İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

FIRAT-DİCLE, ÇORUH VE DOĞU KARADENİZ HAVZALARINDA EKSTREM DEĞER DAĞILIMI İLE TAŞKIN FREKANS ANALİZİNİN YAPILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cem ALPAN

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

TEZİN SAVUNULDUĞU AY YIL
Haziran 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

FIRAT-DİCLE, ÇORUH VE DOĞU KARADENİZ HAVZALARINDA EKSTREM DEĞER DAĞILIMI İLE TAŞKIN FREKANS ANALİZİNİN YAPILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cem ALPAN

Öğrenci No: 301131037

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bihrat Önöz

TEZİN SAVUNULDUĞU AY YIL
Haziran 2018

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301131037 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Cem ALPAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "FIRAT-DİCLE, ÇORUH VE DOĞU KARADENİZ HAVZALARINDA EKSTREM DEĞER DAĞILIMI İLE TAŞKIN FREKANS ANALİZİNİN YAPILMASI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. Oral Yağcı** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Dr. Öğr. Üyesi Dilek Eren AKYÜZ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	.....

Teslim Tarihi : Mayıs 2018
Savunma Tarihi : Haziran 2018

Aileme,

ÖNSÖZ

Zorlu yüksek lisans sürecinde bu çalışmanın yapılmasında her aşamada yardımcı olan büyük bir sabırla destek veren tez danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Bihrat Önöz'e teşekkür ederim. Yüksek lisans çalışmamı bitirebilmem için sabırla bana her türlü desteği veren annem, babam ve kardeşime minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2018

Cem Alpan
Makine Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
SEMBOLLER ..... **xiii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xv**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xxi**
SUMMARY ..... **xxiii**
1.GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı 3
1.2 Taşkınlar 3
1.2.1 Taşkınlara etki eden faktörler 5
1.2.1.1 İklim 5
1.2.1.2 Jeolojik ve jeomorfik özellikler 6
1.2.1.3 Bitki örtüsü 6
1.2.1.3 İnsan etkileri 6
1.3 Enerji Yapıları İçin Taşkın Frekans Analizinin Önemi 7
1.4 Türkiye'nin su kaynakları 8
1.5 Literatür Araştırması 8
2.YÖNTEM **11**
2.1 İstatistik Yöntemler 11
2.1.1 Frekans Analizi 12
2.1.2 Olasılık dağılımlarının parametreleri ve parametre tahmini 14
2.1.3 L momentleri 15
2.1.4 GEV Dağılımı (Gumbel, GEV) 18
2.1.4.1 Gumbel dağılım 18
2.1.3.2 Ekstrem değer dağılımı 20
2.2 Değerlendirme Metotları 22
2.2.1 Nash Sutcliffe efficiency metodu 22
2.2.2 R^2 determinasyon katsayısı 22
2.2.3 Ortalama hata kareleri kökü 22
2.2.3 Bias oranı (PBIAS) 23
2.2.4 Dönüş aralığı - yıllık anlık maksimum akım grafiği 23
2.2.5 Q-Q grafiği (kuantil-kuantil grafiği) 23
2.2.6 Eklenikdağılım grafiği 24
2.2.7 Olasılık yoğunluk grafiği 24
2.2.8 Zarf eğrileri 25
2.2.9 Bölgesel GEV eğrisi 25
3.ÇORUH HAVZASI **29**
3.1 Çoruh Havzası'nda bulunan istasyonlar için taşkın frekans analizi 30
4.DOĞU KARADENİZ HAVZASI **51**

4.1 Doğu Karadeniz Havzası'nda Bulunan İstasyonlar İçin Analiz Sonuçları 51
5.FIRAT-DİCLE HAVZASI 71
5.1 Fırat-Dicle Havzası'nda Bulunan İstasyonlar İçin Analiz Sonuçları 72
6.SONUÇ 107
KAYNAKLAR 111
EKLER 113
ÖZGEÇMİŞ 159

KISALTMALAR

AGİ : Akım Gözlem İstasyonu
DSİ : Devlet Su İşleri
EVI : Gumbel Dağılımı
EVII : Frachet Dağılımı
EVIII : Weibull Dağılımı
GEV : Ekstrem Değer Dağılımı
GLO : Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım
GNO : Genelleştirilmiş Normal Dağılım
LN : Log-Normal Dağılım
LN2 : İki Parametreli Log-Normal Dağılım
LN3 : Üç Parametreli Log-Normal Dağılım
LP3 : Log-Pearson Tip3 Dağılım
N : Normal Dağılım
NSE : Nash-Sutcliffe Verimliliği
PBIAS : Bias Oranı
RMSE : Ortalama hata karelerinin kökü
WAK : Wakeby Dağılımı
YAMA : Yıllık Anlık Maksimum Akış

SEMBOLLER

$\mathbf{C_s}$	**:** Çarpıklık Katsayısı
$\mathbf{C_v}$	**:** Değişim Katsayısı
F(x)	**:** Eklenik Dağılım Fonksiyonu
f(x)	**:** Olasılık Dağılım Fonksiyonu
Γ	**:** Gamma Fonksiyonu
$\mathbf{LC_v}$	**:** L-DeğişimKatsayısı
$\mathbf{S^2}$	**:** Standart Sapma
$\boldsymbol{\tau_2}$	**:** L-Değişim Katsayısı
$\boldsymbol{\tau_3}$	**:** L-Çarpıklık Katsayısı
$\boldsymbol{\tau_4}$	**:** L-Kurtosis Katsayısı
Var	**:** Varyans
$\boldsymbol{\bar{x}}$	**:** Ortalama

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Alternatif aşılma olasılıkları 13
Çizelge 2.2 : L-moment katsayı denklemleri 17
Çizelge 3.1 : Çoruh Havzası'nda kullanılanistasyonların bilgileri 30
Çizelge 3.2 : Çoruh Havzası istasyonların standart sapma, varyas ve çarpıklıkları. . 33
Çizelge 3.3 : Çoruh Havzası istasyonlarının olasılık ağırlık ve L-momentleri 33
Çizelge 3.4 : Çoruh Havzası istasyonlarının L-moment katsayıları 34
Çizelge 3.5 : Çoruh Havzası istasyonlarının GEV parametreleri 34
Çizelge 3.6 : Çoruh Havzası için hesaplanan GEV uyumluluk değerleri 36
Çizelge 3.7 : Çoruh Havzası istasyonlarının 100, 200 ve 500 yıllık taşkın tahminleri. 47
Çizelge 3.8 : Çoruh Havzası için elde edilen L-momentleri ve GEV parametreleri . 49
Çizelge 4.1 : Doğu Karadeniz Havzası'nda kullanılan istasyonların bilgileri 52
Çizelge 4.2 : Doğu Karadeniz Havzası istasyonlarının standart sapma, varyans ve çarpıklıkları 55
Çizelge 4.3 : Doğu Karadeniz Havzası istasyonlarının olasılık ağırlık ve L-momentleri 56
Çizelge 4.4 : Doğu Karadeniz Havzası istasyonlarının L-moment katsayıları 56
Çizelge 4.5 : Doğu Karadeniz Havzası istasyonlarının GEV parametreleri 57
Çizelge 4.6 : Doğu Karadeniz Havzası için hesaplanan GEV uyumluluk değerleri . 57
Çizelge 4.7 : Doğu Karadeniz Havzası istasyonlarının taşkın tahminleri 68
Çizelge 4.8 : Doğu Karadeniz Havzası için elde edilen L-momentleri ve GEV parametreleri 69
Çizelge 5.1 : Fırat-Dicle Havzası'nda kullanılan istasyonların bilgileri 73
Çizelge 5.2 : Fırat-Dicle Havzası istasyonların standart sapma, varyans ve çarpıklıkları. 79
Çizelge 5.3 : Fırat-Dicle Havzası istasyonların olasılık ağırlık ve L-momentleri 80
Çizelge 5.4 : Fırat-Dicle Havzası istasyonların L-moment katsayıları 81
Çizelge 5.5 : Fırat-Dicle Havzası istasyonların GEV parametreleri 82
Çizelge 5.6 : Fırat-Dicle Havzası için hesaplanan GEV uyumluluk değerleri 83
Çizelge 5.7 : Fırat-Dicle Havzası için taşkın tahminleri 105
Çizelge 5.8 : Fırat-Dicle Havzası için taşkın tahminleri 105

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Sel - Taşkın - Şiddet Yağış Afetleri 1940-2010 Yılları Arasındaki Gözlenme Sayıları (URL-2) 4
Şekil 1.2 : Sel oluşum sayılarının yıllara göre değişimi (URL-2) 5
Şekil 1.3 : Türkiye'nin ana havzaları 8
Şekil 2.1 : Eklenik frekans grafiği örneği 13
Şekil 2.2 : Birinci L-momentin tanımı(Bayazıt ve Önöz, 2008) 15
Şekil 2.3 : İkinci L-momentin tanımı(Bayazıt ve Önöz, 2008) 15
Şekil 2.4 : Üçüncü L-Monemtin Tanımı(Bayazıt ve Önöz, 2008) 16
Şekil 2.5 : Dördüncü L-Momentin Tanımı(Bayazıt ve Önöz, 2008) 16
Şekil 3.1 : Çoruh Havzası haritası 31
Şekil 3.2 : Çoruh Havzası zarf grafiği 31
Şekil 3.3 : Çoruh Havzası en yüksek su seviyesi – yıl grafiği 32
Şekil 3.4 : Excel makrosuyla elde edilen verilerin gösterimi 35
Şekil 3.5 : D23A026 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 37
Şekil 3.6 : D23A026 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 37
Şekil 3.7 : D23A032 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 38
Şekil 3.8 : D23A032 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 39
Şekil 3.9 : D23A037 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 39
Şekil 3.10 : D23A037 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 40
Şekil 3.11 : E23A004 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 41
Şekil 3.12 : E23A004 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 41
Şekil 3.13 : E23A005 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 42
Şekil 3.14 : E23A005 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 42
Şekil 3.15 : E23A016 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 43
Şekil 3.16 : E23A016 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 43
Şekil 3.17 : E23A020 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 44
Şekil 3.18 : E23A020 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 44
Şekil 3.19 : E23A023 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 45
Şekil 3.20 : E23A023 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 46
Şekil 3.21 : E23A029 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 46
Şekil 3.22 : E23A029 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 47
Şekil 3.23 : Çoruh Havzası bölgesel GEV eğrisi 49
Şekil 4.1 : Doğu Karadeniz Havzası harita 1 53
Şekil 4.2 : Doğu Karadeniz Havzası harita 2 53
Şekil 4.3 : Doğu Karadeniz Havzası harita 3 54
Şekil 4.4 : Doğu Karadeniz Havzası zarf grafiği 54
Şekil 4.5 : Doğu Karadeniz Havzası en yüksek su seviyesi- yıl grafiği 55
Şekil 4.6 : D22A084 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 58
Şekil 4.7 : D22A084 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 59

Şekil 4.8 : D22A085 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 59
Şekil 4.9 : D22A085 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 60
Şekil 4.10 : D22A093 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 61
Şekil 4.11 : D22A093 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 61
Şekil 4.12 : E22A015 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 62
Şekil 4.13 : E22A015 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 62
Şekil 4.14 : E22A032 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 63
Şekil 4.15 : E22A032 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 63
Şekil 4.16 : E22A033 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 64
Şekil 4.17 : E22A033 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 64
Şekil 4.18 : E22A038 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 65
Şekil 4.19 : E22A038 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 65
Şekil 4.20 : E22A045 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 66
Şekil 4.21 : E22A045 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 66
Şekil 4.22 : E22A047 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 67
Şekil 4.23 : E22A047 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 67
Şekil 4.24 : Doğu Karadeniz Havzası Bölgesel GEV Eğrisi 69
Şekil 5.1 : Fırat Dicle Havzası harita 1 74
Şekil 5.2 : Fırat Dicle Havzası harita 2 74
Şekil 5.3 : Fırat Dicle Havzası harita 3 75
Şekil 5.4 : Fırat Dicle Havzası harita 4 75
Şekil 5.5 : Fırat Dicle Havzası harita 5 76
Şekil 5.6 : Fırat Dicle Havzası harita 6 76
Şekil 5.7 : Fırat Dicle Havzası zarf grafiği 77
Şekil 5.8 : Fırat Dicle Havzası en yüksek su seviyesi-yıl grafiği 78
Şekil 5.9 : D21A001 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 84
Şekil 5.10 : D21A001 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 84
Şekil 5.11 : D21A040 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 85
Şekil 5.12 : D21A040 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 85
Şekil 5.13 : D21A067 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 86
Şekil 5.14 : D21A067 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 86
Şekil 5.15 : D26A040 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 87
Şekil 5.16 : D26A040 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 88
Şekil 5.17 : E21A002 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 88
Şekil 5.18 : E21A002 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 89
Şekil 5.19 : E21A019 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 89
Şekil 5.20 : E21A019 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 90
Şekil 5.21 : E21A022 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 90
Şekil 5.22 : E21A022 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 91
Şekil 5.23 : E21A024 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 91
Şekil 5.24 : E21A024 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 92
Şekil 5.25 : E21A031 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 92
Şekil 5.26 : E21A031 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 93
Şekil 5.27 : E21A035 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 93
Şekil 5.28 : E21A035 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 94
Şekil 5.29 : E21A051 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 94
Şekil 5.30 : E21A051 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 95
Şekil 5.31 : E21A058 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 95
Şekil 5.32 : E21A058 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği 96
Şekil 5.33 : E21A064 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği 96

Şekil 5.34 : E21A064 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği..... 97
Şekil 5.35 : E21A077 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği..... 97
Şekil 5.36 : E21A077 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği..... 98
Şekil 5.37 : E21A083 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği..... 98
Şekil 5.38 : E21A083 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği..... 99
Şekil 5.39 : E26A010 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği..... 99
Şekil 5.40 : E26A010 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği..... 100
Şekil 5.41 : E26A012 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği..... 100
Şekil 5.42 : E26A012 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği..... 101
Şekil 5.43 : E26A021 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği..... 101
Şekil 5.44 : E26A021 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği..... 102
Şekil 5.45 : E26A022 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği..... 102
Şekil 5.46 : E26A022 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği..... 103
Şekil 5.47 : E26A024 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği..... 103
Şekil 5.48 : E26A024 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği..... 104
Şekil 5.49 : Fırat-Dicle Havzası bölgesel GEV eğrisi 106
Şekil A.1 : D23A026 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 115
Şekil A.2 : D23A032 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 115
Şekil A.3 : D23A037 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 116
Şekil A.4 : D23A004 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 116
Şekil A.5 : E23A005 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 117
Şekil A.6 : E23A020 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 117
Şekil A.7 : E23A016 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 118
Şekil A.8 : E23A023 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 118
Şekil A.9 : E23A029 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 119
Şekil B.1 : D23A026 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 121
Şekil B.2 : D23A032 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 121
Şekil B.3 : E23A004 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 122
Şekil B.4 : E23A005 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 122
Şekil B.5 : E23A016 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 123
Şekil B.6 : E23A020 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 123
Şekil B.7 : E23A023 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 124
Şekil B.8 : E23A029 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 124
Şekil C.1 : D23A084 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 125
Şekil C.2 : D23A085 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 125
Şekil C.3 : D23A093 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 126
Şekil C.4 : E22A015 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 126
Şekil C.5 : E22A032 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 127
Şekil C.6 : E23A033 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 127
Şekil C.7 : E22A038 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 128
Şekil C.8 : E22A045 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 128
Şekil C.9 : E22A047 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 129
Şekil D.1 : E22A015 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 131
Şekil D.2 : E22A032 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 131
Şekil D.3 : E22A033 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 132
Şekil D.4 : E22A038 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 132
Şekil D.5 : E22A045 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 133
Şekil D.6 : E22A047 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 133
Şekil E.1 : D21A001 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 135
Şekil E.2 : D21A040 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 135

Şekil E.3 : D21A067 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 136
Şekil E.4 : D26A040 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği 136
Şekil E.5 : E21A002 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 137
Şekil E.6 : E21A019 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 137
Şekil E.7 : E21A022 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 138
Şekil E.8 : E21A024 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 138
Şekil E.9 : E21A031 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 139
Şekil E.10 : E21A035 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 139
Şekil E.11 : E21A051 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 140
Şekil E.12 : E21A058 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 140
Şekil E.13 : E21A064 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 141
Şekil E.14 : E21A077 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 141
Şekil E.15 : E21A083 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 142
Şekil E.16 : E26A010 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 142
Şekil E.17 : E26A012 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 143
Şekil E.18 : E26A021 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 143
Şekil E.19 : E26A022 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 144
Şekil E.20 : E26A024 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği..... 144
Şekil F.1 : D21A001 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 145
Şekil F.2 : D21A040 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 145
Şekil F.3 : D26A040 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği 146
Şekil F.4 : E21A002 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 146
Şekil F.5 : E21A019 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 147
Şekil F.6 : E21A022 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 147
Şekil F.7 : E21A024 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 148
Şekil F.8 : E21A031 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 148
Şekil F.9 : E21A035 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 149
Şekil F.10 : E21A051 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 149
Şekil F.11 : E21A058 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 150
Şekil F.12 : E21A064 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 150
Şekil F.13 : E21A077 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 151
Şekil F.14 : E26A010 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 151
Şekil F.15 : E26A012 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 152
Şekil F.16 : E26A021 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 152
Şekil F.17 : E26A024 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği..... 153
Şekil G.1 : Excel makrosu 155

FIRAT-DİCLE, ÇORUH VE DOĞU KARADENİZ HAVZALARINDA EKSTREM DEĞER DAĞILIMI İLE TAŞKIN FREKANS ANALİZİNİN YAPILMASI

ÖZET

Akımların incelenmesi akarsu havzalarında bulunan enerji yapıları için büyük önem taşımaktadır. Taşkın değerleri baraj rezervuarlarının biriktirme kapasitesinin hesabı ve taşkın yapılarının projelendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu nedenle geçmiş akım kayıtları incelenerek taşkın akımları değerlendirilmesi gelecekteki su kaynakları projelerinin planlanması açısından büyük önem arz etmektedir. Ayrıca gelecekte oluşabilecek taşkınların bilinmesi su yapılarının optimum bir şekilde planlanması ve işletilmesinin yanı sıra özellikle hidroelektrik santrallerin planlanması ve işletilmesinde büyük önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, güncel verileri Devlet Su İşleri (DSİ)'den alınan Türkiye'nin önemli su kaynaklarının bulunduğu ve gelecekte yeni enerji projelerinde yoğun olarak kullanılması planlanan Çoruh, Doğu Karadeniz ve Fırat-Dicle havzalarının farklı yerlerinde bulunan toplam 38 adet akım gözlem istasyonunun yıllık anlık maksimum akış verileri değerlendirilmiştir. Taşkın debileri kullanılarak Türkiye'de diğer dağılımlara göre daha güvenilir sonuç verdiği kanıtlanmış olan ekstrem değer dağılımı kullanılarak taşkın frekans analizi yapılmıştır. Taşkın frekans analizi ile elde edilen tahmin değerleri ile ölçüm değerleri yıllık anlık maksimum akış-dönüş aralığı, kuantil-kuantil grafiği, eklenik dağılım grafiği ve olasılık dağılım grafikleriyle karşılaştırılmış ve modelin tutarlılığı Nash-Sutcliffe verimlilik, ortalama hata kareleri kökü ve R^2 deterministik katsayı hesaplanarak değerlendirilmiştir. Dağılımın taşkın değerini ölçüm değerlerinden yüksek ya da düşük olma eğilimini bulabilmek için bias oranı hesabı yapılmıştır. Tüm bölgelere ait taşkın zarf grafikleri maksimum debi ve yağış alanları kullanılarak çizilmiş ve istasyon verileri karşılaştırılmıştır.

Çizilen grafikler yorumlandığında ve GEV modelinin üç havza için de güvenilir sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır. İstasyonların büyük bir kısmında 0,95'in üzerinde NSE ve R^2 değerleri hesaplanmıştır. Eklenik dağılım ve olasılık dağılım grafiklerinde GEV dağılımının ölçüm sonuçlarına yakın eğriler oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Tüm istasyonlarda taşkın frekans analizi ile elde edilen olasılık denklemleri kullanılarak 100, 200 ve 500 yıllık dönüş aralıklarına göre taşkın tahminleri yapılmıştır.

Çalışmanın daha sonraki aşamasında taşkın debisi kayıtları uzun süreli olmayan veya akım gözlem istasyonlarının bulunmadığı yerlerde taşkın tahminlerinin yapılabilmesi için bölgesel analiz yapılmış ve her havza için ayrı bölgesel GEV eğrileri çizilmiştir.

Yapılan tüm bu analizler sonucunda havzalarda gerçekleştirilecek enerji projelerinin planlama ve işletmesinde kullanılabilir önemli veriler elde edilmiştir.

FLOOD FREQUENCY ANALYSIS WITH GENERALIZED EXTREME VALUE METHOD FOR FIRAT-DİCLE, ÇORUH AND EASTERN BLACK SEA RIVER BASINS

SUMMARY

Studies on water flows in rivers have high importance for energy buildings in the basin. Flood expectations are used in dam reservoir calculations and flood protection projects. Using historic flood data at a basin is extremely important for planning water projects in future. Flood estimations are very critical for planning and managing energy buildings, especially power plants in the basin.

Floods occur as rivers flow rate exceeds the capacity of the river channel. Then water overtops, resulting in some of the water escaping its boundaries.

Climate, geological properties, vegetation cover and human effect are main factors that effect floods. Excessive rain in small period of time can cause water level to rise and result in a flood. Sudden change in temperature can cause ice and snow on basin to melt suddenly and raise water level which can cause a flood. Slope of the area and soil structure are two main geological factors of flood. Porous soil can absorb higher amount of water which can prevent water level rising. In river basins with high slope water level will rise more quickly then areas with lower slope. Vegetation cover can also prevent floods. Some of the water after rain is absorbed by plants and some of the water gets stuck on plant surfaces which can get vaporized. Soil is also more likely to be porous at heavy vegetation areas. With development of people, cities get bigger and people need more industrial areas. To build cities and industrial areas people destruct nature by covering soil with concrete which increases flood probability.

Flood frequency analysis is a method used by hydrologists to predict flow values according to specific return periods or probabilities for a river. This method was first introduced by Gumbel. Flood frequency analysis is used to calculate statistical information as mean, skewness and standard deviation by using annual maximum water flow data that is available at gauging stations. These calculated values are then used for drawing frequency distribution graphs. These graphs are used to estimate the design flow values according to return periods which can be used for energy building projects design and management. Flood frequency analysis is important for evaluating optimum design parameters for hydroelectric power plants, and preventing underdesigning or overdesigning a project. Flood frequency is also used for estimating recurrence of floods. Flood values calculated with analysis are used in designing structures as dams, bridges, highways, levees and industrial buildings. Estimated values calculated with frequency analysis are useful in providing a measurement parameter to analyze the damage of the floods. Flood frequency estimates are also used for flood insurance and flood zoning. Accurate flood estimations calculated with flood frequency analysis helps engineers in designing safe structures and reducing economic losses caused by floods.

In this study, all available annual maximum water flow data of 38 gauging stations are used. Data is taken from DSİ. 20 of these gauging stations are located in varying locations of Fırat-Dicle River Basin. 9 of them are in various rivers of Eastern Black Sea River Basin. 9 of them are on Çoruh River Basin. These three river basins are important water resources of Turkey and there are many on going and planned energy projects for future on them. Annual maximum water level data is used to conduct flood frequency analysis and generalized extreme value method is chosen because according to the previous studies generalized extreme value(GEV) method is proven to be the best fitting method for rivers of Turkey.

Three river basins used in this study are important water sources of Turkey. Three of the dams with highest installed capacity are located on Fırat River Basin which are Atatürk Dam with 2400 MW, Karakaya Dam with 1800 MW and Keban Dam with 1330 MW installed capacity. Fırat has the %30 of annual flow of Turkey. Three river basins used in this study has total of %43 of Turkey's annual flow.

There are many statistical distributions used for random natural occurances. In this study generalized extreme value distribution is used. According the previous studies GEV distribution is proven to be a better fit with measured flood values in various river basins around the word and previous studies also show that GEV is the best fitting distributions in Turkeys flow values.

Values calculated with GEV method are compared with measured annual maximum water flow values measured for each station by using annual maximum water flow-return period, quantile-quantile graph. Quantile-quantile graphs are drawn by calculating GEV flood prediction for the same probability of exceedance with measured values of gauging stations. This graphics can also show deviation of flood prediction calculated with GEV distribution from measured value. Both annual maximum water flow-return period and quantile-quantile graphs showed fitting results for all stations.

Cumulative density function and probability density function graphics are also drawn for each gauging station. To draw these graphs frequency of measured values are calculated for class intervals and compared with curves drawn by using probability density function and cumulative density function. Annual maximum values are used for cumulative distribution graphs and fitting graphics are seen. To draw probability distribution graphics annual maximum water flow values are converted to water level. Peak points of the GEV curve and measured data probability frequencies are shown to be fitting.

Fit of GEV predictions are calculated with R^2, Nash-Sutcliffe efficiency method, root mean squared error. Tendency of GEV model for predicting lower or higher floods then measured values is calculated with percentage bias. By using maximum measured flood value and gauging stations source area, zarf graphs are drawn and all gauging station datas are compared.

Graphics are reviewed and GEV method is proven to be fitting for all three basins. For most of the gauging stations Nash-Sutcliffe efficiency and R^2 are calculated higher than 0,95. Percentage bias values are mostly positive values which indicates that GEV distribution is more likely to calculate lower values then measured flows. Most of the Pbias values are below 1 which shows there is not a considerable deviation between GEV estimations and measured values. Cumulative density function and probability density function graphics shows fitting results for GEV predictions and measured values.

By using cumulative density function formulas found for each station 100, 200 and 500 year return period flood values are calculated. Calculated flood values have critical important value for any project planning and managing on the basins.

Amount of available data is very important to have reliable flood calculations. Unfortunately every river do not have gauging stations on them and even some rivers have gauging station, there is not enough amount of data to conduct successful flood frequency analysis.

Regional flood frequency analysis is used for the estimation of floods at sites where little or no data are available. It involves the identification of regions of hydrologically homogeneous catchments and the application of a regional estimation method in the identified homogeneous region. For areas with little amount of recorded annual flood value and areas with no gauging station, regional GEV graphs are drawn. With these graphs flood values can be calculated for any return period at areas which average flood value can be calculated with different regression methods.

In the result of this flood frequency analysis important values are calculated for planning and managing energy projects for Fırat-Dicle, Eastern Black Sea and Çoruh River Basins.

1. GİRİŞ

Su insanlık tarihi boyunca en önemli doğal kaynaklardan biri olmuştur. Tüm canlıların hayat kaynağıdır ve herhangi bir alternatifi bulunmamaktadır. İlk medeniyetler su kaynaklarının yakınına yerleşmiş ve insanlık tarihi su kaynaklarının bulunduğu bölgelerde gelişmiştir. Su kaynaklarıyla ilgili sıkıntıların toplu göçlere bile yol açtığı görülmüştür.

Dünyadaki toplam su 1,4 milyar km^3'tür. Fakat dünya üzerindeki suyun sadece %2.5'i nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Tatlı su kaynaklarının da %90'ı kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır. İnsanların kolaylıkla yararlanabileceği tatlı su miktarı dünyadaki suyun oldukça küçük bir miktarıdır (URL-1).

Dünya genelinde nüfusun artması, kentleşme ve sanayi üretimi artışı su kaynaklarının kirletilmesine ve bazı su kaynaklarının tükenmesine sebep vererek ekolojik dengede bozulmaya sebep olmuştur.

Dünya nüfusu sürekli artış göstermektedir. 20. Yüzyılda dünya nüfusu 19. Yüzyıla göre üç kat artmıştır. Fakat insanların teknolojinin gelişimiyle suya daha fazla ihtiyaç duyması sonucu su kaynaklarının tüketimi altı kat artmıştır. Dünya nüfusunun %40'ı su sıkıntısı çekmektedir.

Türkiye'de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm'dir bu da yılda ortalama 501 milyar m^3 suya tekabül etmektedir. Bu suyun yaklaşık %55'i toprak, su yüzeyi ve bitkilerin yüzeylerinden buharlaşarak atmosfere geri katılmakta, yaklaşık %14'lük kısmı toprakta emilerek yeraltı sularına katılmaktadır. %31'lik bir kısmı ise akarsulara katılmakta sonrasında kapalı havzalardaki göllere veya denizlere boşalmaktadır. Yeraltı sularına katılan suyun %40'ı pınarlarla tekrar yeryüzüne çıkmaktadır. Komşu ülkelerden ülkemize gelen akarsulardan yılda ortalama 7 milyar m^3 su girişi olmaktadır. Bu değerlere göre ülkemizin brüt yerüstü su potansiyeli 193 milyar m^3'tür (URL-2).

Ülkemizde kişi başına düşen yıllık su miktarı 1519 m^3'tür. Kişi başına düşen su miktarı 2000 m^3'ün altında olan ülkeler su azlığının yaşandığı ülkeler olarak gruplandırılır ve ülkemiz bu gruba girmektedir. Yapılan tahminlere göre ülkemizde 2030 yılında nüfusun 100 milyona çıkacağı öngörülmüştür. Nüfusun 100 milyona çıkması durumunda kişi başına düşen yıllık su miktarı 1120 m^3 olacaktır ve bu durum mevcutta sahip olduğumuz su kaynaklarını 2030 yılına kadar hiç tahrip edilmediği öngörülerek hesaplanmıştır.

Artan su ihtiyacının karşılanabilmesi için suyun çok olduğu yerden az olduğu yere taşınması ve biriktirme hazneleri oluşturulması gibi önlemler alınabilir. Geçmişteki su davranışının incelenerek suyun gelecekteki davranışının tahmin edilmesi su yapılarının doğru planlanması ve işletilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Su miktarının zaman serisinin doğru tahmin edilmesi suyun ne zaman depolanacağı ve ne zaman kullanılacağı konusunda doğru bilgilere ulaşabilmemizi sağlamaktadır. Hidroloji, hidrometeoroloji ve su ile ilgili yapılacak yatırım planlanırken havzadaki suyun geçmişteki akımları büyük önem taşımaktadır (Bayazıt, 1988).

Zaman serileri kullanılarak yapılan analizler sonucunda yapılmak istenilen yatırımın yapılıp yapılmayacağına karar verilir. Yapılacak olan yatırım bir hidroelektrik santral ise santralden elde edilebilecek enerji, planlanan yatırım bir baraj ise barajın yüksekliği, tarım alanlarını sulama için geliştirilen bir projeyse ne kadar sulama yapılabileceği zaman serileri ile elde edilen verilere göre hesaplanmaktadır. Yatırımcı bu verilere göre üstleneceği sorumluluğu ve aldığı riskleri önceden belirleyebilir. Çoğu su kaynağı gelişim projesi 50-100 yıl veya daha uzun kullanılabilecek şekilde tasarlanır.

Zaman serilerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için sahip olunan akış bilgisi büyük önem taşımaktadır. Eğer alınan tüm veriler kurak bir dönemde alındıysa ve bu veri ile elde edilen taşkın değerlerine göre bir proje geliştirildiyse analizde kurak dönem için elde edilen veriler kullanıldığı için yapılan su yapısı ıslak bir dönemde daha büyük bir taşkına maruz kalabilir ve tahrip olarak yıkılabilir. Projenin fiziksel ve finansal başarısı için olabildiğince çok ve her koşuldaki dönemi kapsayan verilerin analiz edilmesi önemlidir (Cığızoğlu vd. 2002).

1.1Tezin Amacı

Bu tezin amacı ülkemizin önemli su kaynaklarına sahip, hidroelektrik enerji üretiminin yoğun olarak yapıldığı ve yeni enerji üretim tesislerinin planlandığı Çoruh, Fırat-Dicle ve Doğu Karadeniz Havzalarında 38 adet akım gözlem istasyonundan alınan yıllık anlık maksimum akış verilerini değerlendirerek ekstrem değer dağılımı yöntemiyle taşkın frekans analizi yapmak ve GEV ile elde edilen değerleri ölçüm sonuçlarıyla farklı yöntemler kullanarak karşılaştırarak uyumunu değerlendirmektir. Bölgelerde gelecekte yapılacak hidroelektrik enerji üretim tesislerinin planlama ve işletme aşamasında gerekli olan taşkın tahminlerini hesaplamak amaçlanmıştır.

1.2 Taşkınlar

Taşkın Dünya'nın her yerinde meydana gelebilen hidrometeorolojik bir olaydır. Büyük hacimdeki su kütlelerinin akarsu yataklarında, vadi yamaçları ve tabanlarında çevresine göre düşük kottaki çukurluk bölgelerde kontrolsüz biçimde akarak yayılması olayıdır. Taşkınlar Dünya'da en çok görülen ve en çok tahribata sebep veren doğal afetlerden biridir. Seller birkaç saat gibi kısa bir sürede de oluşabilir ve kısa sürede oluşan bu seller ani taşkın olarak adlandırılır.

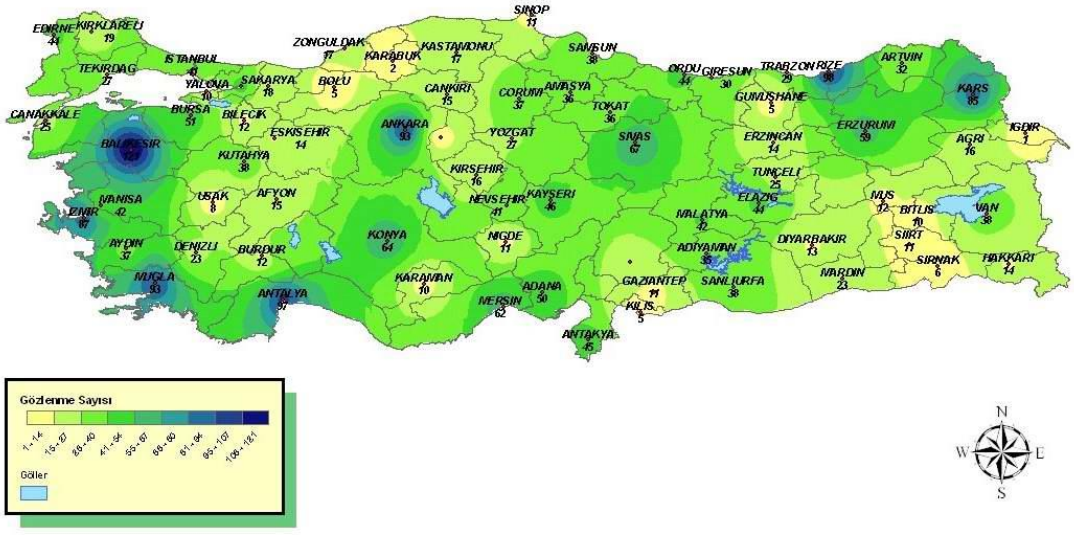
Taşkınlar meydana geldiği yer ve oluşum sebebine göre baraj taşkınları, akarsu taşkınları, dağlık alan taşkınları gibi farklı isimler alır.

Bir nehir/dere yatağına kuvvetli ve uzun süre yağmur yağması, havzadaki kar örtüsünün erimesi sonucu yataktaki su miktarının hızlı bir şekilde artması ve yatağından taşarak çevredeki arazilere, canlılara ve varlıklara zarar vermesi olayına taşkın denir. Eğimi yüksek ve su geçirimi düşük topraklarda şiddetli ve uzun süreli yağışlarda taşkın meydana gelmektedir. Kar yağışının yoğun olduğu bölgelerde ısının ani artmasıyla karların ani şekilde erimesiyle taşkınlar oluşabilmektedir. Bölgedeki yağış rejimi de taşkınların oluşumun etki eden önemli bir faktördür (Kılıçer vd. 2002).

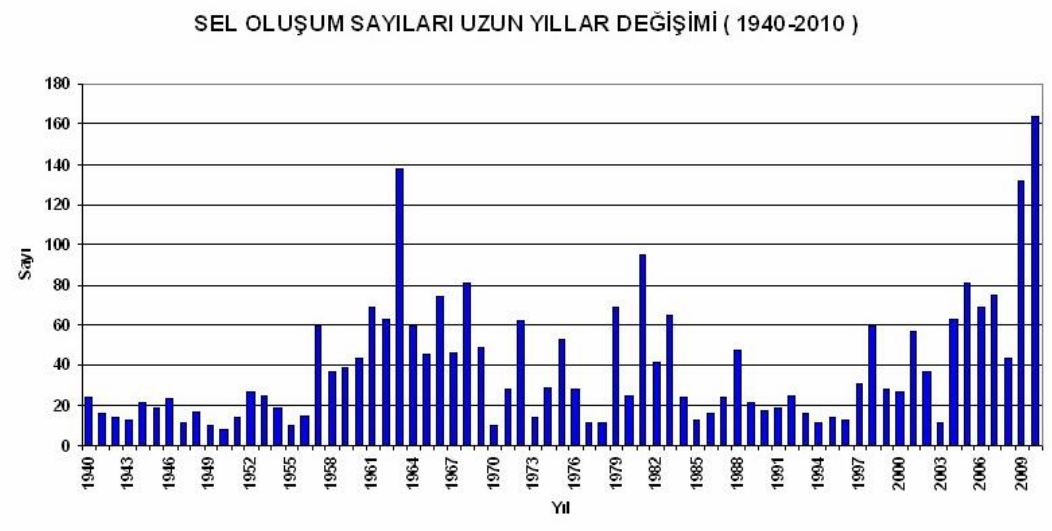
İklim değişikliğinin etkisinin hissedildiği ülkemizde taşkın debilerinde zaman içinde değişiklikler görülmesi beklenebilmektedir. İşletilmekte olan veya planlanan biriktirmeli veya akarsu santrallerinde ölçülmüş verilerin analizi büyük önem arz etmektedir.

Taşkın olayının yaşandığı bir bölgenin üst kesimlerinde erozyon daha etkilidir. Bu sebeple havzanın yukarı kesiminde suyla birlikte malzeme de taşınarak yayılır ve havzanın alt kısmında birikme yapar. Havzanın üst kesiminde daha küçük bir alan taşkından etkilenirken havzanın alt kısmı sular altında kalarak tarım bölgelerini, ulaşım ağların, sanayi bölgelerini ve yerleşim alanlarını etkileyebilir. Yanlış arazi kullanımı, yeşil alanların yok edilmesi, hatalı yerleşim planları bu bölgelerde oluşan taşkınlar sonucu büyük sosyoekonomik sorunlara sebebiyet verebilmektedir.

Şekil 1.1'de Türkiye'de 1940 ile 2010 yılları arasında gözlenen taşkın sayısına göre oluşturulmuş harita verilmiştir (URL-1). Türkiye'de yaşanan taşkınlar on yıllık periyotlara bölünerek değerlendirildiğinde 1967-1987 yıllarında hidrometeorolojik olayların %33'ü taşkınlardan oluşurken 1998-2008 yılları arasında bu oran %14'tür. Bu değişiklikte yeni yapılan barajların ve akarsu yataklarında yapılan ıslah çalışmalarının önemli payı vardır. Fakat baraj ve ıslah çalışmalarına rağmen DSİ verilerine göre 1975-2011 yılları arasında 820 taşkın yaşanmış ve bu taşkınların sonucunda 660 can kaybı oluşmuş, 799.758 hektar tarım arazisi taşkından etkilenmiş ve 150 milyon TL'lik bir zarar oluşmuştur. Sekil 1.2'de görüldüğü gibi son yıllarda şehir sellerinde de artış görülmektedir (URL-1).



Şekil 1.1 : Sel - Taşkın - Şiddet Yağış Afetleri 1940-2010 Yılları Arasındaki Gözlenme Sayıları (URL-2).



Şekil 1.2 : Sel oluşum sayılarının yıllara göre değişimi (URL-2).

1.2.1 Taşkınlara etki eden faktörler

Taşkınların oluşmasında bir çok coğrafi ve beşeri faktörün etkisi bulunmaktadır. Taşkınların başlıca sebeplerini iklim, jeolojik ve jeomorfolojik özellikler, bitki örtüsü ve insan etkileri başlıklarında değerlendirebiliriz.

1.2.1.1 İklim

İklim, taşkını meydana getiren faktörlerin en önemlisidir. Akarsu havzalarına doğrudan etkisi vardır. Bir bölgenin yıllık yağış miktarı, yağış miktarının aylara göre dağılımı, yağışın yağmur veya kar cinsinden oluşumu bölgenin yağış özelliklerini oluşturur. Beklenen yağışın üzerinde ani ve uzun süren yağışların gerçekleşmesi akarsu yataklarında taşkına sebep olmaktadır.

Bölgenin sıcaklık özellikleri hem akarsudaki suyun buharlaşması sonucu azalmasında hem de kar ve buz örtüsünün sıcaklıkla erimesi ve akarsuya karışmasında etkilidir. Sıcaklığın normalin üzerinde ani yükselmesi ile kar ve buz örtüsü hızla eriyerek akarsuya karışarak ani taşkınlara sebebiyet verebilmektedir.

Yağışın kar veya yağmur cinsinden olması da yüzey akışlarında önemli etkiye sahiptir. Karadeniz bölgesinde sıcaklık artışıyla akım da artmaktadır ve yılın en yüksek akışı, yağışların azalmış olmasına rağmen Mayıs ayında görülmektedir. En düşük akış ise yağışın arttığı fakat yağışın kar şeklinde olduğu kış aylarında görülmektedir (Atalay,1986).

1.2.1.2 Jeolojik ve jeomorfik özellikler

Havzanın bulunduğu bölgenin şekil, yükseklik ve eğimi, dağların uzanış doğrultusu ve yönü, toprak yapısı, toprağın geçirgenlik özelliği ve aşınmaya karşı direnci havzada oluşabilecek taşkınları etkileyen önemli faktörlerdir.

Geçirgen yapıdaki toprakların bulunduğu bölgelerde havzadaki su emilerek sızacağı için sel riski daha düşüktür. Geçirimsiz topraklarda ise akışın artmasında artan su emilemeyeceği için taşkın olma olasılığı daha yüksektir. Toprağın tuttuğu nem miktarı da toprağın yapabileceği emilim miktarı için önemlidir. Nemli bölgedeki toprak daha az su alabilecekken kurak bölgede ve gözenekli yapıdaki toprak daha çok miktarda su emebilmektedir.

Eğimi yüksek bölgelerde ani yağış ve kar erimelerinde akış hızla artar. Fakat eğimin düşük olduğu bölgelerde akış daha yavaş miktarda artar ve akarsuyun yan kolları farklı zamanlarda akışa karşışacağı için taşkın riski eğimli bölgeye göre daha azdır. Eğimin düşük olduğu havzalarda su belli bölgelerde toplanabilir akış hızla yükselmediği için toprakta emilim suyun biriktiği bölgelerde artar ve suyun yüzey alanı arttığından dolayı buharlaşan su miktarı da yükselir. Bu faktörler de taşkın riskini azaltmaktadır.

Dağların doğrultularına göre nemli rüzgarların vurduğu yöne bakan kısmında daha çok yağış görüleceği için taşkın görülme olasılığı da daha yüksektir (Özcan, 2006),

1.2.1.3 Bitki örtüsü

Ormanlık ve çayırlık alanlarda bulunan toprak yapısı daha gözenekli olduğu için daha çok miktarda su emebilir. Bu bölgelerdeki bitkiler suyun bir kısmını kendi yüzeylerinde tutarak yağışın toprağa aniden karışmasına bir miktar engel olabilirler. Bitki örtüsünün yoğun olmadığı kurak bölgelerde ise toprağın geçirgenliği daha düşüktür ve bu bölgelerde daha çok taşkın görülmektedir.

1.2.1.3 İnsan etkileri

İnsanlığın gelişmesiyle büyük kentler ve sanayi alanları oluşmuştur ve bu alanların taşkınlar için hassas bölgelerde bulunması büyük felaketlerle sonuçlanabilmektedir. Kentleşmenin artması ve tüketim için doğal alanların tahribatıyla toprak alanlar etkilenmekte ve bu bölgelerde sel olasılığı artmaktadır.

Taşkınlar Dünya'da en çok görülen ve en çok tahribata sebep veren doğal afetlerden biridir.

Taşkınlar önlenmesi zor fakat sosyoekonomik etkileri kontrol edilebilir doğa olaylarıdır. Taşkınlar insan hayatı için tehdit oluşturmakta ve varlıklara zarar vermektedir. Bu yüzden su yapılarının planlanmasında taşkın yapıları büyük önem taşımaktadır.

İyi planlama ve yönetim taşkın riskini kontrol altına almaya yardımcı olmaktadır. Taşkın risk değerlendirmesi yerleşim, endüstriyel ve ticari alanların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Hidroelektrik santrallerin yapımında baraj boyutlandırması yapılırken bölgedeki taşkın tahmini proje yatırımı ve santralin güvenliği için kritik önem taşımaktadır.

1.3 Enerji Yapıları İçin Taşkın Frekans Analizinin Önemi

Barajlar ve rezervuarlar bir taşkın durumunda akışın alt tarafında bulunan bölge için büyük tehlike oluşturmaktadır.Dünya üzerinde yaşanan baraj yıkılma olaylarının yarısı taşkın kaynaklıdır. Günümüzde görülen iklim değişikliğinin de bu konuda olumsuz etkileri olduğu düşünülmektedir.

Biriktirmeli veya biriktirmesiz bir hidroelektrik santralin planlanması sürecinde santralden elde edilebilecek güç miktarı ve gücün mevsimsel değişkenliği, tasarımda dikkat edilmesi gereken baraj yüksekliği, su seviyesinin yükselmesi durumunda suyun salınacağı dolu savakların tasarımı santralin planlandığı bölgedeki akım gözlem istasyonlarından elde edilen bilgilerin istatistiksel analizi ile yapılmaktadır. Bir proje tasarımında yıllık akımlar iyi analiz edilmezse ileride elde edilebilecek enerji miktarıyla ilgili doğru tahminler yapılamaz. Taşkın frekans analizinin sonucuna göre güvenilirliği yüksek tahmin sonuçlarına göre tasarım yapılmazsa ileride meydana gelebilecek taşkınlar tesisin hasar görerek yıkılmasına sebebiyet verebilir. Debinin yüksek olduğu dönemde kullanılacak dolu savakların tasarımında doğru seçimlerin yapılmaması savakların yeteri kadar suyu geçirememesiyle tesislerin zarar görmesine sebebiyet verebilir veya taşkın tahminlerinin düşük olduğu bölgelerde gereğinden daha yüksek maliyette projelerin yapılmasıyla büyük maddi kayıplara sebebiyet verebilmektedir.

1.4 Türkiye'nin su kaynakları

Türkiye'nin su kaynakları DSİ tarafından Şekil 1.3'te gösterildiği gibi 26 farklı bölgeye ayrılarak incelenmektedir.Yağış alanı en büyük olan havza Fırat-Dicle Havzası'dır. Ortalama yıllık akımı yüksek olan akarsular genellikler dağlık bölgelerin yoğun olduğu doğuda yer almaktadır. Ülkemizdeki en büyük hidroelektrik santralleri 2400 MW kurulu gücüyle Atatürk Barajı, 1800 MW kurulu gücüyle Karakaya Barajı ve 1330 MW kurulu gücüyle Keban Barajı, Fırat Nehri üzerinde bulunmaktadır. Fırat-Dicle Havzası'nın akışı ülkemizdeki yıllık akışın yüzde otuzunu oluşturmaktadır. Bu tezde incelenen Doğu Karadeniz, Çoruh ve Fırat-Dicle havzaları ülkemizdeki akışın toplam yüzde 43'ünü oluşturmaktadır. Hidroelektrik potansiyeli yüksek havzalar olduğu için gelecekte çok sayıda enerji santrali yapılması planlanmaktadır.



Şekil 1.3:Türkiye'nin ana havzaları.

1.5 Literatür Araştırması

Akarsu havzalarının hidrolojik özelliklerinin araştırılması ve bu sonuçların matematiksek dağılımlarla değerlendirilmesi eski zamanlardan beri yapılmaktadır. Taşkın tahmini için farklı taşkın frekans analiz modelleri bulunmuş ve bilim adamları tarafından dünyanın farklı bölgelerindeki havzalarda uygulanmıştır.

Önöz ve Bayazit (1995), dünyanın farklı bölgelerinde bulunan 19 akarsu havzasında bulunan toplam 1819 adet yıllık anlık maksimum akış değerlerini normal (N), iki parametreli lognormal (LN2), üç parametreli lognormal (LN3), Gumbel (EVI),

ekstrem değer dağılımı (GEV), Pearson tip III (P3), ve log-Pearson tipIII (LP3) dağılımlarını kullanarak değerlendirmiş ve GEV dağılımının değerlendirilen bölgelerin tümünde ölçülen değerlerle en tutarlı sonuçları çıkardığı sonucuna ulaşmıştır.

Zhang vd. (2017), Çin'in güneyinde bulunan Pearl Nehir Deltası'nda yaklaşık 60 adet yıllık maksimum su seviyesi verisi bulunan 34 akım gözlem istasyonunda GEV dağılımıyla taşkın frekans analizi yapmış ve istasyonları büyük bir kısmında 0,99'un üzerinde r^2 hesaplamışlardır.

Guru ve Ramakar (2015), Hindistanda bulunan ve alt kısmında sıklıkla taşkınların görüldüğü Mahanadi nehrinin havzasında biri üst biri alt kısmında bulunan iki akım gözlem istasyonunun yıllık anlık maksimum akış verilerini kullanarak taşkın frekans analizi yapmıştır. Analiz sonucunda olasılığı %5'in altındaki maksimum akışların havzanın alt kısmında taşkın felaketlerine yol açabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Cicioni vd. (1973), İtalya'da bulunan 108 adet akım gözlem istasyonundan elde ettikleri en az 27 yıllık akım verilerini LN2, LN3, P3, GEV dağılımlarıyla taşkın frekans analizi yapmış ve x^2, Kolmogorov-Smirnov, Cramer-Von Mises ve Anderson-Darling testleriyle farklı dağılımları karşılaştırmıştır. Sonuç olarak GEV ve LN3 dağılımlarının daha uyumlu olduğunu görmüştür.

Vogel vd. (1993), Amerika'nın güneybatısında bulunan en az 30 yıllık akış değeri bulunan 383 adet akım gözlem istasyonunun verisini kullanarak N, LN2, EVI, LN3, GEV, P3 ve LP3 dağılımlarıyla taşkın frekans analizi yapmış ve L-moment diyagramlarıyla karşılaştırmıştır. LN2, LN3, GEV ve LP3 metotlarının uyumlu sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir.

Ishfaq vd. (2017) Pakistan'da bulunan otuz adet yağış gözlem istasyonunun verisini kullanarak bölgesel frekans analizi yapmıştır. Çalışma için bölgeler dörde bölünmüştür. Çalışmada L-moment yöntemlerinden PE3, GLO, GEV ve N dağılımları kullanılmış ve dört bölge için de kısa dönüş aralıkları için en tutarlı yöntemin GEV olduğu sonucuna varılmıştır.

Seçkin vd. (2011), Türkiye'nin farklı bölgelerinde en az 15 yıllık verisi bulunan 543 adet akım gözlem istasyonundaki yıllık anlık maksimum akış verisini GEV, PE3, beş parametreli Wakeby (WAK), genelleştirilmiş normal (GNO), genelleştirilmiş pareto (GPA), genelleştirilmiş lojistik (GLO) dağılımlarına göre değerlendirmiş ve GEV

dağılımının 543 istasyondan 498 adetinde en uyumlu sonucu verdiğini gözlemlemiştir.

Bayazit, Shaban ve Önöz (1997), Türkiye'deki en uzun zamana ait yıllık anlık maksimum akış değerlerinin farklı olasılık dağılımlarıyla değerlendirilerek istatistiksel testlerle karşılaştırılmış ve GEV dağılımının en iyi sonucu verdiğini bulmuştur. Bu çalışmanın sonuçları dünyada farklı yerlerde bulunan 19 havzada yapılan çalışmayla örtüşmektedir.

Saf (2009), Batı Akdeniz'de yaptığı taşkın frekans analizi çalışmasında 47 adet akım gözlem istasyonunun verisini kullanmıştır. Bölgede L-moment istatistiklerini k-means metoduyla değerlendirerek kümeleme analizi yapmış ve çalışılan bölgeyi üç alt bölgeye ayırmıştır. İstasyonların verilerini GLO, GEV, N, GPR, PE3, kappa ve Wakeby dağılımlarıyla taşkın tahminlerinde bulunmuştur.

Aşıkoğlu (2017), Türkiye'de 268 akım gözlem istasyonunun verisini yedi farklı dağılımlar kullanarak L-moment oranlarını değerlendirmiştir. Sonuç olarak GEV dağılımının Türkiye'de oluşan taşkınlara uyumlu bir genel dağılım olduğu sonucuna ulaşmıştır.

2. YÖNTEM

2.1 İstatistik Yöntemler

Taşkınlar birçok doğal olaydan etkilenir ve doğa olayları birçok tahmin edilemeyen değerden etkilenmektedir. Günümüzde doğa olaylarının belirsizliklerini açıklamak için kurulan modeller taşkın olayını tam olarak ifade edebilmek için yeterli değildir. Taşkınlara etki eden değişkenlere ait veriler yetersizdir. Bu yüzden taşkın değerleri önceden tahmin edilemez, rastgeledir.

Su yapılarının planlama, projelendirme ve işletme aşamalarında taşkın tahmini için farklı mühendislik yaklaşımları söz konusudur.

Taşkın olayına etki eden rastgele değişkenin kendi içindeki değişimi veya taşkın büyüklüğüne olan etkisi küçükse bu rastgele değişkenin ortalama değeriyle çalışılabilir. Fakat rastgele değişkenin kendi içindeki değişkenliği veya taşkın boyutuna olan etkisi yüksekse olabilecek en kötü koşuldaki değer alınmalıdır.

Proje için alınacak riski proje maliyetiyle birlikte değerlendirebilmek için istatistik bilimi ve olasılık teorisi kullanılmaktadır.

Ölçülmüş taşkın debileriyle gelecekte tekrar karşılaşılabilir veya daha yüksek değerde bir taşkın görülmesi olasıdır. İstatistik analizde dönüş aralığı (T) seçilen bir taşkın değerinin (χ_p) aşılması için geçmesi gereken ortalama süreyi vermektedir. χ_p taşkınının T dönüş aralığında herhangi bir yıl geçilme olasılığı 1/T'dir. Tyıllık taşkın değeri χ_p'dir.

T =Dönüş aralığı

χ_p = Seçilen bir debi değeri

p = χ_p değerinin bu değere eşit veya düşük kalma olasılığı

$$T = \frac{1}{1-p} \tag{2.1}$$

Taşkın debileri sürekli değişkenlerdir. Örnek uzayında eleman sayısının sonsuz olduğu şekliyle tanımlanan sürekli değişkenler bir zaman serisi oluştururlar. Gözlenmiş taşkın debileri bu rastgele değişkenintoplumunda bir örnek oluşturur ve istatistik analiz yöntemleri kullanılarak bu örnekten taşkınların gelecekte alacağı değerler için tahminler yapılır. Gözlenmiş debilerin oluşturduğu N elemanlı örneklerin büyük veya küçük olmasına bağlı olarak verilerin frekans analizi farklı şekillerde yapılabilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

2.1.1 Frekans Analizi

Frekans analizi büyük ve küçük örnek sayısına göre farklı şekillerde incelenir.30'dan fazla sayıda örnek varsa örnekler eşit sınıf aralıklarına ayrılarak değerlendirilir. Her sınıfın limit değerleri arasındaki örnek sayısının toplam örnek sayısına bölünmesiyle taşkının belirli sınıftaki frekansı elde edilir.

$$f_i = \frac{n_i}{N} \tag{2.2}$$

n_i=i'inci sınıfta taşkın debisi örneği adeti

N=Toplam örnek sayısı

fi=i'nci sınıftan taşkın görülme frekansı

Büyük örnekli frekans analizinde sınıf sayısı ve sınıf aralığının genişliğinin planlanmasındaki en önemli değişken örnek eleman sayısıdır. Örnek eleman sayısının artmasıyla sınıf sayısı da artar. Sınıf aralık sayısı hesaplanırken aşağıda verilen ampirik denklem kullanılabilir.

$$m = 1 + 3{,}3.\log N \tag{2.3}$$

m=Sınıf aralığı sayısı

N=Toplam örnek sayısı

Frekans analizindeki tüm sınıf genişliklerinin birbirine eşit olması zorunlu değildir.

Küçük örneklerin frekans analizinde örnek sayısı az olduğu için sınıflama yapmak uygun olmaz. Bu yüzden örnekler büyüklük sırasına dizilerek düzenlenir.

Her bir değer için bir kuantil değeri hesaplanır. Kuantil hesabı için Çizelge 2.1'de gösterildiği gibi farklı denklemler kullanılmaktadır.

Çizelge 2.1 : Alternatif aşılma olasılıkları

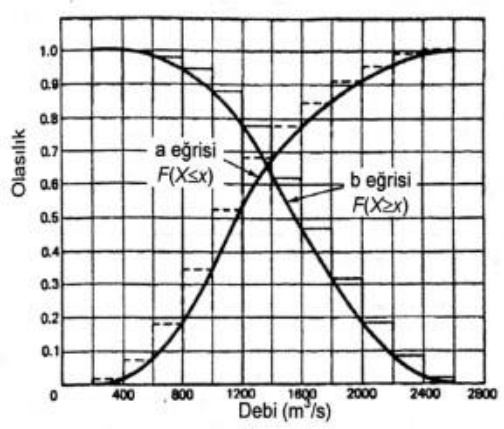
İsim	Denklem	Açıklama
Weibull	$\frac{i}{N+1}$	Bütün dağılımlar için tarafsız aşılma olasılığı
Medyan	$\frac{i-0,3175}{N+0,365}$	Büyün dağılımlar için medyanın aşılma olasılığı
Blom	$\frac{i-3/8}{N+1/4}$	Tarafsız normal kuantiller için
APL	$\frac{i-0,35}{N}$	Olasılık ağırlık momentleri için
Cunane	$\frac{i-0,4}{N+0,2}$	Yaklaşık tarafsız kuantiller için
Gringorten	$\frac{i-0,40}{N+0,12}$	Gumbel dağılımı için
Hazen	$\frac{i-0,5}{N}$	Klasik ifade

i=Büyükten küçüğe sıralanan verilerde veri sırası

N=Toplam örnek sayısı

Frekansların sınıf aralıklarına karşı çizilen grafiğe frekans histogramı denilir.

Frekans ve olasılıklar üst üste toplandığında değişkenin eklenik frekansları veya olasılıkları F elde edilir. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi bu toplama, değerin küçük değerlerinden büyüğe doğru olursa F(X<x)(a eğrisi) veya büyük değerlerinden küçüğe doğru olursa F(X>x)(b eğrisi) şekliyle ifade edilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).



Şekil 2.1: Eklenik frekans grafiği örneği.

2.1.2 Olasılık dağılımlarının parametreleri ve parametre tahmini

Bir değişkenin parametreleri, değişkenin olasılık dağılımının değişkenlerini ifade eder. Dağılımın parametreleri dağılımın olasılık dağılımının dört özelliğini belirler.

-Dağılımın merkezi

-Dağılım merkezi çevresindeki yayılma büyüklüğü

-Dağılımın çarpılığı

-Dağılımın sivriliği

Dağılım merkezinin eldeki örnek verilerden tahmin edilen değeri aşağıdaki denklem ile bulunur.

$$Ortalama: \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N} \tag{2.4}$$

Dağılımın merkez çevresinde yayılma büyüklüğü örnekteki değerler kullanılarak ikinci dereceden moment olan varyans ile hesaplanır.

$$Varyans = s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})^2}{N} \tag{2.5}$$

Dağılımın çarpıklığı örnekteki değerler kullanılarak aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir.

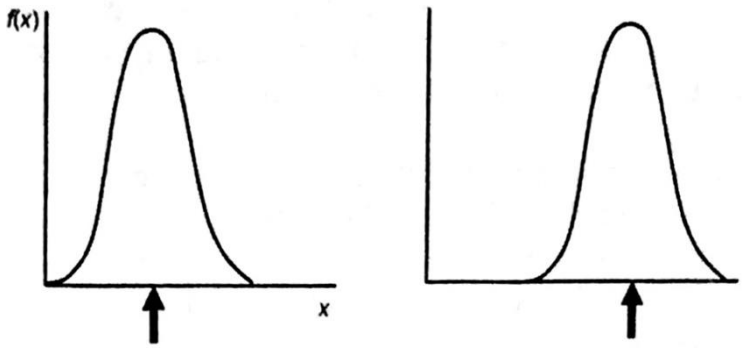
$$C_{s_x} = \frac{N}{(N-1).(N-1)} . \frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})^3}{S_x^3} \tag{2.6}$$

Çarpıklık boyutsuz bir sayıdır. Bu sayısın sıfır olması dağılımın simetrik olduğunu sıfırdan küçük olması dağılımın sola, büyük olması ise dağılımın sağa kaydığını göstermektedir. Hidrolojide yapılan istatistiksel analizlerde bu değerin genellikle pozitif çıkması beklenir. (Bayazıt ve Önöz, 2008).

2.1.3 L momentleri

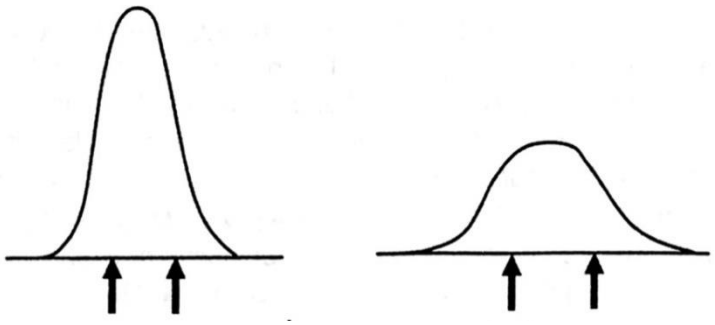
L momentleri sıra istatistiklerinin lineer kombinasyonları olarak tanımlanabilir. İsmindeki L harfi L momentlerinin lineer olduğunu belirtmek için kullanılmıştır. Sonlu bir ortalaması bulunan herhangi bir rasgele değişken için hesaplanabilir. Taşkın gibi hidrolojik olaylar rasgele değişkenler içerdiği için bu tür verilerin olasılık dağılımının parametrelerini belirlemekte yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tek bir örnek boyutu olması halinde L moment dağılımın ortalama değerini göstererek Şekil 2.2'de gösterildiği gibi dağılımın yeri hakkında bilgi verir.



Şekil 2.2 : Birinci L-momentin tanımı(Bayazıt ve Önöz, 2008).

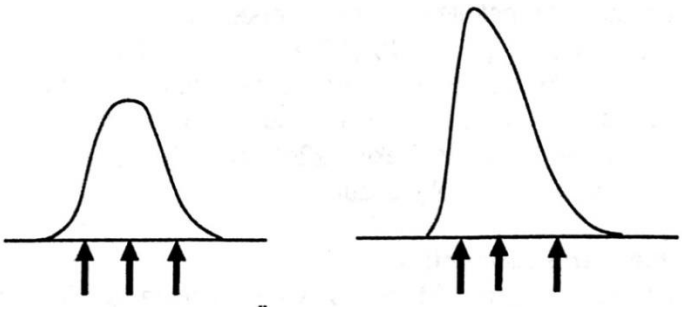
İki boyutlu bir örnek olması durumunda, örneklerin ortalamaya yakın olması halinde iki moment birbirine yaklaşır. Şekil 2.3'te gösterildiği gibi örneklerin dağılım aralığı genişledikçe iki moment birbirinden uzaklaşır. İki moment arasındaki uzaklık dağılımın yayılımını belirtir.



Şekil 2.3 : İkinci L-momentin tanımı (Bayazıt ve Önöz, 2008).

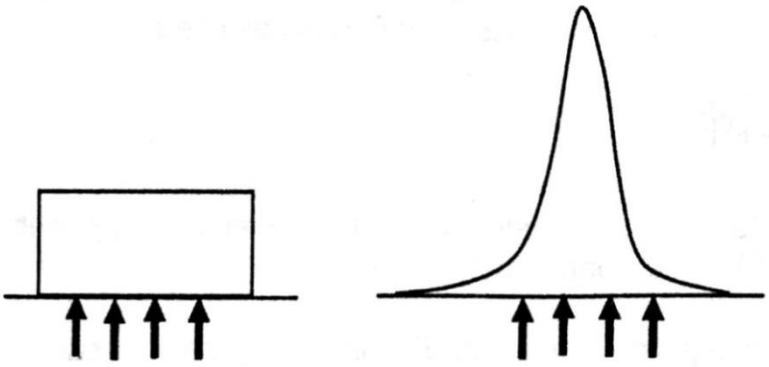
Üç boyutlu bir örnek olması durumunda olasılık dağılımı Şekil 2.4'te gösterildiği gibi üç momentle ifade edilir. Dağılımın sol ve sağ kısmında kalan momentlerle merkez moment arasındaki uzaklığa göre dağılımın çarpıklığı hakkında bilgi edinilir. Sol tarafta kalan moment ile merkez moment arasındaki uzaklık sağ taraf ve merkez

moment arasında kalan uzaklıktan büyük ise negatif tam tersi durumda ise pozitif değer alacaktır. Dağılımın çarpıklığını belirler.



Şekil 2.4 : Üçüncü L-Momentin Tanımı (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Dört boyutlu bir örnek olması durumunda olasılık dağılımı Şekil 2.5'te gösterildiği gibi dört momentle ifade edilir. Dağılımın yoğunluk fonksiyonuna göre en dıştaki iki momentin merkez momentten ne kadar uzakta olduğu hakkında bilgi verir.



Şekil 2.5 : Dördüncü L-Momentin Tanımı (Bayazıt ve Önöz, 2008).

L-moment tahminleri olasılık ağırlık momentlerinin doğrusal fonksiyonları olarak yazılabilir. Olasılık ağırlık momentlerinin tarafsız tahminleri aşağıdaki denklem ile elde edilebilir.

$$b_r = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N-r}\frac{\binom{N-j}{r}X_j}{\binom{N-1}{r}} \qquad (2.7)$$

Bu denklem kullanılarak dört boyut için olasılık ağırlık momentleri aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$b_0 = \bar{x} \tag{2.8}$$

$$b_1 = \sum_{j=1}^{N-1} \frac{(N-j)x_j}{N(N-1)} \tag{2.9}$$

$$b_2 = \sum_{j=1}^{N-2} \frac{(N-j)(N-j-1)x_j}{N(N-1)(N-2)} \tag{2.10}$$

$$b_3 = \sum_{j=1}^{N-3} \frac{(N-j)(N-j-1)(N-j-2)x_j}{N(N-1)(N-2)(N-3)} \tag{2.11}$$

Ağırlık olasılık momentleri kullanılarak L momentleri aşağıdaki denklemler hesaplanabilir.

$$\lambda_1 = b_0 \tag{2.12}$$

$$\lambda_2 = 2b_1 - b_0 \tag{2.13}$$

$$\lambda_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0 \tag{2.14}$$

$$\lambda_4 = 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0 \tag{2.15}$$

λ_1 dağılımın ortalaması olarak isimlendirilir ve herhangi bir değeri alabilir. λ_2 parametresi L-ölçek parametresi olarak isimlendirilir.

