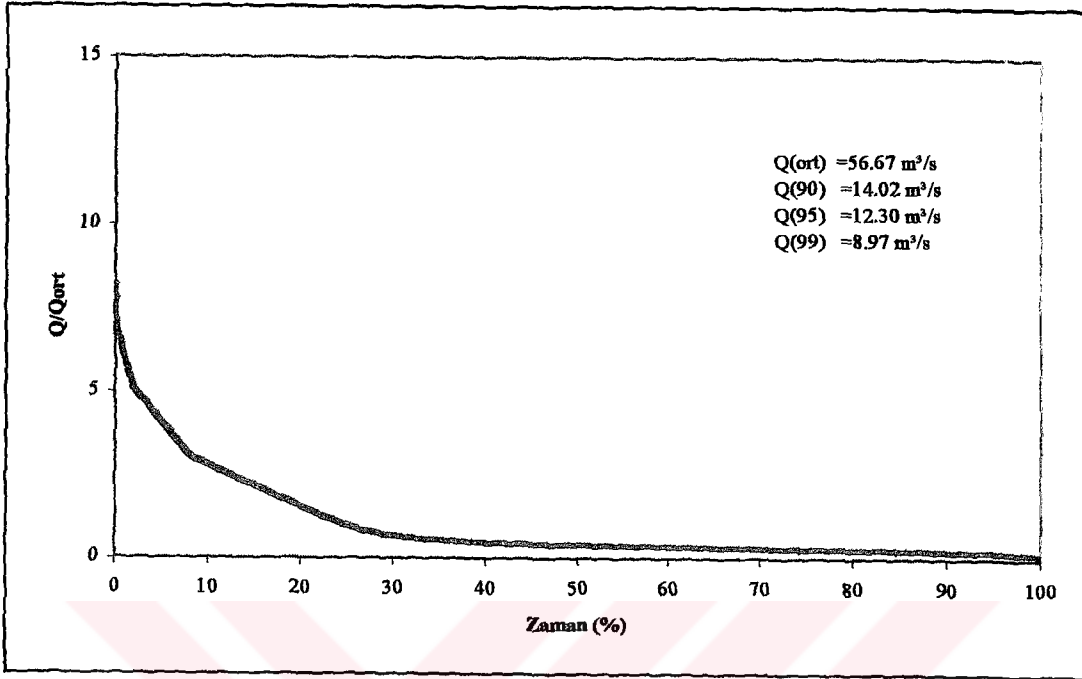
Şekil B.2: Aras Nehri, 2402 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



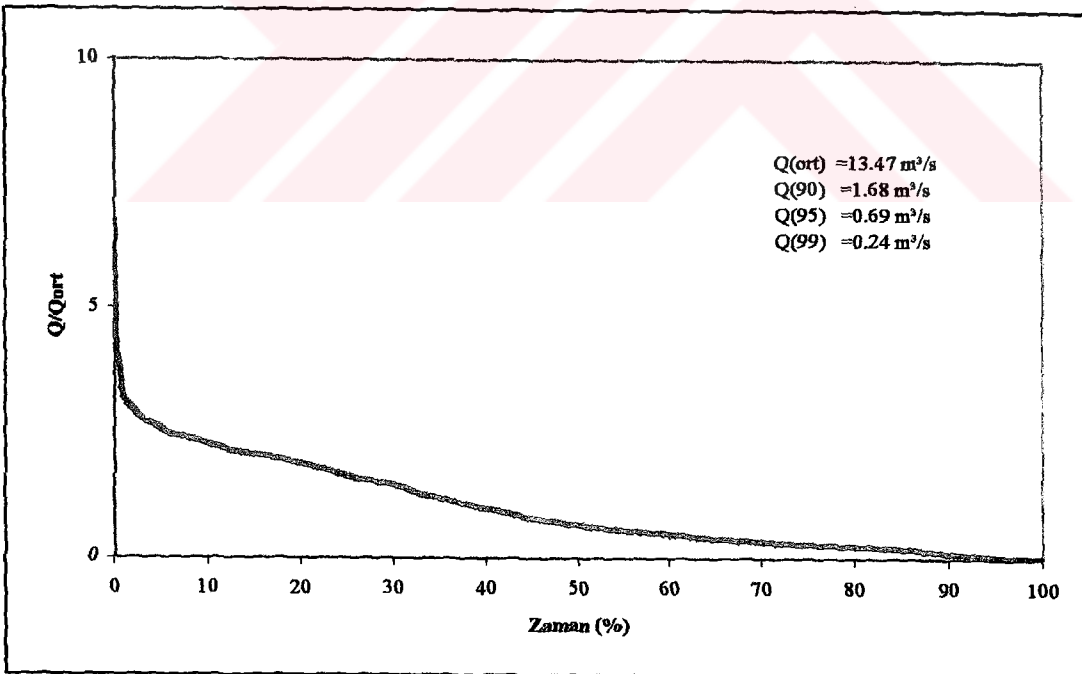
Şekil B.3: Aras Nehri, 2402 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



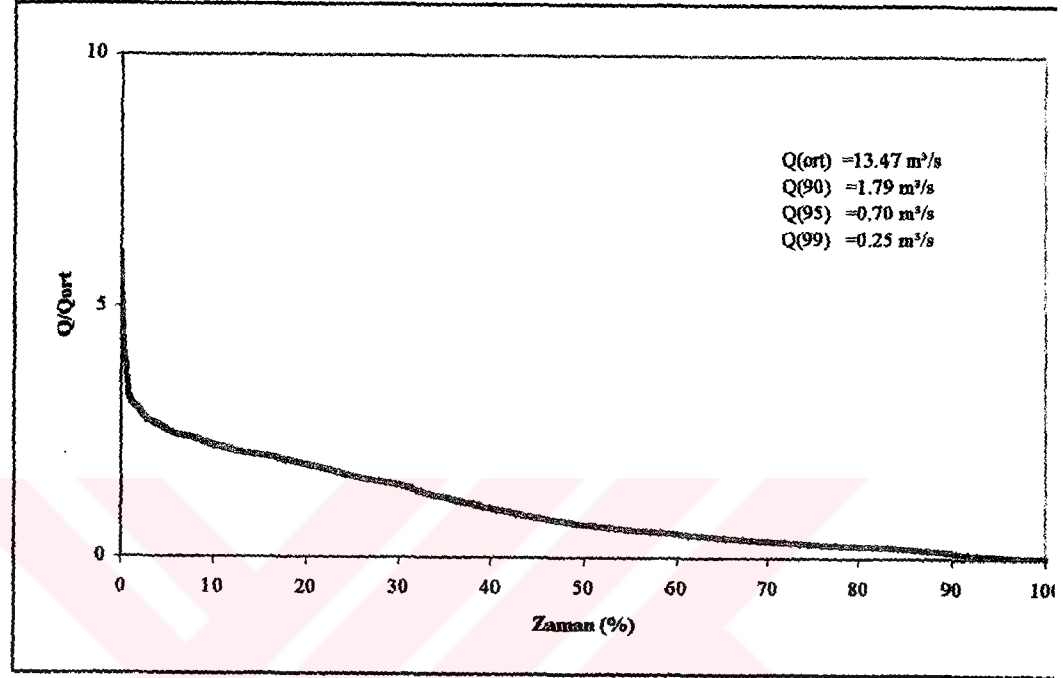
Şekil B.4: Aras Nehri, 2402 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



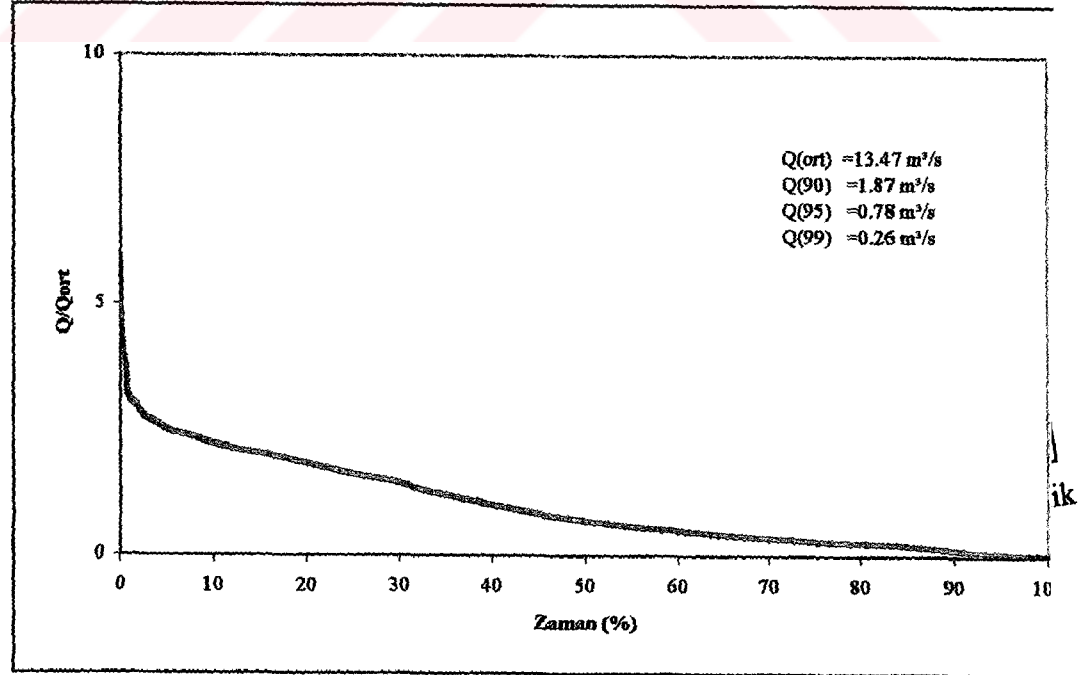
Şekil B.5: Aras Nehri, 2402 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



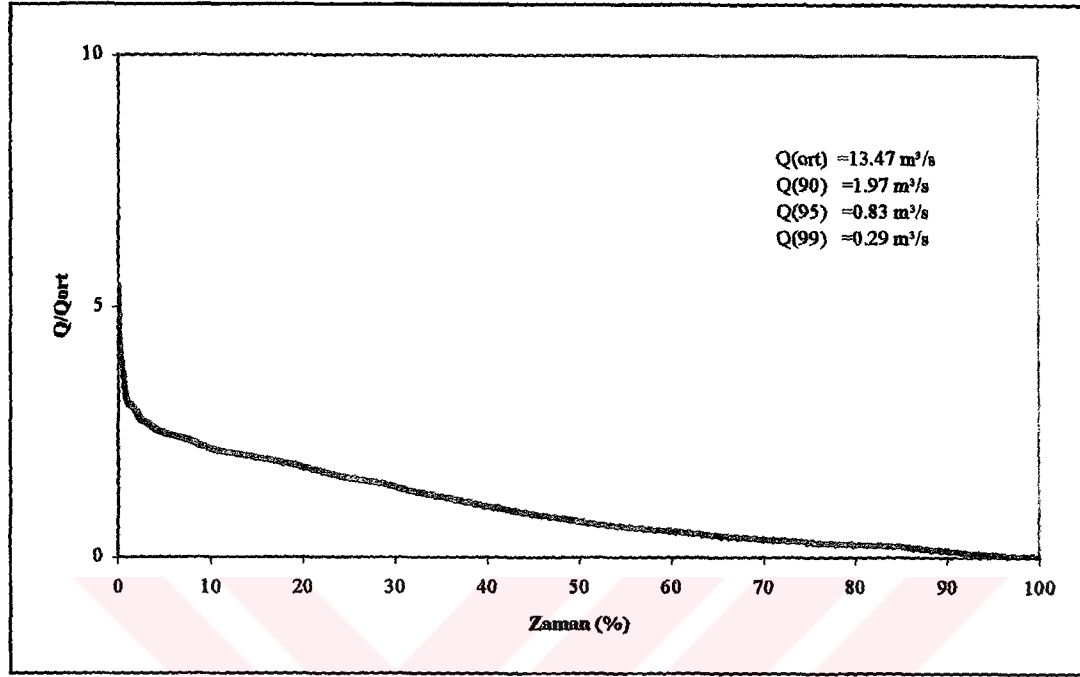
Şekil B.6: Büyük Menderes Nehri, 713 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



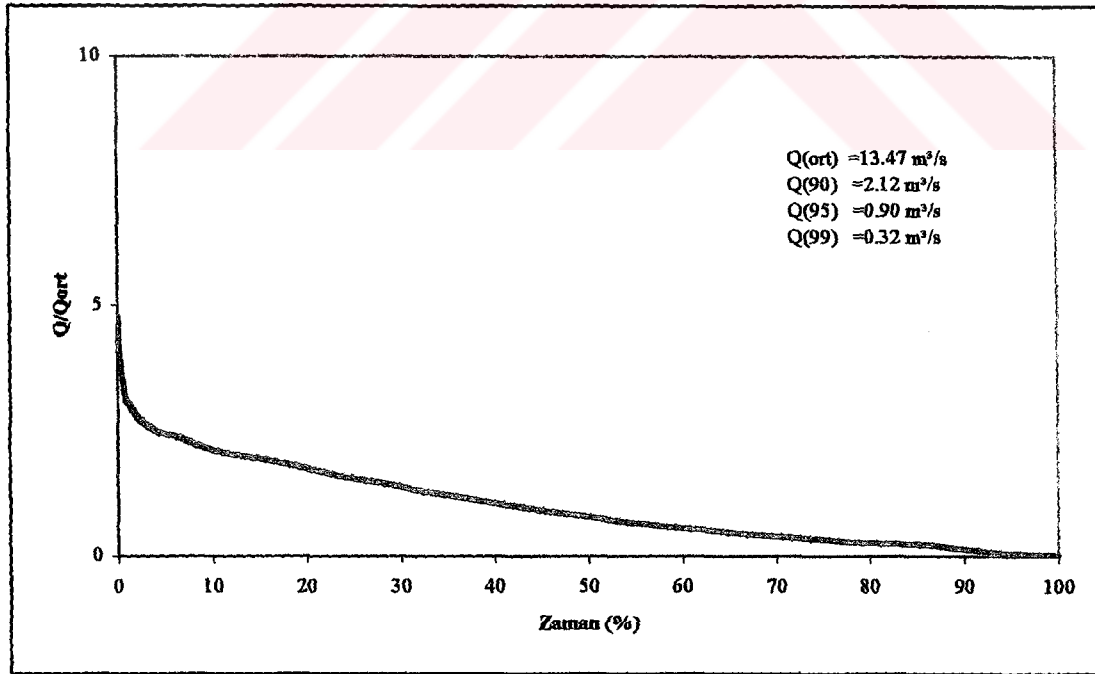
Şekil B.7: Büyük Menderes Nehri, 713 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreli Çizgisi.



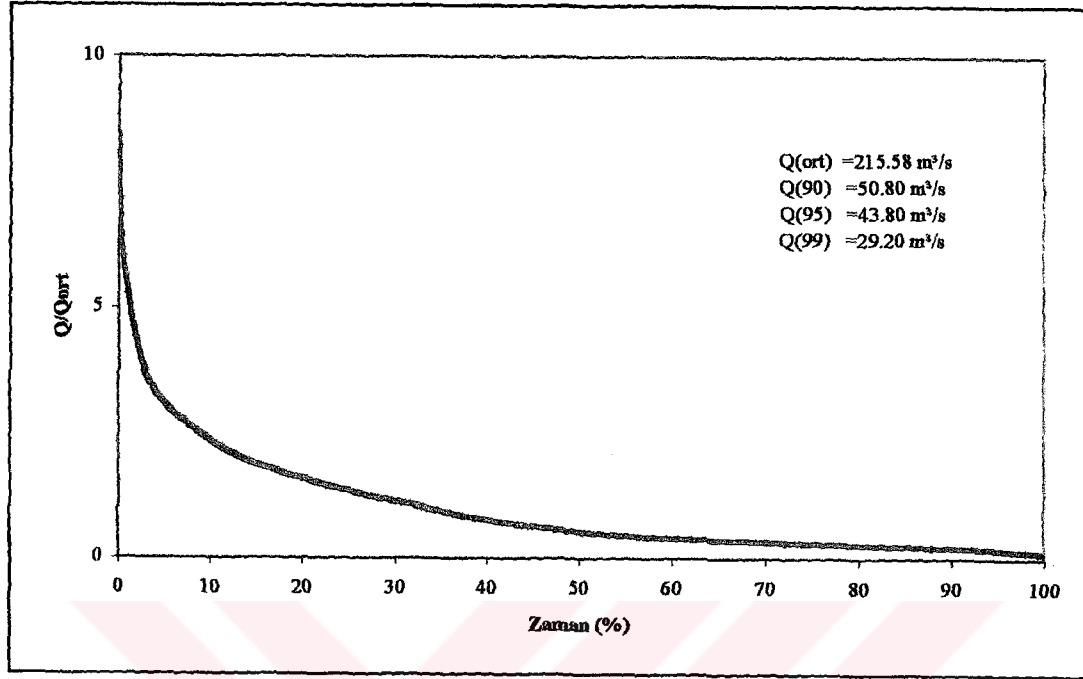
Şekil B.8: Büyük Menderes Nehri, 713 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreli Çizgisi.



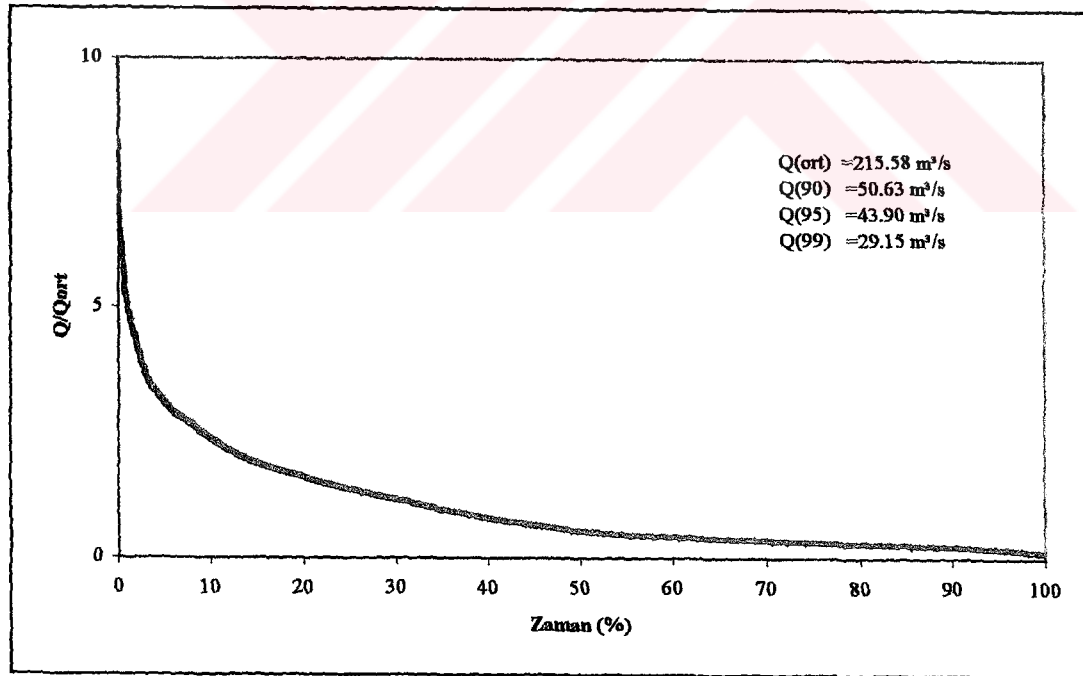
Şekil B.9: Büyük Menderes Nehri, 713 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



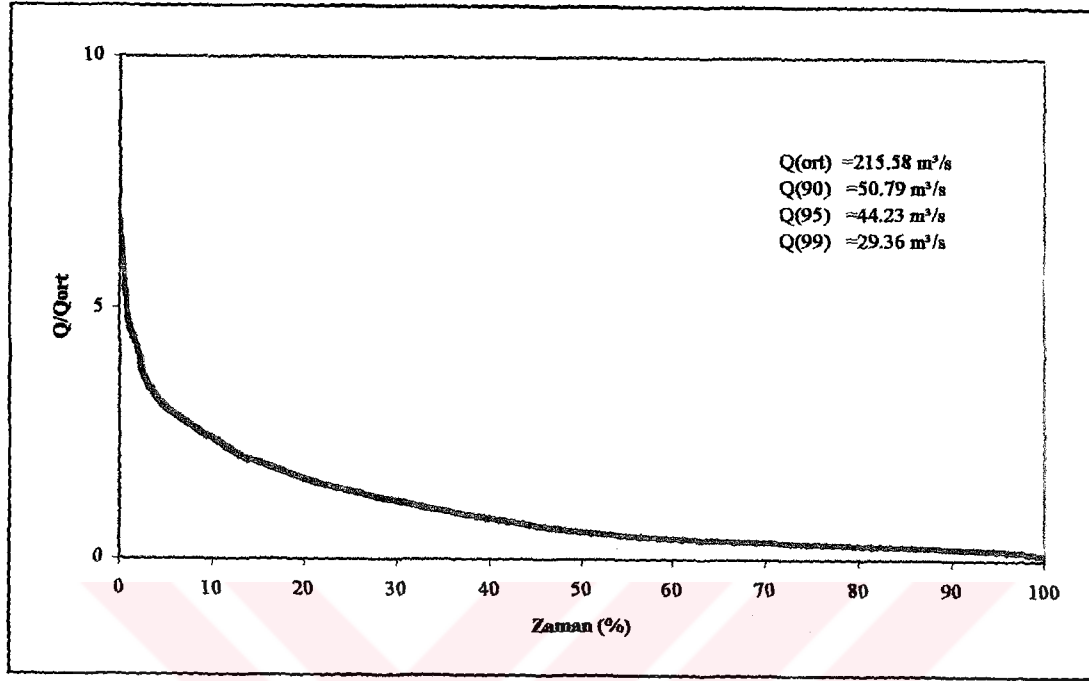
Şekil B.10: Büyük Menderes Nehri, 713 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



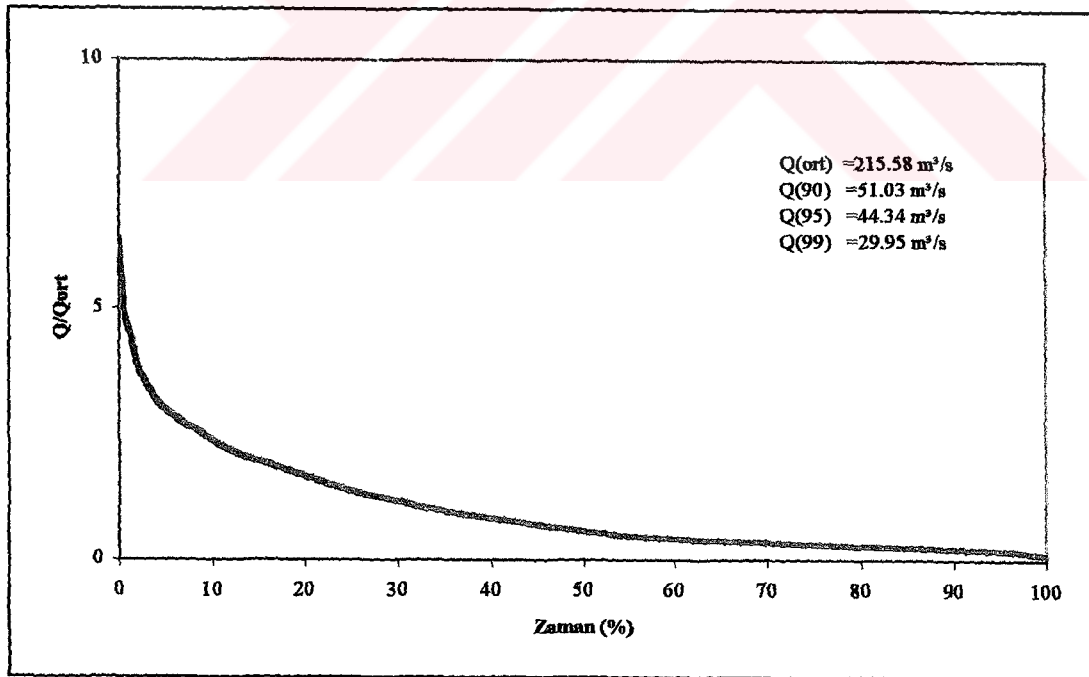
Şekil B.11: Ceyhan Nehri, 2020 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



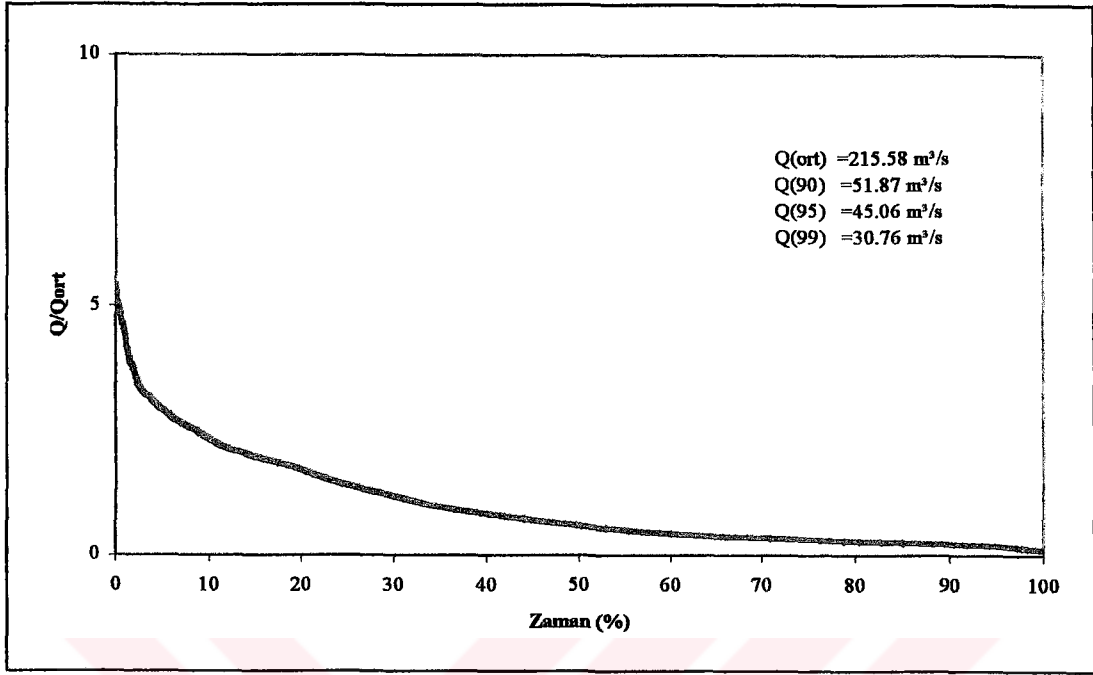
Şekil B.12: Ceyhan Nehri, 2020 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



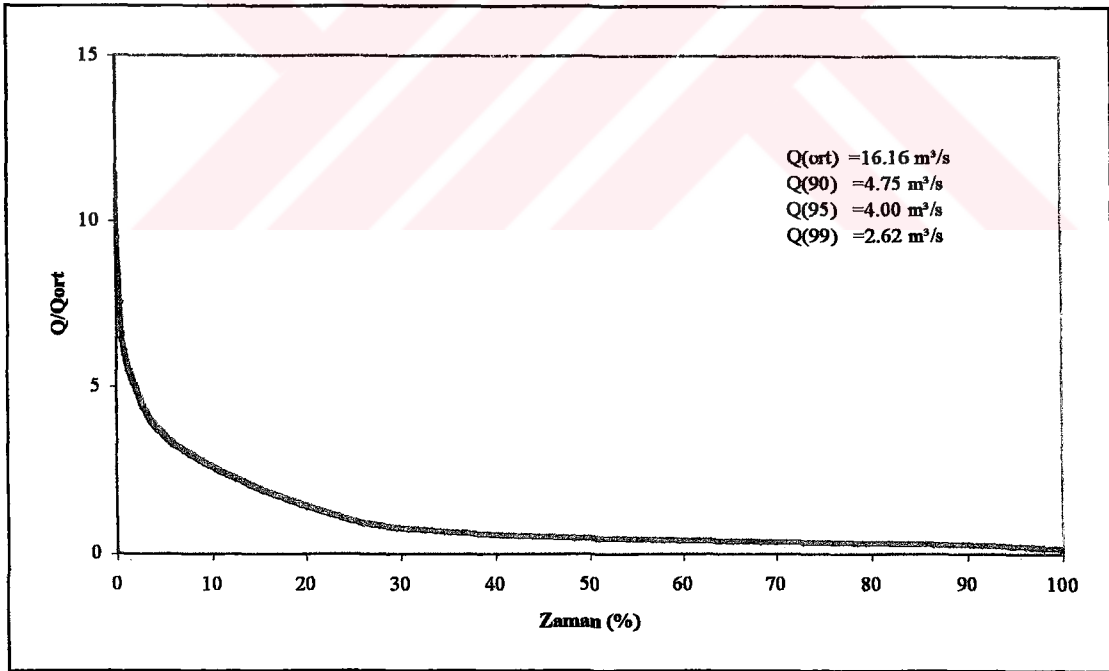
Şekil B.13: Ceyhan Nehri, 2020 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



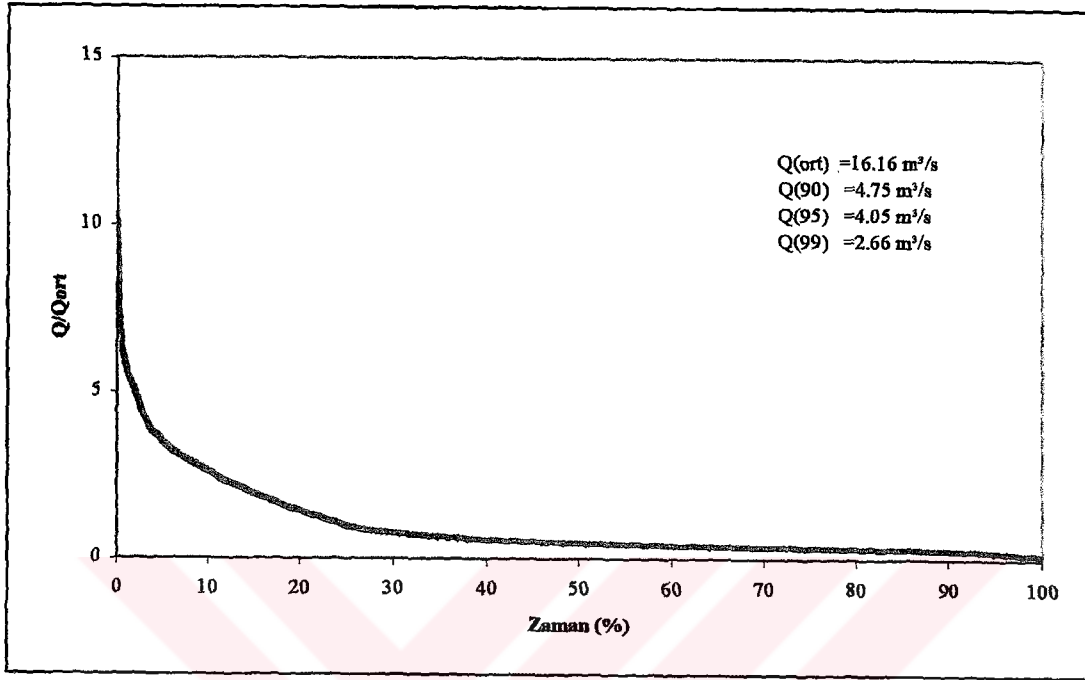
Şekil B.14: Ceyhan Nehri, 2020 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



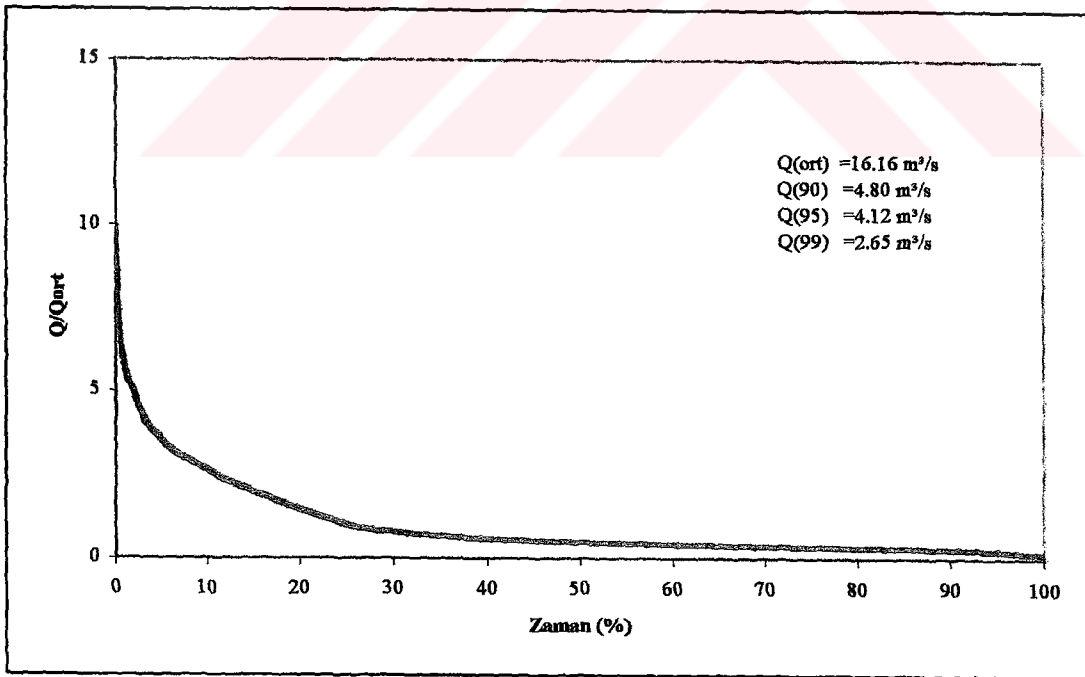
Şekil B.15: Ceyhan Nehri, 2020 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



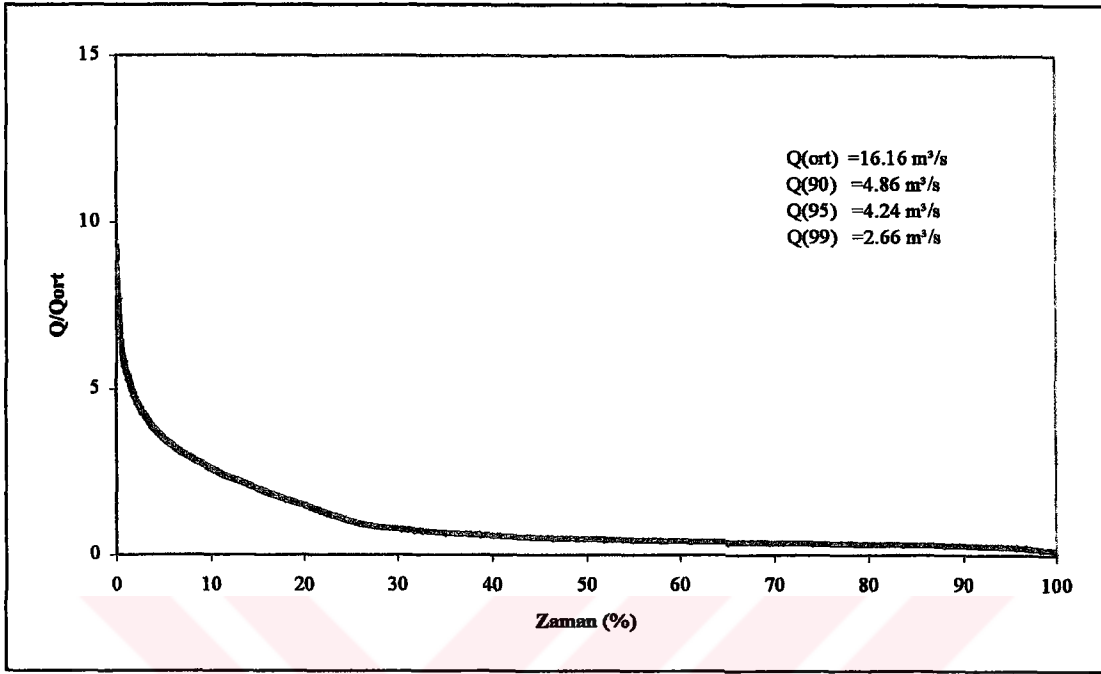
Şekil B.16: Çoruh Nehri, 2304 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