Boyutsuz L-moment oranları Çizelge 2.2'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 2.2 : L-moment katsayı denklemleri.

L-Değişim Katsayısı	LCv,τ_2	λ_2/λ_1
L-Çarpıklık Katsayısı	L-Çarpıklık,τ_3	λ_3/λ_2
L-Kurtosis Katsayısı	L-Kurtosis, τ_4	λ_4/λ_2

İki parametreyle ifade edilen dağılımlar grafikte yer ve ölçek parametreleriyle tanımlanan bir noktayla ifade edilirler. Bu grafikte fark yaratan yer ölçek

parametreleridir, grafiğin üçüncü ve dördüncü momentleri olmadığı için L-çarpıklık ve L-kurtosis değişkenleri değişmemektedir.

Üç parametreyle ifade edilen olasılık dağılımları ölçek ve yer haricinde biçim parametresi de bulunduğu için eğri ile ifade edilmektedir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

2.1.4 GEV Dağılımı (Gumbel, GEV)

Hidrolojik olayların en küçük ve en büyük değerleri birbirine benzer özellikler göstermektedirler. Bir nehrin yıllık maksimum ve minimum su seviyeleri, yıllık maksimum ve minimum yağışlar, nehirlerin yıllık maksimum ve minimum debileri örnek olarak gösterilebilir. Gumbel, 1958'de bu rasgele hidrolojik olayların ekstrem değer dağılımlarından birisi olabileceğini ortaya koymuştur. İstatistikteki ekstrem değer teorisine göre örnek maksimum değerlerin ekstrem değer dağılımlarından birine yakınsadığı kabul edilir. Ekstrem değer dağılımları Tip I, II ve III olarak üç çeşittir. Tip I dağılım Gumbel dağılımı olarak adlandırılır (Bayazıt ve Önöz, 2008).

2.1.4.1 Gumbel dağılım

M_1, M_2, …., M_n hidrolojik bir olayın günlük değerleri kabul edelim. X değişkenini de bu hidrolojik olayın maksimum değeri $X=\max(M_i)$ olarak tanımlayalım. M_i değerlerinin bağımsız, üst sınırı olmayan değişkenler olduğu ve aynı dağılıma sahip olduğu durumda. Örnek sayısı N'nin büyük değerlerinde Mi değerlerinin maksimumu X değerlerinin dağılımı Gumbel dağılımıdır. Mi'lerin üst kuyruğunun dağılımı eksponansiyeldir. Literatürde yıllık maksimum akımların, maksimum 24 saatlik yağışların dağılımı için sıklıkla Gumbel dağılımı kullanılmaktadır (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Gumbel dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$f(x)=\frac{1}{\alpha}\exp\left[-\frac{x-\xi}{\alpha}-\exp\left(-\frac{x-\xi}{\alpha}\right)\right] \tag{2.16}$$

Gumbel dağılımının eklenik dağılım fonksiyonu aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$F(X)=\exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\xi}{\alpha}\right)\right] \tag{2.17}$$

α ve ξ Gumbel dağılımında kullanılan parametrelerdir.

Dağılımın ortalaması:

$$\mu_x = \xi + 0{,}5772\,\alpha \tag{2.18}$$

Dağılımın varyansı:

$$\sigma_x^2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6} \approx 1{,}645\,\alpha^2 \tag{2.19}$$

Dağılımın çarpıklığı:

$$C_{S_x} = 1{,}1396 \approx 1{,}14 \tag{2.20}$$

Dağılımın L momentleri:

$$\lambda_1 = \xi + 0{,}5772\,\alpha \tag{2.21}$$

$$\lambda_2 = \alpha \ln(2) \tag{2.22}$$

Moment oranları:

$$\tau_3 = 0{,}1699 \tag{2.23}$$

$$\tau_4 = 0{,}1504 \tag{2.24}$$

Dağılımın parametre tahmini:

$$\alpha = \frac{\lambda_2}{\ln(2)} = 1{,}443\,\lambda_2 \tag{2.25}$$

Momentler yöntemiyle parametre tahmini:

$$\alpha = \frac{S_x \sqrt{6}}{\pi} = 0{,}7797 S_x \tag{2.26}$$

$$\xi = \bar{x} - 0{,}5772\alpha \tag{2.27}$$

Denklemleri kullanılarak elde edilir.

2.1.3.2 Ekstrem değer dağılımı

Literatürde GEV olarak tanımlanmıştır. Ekstrem değer dağılımlarından EVI, II ve III tiplerinin hepsini içermektedir.

Eklenik dağılım fonksiyonuaşağıdaki denklem kullanılarak elde edilmektedir.

$$F(x) = \exp\left\{-\left[1-\frac{k(x-\xi)}{\alpha}\right]^{\frac{1}{k}}\right\} \tag{2.28}$$

Ekstrem dağılım fonksiyonunun parametreleri α, k ve ξ'dur. α parametresi dağılımı ölçeğini, k parametresi dağılımın biçimini ve ξ parametresi dağılımın yerini ifade etmektedir.

GEV dağılımında k'nın sıfır olması durumunda dağılım EVI yani Gumbel dağılımıdır. k'nın mutlak değerinin 0,3'ün altında kalması durumunda dağılım Gumbel dağılımına yüksek benzerlik göstermektedir. k'nın sıfırdan küçük olmasıdurumunda dağılım EVII, k'nın sıfırdan büyük olması durumunda dağılım EVIII adını alır (Bayazıt ve Önöz, 2008).

GEV dağılımın momentleri

GEV dağılımı momentleri ortalaması ve standart sapması gama (Γ) fonksiyonu ile ifade edilmektedir.

$$\mu_x = \xi + \left(\frac{\alpha}{k}\right)\left[1-\Gamma(1+k)\right] \tag{2.29}$$

$$\sigma_x^2 = \left(\frac{\alpha}{k}\right)^2\left\{\Gamma(1+2k)-\left[\Gamma(1+k)\right]^2\right\} \tag{2.30}$$

Çarpıklık

$$C_{S_x} = \frac{-\Gamma(1+3k)+3\Gamma(1+k)\Gamma(1+2k)-2\Gamma^3(1+k)}{\left[\Gamma(1+2k)-\Gamma^2(1+k)\right]^{\frac{3}{2}}}\,sign(k) \tag{2.31}$$

Dağılımın L momentleri

$$\lambda_1 = \xi + \frac{\alpha}{k}\{1-\Gamma(1+k)\} \tag{2.32}$$

$$\lambda_2 = \frac{\alpha}{k}(1-2^{-k})\Gamma(1+k) \tag{2.33}$$

L-Çarpıklık

$$\tau_3 = \left\{\frac{2(1-3^{-k})}{(1-2^{-k})} - 3\right\} \tag{2.34}$$

L-Kurtosis

$$\tau_4 = \frac{1-5(4^{-k})+10(3^{-k})-6(2^{-k})}{1-2^{-k}} \tag{2.35}$$

Dağılım parametrelerinin tahmini için aşağıdaki denklemler kullanılmaktadır.

$$\alpha = \frac{k\lambda_2}{\Gamma(1+k)(1-2^{-k})} \tag{2.36}$$

$$\xi = \lambda_1 + \frac{\alpha}{k}\left[\Gamma(1+k)-1\right] \tag{2.37}$$

$$c = \frac{2\lambda_2}{\lambda_3+3\lambda_2} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)} = \frac{2\beta_1-\beta_0}{3\beta_2-\beta_0} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)} \tag{2.38}$$

$$k = 7{,}8590\,c + 2{,}9554\,c^2 \tag{2.39}$$

P olasılığı için kuantil tahmini aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilmektedir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

$$X_p = \xi + \frac{\alpha}{k}\left\{1-\left[-\ln(F)\right]^k\right\} \tag{2.40}$$

Dağılımın olasılık dağılım fonksiyonu denklem (2.41)'de verilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha}\left[1-\frac{k(x-\xi)}{\alpha}\right]^{\frac{1}{k}-1}.\exp\left\{-\left[1-\frac{k(x-\xi)}{\alpha}\right]^{\frac{1}{k}}\right\} \tag{2.41}$$

2.2 Değerlendirme Metotları

2.2.1 Nash Sutcliffe efficiency metodu

Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) hidrolojik modellerin tahmin tutarlılığını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Kullanılan denklem aşağıda gösterildiği gibidir.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{T} (Q_m^t - Q_0^t)^2}{\sum_{t=1}^{T} (Q_0^t - \overline{Q_0})^2} \tag{2.42}$$

$\overline{Q_0}$:Gözlenen akışların ortalaması

Q_m^t:Tahmin edilen akış

Q_0^t:t zamanında gözlenen akış

NSE ile elde edilen değerin 1 olması modeldeki değerlerle ölçülen değerlerin tam uyumlu olduğunu gösterir. NSE değeri 1'e ne kadar yakın olursa model ölçüm değerleriyle o kadar tutarlıdır.

2.2.2 R^2 determinasyon katsayısı

R^2 determinasyon katsayısı analiz sonucu elde edilen denklemin bağımlı değişkeni ölçme gücünü göstermektedir.

$$R^2 = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\left[N\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2\right]\left[N\sum y^2 - \left(\sum y\right)^2\right]}} \tag{2.43}$$

2.2.3 Ortalama hata kareleri kökü

Ortalama hata kareleri kökü (RMSE) ölçüm değerleri ile analizle tahmin edilen değerler arasındaki farkların kareleri ortalamasının kareköküdür. Ölçüm değerlerinin analiz sonucu elde edilen eğriye ne kadar uyumlu olduğuna dair bilgi vermektedir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} (f - o)^2} \tag{2.44}$$

f:Analiz ile tahmin edilen değer

o:Ölçüm değerleri

2.2.3 Bias oranı (PBIAS)

Bias oranı model ile elde edilen değerlerin ölçüm değerlerine göre yüksek veya düşük olma eğilimini ölçmek için kullanılmaktadır. PBIAS için optimum değer 0'dır. Bulunan PBIAS değerinin 0'dan küçük olması modelin ölçüm değerlerine göre yüksek tahmin eğiliminde olduğunu, 0'dan büyük olması ise modelin ölçüm değerlerine göre daha düşük tahminlerde bulunma eğiliminde olduğunu göstermektedir. PBIAS aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır (Moriasi vd. 2008).

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} (Y_i^{obs} - Y_i^{sim}).100}{\sum_{i=0}^{n} Y_i^{obs}} \right] \quad (2.45)$$

Y_i^{obs}: Gözlenen Değer

Y_i^{sim}:Model ile tahmin edilen değer

2.2.4 Dönüş aralığı - yıllık anlık maksimum akım grafiği

Dönüş aralığı-yıllık anlık maksimum akım grafiği yıllık anlık maksimum akım ölçüm verilerini ve GEV metoduyla elde edilen akış dağılımını, dönüş aralığına göre karşılaştırmamızı sağlamaktadır.

Grafiğin çizilebilmesi için ölçüm verileri kullanılarak L-moment yöntemiyle GEV parametreleri elde edilmiş ve sonrasında küçükten büyüğe doğru sıralanan veri değerlerine göre dönüş aralıkları hesaplanmış ve grafikte gösterilmiştir. GEV dağılımı eğrisinin oluşturulabilmesi için GEV eklenik dağılım fonksiyonu kullanılmıştır. Daha çok ölçüm noktasını grafikte daha anlaşılır şekilde gösterebilmek için dönüş aralığı ekseni eksponansiyel çizilmiştir.

2.2.5 Q-Q grafiği (kuantil-kuantil grafiği)

Q-Q grafiği bir veri kümesinin varsayılan bir dağılım ile karşılaştırılmasını sağlamaktadır. İki set veri aynı kuantiller için iki eksende birbirleri ile karşılaştırılır. Eğer veri ve dağılım uyumlu ise noktaların 45 derece doğrusala yakın bir çizgi oluşturması beklenir. Dağılım ile verinin uyumunun görsel olarak kontrol edilmesini

sağlamaktadır. Dağılıma aykırı gelen noktaların tespit edilebilmesini kolaylaştırmaktadır.

Grafiğin çizilebilmesi için veri kümesindeki değerler küçükten büyüğe doğru sıralanır ve her veri için kuantil hesaplanır. Daha sonra veri kümesinin uyduğu düşünülen dağılımın eklenik dağılım fonksiyonu denklemi kullanılarak her kuantil için dağılım ile elde edilen değerler hesaplanır. Grafiğin bir ekseni kuantiller için veri değerlerini, diğer ekseni aynı kuantiller için dağılımın değerlerini gösterecek şekilde grafik elde edilir.

2.2.6 Eklenikdağılım grafiği

Eklenik olasılık dağılım grafiği veri kümesinin olasılık frekansı ile GEV metodunun eklenik dağılım fonksiyonu ile elde edilen eğriyi karşılaştırmak için kullanılmıştır.

Grafiği elde edebilmek için akım gözlem istasyonundan elde edilen toplam ölçüm verisi sayısı denklem (2.3) ile hesaplanan sınıf aralığına bölünerek her bir sınıfta bulunması gereken eleman sayısı elde edilmiştir. Her bir sınıf için elemanlardan en büyüğünün kuantil değeri kullanılarak frekans histogramı elde edilmiştir. Her bir ölçüm değeri için GEV dağılımının eklenik dağılım fonksiyonu denklemü kullanılarak GEV için eklenik dağılım eğrisi oluşturulmuştur.

Gözlem yılı sayısı otuzdan daha az olan istasyonlar için eklenik olasılık dağılım grafikleri, ölçüm değerleri sınıf aralıklarına bölünmeden çizilmiştir.

2.2.7 Olasılık yoğunluk grafiği

Olasılık yoğunluk grafiği için akım gözlem istasyonlarından elde edilen akım değerleri istasyonun yağış alanına bölünmüş ve bir yıl içindeki saniye sayısı olan 31536000 sayısı ile çarpılmıştır. Akış yüksekliği (m) cinsinden veriler elde edilmiştir. Bu değer maksimum taşkının görüldüğü anda akarsu yağış alanının tamamı düzlemsel bir yüzey kabul edildiği durumdaki su yüksekliğini ifade etmektedir. Bu yönteme ihtiyaç duyulmasının sebebi bazı akım gözlem istasyonlarında çok yüksek debiler görülmesi ve olasılık dağılım eğrisinin altında kalan alanın 1 olması gerektiği için olasılık dağılım eğrisinin grafikte belirgin bir şekilde gösterilememesidir. Bu değerler elde edildikten sonra metre cinsinden elde edilen değerler için yeni L-momentler hesaplanarak yeni GEV değişkenleri ve denklemleri hesaplanmıştır.

Grafiğin çizilebilmesi için akım gözlem istasyonunda gözlenen en düşük ve en yüksek akımın farkı, denklem (2.3) ile hesaplanan sınıf aralığı sayısına bölünerek sınıf aralıkları hesaplanmıştır. Ölçülen verilerin sınıf aralığında bulunma olasılıkları hesaplanarak frekans histogramı çizilmiştir. GEV eğrisi ise ölçüm verileri ile elde edilen GEV'in olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak çizilmiştir.

Bu grafikte olasılık histogramı ile GEV olasılık yoğunluk eğrisinin aynı akım değerlerinde pik değere ulaşması ve benzer bir formda ilerlemesi ölçüm değerlerini GEV dağılımına uyumuna dair bilgi vermektedir.

2.2.8Zarf eğrileri

Zarf eğrisi yöntemi bir bölgesel analiz yöntemidir. Yağış ve coğrafi özellikleri benzer havzalarda yağış alanı ile görülen en büyük taşkın arasında bir ilişki bulunduğu kabulü yapılmaktadır. Kabule göre bir bölgedeki taşkına etki eden en önemli özellik yağış alanıdır. Zarf eğrisi en büyük taşkınlar için bir maksimum limit oluşturur. İlgili bölgede oluşan maksimum taşkın bu eğrinin altında kalabilmektedir.

Costa (1987) yaptığı çalışmada A.B.D.'nin zarf eğrisini maksimum taşkın tahminleri ile karşılaştırmış ve 10000 yıl gibi uzun bir dönüş aralığında yapılan taşkın tahmininin zarf eğrisinde görülen değerden %35 daha fazla olduğunu gözlemlemiştir.

2.2.9 Bölgesel GEV eğrisi

Taşkın frekans analizindeki amaç bir akım gözlem istasyonunda belli dönüş aralıklarına (50, 100, 500 yıl vb.) karşı gelen taşkın debilerini hesaplayabilmektir. Analiz için o istasyonda kaydedilen taşkın debileri kullanılır. Kayıtlı taşkın debi sayısının az olduğu istasyonlardaki verilerle yapılan taşkın tahminleri yeterince güvenilir olmamaktadır. Örneğin x yıllık taşkın verisi olan bir istasyonda yapılan taşkın tahminlerinde x-2x yıllık taşkın tahminleri güvenilir olmaktadır. Bu durumda bölgesel taşkın frekans analizine başvurulur.

Bölgesel taşkın analizinde indeks taşkın yaklaşımı kullanılır. Homojen bir bölgede elde edilen taşkın değerleri o istasyonun indeks taşkın parametresi ile bölünerek standart hale getirilir. İndeks taşkın parametresi olarak çoğunlukla istasyonun ortalama taşkın verisi kullanılmaktadır.

$$X_{ij} = Q_{ij} / \overline{Q_j} \quad (2.46)$$

Q_{ij}:İstasyondaki yıllık taşkınlar

$\overline{Q_J}$:Yıllık ortalama taşkın debisi

X_{ij}: Standart taşkın debisi

Bütün istasyonlarda veriler standart hale getirildikten sonra bölgedeki tüm istasyon verilerinin analiz edilmesi durumu istasyonlar arası karşılıklı bağımlılıkları bozacağı için tahmin hataları büyük olur bu yüzden aşağıdaki iki yaklaşımdan biri kullanılır (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Dalrymple (1960)'in önerdiği yönteme göre her istasyon için ayrı ayrı analizlerin yapılarak tüm istasyonlar için aynı olasılık dağılımıyla T dönüş aralığına karşılık gelen standart taşkın debilerini hesaplanır. Bütün istasyonlar için standart taşkın debilerinin medyanları bulunur ve bu medyanlarla T arasındaki ilişki grafik olarak çizilir. Elde edilen bölgesel taşkın frekans eğrisi ortalama taşkın debisi bilinen bir istasyonun T yıllık taşkın debisini elde etmek için kullanılabilir. Ortalama taşkın debisi değeri istasyondaki kaydedilen değerler kullanılarak elde edilebilir. Eğer kayıtlı veri yoksa bölgesel regresyonla havza karakteristiklerine bağlı olarak ortalama taşkın debisi hesaplanır.

İkinci bir yöntem ise standart taşkınlar için bir dağılımın olasılık dağılım fonksiyonu seçilir. Dağılımın parametreleri bölgesel ortalama istatistik momentleri ya da bölgesel ortalama L-momentleri kullanılarak tahmin edilir. Bunun için bölgesel ortalama değişim ve çarpıklık katsayıları veya bölgesel ortalama L-değişim ve L-çarpıklık katsayıları hesaplanır. Bu katsayılar bölgedeki istasyonları standart taşkın katsayılarının ortalamalarıdır. Bu değer hesaplanırken bölgedeki istasyonların kayıtlı yıl verisi sayısına göre ağırlıklı ortalama alınması daha uygundur.Elde edilen ortalama değerlerle dağılım parametreleri hesaplanır ve olasılık dağılım fonksiyonu belirlenmiş olur.

Bölgesel analizler yeterli miktarda ölçüm verisi olmayan bölgeler de taşkın tahmini yapabilmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada bölgesel GEV dağılımı grafikleri elde edilirken istasyonlardaki yıllık anlık maksimum akım değerleri o istasyondaki ortalama yıllık anlık maksimum akıma bölünerek boyutsuz değerler elde edilmiştir.

Daha sonra bu boyutsuz sayılar için L-momentler hesaplanmıştır. Aynı havzadaki tüm istasyonların L-momentler bu şekilde hesaplandıktan sonra havza için L-momentleri akım gözlem istasyonlarının veri sayısına göre ağırlıklı ortalama ile elde edilmiştir. Daha sonra havza için elde edilen L-momentler ile GEV eklenik yoğunluk fonksiyonu kullanılarak 500 yıllık dönüş aralığına kadar Q/Qort-dönüş aralığı grafiği çizilmiştir.

Bu grafik sayesinde akım ölçümünün olmadığı yerlerde yıllık ortalama akışı çeşitli regresyon teknikleri kullanılarak tahmin edilebilen yerlerde taşkın tahmini yapılabilecektir.

3. ÇORUH HAVZASI

Çoruh Nehri Türkiye'nin kuzeydoğusunda bulunan en önemli nehirlerden biridir. Toplam yağış alanı 19872 km^2'dir. Mezozoik ve neojen volkanik kayaçlardan oluşan bir bölge üzerindedir. Ana kolu 3250 m kot yüksekliğindeki Mescit dağlarından beslenmektedir. Kuzeybatı yönüne doğru akmaktadır ve ülkemizden Gürcistan'a geçiş yaparak Karadeniz'e dökülür.

Çoruh Havzası'nın %67'lik bir kısmı Batı Karadeniz dağlık bölgesinde yer aldığından dolayı karasal Doğu Anadolu iklimi görülmektedir. Ortalama yıllık yağışlar havzanın üst ve alt bölgesi arasında 500 mm ile 1600 mm arasında değişiklik göstermektedir. Nehrin üst kesimlerindeki yıllık ortalama sıcaklık 7 derece iken alt kısmında 15 derecedir.

Çoruh Havzası'nın büyük bir kısmı orman arazisi ile çevrelenmiştir. Bazı yan kollarında topografik olarak yüzey özelliklerinin uygun bulunduğu bölgelerde tarım yapılmaktadır. En önemli iki yan kolu Tortum ve Oltu'dur.

Tarih boyunca Çoruh Havzası'nda insan etkisi az görülmüştür. Fakat son yüzyılda ormanların tahribatı ve bakır sızıntısı görülmeye başlanmıştır.

Çoruh Nehri'nin $9x10^9$ kWh'lik yüksek bir enerji potansiyeli vardır. Üzerinde 11 adet baraj projesi bulunmaktadır ve bunlardan altı tanesi aktif olarak çalışmaktadır. En önemli barajlar 670 MW kurulu gücüyle Deriner Barajı ve 332 MW kurulu gücüyle Artvin Barajı'dır. Ülkemizin hidroelektrik enerji potansiyeli yüksek nehirlerinden biri olduğundan dolayı üzerinde mevcutta yapılmakta olan ve gelecekte yapılması planlanan hidroelektrik enerji santrali projeleri vardır. Gürcistan sınırındaki yıllık ortalama akışı 210 m^3/s, minimum akış 38 m^3/s, maksimum akışı 1211 m^3/s'dir. Gürcistan sınırındaki ortalama çıkış sıcaklığı 10 derece, minimum sıcaklığı -3 derece, maksimum sıcaklığı 24 derecedir. 1990'dan beri minimum sıcaklığın arttığı ve maksimum sıcaklığın düştüğü gözlenmektedir (Akbulut vd. 2009).

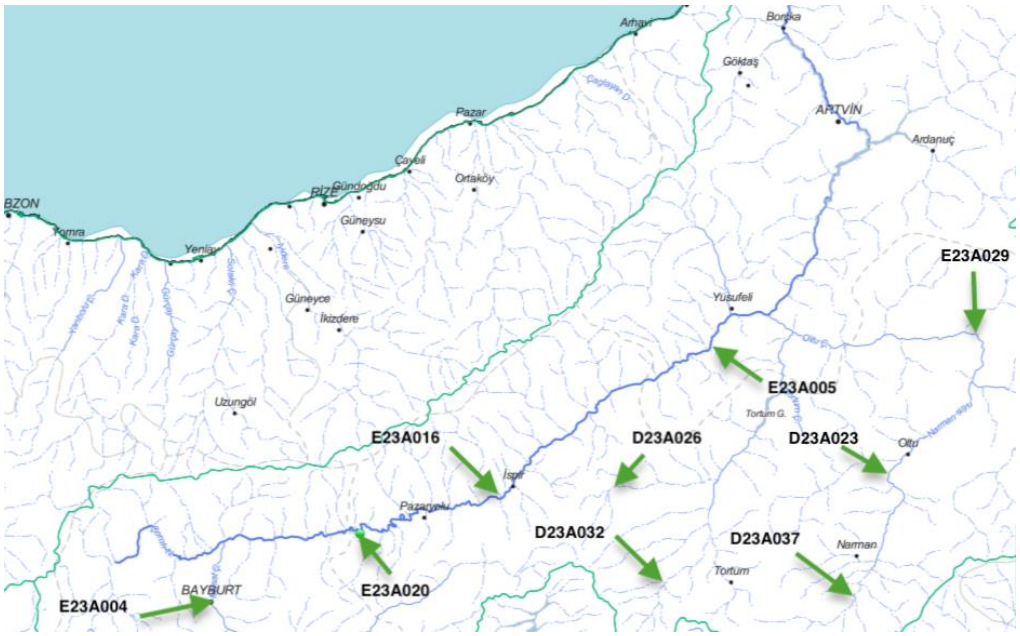
3.1 Çoruh Havzası'nda bulunan istasyonlar için taşkın frekans analizi

Çoruh havzasında taşkın frekans analizi yapabilmek için Çizelge 3.1'de bilgileri verilen dokuz adet akım gözlem istasyonunun yıllık anlık maksimum debi verileri değerlendirilmiştir. Veriler DSİ'den alınmıştır.

Çizelge 3.1 : Çoruh Havzası'nda kullanılan istasyonların bilgileri.

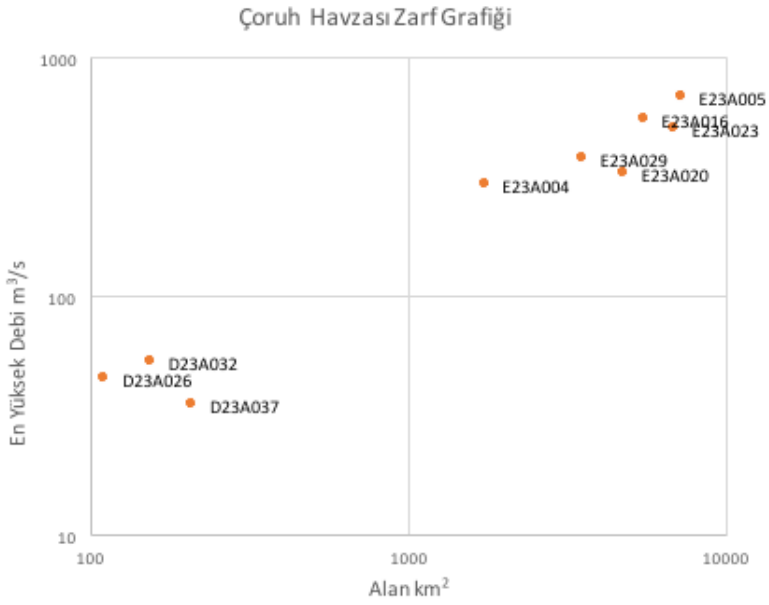
Kod	Adı	Kot (m)	Alan (km^2)	Gözlem Aralığı	Eksik Yıllar	İstasyona ait veri sayısı	Gözlenen en Yüksek YAMA (m^3/s)	Gözlenen en Düşük YAMA (m^3/s)
D23A026	BÜYÜKÇAY UZUN KAVAK	1850	110	1980-2016	2003	36	45,9	6,9
D23A032	TEPE D. YELLİ TEPE	1740	153,5	1986-2016	2008	30	53,5	0
D23A037	BAŞKALE Ç. YANIKTAŞ	1625	207,6	1991-2016	2006, 2007	24	35,2	3,45
E23A004	ÇORUH NEHRİ - BAYBURT	1545	1734	1942-2015	1959, 1960, 1961, 2012, 2014	69	296	21
E23A005	ÇORUH NEHRİ-PETEREK	654	7272	1963-2011	-	49	684	201
E23A016	ÇORUH NEHRİ - İSPİR KÖP.	1170	5505,2	1965-2016	-	52	558	121
E23A020	ÇORUH NEHRİ - LALELİ	1365	4759,2	1970-2016	1990, 1991, 1992, 2012	43	328	22,3
E23A023	OLTU SUYU-İŞHAN KÖPRÜSÜ	572	6854	1963-2011	1964,2004	47	504	97,8
E23A029	OLTU SUYU-ÇOŞKUNLAR	1004	3538,8	1982-2016	2012	34	380	70,6

İstasyonların gözlenen en yüksek ve en düşük yıllık anlık maksimum akış değerleri incelendiğinde D23A032 istasyonunda en düşük 0 m^3/s değerinin görülmesi, 2009 yılında bir yıl için bulunduğu kolun kurumuş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu akım gözlem istasyonu debisi düşük bir yan kol üzerinde bulunmaktadır. Değerlendirilen istasyonların havza üzerindeki konumları Şekil 3.1'de gösterildiği gibidir. E23A004, E23A020, E23A016 ve E23A005 akım gözlem istasyonları ana nehir üzerindeyken diğer istasyonlar nehri besleyen yan kollar üzerinde bulunmaktadır.



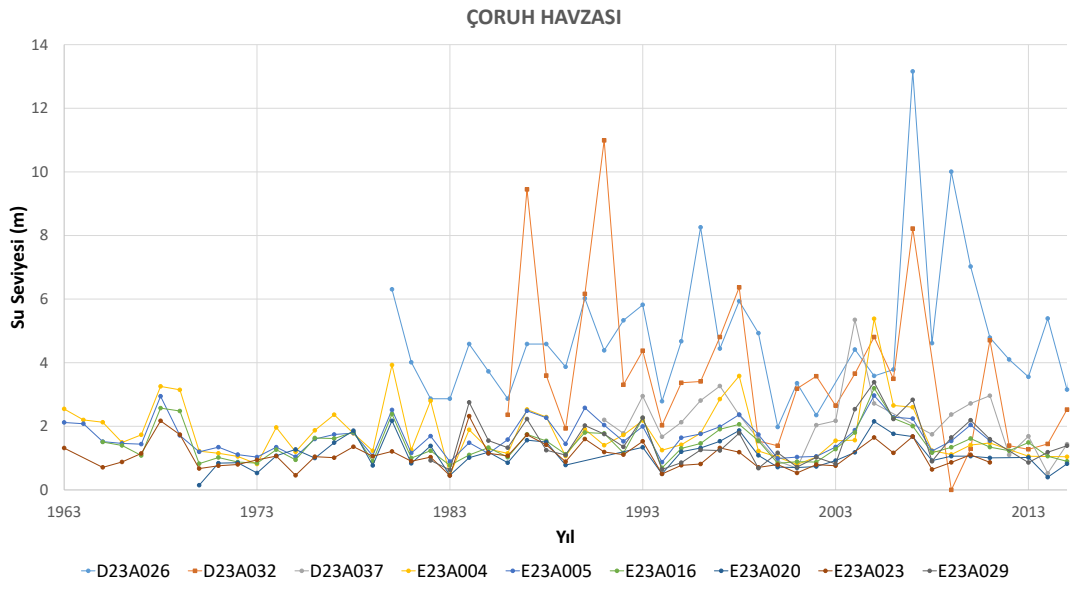
Şekil 3.1 : Çoruh Havzası haritası.

İncelenen akım gözlem istasyonlarında kaydedilen en yüksek debi ile istasyonların yağış alanı verileri kullanılarak zarf grafiği çizilmiştir. Şekil 3.2'de çizilen grafik incelendiğinde en yüksek debisi en düşük olan üç istasyonun akarsuyun yan kollarındaki D32A032, D23A026 ve D23A037 olduğu görülmektedir. E23A023 ve E23A029 istasyonları da akarsuyun Oltu Suyu yan kolunda bulunmaktadır fakat bu istasyonların debileri ve yağış alanları yüksek olduğu için Çoruh üzerindeki istasyonlara yakın noktalar oluşturmuştur.



Şekil 3.2 : Çoruh Havzası zarf grafiği.

Tüm istasyonların yıllara göre su seviyesi grafiği Şekil 3.3'te verilmiştir. Bu grafik çizilirken birden çok sayıda istasyonun verisinin bulunduğu yıl aralığı seçilmiştir. Yıllık anlık maksimum akış değerleri istasyonun yağış alanına bölünerek metre cinsinden su seviyesi elde edilmiştir. Debi ve yağış alanı çok farklı istasyonlarla çalışıldığı için grafikteki karşılaştırma su seviyesi kullanılarak daha rahat yapabilmektir. Grafik incelendiğinde istasyonların maksimum su seviyelerindeki artış ve azalışların aynı yıllarda gerçekleştiği görülmektedir. D23A026 ve D23A032 istasyonlarının debileri düşük ve yağış alanları küçük olduğu için su seviyesinin her yıl ciddi şekilde değiştiği görülmektedir.



Şekil 3.3 : Çoruh Havzası en yüksek su seviyesi – yıl grafiği.

Bu akım gözlem istasyonlarından alınan yıllık anlık maksimum akış verileri Microsoft Excel programında bir tabloda büyükten küçüğe sıralanmıştır. Büyükten küçüğe sıralanan bu verilerin ortalama, standart sapma, varyans ve çarpıklığı ikinci bölümde verilen denklem (2.4), (2.5) ve (2.6) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 3.2'de verilmiştir. Çizelgedeki verilerde Çoruh Havzası'nda incelenen istasyonların yıllık anlık maksimum akış verilerinin çarpıklık değerleri incelendiğinde en yüksek çarpıklığın D23A026 istasyonunda en düşük çarpıklığın E23A020 istasyonununda olduğu görülmektedir. Ortalama yıllık anlık maksimum akışı 16,26 m^3/s ile 385,29 m^3/s arasında değişen akım gözlem istasyonlarının incelendiği görülmektedir.

Çizelge 3.2 : Çoruh Havzası istasyonların standart sapma, varyans ve çarpıklıkları.

Kod	Adı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı
D23A026	BÜYÜKÇAY UZUN KAVAK	16,93	7,48	0,44	2,09
D23A032	TEPE D. YELLİ TEPE	17,80	11,99	0,67	1,45
D23A037	BAŞKALE Ç. YANIKTAŞ	13,77	6,60	0,48	1,28
E23A004	ÇORUH NEHRİ - BAYBURT	94,42	48,87	0,52	1,65
E23A005	ÇORUH NEHRİ-PETEREK	385,29	121,10	0,31	0,62
E23A016	ÇORUH NEHRİ - İSPİR KÖP.	249,73	92,79	0,37	1,12
E23A020	ÇORUH NEHRİ - LALELİ	166,52	68,18	0,41	0,50
E23A023	OLTU SUYU-İŞHAN KÖPRÜSÜ	235,33	89,63	0,38	1,00
E23A029	OLTU SUYU-ÇOŞKUNLAR	167,88	78,73	0,47	0,92

Daha sonra tüm istasyonlar için denklem (2.8), (2.9), (2.10) ve (2.11) kullanılarak olasılık ağırlık momentleri bulunmuştur. denklem (2.12), (2.13), (2.14) ve (2.15) kullanılarak bulunan olasılık ağırlık momentlerine göre L-momentler hesaplanmıştır. Hesaplanan olasılık ağırlık ve L-momentler Çizelge 3.3'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 3.3 : Çoruh Havzası istasyonlarının olasılık ağırlık ve L-momentleri.

Kod	Adı	B_0	B_1	B_2	B_3	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
D23A026	BÜYÜKÇAY UZUN KAVAK	16,93	10,37	7,73	6,27	16,93	3,81	1,11	1,06
D23A032	TEPE D. YELLİ TEPE	17,80	12,13	9,47	7,88	17,80	6,47	1,79	1,40
D23A037	BAŞKALE Ç. YANIKTAŞ	13,77	8,71	6,49	5,23	13,77	3,65	0,44	0,75
E23A004	ÇORUH NEHRİ - BAYBURT	94,42	59,89	45,48	37,25	94,42	25,36	7,94	4,90
E23A005	ÇORUH NEHRİ-PETEREK	385,29	227,42	164,76	130,26	385,29	69,56	9,30	6,19
E23A016	ÇORUH NEHRİ - İSPİR KÖP.	249,73	150,60	110,85	88,71	249,73	51,47	11,25	6,12
E23A020	ÇORUH NEHRİ - LALELİ	166,52	102,70	75,70	60,56	166,52	38,88	4,51	5,99
E23A023	OLTU SUYU-İŞHAN KÖPRÜSÜ	235,33	142,60	104,89	83,95	235,33	49,86	9,09	8,13
E23A029	OLTU SUYU-ÇOŞKUNLAR	167,88	106,33	79,96	64,73	167,88	44,78	9,69	3,71

Elde edilen L-momentler kullanılarak Çizelge 2.1'de denklemleri verilen L-değişim katsayısı, L-çarpıklık katsayısı ve L-kurtosis katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan L-moment katsayıları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Çoruh Havzası istasyonlarının L-moment katsayıları.

Kod	Adı	L-Değişim Katsayısı	L-Çarpıklık Katsayısı	L-Kurtosis Katsayısı
D23A026	BÜYÜKÇAY UZUN KAVAK	0,22	0,29	0,28
D23A032	TEPE D. YELLİ TEPE	0,36	0,28	0,22
D23A037	BAŞKALE Ç. YANIKTAŞ	0,27	0,12	0,21
E23A004	ÇORUH NEHRİ - BAYBURT	0,27	0,31	0,19
E23A005	ÇORUH NEHRİ-PETEREK	0,18	0,13	0,09
E23A016	ÇORUH NEHRİ - İSPİR KÖP.	0,21	0,22	0,12
E23A020	ÇORUH NEHRİ - LALELİ	0,23	0,12	0,15
E23A023	OLTU SUYU-İŞHAN KÖPRÜSÜ	0,21	0,18	0,16
E23A029	OLTU SUYU-ÇOŞKUNLAR	0,27	0,22	0,08

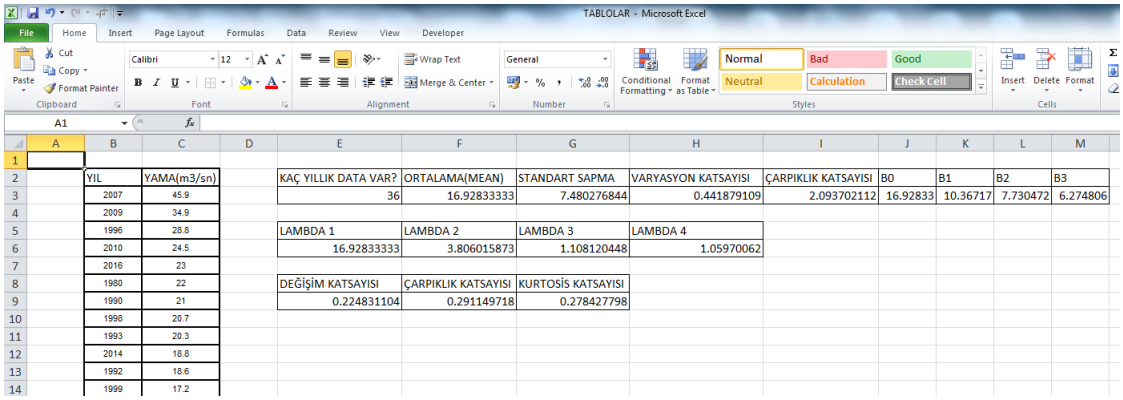
Tüm istasyonlarda L-momentler elde edildikten sonra GEV dağılımının parametreleri hesaplanabilir. Bulmuş olduğumuz L-momentleriyle denklem (2.36) kullanılarak GEV dağılımının ölçek parametresi α, denklem (2.37) kullanılarak GEV biçim parametresi ξ, denklem (2.38) ve (2.39) kullanılarak GEV yer parametresi k elde edilmiştir. GEV dağılımı Gumbel (EVI), Frachet (EVII) ve Weibull (EVIII) dağılımlarının üçünü birden içermektedir. Elde ettiğimiz k yer parametresine göre k'nın 0'a eşit olduğu durum Gumbel, k'nın sıfırdan küçük olması Weibull, k'nın sıfırdan büyük olması ise Frachet dağılımın bulunduğunu göstermektedir. Çoruh havzası için elde edilen GEV parametreleri Çizelge 3.5'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 3.5 : Çoruh Havzası istasyonlarının GEV parametreleri.

Kod	Adı	α	k	ξ
D23A026	BÜYÜKÇAY UZUN KAVAK	4,51	-0,18	13,35
D23A032	TEPE D. YELLİ TEPE	7,86	-0,16	11,79
D23A037	BAŞKALE Ç. YANIKTAŞ	5,63	0,08	10,93
E23A004	ÇORUH NEHRİ - BAYBURT	28,82	-0,21	70,22
E23A005	ÇORUH NEHRİ-PETEREK	105,54	0,06	330,07
E23A016	ÇORUH NEHRİ - İSPİR KÖP.	68,97	-0,07	204,44
E23A020	ÇORUH NEHRİ - LALELİ	60,38	0,09	136,44
E23A023	OLTU SUYU-İŞHAN KÖPRÜSÜ	70,64	-0,02	193,18
E23A029	OLTU SUYU-ÇOŞKUNLAR	60,21	-0,07	128,58

Yapılan çalışmada her istasyon farklı sayıda veriye sahip olduğu için GEV parametreleri hesaplanana kadar elde edilen değerler excel denklemleriyle

oluşturulamamıştır. GEV parametrelerini daha pratik şekilde elde edebilmek için bir excel makrosu yazılmış ve istasyonla ilgili tüm hesaplar bu makro kullanılarak yapılmıştır. Şekil 3.4'te gösterildiği gibi yıl verisi excelin B2 hanesinden, YAMA verisi excelin C2 hanesinden başlayacak şekilde büyükten küçüğe sıralandığında ve yazılan excel makrosu çalıştırıldığında tüm hesaplar eleman sayısına göre otomatik biçimde yapılmakta ve bu değişkenlerin tablosu otomatik bir şekilde oluşturulmaktadır. Kullanılan excel makrosu EK G olarak tez çalışmasına eklenmiştir.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		YIL	YAMA(m3/sn)		KAÇ YILLIK DATA VAR?	ORTALAMA(MEAN)	STANDART SAPMA	VARYASYON KATSAYISI	ÇARPIKLIK KATSAYISI	B0	B1	B2	B3
3		2007	45.9		36	16.92833333	7.480276844	0.441879109	2.093702112	16.92833	10.36717	7.730472	6.274806
4		2009	34.9										
5		1996	28.8		LAMBDA 1	LAMBDA 2	LAMBDA 3	LAMBDA 4					
6		2010	24.5		16.92833333	3.806015873	1.108120448	1.05970062					
7		2016	23										
8		1980	22		DEĞİŞİM KATSAYISI	ÇARPIKLIK KATSAYISI	KURTOSİS KATSAYISI						
9		1990	21		0.224831104	0.291149718	0.278427798						
10		1998	20.7										
11		1993	20.3										
12		2014	18.8										
13		1992	18.6										
14		1999	17.2										

Şekil 3.4 : Excel makrosuyla elde edilen verilerin gösterimi.

GEV değişkenleri elde edildikten sonra yıllık anlık maksimum akış değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanmış ve her bir veri için Şekil 2.1'de verilen düşük kalma olasılığı denklemlerinden Gringorten denklem kullanılarak F değerleri hesaplanmıştır. Gringorten denklemi yine bir GEV dağılımı olan Gumbel dağılımı için önerilen düşük kalma olasılığı denklemidir.

Her bir değer için F düşük kalma olasılığı değerleri hesaplandıktan sonra GEV için eklenik dağılım fonksiyonu denklem (2.40) kullanılarak bu F verilerine karşılık gelen GEV tahminleri elde edilmiştir.

Daha sonra denklem (2.1) kullanılarak düşük kalma olasılıklarına karşılık gelen dönüş aralıkları hesaplanmıştır.

GEV ile elde edilen değerlerin ölçüm değerleriyle tutarlılığı root mean square error, Nash-Sutcliffe verimliliği ve R^2 hesabı yapılarak değerlendirilmiştir. GEV tahminlerinin ne yönde eğilimi olduğunu anlayabilmek için PBIAS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 3.6'da gösterildiği gibidir. Hesaplanan NSE ve R^2 değerleri incelendiğinde GEV dağılımının uyumunun oldukça yüksek

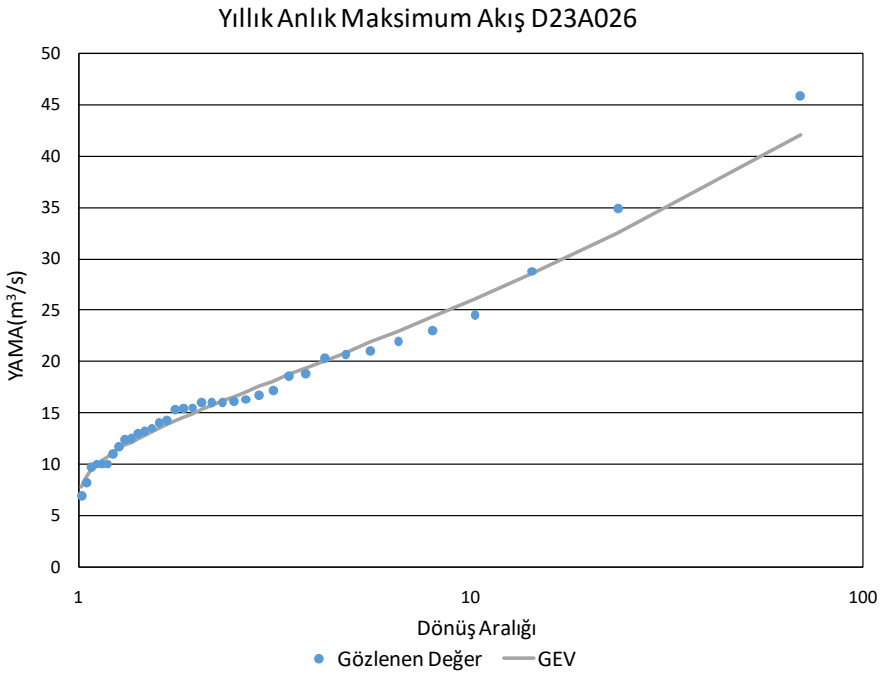
olduğu görülmektedir. Hem NSE hem R^2 uyumu diğer istasyonlarla karşılaştırıldığında en düşük olan istasyon 0,94 ile D23A032 istasyonudur. Bu istasyon havzanın yan kollarından birinde bulunan ve yağış alanı küçük bir istasyondur. Maksimum ve minimum değerlerin verildiği Çizelge 3.1'de de bu istasyonda bir yıl kurumadan dolayı akım gözlenmediği görülmektedir. Çoruh Havzasında incelenen istasyonlar arasında en az verisi olan istasyondur, uyumun diğer istasyonlarda olduğundan daha düşük olması bu sebeplerden kaynaklanabilir. Pbias değerlerine bakıldığında E23A020 istasyonu haricinde tüm istasyonlarda GEV düşük tahmin etme eğilimindedir. Elde edilen bias oranı değerlerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.6 : Çoruh Havzası için hesaplanan GEV uyumluluk değerleri.

Kod	Adı	Gringorten				Weibull			
		RMSE	NSE	r^2	PBIAS	RMSE	NSE	r^2	PBIAS
D23A026	BÜYÜKÇAY UZUN KAVAK	0,14	0,98	0,99	0,66	1,88	0,94	0,95	2,38
D23A032	TEPE D. YELLİ TEPE	1,75	0,98	0,98	1,09	2,43	0,96	0,96	4,00
D23A037	BAŞKALE Ç. YANIKTAŞ	1,57	0,94	0,94	0,01	1,90	0,92	0,93	1,22
E23A004	ÇORUH NEHRİ - BAYBURT	6,79	0,98	0,98	0,59	7,25	0,98	0,98	2,12
E23A005	ÇORUH NEHRİ-PETEREK	14,95	0,98	0,99	0,02	12,65	0,99	0,99	0,56
E23A016	ÇORUH NEHRİ - İSPİR KÖP.	9,19	0,99	0,99	0,21	9,82	0,99	0,99	1,16
E23A020	ÇORUH NEHRİ - LALELİ	8,27	0,99	0,99	-0,01	8,61	0,98	0,99	0,67
E23A023	OLTU SUYU-İŞHAN KÖPRÜSÜ	9,48	0,99	0,99	0,14	11,46	0,98	0,98	1,00
E23A029	OLTU SUYU-ÇOŞKUNLAR	12,53	0,97	0,98	0,38	11,27	0,98	0,98	1,96

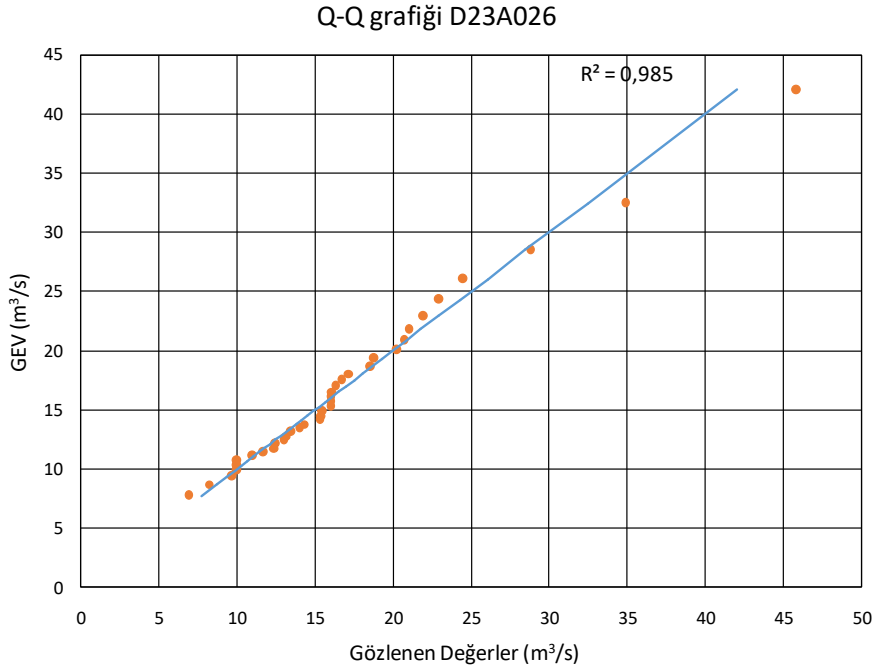
İstasyonlar için dönüş aralığı GEV tahmini ve ölçüm değerleri kullanılarak YAMA-dönüş aralığı ve kuantil-kuantil grafikleri oluşturulmuştur. Tüm istasyonlar için bu grafikler incelenmiştir.

D23A026 istasyonunun ortalama yıllık anlık maksimum debisi Çoruh Havzası'nda verisi bulunan istasyonlar arasında en düşük olan istasyondur. 110 km^2 ile membası ile en küçük yağış alanına sahiptir. GEV ile elde edilen yıllık anlık maksimum debi ve dönüş aralığı gözlenen verilerle Şekil 3.5'de karşılaştırıldığında GEV modelinin pik yapan maksimum iki değer dışında ölçüm ölçüm değerleriyle uyumlu olduğunu görebiliriz.



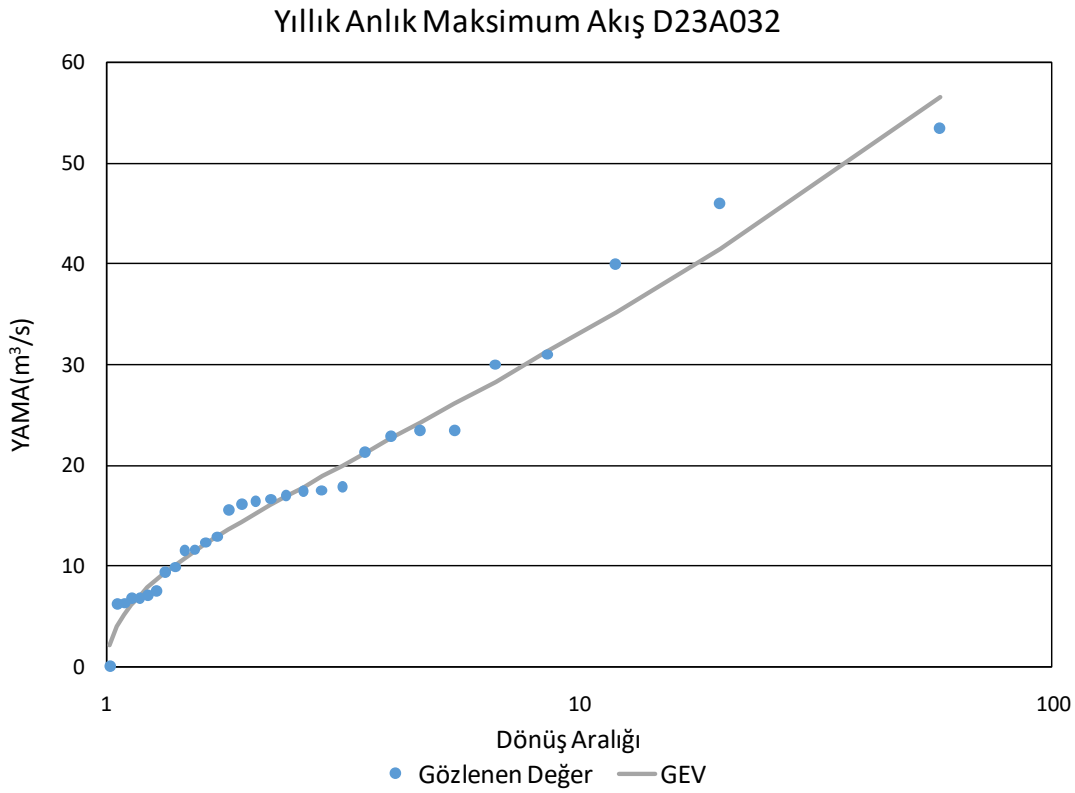
Şekil 3.5 : D23A026 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Gözlenen değerleri aynı dönüş aralığı için hesaplanan GEV tahminleriyle karşılaştırırsak Şekil 3.6'da görüldüğü gibi modele uyumunu gözlemleyebiliriz. Uyumluluk Nash-Sutcliffe metoduyla değerlendirildiğinde GEV modeline uyumun 0,98 olduğu hesaplanmıştır.



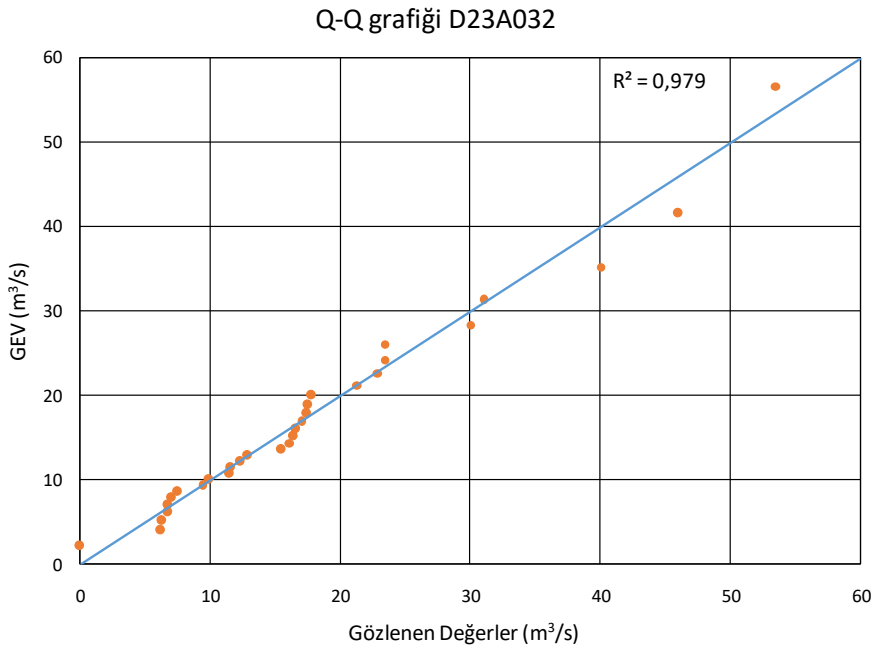
Şekil 3.6 : D23A026 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

D23A032 istasyonu Çoruh'u besleyen yan kollardan birinin üzerinde Tortum'da bulunmaktadır. D23A032 istasyonu da D23A026 istasyonu gibi düşük bir debiye ve 153 km^2'lik bir yağış alanına sahiptir. GEV modeliyle hesaplanan maksimum akış tahminleridönüş aralığına göre ölçülen verilerle karşılaştırıldığında Şekil 3.7'de olduğu gibi yüksek uyumluluk gözlenmiştir.



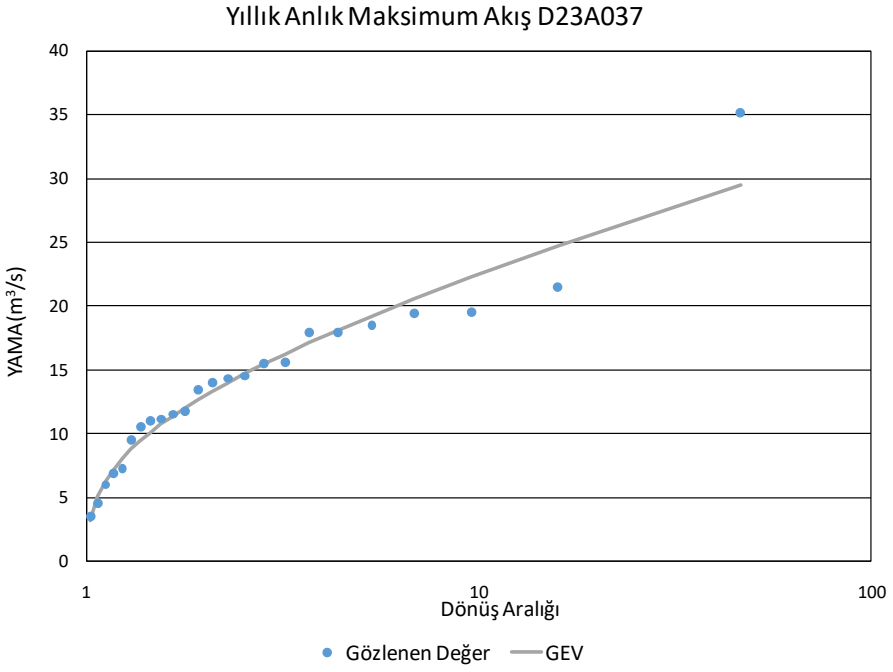
Şekil 3.7 : D23A032 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

GEV'de elde edilen debiler ve gözlenen değerler kuantil-kuantil grafiğiyle Şekil 3.8'de karşılaştırıldığında en yüksek ölçümün GEV tahmini ile en fazla sapma yaptığı görülebilir. Sapma yaklaşık olarak 5 m^3/s'dir. Bu istasyonda ortalama debi 18 m^3/s olduğu için 5 m^3/s yüksek gözüken bir sapma yapmıştır. Nash-Sutcliffe verimlilik yöntemiyle GEV modelinin istasyon verileri ile tutarlılığı hesaplandığında NSE değeri 0,98 bulunmuştur. Bu istasyon için yapılan GEV uyumluluk hesapları istasyonun yağış alanı düşük olmasına ve yıllık anlık maksimum akışı diğer istasyonlara göre düşük olmasına rağmen GEV modeliyle elde edilen değerler ölçüm verileriyle uyuşmaktadır.



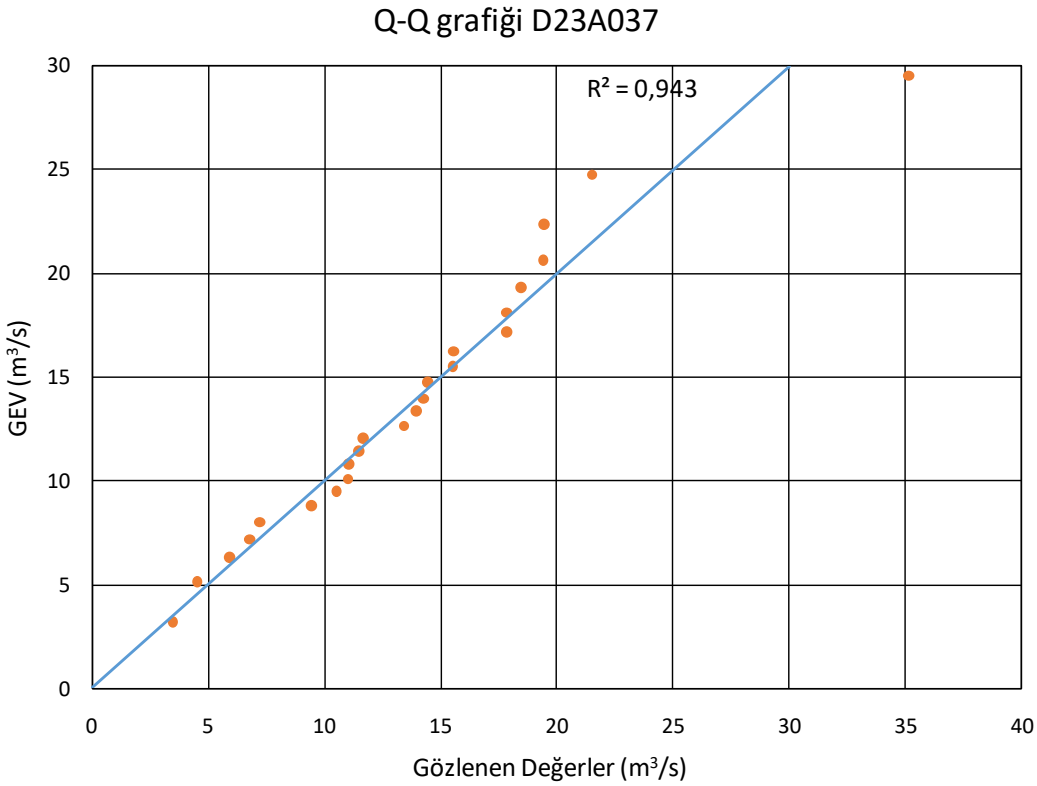
Şekil 3.8 : D23A032 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

D23A037 istasyonunun yağış alanı D23A026 ve D23A032 istasyonlarından daha büyük olsa da ortalama akımı en düşük olan istasyondur. GEV ile hesaplanan maksimum anlık debi-dönüş aralığı ölçülen değerlerle karşılaştırıldığında Şekil 3.9'da tek bir ölçüm haricinde uyum sağlamaktadır.



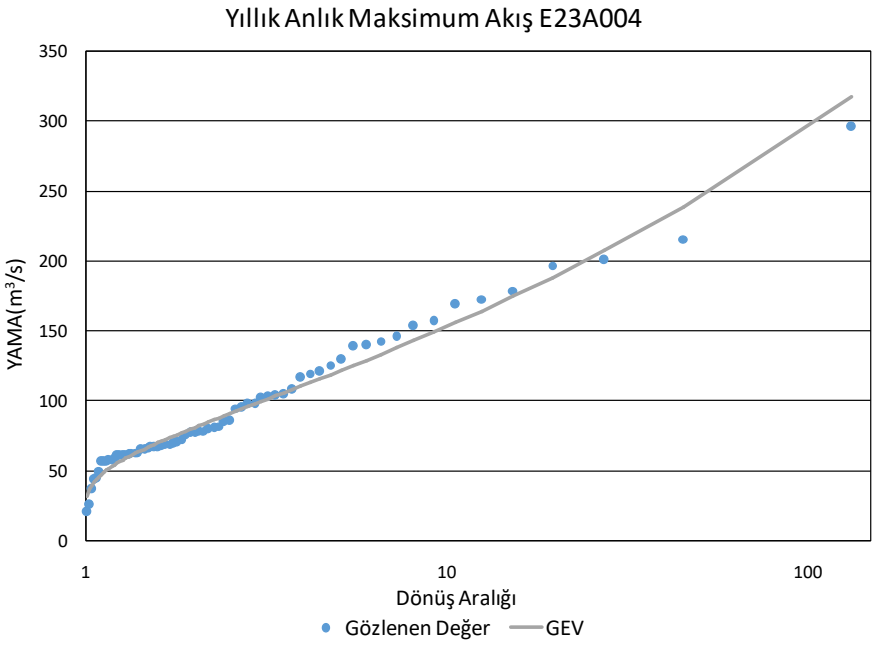
Şekil 3.9 : D23A037 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği

D23A026 istasyonunda olduğu gibi bu istasyonda da maksimum debi ölçümüyle GEV ile tahmin edilen değer arasında 5 m^3/s fark vardır. Bu değer küçük bir değer olmasına rağmen ortalama debisi 14 m^3/s olan bir akım gözlem istasyonu için etkisi büyüktür. Nash Sutcliffe verimlilik yöntemiyle hesaplanan tutarlılık 0,94'tür ve Çoruh havasında değerlendirilen istasyonlar arasında en düşük tutarlılık oranına sahiptir.



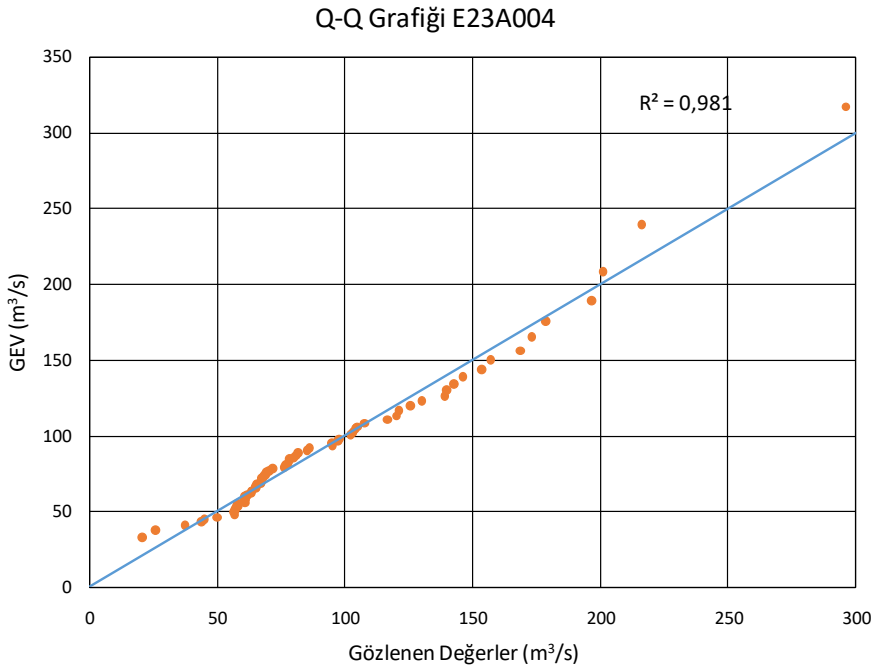
Şekil 3.10 : D23A037 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E23A004 istasyonu Çoruh Nehri'nin ana kolu üzerinde bulunan rakımı en yüksek istasyondur. Bu yüzden nehir üzerindeki ilk istasyon olarak değerlendirilebilir. E23A004 istasyonu Çoruh Havzası'nın yan kollarda değerlendirilen D23A026, D23A032 ve D23A037 istasyonlarıyla karşılaştırıldığında ortalama yıllık anlık maksimum debisi (94 m^3/s) daha yüksektir. Yıllık anlık maksimum debi-dönüş aralığı grafiğiyle Şekil 3.11'de tahmin edilen debi ile ölçülen yıllık anlık maksimum debi karşılaştırıldığında GEV modeliyle oluşturulan eğriye oldukça uyumlu noktalar elde edildiği görülmektedir.