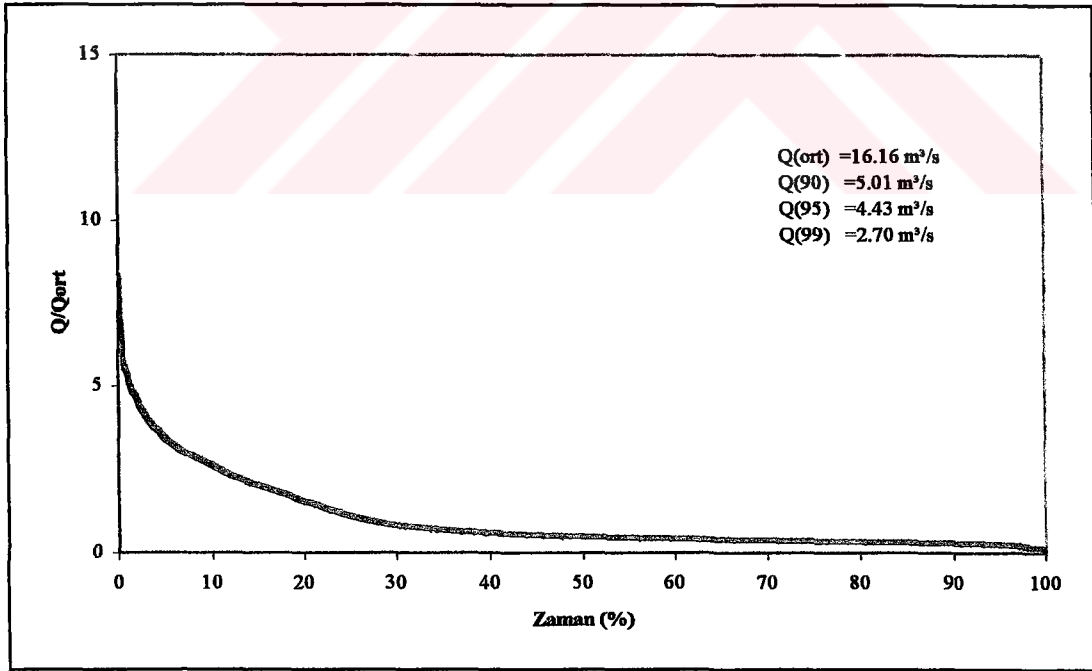
Şekil B.17: Çoruh Nehri, 2304 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



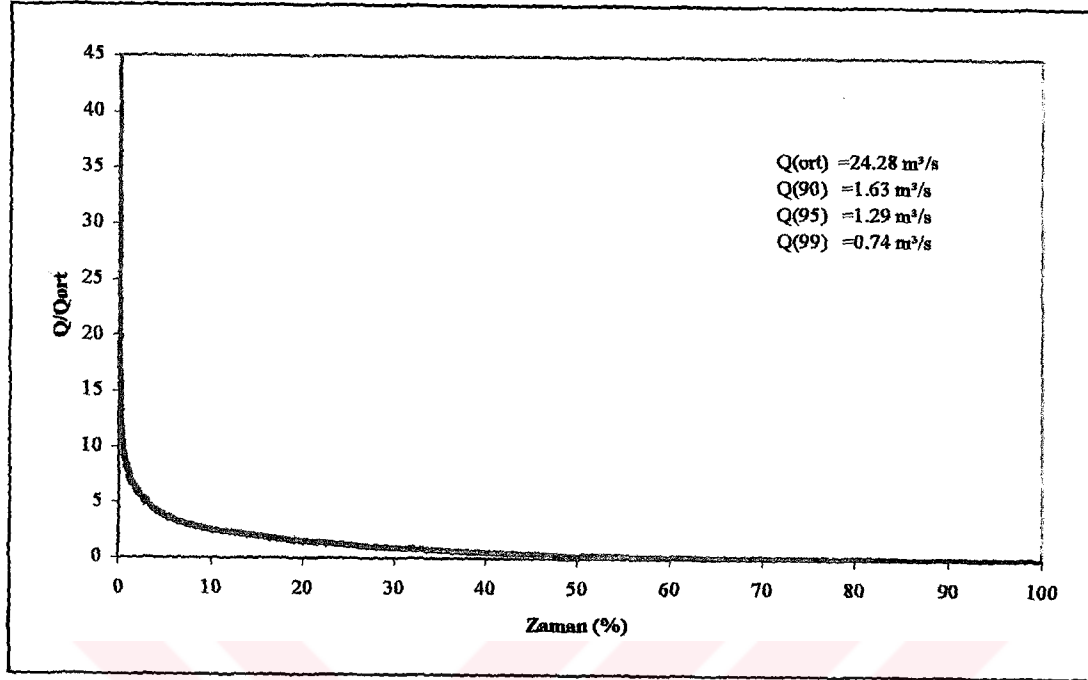
Şekil B.18: Çoruh Nehri, 2304 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



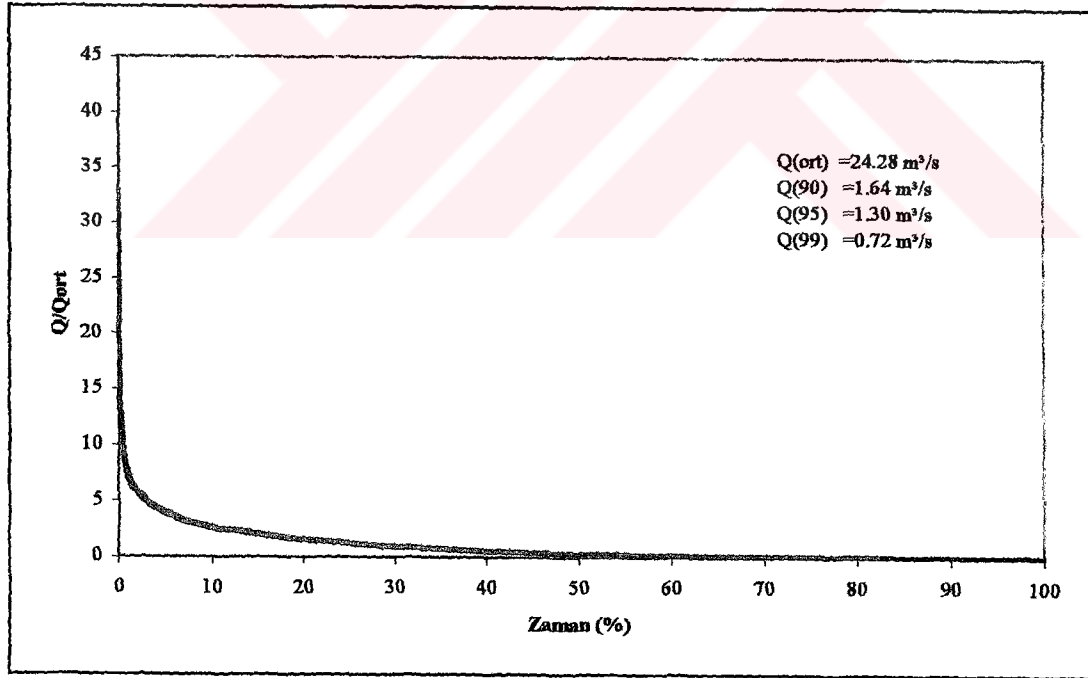
Şekil B.19: Çoruh Nehri, 2304 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



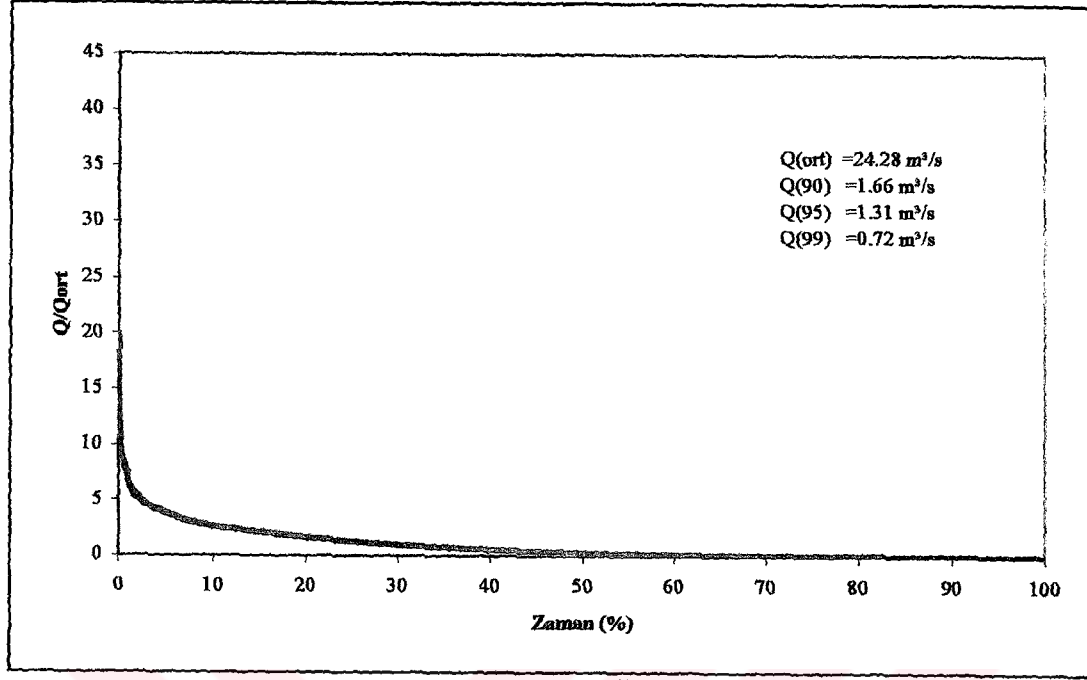
Şekil B.20: Çoruh Nehri, 2304 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



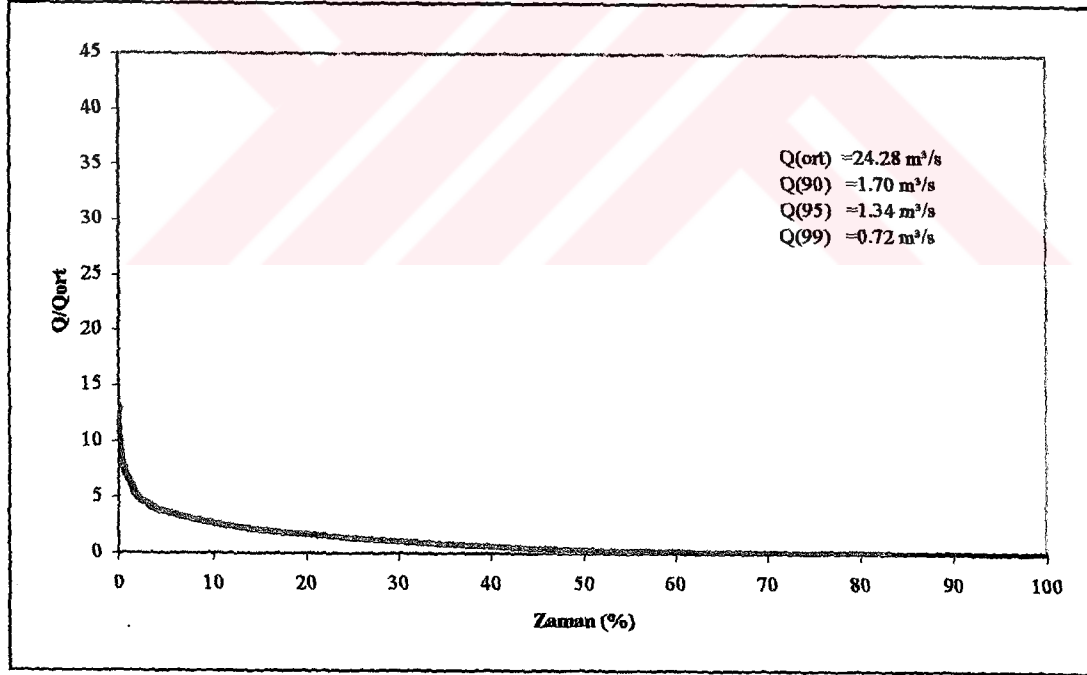
Şekil B.21: Dicle Nehri, 2617 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



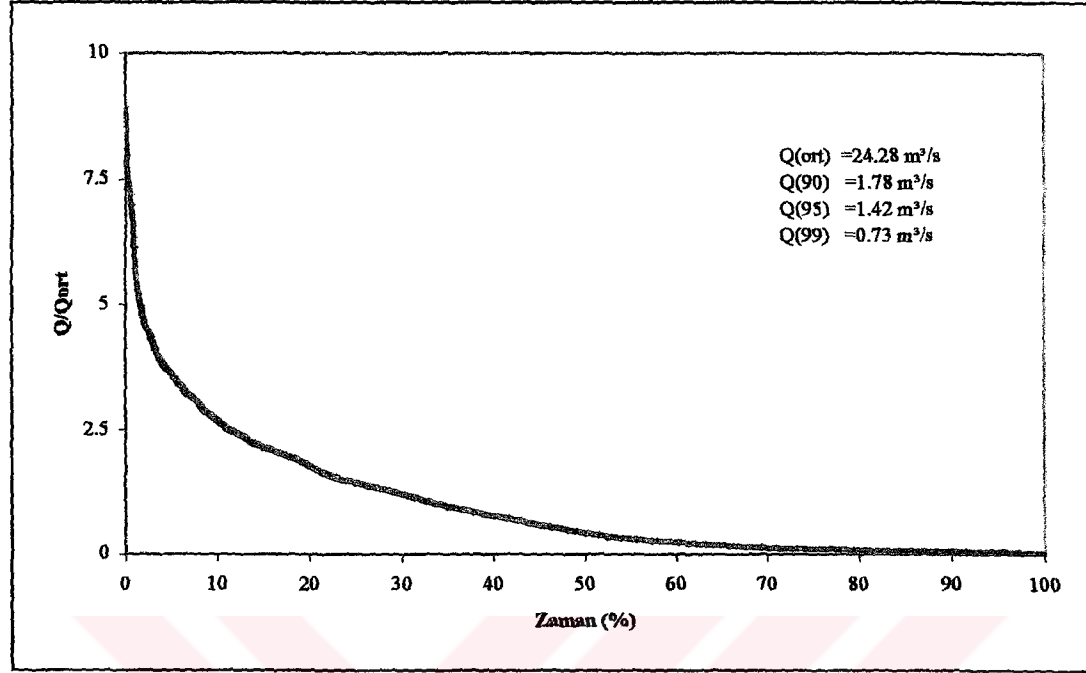
Şekil B.22: Dicle Nehri, 2617 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



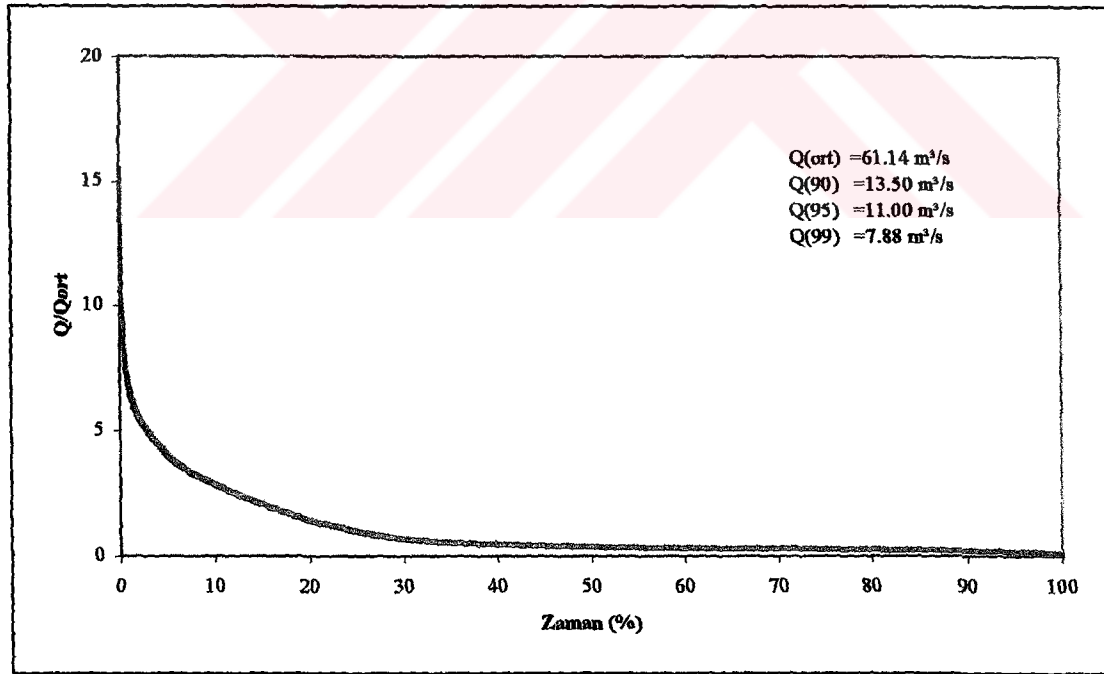
Şekil B.23: Dicle Nehri, 2617 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



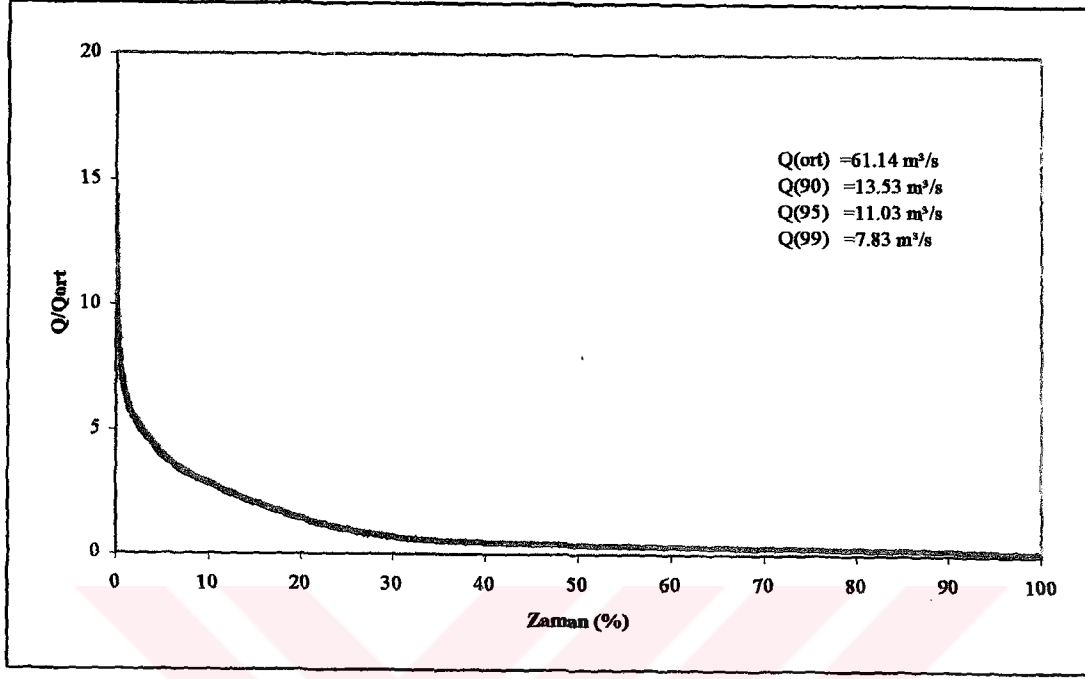
Şekil B.24: Dicle Nehri, 2617 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



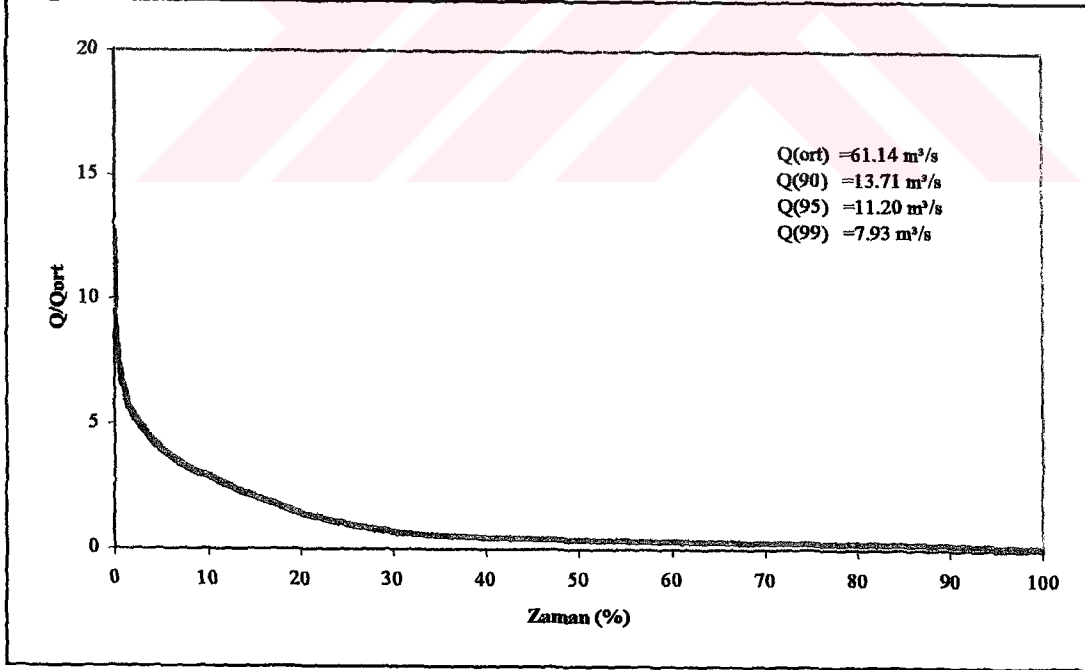
Şekil B.25: Dicle Nehri, 2617 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



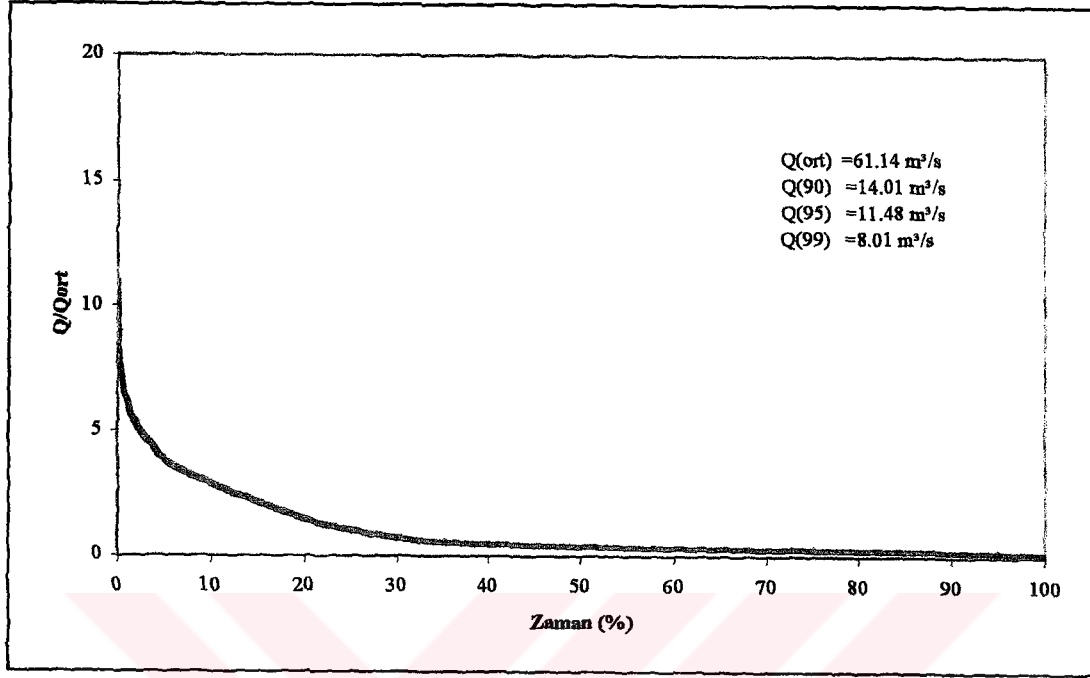
Şekil B.26: Fırat Nehri, 2151 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



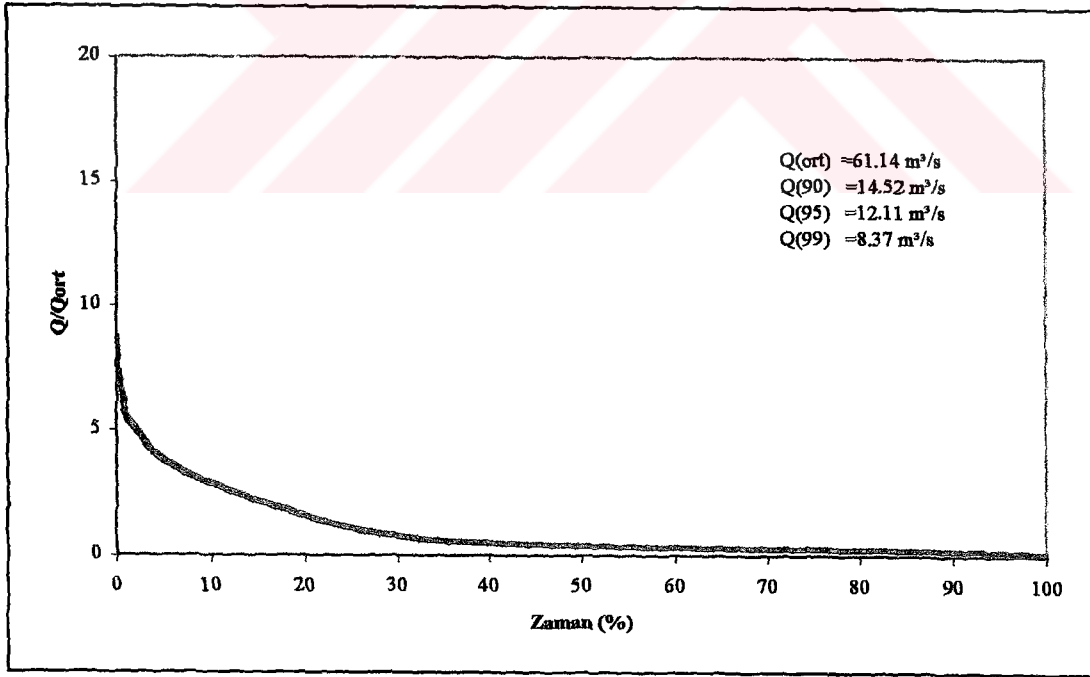
Şekil B.27: Fırat Nehri, 2151 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



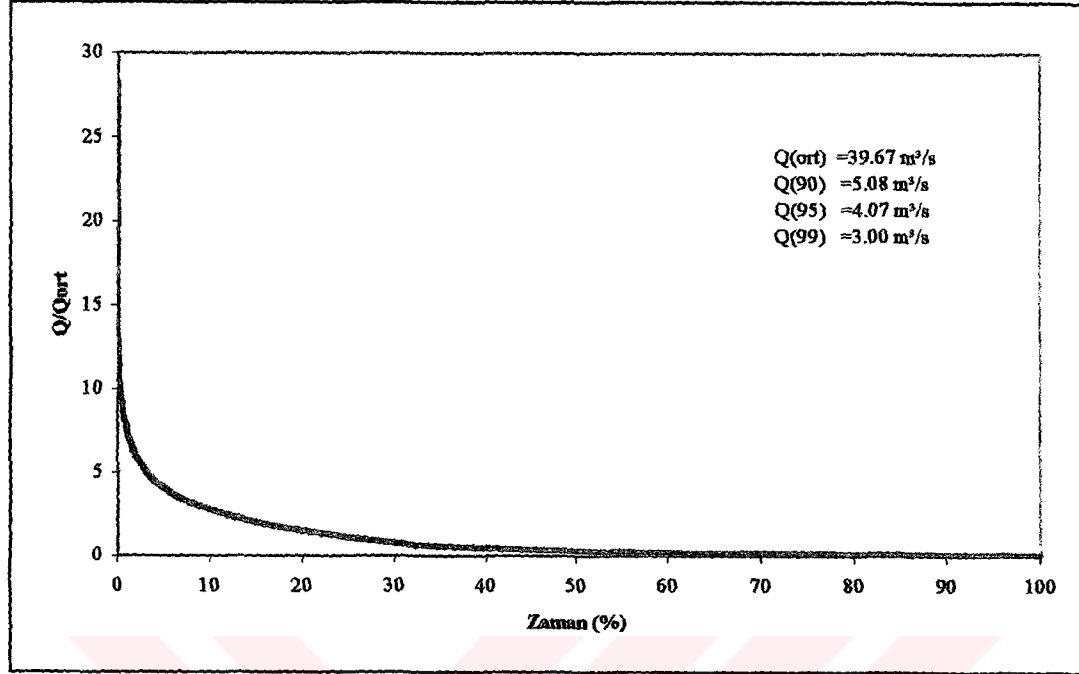
Şekil B.28: Fırat Nehri, 2151 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



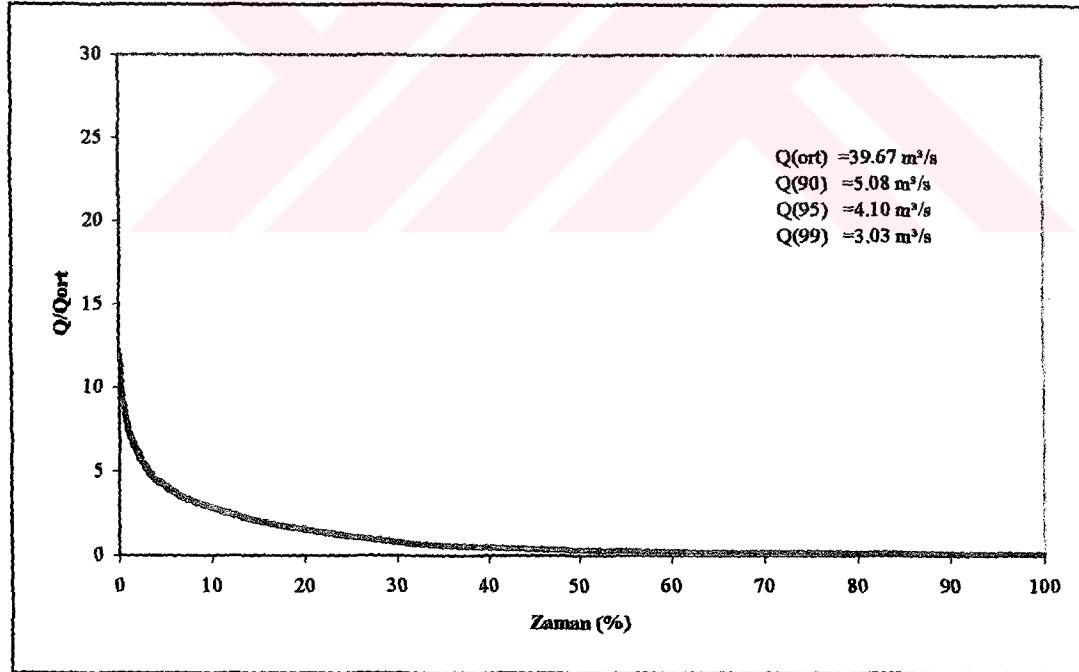
Şekil B.29: Fırat Nehri, 2151 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



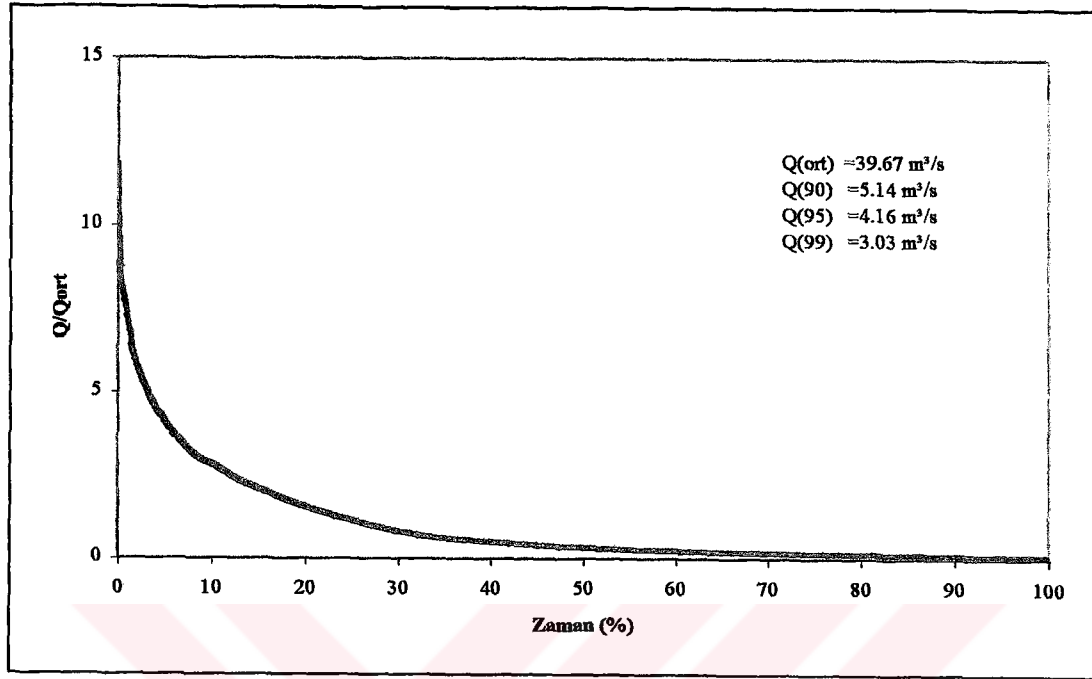
Şekil B.30: Fırat Nehri, 2151 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



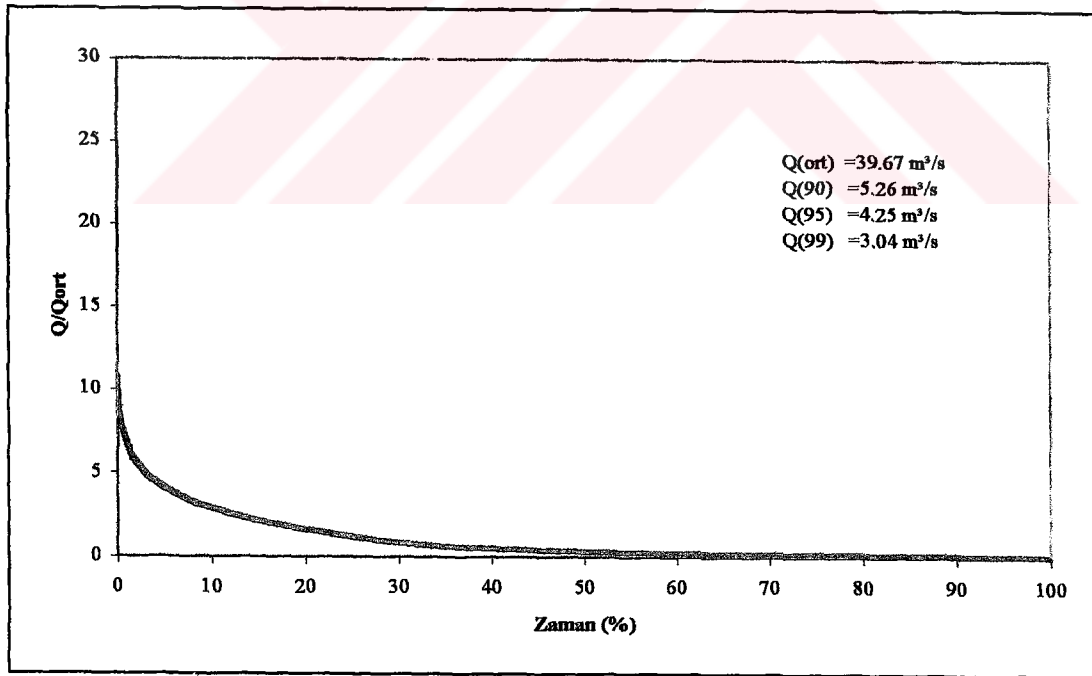
Şekil B.31: Kızılırmak Nehri, 1535 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