Şekil 3.11 : E23A004 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

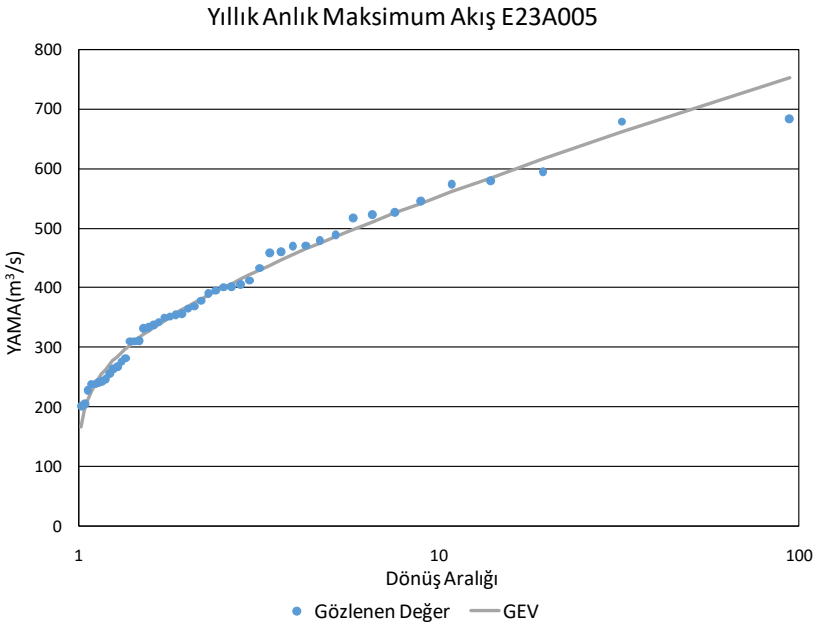
Nash Sutcliffe verim yöntemiyle GEV ile tahmin edilen yıllık anlık maksimum debilerin ölçülen değerlerle Şekil 3.12'de karşılaştırılmasında 0,98 NSE ve R^2 değeri ile uyum sağladığı görülmektedir.



Şekil 3.12 : E23A004 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

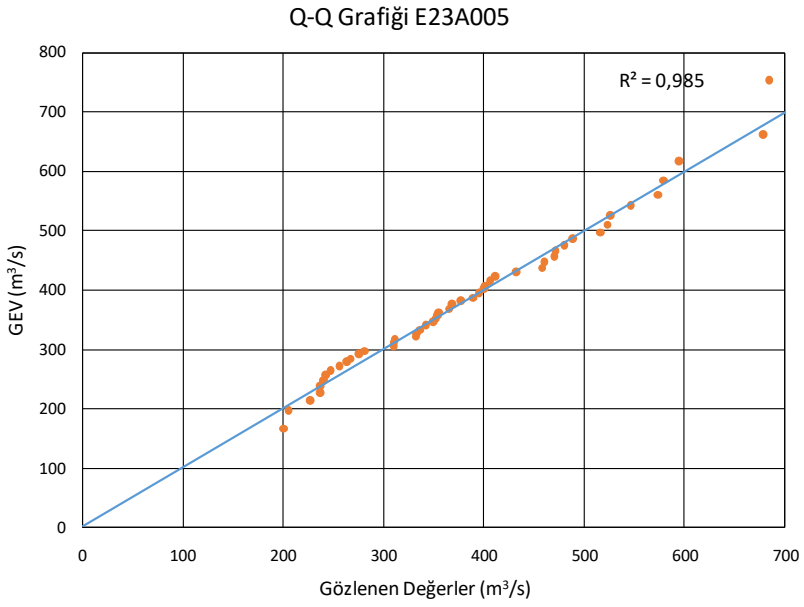
E23A005 istasyonu Çoruh Havzası üzerinde değerlendirilen en yüksek anlık debinin ölçüldüğü istasyondur (385 m^3/s). Çoruh Nehri'nin ana kolu üzerindeki ölçüm

değerleri değerlendirilen en son istasyondur. GEV modeliyle uyumu Şekil 3.13'te gösterildiği gibi 0,98 NSE ile havza üzerinde modele uyumu en yüksek olan istasyonlardan biridir.



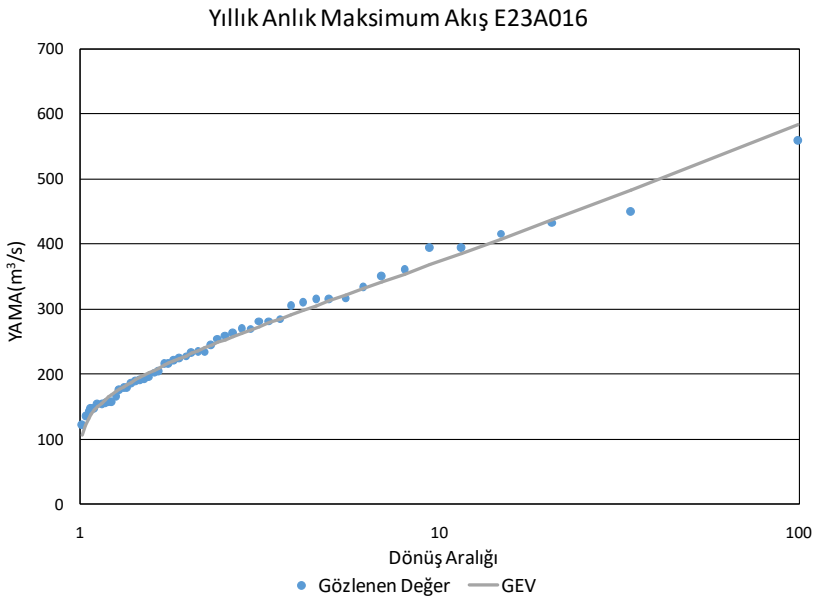
Şekil 3.13 : E23A005 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

E23A005 istasyonu için kuantil-kuantil grafiği Şekil 3.14'te gösterildiği gibi değerlendirildiğinde GEV tahmini ile ölçüm değerlerinin yüksek uyum sağladığı görülmektedir.



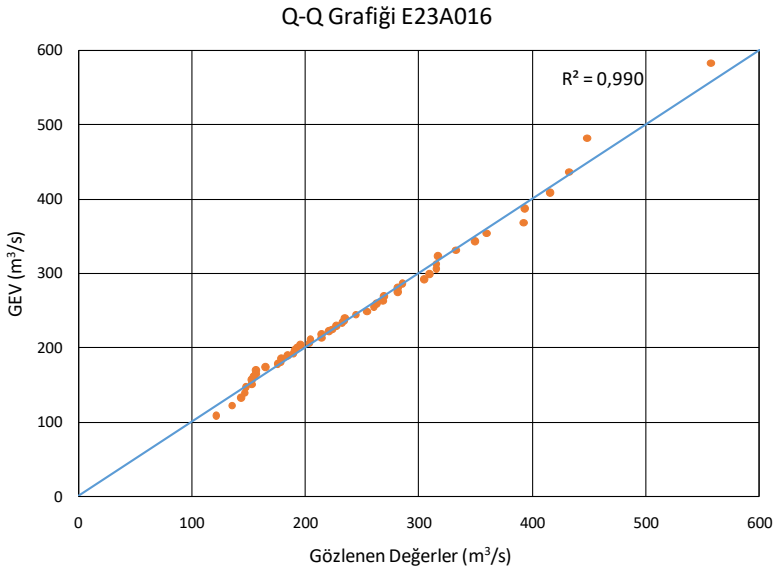
Şekil 3.14 : E23A005 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E23A016 istasyonu nehrin ana kolu üzerinde E23A005 istasyonundan bir önceki istasyondur. Bu istasyon için de Şekil 3.15'te görüldüğü gibi GEV ile tahmin edilen yıllık anlık maksimum debi-dönüş aralığı karşılaştırmasındaki uyumun NSE değeri 0,99'dur.



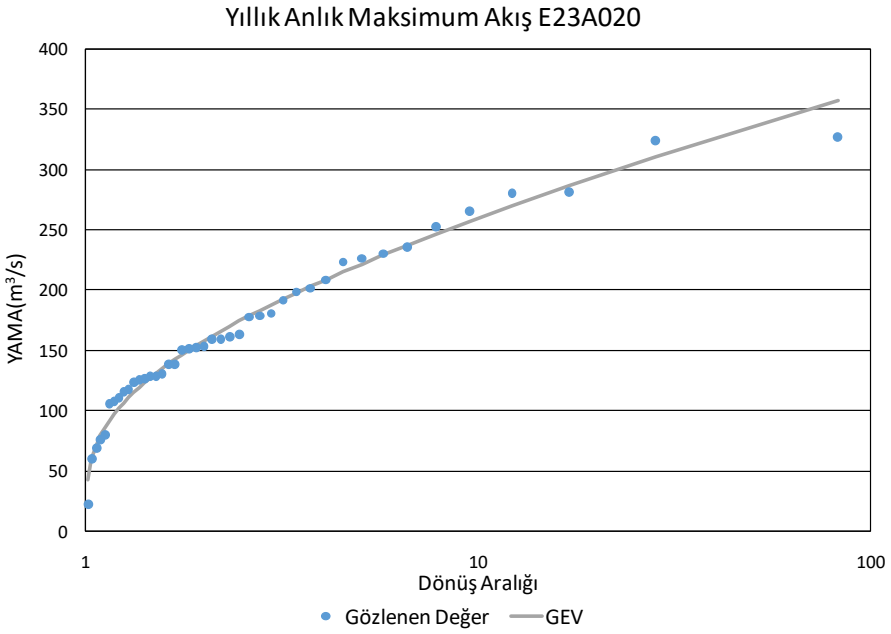
Şekil 3.15 : E23A016 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

E23A016 istasyonu için GEV ile tahmin edilen kuantiller ile ölçüm değerleri, kuantil-kuantil grafiği ile Şekil 3.16'da karşılaştırıldığında tüm değerlerin oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.

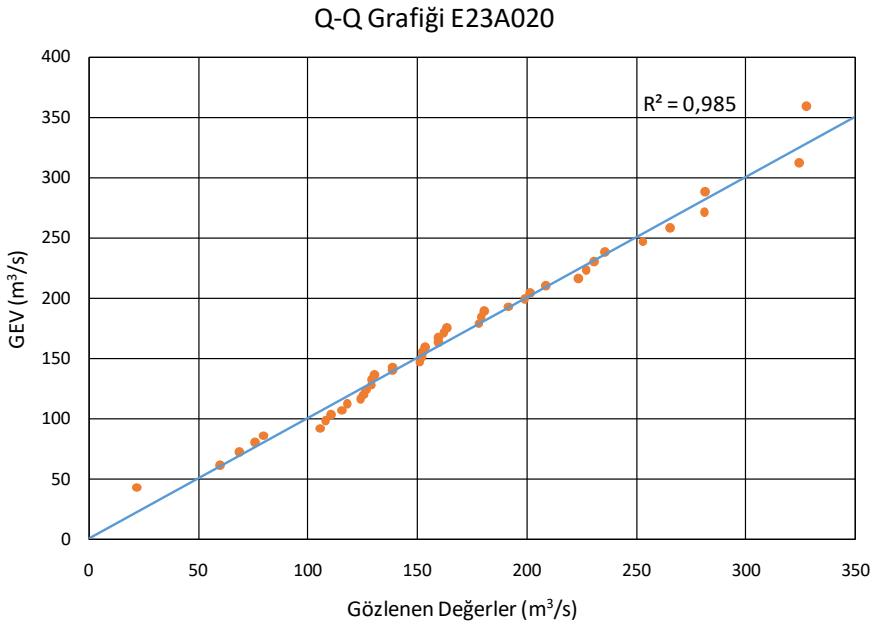


Şekil 3.16: E23A016 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E23A020 ölçüm istasyonu E23A004 ve E23A016 istasyonları arasında Çoruh Nehri'nin ana kolu üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyon için de ana kol üzerinde bulunan diğer istasyonlarda olduğu gibi GEV modeliyle tahmin edilen maksimum anlık debi değerleri ile ölçülen maksimum debi değerleri Şekil 3.17'de ve 3.18'de görüldüğü gibi tutarlıdır. Nash-Sutcliffe verimlilik yöntemiyle uyumu hesaplandığında 0,99 uyum göstermektedir.

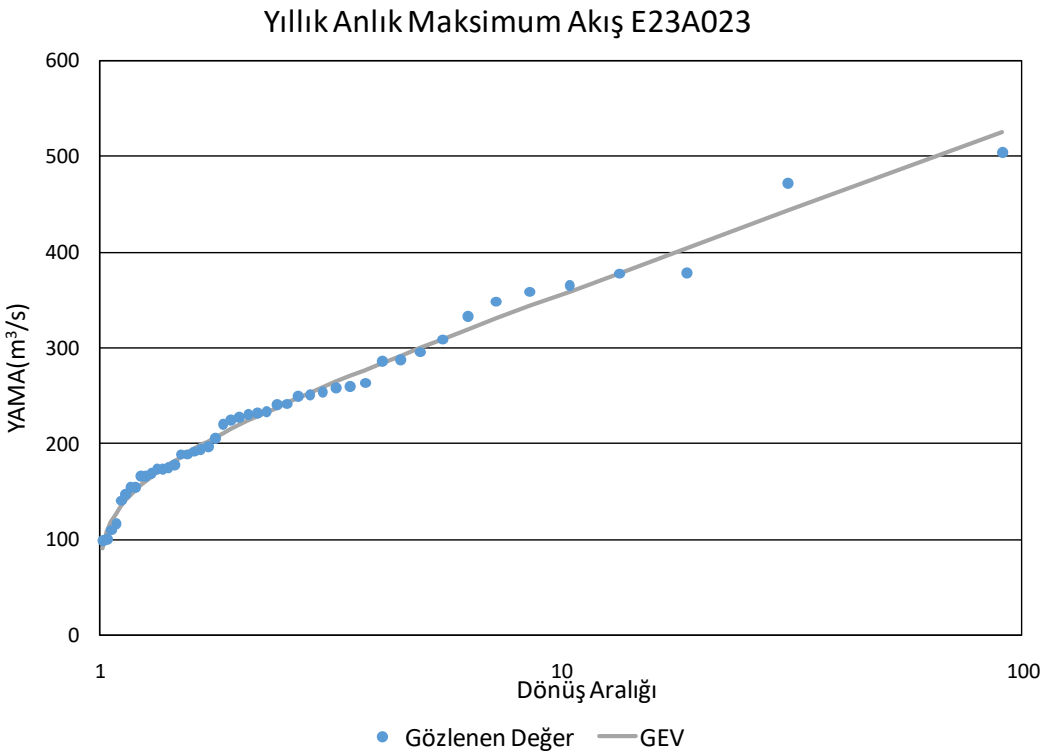


Şekil 3.17 : E23A020 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.



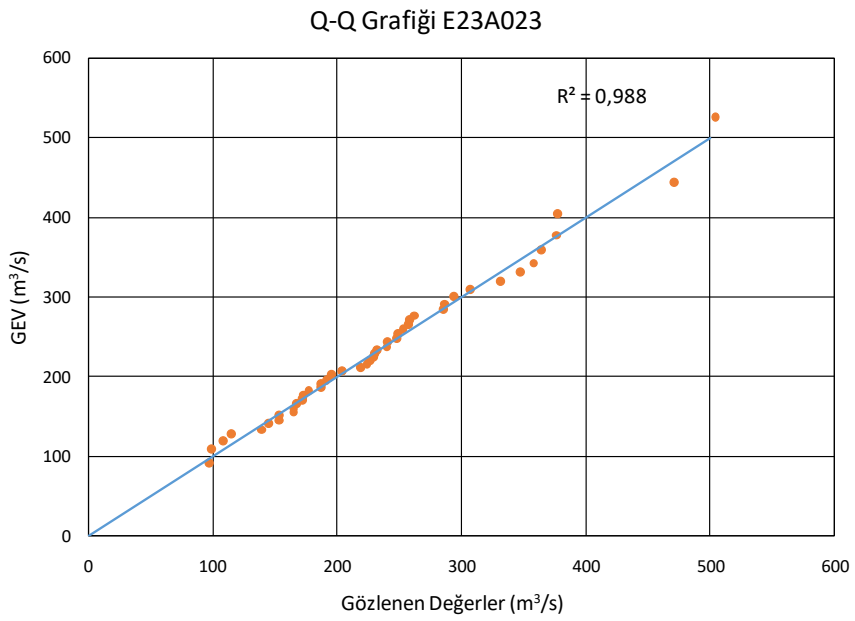
Şekil 3.18 : E23A020 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E23A023 istasyonu D23A037 istasyonunun üzerinde bulunduğu yan kolun devamında bulunmaktadır. Fakat D23A037 istasyonundan sonra akarsuyu besleyen bir çok küçük kol bulunmaktadır. D23A037 istasyonunun yağış alanı 207,6 km^2 iken E23A023 istasyonunun yağış alanı 6854 km^2'dir. Ortalama yıllık anlık maksimum debisi 235 m^3/s'dir. Bu değer Çoruh Nehri'nin ana kolu üzerinde bulunan E23A016 istasyonunun 250 m^3/s debisine oldukça yakındır. Bu yan kol Çoruh Nehri'ni besleyen önemli akarsulardan biridir. Şekil 3.19'da olduğu gibi GEV ile uyumu yüksektir.



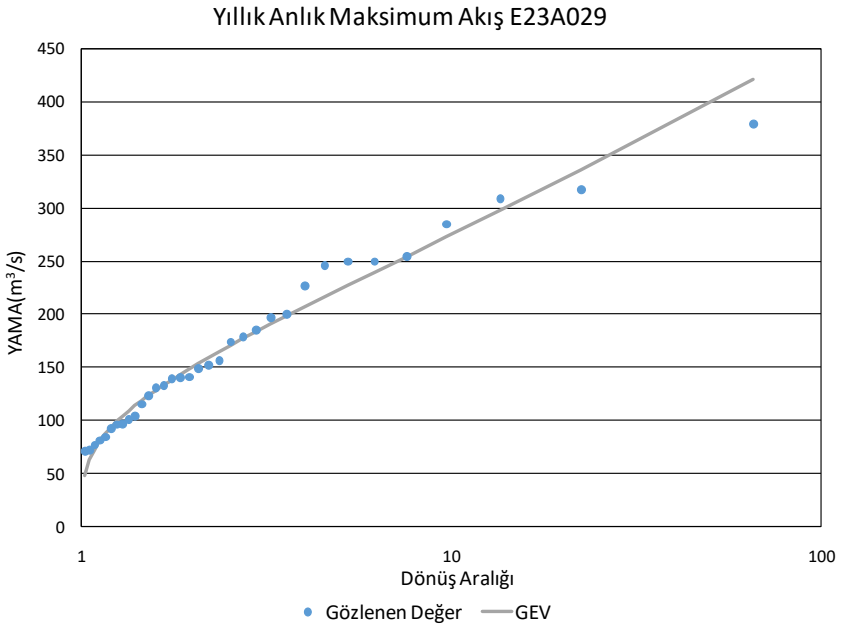
Şekil 3.19 : E23A023 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Nash-Sutcliffe metoduyla aynı düşük kalma olasılığında GEV modeliyle hesaplanan yıllık anlık maksimum akış değerleri ölçüm istasyonundan elde edilen yıllık anlık maksimum akış değerleriyle karşılaştırıldığında E23A023 istasyonunun GEV modeli ile uyumu 0,99 dur. Çoruh Nehri üzerinde bulunan diğer istasyonlara oldukça yakındır. Elde edilen kuantil- kuantil grafiği Şekil 3.20'de verilmiştir. Grafikteki tüm noktaların nominal doğruya yakın olduğu görülmektedir.

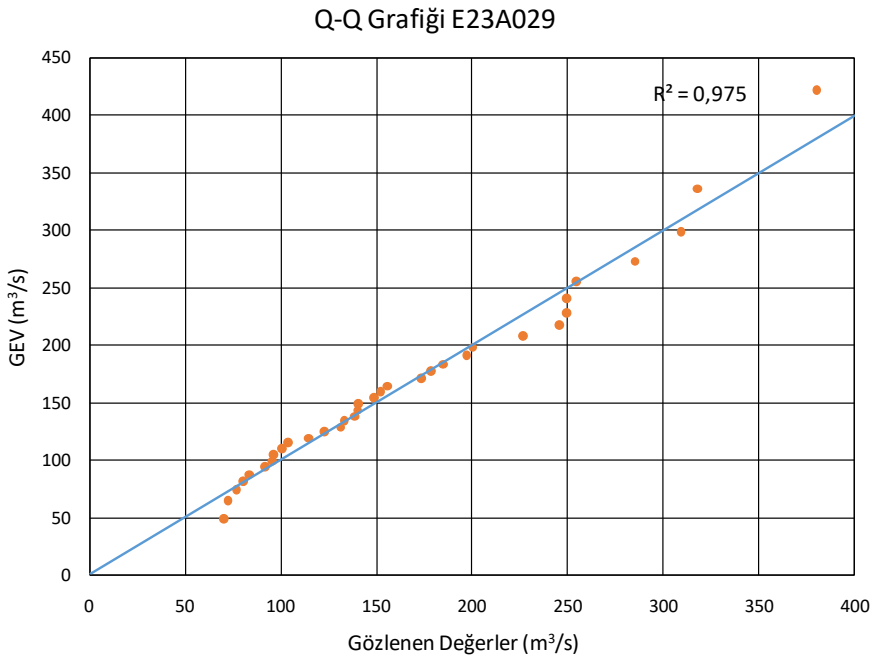


Şekil 3.20 : E23A023 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E23A029 istasyonu da E23A023 istasyonunda olduğu gibi Çoruh Nehri üzerinde bulunmamasına rağmen ortalama yıllık anlık maksimum debisi nehir üzerinde bulunan E23A020 istasyonunun debisine yakındır. Çoruh Nehrini besleyen önemli kollardan birinin üzerindedir. Benzer durumdaki E23A023 istasyonundaki gibi Nash-Sutcliffe verimlilik yöntemiyle hesaplanan GEV modeli ile uyumu 0,97 mertebesindedir. Şekil 3.21 ve 3.22'de bu uyum görülebilmektedir.



Şekil 3.21 : E23A029 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.



Şekil 3.22 : E23A029 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

Çoruh Havzasında değerlendirilen dokuz istasyon için elde edilen GEV eklenik dağılım fonksiyonu kullanılarak 100, 200 ve 500 yıllık taşkın tahminleri yapılmıştır. Elde edilen taşkın tahminleri Çizelge 3.7'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 3.7 : Çoruh Havzası istasyonlarının 100, 200 ve 500 yıllık taşkın tahminleri.

İstasyon Kodu	Tahmin Edilen 100 Yıllık Taşkın (m^3/s)	Tahmin Edilen 200 Yıllık Taşkın (m^3/s)	Tahmin Edilen 500 Yıllık Taşkın (m^3/s)	Ortalama	Gözlenen en yüksek YAMA (m^3/s)
D23A026	45,71	53,39	65,13	16,93	45,9
D23A032	65,26	77,34	95,49	17,80	53,5
D23A037	32,67	35,33	38,63	13,77	35,2
E23A004	294,92	352,29	442,18	94,42	296
E23A005	756,71	811,97	881,58	385,29	684
E23A016	583,06	652,5	749,82	249,73	558
E23A020	365,76	393,19	426,95	166,52	328
E23A023	533,04	587,12	659,58	235,33	504
E23A029	456,4	516,02	599,35	167,88	380

Dokuz istasyonda frekans grafiklerini çizebilmek için sınıf aralığı sayısını elde edilmesi gerekmektedir. Sınıf aralıklarının bulunması için denklem (2.3) kullanılmıştır. Sınıf sayısı elde edildikten sonra düşük kalma olasılıkları elde edilen sınıf aralığına bölünmüş ve bu aralıklara denk gelen ölçülen değer sayısına göre sınıf genişlikleri oluşturulmuştur. GEV'in eklenik dağılım fonksiyonu kullanılarak GEV

eğrisi elde edilmiş ve ölçüm değerleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen eklenik olasılık dağılım grafikleri EK A olarak tez çalışmasına eklenmiştir. Çizilen grafikler incelendiğinde tüm istasyonlar için uyumlu frekans grafikleri elde edildiği görülmektedir.

Frekans analizi GEV'in olasılık dağılım fonksiyonuna göre de çizilmiştir. Olasılık dağılım fonksiyonunda eklenik dağılım fonksiyonu grafiklerinden farklı bir yönteme gidilerek tüm ölçüm değerleri alana bölünerek ve yıl içindeki saniye sayısıyla çarpılarak metre cinsinden su seviyesi değerleri elde edilmiştir. Bu yöntemin kullanılma sebebi bazı istasyonlarda debi değerleri çok yüksek olduğu ve olasılık dağılım ile elde edilecek eğrinin altında kalan alanın 1 olması gerektiği için yüksek sayılı debi değerleri daha düşük sayılardaki su seviyesi değerlerine dönüştürülerek grafik daha anlamlı hale getirilmiştir. Elde edilen su seviyesi değerlerine göre L-momentler tekrar hesaplanmış ve yeni GEV parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen GEV parametreleri ile GEV'in olasılık dağılım fonksiyonu kullanılarak f(x) olasılık değerleri elde edilmiştir. Eklenik dağılım için elde edilen sınıf aralığı sayısı bu sefer ölçülen minimum ve maksimum su seviyelerinin eşit sınıf aralıklarına bölmek için kullanılmıştır. Daha sonra sınıf aralıklarına denk gelen ölçüm değeri sayısına göre değerlerin sınıf aralığında olma olasılığı hesaplanmış ve bu şekilde olasılık dağılım histogramı oluşturulmuştur. Elde edilen olasılık dağılım grafikleri tez çalışmasını EK-B kısmına eklenmiştir. Tüm istasyonlar için GEV olasılık tahminleri ile histogramın aynı bölgelerde pik değere ulaştığı ve aynı formu izlediği görülmektedir.

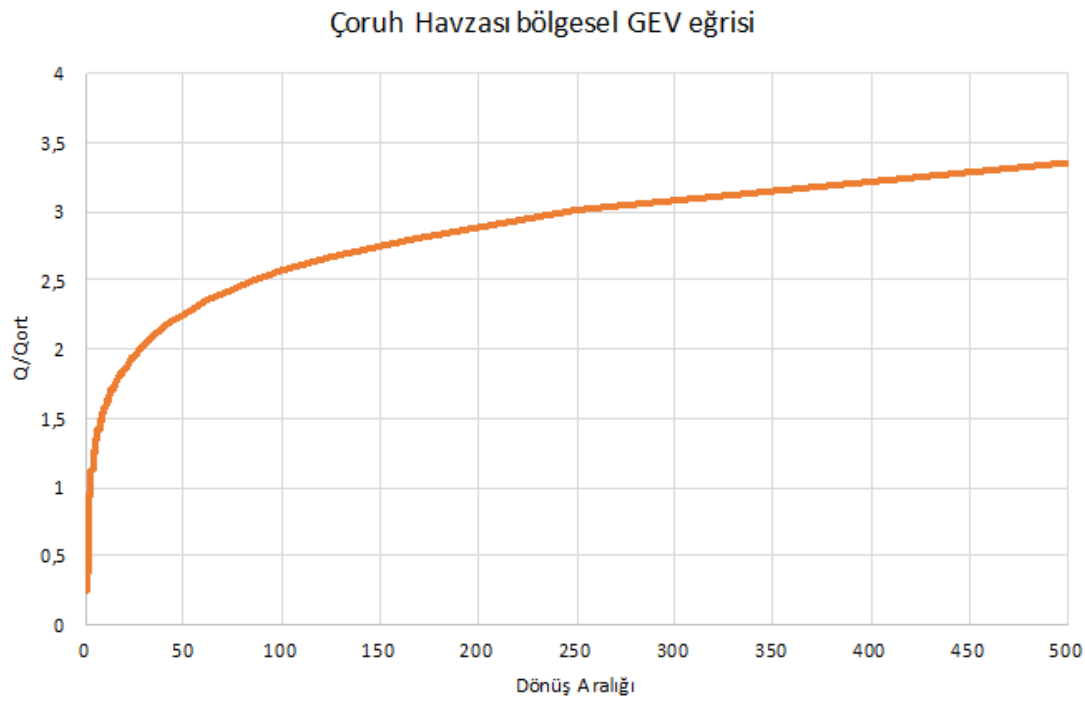
Havzanın her bir kolunda her bölgeyi temsil edecek akım gözlem istasyonları bulunmamaktadır. Bu bölgelerde yapılacak projelerin planlanması ve işletilmesinde bölgesel tahminlerin yapılması gerekmektedir. Bölgesel GEV grafiği akım gözlem istasyonu bulunmayan bölgelerde havzada tüm istasyonların benzer özellik gösterdiği öngörülerek hazırlanmaktadır. Bölgesel GEV grafiğinin çizilebilmesi için tüm istasyonlarda gözlenen tüm değerlerin debi ortalaması hesaplanmıştır. İstasyonda bulunan tüm debiler ortalama debiye bölünerek Q/Q_{ort} boyutsuz sayısı elde edilmiştir. Daha sonra bu Q/Q_{ort} değerleri büyükten küçüğe sıralanarak L momentleri tekrar hesaplanmıştır. Havzadaki tüm istasyonlarda bulunan L-momentler akım gözlem istasyonundaki veri sayısıyla çarpılarak toplanmış ve tüm istasyonlardaki toplam veri sayısına bölünerek havza için genel L-momentler elde edilmiştir. Daha sonra bu L-momentler kullanılarak havza için genel GEV

parametreleri bulunmuştur. Yapılan bu hesaplamalar sonucunda elde edilen havza için L-momentler ve GEV parametreleri Çizelge 3.8'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 3.8 : Çoruh Havzası için elde edilen L-momentleri ve GEV parametreleri.

λ_1	1,00
λ_2	0,24
λ_3	0,05
λ_4	0,04
α	0,32
k	-0,08
ξ	0,79

Elde edilen GEV değişkenleri ile eklenik dağılım fonksiyonu kullanılarak Şekil 3.23'te görüldüğü gibi bölgesel GEV eğrisi çizilmiştir.



Şekil 3.23 : Çoruh Havzası bölgesel GEV eğrisi.

Bölgesel GEV eğrisi akım gözlem istasyonu olmayan bölgelerde farklı yollarla bulunan ortalama YAMA değerine göre istenen dönüş aralığına göre GEV ile taşkın tahmini yapmayı sağlamaktadır. Havza genelinde akım gözlem istasyonu olmayan bölgelerde taşkın tahmini elde edilebilecek bir grafik elde edilmiştir.

4. DOĞU KARADENİZ HAVZASI

Doğu Karadeniz Havzası, Karadeniz Bölgesi'nin doğusunda suları Karadeniz'e boşalan Terme Çayı ve Hopa yakınındaki küçük derelerin yağış alanlarına kadar uzanan bir kuşağı kapsamaktadır. Doğudan itibaren Kaçkar Dağları ve Canik Dağları su bölüm çizgisiyle ve kuzeyden Karedeniz ile sınırlanmıştır.

Derelerin hemen hepsi dar ve derin vadiler içerisinde denize dikey olarak akmaktadır. Haşin, dağlık bir topografyaya sahip olan havzada geniş ovalara rastlanmaz. Dağlar kıyıdan itibaren hemen yükselir. Kıyıya paralel olarak uzanan dağların en yüksek tepesi Kaçkar Dağları üzerinde 3937 m yüksekliğindedir.

Doğu Karadeniz Havzası su ve toprak kaynakları potansiyeli olarak Türkiye geneline göre oldukça zengin sayılabilecek bir yöreyi temsil etmektedir. Bölge yılda 15331 milyon m^3 yer üstü suyu ve 400 milyon m^3 emniyetli yeraltı suyu potansiyeline sahiptir.

Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan akım gözlem istasyonları bu tezde incelenen Fırat-Dicle Havzası ve Çoruh Havzası'nda olduğu gibi aynı nehre dökülen akarsular üzerinde değil birbirinden bağımsız akarsular üzerinde bulunmaktadır.

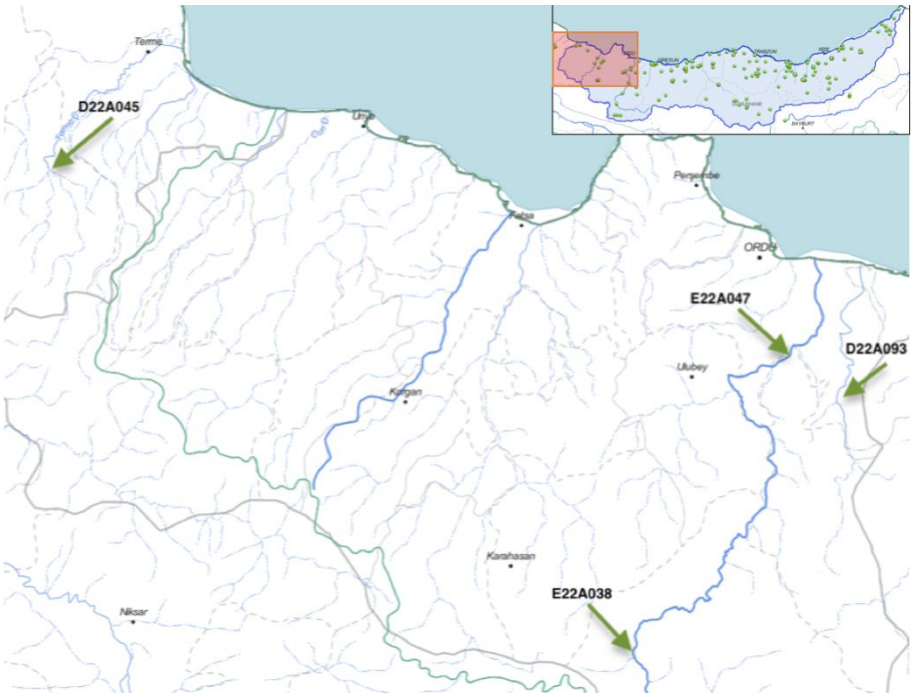
4.1 Doğu Karadeniz Havzası'nda Bulunan İstasyonlar İçin Analiz Sonuçları

Doğu Karadeniz Havzası'nda güncel verileri DSİ'den alınan yıllık anlık maksimum akış verileri incelenen dokuz adet istasyonun verileri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgedeki veriler incelendiğinde havza üzerinde birbirinden oldukça farklıözelliklere sahip istasonlarda inceleme yapıldığı görülmektedir. İstasyonlardaki yıllık anlık maksimum debi veri yılı sayısı taşkınların daha büyük hasar verebileceği yüksek debili istasyonlar için daha yüksek olduğu görülmektedir. Doğu Karadeniz Havzası'nda incelenen istasyonların birbirlerinde uzak konumlarda bulunmalarından dolayı istasyon lokasyonları üç farklı harita ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Doğu Karadeniz Havzası'nda kullanılan istasyonların bilgileri.

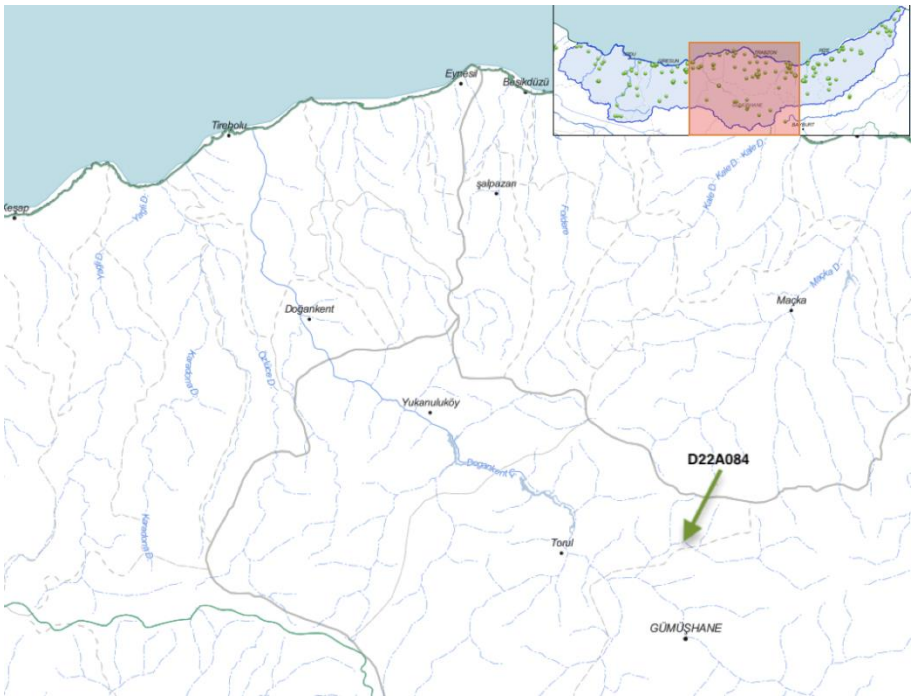
Kod	Adı	Kot (m)	Alan (km^2)	Gözlem Aralığı	Eksik Yıllar	İstasyona ait veri sayısı	Gözlenen en Yüksek YAMA (m^3/s)	Gözlenen en Düşük YAMA (m^3/s)
D22A084	KORUM D. YAĞLIDERE	1375	149,6	1993-2015	-	23	30,3	5,43
D22A085	ŞENÖZ D. KAPTANPAŞA	400	231,2	1984-2011	1990,1991	26	205	24
D22A093	TURNASUYU CUMHURİYET KÖYÜ	375	210	1992-2015	1995, 1996, 1997, 2001, 2002	19	174	25
E22A015	ÇAMLIK DERE-DEREKÖY	942	445,2	1965-2015	-	51	184	47,3
E22A032	FIRTINA DERESI-TOPLUCA	233	763,2	1964-2014	-	51	560	105
E22A033	TOZKÖY DERESİ - TOZKÖY	1296	223,1	1964-2015	-	52	77	23,6
E22A038	MELET ÇAYI-ARICILAR	949	1024,4	1965-2015	-	51	345	16,9
E22A045	ERME ÇAYI-GÖKÇELİ KÖPRÜSÜ	66	232,8	1969-2015	-	47	990	69,3
E22A047	MELET ÇAYI-GOCALLI KÖPRÜSÜ	41	1859,2	1967-2014	-	48	1140	105

Havzanın batı bölgesinde incelenen istasyonlar Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu bölgede incelenen istasyonların büyük kısmı aynı akarsuyun kollarına bağlı değildir. Sadece E22A038 istasyonu ve E22A047 istasyonu Melet Çayı'na bağlıdır. E22A033 istasyonu E22A015 istasyonunun bulunduğu Çamlık Deresi'nin kollarında birine bağlıdır. Bu istasyonlar dışındaki diğer istasyonlar bağımsız farklı akarsular üzerindedir.



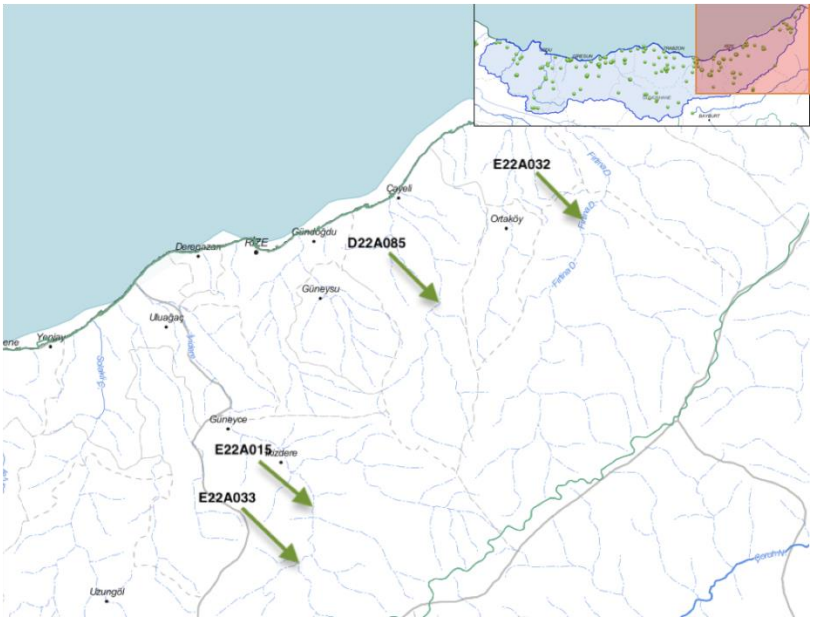
Şekil 4.1 : Doğu Karadeniz Havzası harita 1.

Doğu Karadeniz Havzası'nın orta kısmında bulunan D22A084 istasyonunun konumu Şekil 4.2'de verilmiştir.



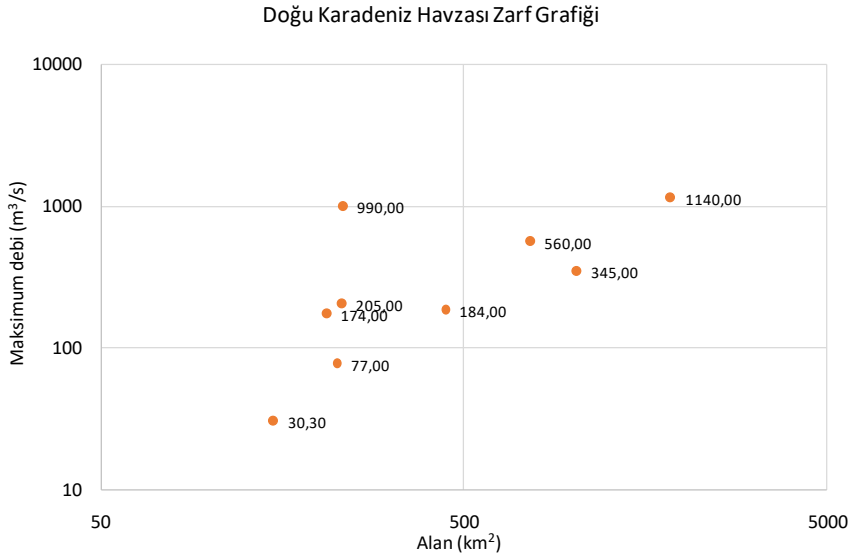
Şekil 4.2: Doğu Karadeniz Havzası harita 2.

Doğu Karadeniz Havzası'nın doğu kesiminde incelenen istasyonların konumu Şekil 4.3'te verilmiştir.



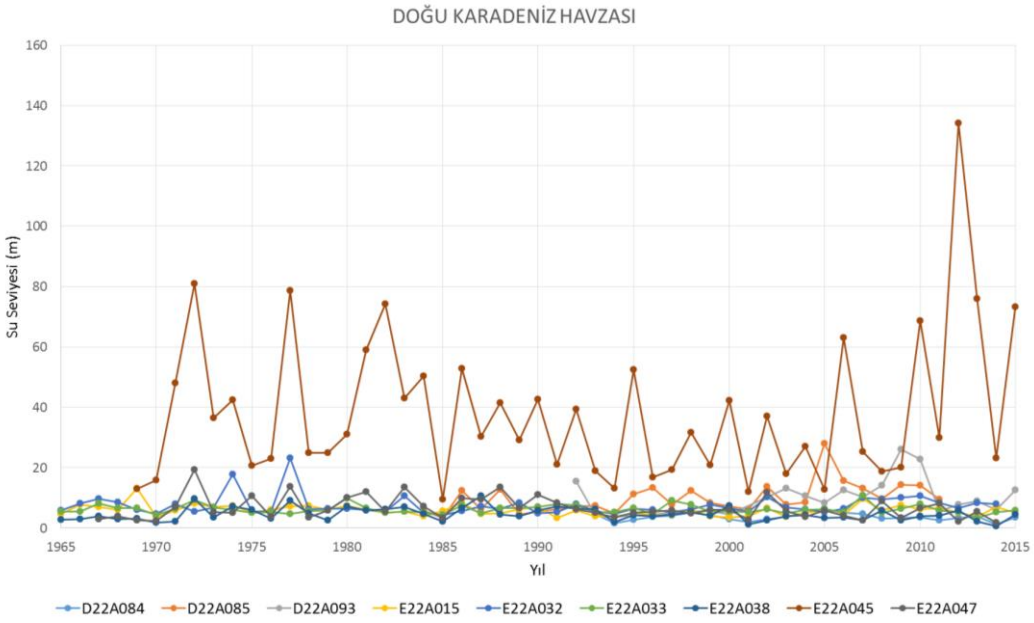
Şekil 4.3 : Doğu Karadeniz Havzası harita 3.

Doğu Karadeniz Havzasında bulunan istasyonların yağış alanı ve kaydedilen en yüksek debi verileri kullanılarak zarf grafiği çizilmiştir. Şekil 4.4'te görüldüğü gibi D22A085, D22A093 ve E22A045 istasyonları haricinde alan arttıkça maksimum debinin arttığı görülmektedir bu üç istasyonlar Çizelge 3.1'de verilen bilgilere göre hem yağış alanı hem kotu düşük istasyonlarıdır. Bu istasyonların beslendiği kolların diğer istasyonlara göre daha küçük bir alan kapladığı fakat buna rağmen maksimum debilerinin yağış alanı çok daha geniş istasyonlara yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4 : Doğu Karadeniz Havzası zarf grafiği.

Tüm istasyonların yıllara göre su seviyesi grafiği Şekil 4.5'te gösterildiği gibidir. Grafikte E22A045 istasyonunun su seviyesi verilerinin diğer istasyonlardan çok daha yüksek olduğu ve yıllık seviye değişimlerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Diğer istasyonlarda ise su seviyelerinin birbirine yakın yüksekliklerde bulunduğu gözlenmektedir. E22A045 istasyonu 232,8 km^2'lik yağış alanıyla diğer istasyonlara göre daha küçük yağış alanına sahip olmasına rağmen en yüksek debinin görüldüğü ikinci istasyondur.



Şekil 4.5 : Doğu Karadeniz Havzası en yüksek su seviyesi-yıl grafiği.

Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan akım gözlem istasyonları için hesaplana ortalama, standart sapma, varyans ve çarpıklık değerleri Çizelge 4.2'de gösterildiği gibidir. Tüm istasyonların çarpıklığının pozitif olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2 : Doğu Karadeniz Havzası istasyonlarının standart sapma, varyans ve çarpıklıkları.

Kod	Adı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı
D22A084	KORUM D. YAĞLIDERE	17,03	5,68	0,33	0,09
D22A085	ŞENÖZ D. KAPTANPAŞA	74,58	36,08	0,48	1,84
D22A093	TURNASUYU CUMHURİYET KÖYÜ	69,48	39,77	0,57	1,39
E22A015	ÇAMLIK DERE-DEREKÖY	81,91	25,01	0,31	1,44
E22A032	FIRTINA DERESI-TOPLUCA	179,73	76,63	0,43	3,22
E22A033	TOZKÖY DERESİ - TOZKÖY	43,35	10,52	0,24	1,15
E22A038	MELET ÇAYI-ARICILAR	146,79	69,30	0,47	0,71
E22A045	ERME ÇAYI-GÖKÇELİ KÖPRÜSÜ	280,43	179,82	0,64	1,68
E22A047	MELET ÇAYI-GOCALLI KÖPRÜSÜ	387,58	218,01	0,56	1,28

Doğu Karadeniz Havzası için hesaplanan olasılık ağırlık momentleri ve L-momentler Çizelge 4.3'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.3 : Doğu Karadeniz Havzası istasyonlarının olasılık ağırlık ve L-momentleri.

Kod	Adı	B_0	B_1	B_2	B_3	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
D22A084	KORUM D. YAĞLIDERE	17,03	10,17	7,34	5,78	17,03	3,31	0,02	0,57
D22A085	ŞENÖZ D. KAPTANPAŞA	74,58	46,87	35,07	28,38	74,58	19,16	3,79	3,29
D22A093	TURNASUYU CUMHURİYET KÖYÜ	69,48	45,88	35,34	29,12	69,48	22,27	6,27	3,26
E22A015	ÇAMLIK DERE-DEREKÖY	81,91	47,72	34,40	27,16	81,91	13,53	2,02	1,85
E22A032	FIRTINA DERESI-TOPLUCA	179,73	107,06	79,35	64,26	179,73	34,39	13,47	9,71
E22A033	TOZKÖY DERESİ - TOZKÖY	43,35	24,54	17,53	13,79	43,35	5,73	1,29	1,05
E22A038	MELET ÇAYI-ARICILAR	146,79	93,01	69,42	55,90	146,79	39,24	5,21	4,82
E22A045	ERME ÇAYI-GÖKÇELİ KÖPRÜSÜ	280,43	187,86	145,74	120,59	280,43	95,30	27,67	13,49
E22A047	MELET ÇAYI-GOCALLI KÖPRÜSÜ	387,58	253,29	193,61	158,71	387,58	119,00	29,51	17,72

Havzada elde edilen L-momentler kullanılarak L-değişim katsayısı, L-çarpıklık katsayısı ve L-kurtosis katsayısı hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 4.4'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.4 : Doğu Karadeniz Havzası istasyonlarının L-moment katsayıları.

Kod	Adı	L-Değişim Katsayısı	L-Çarpıklık Katsayısı	L-Kurtosis Katsayısı
D22A084	KORUM D. YAĞLIDERE	0,19	0,01	0,17
D22A085	ŞENÖZ D. KAPTANPAŞA	0,26	0,20	0,17
D22A093	TURNASUYU CUMHURİYET KÖYÜ	0,32	0,28	0,15
E22A015	ÇAMLIK DERE-DEREKÖY	0,17	0,15	0,14
E22A032	FIRTINA DERESI-TOPLUCA	0,19	0,39	0,28
E22A033	TOZKÖY DERESİ - TOZKÖY	0,13	0,23	0,18
E22A038	MELET ÇAYI-ARICILAR	0,27	0,13	0,12
E22A045	ERME ÇAYI-GÖKÇELİ KÖPRÜSÜ	0,34	0,29	0,14
E22A047	MELET ÇAYI-GOCALLI KÖPRÜSÜ	0,31	0,25	0,15

Hesaplanan L-momentler ile GEV dağılımının ölçek parametresi , GEV ölçek, biçim ve yer parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen parametreler Çizelge 4.5'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.5 : Doğu Karadeniz Havzası istasyonlarının GEV parametreleri.

Kod	Adı	α	k	ξ
D22A084	KORUM D. YAĞLIDERE	5,82	0,28	14,95
D22A085	ŞENÖZ D. KAPTANPAŞA	26,53	-0,04	58,09
D22A093	TURNASUYU CUMHURİYET KÖYÜ	26,84	-0,17	48,72
E22A015	ÇAMLIK DERE-DEREKÖY	20,10	0,03	70,94
E22A032	FIRTINA DERESI-TOPLUCA	33,34	-0,32	145,31
E22A033	TOZKÖY DERESİ - TOZKÖY	7,60	-0,08	38,27
E22A038	MELET ÇAYI-ARICILAR	59,61	0,06	115,69
E22A045	ERME ÇAYI-GÖKÇELİ KÖPRÜSÜ	113,01	-0,18	190,98
E22A047	MELET ÇAYI-GOCALLI KÖPRÜSÜ	151,97	-0,12	279,84

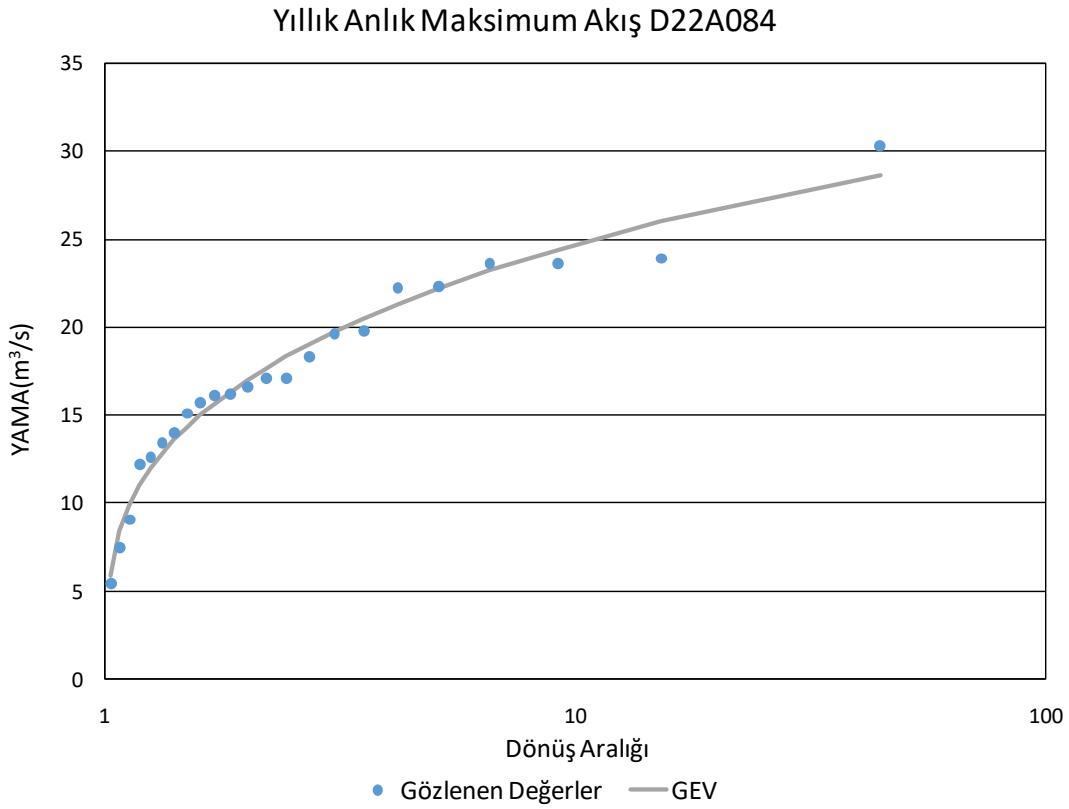
Daha sonra elde edilen GEV eklenik dağılım fonksiyonu kullanılarak ölçüm değerleriyle aynı düşük kalma olasılıkları için GEV tahminleri hesaplanmış ve ölçüm değerleri ile tahminlerin tutarlılıkları ortalama hata kareleri kökü, Nash-Sutcliffe verimlilik ve R^2 metotlarıyla değerlendirilmiş ve GEV tahminlerinin eğilimini bulmak için bias oranı hesapları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da gösterildiği gibidir. Hesaplanan NSE ve R^2 değerleri D22A085 istasyonu hariç tüm istasyonlarda 0,95'ün üzerindedir. D22A085 istasyonunda diğer istasyonlara göre daha düşük NSE ve R^2 değerlerinin hesaplanmasının sebebi bu istasyon için 19 yıllık az sayıda ölçüm verisinin bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Hesaplanan bias oranı değerlerine göre GEV modeli D22A084 istasyonu haricinde ölçülen değerlere göre daha düşük debiler tahmin etme eğilimindedir.

Çizelge 4.6 : Doğu Karadeniz Havzası için hesaplanan GEV uyumluluk değerleri.

Kod	Adı	Gringorten				Weibull			
		RMSE	NSE	r^2	PBIAS	RMSE	NSE	r^2	PBIAS
D22A084	KORUM D. YAĞLIDERE	0,86	0,98	0,98	-0,31	1,03	0,97	0,97	-0,03
D22A085	ŞENÖZ D. KAPTANPAŞA	9,74	0,93	0,93	0,36	12,02	0,89	0,89	2,01
D22A093	TURNASUYU CUMHURİYET KÖYÜ	6,50	0,97	0,97	1,41	9,42	0,94	0,95	4,73
E22A015	ÇAMLIK DERE-DEREKÖY	5,15	0,96	0,96	5,15	6,18	0,94	0,94	0,57
E22A032	FIRTINA DERESI-TOPLUCA	17,04	0,95	0,96	0,95	26,44	0,88	0,89	2,60
E22A033	TOZKÖY DERESİ - TOZKÖY	1,23	0,99	0,99	0,15	1,42	0,98	0,98	0,77
E22A038	MELET ÇAYI-ARICILAR	7,36	0,99	0,99	0,02	8,35	0,99	0,99	0,80
E22A045	ERME ÇAYI-GÖKÇELİ KÖPRÜSÜ	3,59	0,98	0,98	0,82	35,03	0,96	0,96	3,04
E22A047	MELET ÇAYI-GOCALLI KÖPRÜSÜ	29,83	0,98	0,98	0,48	32,62	0,98	0,98	2,16

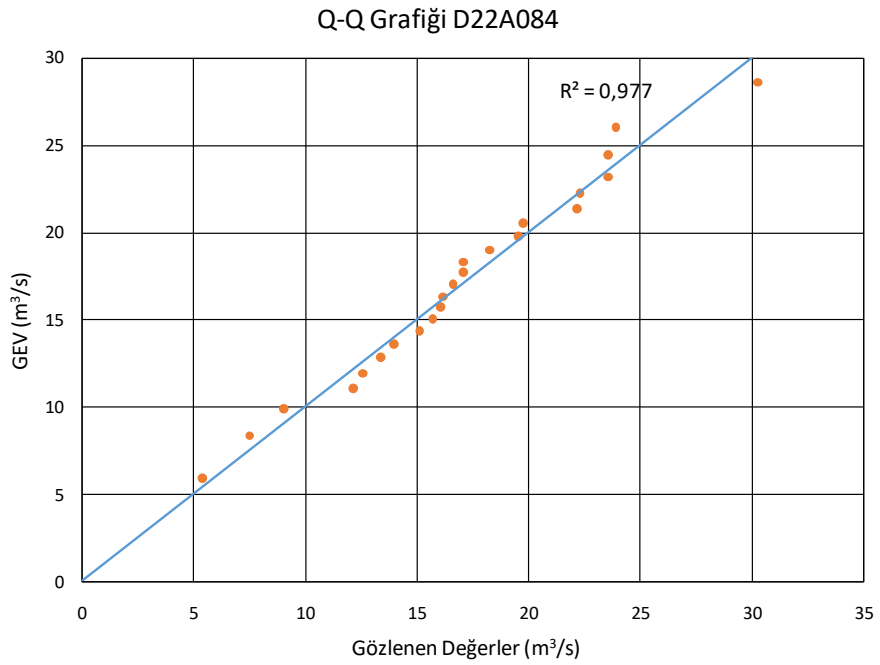
İstasyonlar için dönüş aralığı GEV tahmini ve ölçüm değerleri kullanılarak YAMA-dönüş aralığı ve kuantil-kuantil grafikleri oluşturulmuştur. Tüm istasyonlar için bu grafikler incelenmiştir.

D22A084 istasyonu Gümüşhane ili sınırları içerisinde bulunmaktadır ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde incelenen istasyonlar arasında kotu en yüksek olan ve aynı zamanda yağış alanı en küçük istasyondur. Ortalama yıllık anlık maksimum akımı 17 m^3/s'dir ve bu havzada incelenen debisi en düşük istasyondur. Şekil 4.6'da GEV ile dönüş aralıklarına göre değerlendirilen yıllık anlık maksimum akışlar ölçülen verilerle karşılaştırılmıştır.



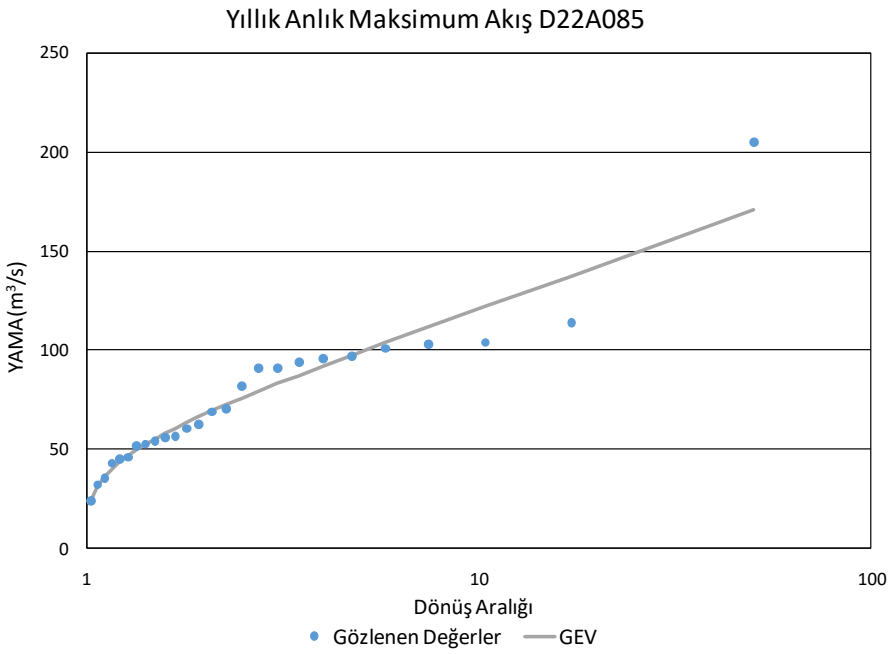
Şekil 4.6 : D22A084 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Şekil 4.7'de kuantil-kuantil grafiği ile gözlenen değerler ve GEV tahminleri karşılaştırılmıştır. GEV yönteminin uyumu Nash-Sutcliffe verimliliği ve R^2 değeri 0,98 hesaplanmıştır. Ölçüm değerlerinin noktalarının 45 derecelik nominal doğruya oldukça yakın olduğu görülmektedir.



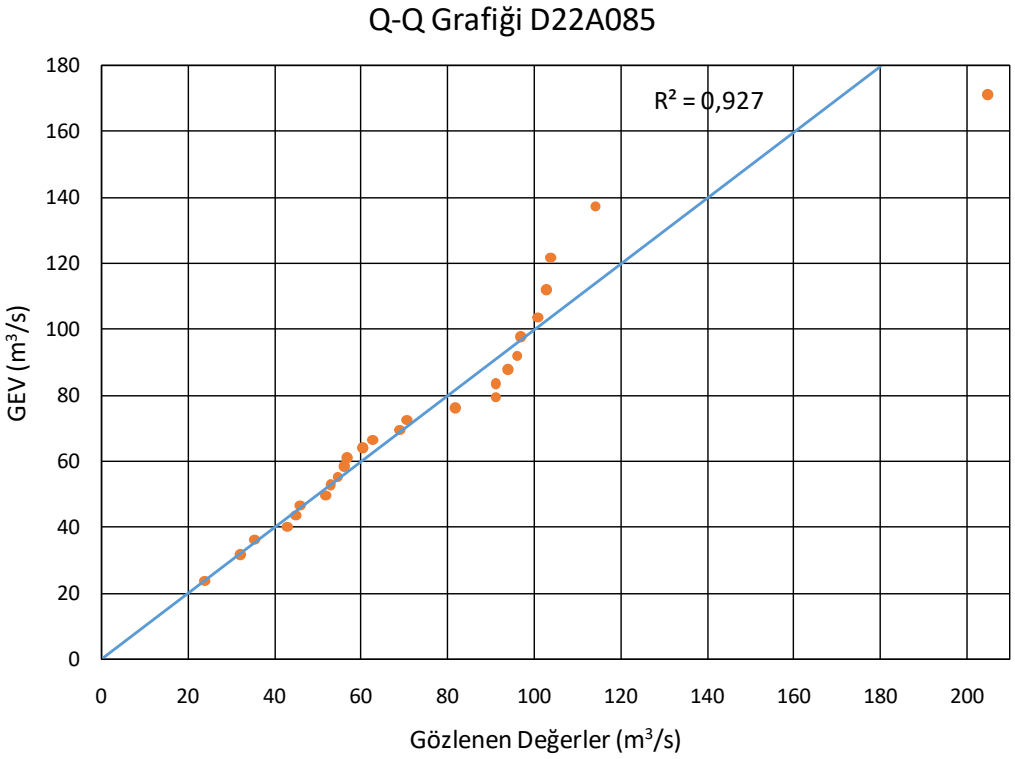
Şekil 4.7 : D22A084 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

D22A085 istasyonu Rize'nin batısında kalan bir akarsu üzerindedir ve yıllık anlık maksimum akışları Şekil 4.8'de görüldüğü gibi GEV yöntemi ile tek bir ölçüm değeri haricinde tutarlılık göstermektedir. Bu istasyonda gözlenen en yüksek yıllık anlık maksimum akış değeri GEV modelinin tutarlılığına olumsuz etki etmektedir.



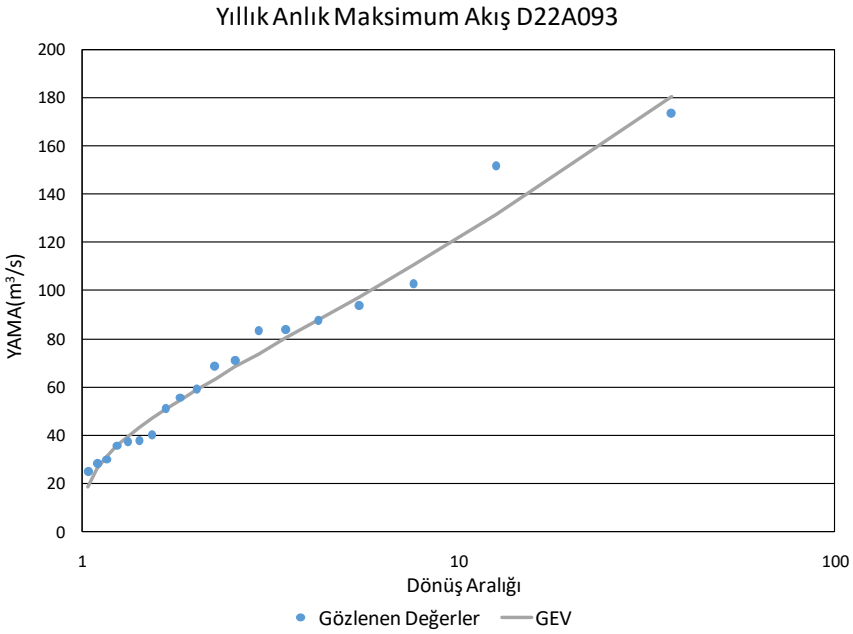
Şekil 4.8 : D22A085 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Şekil 4.9'da GEV tahminleri ve ölçüm değerleri birbiriyle karşılaştırıldığında en yüksek ölçüm değeri haricinde GEV modeliyle tutarlı sonuç alındığı görülmektedir. İstasyonda görülen maksimum 205 m^3/s debi GEV tahmininden 35 m^3/s sapmıştır ve istasyon için hesaplanan NSE değerinin 0,93 gelmesine sebep olmuştur. Bu istasyon Doğu Karadeniz Havzasında GEV modelinin en düşük uyum sağladığı istasyondur. Bu istasyonda 19 yıllık ölçüm değeri değerlendirilmiştir ve hesaplanan R^2 ve NSE değerlerinin diğer istasyonlardan daha düşük olmasının veri sayısının az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



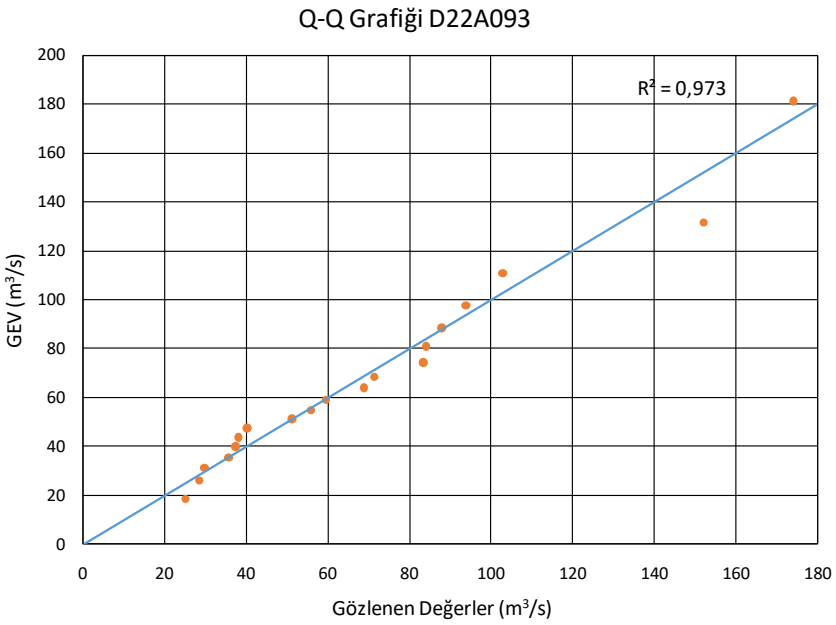
Şekil 4.9 : D22A085 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

D22A093 istasyonu Doğu Karadeniz Havzası'nın batı kesiminde yer almaktadır. Bu istasyon da Şekil 4.10'da görüldüğü gibi GEV ile elde edilen akım gözlem istasyonundan elde edilen yıllık anlık maksimum akış verileriyle karşılaştırıldığında en büyük sapma yıllık anlık maksimum akışın yüksek görüldüğü bir yılın ölçümündedir.



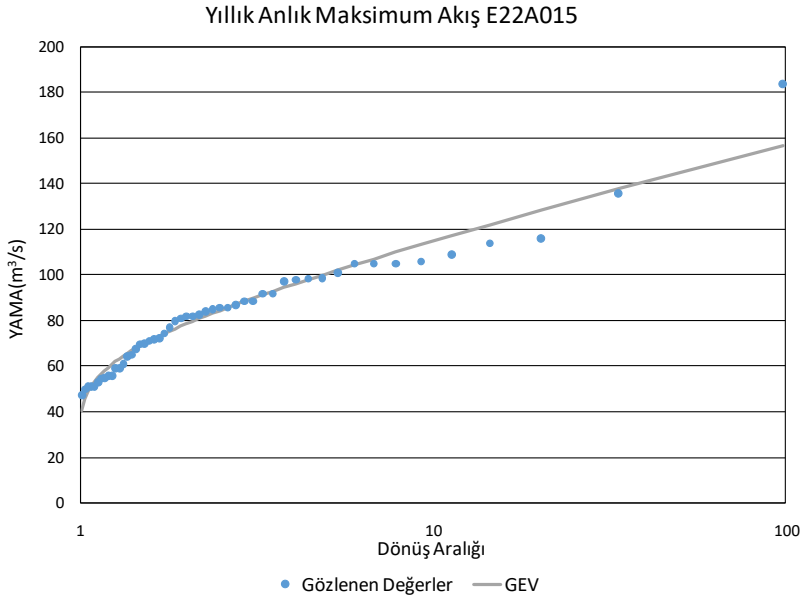
Şekil 4.10 : D22A093 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

GEV tahminleriyle ölçüm değerlerinin tutarlılığı Şekil 4.11'de kuantil-kuantil grafiğiyle incelendiğinde sapmanın en yüksek olduğu yılda GEV modelindeki tahminin ölçüm değerindeki tahminden yaklaşık olarak 20 m^3/s daha küçük olduğu görülmektedir. Bu iki yıl haricinde GEV tahminleri ölçülen değerlerle tutarlıdır ve ölçüm değerleri nominal doğruya yakın noktalar görülmektedir. GEV ile ölçülen değerlerin tutarlılığında elde edilen NSE 0,97 R^2 değeri 0,97'dir.



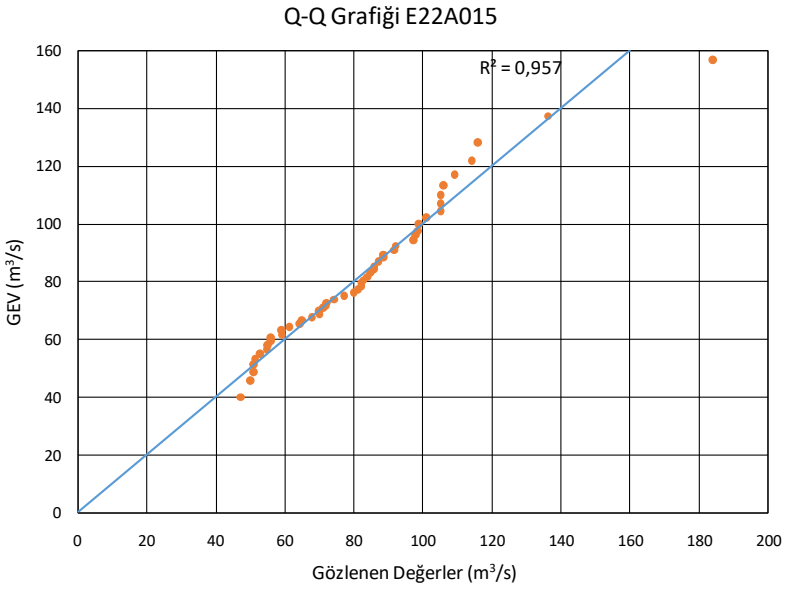
Şekil 4.11 : D22A093 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E22A015 istasyonunda Şekil 4.12'de görüldüğü gibi GEV modeli yine havzanın doğu kısmında bulunan ve yakın konumdaki D22A085 istasyonunda olduğu gibi en debinin görüldüğü yıl haricinde tutarlı sonuçlar göstermektedir.



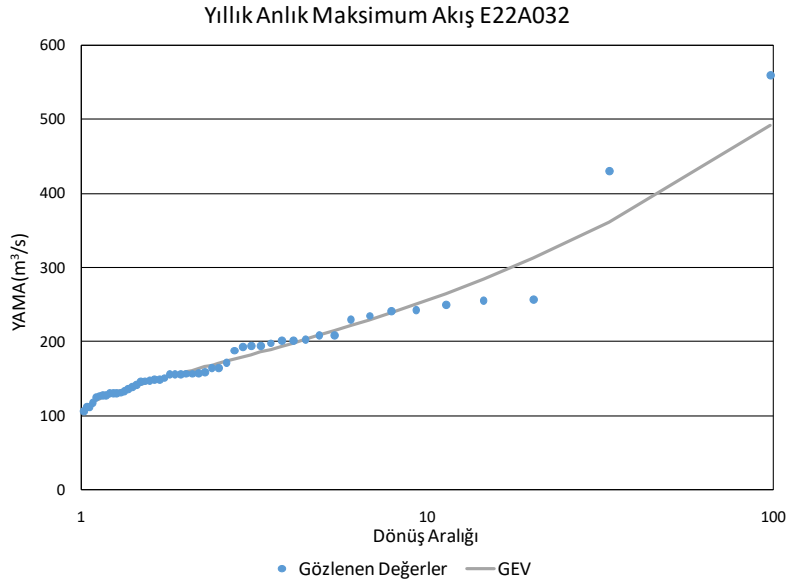
Şekil 4.12 : E22A015 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

GEV modeliyle elde edilen değerler ile ölçülen değerler Şekil 4.13'te kuantil-kuantil grafiğiyle karşılaştırıldığında maksimum debinin görüldüğü yıldaki GEV tahmini ölçüm değerinin 25 m^3/s altında kalmıştır. NSE metoduyla GEV metodunun uyumluluğu değerlendirildiğinde NSE değeri 0,96 bulunmuştur.



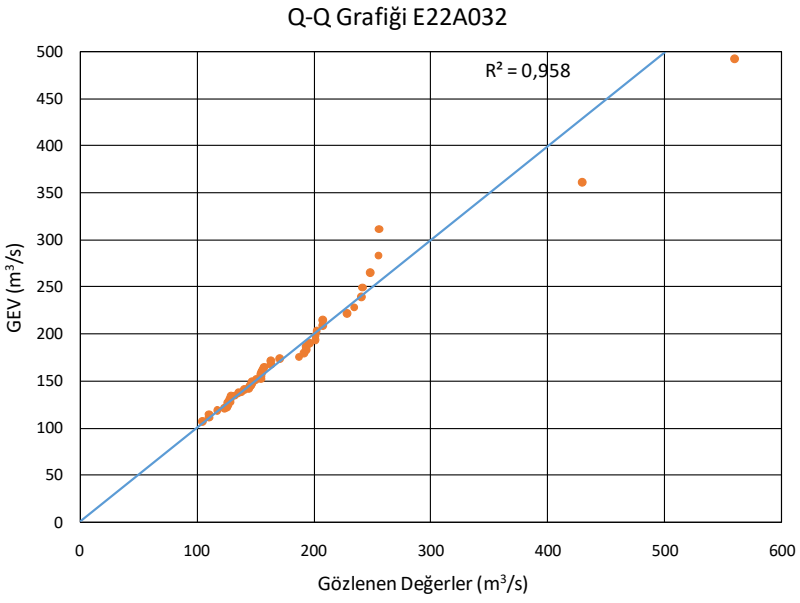
Şekil 4.13 : E22A015 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E22A032 istasyonu Doğu Karadeniz Havzası'nın en doğusunda yer alan Fırtına Deresi üzerindedir. Şekil 4.14'te dönüş aralığına göre GEV ile tahmin edilen yıllık anlık maksimum akışlar ile ölçülen değerler karşılaştırıldığında çoğu ölçüm değeri için tutarlı sonuçlar elde edilmiştir fakat en yüksek maksimum debinin görüldüğü iki yılda GEV tahmini 40 m^3/s düşük hesaplanmıştır.



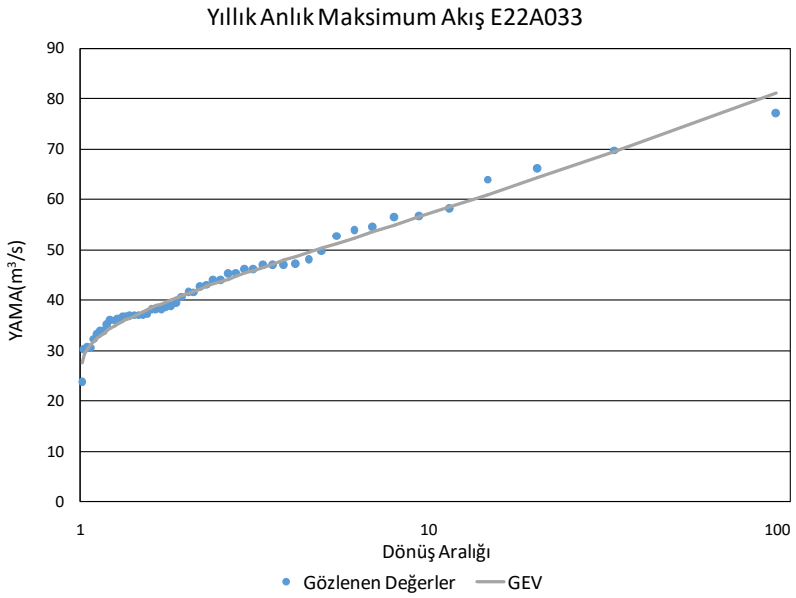
Şekil 4.14 : E22A032 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Şekil 4.15'te GEV tahminleri ile ölçüm değerleri kuantil-kuantil grafiğiyle karşılaştırılmıştır. Bu istasyon için elde edilen NSE 0,95. R^2 değeri 0,96'dır.



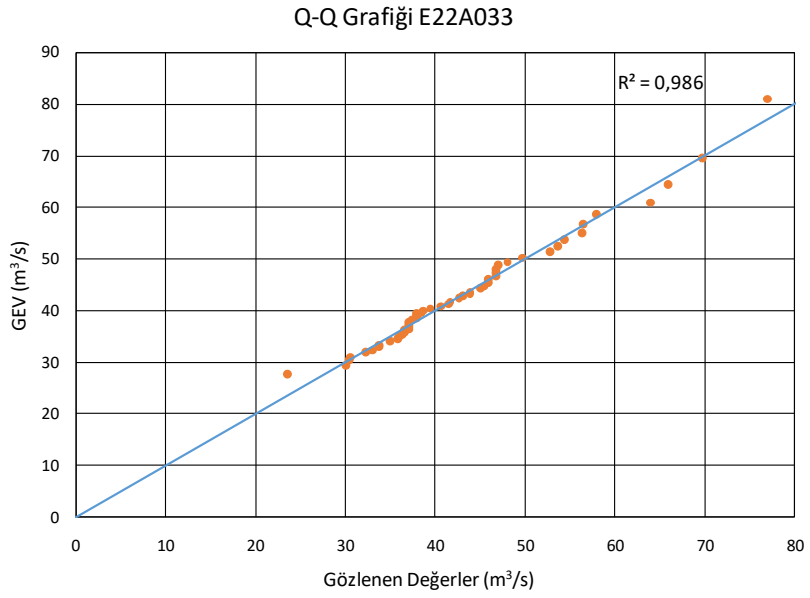
Şekil 4.15 : E22A032 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E22A033 istasyonu havzanın doğu kısmında Rize'nin yüksek kesimlerinde bulunmaktadır. Şekil 4.16'da bu havza için GEV modeliyle yapılan tahminler dönüş aralığına göre yıllık anlık maksimum akış grafiğinde ölçülen değerlerle karşılaştırıldığında tüm yıllar için tutarlı sonuçlar görülmektedir.



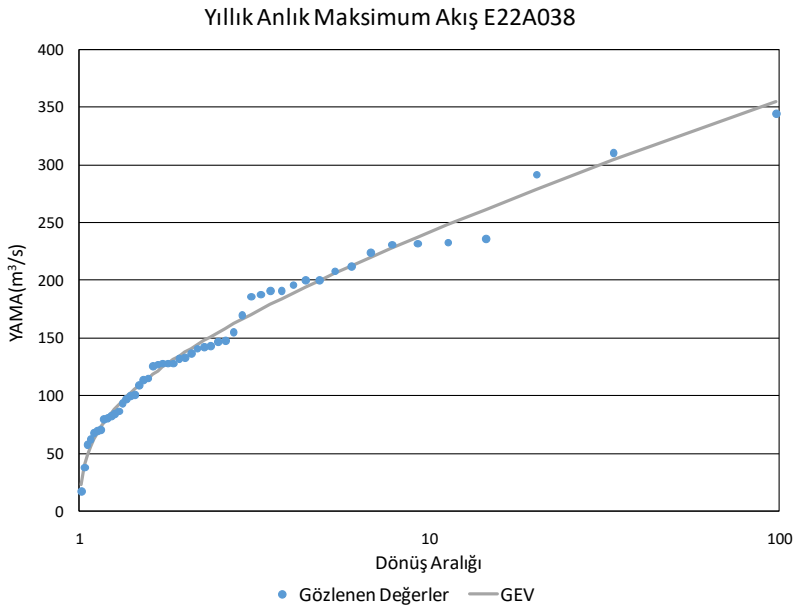
Şekil 4.16 : E22A033 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

GEV tahmini ve ölçülen değerler Şekil 4.17'de kuantil-kuantil grafikleriyle karşılaştırıldığında GEV ile tahmin edilen tüm değerler tutarlılık göstermektedir. Bu istasyon için elde edilen NSE ve R^2 değerleri 0,99'dur.



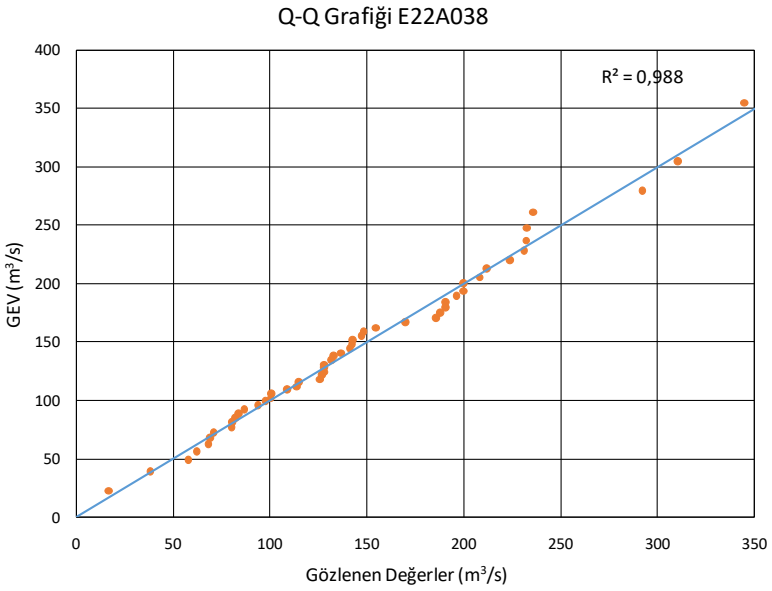
Şekil 4.17 : E22A033 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E22A038 istasyonu havzanın batı kısmında bulunan Melet Çayı'nın üst kısmında yer almaktadır. Bu istasyonda GEV ile elde edilen değerler dönüş aralığı-yıllık anlık maksimum akış grafiğiyle Şekil 4.18'de değerlendirildiğinde ölçüm değerleriyle yüksek uyum göstermektedir.



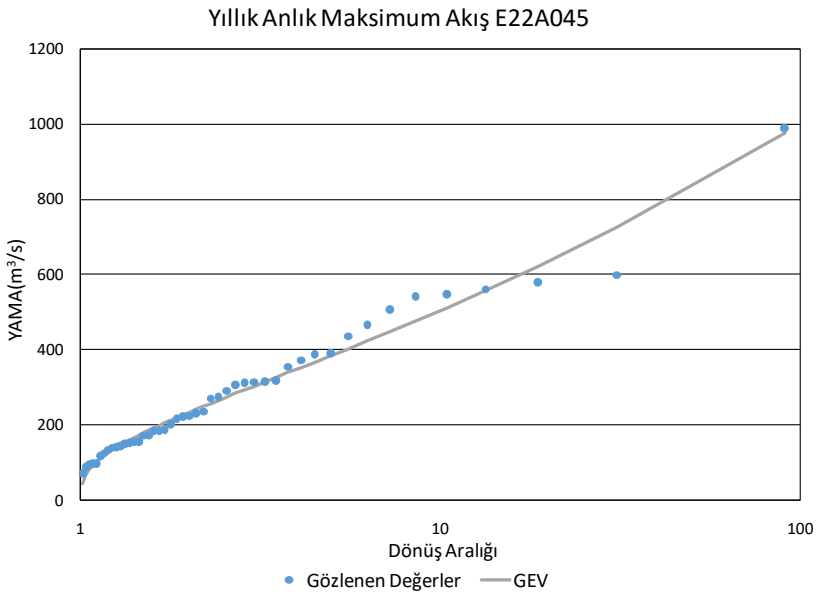
Şekil 4.18 : E22A038 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

GEV tahminleriyle ölçüm değerleri Şekil 4.19'da kuantil-kuantil grafiğiyle karşılaştırıldığında tüm noktaların nominal doğruya yakın olduğu görülmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri 0,99'dur.



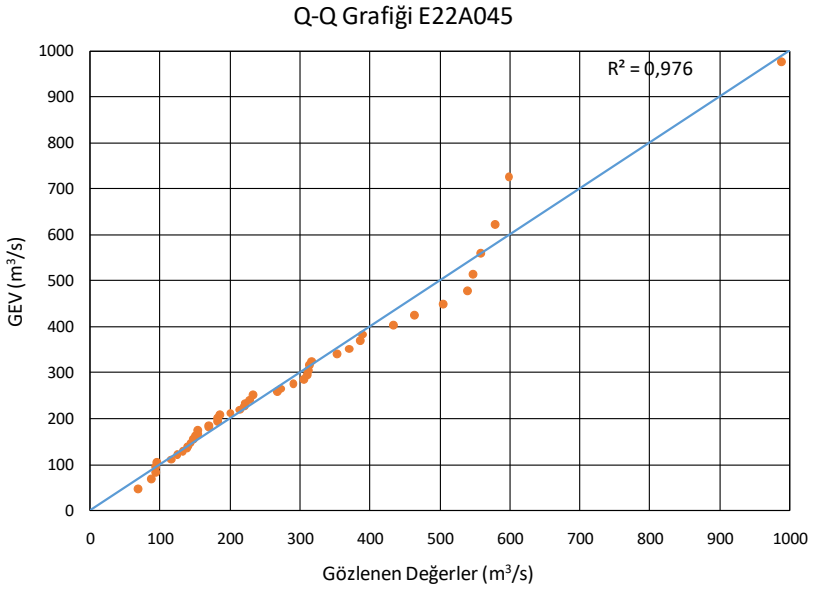
Şekil 4.19 : E22A038 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E22A045 istasyonu havzanın en batısında değerlendirilen istasyondur. Bu istasyon için de GEV metoduyla yapılan tahmin değerleri ölçüm değerleriyle dönüş aralığına göre yıllık anlık maksimum akış grafiğiyle Şekil 4.20'de karşılaştırıldığında GEV eğrisinin ölçüm sonuçlarının oluşturduğu noktalara yakın olduğu görülmektedir.



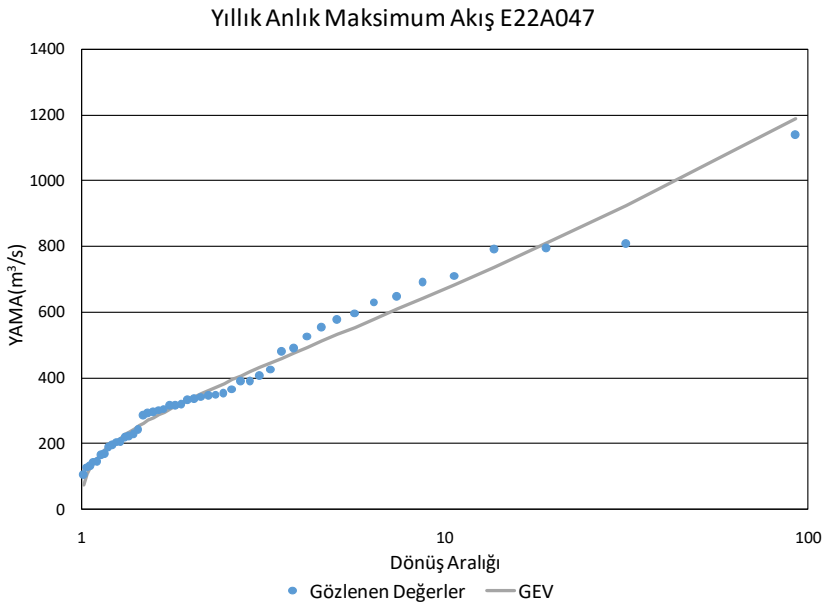
Şekil 4.20 : E22A045 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Ölçüm değerleri ile GEV tahminleri Şekil 4.21'de kuantil-kuantil grafiğiyle değerlendirildiğinde sapmanın genellikle maksimum debinin yüksek ölçüldüğü yıllarda olduğu görülmektedir.



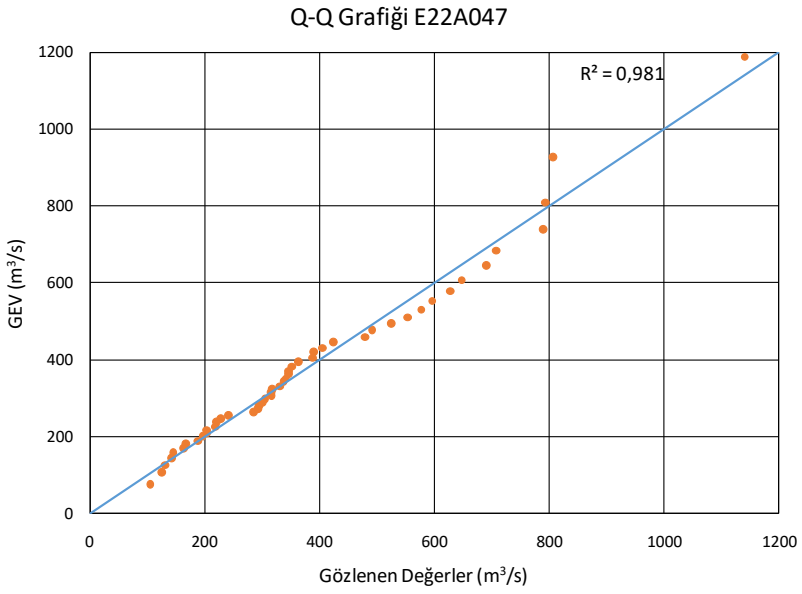
Şekil 4.21 : E22A045 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E22A047 istasyonu Melet Çayı'nın alt kısmında yer almaktadır. Melet Çayı'nın üst kısmında bulunan E22A038 istasyonunda olduğu gibi bu istasyonda da dönüş aralığına göre yıllık anlık maksimum akış grafiği değerlendirildiğinde GEV modeliyle uyum yüksektir. Bu durum Şekil 4.22'de gözlenebilmektedir.



Şekil 4.22 : E22A047 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

GEV ile tahmin edilen değerler ile ölçüm değerleri Şekil 4.23'te kuantil-kuantil grafiğiyle karşılaştırıldığında nominal doğruya yakın noktalar elde edilmiştir. Bu istasyon için hesaplanan NSE ve R^2 değerleri 0,98'dir.



Şekil 4.23 : E22A047 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

Çoruh Havzasında değerlendirilen dokuz istasyon için elde edilen GEV eklenik dağılım fonksiyonu kullanılarak 100, 200 ve 500 yıllık taşkın tahminleri yapılmıştır. Elde edilen taşkın tahminleri Çizelge 4.7'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.7 : Doğu Karadeniz Havzası istasyonlarının taşkın tahminleri.

İstasyon Kodu	Tahmin Edilen 100 Yıllık Taşkın (m^3/s)	Tahmin Edilen 200 Yıllık Taşkın (m^3/s)	Tahmin Edilen 500 Yıllık Taşkın (m^3/s)	Ortalama	Gözlenen en yüksek YAMA (m^3/s)
D23A026	30,13	31,17	32,27	17,03	30,3
D23A032	193,02	215,84	247,01	74,58	205
D23A037	234,55	277,26	341,75	69,48	174
E23A004	156,77	168,66	183,94	81,91	184
E23A005	494,32	607,04	799,70	179,73	560
E23A016	81,01	89,05	100,40	43,35	77
E23A020	355,79	386,74	425,68	146,79	345
E23A023	999,90	1191,48	1483,86	280,43	990
E23A029	1209,28	1399,31	1675,22	387,58	1140

Akım gözlem istasyonlarının eklenik dağılım grafiğinin oluşturulabilmesi için ölçüm değerleri sınıf aralıklarına ayrılarak olasılık histogramı elde edilmiş ve GEV eklenik dağılım fonksiyonunun eğrisi çizilerek grafik üzerinde karşılaştırılmıştır. D22A093 istasyonunda kayıtlı yıl sayısı 19 olduğu için az sayıda veriyi daha doğru şekilde ifade edebilmek amacıyla bu istasyonda ölçüm sonuçları sınıf aralıklarına ayrılmadan eklenik dağılım grafiği çizilmiştir. Eklenik dağılım grafikleri tez çalışmasına EK-C olarak eklenmiştir.

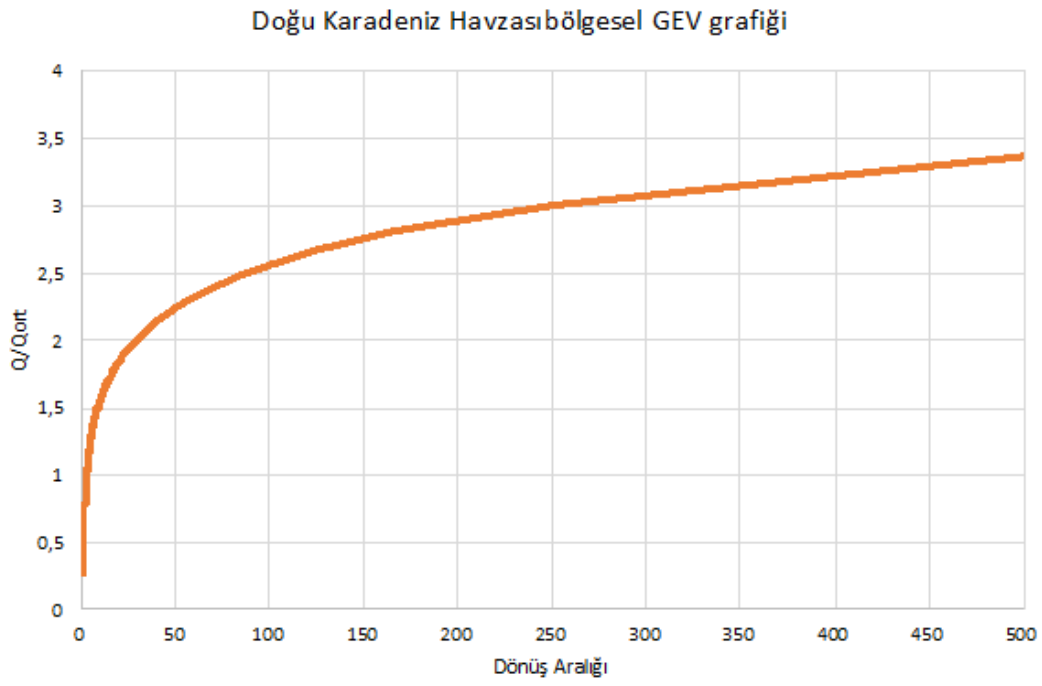
Olasılık dağılım grafiklerini elde edebilmek için istasyonların yıllık anlık maksimum akış verileri su seviyesine çevrilerek tekrar GEV parametreleri hesaplanmıştır. GEV dağılımının olasılık dağılım fonksiyonu kullanılarak dağılımın eğrisi elde edilmiş ve ölçüm değerlerinin sınıf aralıklarına göre histogramı çizilerek grafik oluşturulmuştur. Çizilen olasılık dağılım grafikleri tez çalışmasına EK-D olarak eklenmiştir.

Doğu Karadeniz Havzası için tüm istasyonların Q/Q_{ort} değerlerine göre hesaplanan L-momentleri kullanılarak havza için L-momentleri ve GEV parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 4.8'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.8 : Doğu Karadeniz Havzası için elde edilen L-momentleri ve GEV parametreleri.

λ_1	1,00
λ_2	0,24
λ_3	0,05
λ_4	0,04
α	0,31
k	-0,09
ξ	0,79

Elde edilen GEV değişkenleri ile eklenik dağılım fonksiyonu kullanılarak Şekil 4.24'te görülen bölgesel GEV eğrisi çizilmiştir. Elde edilen bölgesel GEV eğrisi Doğu Karadeniz'de üzerinde ölçüm istasyonu bulunmayan veya kayıtlı yıl sayısı az olan akarsuların taşkın tahminlerinde kullanılabilir.



Şekil 4.24 : Doğu Karadeniz Havzası Bölgesel GEV Eğrisi.

5. FIRAT-DİCLE HAVZASI

Fırat Nehri 127304 km^2 alanı ile Türkiye'deki en geniş yağış alanına sahip nehirdir. Torosların kuzeybatısında deniz seviyesinden yaklaşık 3000 m yüksekte başlamakta ve geniş bir c formu oluşturarak deniz seviyesinden yaklaşık 300 m yükseklikte Türkiye'den Suriye'ye geçmektedir. Tektonik olarak aktif bir bölgede yer almaktadır. Karasu ve Murat Nehirleri Türkiye sınırları içerisindeki en önemli kollarıdır. Havzası genel olarak neojen volkanik tortulu kayaçlarla kaplıdır.

Dicle Nehri Güneydoğu Anadolu'da başlar ve 57614 km^2 alanı ile Türkiye'nin yağış alanı büyük havzalarından birini oluşturmaktadır. Batman, Garzan, Botan ve Henzil nehirleri en önemli akarsu kollarını oluşturmaktadır. Deniz seviyesinden yaklaşık 3000 m yüksekte doğmaktadır. Havza genellikle paleozoik tortulu ve karstik kayaçlardan oluşmaktadır. Akarsu membası genellikle başkalaşmış kayaçlardan oluşmaktadır. GAP projesine dahil olan ikinci en büyük havzadır. Deniz seviyesinden yaklaşık 300 m yükseklikte Türkiye'den Irak sınırlarına geçmekte ve Şattülarap'ta Basra Körfezine dökülmeden 193 km öncesinde Fırat ile birleşmektedir.

Fırat ve Dicle havzalarında genel olarak karasal iklim hakimdir. Havzalar çoğunlukla bahar aylarında eriyen kış yağışlarıyla beslenmektedir. Yıllık ortalama su yüksekliği Murat Nehri ile birleştiği bölgede 900 mm, orta bölgede 400 mm, güney bölgesinde 400 mm'dir. Havzadaki gözenekli kalker yapısına sahip topraklar kış aylarındaki kar yağışının büyük bir kısmını emmektedir. Havzadaki yağmur yağışı ise genellikle yaz ve sonbaharda görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığı memba bölgesinde 3 derece Suriye sınırında ise 19 derecedir. Havzanın kuzey kesiminde yıl içindeki sıcaklık -35 derece ile 38 derece arası yüksek bir değişiklik göstermektedir.

Fırat-Dicle havzasının zorlu iklim ve coğrafi koşulları geçmişte insanların bitki örtüsüne oluşturabileceği tahribatı önlemiştir. Son yıllardaki geniş çaplı sulama projeleri öncesinde, havzadaki tarım arazileri yıl boyunca yeterli suyu sağlayabilen akarsuların yanında bulunmaktaydı. Hayvancılık bölgenin genel ekonomik

aktivitesini oluşturmaktaydı. Dicle havzasının doğusunda ise vadilerde bulunan küçük tarım arazilerinde yapılan üretim ve hayvancılık bölgenin genel ekonomik faaliyetlerini oluşturmaktadır. Dicle havzasının batısında ise tarıma elverişli düz alanlar bulunmaktadır. Yakın gelecekte sulama projeleriyle tarımın ilerlemesi beklenmektedir.

Fırat-Dicle havzasındaki su ve toprak kaynaklarını geliştirmek için GAP projesi geliştirilmiştir. GAP projesinin amacı bölgede sosyoekonomik kalkınmayı hem toprak ve su kaynaklarını geliştirerek hem de bölge halkının erişimindeki eğitim ve sağlık hizmetlerini geliştirmeyi amaçlamıştır. Projenin önemli bir kısmı tamamlanmış ve yeni sulama imkanlarıyla bölgedeki tarım arazilerinde artış gerçekleşmiştir.

Fırat Nehrinde Karasu ve Murat Nehirlerinin karıştığı bölgede Keban Barajı bulunmaktadır. Keban Barajı'nın alt kısmında ise Karakaya ve Atatürk Barajları bulunmaktadır. Tüm barajlar enerji üretmektedir fakat Atatürk barajı aynı zamanda 26 km çift tünel sistemiyle Şanlıurfa ovasına sulama suyu sağlamaktadır. Fırat Nehrinden akan yıllık ortalama su hacmi 31,6 km^3'tür. Suriye sınırında bulunan akım gözlem istasyonundan 1977-1999 yılları arası alınan verilere göre minimum debi 50,9 m^3/s, maksimum debi 3352 m^3/s ortalama debi ise 817 m^3/s'dir. Barajların yapımı öncesi yıllık pik debi değerinin mevcut yıllık ortalamanın dört katı kadar olduğu görülmektedir (Akbulut vd. 2009). Fırat-Dicle havzası çalışmada incelenen en geniş alana sahip havzadır ve ülkemizdeki yıllık akışın yüzde otuzu bu havzada akmaktadır. Ülkemizin önemli hidroelektrik enerji santralleri Fırat-Dicle Havzası'nda bulunmaktadır.

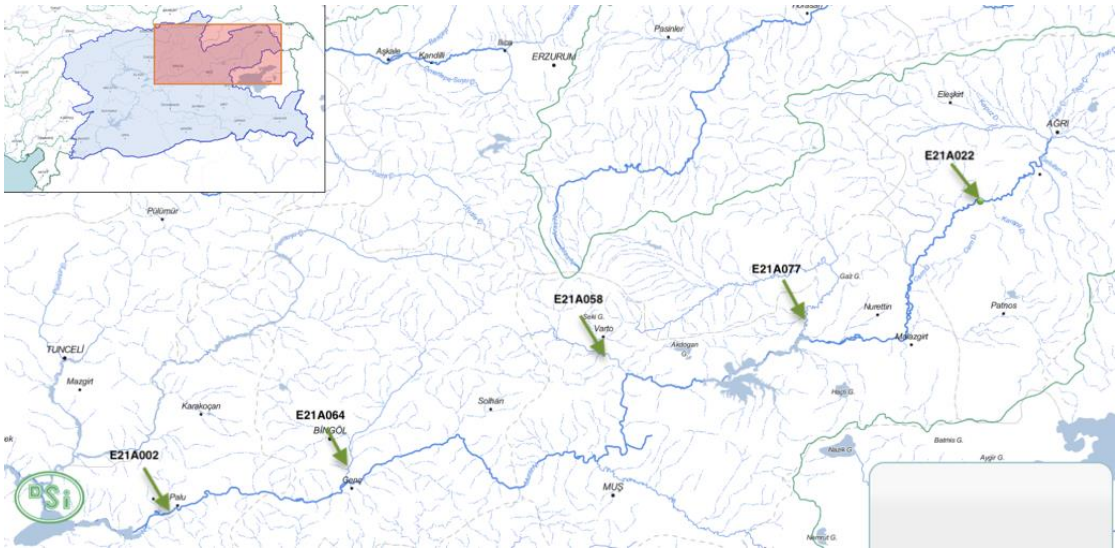
5.1 Fırat-Dicle Havzası'nda Bulunan İstasyonlar İçin Analiz Sonuçları

Fırat-Dicle Havzası'nda güncel yıllık anlık maksimum akış verileri DSİ'den alınan yirmi adet akım gözlem istasyonu için taşkın frekans analizi yapılmıştır. İstasyonların genel bilgileri Çizelge 5.1'de gösterildiği gibidir. Çizelge incelendiğinde havzada birbirinden farklı kot, yağış alanı ve debileri birbirinden oldukça farklı özellikteki akışların incelendiği görülmektedir.

Çizelge 5.1 : Fırat-Dicle Havzası'nda kullanılan istasyonların bilgileri.

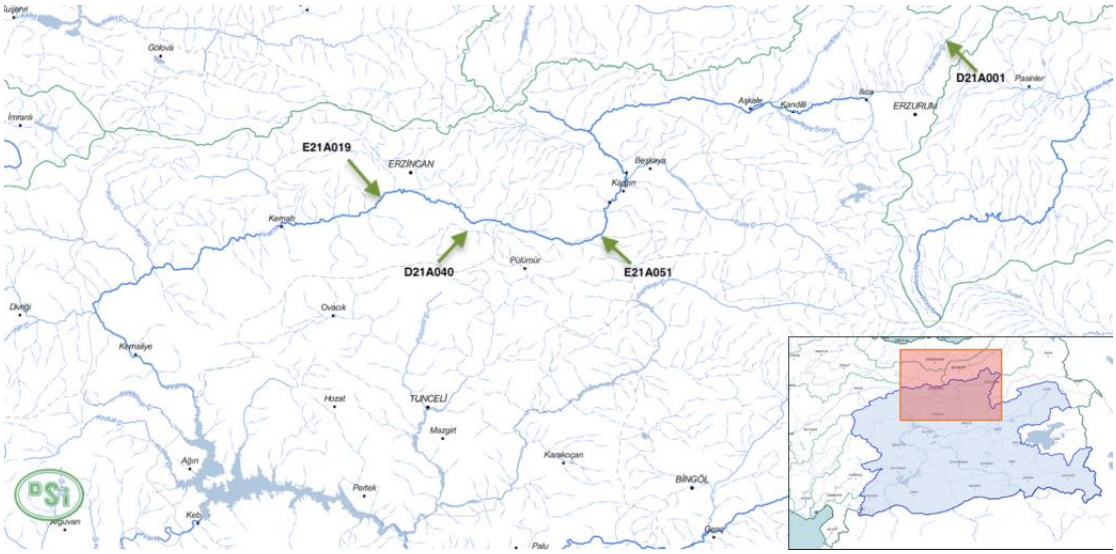
Kod	Adı	Kot (m)	Alan (km^2)	Gözlem Aralığı	Eksik Yıllar	İstasyona ait veri sayısı	Gözlenen en Yüksek YAMA (m^3/s)	Gözlenen en Düşük YAMA (m^3/s)
D21A001	KARASU KIRKGÖZE	1830	233,2	1965-2016	-	52	43,2	10
D21A040	AKPINAR D. GİRLEVİK	1295	56	1985-2016	-	32	8,6	1,36
D21A067	SEMPAS S. KARDEĞİRMENİ	530	128	1979-2001	1984, 1989, 1991, 1992, 1994, 1995, 1996, 1999	15	30	0,24
D26A040	MEHMEDİYAN Ç. TEPECİK	800	79	1978-2015	1981, 1982, 1987, 1988, 1989, 1990, 1995	31	122	0,71
E21A002	MURAT N. PALU	852	25515,6	1968-2011	-	44	3591	741
E21A019	FIRAT N. KEMAH BOĞAZI	1123	10356	1954-2016	2014	55	1159	154
E21A022	MURAT N. TUTAK	1552	5882,4	1962-2016	-	49	1121	135
E21A024	TOHMA S. YAZIKÖY	1193	1256,1	1963-2014	-	52	105	5,72
E21A031	BEY DERESİ KILAYIK	892	277,6	1957-2015	-	59	176	3,47
E21A035	BULAM Ç. FATOPAŞA	1252	154,8	1961-2015		53	132	5,93
E21A051	FIRAT N. DEMİRKAPI (SANSA BOĞAZI)	1355	8185,6	1964-2016	2012	51	1019	60,3
E21A058	BİNGÖL Ç. ABDURRAHMANPAŞA	1310	1577,6	1969-2015	-	47	752	64,1
E21A064	GÖYNÜK Ç. ÇAYAĞZI	990	2232	1969-2015	2012, 2013, 2014	44	1097	184
E21A077	HINIS ÇAYI- ADIVAR	1452	2995,3	1986-2015	-	30	522	70,3
E21A083	PAMUKÇAYI-KOÇALİ	1028	68	2000-2015	-	16	68,6	8,14
E26A010	BİTLİS ÇAYI - BAYKAN	910	640,4	1955-2013	2012	58	449	57
E26A012	BATMAN ÇAYI - MALABADİ KÖP.	597	4105,2	1961-2015	1963, 1964, 2012, 2014	51	2660	419
E26A021	ZAP SUYU - MUSAHAN	1725	2504,4	1969-2016	1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999	42	194	22,7
E26A022	NEHİL ÇAYI - KONAK	1694	1136	1989-2016	1990, 1991, 1992, 1999, 2000, 2001, 2002	21	372	54
E26A024	KEZER ÇAYI - PINARCA	530	1169,6	1972-2014	2012	42	590	45,7

Fırat-Dicle Havzası bu çalışmada incelenen havzalar arasında en geniş alana sahip havzadır. Bu sebeple istasyonların bulunduğu yerlerin gösterimi kollara bölünerek altı farklı harita ile gösterilmiştir. Murat Nehri, Fırat Nehrini besleyen önemli kollardan biridir. Murat Nehri ve alt kollarında incelenen istasyonların konumu Şekil 5.1'de gösterilmiştir. E21A002 ve E21A022 istasyonları Murat Nehri üzerinde, E21A064, E21A058 ve E21A077 istasyonları Murat Nehrini besleyen kollar üzerinde bulunmaktadır.



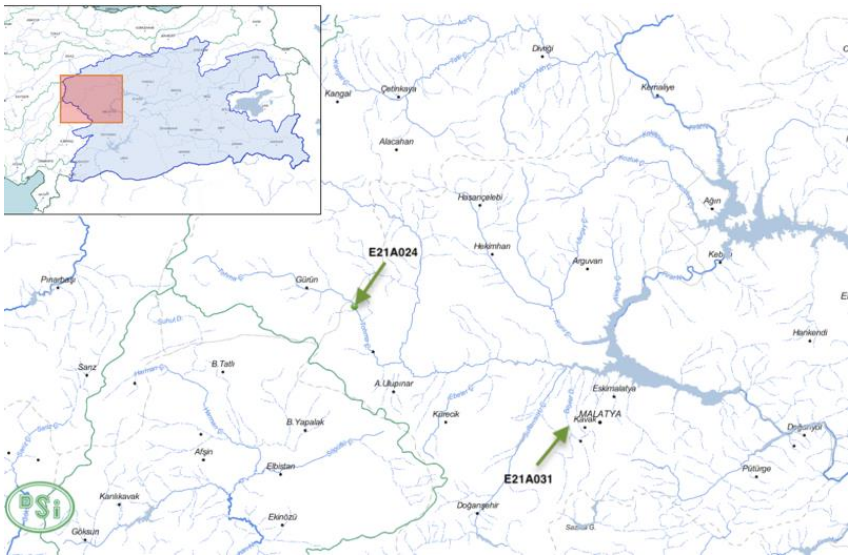
Şekil 5.1 : Fırat Dicle Havzası harita 1.

Fırat Nehri'nin üst ve başlangıç kesiminin bulunduğu Erzurum ve Erzincan bölgesinde incelenen istasyonların konumları Şekil 5.2'de gösterildiği gibidir. D21A001 istasyonu Fırat Nehri'nin başlangıcını besleyen kollardan birinin üzerindedir. D21A040 Erzincan'da Nehri besleyen kollardan birinin üzerinde bulunmaktadır. E21A019 ve E21A01 istasyonları Fırat Nehrinin ana kolu üzerinde bulunmaktadır.



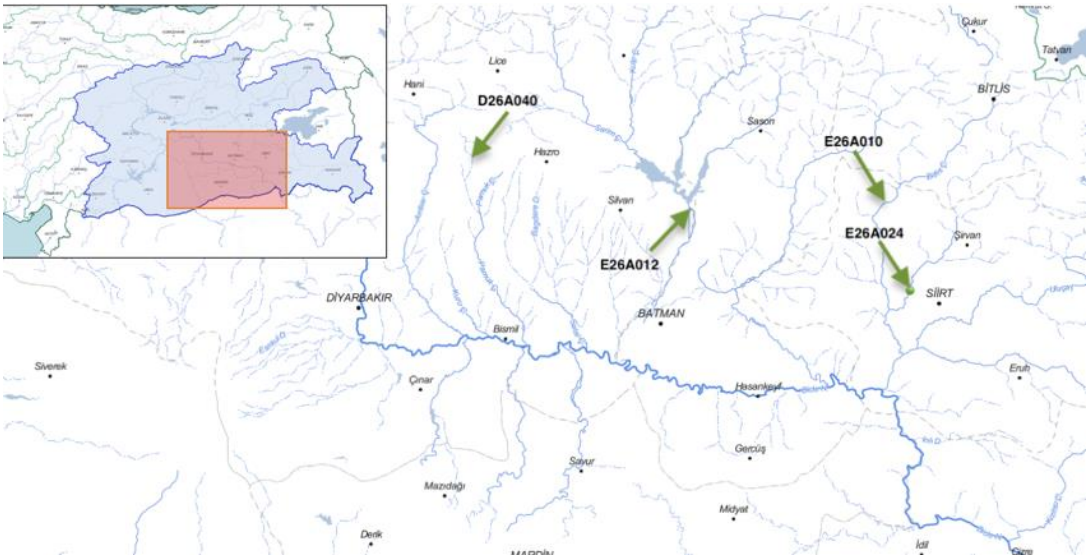
Şekil 5.2 : Fırat Dicle Havzası harita 2.

Şekil 5.3'te gösterilen Malatya'da bulunan E21A024 ve E21A031 istasyonları Fırat Nehri üzerindeki Keban Barajı'nın biriktirme yaptığı bölgeye dökülen Tohma Çayı ve Bey Deresi üzerinde bulunmaktadır.



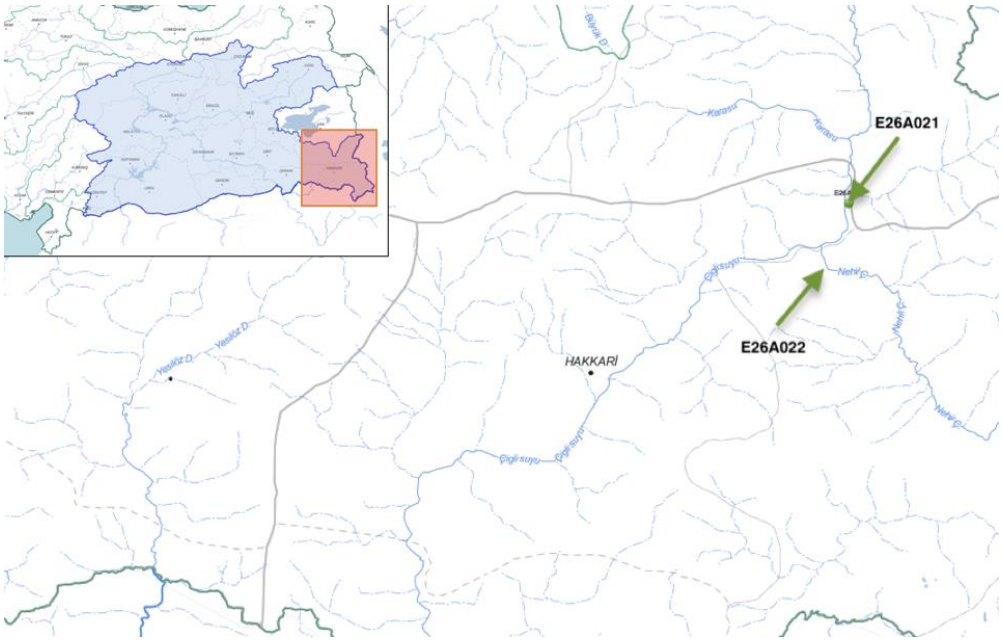
Şekil 5.3 : Fırat Dicle Havzası harita 3.

Dicle'yi besleyen kollar üzerinde incelenen istasyonlar Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Bu bölgede incelenen istasyonlar Batman ve Siirt bölgesindedir. E26A012 istasyonu Dicle'yi besleyen önemli kollardan biri olan Batman Çayı üzerindedir.



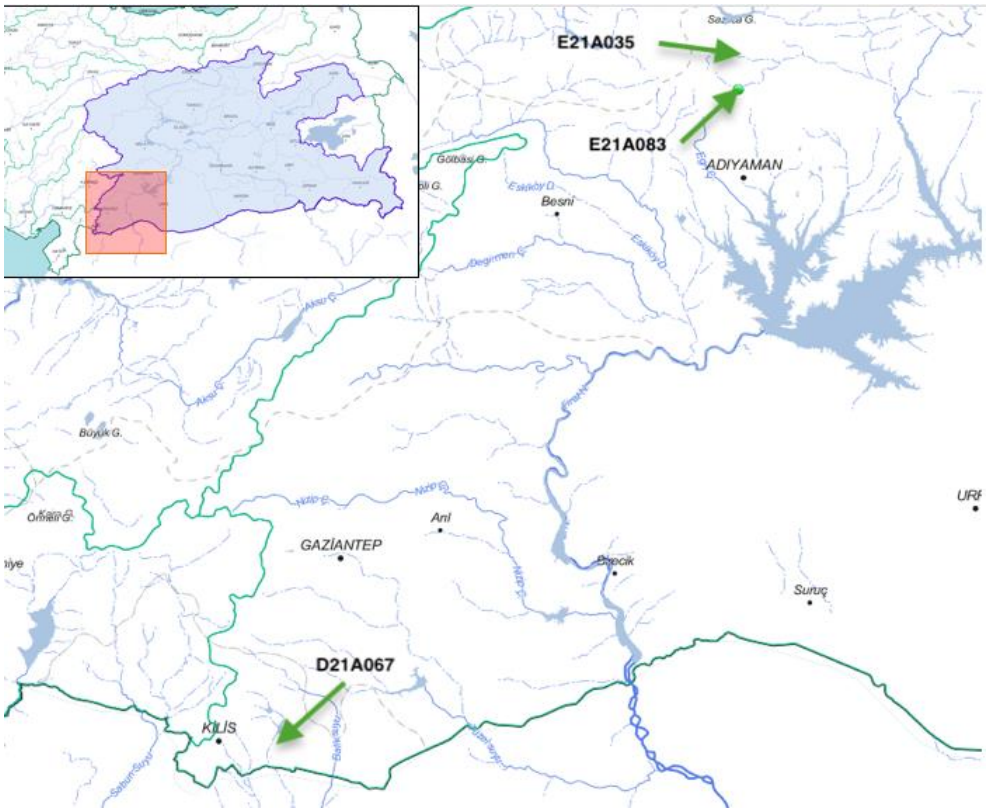
Şekil 5.4 : Fırat Dicle Havzası harita 4.

Fırat-Dicle Havzası'nda Hakkari'de bulunan E26A021 ve E26A022 istasyonlarının konumları Şekil 5.5'te gösterildiği gibidir. Bu istasyonların bulunduğu akarsular Hakkari'den sonra Irak'a geçerek Türkiye sınırlarından çıkmaktadır. Irak'ta Dicle Nehri'ne karışmaktadır.



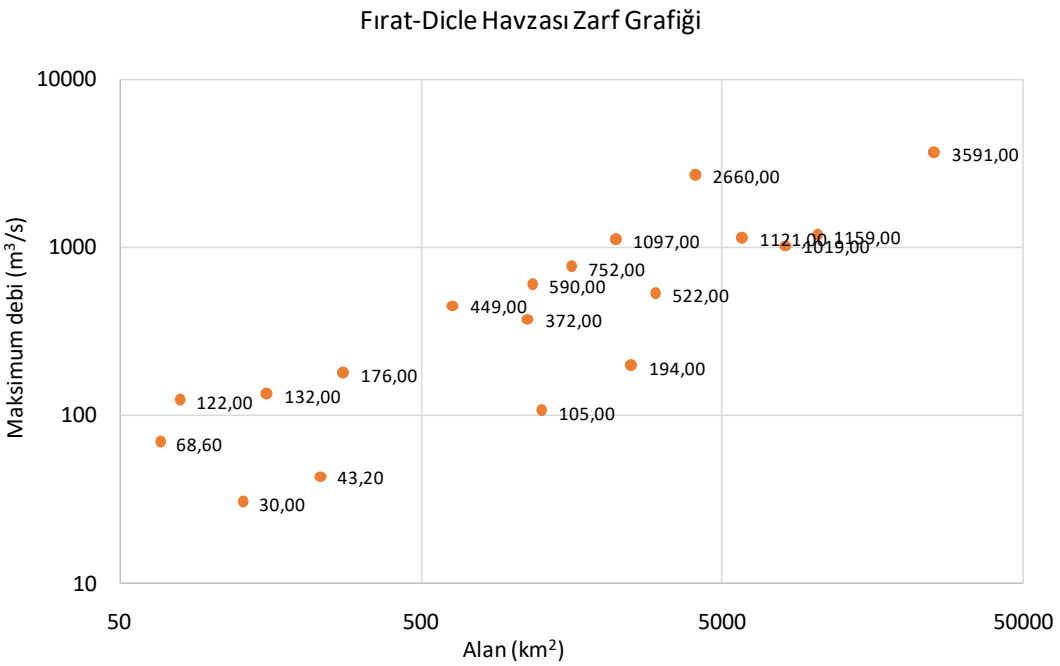
Şekil 5.5 : Fırat Dicle Havzası harita 5.

Şekil 5.6'da gösterilen E21A035, E21A083 istasyonları Adıyaman'da Fırat Nehri'ne bağlanan kollar üzerinde bulunmaktadır. D21A067 istasyonu ise Kilis'te bulunan bir yan kol üzerindedir. Bu kol ülkemizden Suriye'ye çıkmakta ve Suriye'de Fırat Nehrini beslemektedir.



Şekil 5.6 : Fırat Dicle Havzası harita 6.

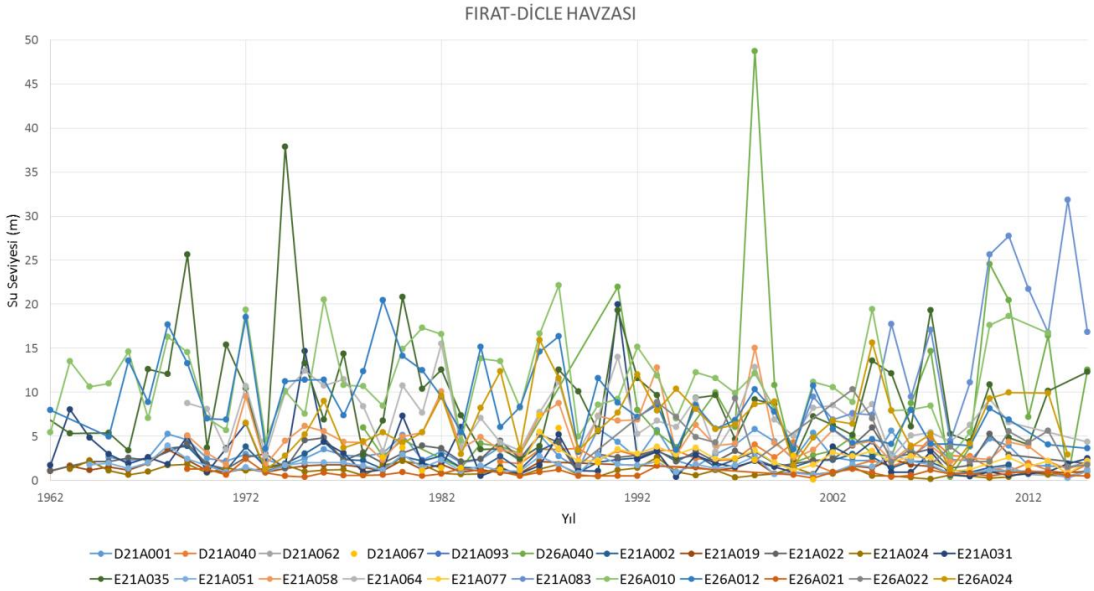
Fırat-Dicle Havzası'nda incelenen tüm istasyonlar için çizilen en yüksek debi- alan grafiği Şekil 5.7'de gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde genelde yağış alanının artmasıyla en yüksek debinin arttığı görülmektedir fakat birbirine yakın yağış alanına sahip olmasına rağmen en yüksek debi değerleri arası yüksek farklılık görülen istasyonlar da mevcuttur. Bu durumun sebebi Fırat-Dicle havzasında incelenen istasyonları çok geniş bir coğrafi alana yayılmasından dolayı yağış ve coğrafi özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.7 : Fırat Dicle Havzası zarf grafiği.

Fırat-Dicle Havzası'nda incelenen yirmi istasyonun yıllara göre su seviyesini gösteren grafik Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Grafikte E21A035, D26A040, E21A083 istasyonlarının bazı yıllarda diğer istasyonlara göre çok daha yüksek su seviyesi değişiklikleri gösterdiği görülmektedir. Bu değişikliğin sebebi bu akım gözlem istasyonlarının Fırat-Dicle Havzası'nda incelenen en düşük yağış alanına sahip istasyonlardan olduğu ve bu sebepten dolayı anlık yağış değişkenliklerinde daha çok etkilendiği düşünülmektedir. Yağış alanı büyük olan istasyonlar bölgesel ani yağışlardan daha az etkilenmektedir.

Yüksek yağış alanına sahip istasyonlarda ani yağış değişiklikleri yağış alanının tamamını etkilemeyeceği için ani yağışların etkisi hesaplanan yıllık anlık maksimum akış verisine etkisi küçüktür. İstasyonun yağış alanı azaldıkça ani yağışlar veya kar erimelerinden kaynaklanan su yüksekliğine hassasiyet artmaktadır.



Şekil 5.8 : Fırat Dicle Havzası en yüksek su seviyesi-yıl grafiği.

Havzada incelenen istasyonların ölçüm verileri kullanılarak hesaplanan ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı ve çarpıklık katsayısı değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Tüm istasyonların çarpıklığının pozitif olduğu görülmektedir. Çizelgede verilen ortalama yıllık anlık maksimum akış değerleri incelendiğinde 4,34 m^3/s ile 1867,36 m^3/s arası değişen istasyonların verilerinin değerlendirildiği görülmektedir. İstasyonlarda hesaplanan ortalama yıllık anlık maksimum akış değerleri ve standart sapma değerleri büyük farklılık göstermektedir. Standart sapmanın da ortalama değere göre orantılı bir şekilde arttığı görülmektedir. Fırat-Dicle Havzası'nda incelenen istasyonlar arasında çarpıklığı en yüksek olan istasyon E21A031 çarpıklığın en düşük olduğu istasyon ise D21A040'tır. Tabloda çarpıklık değeri diğer istasyonlara göre daha yüksek olan istasyonların çoğunlukla ortalama yıllık anlık maksimum akışı düşük olan istasyonlar olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.2 : Fırat-Dicle Havzası istasyonların standart sapma, varyans ve çarpıklıkları.

Kod	Adı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı
D21A001	KARASU KIRKGÖZE	23,19	9,51	0,41	0,81
D21A040	AKPINAR D. GİRLEVİK	4,34	1,81	0,42	0,42
D21A067	SEMPAS S. KARDEĞİRMENİ	10,17	7,51	0,74	1,73
D26A040	MEHMEDİYAN Ç. TEPECİK	21,70	24,10	1,11	2,78
E21A002	MURAT N. PALU	1867,36	726,04	0,39	0,55
E21A019	FIRAT N. KEMAH BOĞAZI	437,62	183,30	0,42	1,36
E21A022	MURAT N. TUTAK	529,16	215,97	0,41	0,73
E21A024	TOHMA S. YAZIKÖY	41,05	22,49	0,55	0,77
E21A031	BEY DERESİ KILAYIK	26,89	30,22	1,12	3,02
E21A035	BULAM Ç. FATOPAŞA	32,24	22,68	0,70	2,07
E21A051	FIRAT N. DEMİRKAPI (SANSA BOĞAZI)	412,79	190,63	0,46	0,81
E21A058	BİNGÖL Ç. ABDURRAHMANPAŞA	238,17	140,23	0,59	1,78
E21A064	GÖYNÜK Ç. ÇAYAĞZI	522,27	224,14	0,43	0,52
E21A077	HINIS ÇAYI- ADIVAR	237,93	93,76	0,39	0,71
E21A083	PAMUKÇAYI-KOÇALİ	31,75	17,96	0,57	0,65
E26A010	BİTLİS ÇAYI - BAYKAN	219,40	98,53	0,45	0,45
E26A012	BATMAN ÇAYI - MALABADİ KÖP.	1124,02	565,19	0,50	0,84
E26A021	ZAP SUYU - MUSAHAN	65,56	32,08	0,49	1,77
E26A022	NEHİL ÇAYI - KONAK	159,37	96,32	0,60	0,91
E26A024	KEZER ÇAYI - PINARCA	253,23	130,07	0,51	0,68

Daha sonra tüm istasyonlar olasılık ağırlık momentleri bulunmuştur ve bulunan olasılık ağırlık momentlerine göre L-momentler hesaplanmıştır. Hesaplanan olasılık ağırlık ve L-momentler Çizelge 5.3'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 5.3 : Fırat-Dicle Havzası istasyonların olasılık ağırlık ve L-momentleri.

Kod	Adı	B_0	B_1	B_2	B_3	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
D21A001	KARASU KIRKGÖZE	23,19	14,25	10,59	8,52	23,19	5,31	1,25	0,38
D21A040	AKPINAR D. GİRLEVİK	4,34	2,70	1,99	1,59	4,34	1,05	0,09	0,10
D21A067	SEMPAS S. KARDEĞİRMENİ	10,17	7,12	5,66	4,79	10,17	4,07	1,40	1,24
D26A040	MEHMEDİYAN Ç. TEPECİK	21,70	16,51	13,77	12,00	21,70	11,32	5,28	3,35
E21A002	MURAT N. PALU	1867,36	1143,28	840,32	669,81	1867,36	419,19	49,64	38,42
E21A019	FIRAT N. KEMAH BOĞAZI	437,62	268,62	198,96	159,86	437,62	99,63	19,62	14,32
E21A022	MURAT N. TUTAK	529,16	325,77	240,77	193,02	529,16	122,37	19,17	17,35
E21A024	TOHMA S. YAZIKÖY	41,05	26,92	20,44	16,61	41,05	12,78	2,20	1,02
E21A031	BEY DERESİ KILAYIK	26,89	20,17	16,76	14,59	26,89	13,45	6,47	4,01
E21A035	BULAM Ç. FATOPAŞA	32,24	21,93	17,08	14,19	32,24	11,61	3,17	2,14
E21A051	FIRAT N. DEMİRKAPI (SANSA BOĞAZI)	412,79	260,04	193,80	155,93	412,79	107,29	15,33	12,32
E21A058	BİNGÖL Ç. ABDURRAHMANPAŞA	238,17	155,55	119,51	98,64	238,17	72,93	21,97	15,86
E21A064	GÖYNÜK Ç. ÇAYAĞZI	522,27	325,94	241,18	192,88	522,27	129,60	13,75	11,04
E21A077	HINIS ÇAYI- ADIVAR	237,93	145,66	106,68	84,95	237,93	53,39	4,06	8,59
E21A083	PAMUKÇAYI-KOÇALİ	31,75	21,24	16,25	13,24	31,75	10,73	1,82	0,49
E26A010	BİTLİS ÇAYI - BAYKAN	219,40	138,23	102,77	82,30	219,40	57,05	6,64	2,41
E26A012	BATMAN ÇAYI - MALABADİ KÖP.	1124,02	721,95	545,07	441,86	1124,02	319,87	62,78	24,44
E26A021	ZAP SUYU - MUSAHAN	65,56	41,25	31,05	25,23	65,56	16,94	4,40	2,34
E26A022	NEHİL ÇAYI - KONAK	159,37	107,45	83,29	68,52	159,37	55,53	14,39	1,79
E26A024	KEZER ÇAYI - PINARCA	253,23	163,84	123,17	99,54	253,23	74,46	9,22	8,38

Elde edilen L-momentler kullanılarak Çizelge 2.1'de denklemleri verilen L-değişim katsayısı, L-çarpıklık katsayısı ve L-kurtosis katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan L-moment katsayıları Çizelge 5.4'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 5.4 : Fırat-Dicle Havzası istasyonların L-moment katsayıları.