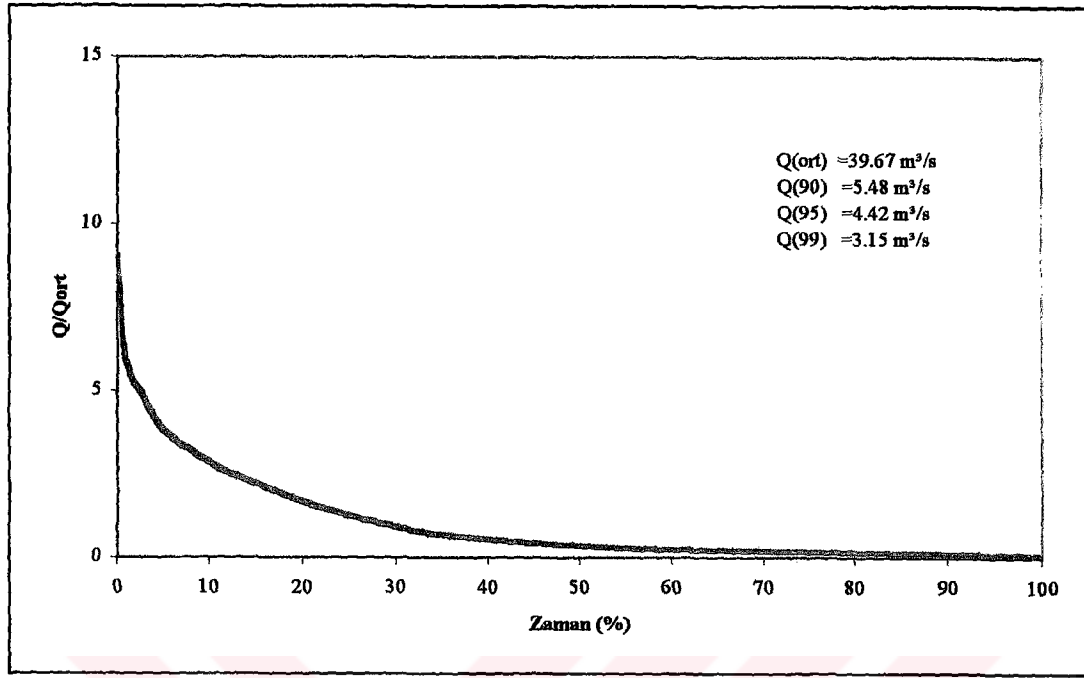
Şekil B.32: Kızılırmak Nehri, 1535 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



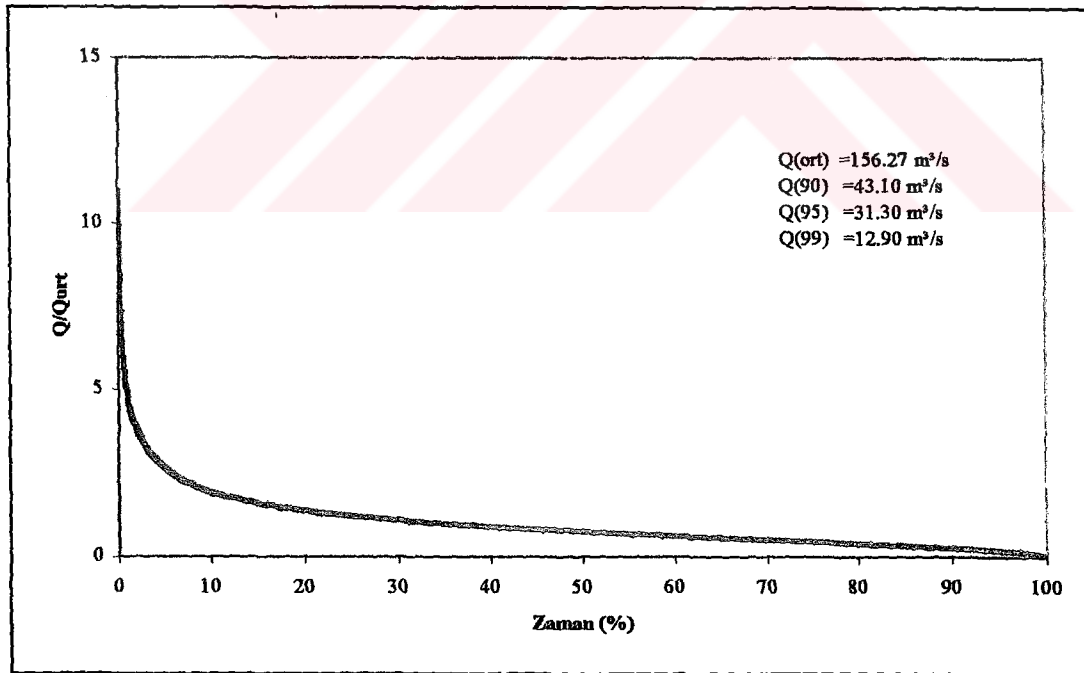
Şekil B.33: Kızılırmak Nehri, 1535 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi



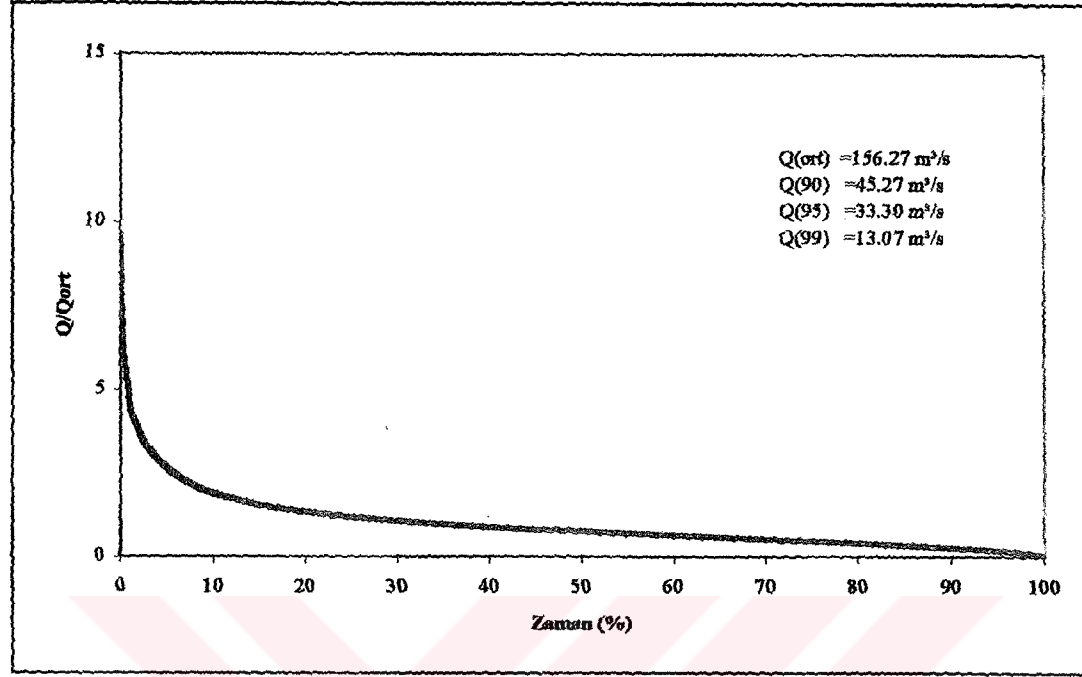
Şekil B.34: Kızılırmak Nehri, 1535 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



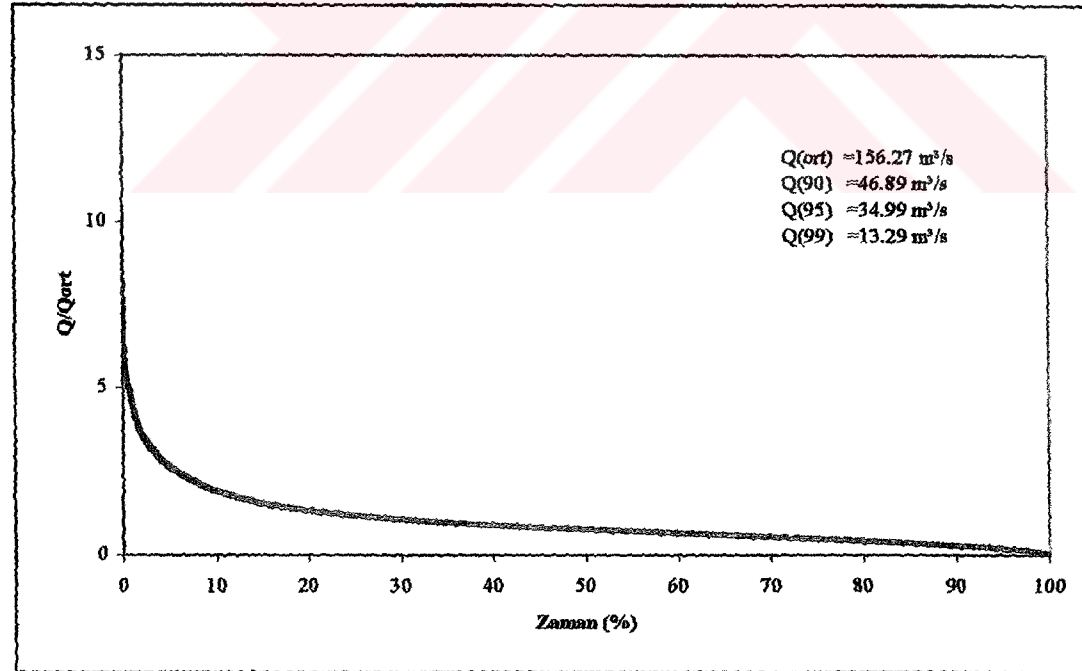
Şekil B.35: Kızılırmak Nehri, 1535 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



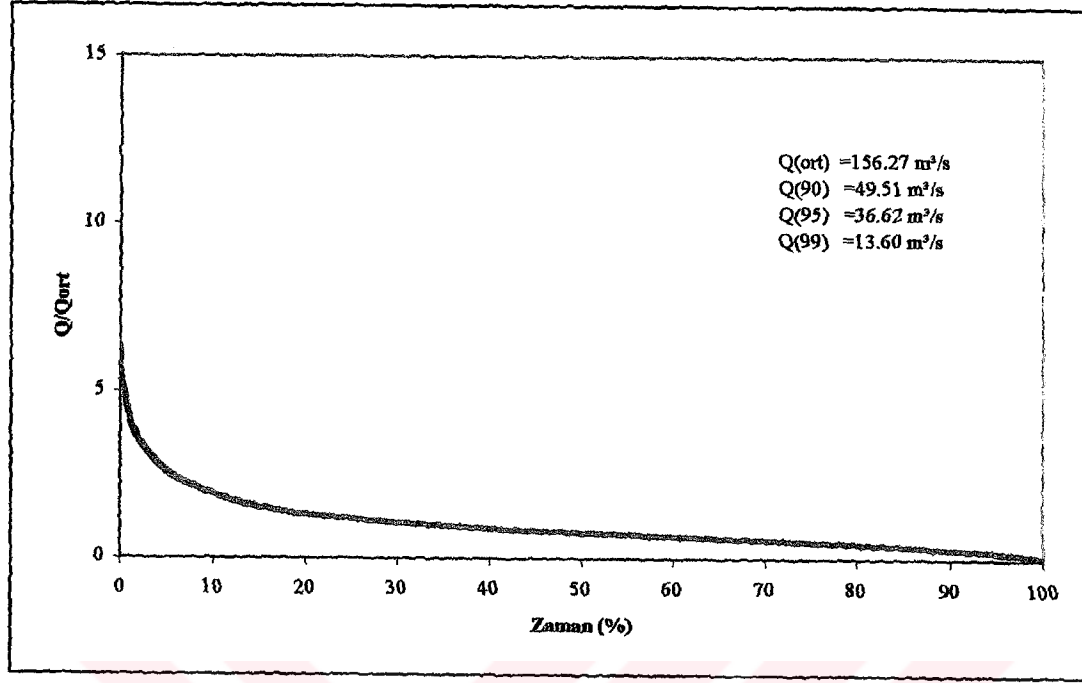
Şekil B.36: Meriç Nehri, 103 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



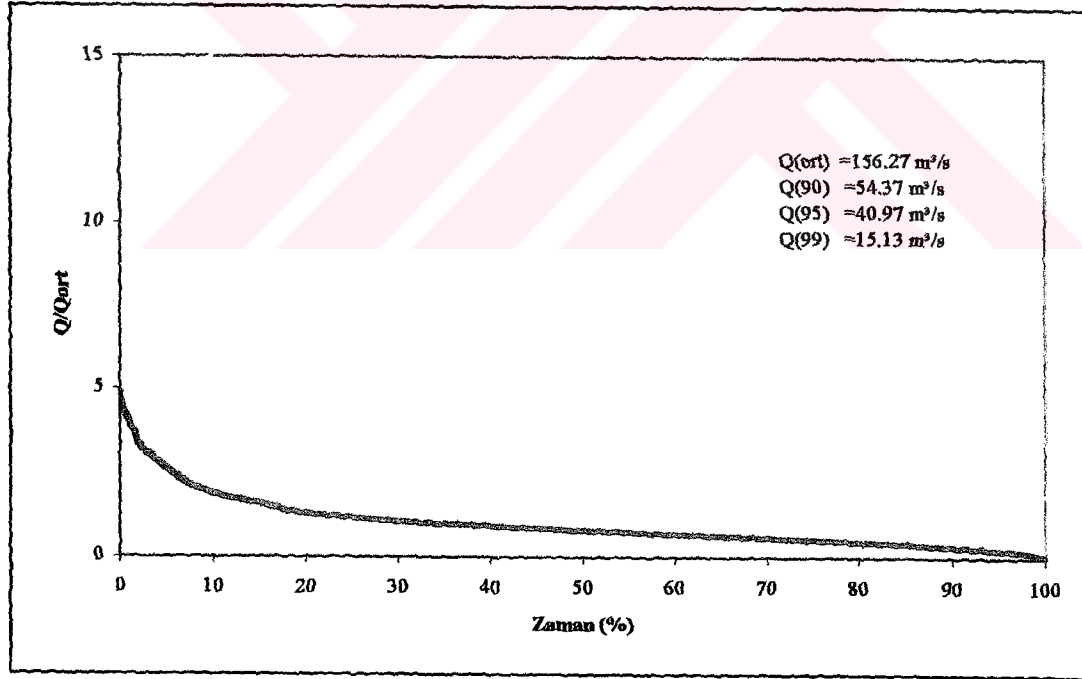
Şekil B.37: Meriç Nehri, 103 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



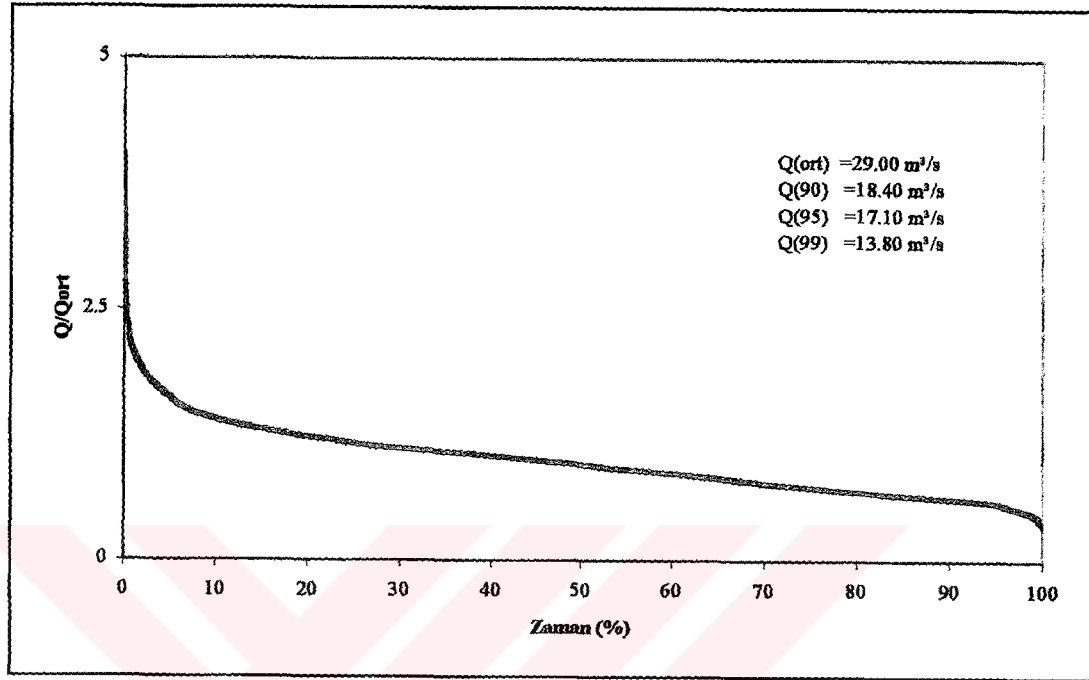
Şekil B.38: Meriç Nehri, 103 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