Kod	Adı	L-Değişim Katsayısı	L-Çarpıklık Katsayısı	L-Kurtosis Katsayısı
D21A001	KARASU KIRKGÖZE	0,23	0,24	0,07
D21A040	AKPINAR D. GİRLEVİK	0,24	0,08	0,10
D21A067	SEMPAS S. KARDEĞİRMENİ	0,40	0,34	0,31
D26A040	MEHMEDİYAN Ç. TEPECİK	0,52	0,47	0,30
E21A002	MURAT N. PALU	0,22	0,12	0,09
E21A019	FIRAT N. KEMAH BOĞAZI	0,23	0,20	0,14
E21A022	MURAT N. TUTAK	0,23	0,16	0,14
E21A024	TOHMA S. YAZIKÖY	0,31	0,17	0,08
E21A031	BEY DERESİ KILAYIK	0,50	0,48	0,30
E21A035	BULAM Ç. FATOPAŞA	0,36	0,27	0,18
E21A051	FIRAT N. DEMİRKAPI (SANSA BOĞAZI)	0,26	0,14	0,11
E21A058	BİNGÖL Ç. ABDURRAHMANPAŞA	0,31	0,30	0,22
E21A064	GÖYNÜK Ç. ÇAYAĞZI	0,25	0,11	0,09
E21A077	HINIS ÇAYI- ADIVAR	0,22	0,08	0,16
E21A083	PAMUKÇAYI-KOÇALİ	0,34	0,17	0,05
E26A010	BİTLİS ÇAYI - BAYKAN	0,26	0,12	0,04
E26A012	BATMAN ÇAYI - MALABADİ KÖP.	0,28	0,20	0,08
E26A021	ZAP SUYU - MUSAHAN	0,26	0,26	0,14
E26A022	NEHİL ÇAYI - KONAK	0,35	0,26	0,03
E26A024	KEZER ÇAYI - PINARCA	0,29	0,12	0,11

Tüm istasyonlarda L-momentler elde edildikten sonra GEV dağılımının parametreleri hesaplanabilir. Bulmuş olduğumuz L-momentleriyle GEV dağılımının ölçek parametresi, biçim parametresi ve yer parametresi k elde edilmiştir. Fırat-Dicle Havzası için elde edilen GEV parametreleri Çizelge 3.5'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 5.5 : Fırat-Dicle Havzası istasyonların GEV parametreleri.

Kod	Adı	α	k	ξ
D21A001	KARASU KIRKGÖZE	6,92	-0,10	18,44
D21A040	AKPINAR D. GİRLEVİK	1,70	0,14	3,56
D21A067	SEMPAS S. KARDEĞİRMENİ	4,37	-0,25	6,20
D26A040	MEHMEDİYAN Ç. TEPECİK	9,22	-0,42	10,01
E21A002	MURAT N. PALU	648,92	0,08	1541,92
E21A019	FIRAT N. KEMAH BOĞAZI	138,07	-0,04	351,97
E21A022	MURAT N. TUTAK	179,93	0,02	428,96
E21A024	TOHMA S. YAZIKÖY	18,39	0,00	30,39
E21A031	BEY DERESİ KILAYIK	10,58	-0,43	12,94
E21A035	BULAM Ç. FATOPAŞA	14,21	-0,15	21,50
E21A051	FIRAT N. DEMİRKAPI (SANSA BOĞAZI)	160,77	0,04	326,52
E21A058	BİNGÖL Ç. ABDURRAHMANPAŞA	84,77	-0,20	169,16
E21A064	GÖYNÜK Ç. ÇAYAĞZI	203,79	0,10	423,53
E21A077	HINIS ÇAYI- ADIVAR	87,07	0,15	199,23
E21A083	PAMUKÇAYI-KOÇALİ	15,47	0,00	22,82
E26A010	BİTLİS ÇAYI - BAYKAN	88,55	0,09	175,24
E26A012	BATMAN ÇAYI - MALABADİ KÖP.	443,77	-0,04	849,26
E26A021	ZAP SUYU - MUSAHAN	21,20	-0,14	50,06
E26A022	NEHİL ÇAYI - KONAK	69,58	-0,13	108,58
E26A024	KEZER ÇAYI - PINARCA	114,45	0,07	194,96

Elde edilen GEV parametreleriyle GEV denklemleri oluşturulmuş ve ölçüm değerlerine göre hesaplanan düşük kalma olasılıkları için GEV modeliyle tahmin sonuçları elde edilmiştir. Ölçüm değerleri ile GEV tahminleri arasındaki uyumu değerlendirebilmek için Nash–Sutcliffe verimliliği, R^2 ve ortalama hata kareleri kökü değerleri hesaplanmıştır. GEV tahminlerinin eğilimini görmek için PBIAS hesabı yapılmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 5.6'da gösterildiği gibidir. GEV değerinin uyumunun NSE ve R^2 değerlerine göre D21A001 ve E26A022 istasyonları haricinde 0,95'in üzerinde olduğu görülmektedir. D21A001 istasyonunun ortalama debisi 23,18 m^3/s'dir ve görülen maksimin debi 43,2 m^3/s'dir. Taşkın frekans analizi debisi yüksek istasyonlarda kritik öneme sahiptir. E26A022 istastyonunda ise uyumun diğer

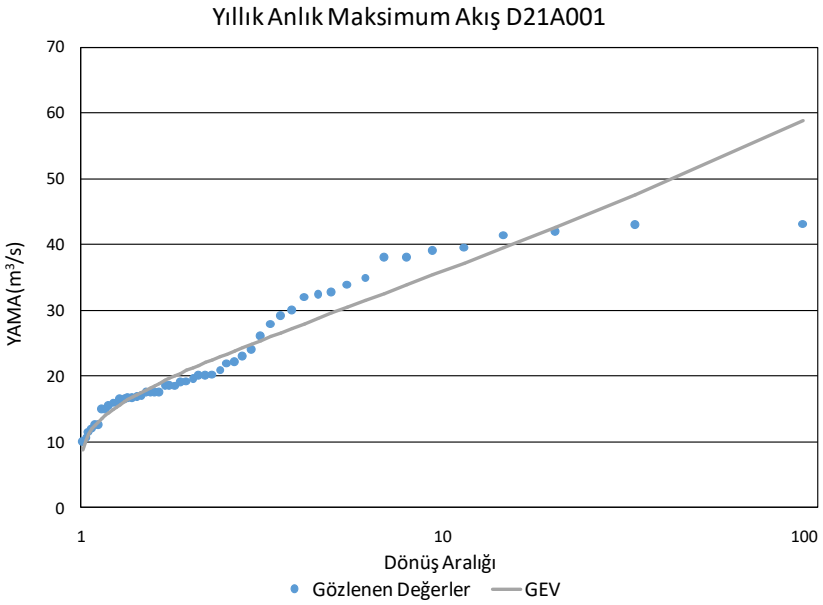
istasyonlara göre daha düşük çıkması bu istasyon için elimizdeki veri sayısının az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 5.6 : Fırat-Dicle Havzası için hesaplanan GEV uyumluluk değerleri.

Kod	Adı	Gringorten				Weibull			
		RMSE	NSE	r^2	PBIAS	RMSE	NSE	r^2	PBIAS
D21A001	KARASU KIRKGÖZE	3,00	0,90	0,91	0,29	2,46	0,93	0,93	1,42
D21A040	AKPINAR D. GİRLEVİK	0,20	0,99	0,99	-0,10	0,20	0,99	0,99	0,59
D21A067	SEMPAS S. KARDEĞİRMENİ	1,47	0,96	0,97	3,22	2,48	0,89	0,90	8,61
D26A040	MEHMEDİYAN Ç. TEPECİK	3,57	0,98	0,99	5,52	8,16	0,89	0,89	12,21
E21A002	MURAT N. PALU	85,37	0,99	0,99	-0,01	74,14	0,99	0,99	0,65
E21A019	FIRAT N. KEMAH BOĞAZI	23,38	0,98	0,98	0,16	32,00	0,97	0,97	1,07
E21A022	MURAT N. TUTAK	20,52	0,99	0,99	0,08	19,99	0,99	0,99	0,87
E21A024	TOHMA S. YAZIKÖY	2,86	0,98	0,98	0,15	2,48	0,99	0,99	1,27
E21A031	BEY DERESİ KILAYIK	3,77	0,98	0,99	4,04	7,95	0,93	0,94	9,11
E21A035	BULAM Ç. FATOPAŞA	3,06	0,98	0,98	0,67	5,04	0,95	0,98	2,72
E21A051	FIRAT N. DEMİRKAPI (SANSA BOĞAZI)	23,45	0,98	0,98	0,05	27,14	0,98	0,98	0,85
E21A058	BİNGÖL Ç. ABDURRAHMANPAŞA	13,52	0,99	0,99	0,81	23,41	0,97	0,97	2,89
E21A064	GÖYNÜK Ç. ÇAYAĞZI	24,31	0,99	0,99	-0,04	22,99	0,99	0,99	0,63
E21A077	HINIS ÇAYI- ADIVAR	15,59	0,97	0,97	-0,12	18,95	0,96	0,97	0,51
E21A083	PAMUKÇAYI-KOÇALİ	3,45	0,96	0,96	0,45	3,50	0,96	0,96	3,02
E26A010	BİTLİS ÇAYI - BAYKAN	15,65	0,97	0,98	-0,01	12,77	0,98	0,98	0,60
E26A012	BATMAN ÇAYI - MALABADİ KÖP.	89,98	0,97	0,98	0,22	71,72	0,98	0,98	1,40
E26A021	ZAP SUYU - MUSAHAN	5,32	0,97	0,97	0,51	7,48	0,95	0,95	2,12
E26A022	NEHİL ÇAYI - KONAK	23,42	0,94	0,94	1,17	21,57	0,95	0,95	4,37
E26A024	KEZER ÇAYI - PINARCA	13,70	0,99	0,99	0,01	14,83	0,99	0,99	0,93

Elde edilen GEV tahminleri ve ölçüm değerleri kullanılarak havzadaki tüm istasyonlar YAMA-dönüş aralığı ve kuantil-kuantil grafikleri oluşturulmuştur ve grafikleri incelenmiştir.

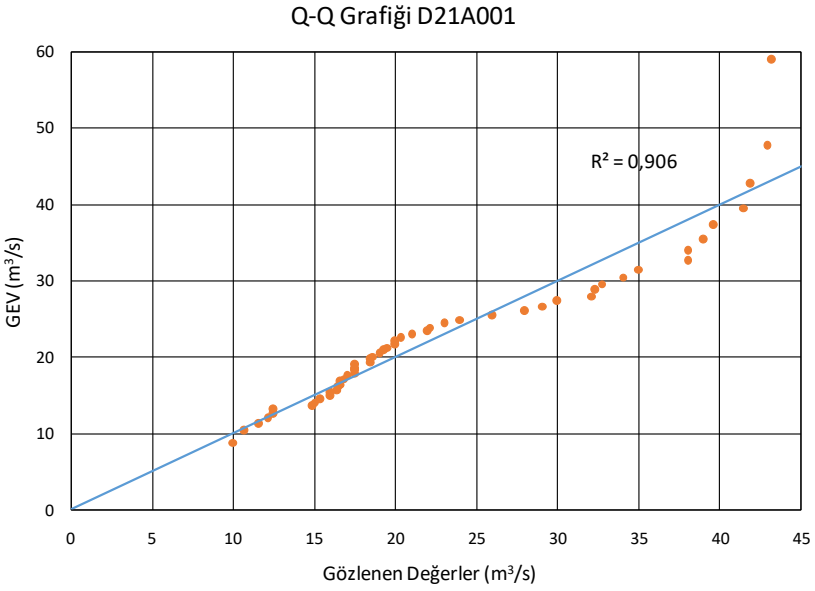
D21A001 istasyonu Fırat-Dicle havzasında incelenen en yüksek kottaki istasyondur ve Fırat Nehri'nin en üst kollarından birisidir. Bu istasyonda GEV ile tahmin edilen değerler dönüş aralığına göre yıllık anlık maksimum akış grafiğinde ölçülen değerlerle karşılaştırıldığında Şekil 5.9'da çizilen grafik elde edilmiştir.



Şekil 5.9 : D21A001 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

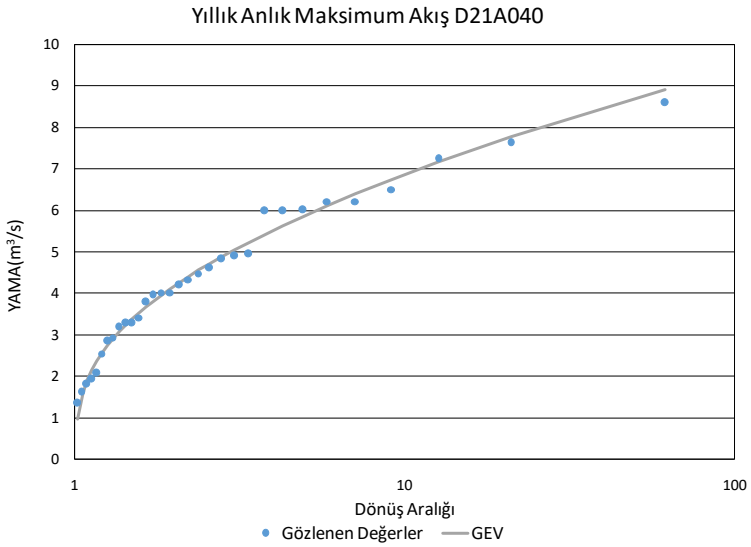
GEV modeli ile ölçüm değerleri karşılaştırıldığında 0,90 NSE ve 0,91 R^2 değerleri hesaplanmıştır. Bu korelasyon Fırat-Dicle Havzası'ndaki diğer istasyonlarla karşılaştırıldığında bu bölgedeki en düşük korelasyon olduğu görülmektedir.

GEV ile tahmin edilen değerler kuantil-kuantil grafiğiyle ölçülen değerlerle Şekil 5.10'da karşılaştırıldığında yüksel ölçümlerin yapıldığı noktalarda en yüksek sapma gözlenmektedir. Bu istasyon için GEV modeli ile tahmin edilen değerler ile ölçüm değerleri arasında en yüksek 15 m^3/s hata görülmektedir.



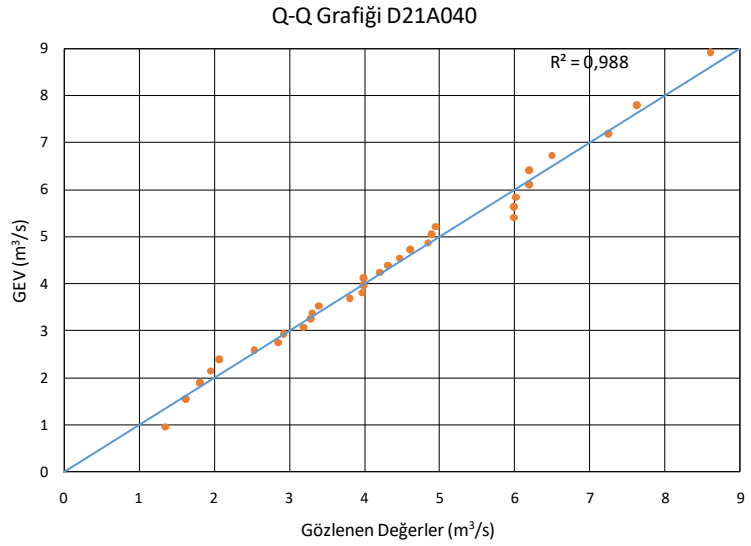
Şekil 5.10 : D21A001 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

D21A040 istasyonu Fırat Nehri'ni besleyen kollardan Akpınar Deresi üzerindedir. Bu istasyonda GEV metoduyla dönüş aralığına göre tahmin edilen akım değerleri ve ölçüm değerleri Şekil 5.11'de karşılaştırıldığında GEV tahminlerinin tutarlı olduğu görülmektedir.



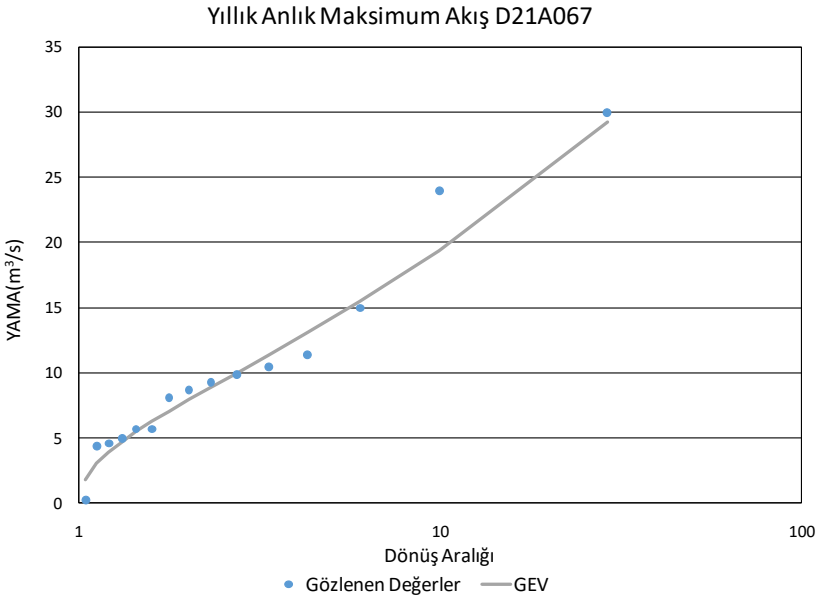
Şekil 5.11 : D21A040 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Şekil 5.12'de bu istasyonda GEV tahminleri ve ölçülen değerler kuantil-kuantil grafiğiyle karşılaştırıldığında lineere yakın noktaların oluştuğu görülebilmektedir. Bu istasyonda hesaplana Nash-Sutcliffe verimliliği 0,99'dur. Bu istasyonda hesaplanan R^2 değeri 0,99 gelerek GEV istatistik metodunun bu havza için yüksek doğrulukta tahmin imkanı sağladığını göstermektedir.



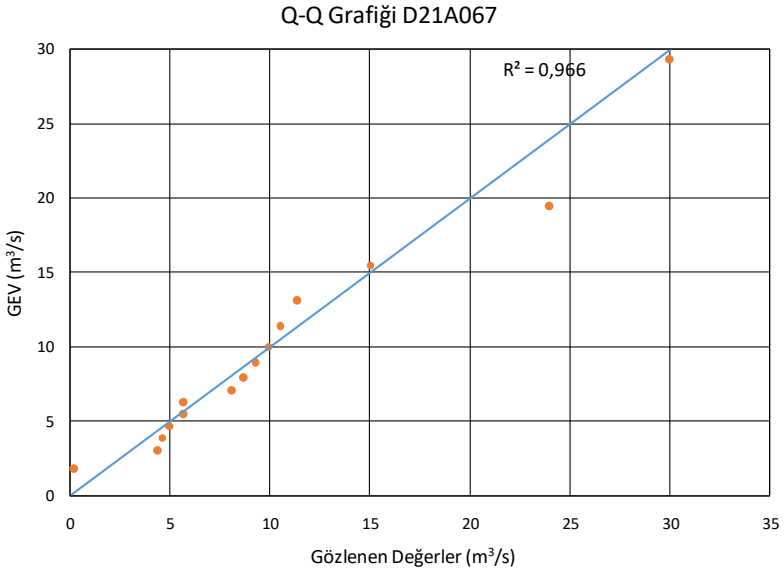
Şekil 5.12 : D21A040 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

D21A067 istasyonu Kilis'teki Sempas akarsuyu üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyonda sadece 15 yıllık veri bulunmaktadır. GEV metoduyla tahmin edilen debiler dönüş aralığına göre ölçüm sonuçlarıyla Şekil 5.13'te karşılaştırılmaktadır.



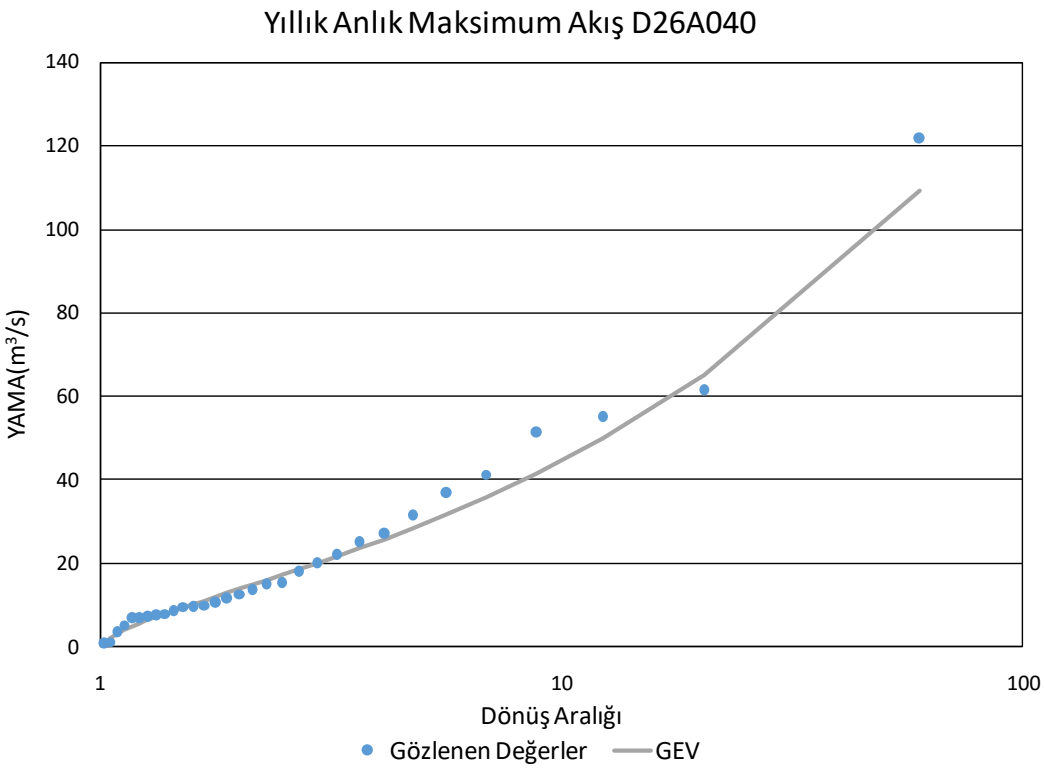
Şekil 5.13 : D21A067 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için GEV tahminleri ile ölçüm değerleri Şekil 5.14'te kuantil-kuantil grafiğiyle karşılaştırılmıştır. Bu istasyonun R^2 değeri 0,97 olarak gözlenmiştir.Hesaplanan NSE değeri 0,96'dır. Gözlenmiş veri sayısı az olmasına rağmen GEV uyumu yüksektir.



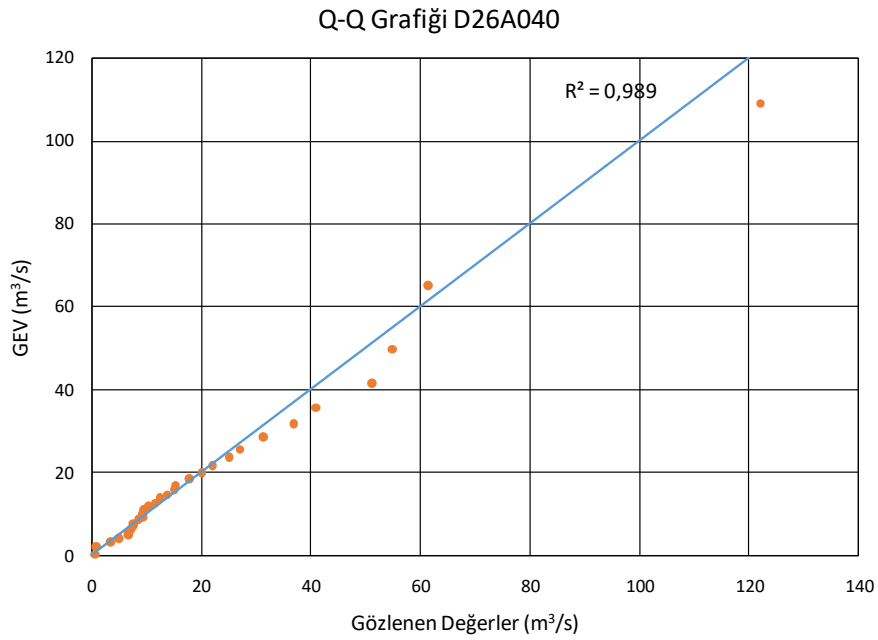
Şekil 5.14 : D21A067 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

D26A040 istasyonu Fırat Nehri'ni besleyen kollardan Mehmediyan Çayı üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyonda GEV tahminlerinin ölçüm değerleriyle uyumu Şekil 5.15'te dönüş aralığına göre yıllık anlık maksimum akış grafiğiyle incelendiğinde tüm değerler için GEV tahmininin ölçüm değerlerine oldukça yakın olduğu gözlenmektedir.



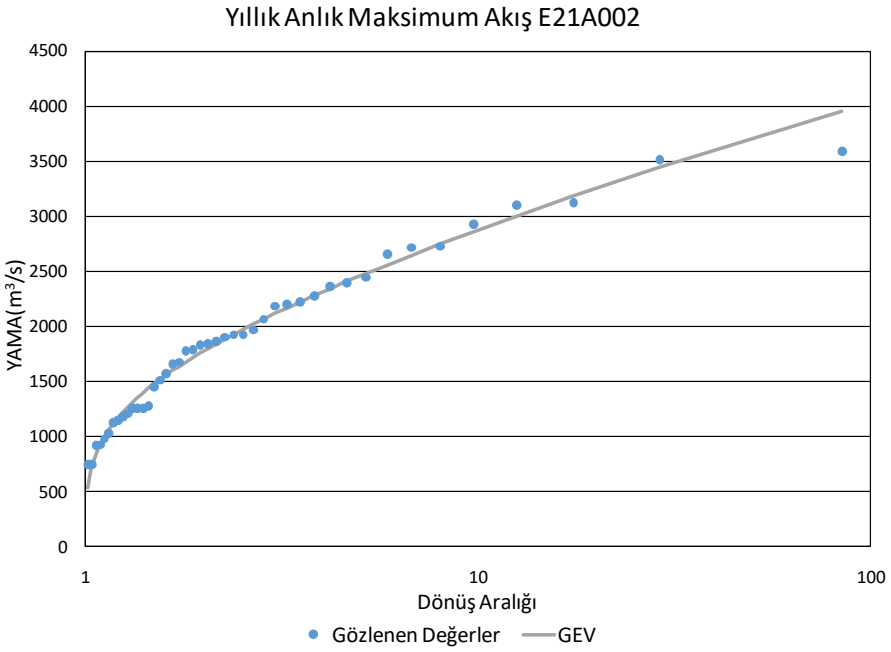
Şekil 5.15 : D26A040 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyonda GEV metoduyla hesaplanan yılık anlık maksimum akış değerleri, istasyondan elde edilen ölçüm değerleri ile kuantil-kuantil grafikleriyle Şekil 5.16'da karşılaştırıldığında elde edilen tüm noktaların nominal doğruya oldukça yakın olduğu görülmektedir. GEV tahminlerinden en çok sapan nokta en yüksek debinin ölçüldüğü yılın verisidir ve 12 m^3/s hata vardır. Bu istasyonda hesaplanan NSE değeri 0,98, R^2 değeri 0,99'dur. Hesaplanan değerler D26A040 istasyonunun Fırat-Dicle havzasında incelenen istasyonlar arasında GEV dağılımı uyumunun yüksek olduğu istasyonlardan biri olduğunu göstermektedir.



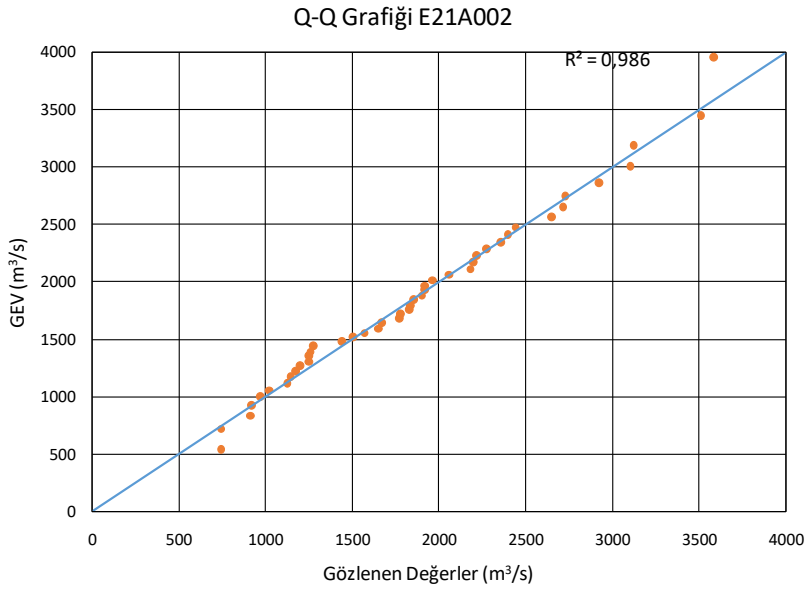
Şekil 5.16 : D26A040 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E21A002 istasyonu Murat Nehri üzerinde bulunmaktadır. Fırat-Dicle havzasında incelenen debisi en yüksek istasyondur. Bu istasyon için Şekil 5.17'de GEV tahminleri ölçüm sonuçlarıyla dönüş aralığına göre çizilen yıllık anlık maksimum akış grafiğinde karşılaştırıldığında tutarlılığın oldukça yüksek olduğu görülmektedir.



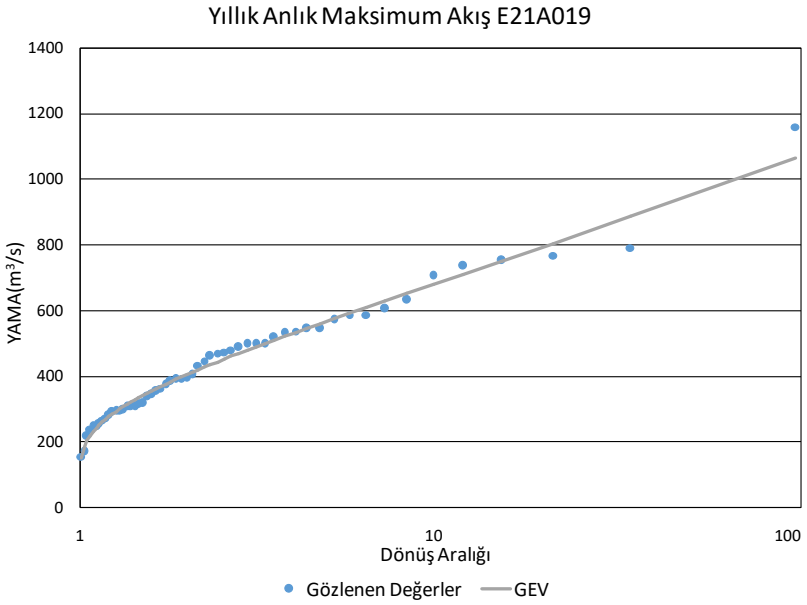
Şekil 5.17 : E21A002 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

E21A002 istasyonunda GEV tahminleri kuantil-kuantil grafiği kullanılarak ölçüm değerleriyle Şekil 5.18'de karşılaştırıldığında tüm noktaların lineere yakın olduğu görülmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE ve R^2 değerleri 0,99'dur.



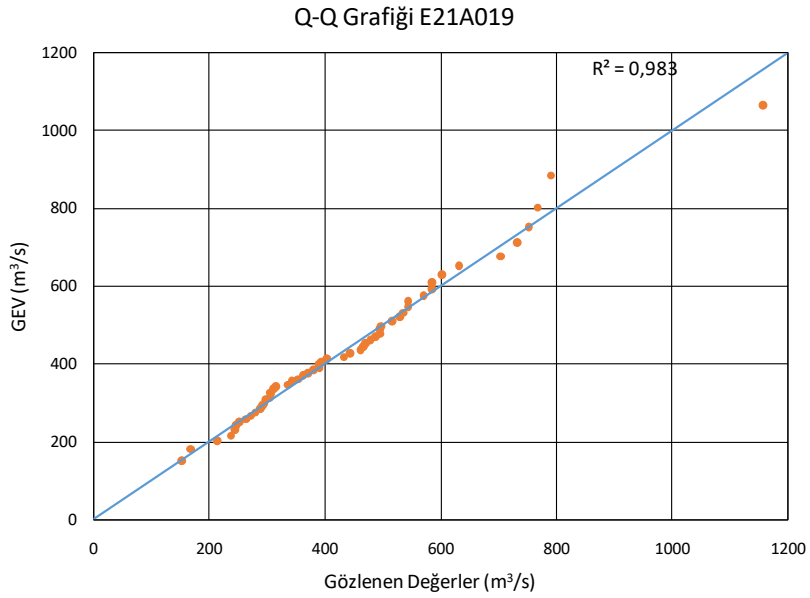
Şekil 5.18 : E21A002 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E1A019 istasyonu Fırat Nehri üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyonda GEV tahminleri ölçüm değerleri ile yıllık anlık maksimum akış-dönüş aralığı grafiğiyle Şekil 5.19'da karşılaştırıldığında en yüksek akışın görüldüğü ölçüm verisi haricinde uyumlu olduğunu görmekteyiz.



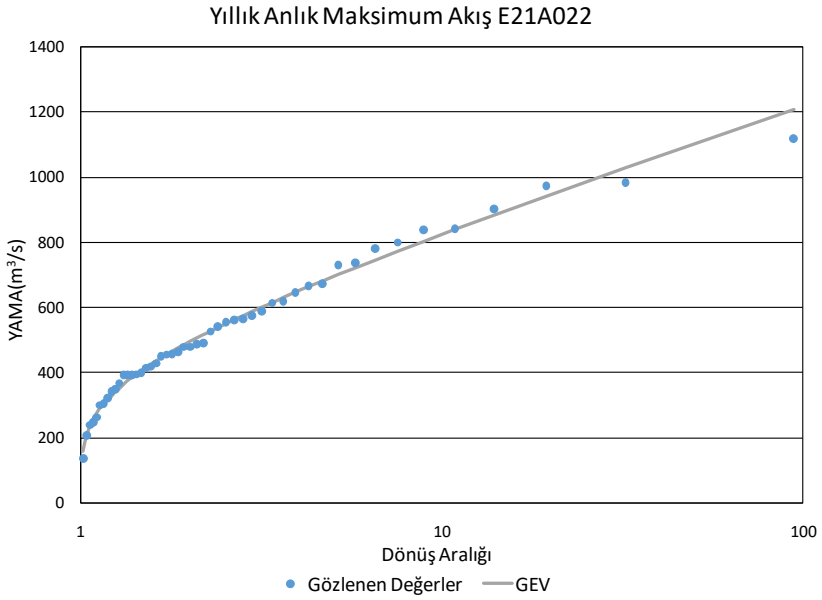
Şekil 5.19 : E21A019 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu bölge için GEV tahminleri kuantil-kuantil grafiği kullanılarak ölçüm değerleri ile Şekil 5.20'de karşılaştırıldığında tek bir nokta haricinde uyumlu bir sonuç verdiği görülmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE 0,98'dir.



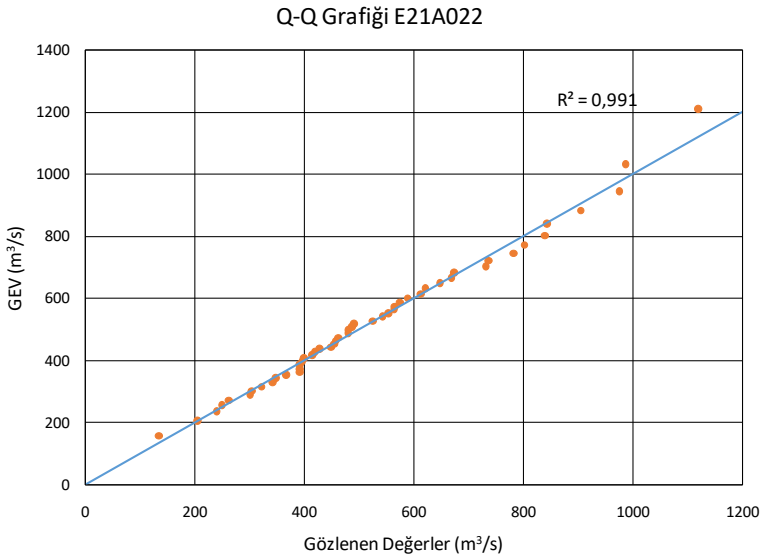
Şekil 5.20 : E21A019 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E21A022 istasyonu Murat Nehri üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyonda GEV tahminleri ölçüm değerleriyle Şekil 5.21'de görüldüğü gibi yüksek uyum göstermektedir. Yine Murat Nehri üzerinde bulunan E21A002 istasyonunda da benzer sonuçlar gözlenmiştir.



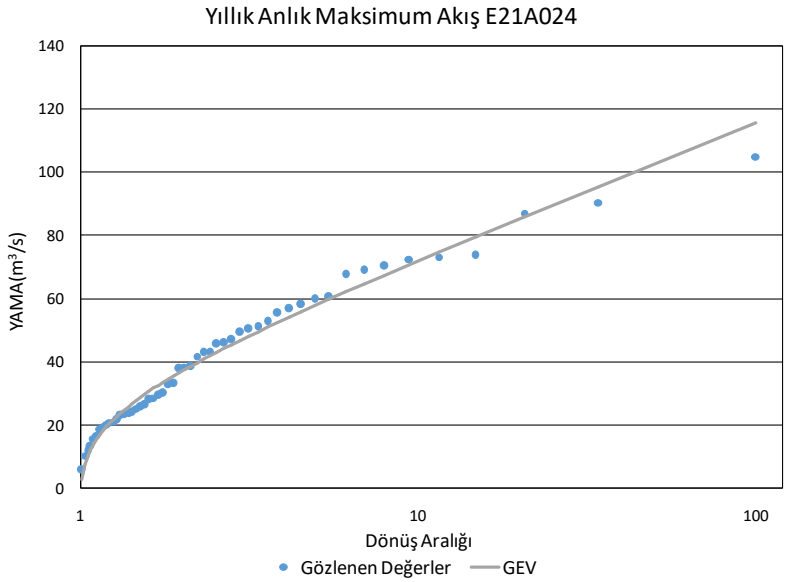
Şekil 5.21 : E21A022 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için kuantil-kuantil grafiğiyle GEV tahminleri ölçüm sonuçlarıyla Şekil 5.22'de karşılaştırıldığında tüm noktaların lineere çok yakın olduğu görülmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri de E21A002 istasyonunda olduğu gibi 0,99'dur.



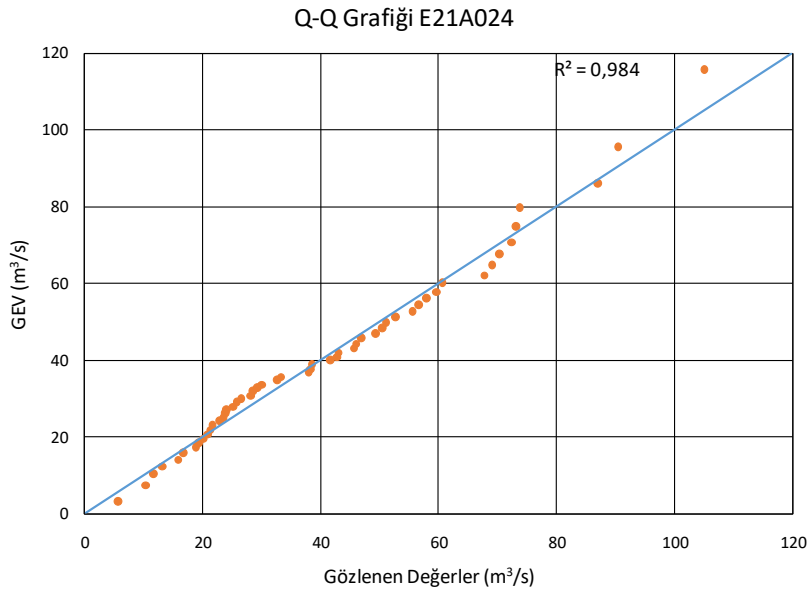
Şekil 5.22 : E21A022 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E21A024 istasyonu Karakaya Baraj Gölünde son bulan Tohma akarsuyu üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyon için GEV ile tahmin edilen yıllık anlık maksimum akış değerleri ölçüm değerleriyle Şekil 5.23'te görüldüğü gibi yüksek tutarlılık göstermektedir.



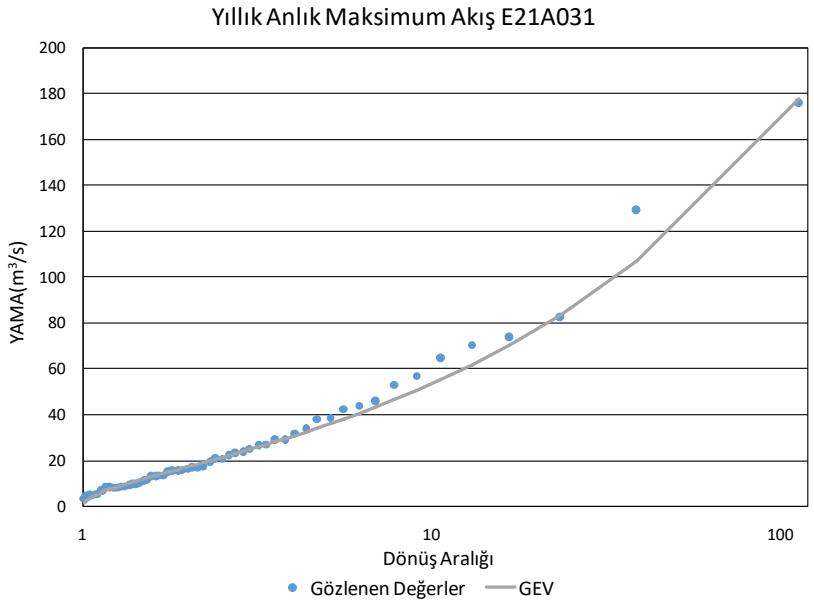
Şekil 5.23 : E21A024 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için hesaplana GEV tahminleri kuantil-kuantil grafiğiyle ölçüm değerleriyle Şekil 5.24'te karşılaştırıldığında yüksek uyum görülmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri 0,99'dur.



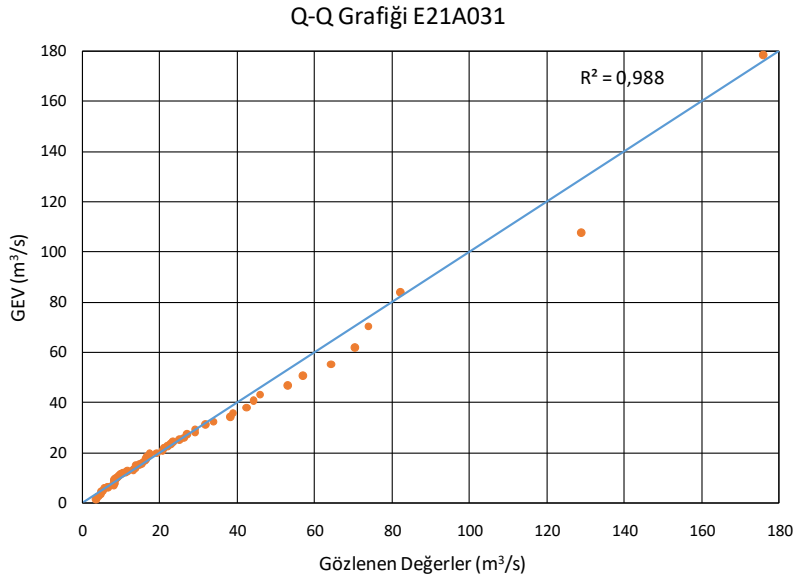
Şekil 5.24 : E21A024 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E21A031 akım gözlem istasyonu E21A024 istasyonu gibiKarakaya Baraj gölünü besleyen Bey Deresi üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyon için GEV ile tahmin edilen akışlar Şekil 5.25'te ölçüm değerleriyle karşılaştırıldığında GEV tahminlerinin örtüştüğü görülmektedir.



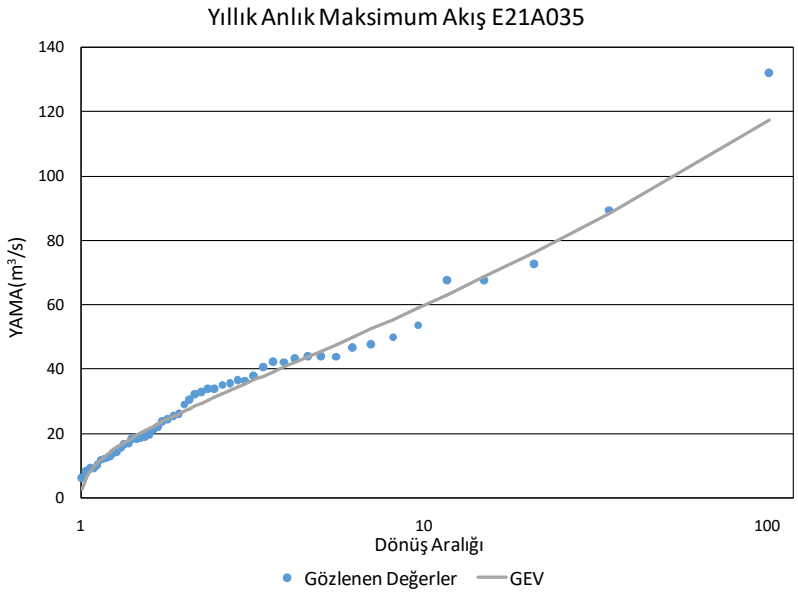
Şekil 5.25 : E21A031 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için GEV tahminleri ölçüm sonuçlarıyla kuantil-kuantil grafiğiyle Şekil 5.26'da karşılaştırıldığında bu iki yıllık tahminde yaklaşık 40 m^3/s hata olduğu görülmektedir. Bu istasyon için hesaplana NSE 0,98'dir.



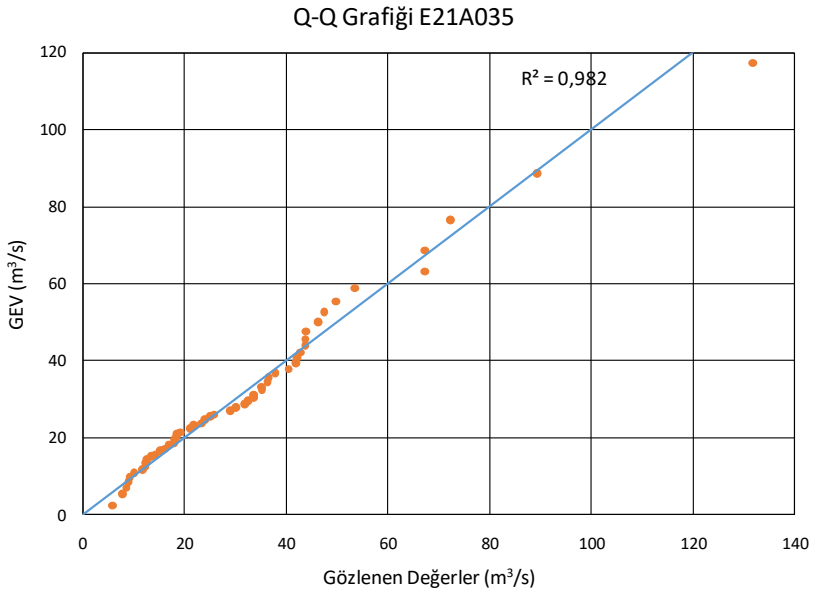
Şekil 5.26 : E21A031 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E21A035 istasyonu Atatürk Baraj Gölü'nü besleyen kollardan birinin üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyon için Şekil 5.27'de görüldüğü gibi GEV tahminleri yıllık anlık maksimum akımı en yüksek olan tek yıldaki ölçüm sonucu haricinde uyumlu görülmektedir.



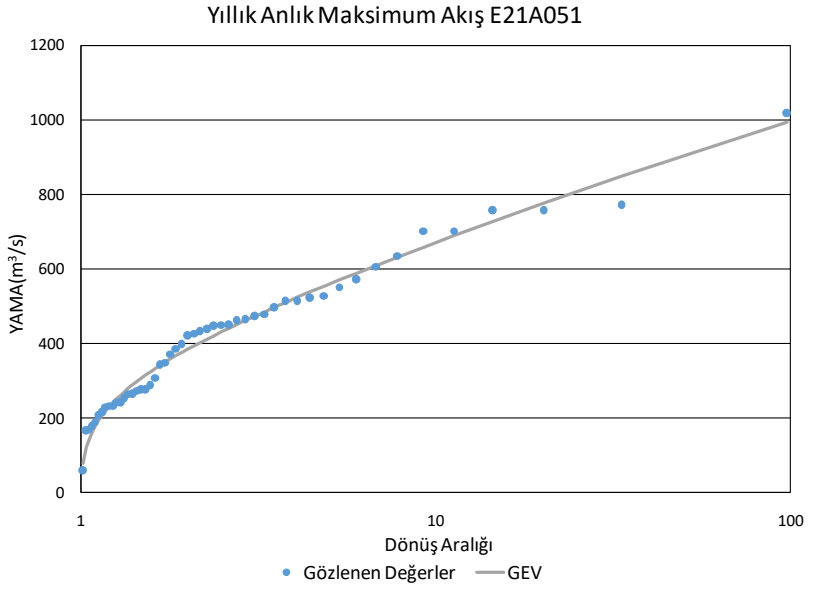
Şekil 5.27 : E21A035 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

E21A035 istasyonunda GEV ile tahmin edilen değerler ölçüm değerleriyle kuantil-kuantil grafiği kullanılarak Şekil 5.28'de karşılaştırıldığında en yüksek anlık debi ölçümünün görüldüğü yıl haricinde uyumlu sonuç alınmıştır. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri 0,98'dir.



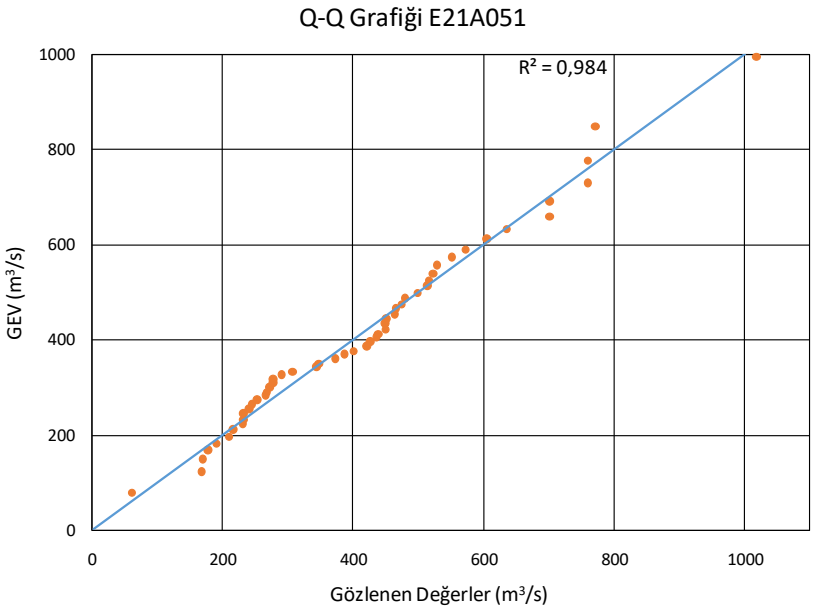
Şekil 5.28 : E21A035 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E21A051 istasyonu Fırat Nehri üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyon için tahmin edilen yıllık anlık maksimum akış değerleri dönüş aralığına göre YAMA grafiğiyle Şekil 5.29'da karşılaştırıldığında uyumlu sonuç alındığı görülmektedir.



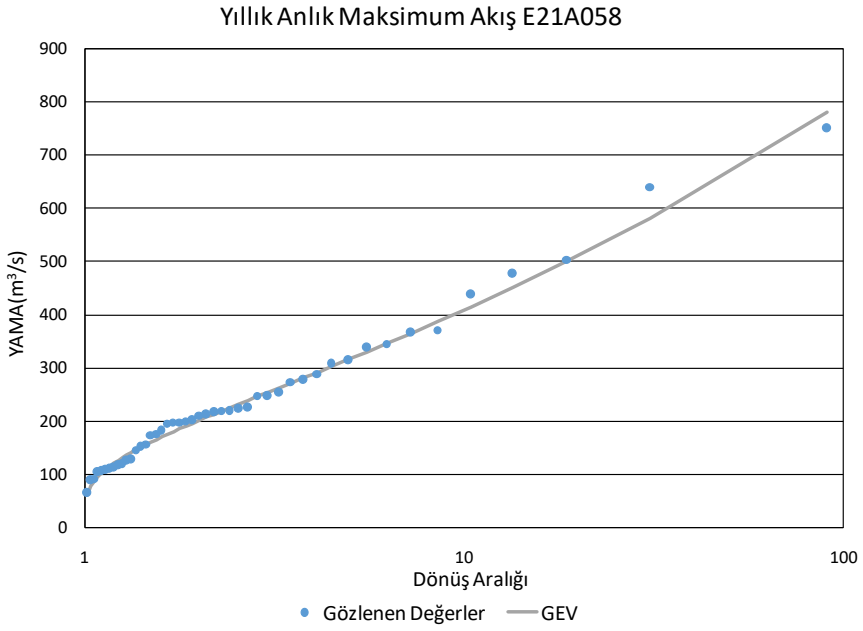
Şekil 5.29 : E21A051 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için GEV tahminleri ile ölçüm değerleri kuantil kuantil grafiğiyle Şekil 5.30'da karşılaştırıldığında lineere yakın noktalar görülmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri 0,98'dir.



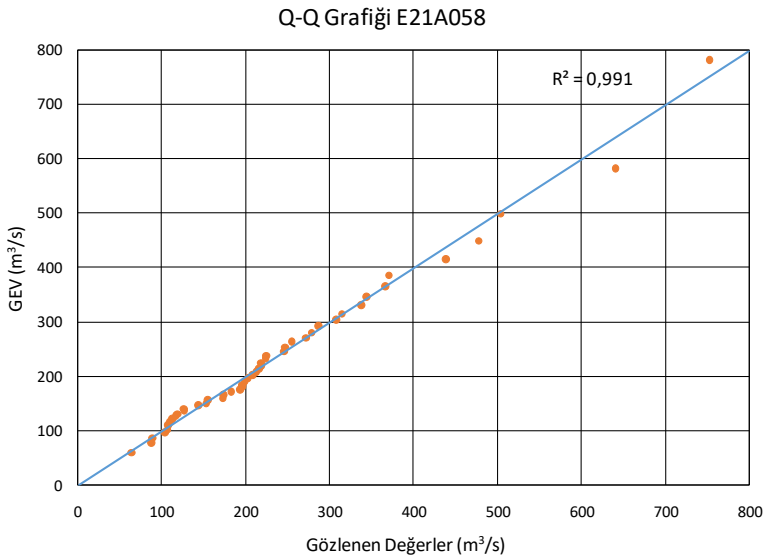
Şekil 5.30 : E21A051 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E21A058 istasyonu Murat Nehri'ni besleyen kollardan Bingöl Çayı üzerinde bulunmaktadır. GEV tahminleri ile ölçüm değerleri Şekil 5.31'de karşılaştırıldığında uyumun yüksek olduğu görülmektedir.



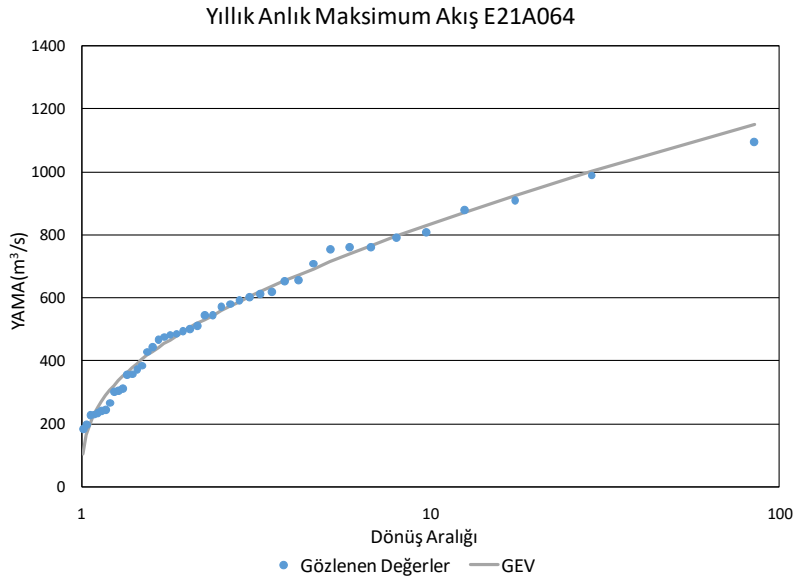
Şekil 5.31 : E21A058 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için Şekil 5.32'de çizilen kuantil-kuantil grafiği GEV tahminlerinin uyumlu olduğunu göstermektedir. Bu istasyon için hesaplana NSE değeri 0,99'dur. Bu istasyon Murat Nehri üzerindeki E21A002 ve E21A022 istasyonlarına benzerlik göstermektedir.



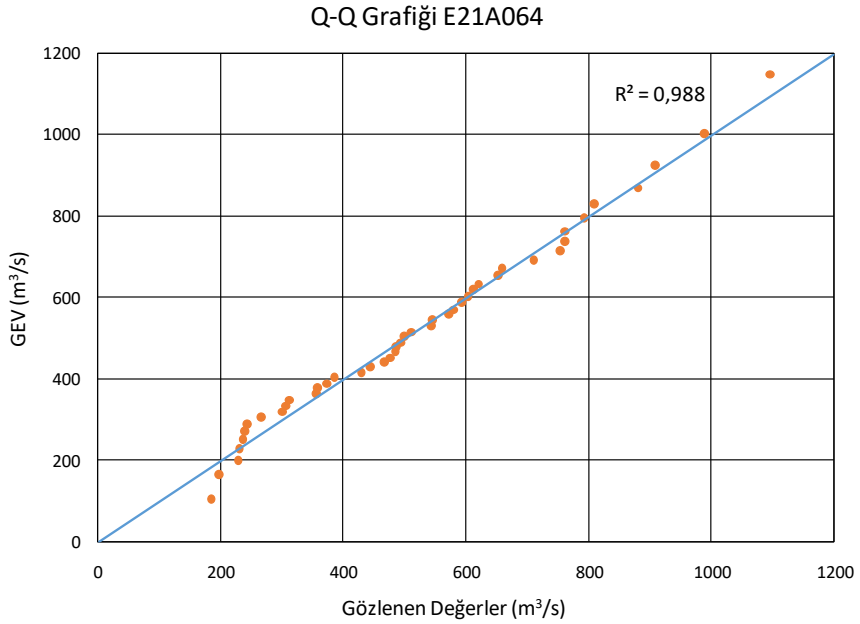
Şekil 5.32 : E21A058 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E21A064 istasyonu E21A058 istasyonu gibi Murat nehrini besleyen kollardan biri üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyon için de E21A058 istasyonunda olduğu gibi GEV tahminleri ölçüm değerleriyle Şekil 5.33'te karşılaştırıldığında yüksek tutarlılık göstermektedir.



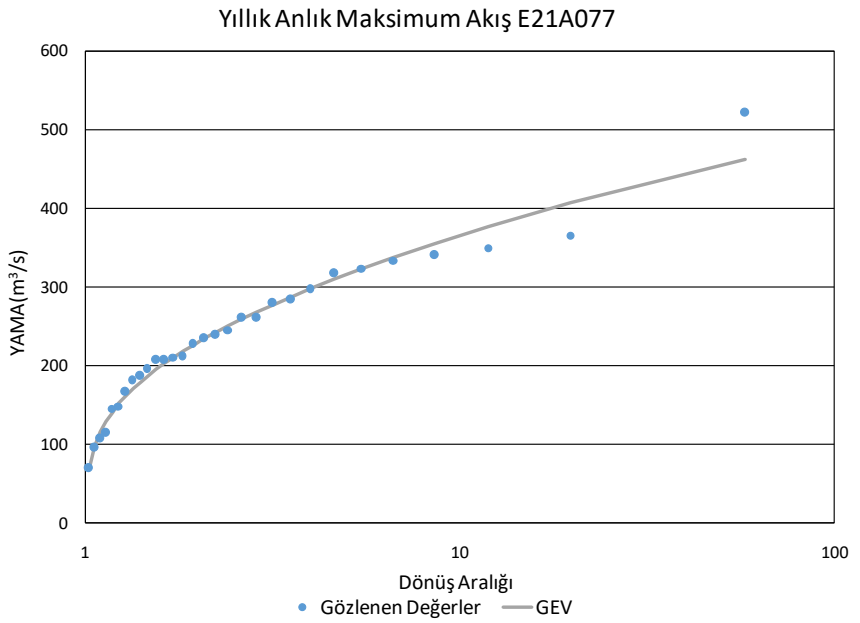
Şekil 5.33 : E21A064 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyonda GEV metoduyla tahmin edilen değerler ölçüm sonuçlarıyla kuantil-kuantil grafiğiyle Şekil 5.34'te karşılaştırıldığında lineere yakın noktalar elde edilmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri 0,99'dur.



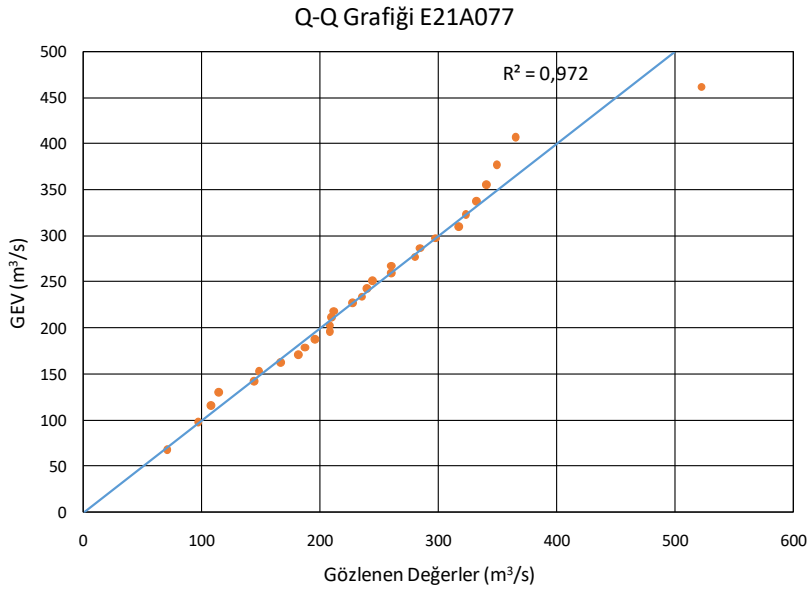
Şekil 5.34 : E21A064 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E21A077 istasyonu E21A058 ve E21A064 istasyonları gibi Murat Nehri'ni besleyen kollardan birinin üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyon için hesaplanan GEV tahminleri tek bir ölçüm sonucu haricinde yüksek tutarlılık göstermektedir.



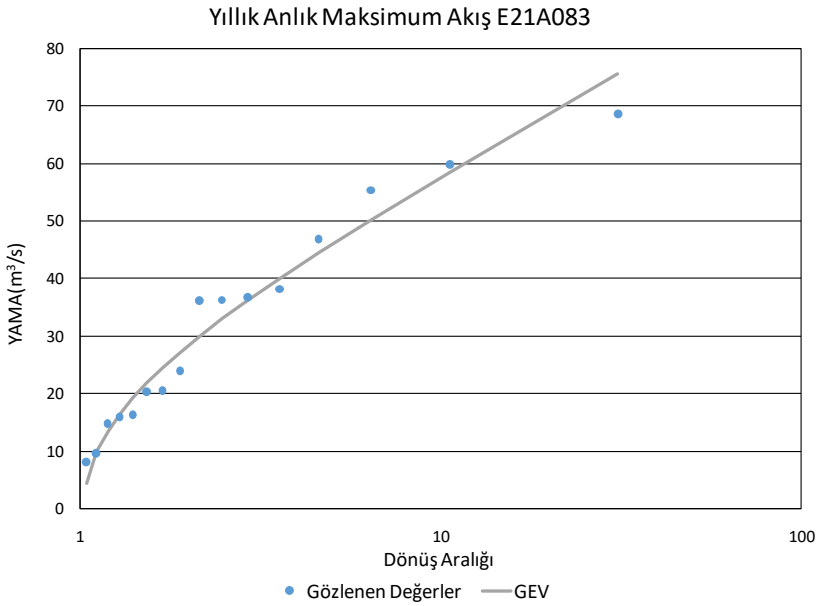
Şekil 5.35 : E21A077 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için GEV tahminleri ölçüm sonuçlarıyla kuantil-kuantil grafiğiyle Şekil 5.36'da karşılaştırıldığına tek bir nokta hariç lineere yakın noktala görülmektedir. Maksimum sapmanın oluştuğu noktada hata yaklaşık 60 m^3/s'dir. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri 0,97'dir.



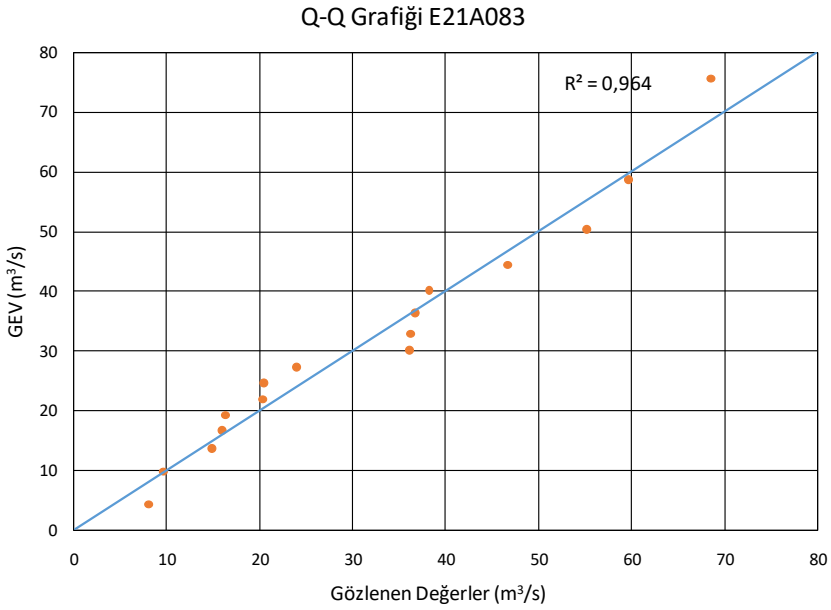
Şekil 5.36 : E21A077 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E21A083 istasyonu Kilis'te bulunmaktadır ve elimizde sadece 16 yıllık ölçüm verisi vardır. Bu istasyon için yapılan GEV tahminleri Şekil 5.37'de görüldüğü gibi en fazla 5 m^3/s hata ile uyumlu gözükmektedir.



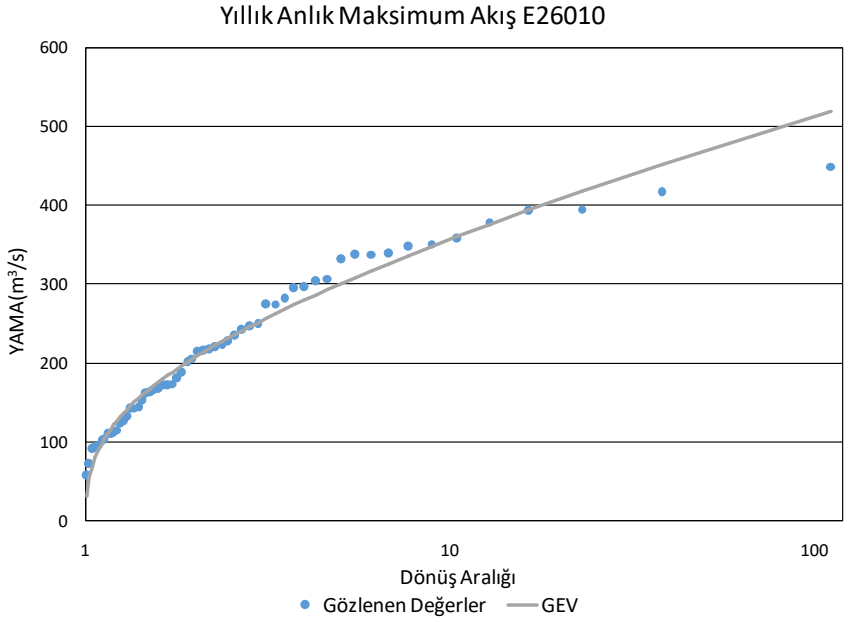
Şekil 5.37 : E21A083 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için Şekil 5.38'de çizilen kuantil kuantil grafiğinde uyumlu sonuç görülmektedir. İstasyon için hesaplanan NSE değeri 0,96'dır.



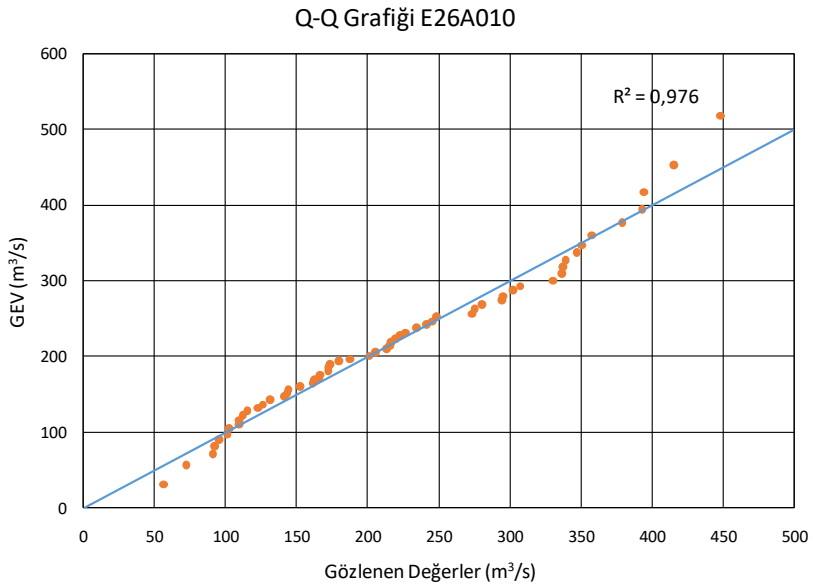
Şekil 5.38 : E21A083 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E26A010 akım gözlem istasyonu Dicle'yi besleyen Bitlis Çayı üzerinde bulunmaktadır. Şekil 5.39'da dönüş aralığına göre çizilen yıllık anlık maksimum akış grafiğinde ölçüm değerleri ile GEV metoduyla yapılan tahminler arasında yüksek tutarlılık olduğu görülmektedir.



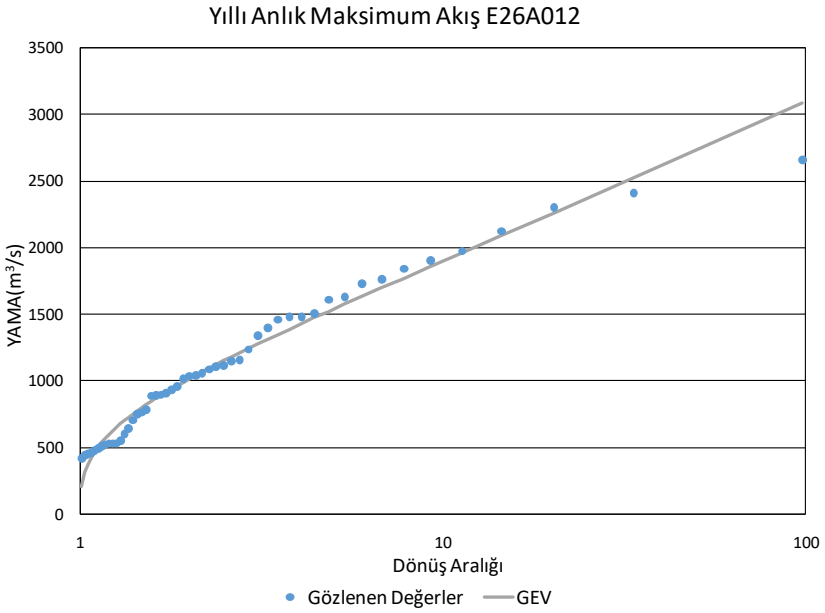
Şekil 5.39 : E26A010 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyonda Şekil 5.40'ta kuantil-kuantil grafiğiyle yapılan GEV tahmini ölçüm değeri karşılaştırmasında en yüksek debi ölçümünün gözlendiği yıl hariç tüm noktalar için oldukça uyumlu sonuç alındığı görülmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri 0,97'dir.



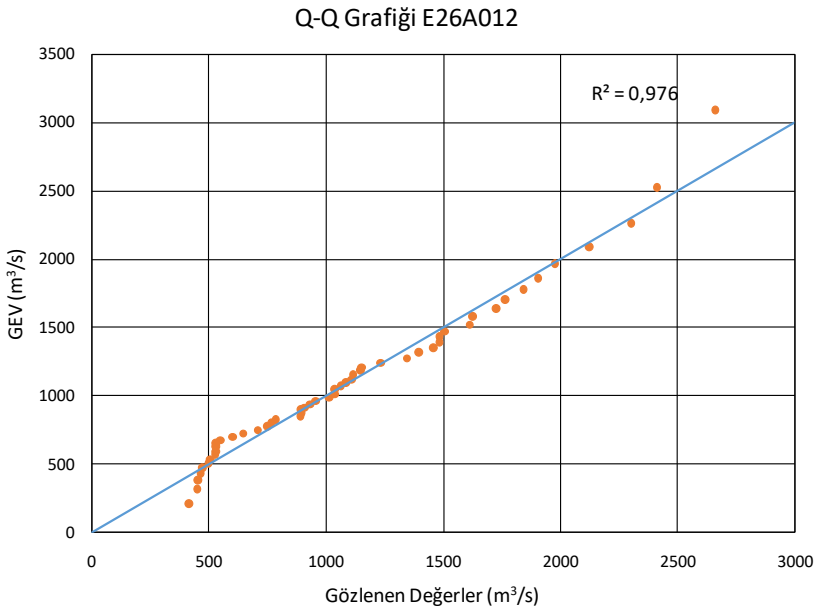
Şekil 5.40 : E26A010 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E26A012 istasyonu E26A010 istasyonuna yakın bir bölgede Dicle Nehrini besleyen Batman Çayı üzerindedir. Bu istasyon için de GEV tahminleri Şekil 5.41'de olduğu gibi E26A010 istasyonunda da olduğu gibi yüksek uyum göstermektedir.



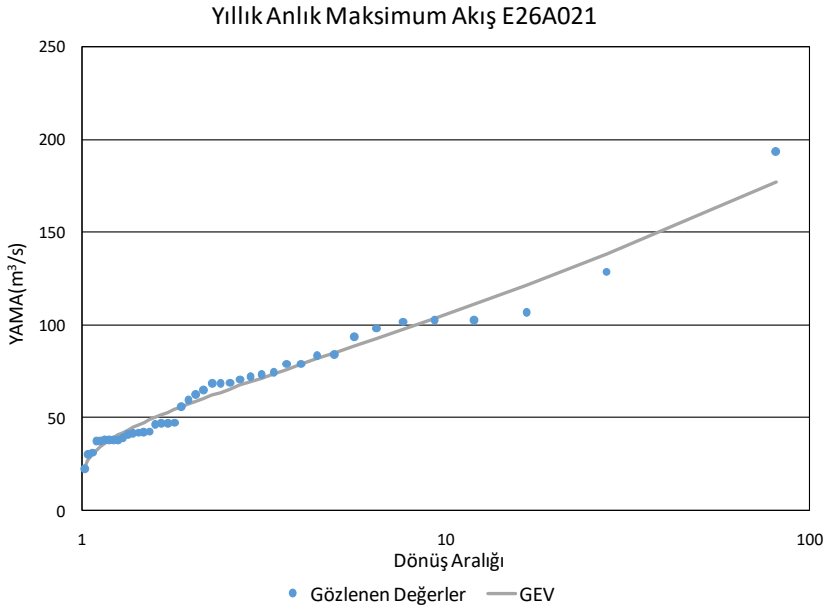
Şekil 5.41: E26A012 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için GEV metoduyla tahmin edilen yıllık anlık maksimum akış değerleri ölçüm değerleriyle Şekil 5.42'de karşılaştırıldığında tüm noktalar için uyumlu sonuç görülmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri 0,98'dir.



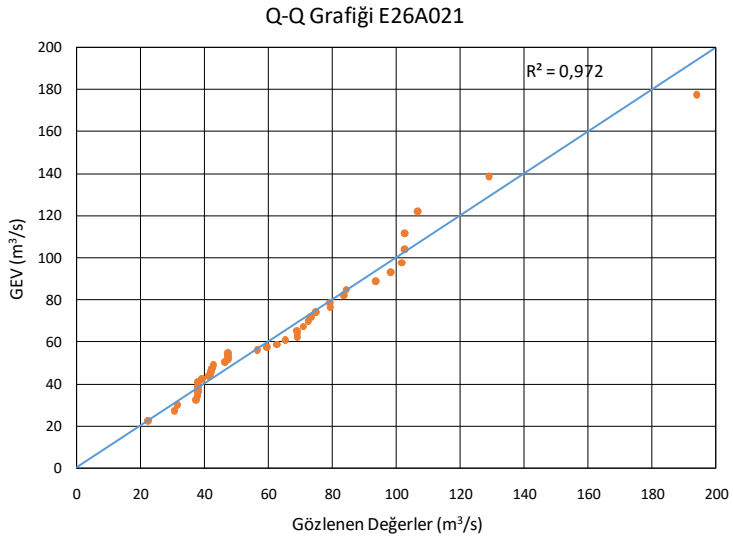
Şekil 5.42 : E26A012 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E26A021 istasyonu Hakkari'de bulunan Zapsuyu üzerindedir. Bu istasyon için hesaplanan GEV tahminleri Şekil 5.43'te görüldüğü gibi ölçüm değerleriyle tek bir ölçüm sonucu haricinde yüksek uyum göstermektedir.



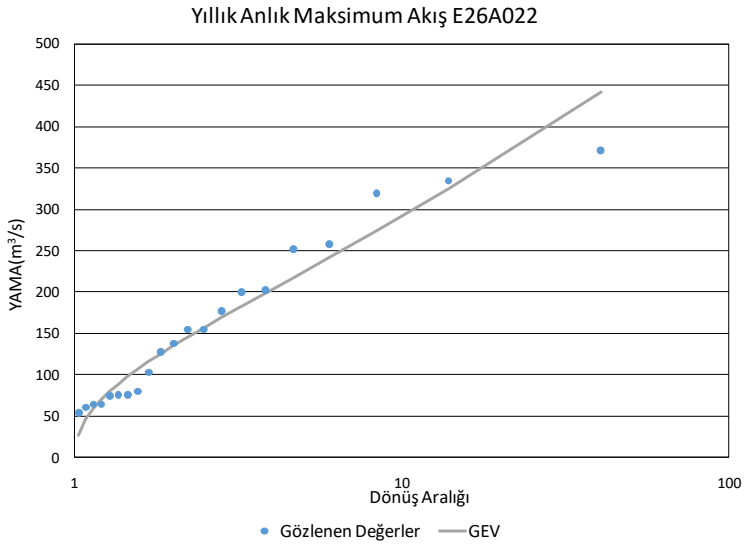
Şekil 5.43 : E26A021 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için Şekil 5.44'te çizilen GEV tahmini ile ölçüm sonucu karşılaştırmasında tek bir nokta haricinde yüksek uyum gözlenmektedir. Uyumu bozan tek noktada 20 m^3/s bir hata gözlenmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri 0,97'dir.



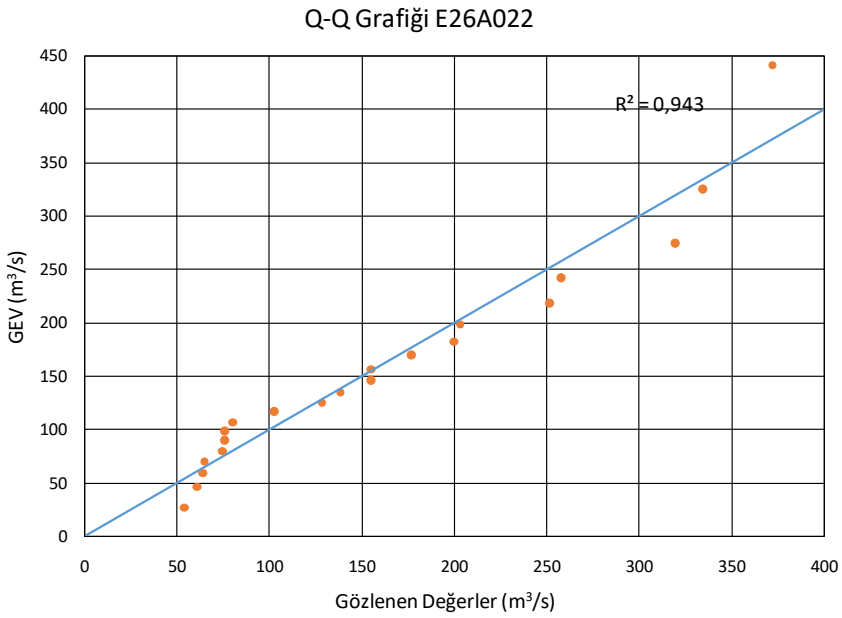
Şekil 5.44 : E26A021 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E26A022 istasyonu E26A021 istasyonu gibi Hakkari'de bulunmaktadır. Bu istasyon için dönüş aralığına göre yıllık anlık maksimum akış grafiğiyle GEV modeli ve ölçüm değerleri Şekil 5.45'te karşılaştırıldığında modelin oluşturduğu eğriden sapmalar görülse de modelin ölçüm değerlerine göre uyumlu bir eğri oluşturduğu görülmektedir.



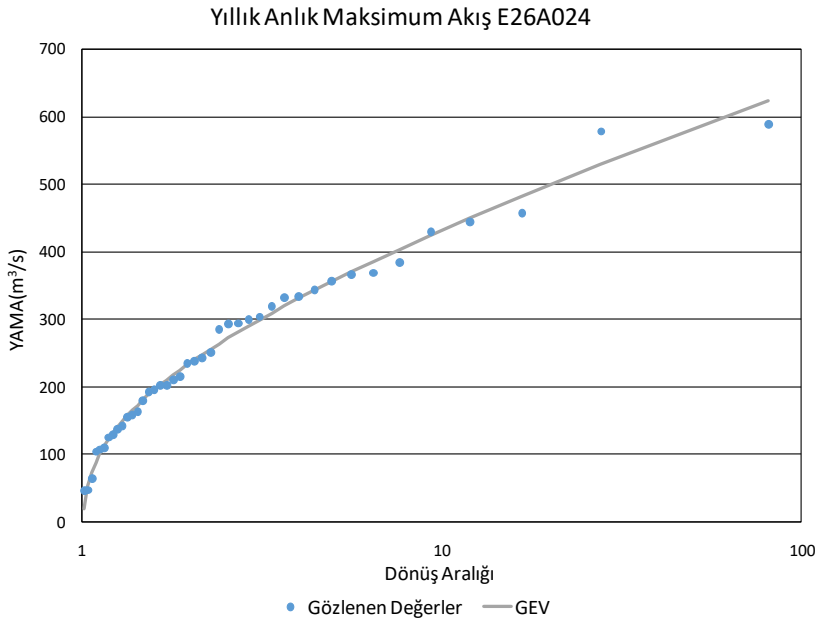
Şekil 5.45 : E26A022 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için Şekil 5.46'daçizilen kuantil-kuantil grafiği lineere yakın noktalar oluşturmuş ve modelin uyumluluğu için hesaplanan NSE değeri 0,94'tür.



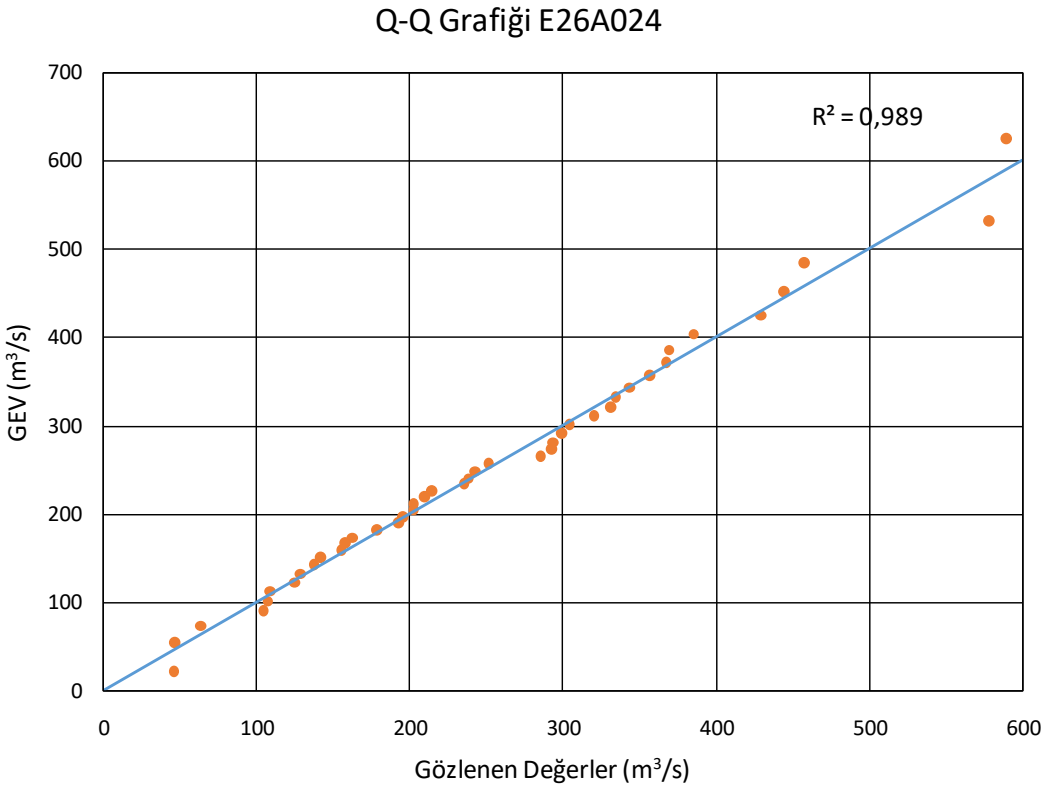
Şekil 5.46 : E26A022 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

E26A024 istasyonu Dicle Nehri'ni besleyen kollardan Kezer Çayı üzerinde bulunmaktadır. Bu istasyonda GEV modeli ile tahmin edilen akım değerleri ölçüm değerleriyle dönüş aralığı-YAMA grafiğiyle Şekil 5.47'de karşılaştırıldığında yüksek uyum gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5.47 : E26A024 akım gözlem istasyonu YAMA-dönüş aralığı grafiği.

Bu istasyon için Şekil 5.48'de çizilen kuantil-kuantil grafiği incelendiğinde GEV modeliyle yüksek tutarlılıkta hesaplama yapıldığı görülmektedir. Bu istasyon için hesaplanan NSE değeri 0,99'dur.



Şekil 5.48 : E26A024 akım gözlem istasyonu kuantil-kuantil grafiği.

Hesaplanan GEV parametreleri ile elde edilen GEV eklenik dağılım fonksiyonu kullanılarak Fırat-Dicle Havzası'ndaki tüm istasyonlar için 100, 200 ve 500 yıllık taşkınlar hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 5.7'de gösterilmiştir.. Hesaplanan taşkın değerleri Fırat-Dicle Havzası'nda yapılacak enerji projelerinin planlama, tasarım ve işletme aşamalarında kullanılabilir verilerdir. Çalışmada taşkın frekans analizi yapılırken yıllık anlık maksimum akış verileri değerlendirilen istasyonların tümü herhangi bir su yapısının etkisinde kalmayan, tamamen doğal akışların hesaplandığı istasyonlardır. Bu yüzden gelecekte bu istasyonların bulunduğu konumlarda enerji projelerinin yapılması olasıdır.

Çizelge 5.7 : Fırat-Dicle Havzası için taşkın tahminleri.

İstasyon Kodu	Tahmin Edilen 100 Yıllık Taşkın (m^3/s)	Tahmin Edilen 200 Yıllık Taşkın (m^3/s)	Tahmin Edilen 500 Yıllık Taşkın (m^3/s)	Ortalama	Gözlenen en yüksek YAMA (m^3/s)
D21A001	58,84	66,72	78,00	23,19	43,20
D21A040	9,35	9,95	10,65	4,34	8,60
D21A067	44,27	54,94	72,21	10,17	30,00
D26A040	138,12	188,56	281,89	21,70	122,00
E21A002	4027,41	4327,99	4699,12	1867,36	3591,00
E21A019	1052,41	1170,58	1331,84	437,62	1159,00
E21A022	1218,07	1330,92	1477,32	529,16	1121,00
E21A024	115,56	128,54	145,71	41,05	105,00
E21A031	167,88	231,02	349,54	26,89	176,00
E21A035	116,79	138,06	169,87	32,24	132,00
E21A051	998,01	1088,56	1203,98	412,79	1019,00
E21A058	801,02	956,15	1195,88	238,17	752,00
E21A064	1171,20	1256,65	1360,46	522,27	1097,00
E21A077	487,08	515,57	548,82	237,93	522,00
E21A083	94,02	104,80	119,02	31,75	68,60
E26A010	512,01	552,36	602,06	219,40	449,00
E26A012	3094,80	3472,58	3987,67	1124,02	2660,00
E26A021	185,47	21,34	256,83	65,56	194,00
E26A022	552,12	646,50	100,40	159,37	372,00
E26A024	641,78	697,16	799,70	253,23	590,00

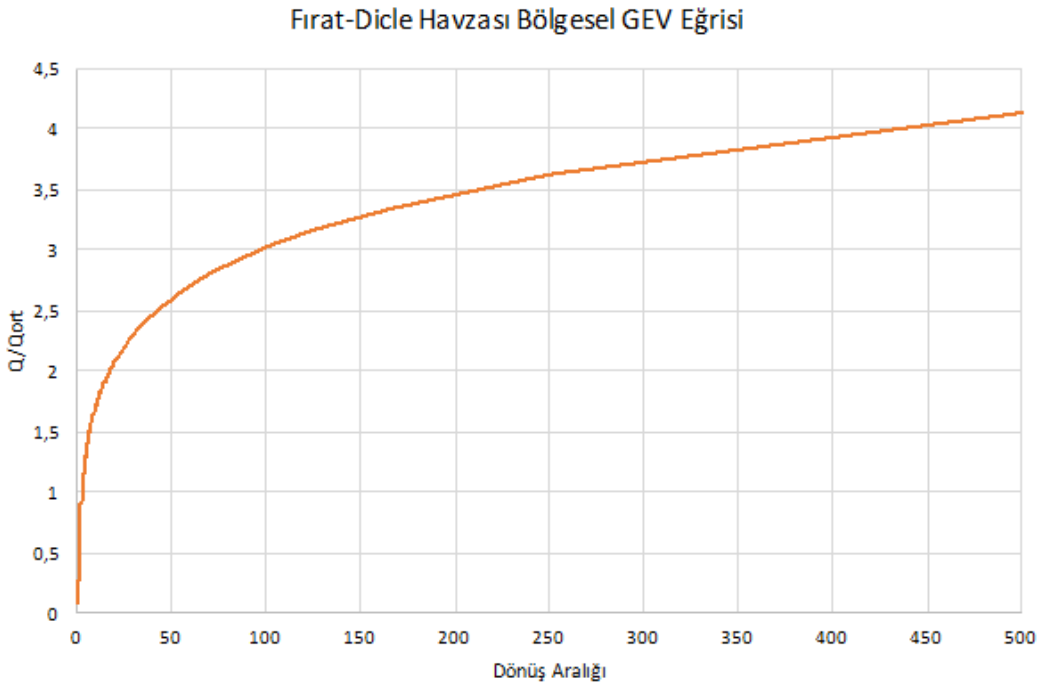
Fırat-Dicle Havzası için olasılık dağılım fonksiyonu ve eklenik dağılım fonksiyonu için çizilen grafikler tez çalışmasına EK E ve EK F olarak eklenmiştir.

Fırat-Dicle havzası için taşkın debilerinin istasyonun ortalama debisine bölünmesiyle elde edilen boyutsuz sayılarla elde edilen GEV parametreleri Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8 : Fırat-Dicle Havzası için taşkın tahminleri.

λ_1	1,00
λ_2	0,24
λ_3	0,05
λ_4	0,04
α	0,31
k	-0,09
ξ	0,79

Bölgesel GEV parametreleriyle dönüş aralığına göre bölgesel GEV eğrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan eğri Şekil 5.49'da verilmiştir. Bu eğri sayesinde Havzada akım gözlem istasyonu verisi az olan veya akım gözlem istasyonu bulunmayan yerlerde taşkın tahminleri yapılabilir.



Şekil 5.49 : Fırat-Dicle Havzası bölgesel GEV eğrisi.

6. SONUÇ

Çalışmada Türkiye'de hidroelektrik enerji potansiyelinin yüksek olan ve gelecekte yeni hidroelektrik enerji tesisleri yapılması planlanan Fırat-Dicle, Doğu Karadeniz ve Çoruh havzalarında toplam 38 adet akım gözlem istasyonundan elde edilen yıllık anlık maksimum akış verileri kullanılarak taşkın frekans analizi yapılmıştır. Her istasyon için istatistik ve L-momentleri hesaplanmış ve taşkın frekans analizinde daha üstün bir yöntem olarak değerlendirilen ekstrem maksimum değer (GEV) modeli kullanılarak bu istasyonlardan elde edilen ölçüm verilerine uydurulmuştur. GEV dağılımının parametreleri elde edildikten sonra tüm istasyonlar için dönüş aralığı-yıllık anlık maksimum akış, kuantil-kuantil, olasılık yoğunluk fonksiyonu, eklenik yoğunluk fonksiyonu grafikleri çizilerek GEV metoduyla elde edilen veriler ölçüm değerleriyle karşılaştırılmış ve modelin ölçüm değerleriyle uyumu Nash Sutcliffe Efficiency ve R^2 metotlarıyla değerlendirilmiştir. GEV modeli ile tahmin edilen değerlerin eğilimini anlamak için bias oranları hesaplanmıştır. GEV modeliyle 100, 200 ve 500 yıllık taşlın tahminleri hesaplanmıştır. Bölgede akım gözlem istasyonunda kayıtlı yıl verisi az sayıda olan veya akım gözlen istasyonu bulunmayan yerlerde taşkın tahmininde bulunabilmek için bölgesel GEV eğrileri çizilmiştir.

Çoruh Havzası'nda memba alanı 110 km^2 ile 7272 km^2 arasında değişiklik gösteren, yıllık anlık maksimum akış ortalaması 13,77 m^3/s ile 385,29 m^3/s arası olan dokuz adet akım gözlem istasyonunun GEV modeli ile uyumu toplu olarak değerlendirildiğinde tüm istasyonların uyumunun NSE değerlerinin en düşük 0,94 olduğu görülmüştür. Yan kollarda bulunan AGİ'lerde ise yıllık anlık maksimum debi ortalaması yüksek olan istasyonlarda GEV modelinin uyumu Çoruh Nehri üzerindeki istasyonlarda görülen uyuma yakın olduğu gözlemlenmiştir. Yıllık anlık maksimum debi ortalaması 20 m^3/s'den küçük olan D23A037 istasyonu için GEV uyumu Nash Sutcliffe verimlilik yöntemi ile hesaplanınca R^2 hesabı 0,94 ile havzadaki en düşük uyumu vermektedir. Bu istasyonda uyumun düşük olmasındaki sebep en yüksek debinin gözlendiği yıl için yapılan tahminin ölçüm değerinden 5 m^3/s farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu istasyonda debi genel olarak düşük olduğu için

tek yıllık 5 m^3/s fark GEV modeline olan uyumu düşürmektedir. Fakat taşkın tahmini havzada debinin yüksek olduğu bölgelerde çok daha fazla önem taşır ve bu bölgelerde GEV modeli yaklaşık %99 seviyesinde tutarlılığıyla güvenilir bir modeldir. İstasyonlarda elde edilen PBİAS değerleri incelendiğinde bu havzadaki tüm AGİ'lerde GEV modelinin ölçüm değerlerine göre daha düşük sonuç verme eğiliminde olduğu görülmüştür.

Doğu Karadeniz Havzası'nda toplam dokuz adet akım gözlem istasyonunun yıllık anlık maksimum akış verileri GEV modeline uydurulmuştur ve bölgedeki farklı akarsular üzerinde bulunan AGİ'lerde 0,93 ile 0,99 arası uyumluluk elde edilmiştir. Bu bölgede GEV modeli uyumu NSE ve R^2 ile 0,93 uyumla en düşük olan istasyonunD22A085 olduğu görülmüştür. Bu istasyonDoğu Karadeniz Havzası'nın en doğu kısmında incelenen istasyondur. Diğer tüm istasyonlar için GEV uyumu 0,95'in üzerindedir. Hesaplana PBIAS değerleri GEV modelinin bu havzada ölçülen değerlere göre düşük taşkın değerleri verdiğini göstermektedir. Bu duruma aykırı tek istasyon PBIAS değeri -0,31 hesaplanan D22A084 istasyonudur. Bu istasyon için hesaplanan eğilim de oldukça küçük olduğu için bu havzada modelin genel yöneliminin ölçümden düşük değerler çıkarmak olduğu söylenebilir.

Fırat-Dicle Havzası'nda oldukça geniş alana yayılmış memba alanı 56 km^2 ile 25515,6 km^2 arası değişiklik gösteren, ortalama yıllık anlık maksimum akışları 4,34 m^3/s ile 1867,36 m^3/s arasında bulunan oldukça farklı özelliklerdeki akarsular üzerinde bulunan 20 adet AGİ'nin yıllık anlık maksimum akış verilerinin GEV modeline uyumu değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede D21A001 ve E26A022 istasyonları haricinde tüm istasyonların NSE ve R^2 değerleri 0,95'in üzerindedir. E26A022 istasyonun GEV uyumunun havzadaki diğer istasyonlara göre daha düşük çıkmasının sebebi bu istasyonda yalnızca 21 yıllık veriyle çalışılmasından kaynaklanıyor olması mümkündür. D21A040, E21A002 ve E21A064 istasyonları haricinde havzadaki tüm istasyonlar için GEV modeli ölçüm değerlerine göre düşük değer verme eğilimindedir. Bu üç istasyonda ise PBIAS değerleri sıfıra oldukça yakındır.

Çalışmada değerlendirilen istasyonların L-momentlerinin bölgesel ortalamaları alınarak bölgesel GEV denklemleri elde edilmiş ve boyutsuz bölgesel GEV eğrileri çizilmiştir. Hesaplanan bölgesel GEV parametrelerinin Doğu Karadeniz ve Çoruh havzaları için birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir.

Çalışmadan elde edilmiş sonuçlar, havzadaki su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmalarındave mevcut barajların işletmesinde (taşkın kontrolü çalışmaları) kullanı labilir. Ayrıca, etüt aşamasında olan barajların hazne optimizasyonu ve savak yapı larının tasarımında bu sonuçların önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda bu çalışma, havzadaki su yapılarının yanlış projelendirmesinin azaltılması na ve taşkından kaynaklanan ciddi çevresel sonuçları azaltmaya faydalı olabilecektir.

KAYNAKLAR

Akbulut, N., Bayari, S., Akbulut, A. (2009).Rivers of Turkey, Academic Press.

Aşıkoğlu, O.L., (2018).Parent Flood Frequency Distribution of Turkish Rivers. Polish Journal of Enviromental Studies. Vol. 27, No 2, 529-539.

Atalay, İ., (1986). Uygulamalı Hidrografya –I, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir.

Bayazit, M., Shaban, F. Önöz, B. (1997). Generalized extreme value distribution for flood discharges.

Bayazıt, M., Önöz, B. (2008). Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Cığızoğlu, H.K., Bayazıt, M., Önöz, B., Malkaç, Y., Yıldız, M. (2002). Türkiye Nehirlerinde Taşkın, Ortalama ve Düşük Akımlardaki Trendler. İTÜ Araştırma Fonu Projesi.

Cicioni, G., Guiliamo, G., Spaziani, F.M. (1973). Best Fitting of Probablity Functions to a set of data for flood studies. Water Resources Publications, Fort Collins 304-314.

Dalrymple, T. (1960). Flood Frequency Methods, U.S. Geol. Survey, Water Supply Paper 1543-A, Washington.

Guru, N., Jha, R. (2015). Flood Frequency Analysis of Tel Basin of Mahanadi River System, India using Annual Maximum and POT Flood Data. Aquatic Procedia 4 427-434.

Ishfaq, A., Abbas, A., Fawad, M., (2017). A Sutudy on Regional Frequency Analysis of Annual Total Rainfall in Pakistan Using Method of Lineer Moments.

Kılıçer, Ü., Özgüler, H. (2002). Türkiye'de Taşkın Durumu. TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 420-421-422.

Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L. (2007). Model Evoluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001-2351. Vol.50(3):885-900.

Önöz, B., Bayazit, M. (1995). Best-fit distributions of largest available flood samples. Journal of Hydrology 167.

Özcan, E. (2006). Sel Olayı ve Türkiye. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 26, Sayı 1.

Saf, B., (2009). Regional Flood Frequency Analysis Using L-Moments for the West Mediterranean Region of Turkey. Water Resources Management ISSN 0920-4741.

Seçkin, N., Haktanır, T., Yurtal, R. (2011). Flood frequency analysis of Turkey using L-moments method. Hydrological Processes, Cilt 25, Sayı 22.

URL-1 http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari

URL-2 https://www.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=taskinlar

Vogel, R.M., Thomas, Jr., W.O. and McMahon, T.A. (1993). Flood Flow Frequency model selection in southwestern United States J. Water Resour. Plann. Manage. ASCE, 119: 353-366

Zhang, W., Cao, Y., Zhu, Y., Wu, Y., Ji, X., He, Y., Xu, Y., Wang, W. (2017). Flood frequency analysis for alterations of extreme maximum water levels in the Pearl River Delta. Ocean Engineering 129.

EKLER

EK A : Çoruh Havzası Eklenik Dağılım Grafikleri

EK B : Çoruh Havzası Olasılık Dağılım Grafikleri

EK C : Doğu Karadeniz Havzası Eklenik Dağılım Grafikleri

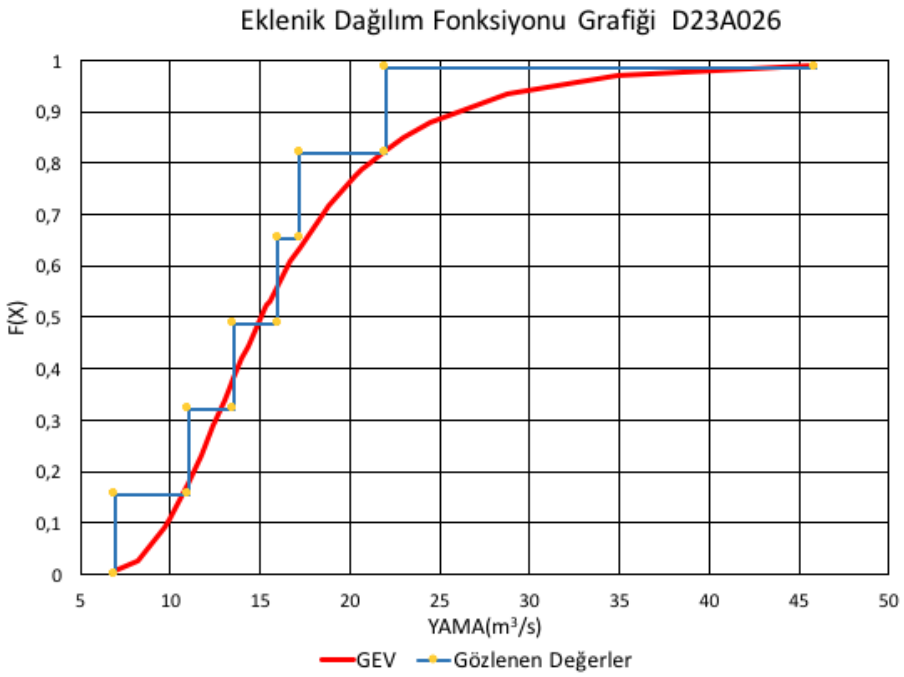
EK D : Doğu Karadeniz Havzası Olasılık Dağılım Grafikleri

EK E : Fırat-Dicle Havzası Eklenik Dağılım Grafikleri

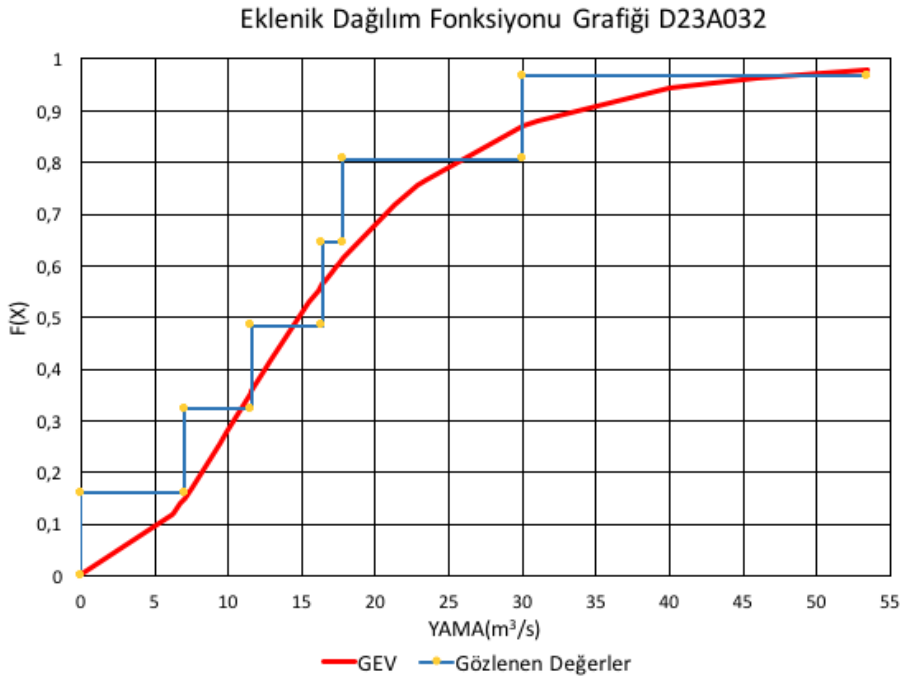
EK F : Fırat-Dicle Havzası Olasılık Dağılım Grafikleri

EK G : Excel makrosu

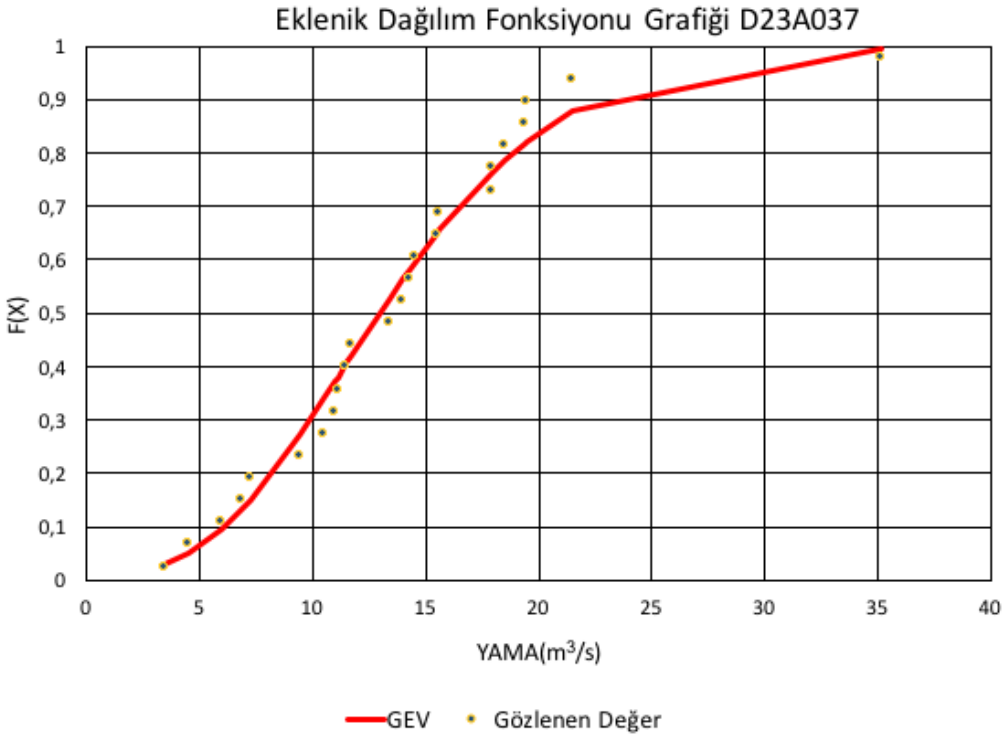
EK A



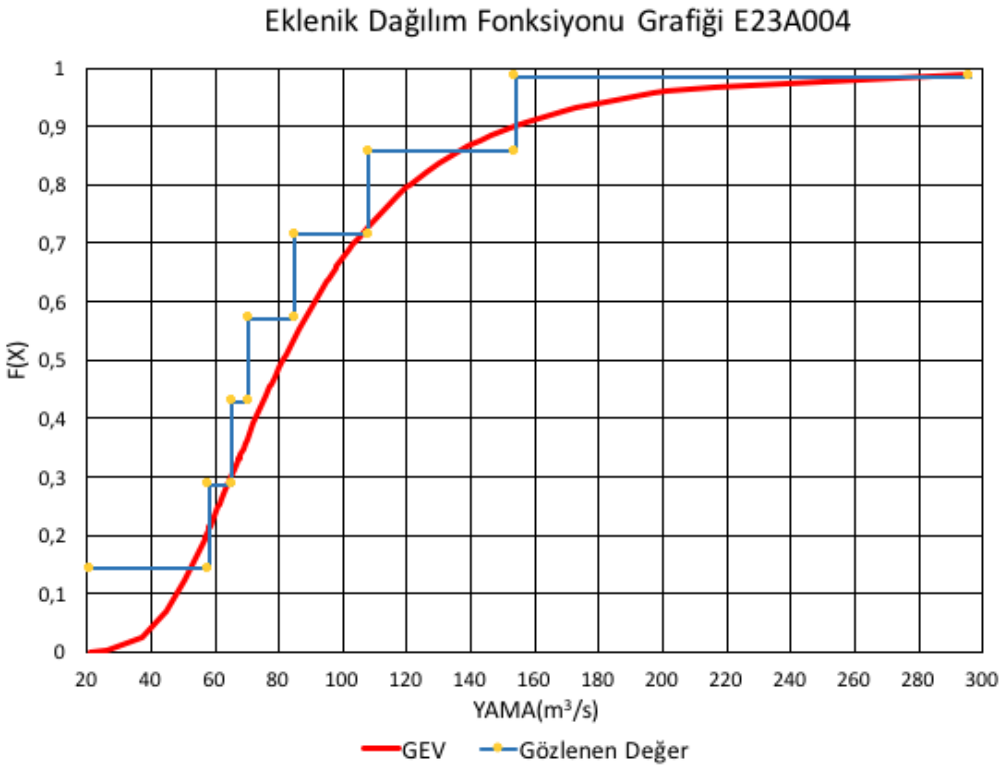
Şekil A.1 : D23A026 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



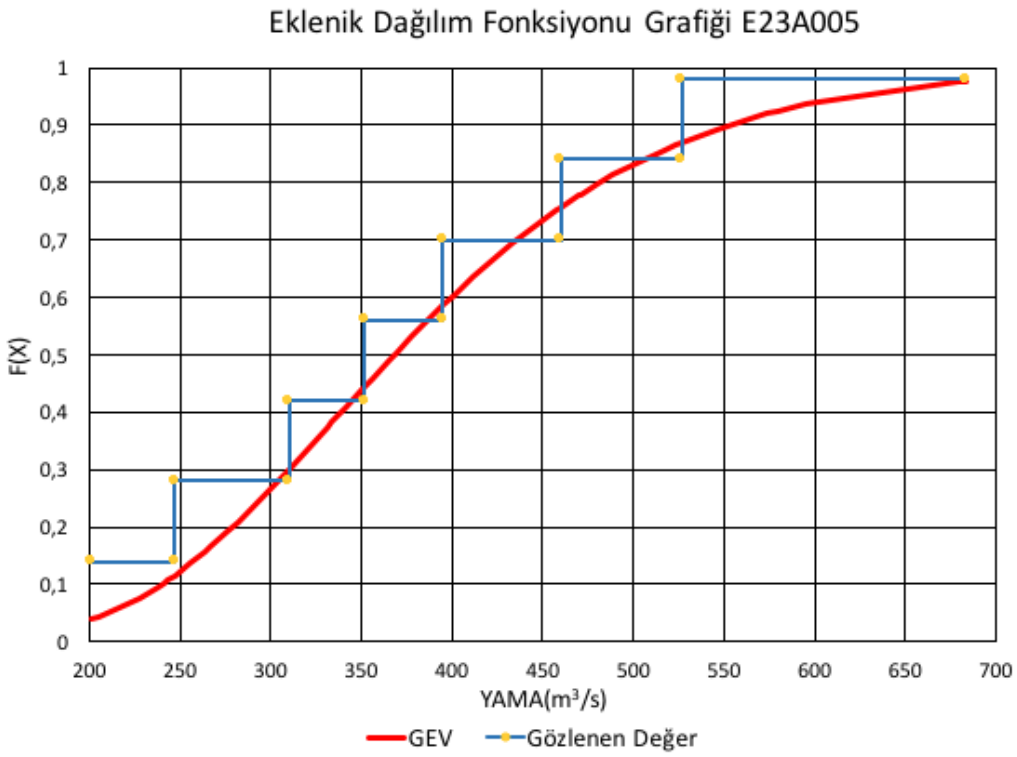
Şekil A.2 : D23A032 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



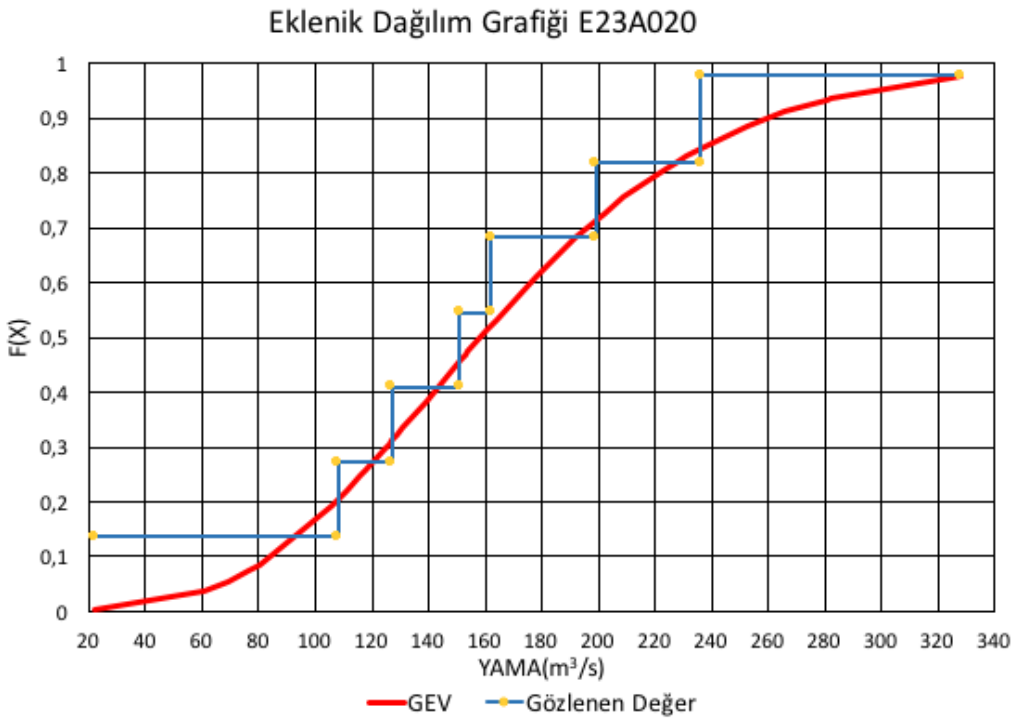
Şekil A.3 : D23A037 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



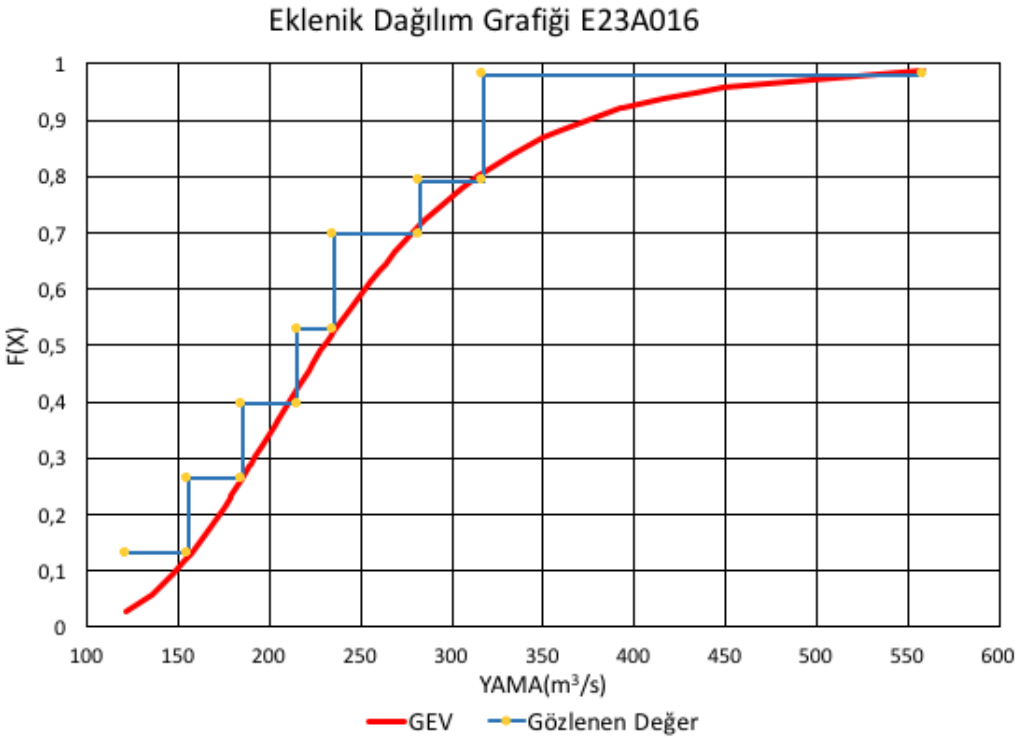
Şekil A.4 : D23A004 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



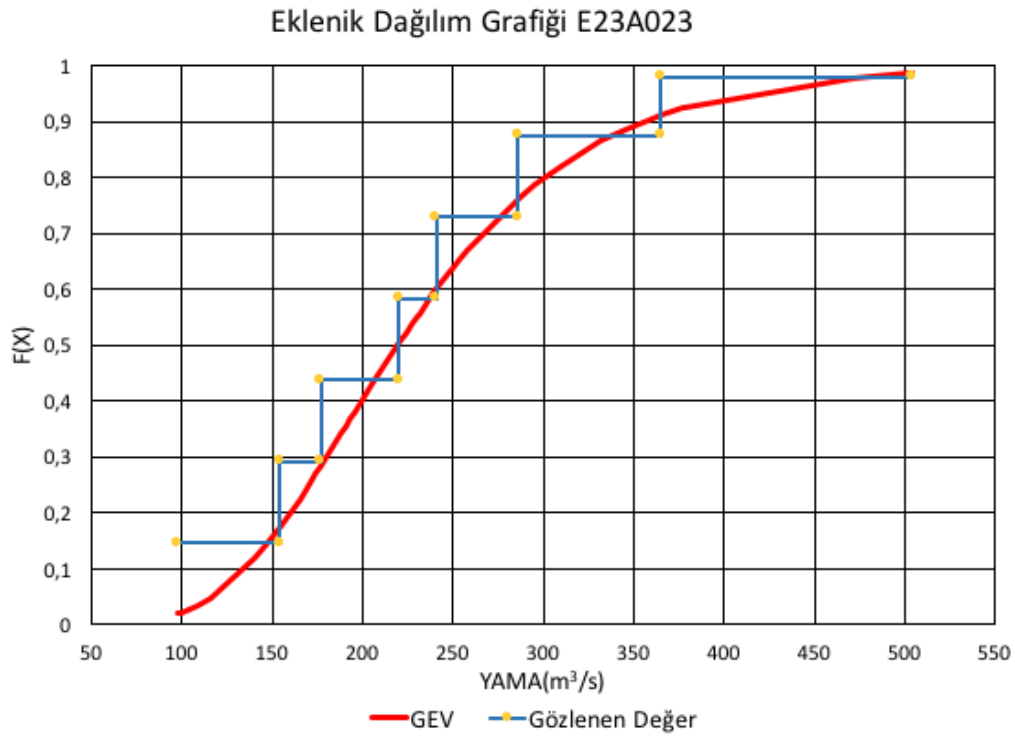
Şekil A.5 : E23A005 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



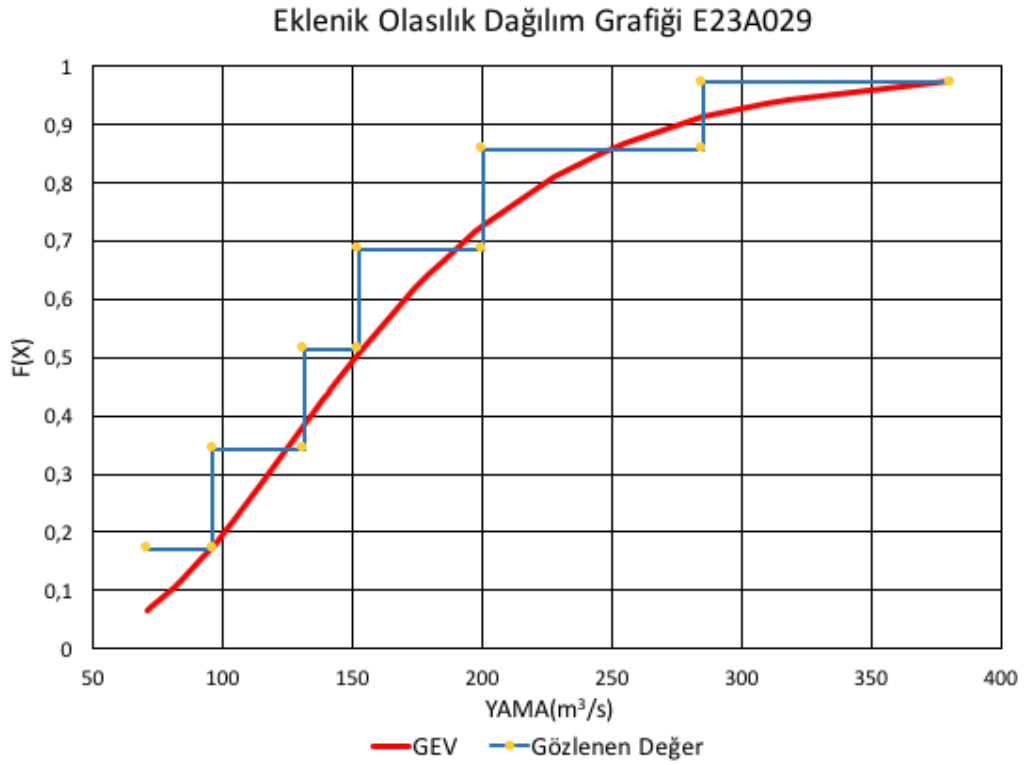
Şekil A.6 : E23A020 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



Şekil A.7 : E23A016 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.

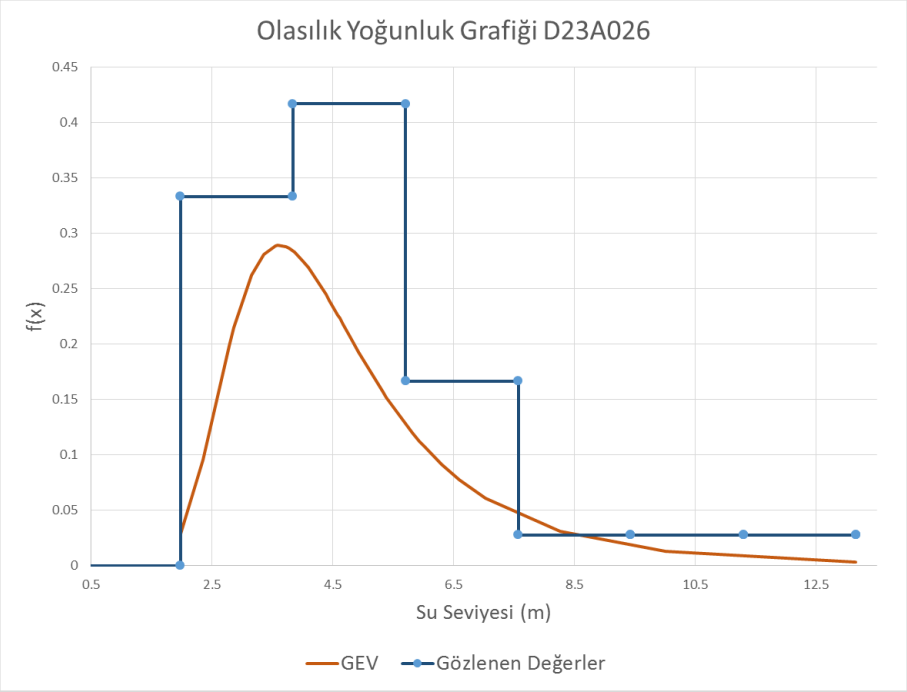


Şekil A.8 : E23A023 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.

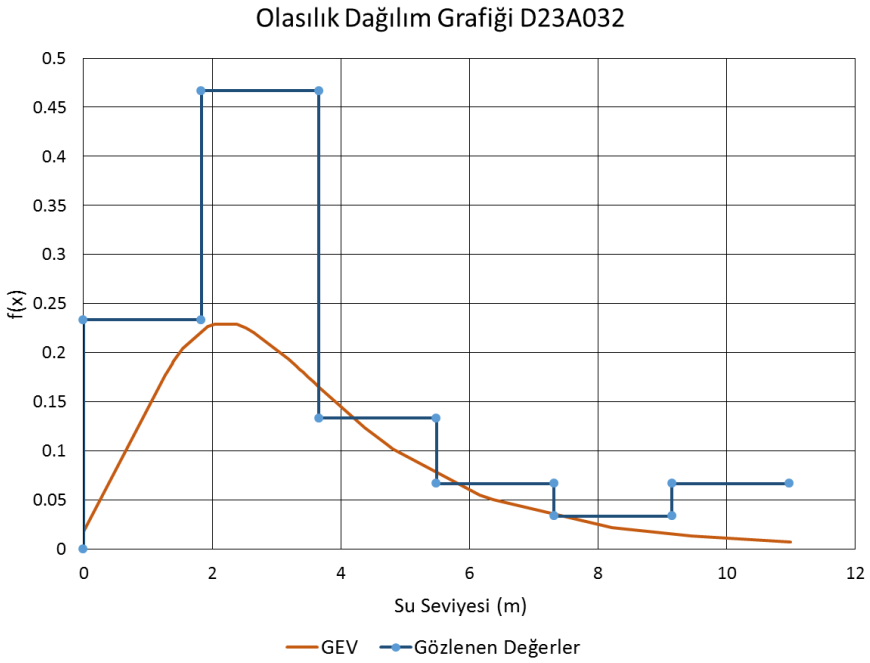


Şekil A.9 : E23A029 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.

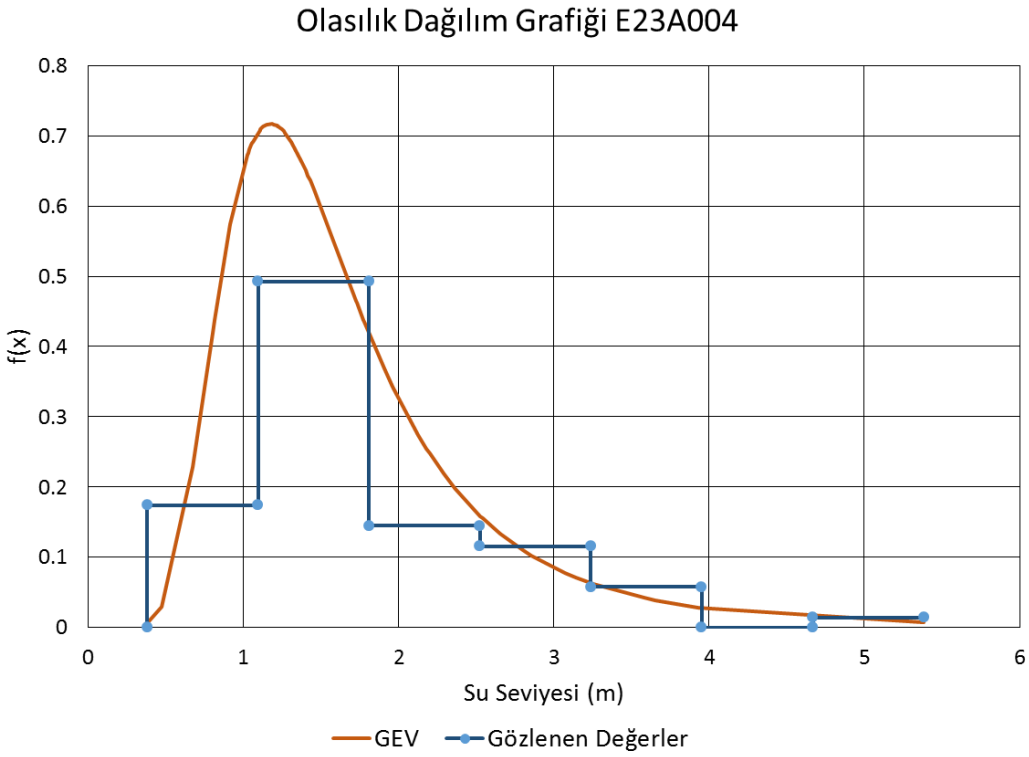
EK B



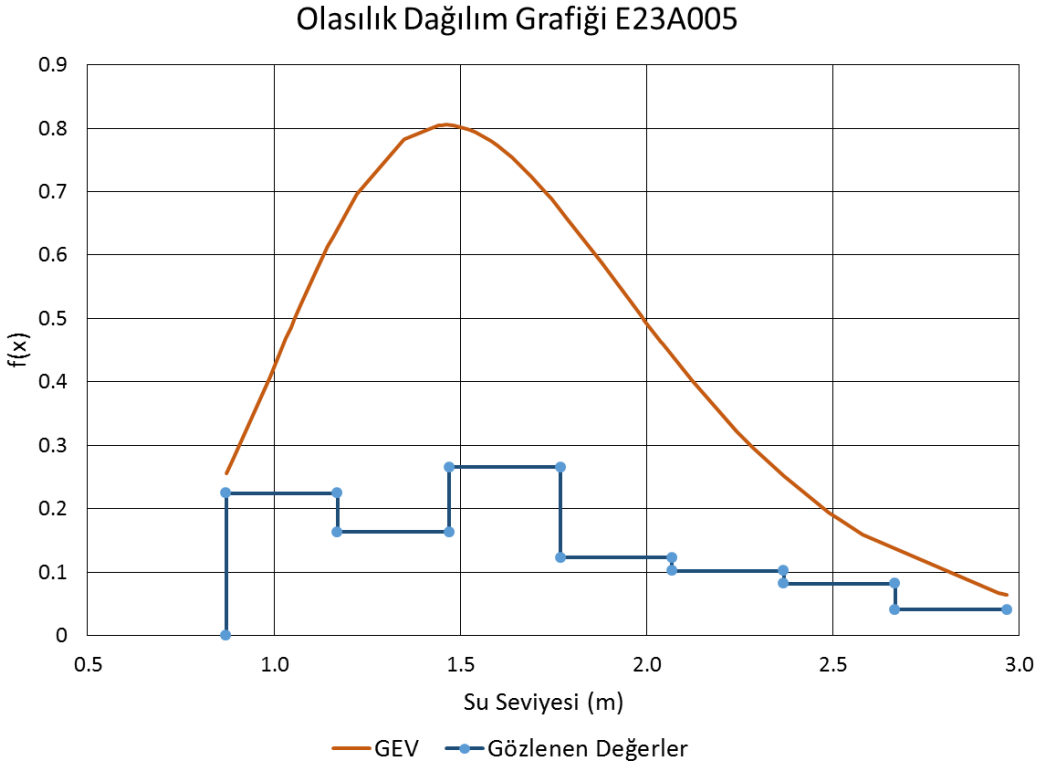
Şekil B.1 : D23A026 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



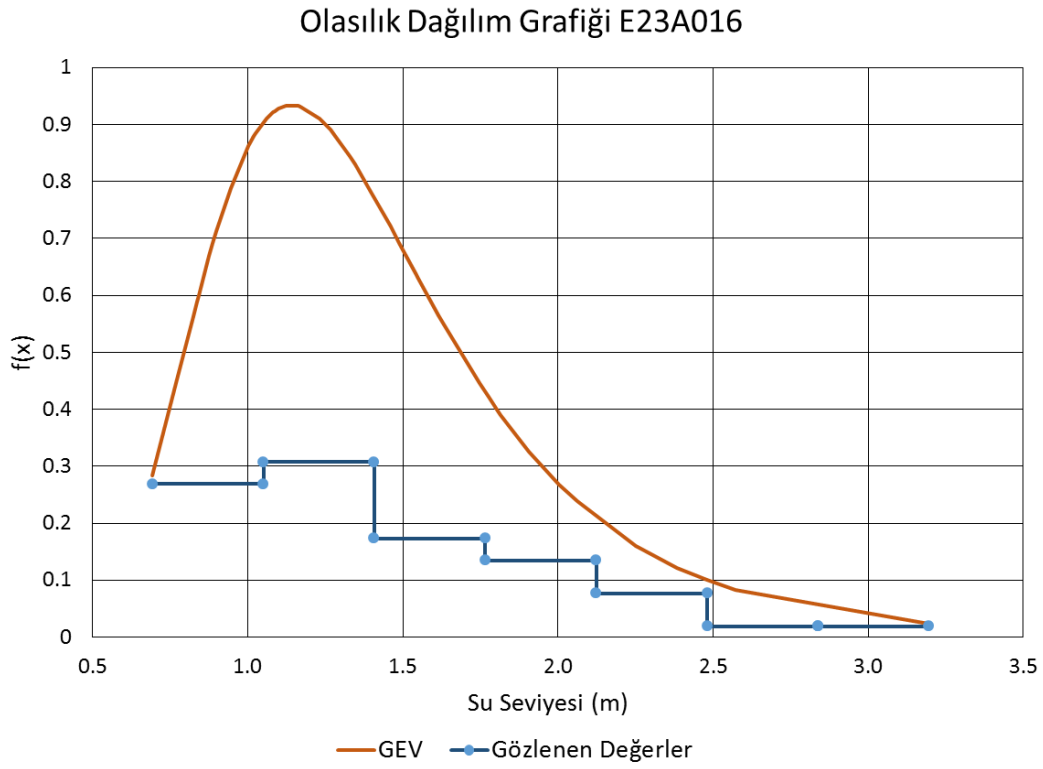
Şekil B.2 : D23A032 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



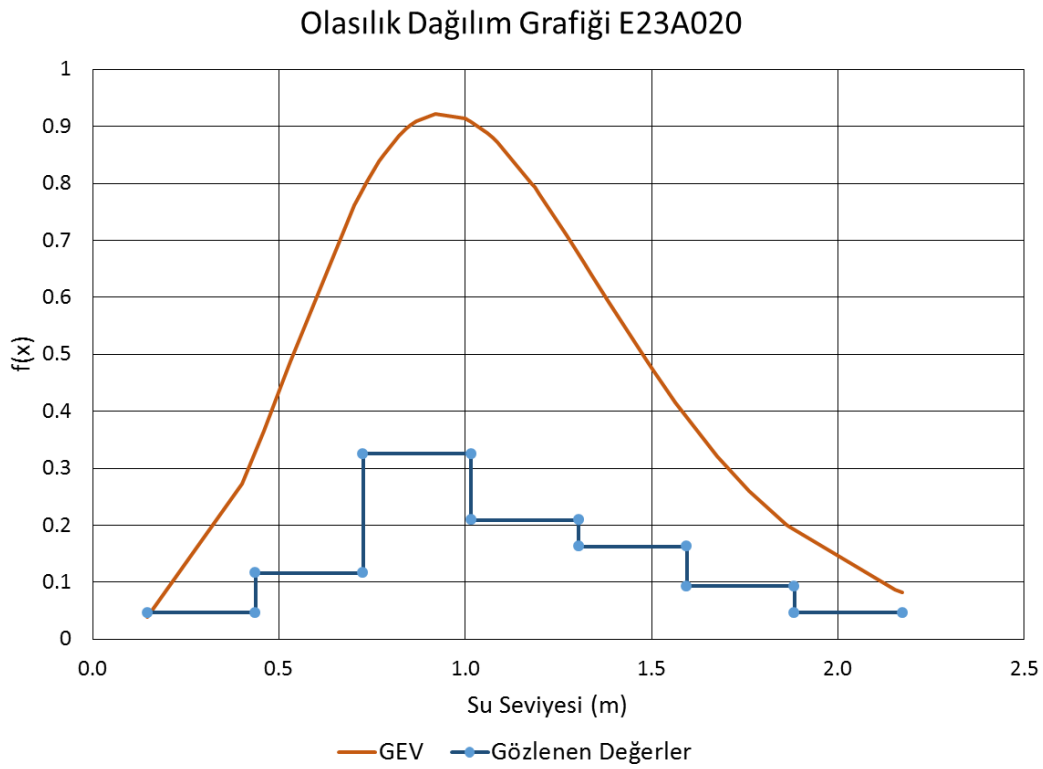
Şekil B.3 : E23A004 akım gözlem isytasyonu olasılık dağılım grafiği.