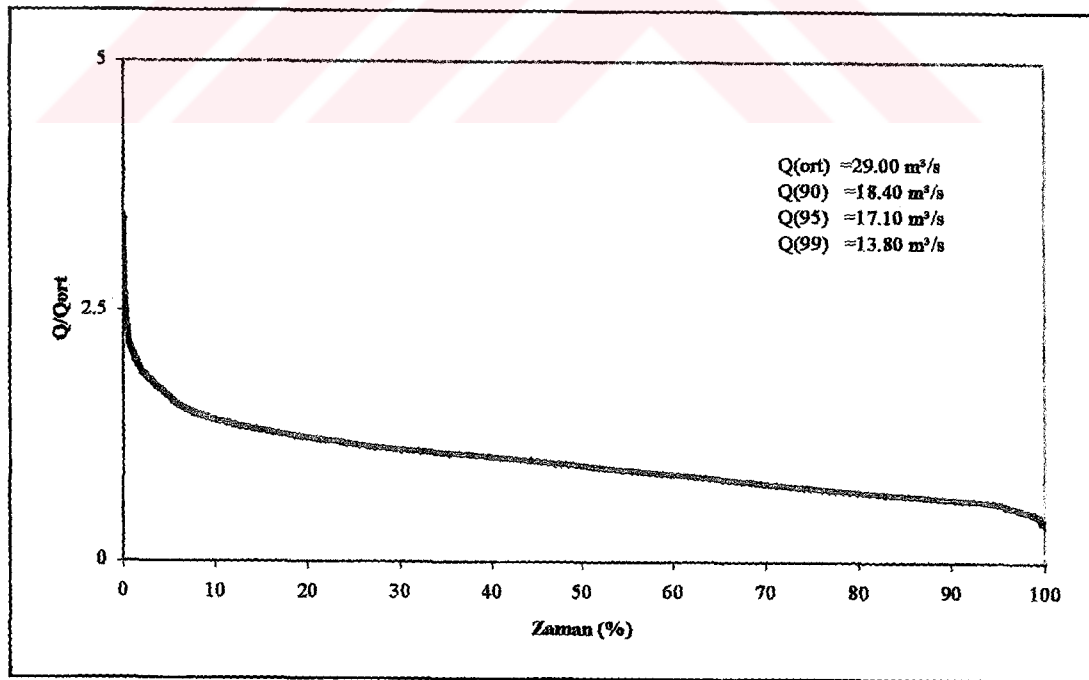
Şekil B.39: Meriç Nehri, 103 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



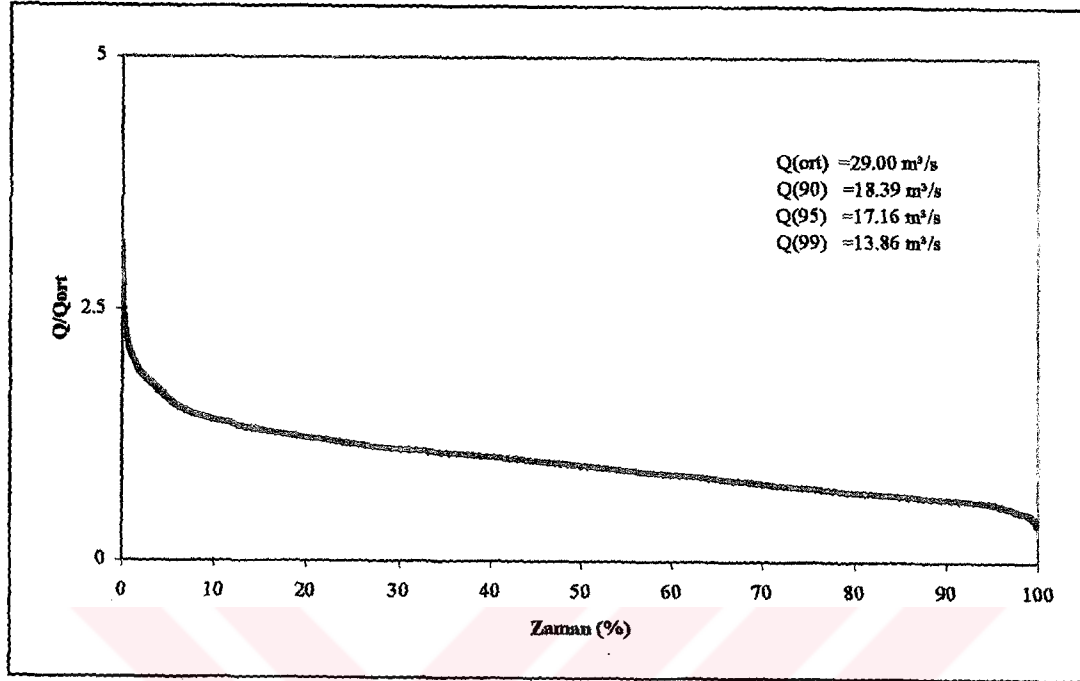
Şekil B.40: Meriç Nehri, 103 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



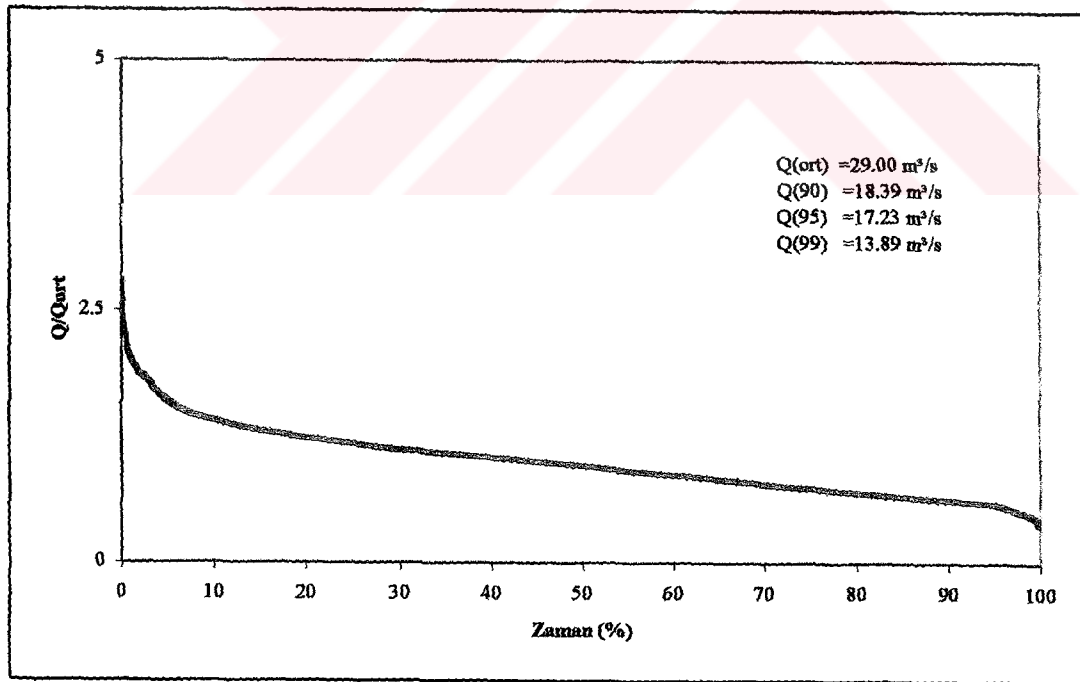
Şekil B.41: Sakarya Nehri, 1241 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



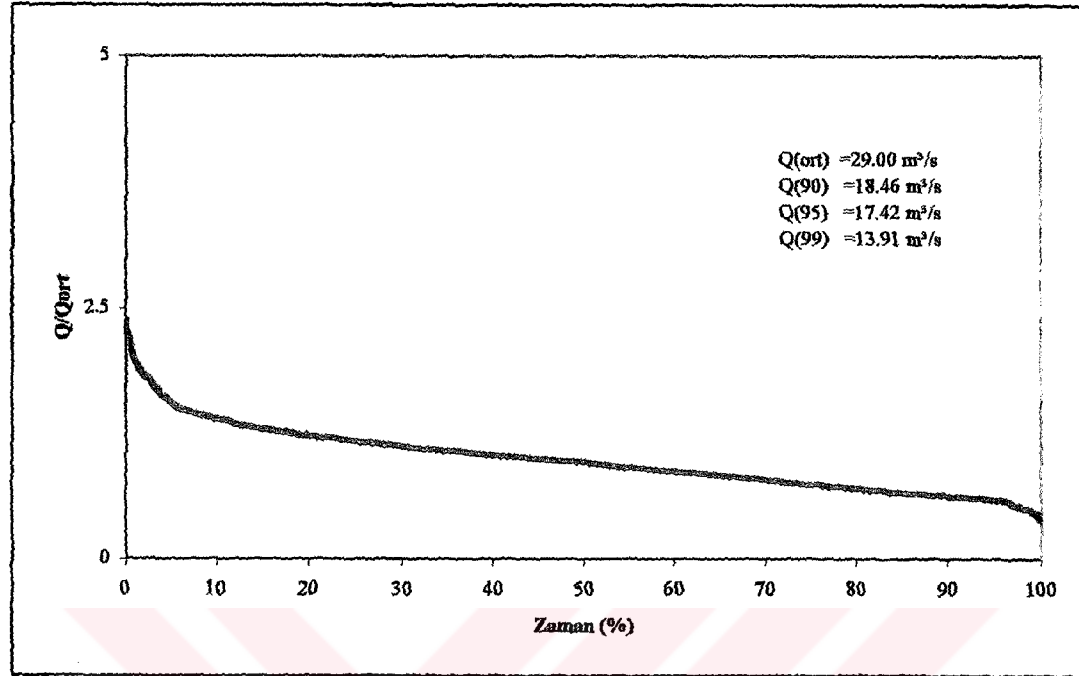
Şekil B.42: Sakarya Nehri, 1241 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



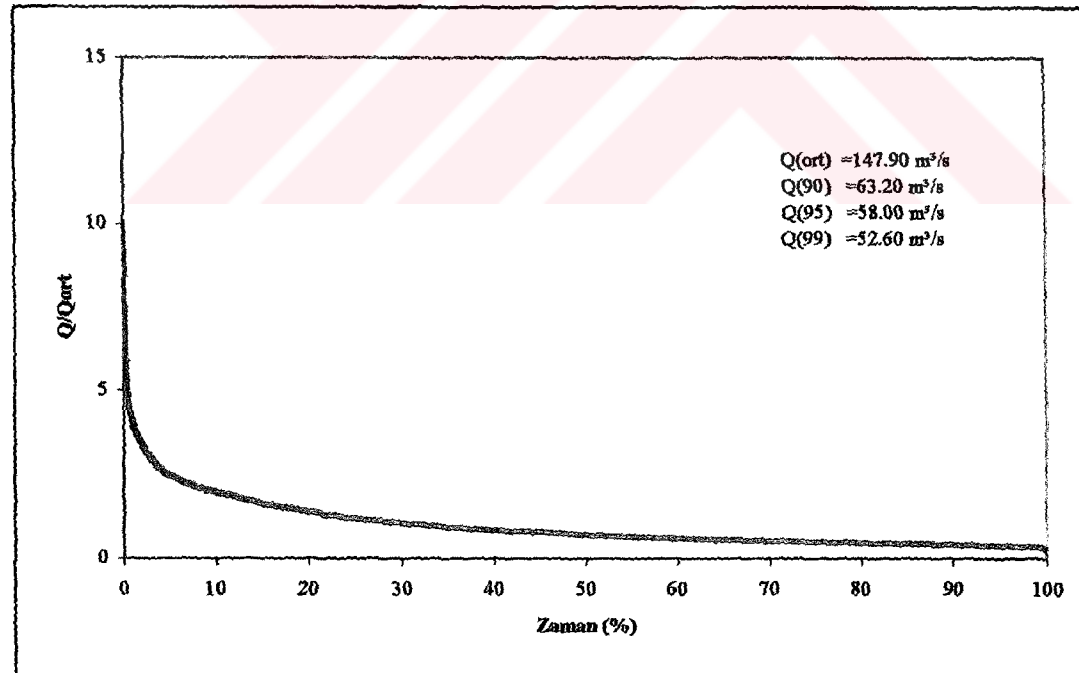
Şekil B.43: Sakarya Nehri, 1241 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



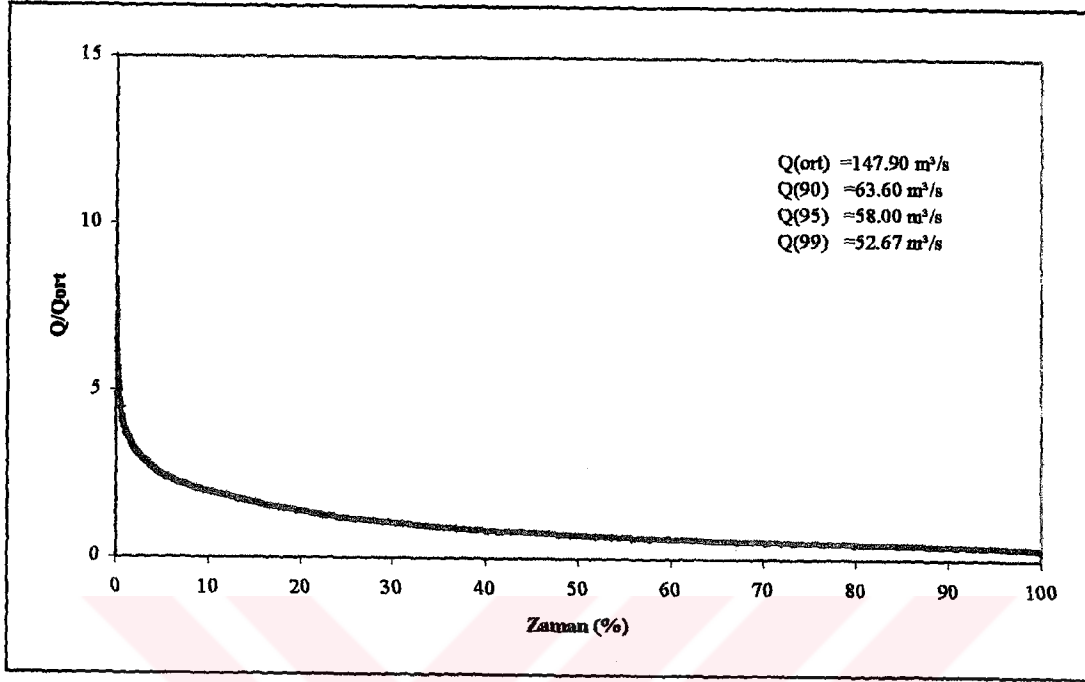
Şekil B.44: Sakarya Nehri, 1241 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



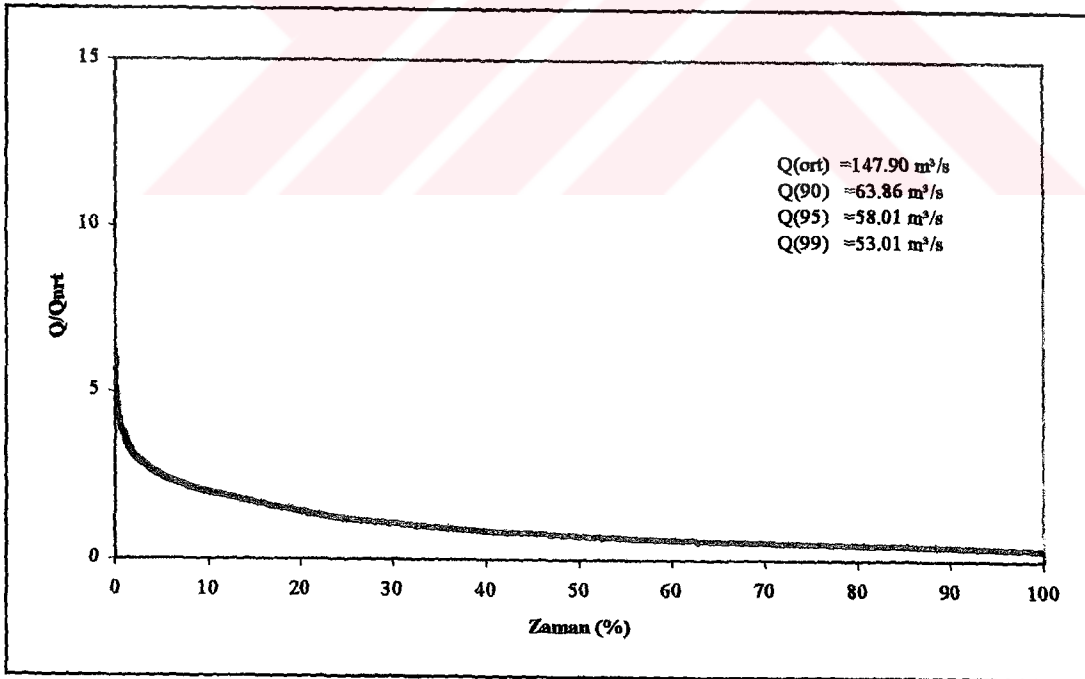
Şekil B.45: Sakarya Nehri, 1241 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



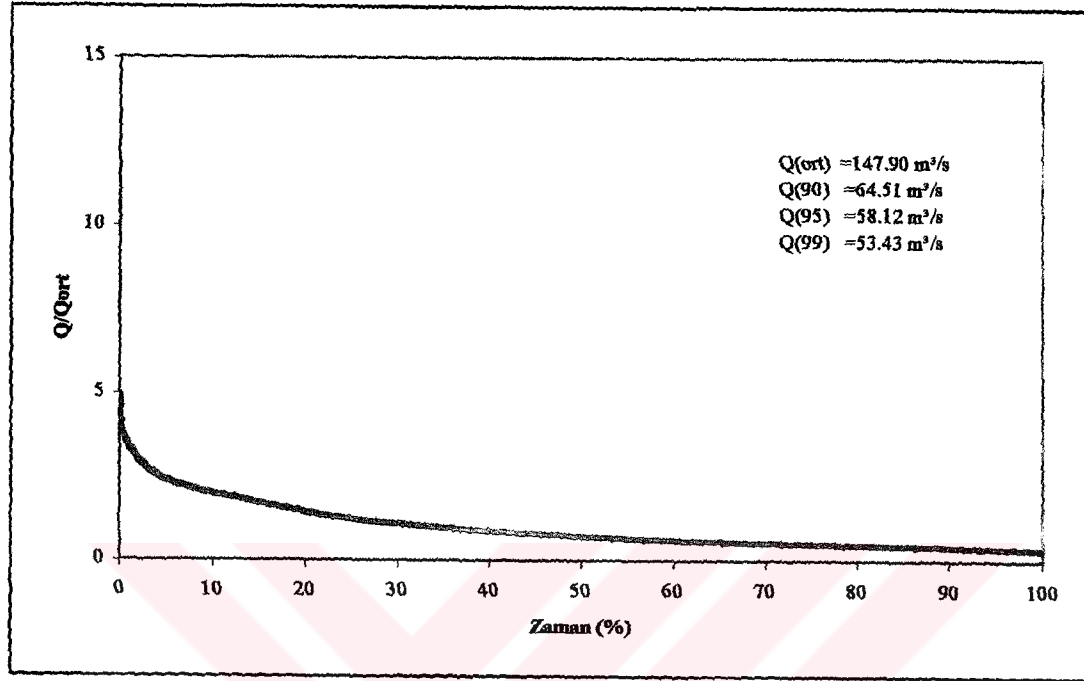
Şekil B.46: Seyhan Nehri, 1818 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