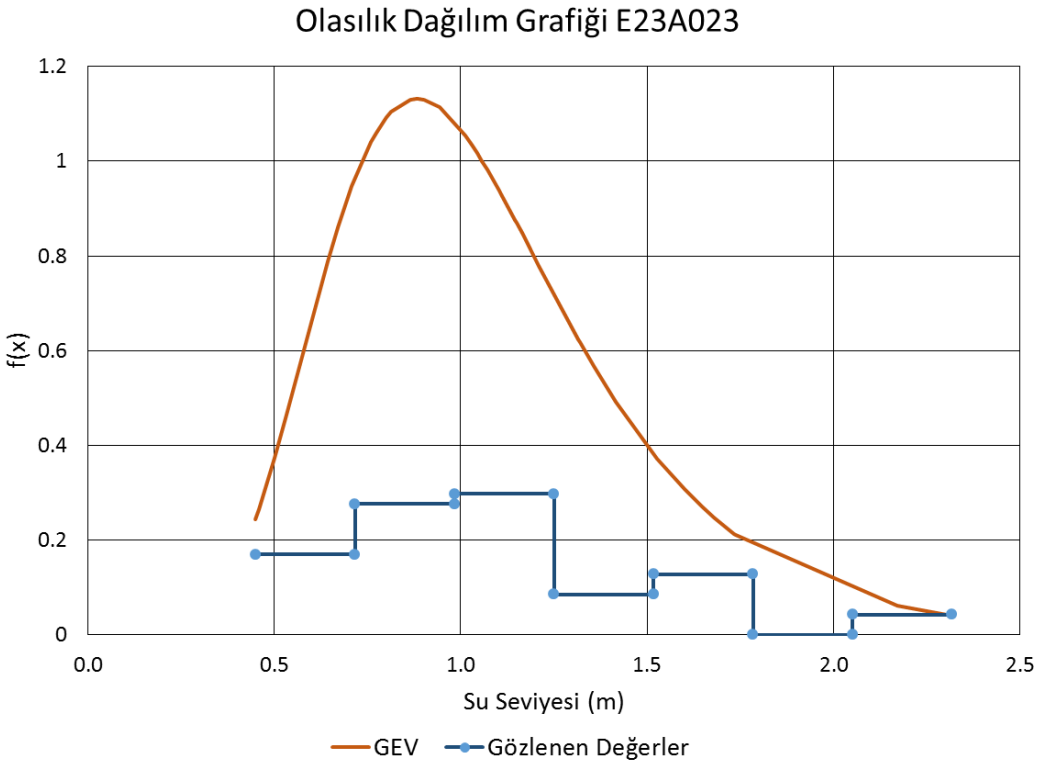
Şekil B.4 : E23A005 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



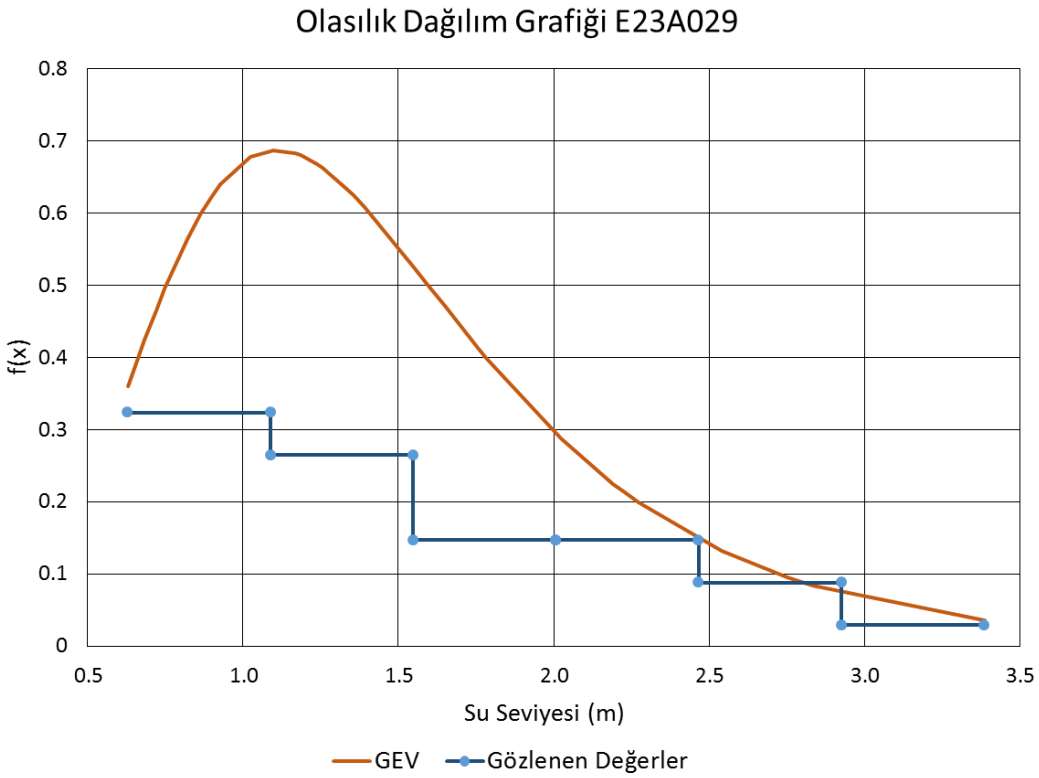
Şekil B.5 : E23A016 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



Şekil B.6 : E23A020 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.

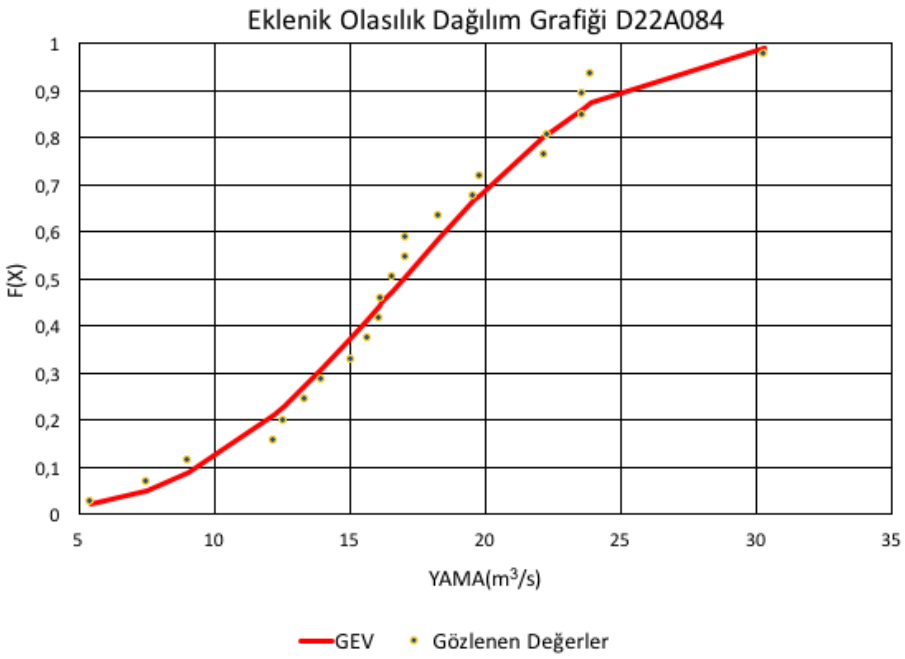


Şekil B.7 : E23A023 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.

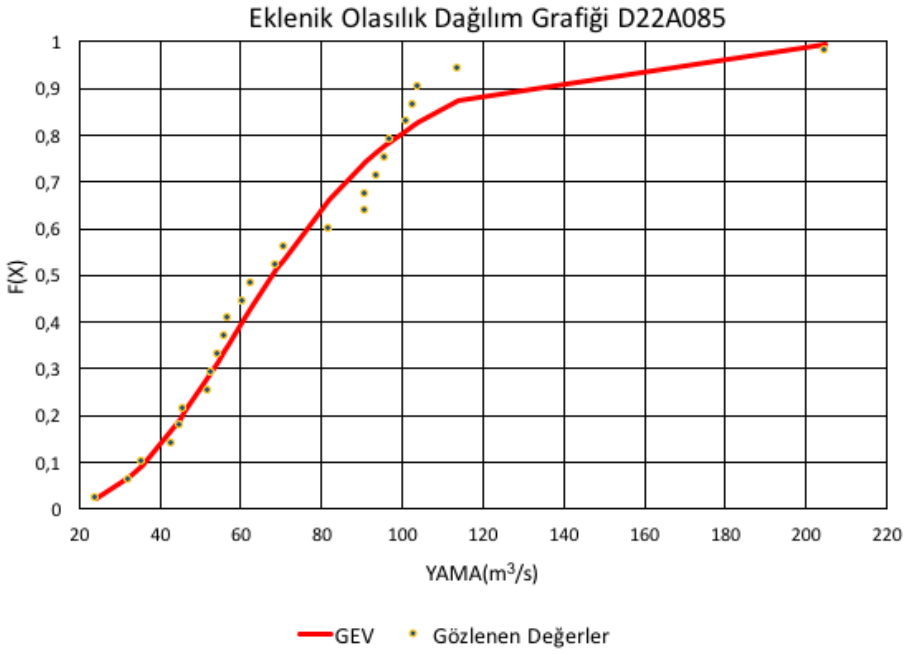


Şekil B.8 : E23A029 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.

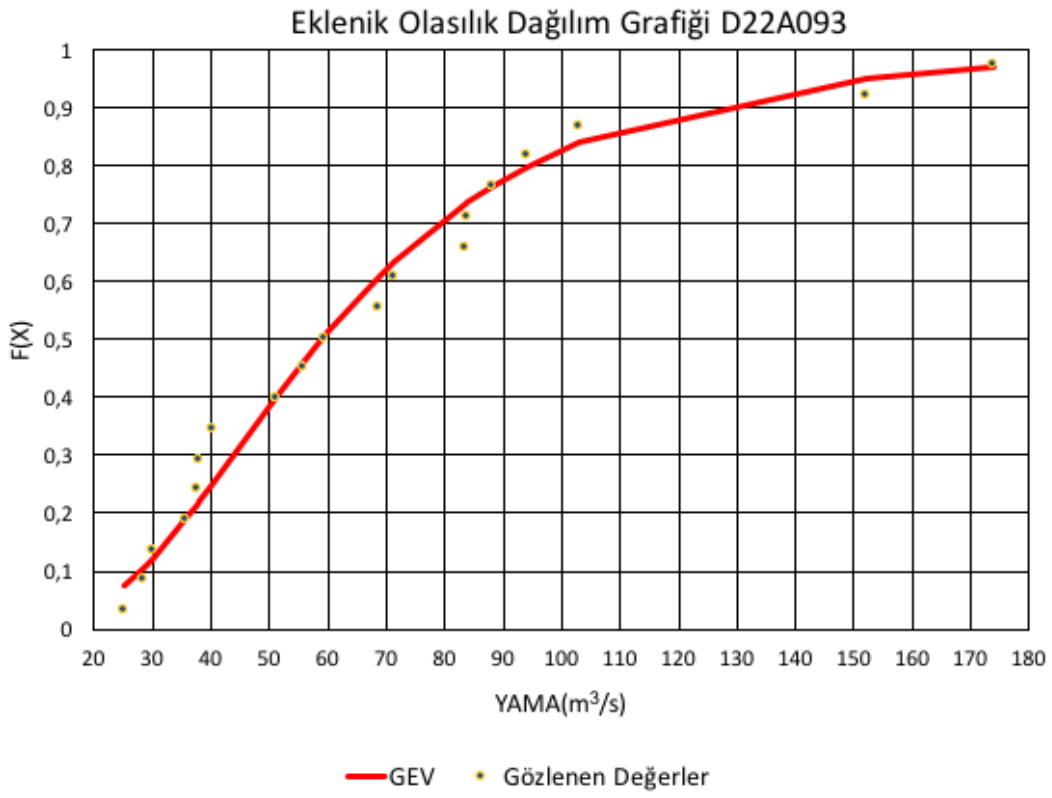
EK C



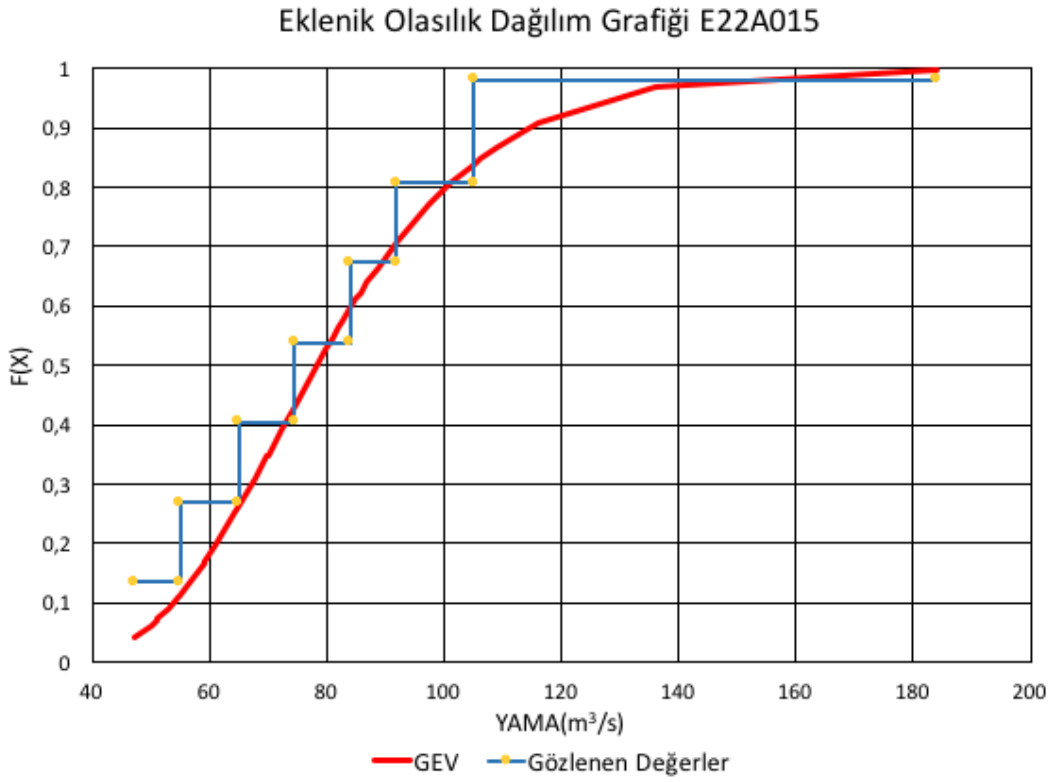
Şekil C.1 : D23A084 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



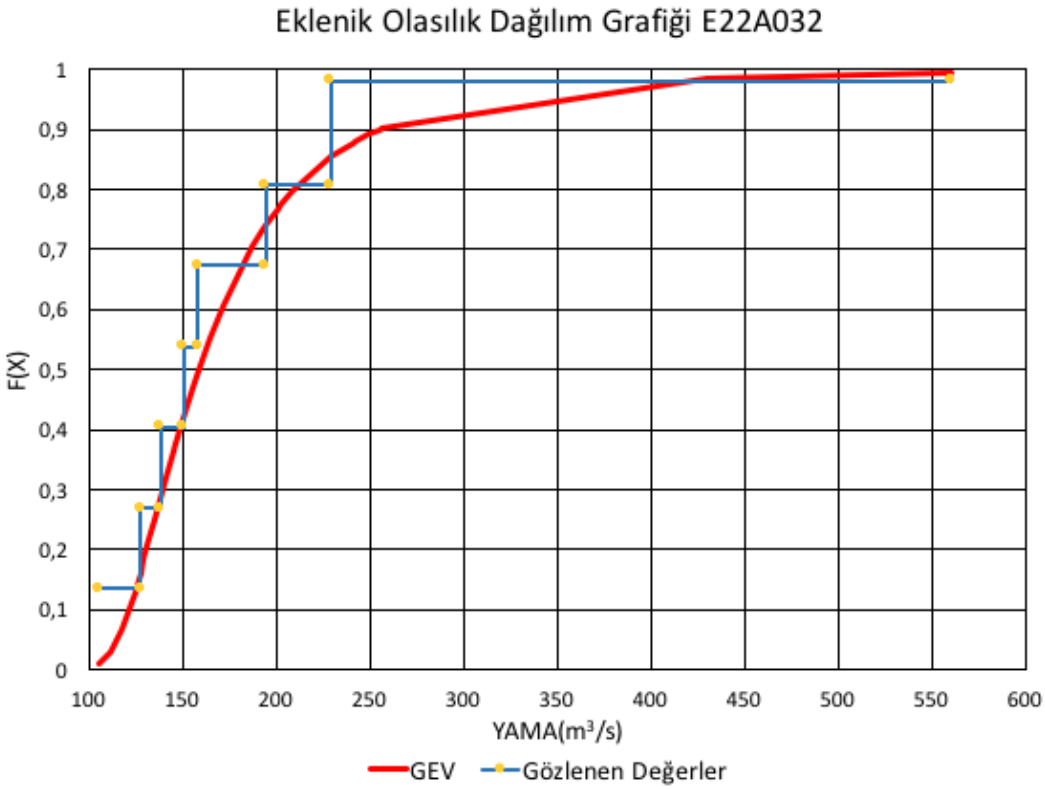
Şekil C.2 : D23A085 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



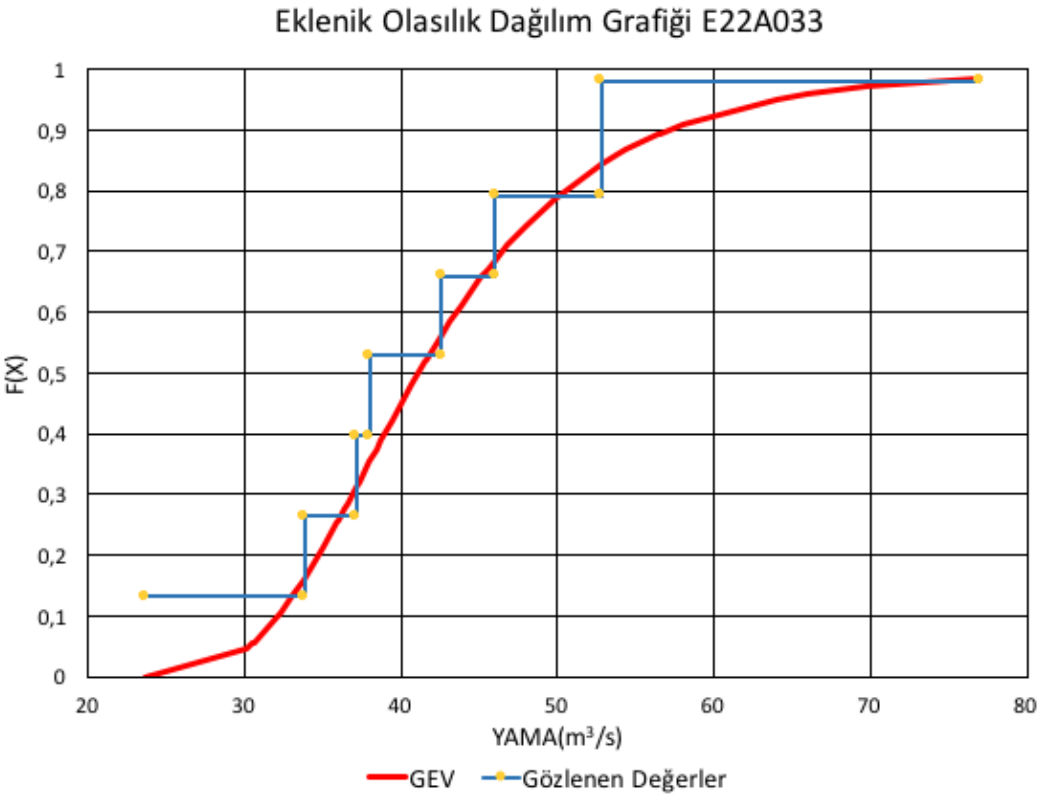
Şekil C.3 : D23A093 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



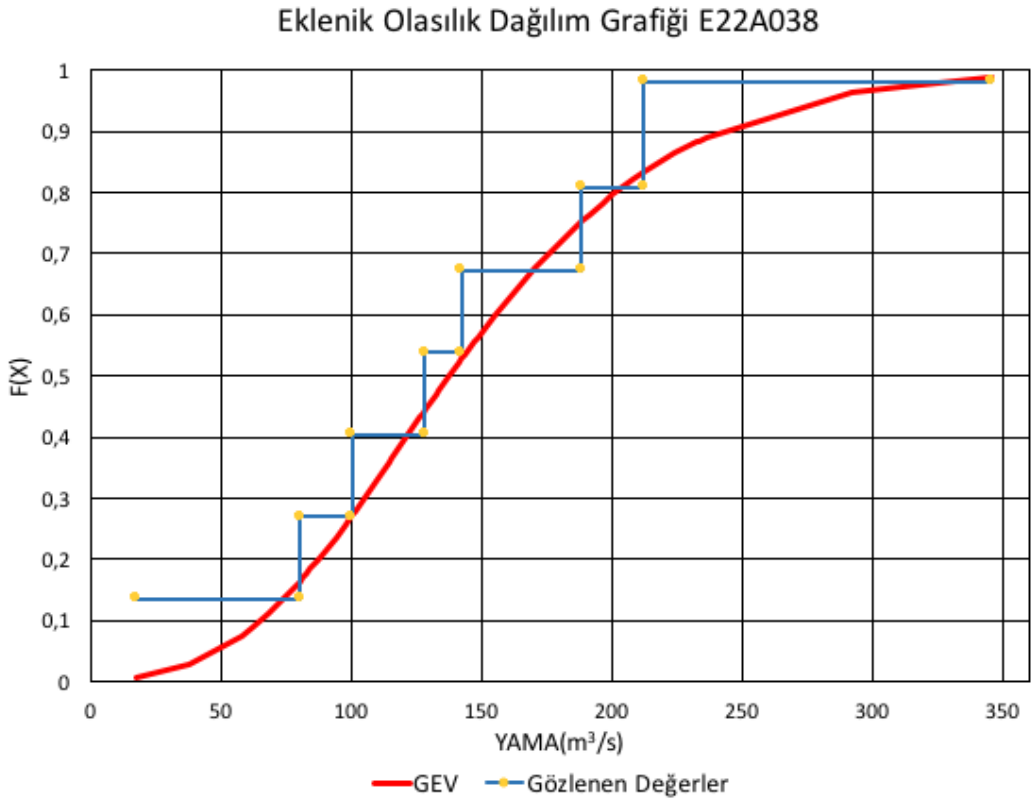
Şekil C.4 : E22A015 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



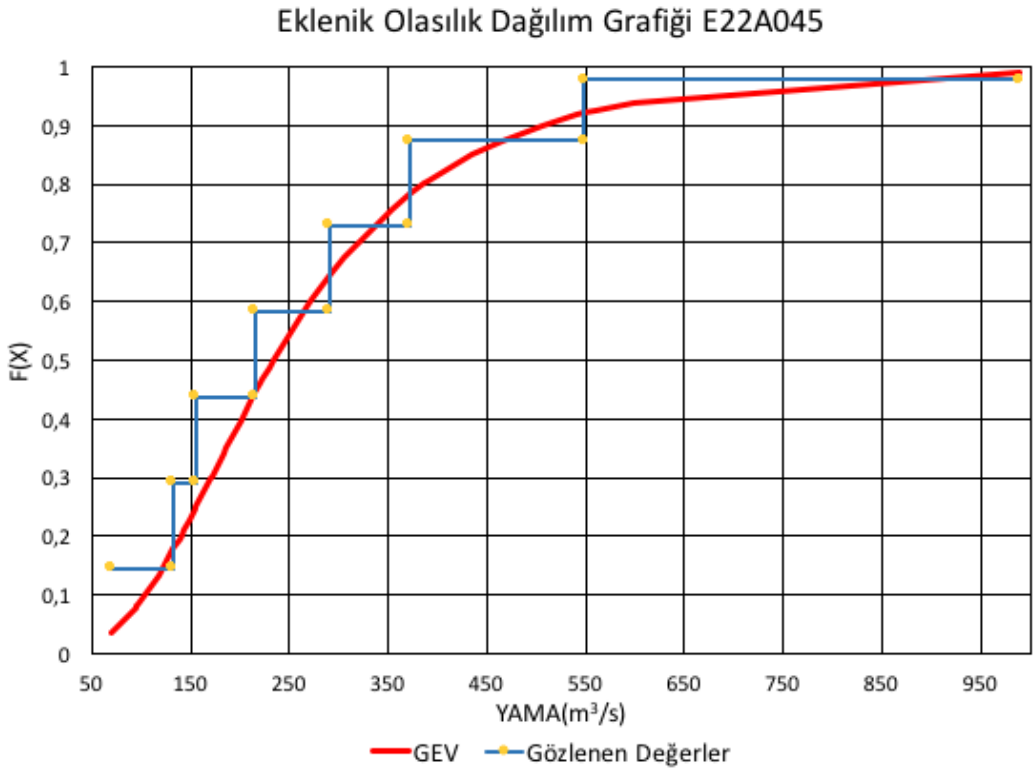
Şekil C.5 : E22A032 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



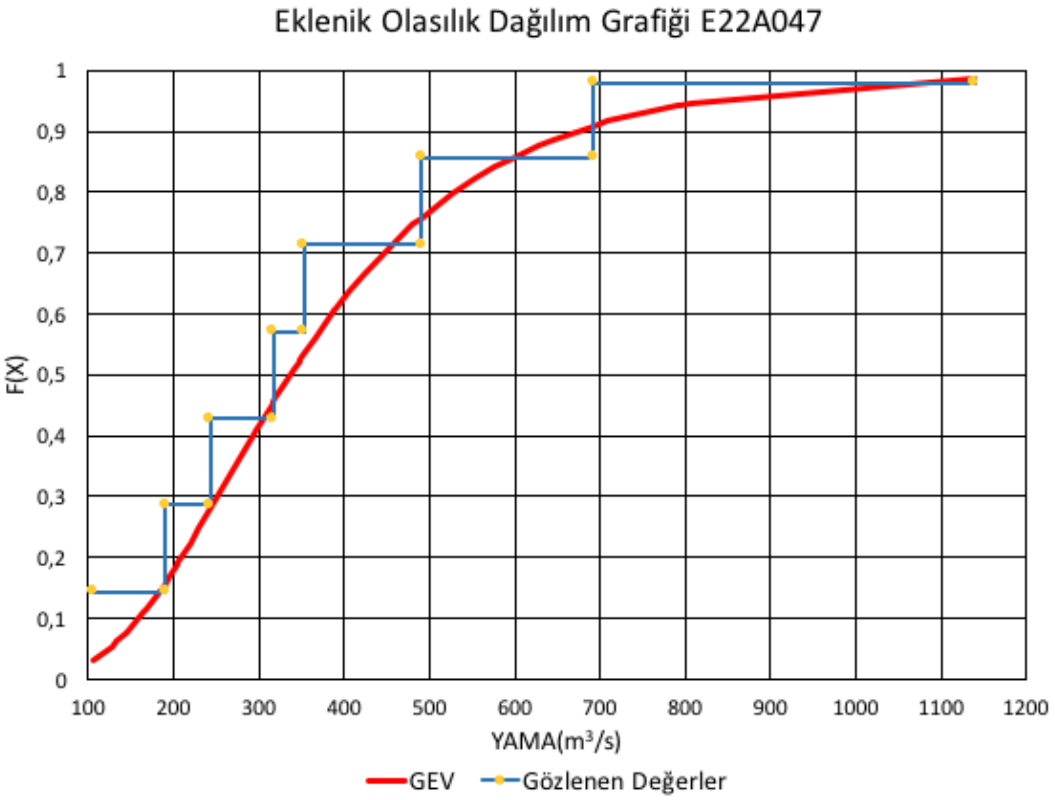
Şekil C.6 : E23A033 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



Şekil C.7 : E22A038 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.

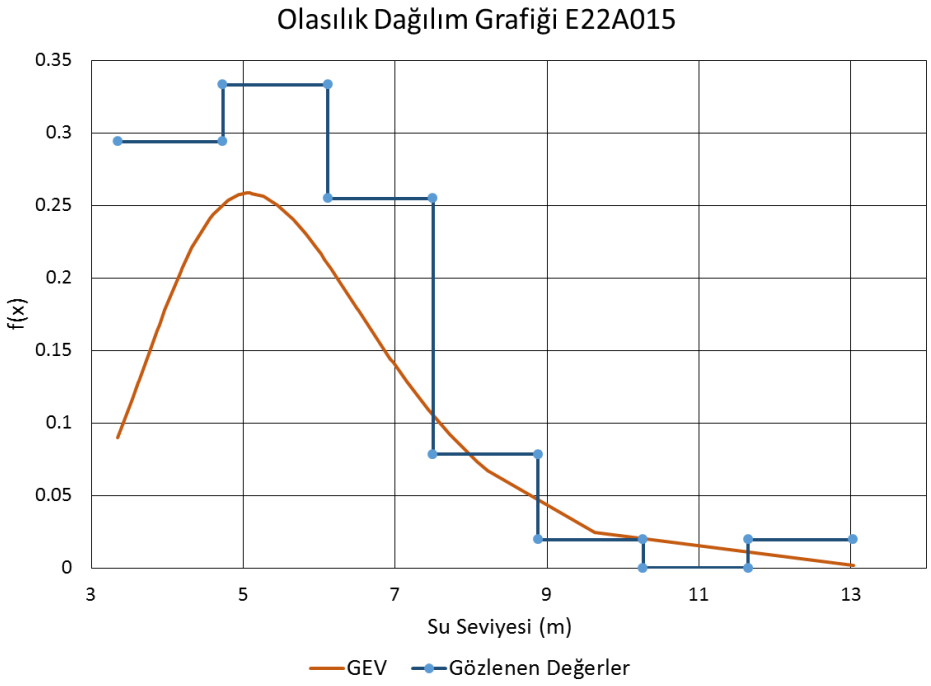


Şekil C.8 : E22A045 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.

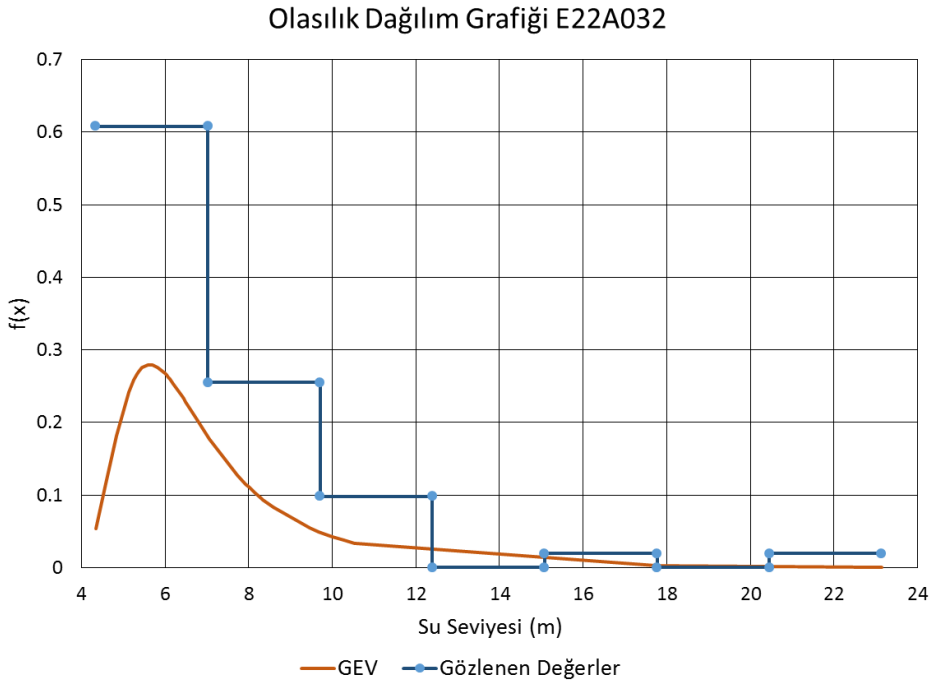


Şekil C.9 : E22A047 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.

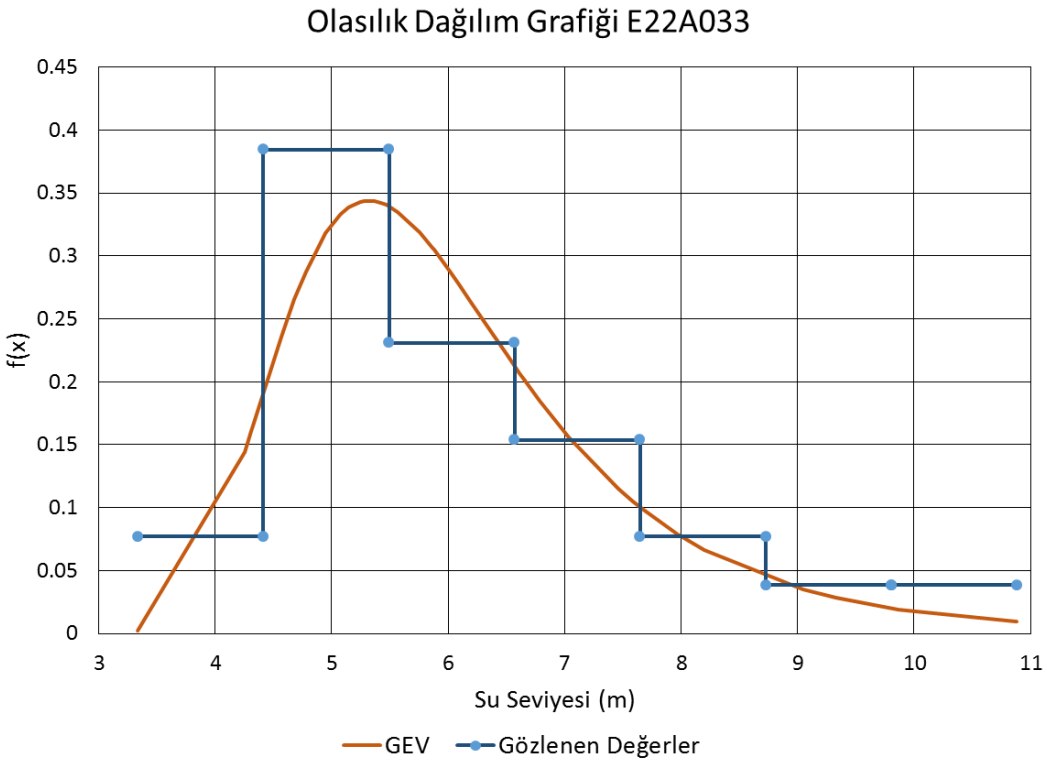
EK D



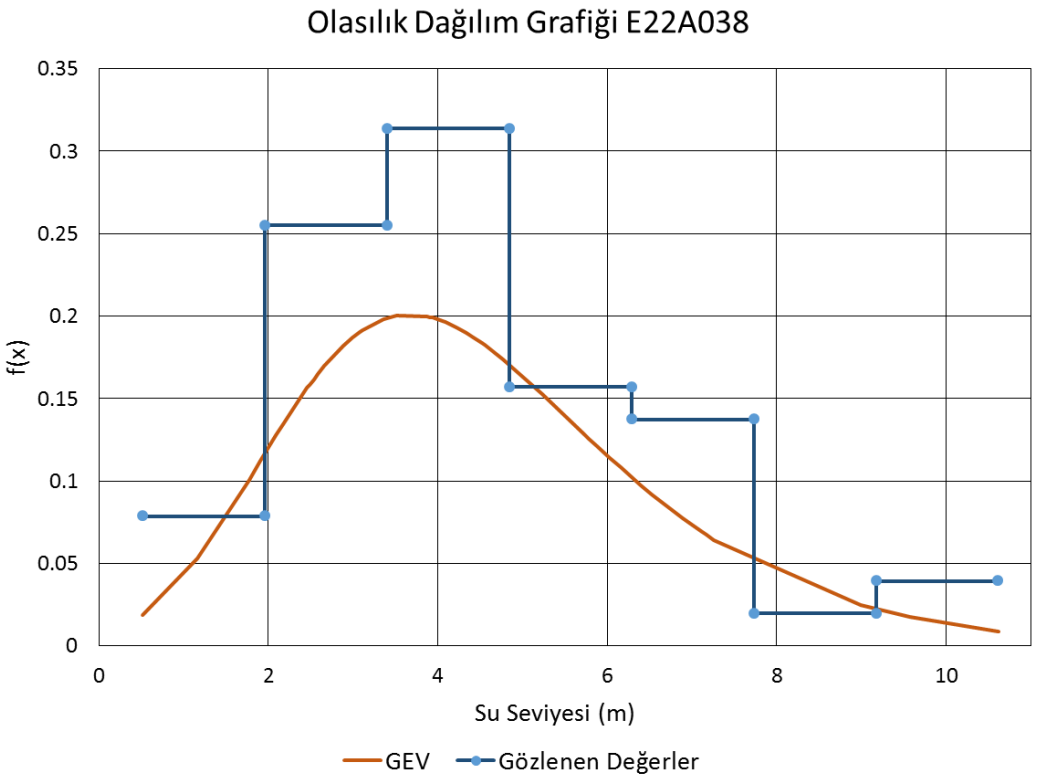
Şekil D.1 : E22A015 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



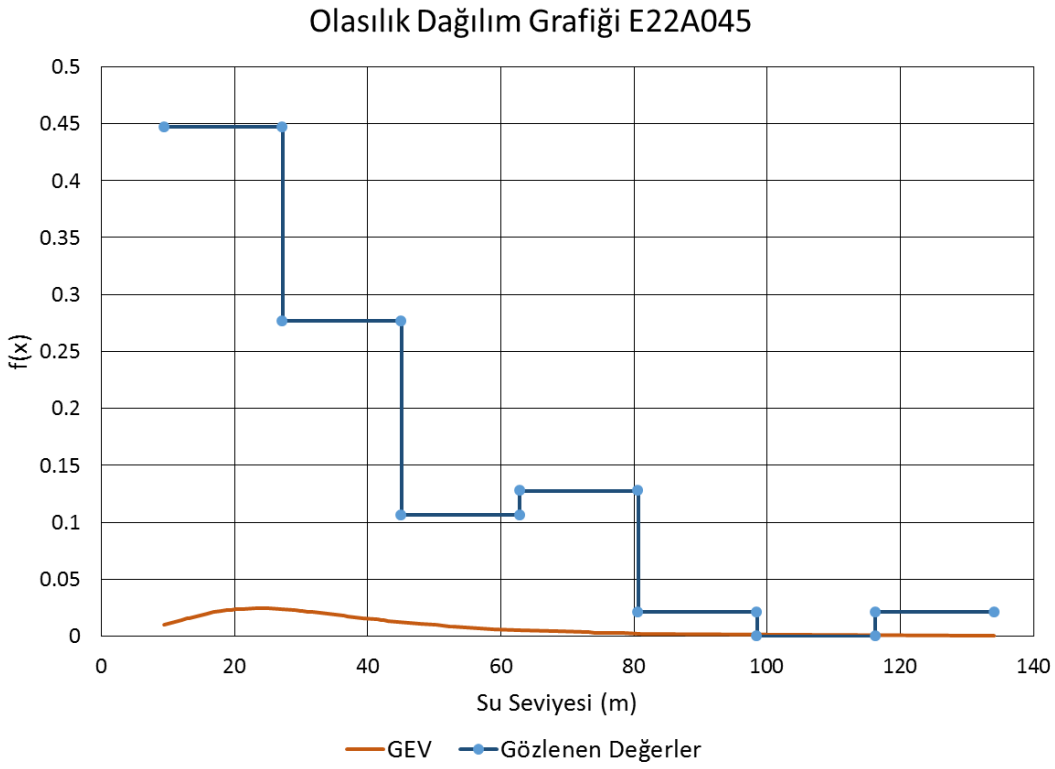
Şekil D.2 : E22A032 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



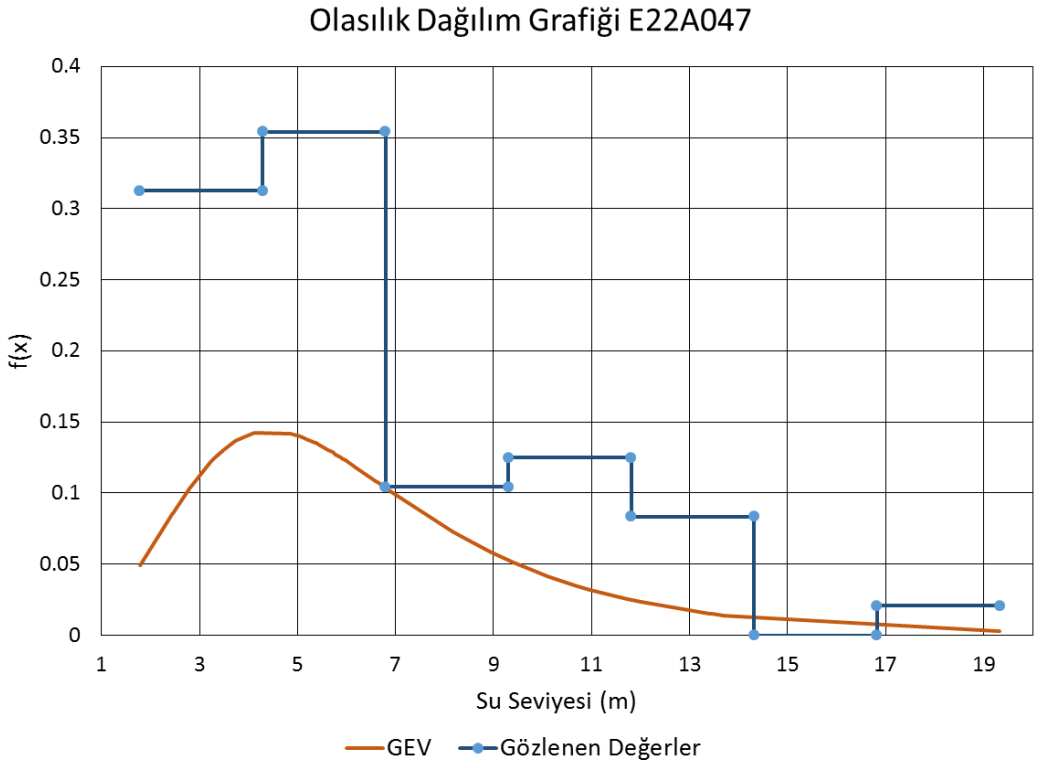
Şekil D.3 : E22A033 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



Şekil D.4 : E22A038 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.

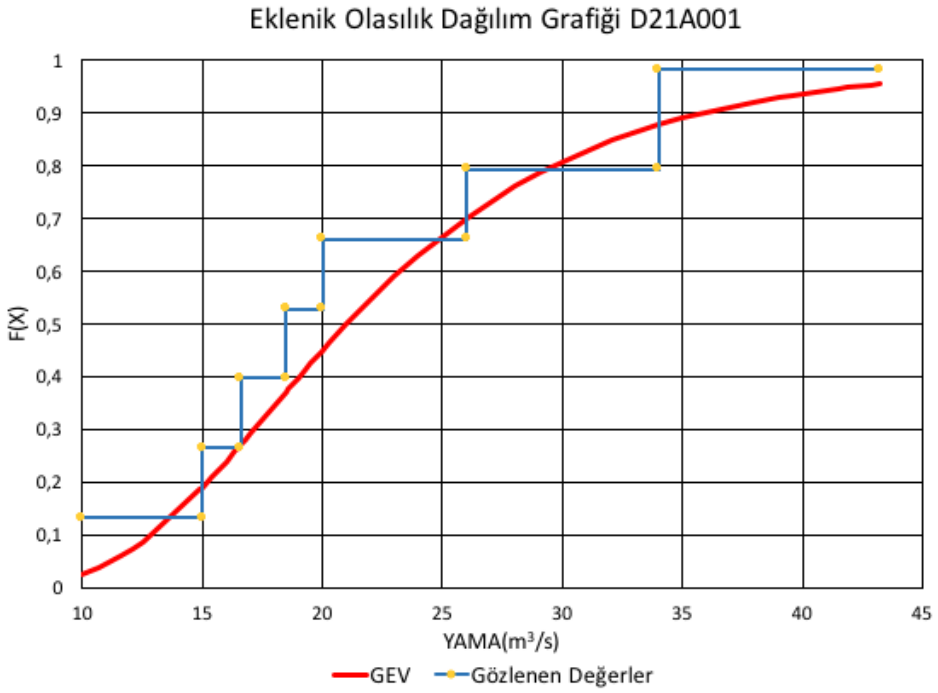


Şekil D.5 : E22A045 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.

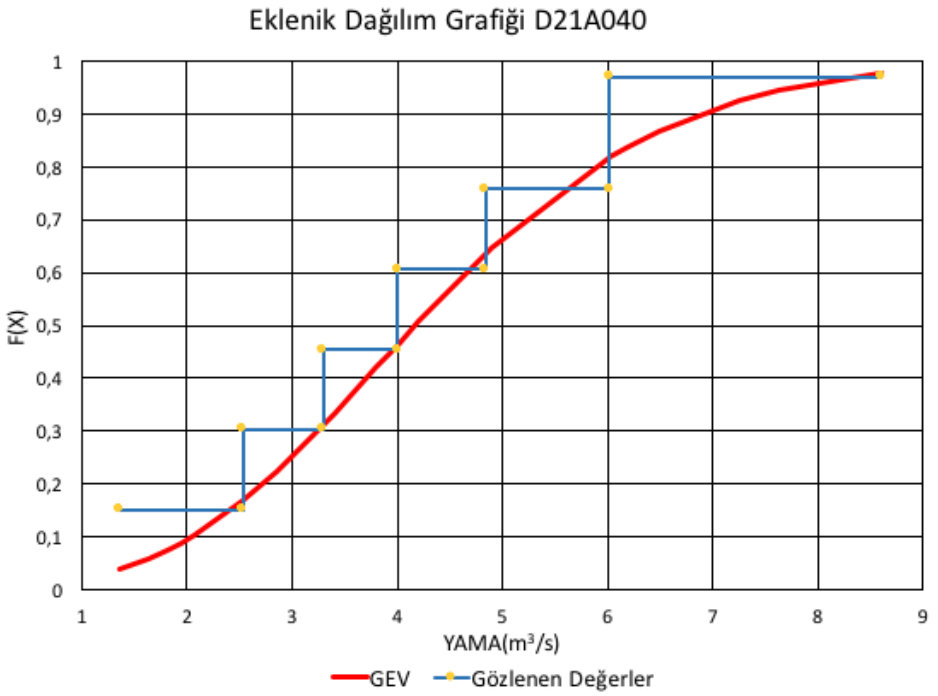


Şekil D.6 : E22A047 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.

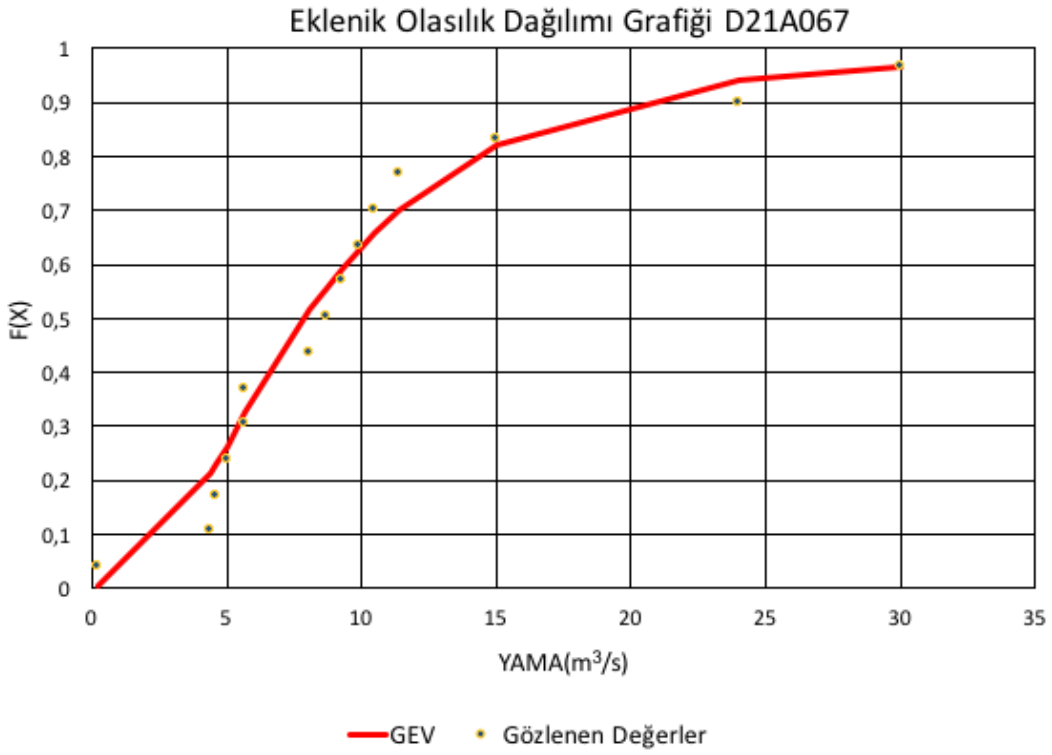
EK E



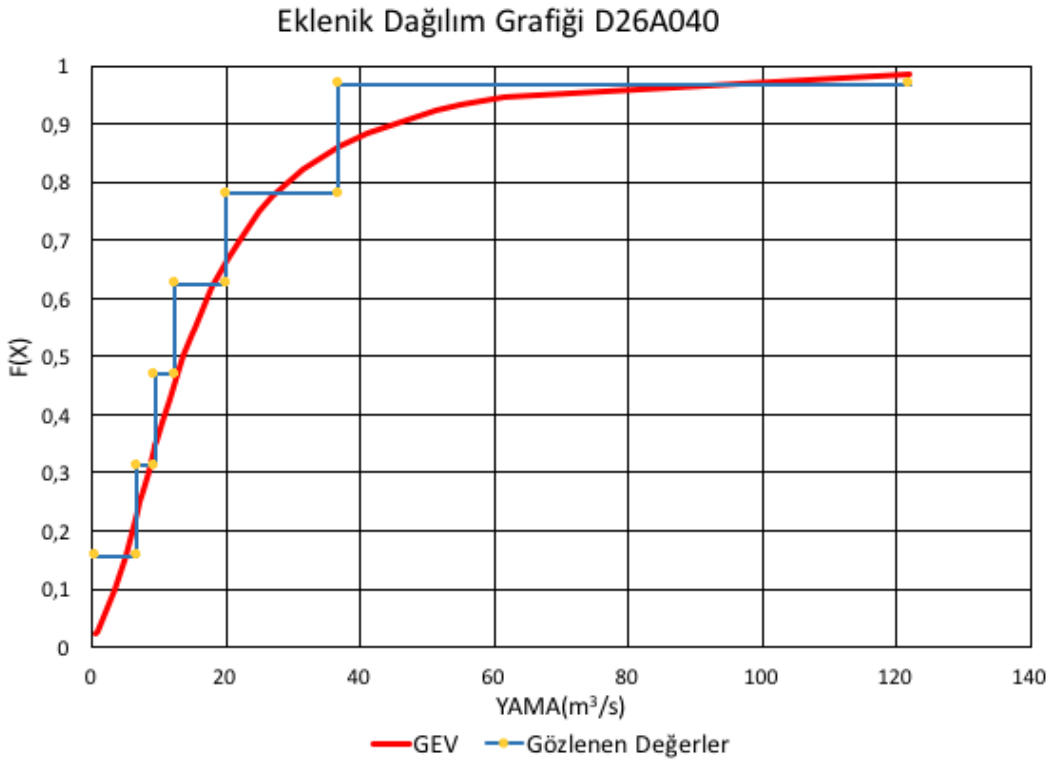
Şekil E.1 : D21A001 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



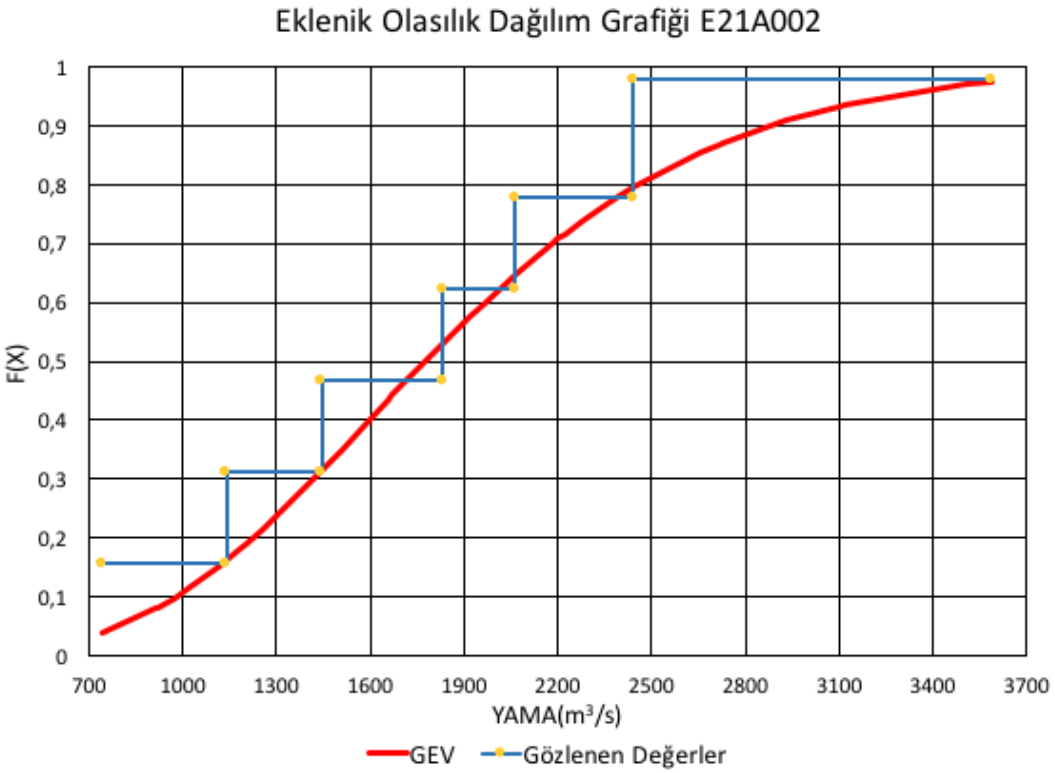
Şekil E.2 : D21A040 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



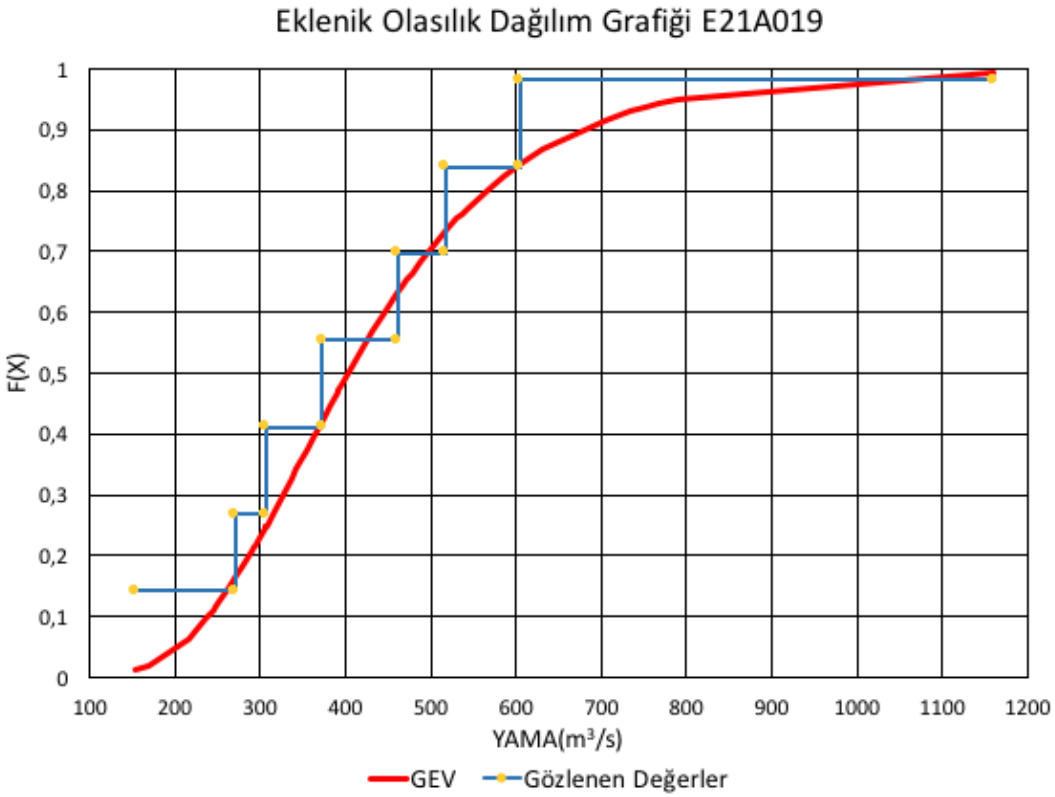
Şekil E.3 : D21A067 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



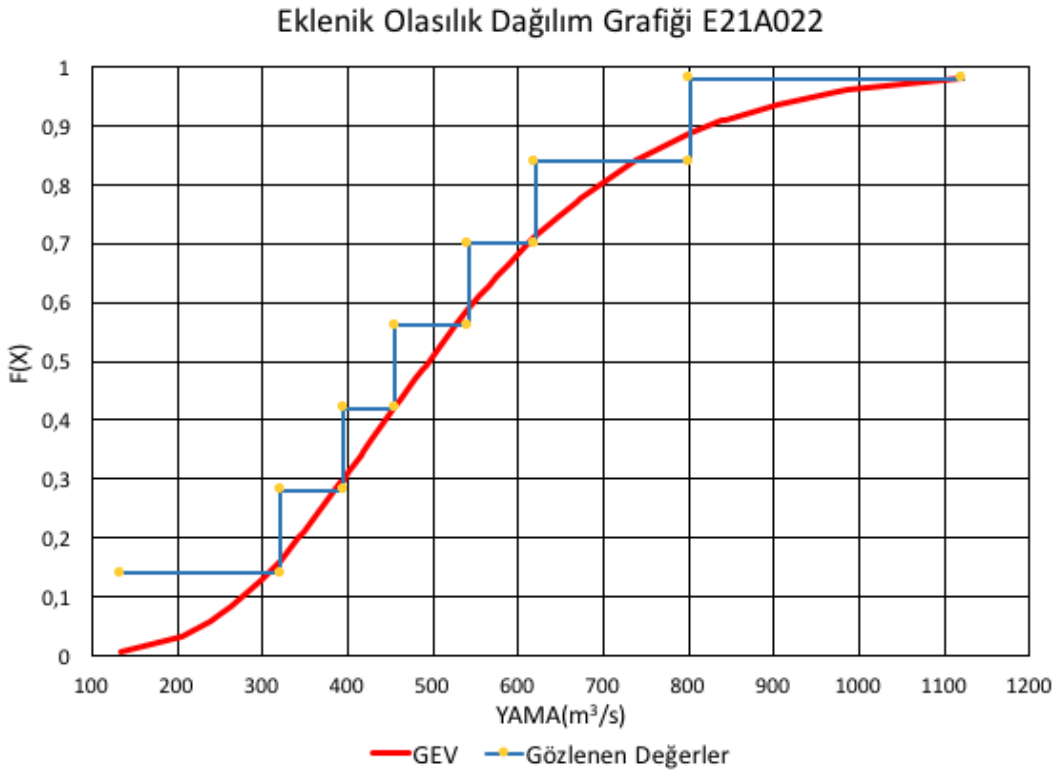
Şekil E.4 : D26A040 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



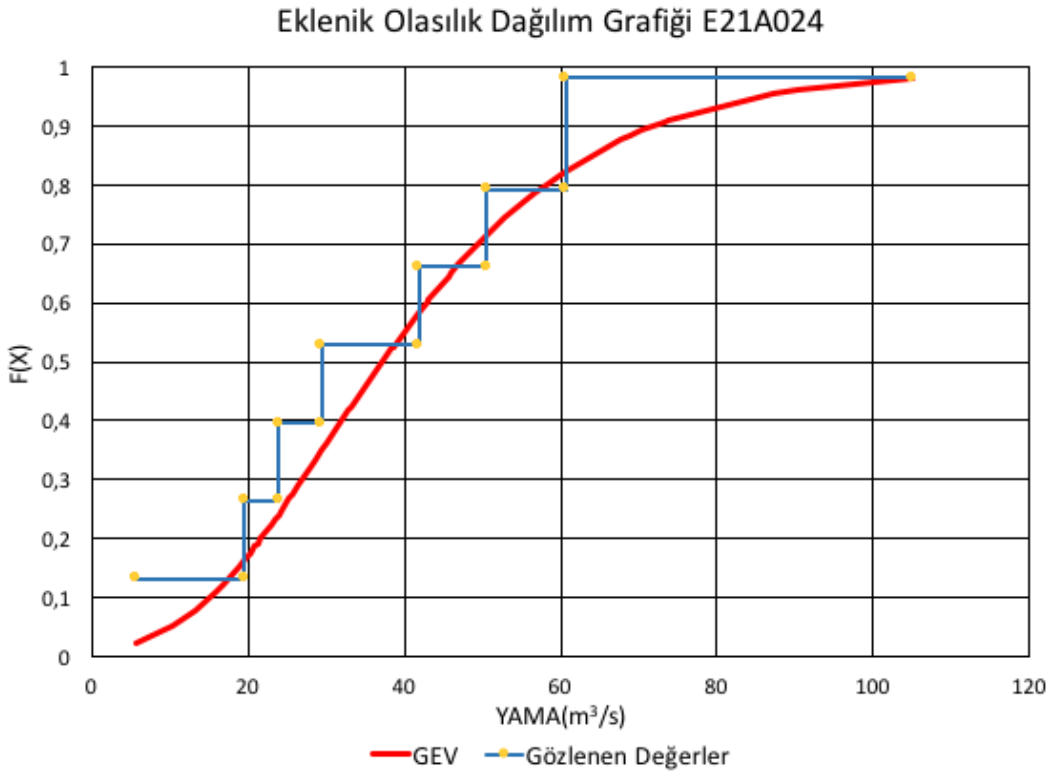
Şekil E.5 : E21A002 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