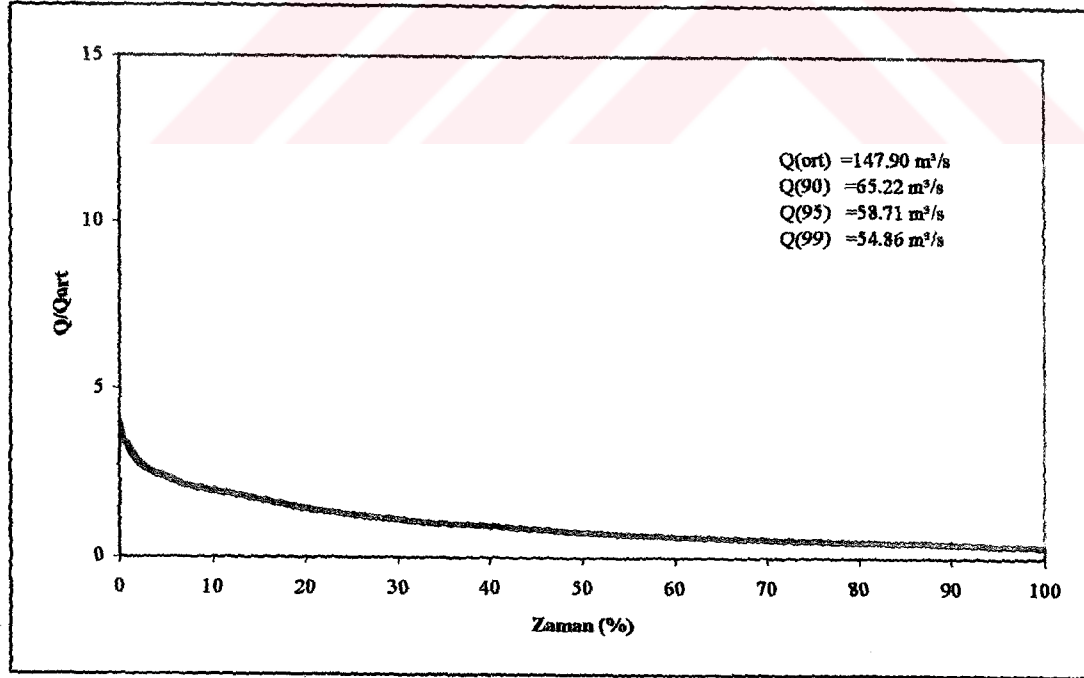
Şekil B.47: Seyhan Nehri, 1818 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



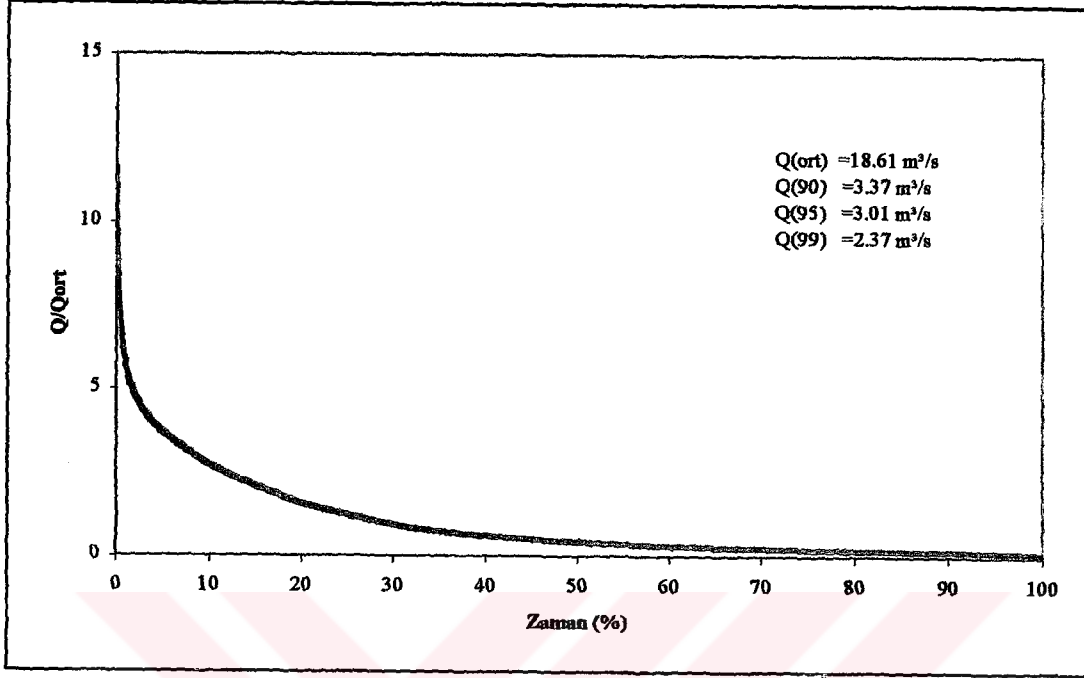
Şekil B.48: Seyhan Nehri, 1818 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



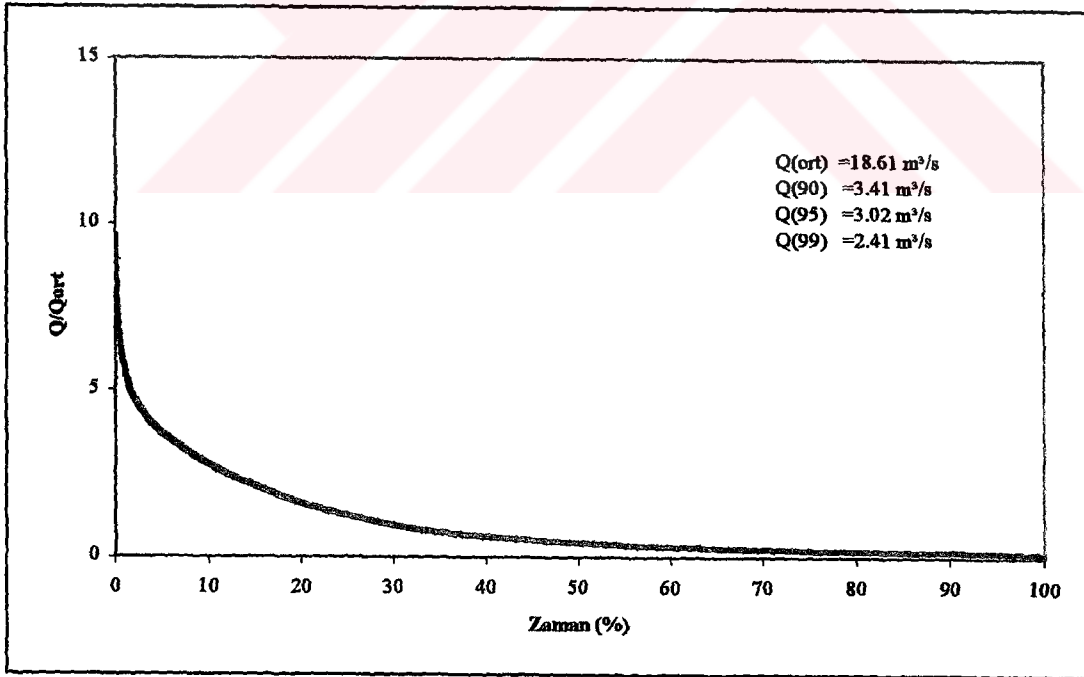
Şekil B.49: Seyhan Nehri, 1818 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



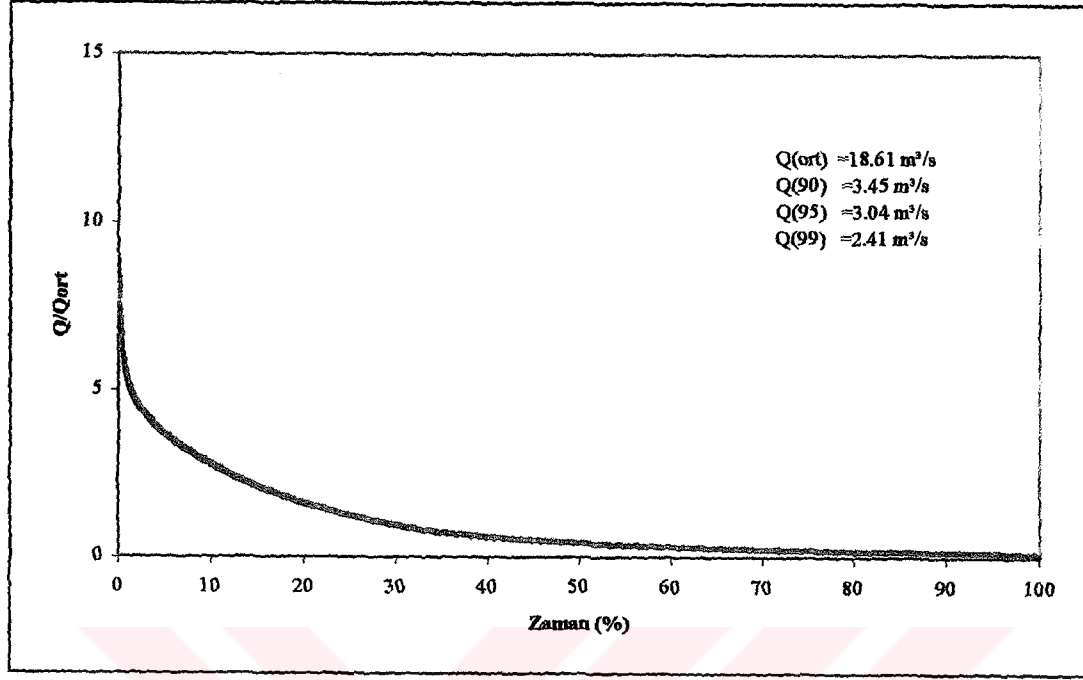
Şekil B.50: Seyhan Nehri, 1818 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



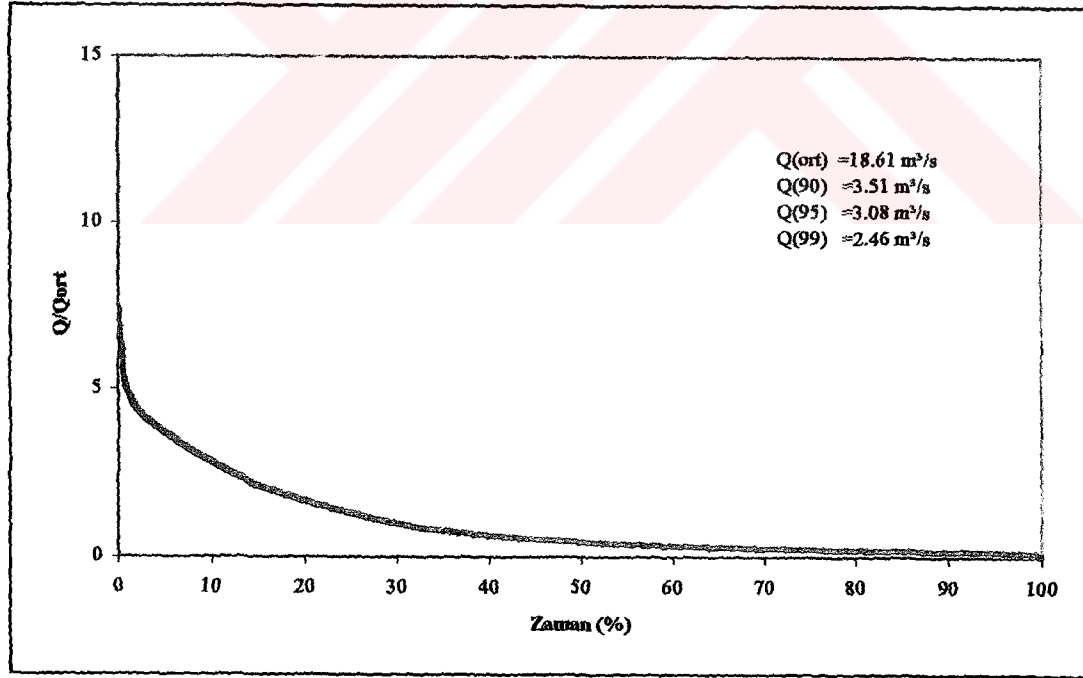
Şekil B.51: Yeşilırmak Nehri, 1418 Numaralı İstasyon 1 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



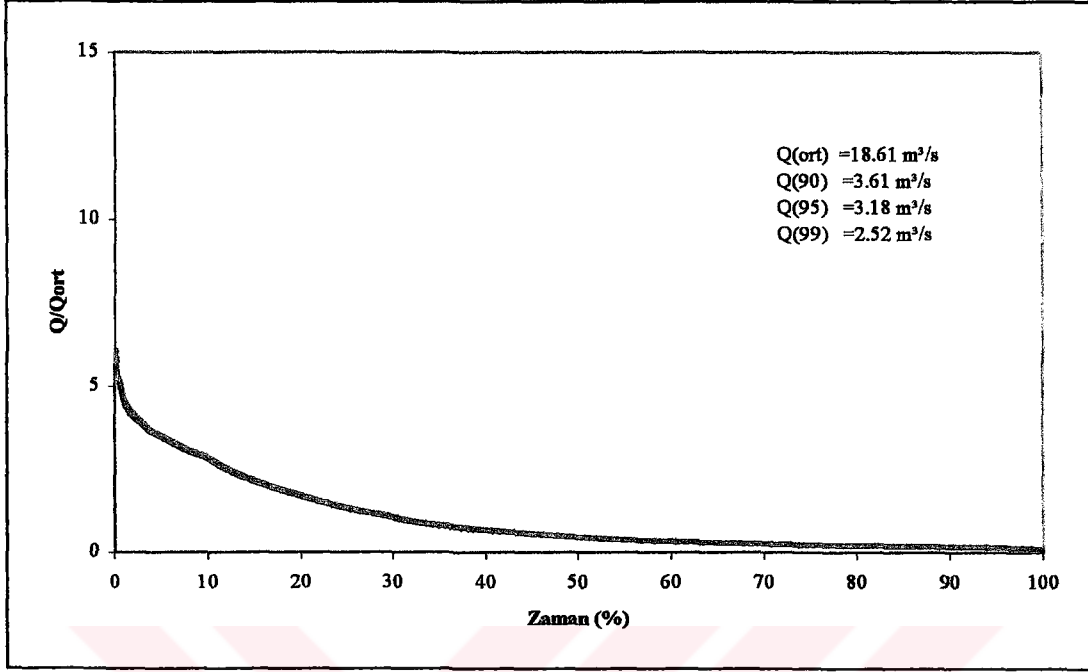
Şekil B.52: Yeşilırmak Nehri, 1418 Numaralı İstasyon 3 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



Şekil B.53: Yeşilırmak Nehri, 1418 Numaralı İstasyon 7 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



Şekil B.54: Yeşilırmak Nehri, 1418 Numaralı İstasyon 14 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.



Şekil B.55: Yeşilırmak Nehri, 1418 Numaralı İstasyon 30 Günlük Debi Süreklilik Çizgisi.

EK C: AKIM DEĞERLERİ



Tablo C.1: 2402 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
56.67					
Q ₉₀ (m ³ /s)	13.00	13.03	13.17	13.45	14.02
Q ₉₅ (m ³ /s)	11.30	11.35	11.57	11.86	12.30
Q ₉₉ (m ³ /s)	8.04	7.98	8.26	8.45	8.97

Tablo C.2: 713 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
13.47					
Q ₉₀ (m ³ /s)	1.68	1.79	1.87	1.97	2.12
Q ₉₅ (m ³ /s)	0.69	0.70	0.78	0.83	0.90
Q ₉₉ (m ³ /s)	0.24	0.25	0.26	0.29	0.32

Tablo C.3: 2020 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
215.58					
Q ₉₀ (m ³ /s)	50.80	50.63	50.79	51.03	51.87
Q ₉₅ (m ³ /s)	43.80	43.90	44.23	44.34	45.06
Q ₉₉ (m ³ /s)	29.20	29.15	29.36	29.95	30.76

Tablo C.4: 2304 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
16.16					
Q ₉₀ (m ³ /s)	4.75	4.75	4.80	4.86	5.01
Q ₉₅ (m ³ /s)	4.00	4.05	4.12	4.24	4.43
Q ₉₉ (m ³ /s)	2.62	2.66	2.65	2.66	2.70

Tablo C.5: 2617 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
24.28					
Q ₉₀ (m ³ /s)	1.63	1.64	1.66	1.70	1.78
Q ₉₅ (m ³ /s)	1.29	1.30	1.31	1.34	1.42
Q ₉₉ (m ³ /s)	0.74	0.72	0.72	0.72	0.73

Tablo C.6: 2151 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
61.14					
Q ₉₀ (m ³ /s)	13.50	13.53	13.71	14.01	14.52
Q ₉₅ (m ³ /s)	11.00	11.03	11.20	11.48	12.11
Q ₉₉ (m ³ /s)	7.88	7.83	7.93	8.01	8.37

Tablo C.7: 1535 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
39.67					
Q ₉₀ (m ³ /s)	5.08	5.08	5.14	5.26	5.48
Q ₉₅ (m ³ /s)	4.07	4.10	4.16	4.25	4.42
Q ₉₉ (m ³ /s)	3.00	3.03	3.03	3.04	3.15

Tablo C.8: 103 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
156.27					
Q ₉₀ (m ³ /s)	43.10	45.27	46.89	49.51	54.37
Q ₉₅ (m ³ /s)	31.30	33.30	34.99	36.62	40.97
Q ₉₉ (m ³ /s)	12.90	13.07	13.29	13.60	15.13

Tablo C.9: 1241 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
29.00					
Q ₉₀ (m ³ /s)	18.40	18.40	18.39	18.39	18.46
Q ₉₅ (m ³ /s)	17.10	17.10	17.16	17.23	17.42
Q ₉₉ (m ³ /s)	13.80	13.80	13.86	13.89	13.91

Tablo C.10: 1818 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
147.90					
Q ₉₀ (m ³ /s)	63.20	63.60	63.86	64.51	65.22
Q ₉₅ (m ³ /s)	58.00	58.00	58.01	58.12	58.71
Q ₉₉ (m ³ /s)	52.60	52.67	53.01	53.43	54.86

Tablo C.11: 1418 numaralı istasyonun debi süreklilik çizgilerinden elde edilen akım değerleri.

Q _{ort.} (m ³ /s)	Düşük Akım Gün Sayısı				
	1	3	7	14	30
18.61					
Q ₉₀ (m ³ /s)	3.37	3.41	3.45	3.51	3.61
Q ₉₅ (m ³ /s)	3.01	3.02	3.04	3.08	3.18
Q ₉₉ (m ³ /s)	2.37	2.41	2.41	2.46	2.52

EK D: DÜŞÜK AKIM İSTATİSTİKLERİ



Tablo D.1: 2402 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	10.67	3.26	0.33	1.83	0.17
3	11.04	3.34	0.27	1.87	0.15
7	11.46	3.36	0.24	1.87	0.13
14	11.96	3.41	0.19	1.89	0.10
30	12.95	3.52	-0.16	2.00	0.00

Tablo D.2: 713 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	2.61	2.12	0.91	1.18	0.23
3	2.76	2.16	0.84	1.21	0.22
7	3.16	2.28	0.81	1.28	0.21
14	3.46	2.54	1.01	1.39	0.27
30	4.07	2.99	0.99	1.65	0.33

Tablo D.3: 2020 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	45.46	13.74	0.08	7.98	0.19
3	46.92	14.52	0.22	8.44	0.50
7	48.15	14.47	0.22	8.40	0.42
14	49.40	14.40	0.19	8.32	0.40
30	51.52	14.91	0.13	8.65	0.28

Tablo D.4: 2304 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	3.75	1.18	0.68	0.67	0.10
3	3.86	1.15	0.71	0.65	0.10
7	4.07	1.15	0.58	0.64	0.07
14	4.32	1.18	0.58	0.65	0.06
30	4.68	1.23	0.18	0.68	0.00

Tablo D.5: 2617 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	1.32	0.44	0.06	0.26	0.00
3	1.33	0.44	0.03	0.26	0.00
7	1.40	0.46	-0.27	0.27	-0.02
14	1.44	0.48	-0.20	0.28	-0.02
30	1.56	0.53	-0.15	0.31	-0.01

Tablo D.6: 2151 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	10.35	3.67	-0.15	2.08	-0.07
3	10.96	3.34	0.03	1.90	0.00
7	11.42	3.35	-0.16	1.90	-0.07
14	12.13	3.83	0.71	2.08	0.06
30	13.00	3.86	0.77	2.12	0.08

Tablo D.7: 1535 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	4.06	1.15	0.46	0.64	0.06
3	4.12	1.17	0.35	0.65	0.04
7	4.25	1.20	0.27	0.68	0.04
14	4.47	1.30	0.19	0.75	0.04
30	4.91	1.58	0.46	0.91	0.09

Tablo D.8: 103 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	27.37	12.93	0.25	7.49	0.44
3	31.18	14.20	0.07	8.27	0.22
7	34.94	16.57	0.08	9.67	0.28
14	40.84	19.92	0.23	11.54	0.82
30	48.05	22.04	-0.07	12.88	-0.12

Tablo D.9: 1241 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	17.18	2.81	-0.08	1.58	-0.04
3	17.27	2.80	-0.08	1.58	-0.03
7	17.38	2.78	-0.07	1.56	-0.02
14	17.54	2.75	-0.09	1.55	-0.02
30	17.91	2.80	-0.02	1.57	0.03

Tablo D.10: 1818 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	61.60	9.06	0.13	5.26	0.19
3	62.04	9.05	0.12	5.26	0.17
7	62.84	9.01	0.12	5.23	0.14
14	63.64	8.91	0.17	5.19	0.20
30	66.18	9.56	0.20	5.56	0.32

Tablo D.11: 1418 Numaralı istasyonun düşük akım istatistikleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Merkez Momentleri			L-Momentleri	
	$\bar{x}$	S_x	C_{Sx}	L_2	L_3
1	2.65	0.48	-0.69	0.27	-0.05
3	2.74	0.45	-0.72	0.25	-0.05
7	2.81	0.46	-0.67	0.26	-0.04
14	2.98	0.49	-0.59	0.28	-0.04
30	3.21	0.53	-0.53	0.30	-0.05

EK E: OLASILIK DAĞILIMLARININ PARAMETRELERİ



Tablo E.1: 2402 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_y	κ	ξ	c	x_0
1	2.32	0.34	3.79	11.80	2.42	15.07
3	2.35	0.34	3.80	12.22	2.45	15.55
7	2.39	0.33	3.94	12.65	2.56	15.94
14	2.44	0.33	4.05	13.17	2.66	16.46
30	2.52	0.32	4.11	14.28	2.74	17.69

Tablo E.2: 713 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_y	κ	ξ	c	x_0
1	0.43	1.29	0.99	2.75	0.60	6.94
3	0.52	1.25	1.03	2.94	0.64	7.06
7	0.74	1.13	1.15	3.45	0.73	7.46
14	0.84	1.12	1.18	3.77	0.74	8.12
30	1.00	1.11	1.18	4.44	0.73	9.62

Tablo E.3: 2020 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_y	κ	ξ	c	x_0
1	3.77	0.33	3.72	50.64	2.35	64.82
3	3.80	0.33	3.68	52.29	2.28	67.52
7	3.83	0.32	3.77	53.56	2.37	68.50
14	3.86	0.31	3.92	54.82	2.47	69.43
30	3.90	0.31	3.92	57.14	2.48	72.29

Tablo E.4: 2304 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_y	κ	ξ	c	x_0
1	1.27	0.31	3.87	4.15	2.32	5.37
3	1.31	0.29	4.11	4.26	2.48	5.41
7	1.37	0.29	4.28	4.48	2.67	5.60
14	1.42	0.28	4.44	4.74	2.81	5.85
30	1.51	0.28	4.48	5.13	2.92	6.28

Tablo E.5: 2617 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_Y	κ	ξ	c	x_0
1	0.22	0.38	3.27	1.49	2.07	1.96
3	0.22	0.38	3.29	1.49	2.08	1.97
7	0.27	0.39	3.23	1.57	2.12	2.06
14	0.30	0.39	3.19	1.62	2.08	2.14
30	0.38	0.40	3.13	1.75	2.03	2.33

Tablo E.6: 2151 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_Y	κ	ξ	c	x_0
1	2.26	0.46	2.93	11.62	1.98	15.57
3	2.34	0.34	3.68	12.18	2.39	15.55
7	2.39	0.34	3.75	12.68	2.51	15.98
14	2.44	0.34	3.79	13.41	2.42	17.14
30	2.52	0.31	4.08	14.33	2.57	18.05

Tablo E.7: 1535 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_Y	κ	ξ	c	x_0
1	1.36	0.30	4.20	4.47	2.69	5.57
3	1.37	0.31	4.16	4.54	2.68	5.67
7	1.40	0.31	4.13	4.68	2.63	5.86
14	1.45	0.31	3.93	4.94	2.50	6.26
30	1.54	0.33	3.63	5.47	2.20	7.14

Tablo E.8: 103 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_Y	κ	ξ	c	x_0
1	3.18	0.58	2.16	31.26	1.33	47.99
3	3.30	0.59	2.16	35.61	1.39	53.68
7	3.41	0.62	2.05	39.95	1.31	61.69
14	3.56	0.64	2.02	46.62	1.27	73.01
30	3.72	0.64	2.05	54.91	1.37	83.25

Tablo E.9: 1241 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_Y	κ	ξ	c	x_0
1	2.83	0.17	7.33	18.33	4.93	20.67
3	2.84	0.17	7.40	18.41	4.98	20.73
7	2.84	0.17	7.56	18.53	5.07	20.81
14	2.85	0.16	7.63	18.66	5.17	20.93
30	2.87	0.16	7.72	19.06	5.20	21.35

Tablo E.10: 1818 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_Y	κ	ξ	c	x_0
1	4.11	0.15	8.03	65.49	5.36	73.11
3	4.12	0.15	8.09	65.94	5.39	73.54
7	4.13	0.14	8.33	66.69	5.50	74.25
14	4.14	0.14	8.49	67.45	5.63	74.93
30	4.18	0.14	8.21	70.31	5.45	78.33

Tablo E.11: 1418 Numaralı istasyon için dağılımların parametreleri.

Düşük Akım Gün Sayısı	Lognormal Dağılımın Parametreleri		Weibull Dağılımının Parametreleri		Üstel Dağılımın Parametreleri	
	$\bar{y}$	S_Y	κ	ξ	c	x_0
1	0.95	0.20	6.29	2.85	4.34	3.26
3	0.99	0.18	7.02	2.93	4.87	3.30
7	1.02	0.18	7.11	3.00	4.91	3.38
14	1.08	0.18	7.00	3.19	4.80	3.60
30	1.15	0.18	7.09	3.43	4.85	3.87

EK F: PPCC TEST İSTATİSTİKLERİ



Tablo F.1: Seçilen istasyonlarda lognormal dağılım için hesaplanan ve $\phi=0.10$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı									
	1		3		7		14		30	
2402	0.946		0.944		0.938		0.938		0.943	
713	0.937		0.932		0.932		0.928		0.929	
2020	0.974	√	0.981	√	0.979	√	0.974	√	0.977	√
2304	0.988	√	0.990	√	0.989	√	0.975	√	0.970	
2617	0.973	√	0.971	√	0.956		0.956		0.958	
2151	0.921		0.961		0.951		0.959		0.975	√
1535	0.957		0.956		0.964		0.975	√	0.991	√
103	0.962		0.944		0.944		0.939		0.924	
1241	0.976	√	0.978	√	0.975	√	0.976	√	0.975	√
1818	0.992	√	0.991	√	0.990	√	0.988	√	0.983	√
1418	0.947		0.950		0.954		0.962		0.962	

Tablo F.2: Seçilen istasyonlarda lognormal dağılım için hesaplanan ve $\phi=0.25$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı									
	1		3		7		14		30	
2402	0.946		0.944		0.938		0.938		0.943	
713	0.937		0.932		0.932		0.928		0.929	
2020	0.974	√	0.981	√	0.979	√	0.974	√	0.977	√
2304	0.988	√	0.990	√	0.989	√	0.975		0.970	
2617	0.973		0.971		0.956		0.956		0.958	
2151	0.921		0.961		0.951		0.959		0.975	
1535	0.957		0.956		0.964		0.975		0.991	√
103	0.962		0.944		0.944		0.939		0.924	
1241	0.976		0.978	√	0.975		0.976		0.975	
1818	0.992	√	0.991	√	0.990	√	0.988	√	0.983	√
1418	0.947		0.950		0.954		0.962		0.962	

Tablo F.3: Seçilen istasyonlarda Weibull dağılımı için hesaplanan ve $\phi=0.10$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı									
	1		3		7		14		30	
2402	0.969	√	0.968	√	0.965	√	0.969	√	0.980	√
713	0.962		0.962		0.973	√	0.967		0.967	
2020	0.978	√	0.981	√	0.978	√	0.974	√	0.982	√
2304	0.959		0.963		0.978	√	0.976	√	0.985	√
2617	0.989	√	0.988	√	0.986	√	0.984	√	0.982	√
2151	0.975	√	0.988	√	0.987	√	0.978	√	0.981	√
1535	0.970	√	0.974	√	0.979	√	0.985	√	0.983	√
103	0.991	√	0.986	√	0.985	√	0.981	√	0.978	√
1241	0.990	√	0.991	√	0.988	√	0.988	√	0.984	√
1818	0.978	√	0.976	√	0.973	√	0.966	√	0.956	
1418	0.981	√	0.987	√	0.989	√	0.992	√	0.987	√

Tablo F.4: Seçilen istasyonlarda Weibull dağılımı için hesaplanan ve $\phi=0.25$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı									
	1		3		7		14		30	
2402	0.969		0.968		0.965		0.969		0.980	√
713	0.962		0.962		0.973		0.967		0.967	
2020	0.978	√	0.981	√	0.978	√	0.974	√	0.982	√
2304	0.959		0.963		0.978	√	0.976	√	0.985	√
2617	0.989	√	0.988	√	0.986	√	0.984	√	0.982	√
2151	0.975	√	0.988	√	0.987	√	0.978	√	0.981	√
1535	0.970		0.974	√	0.979	√	0.985	√	0.983	√
103	0.991	√	0.986	√	0.985	√	0.981	√	0.978	√
1241	0.990	√	0.991	√	0.988	√	0.988	√	0.984	√
1818	0.978	√	0.976	√	0.973	√	0.966		0.956	
1418	0.981	√	0.987	√	0.989	√	0.992	√	0.987	√

Tablo F.5: Seçilen istasyonlarda Weibull dağılımı için hesaplanan ve $\phi=0.50$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı									
	1		3		7		14		30	
2402	0.969		0.968		0.965		0.969		0.980	
713	0.962		0.962		0.973		0.967		0.967	
2020	0.978	√	0.981	√	0.978	√	0.974		0.982	√
2304	0.959		0.963		0.978		0.976		0.985	√
2617	0.989	√	0.988	√	0.986	√	0.984	√	0.982	√
2151	0.975		0.988	√	0.987	√	0.978		0.981	
1535	0.970		0.974		0.979		0.985	√	0.983	√
103	0.991	√	0.986	√	0.985	√	0.981	√	0.978	
1241	0.990	√	0.991	√	0.988	√	0.988	√	0.984	√
1818	0.978		0.976		0.973		0.966		0.956	
1418	0.981		0.987	√	0.989	√	0.992	√	0.987	√

Tablo F.6: Seçilen istasyonlarda üstel dağılım için hesaplanan ve $\phi=0.10$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı									
	1		3		7		14		30	
2402	0.959	√	0.957	√	0.949		0.943		0.955	√
713	0.971	√	0.974	√	0.982	√	0.980	√	0.979	√
2020	0.976	√	0.978	√	0.979	√	0.970	√	0.973	√
2304	0.982	√	0.964	√	0.977	√	0.920		0.962	√
2617	0.982	√	0.980	√	0.980	√	0.975	√	0.975	√
2151	0.970	√	0.975	√	0.970	√	0.973	√	0.985	√
1535	0.954	√	0.958	√	0.968	√	0.980	√	0.976	√
103	0.986	√	0.986	√	0.987	√	0.984	√	0.989	√
1241	0.945		0.948	√	0.943		0.943		0.940	
1818	0.987	√	0.989	√	0.987	√	0.991	√	0.987	√
1418	0.963	√	0.961	√	0.964	√	0.974	√	0.964	√

Tablo F.7: Seçilen istasyonlarda üstel dağılım için hesaplanan ve $\phi=0.25$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı									
	1		3		7		14		30	
2402	0.959		0.957		0.949		0.943		0.955	
713	0.971		0.974	√	0.982	√	0.980	√	0.979	√
2020	0.976	√	0.978	√	0.979	√	0.970	√	0.973	√
2304	0.982	√	0.964		0.977	√	0.920		0.962	
2617	0.982	√	0.980	√	0.980	√	0.975	√	0.975	√
2151	0.970		0.975	√	0.970		0.973	√	0.985	√
1535	0.954		0.958		0.968	√	0.980	√	0.976	√
103	0.986	√	0.986	√	0.987	√	0.984	√	0.989	√
1241	0.945		0.948		0.943		0.943		0.940	
1818	0.987	√	0.989	√	0.987	√	0.991	√	0.987	√
1418	0.963		0.961		0.964		0.974	√	0.964	

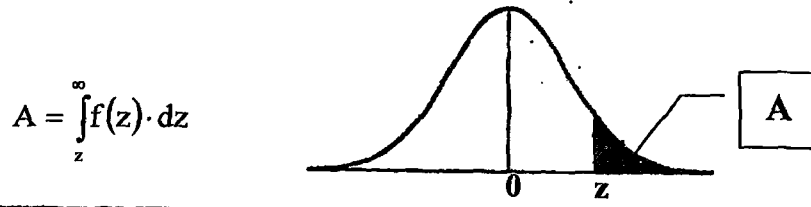
Tablo F.8: Seçilen istasyonlarda üstel dağılım için hesaplanan ve $\phi=0.50$ anlamlılık düzeyinde kritik değeri aşan r test istatistikleri.

İstasyon No	Düşük Akım Gün Sayısı									
	1		3		7		14		30	
2402	0.959		0.957		0.949		0.943		0.955	
713	0.971		0.974		0.982		0.980		0.979	
2020	0.976	√	0.978	√	0.979	√	0.970		0.973	
2304	0.982		0.964		0.977		0.920		0.962	
2617	0.982	√	0.980	√	0.980	√	0.975		0.975	
2151	0.970		0.975		0.970		0.973		0.985	√
1535	0.954		0.958		0.968		0.980		0.976	
103	0.986	√	0.986	√	0.987	√	0.984	√	0.989	√
1241	0.945		0.948		0.943		0.943		0.940	
1818	0.987	√	0.989	√	0.987	√	0.991	√	0.987	√
1418	0.963		0.961		0.964		0.974		0.964	

EK G: STANDART NORMAL DAĞILIM



Tablo G.1: Normal Dağılım Eğrisinin Altında Kalan Alan.



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
3.5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
3.6	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3.7	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3.8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3.9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09

ÖZGEÇMİŞ

Bariş ÖZEN, 1976, İzmir doğumludur. İlk öğrenimini Mehmet Akif İlkokulu' nda 1987 yılında, orta ve lise öğrenimini Galatasaray Lisesi'nde 1994 yılında, lisans öğrenimini İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü' nde 1999 yılında tamamlamıştır.

İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Su Mühendisliği Programı'nda 1999 yılında başladığı yüksek lisans öğrenimini sürdürmektedir.

Halen, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

T-2 ~~RECEIVED~~ ~~RECEIVED~~ ~~RECEIVED~~
 DOCUMENTATION ~~RECEIVED~~