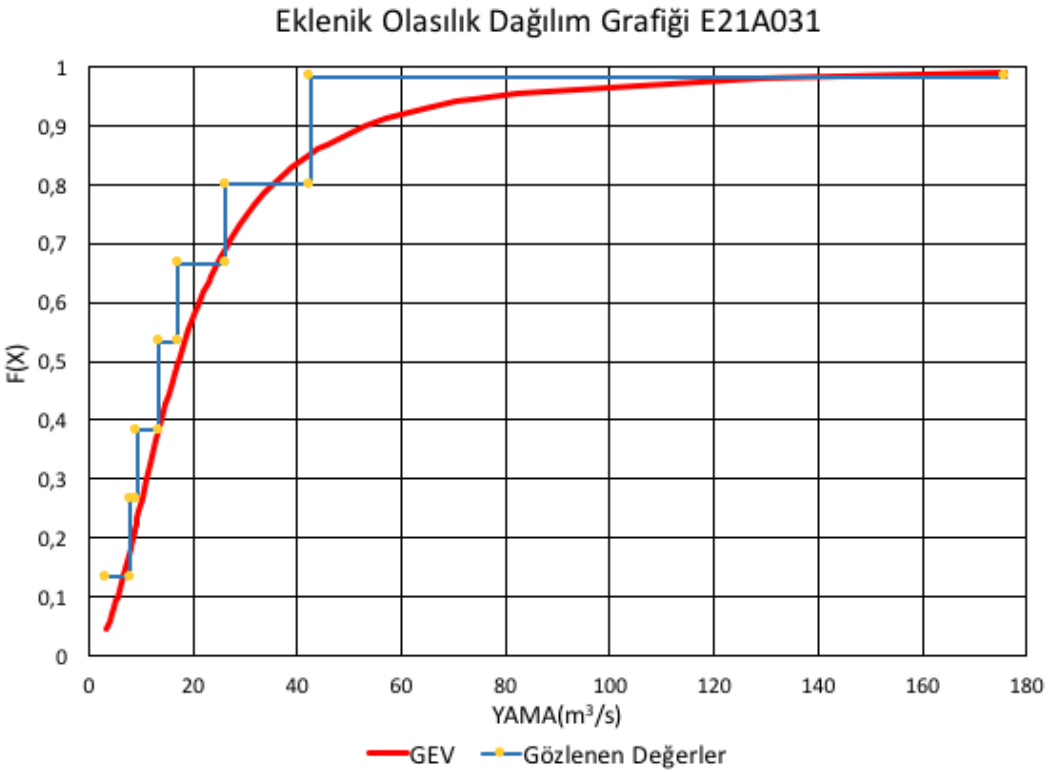
Şekil E.6 : E21A019 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



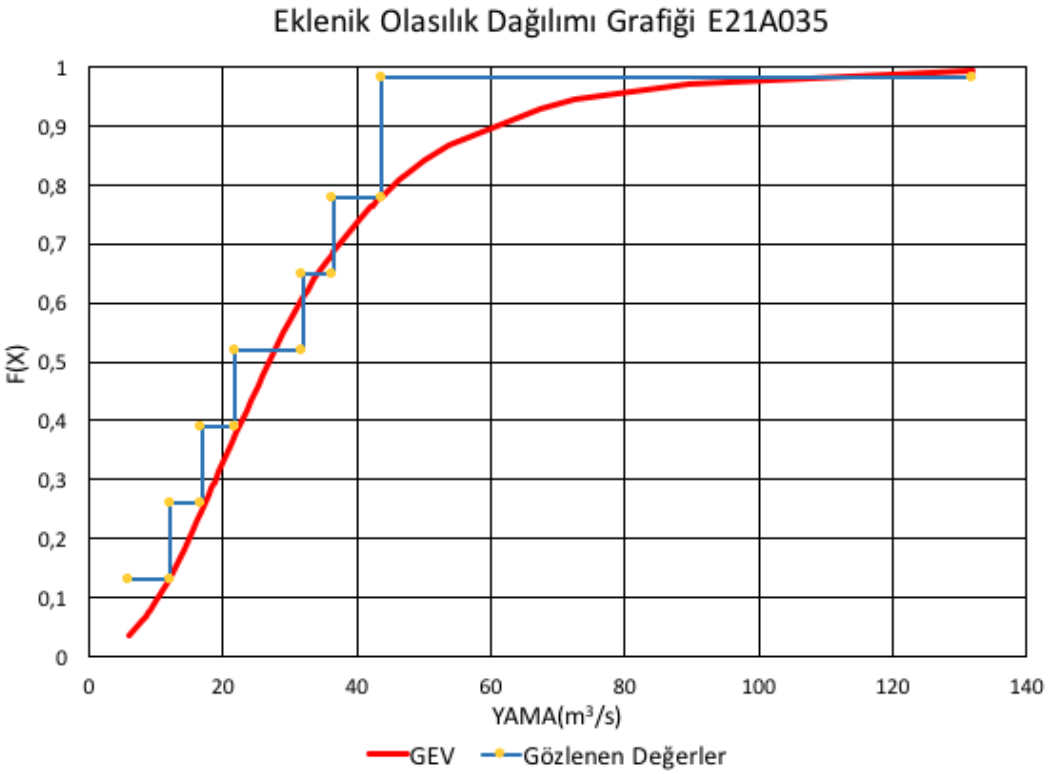
Şekil E.7 : E21A022 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



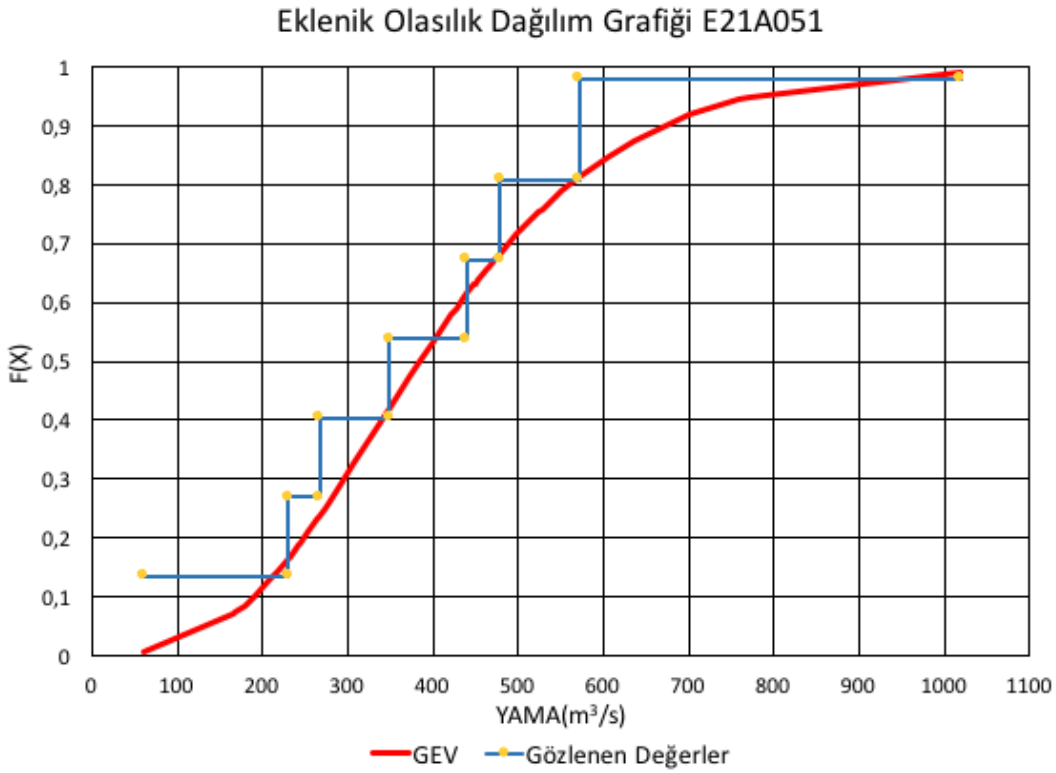
Şekil E.8 : E21A024 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



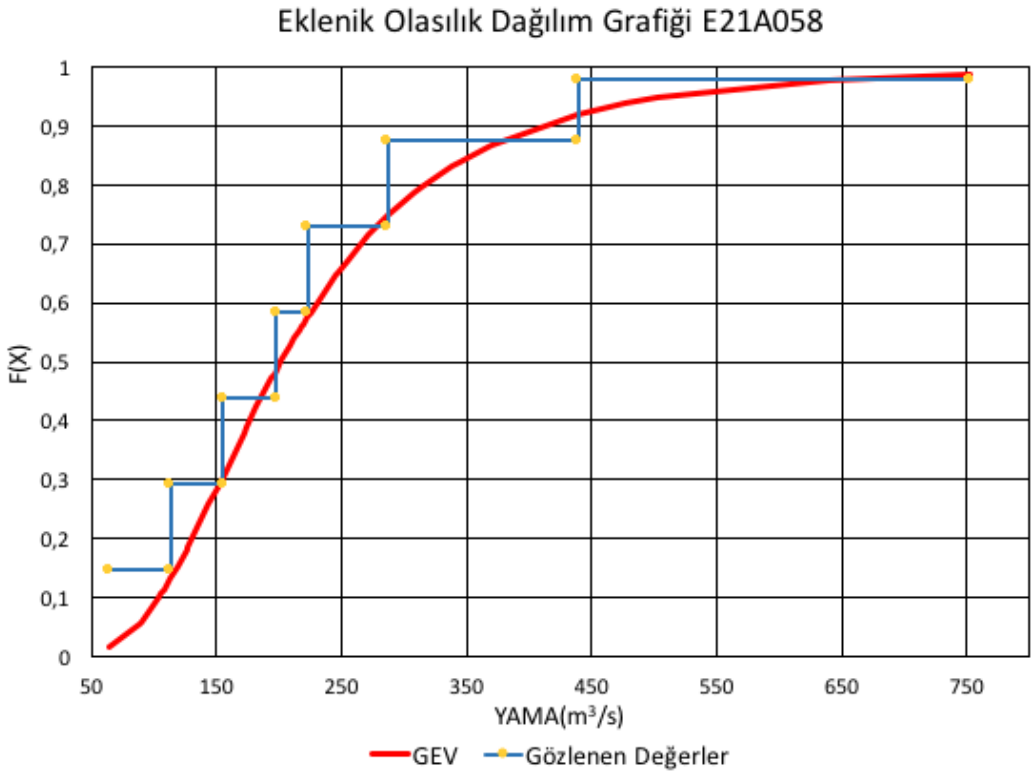
Şekil E.9 : E21A031 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



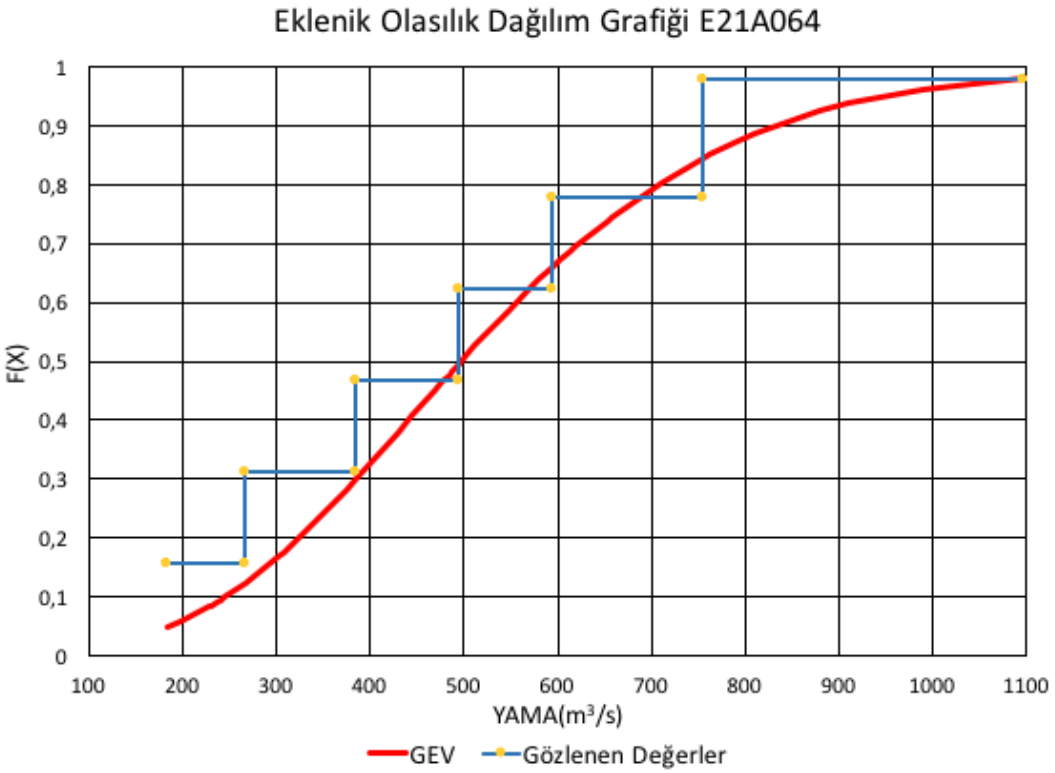
Şekil E.10 : E21A035 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



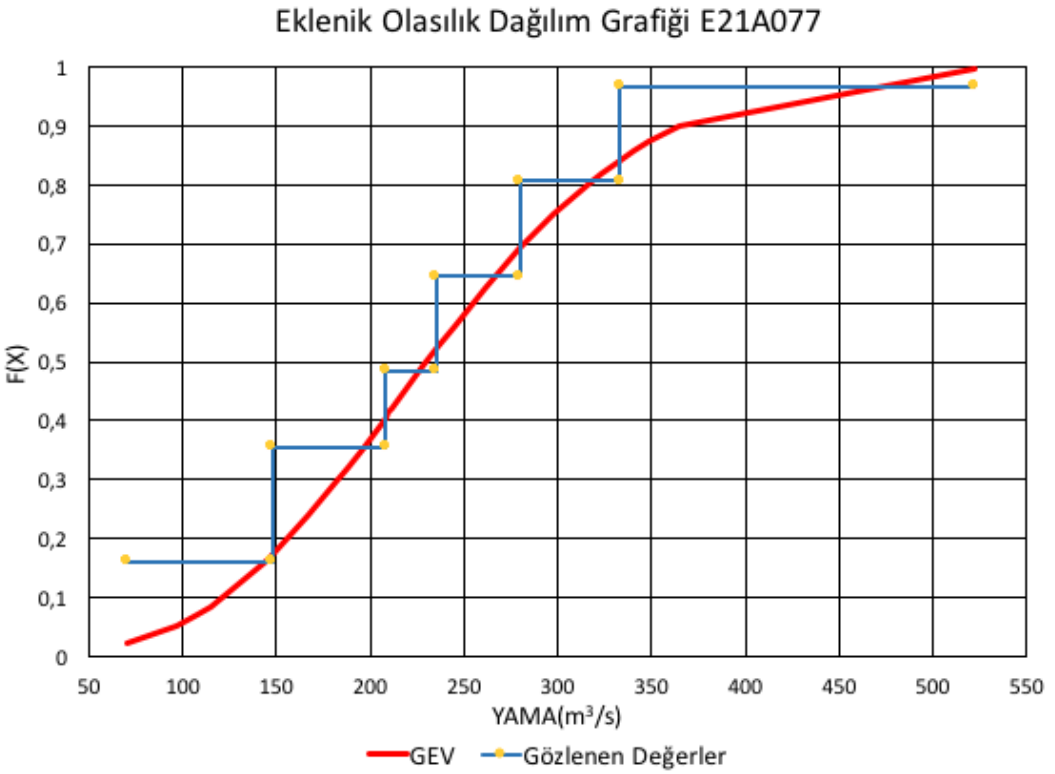
Şekil E.11 : E21A051 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



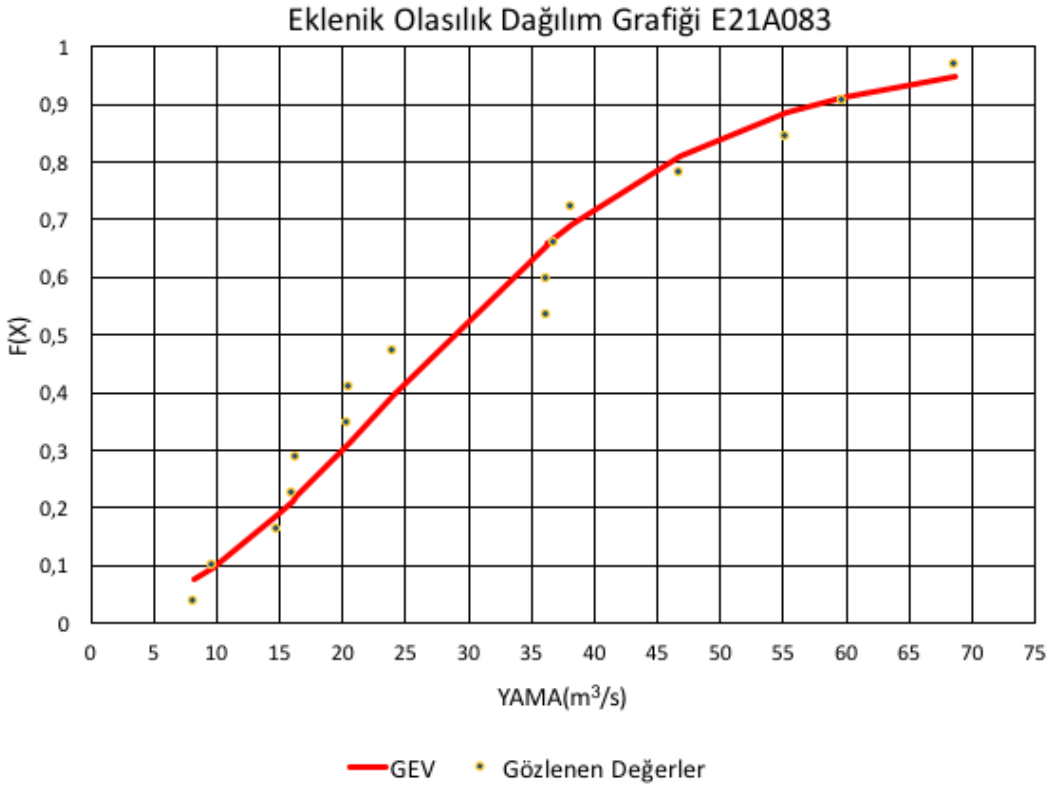
Şekil E.12 : E21A058 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



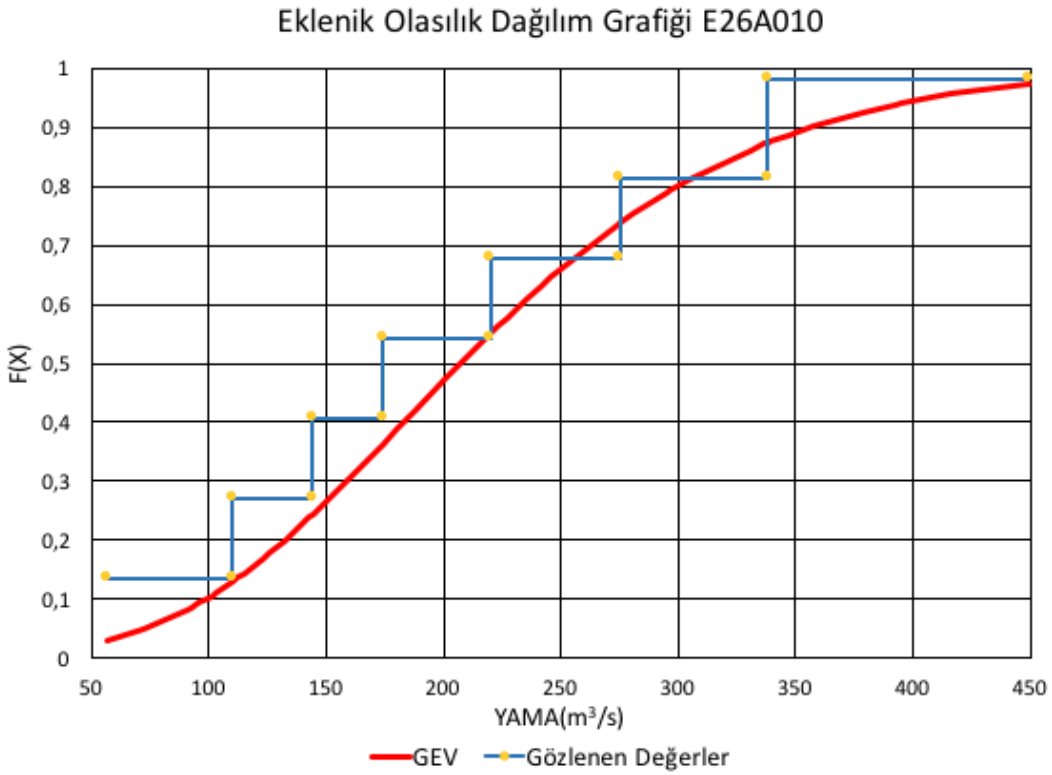
Şekil E.13 : E21A064 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



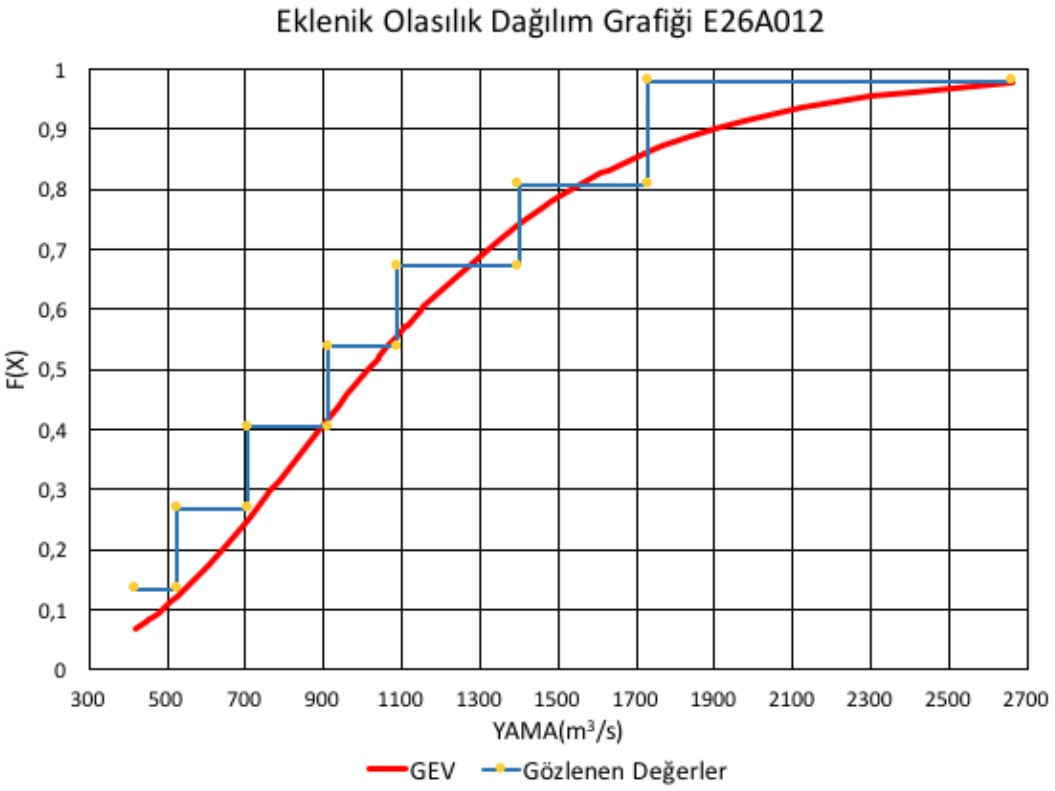
Şekil E.14 : E21A077 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



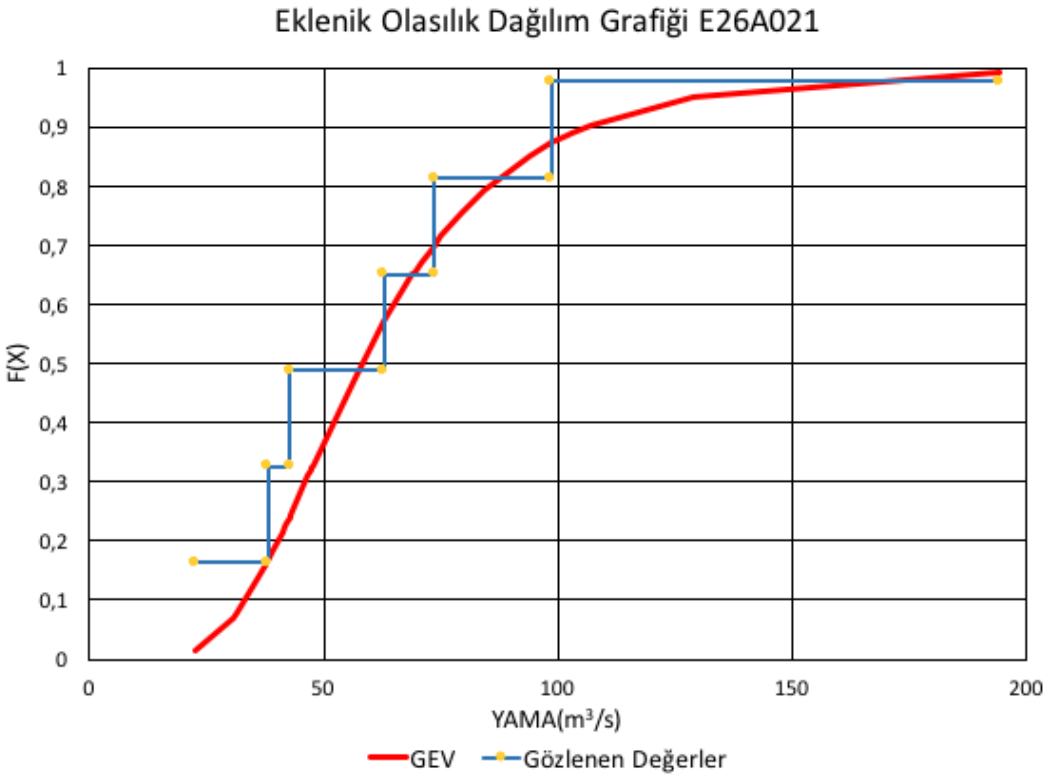
Şekil E.15 : E21A083 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



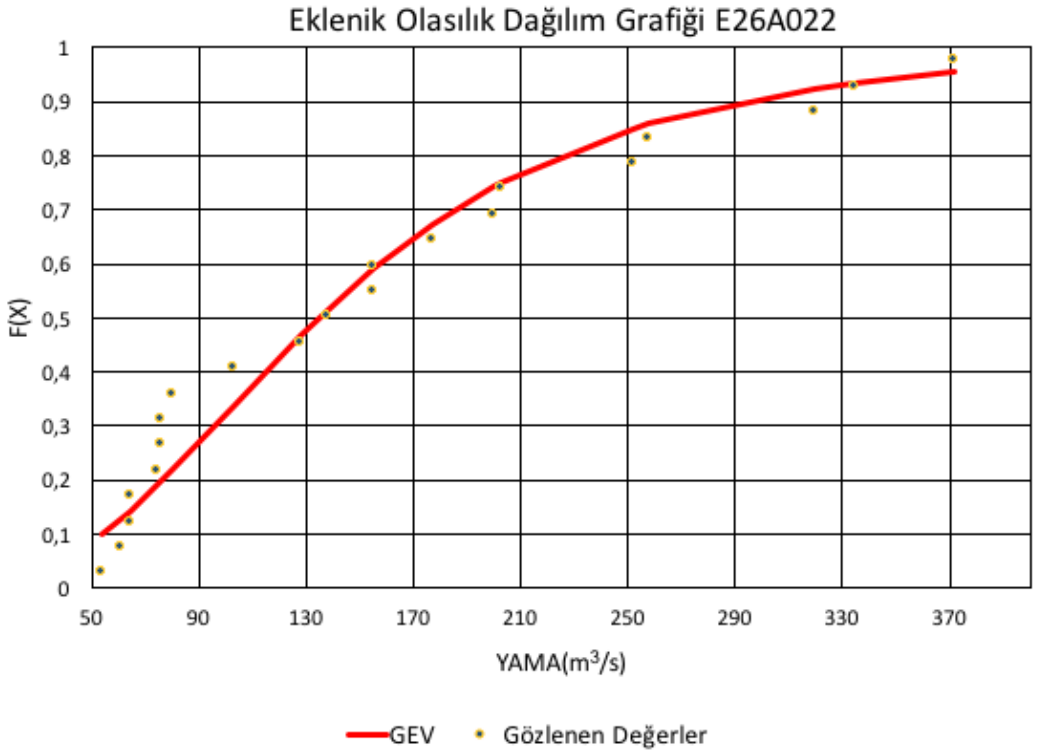
Şekil E.16 : E26A010 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



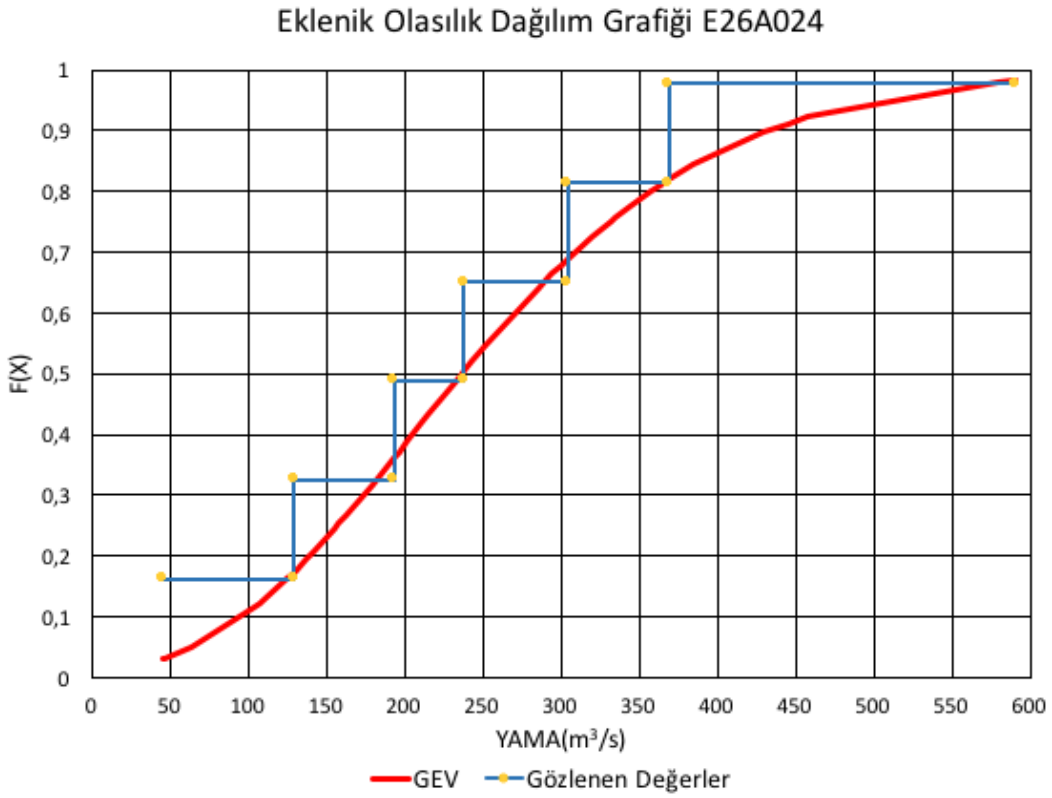
Şekil E.17 : E26A012 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.



Şekil E.18 : E26A021 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.

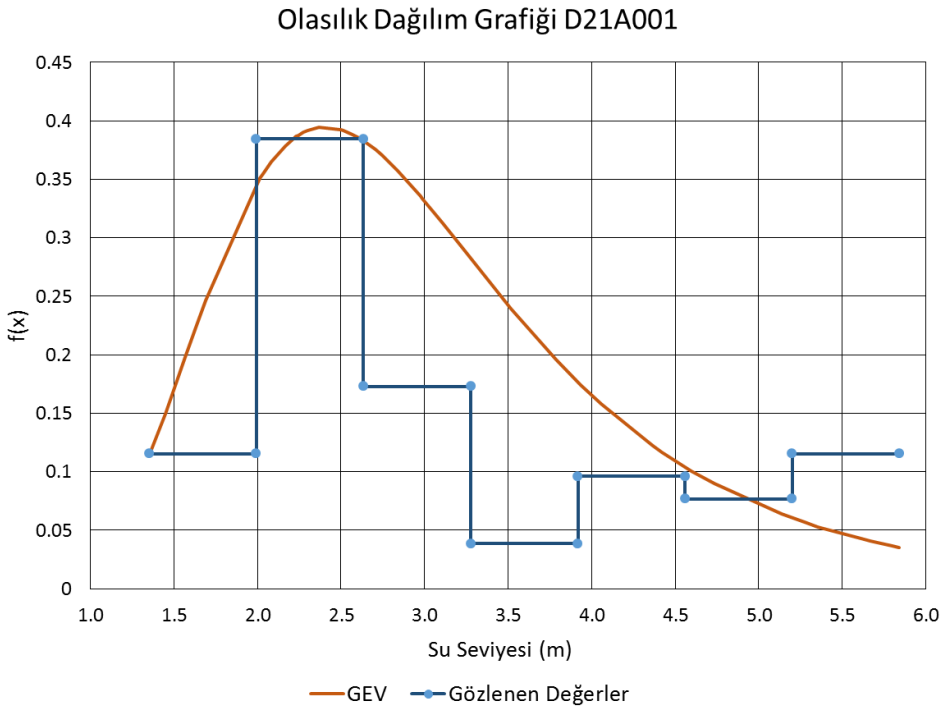


Şekil E.19 : E26A022 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.

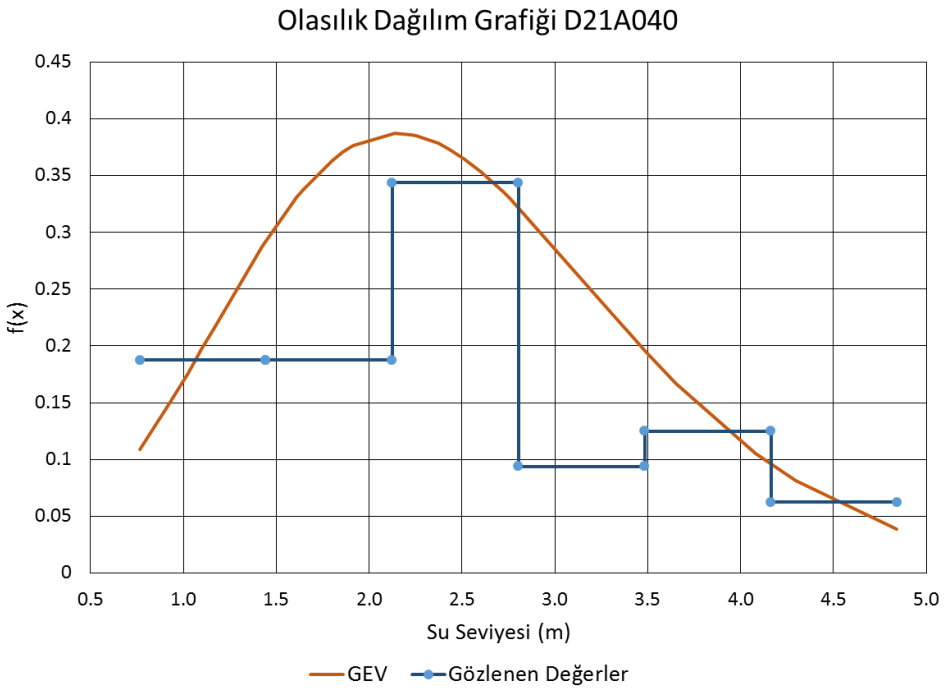


Şekil E.20 : E26A024 akım gözlem istasyonu eklenik dağılım grafiği.

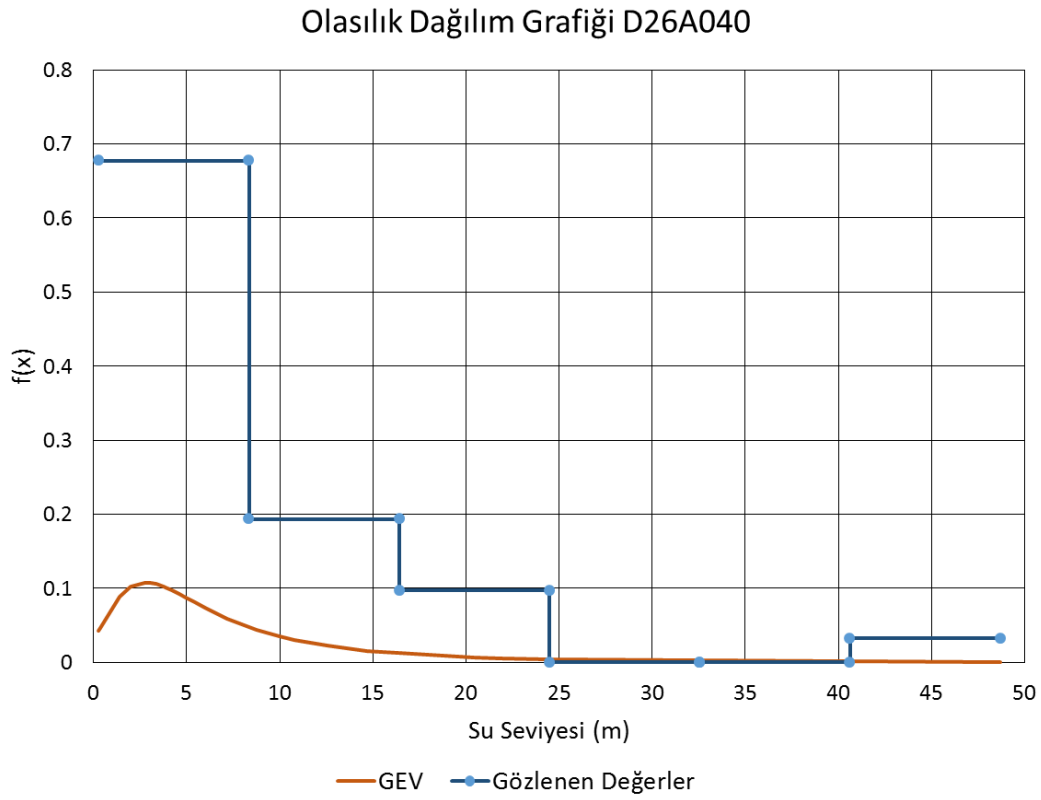
EK F



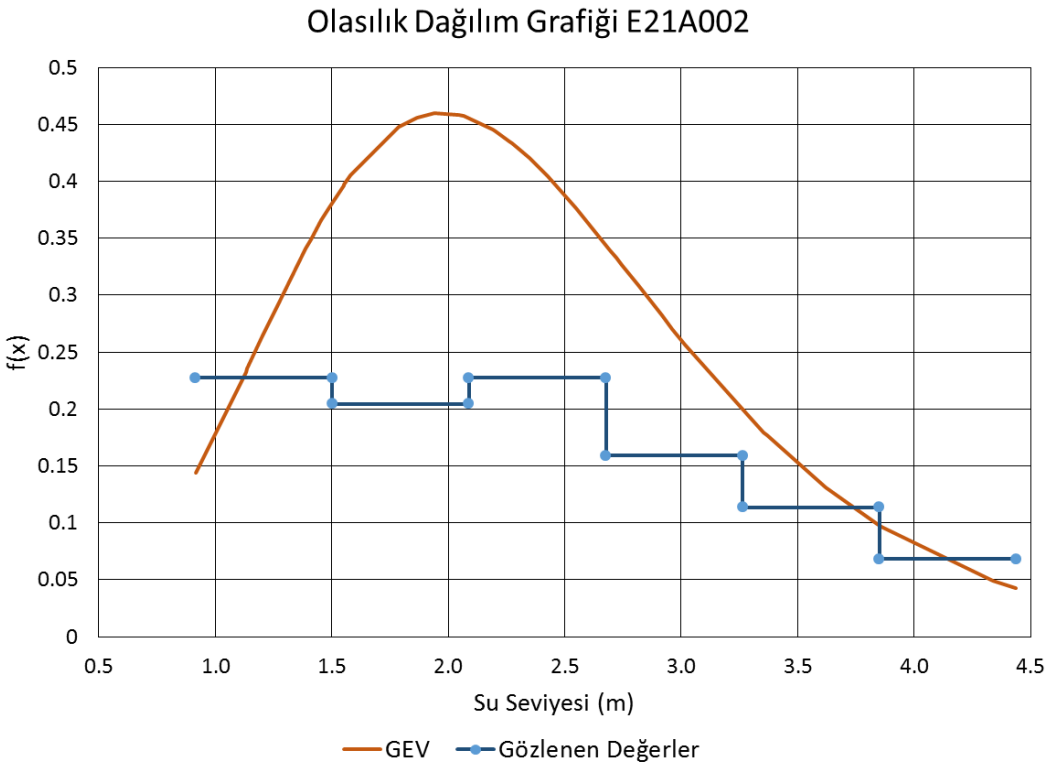
Şekil F.1 : D21A001 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



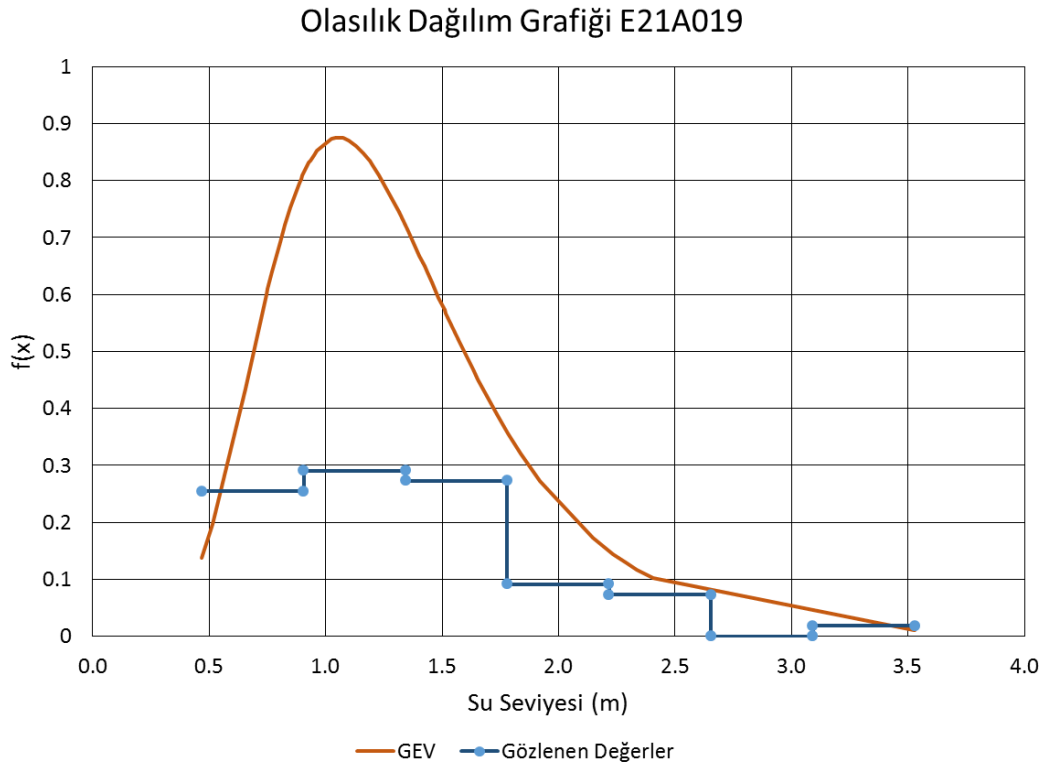
Şekil F.2 : D21A040 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



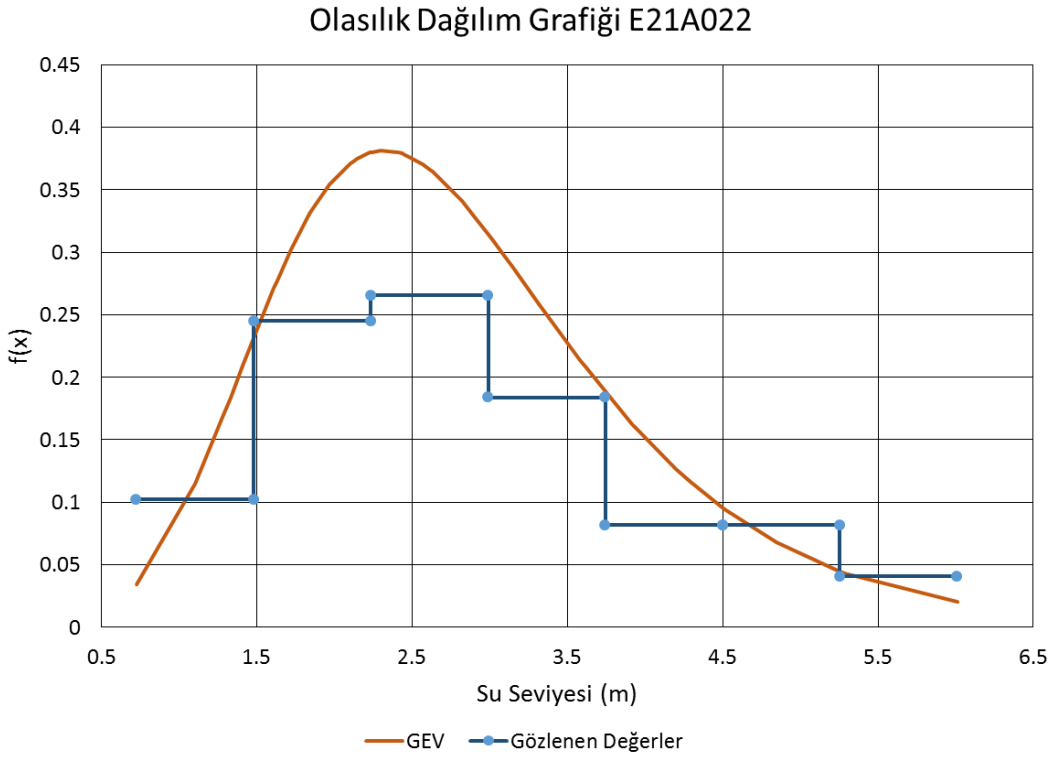
Şekil F.3 : D26A040 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



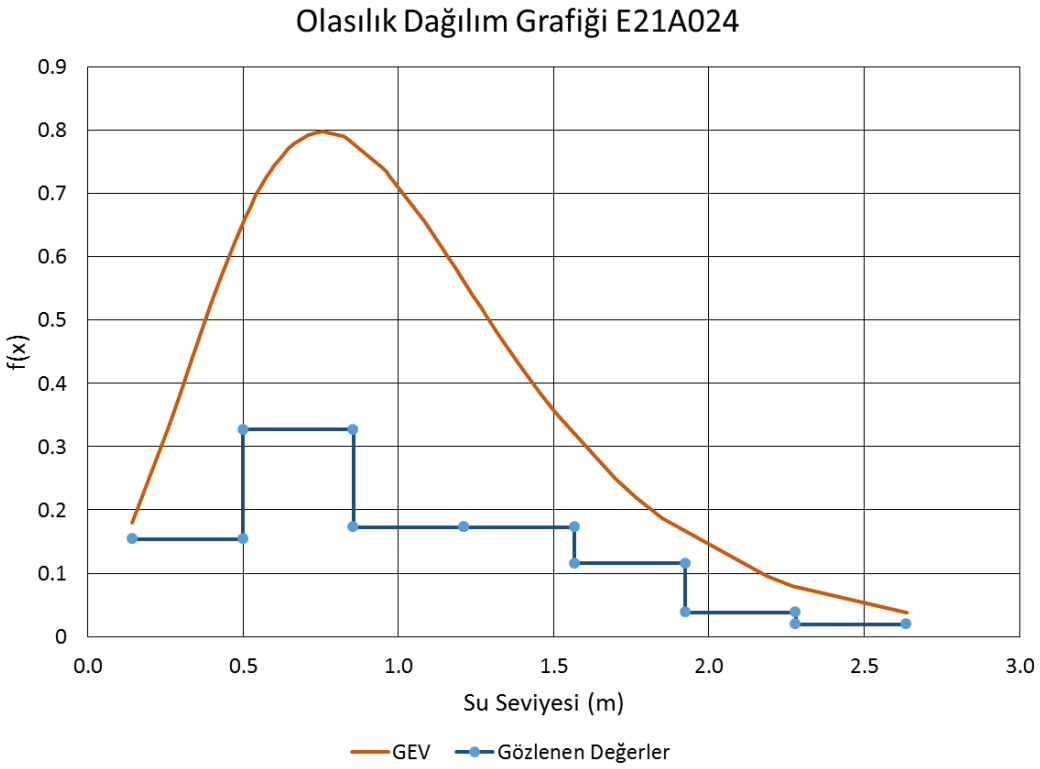
Şekil F.4 : E21A002 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



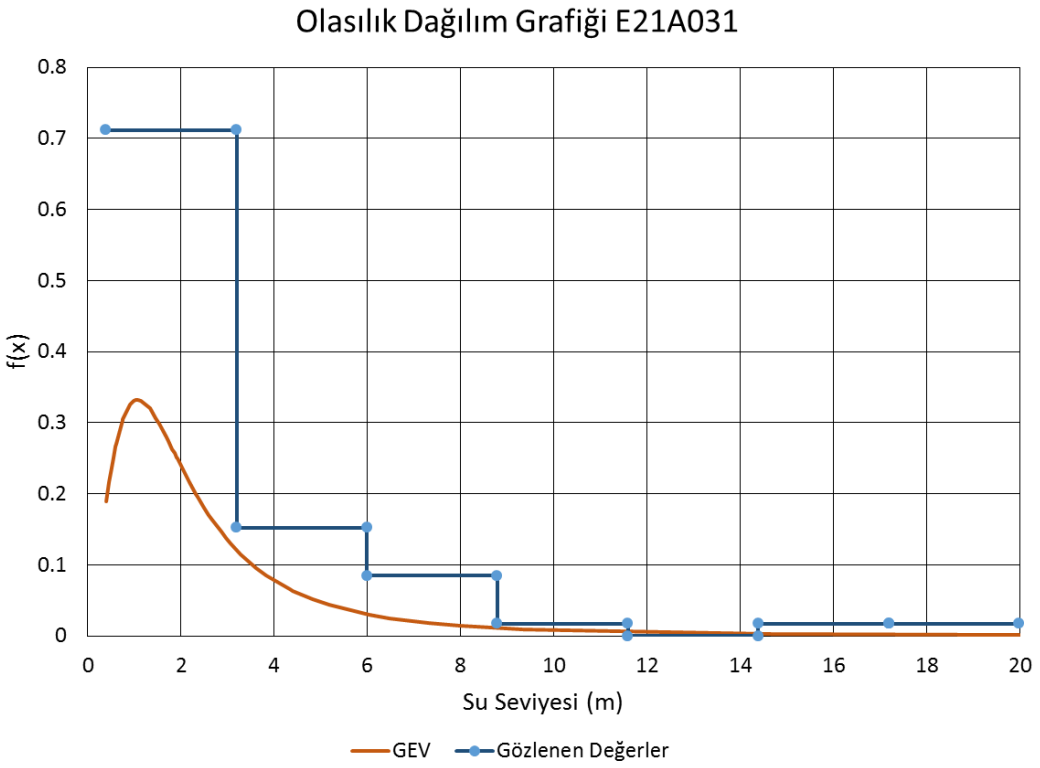
Şekil F.5 : E21A019 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



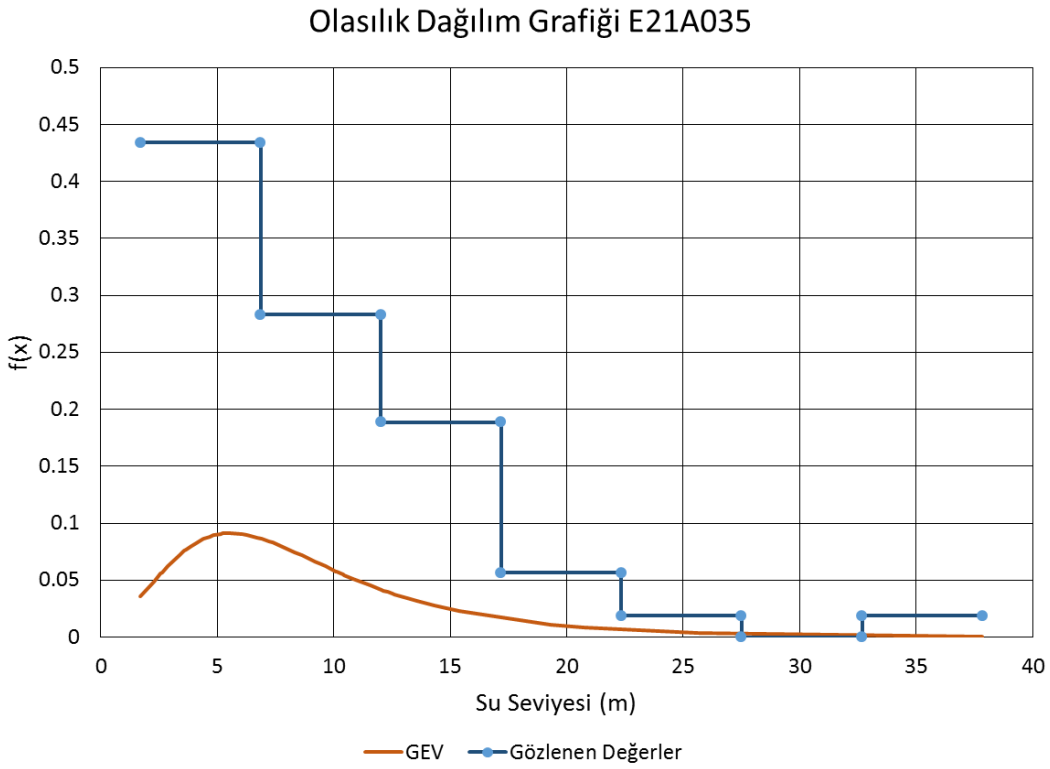
Şekil F.6 : E21A022 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



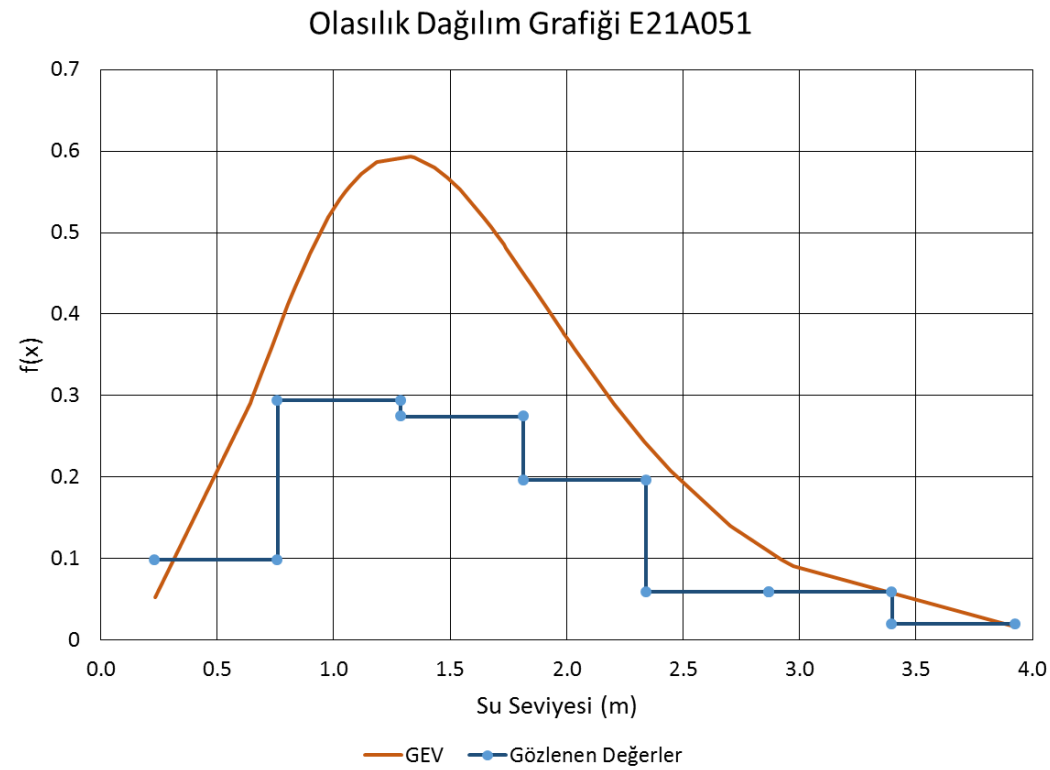
Şekil F.7 : E21A024 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



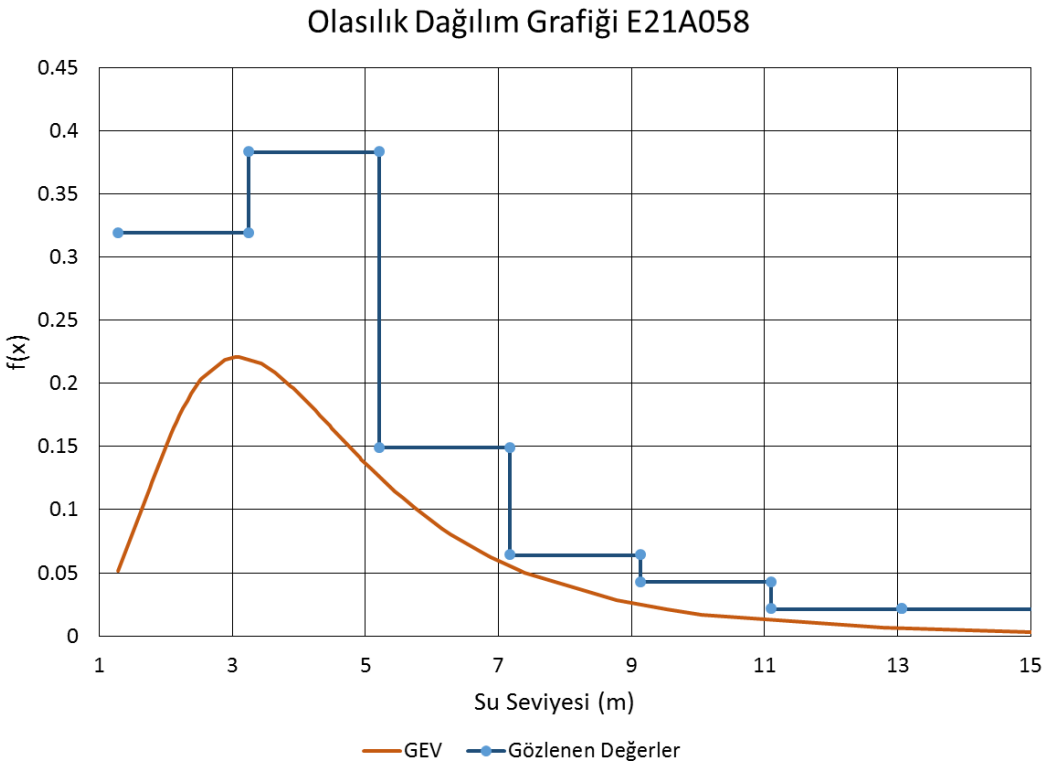
Şekil F.8 : E21A031 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



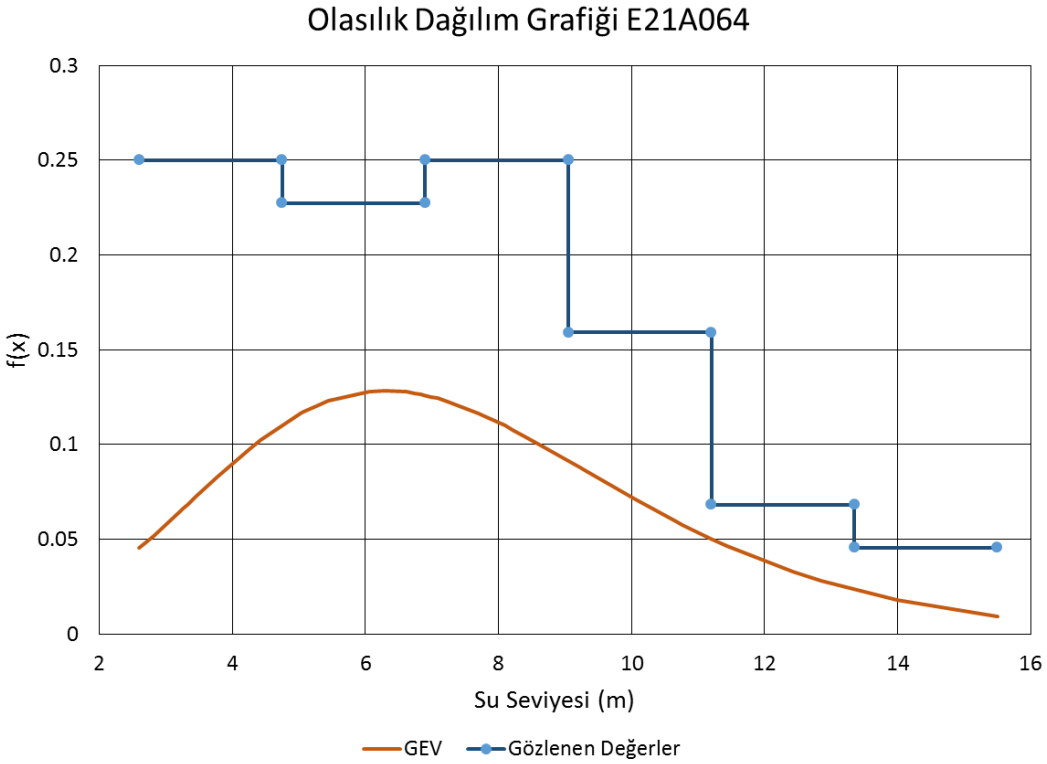
Şekil F.9 : E21A035 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



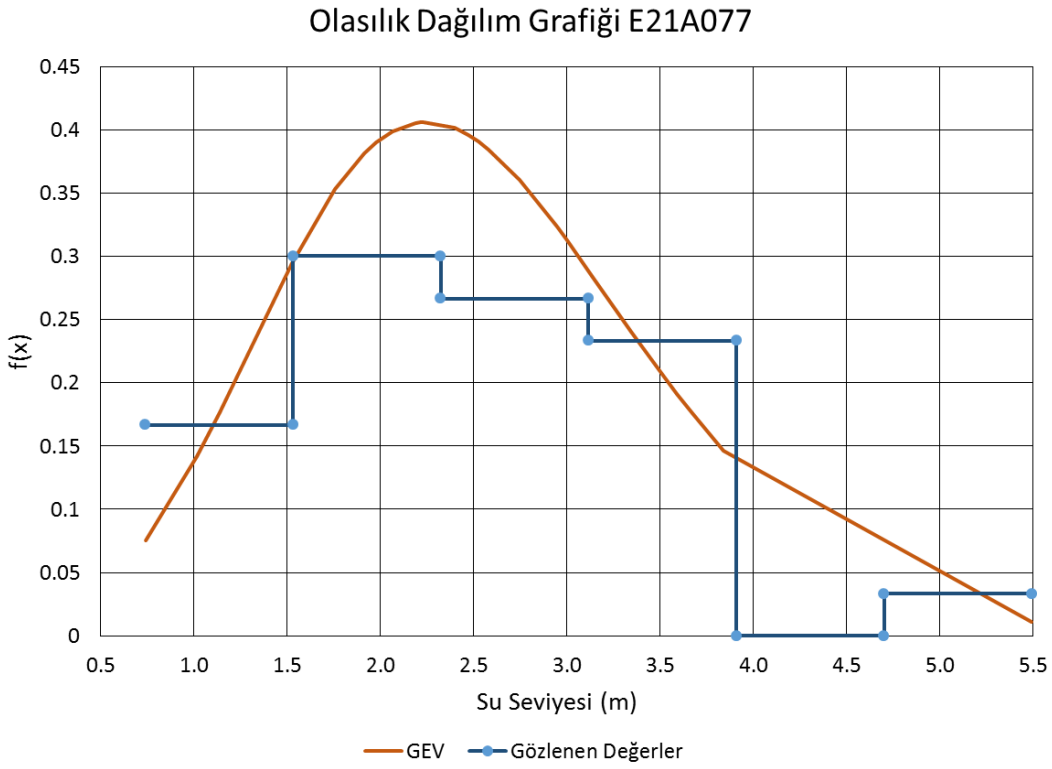
Şekil F.10 : E21A051 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



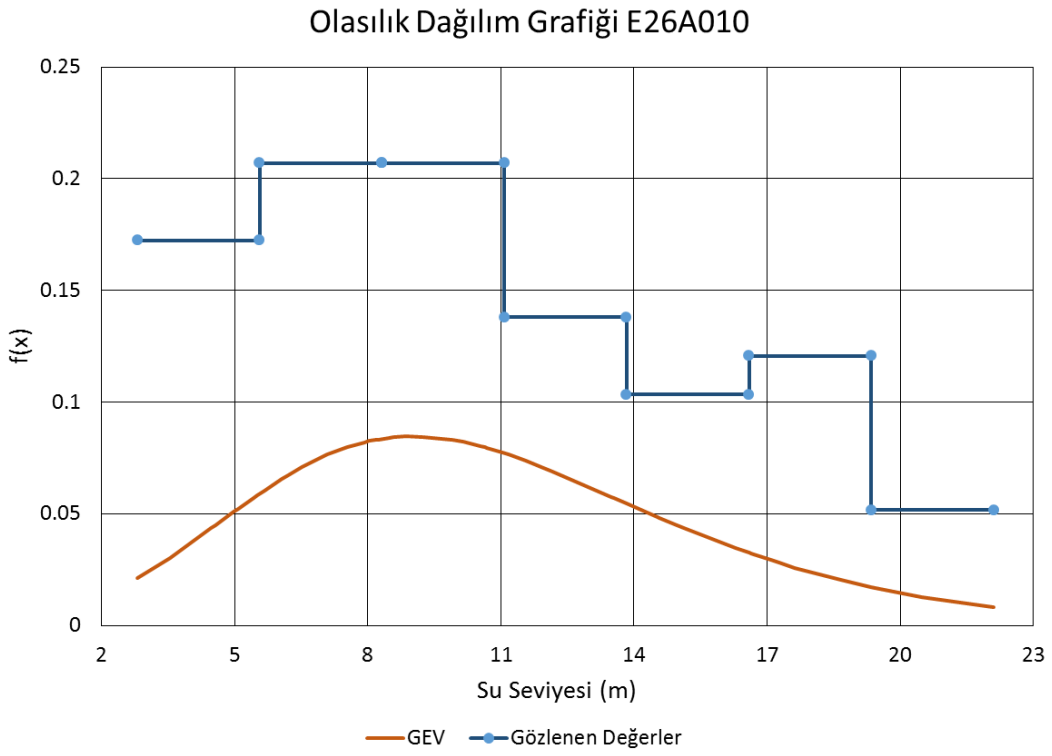
Şekil F.11 : E21A058 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



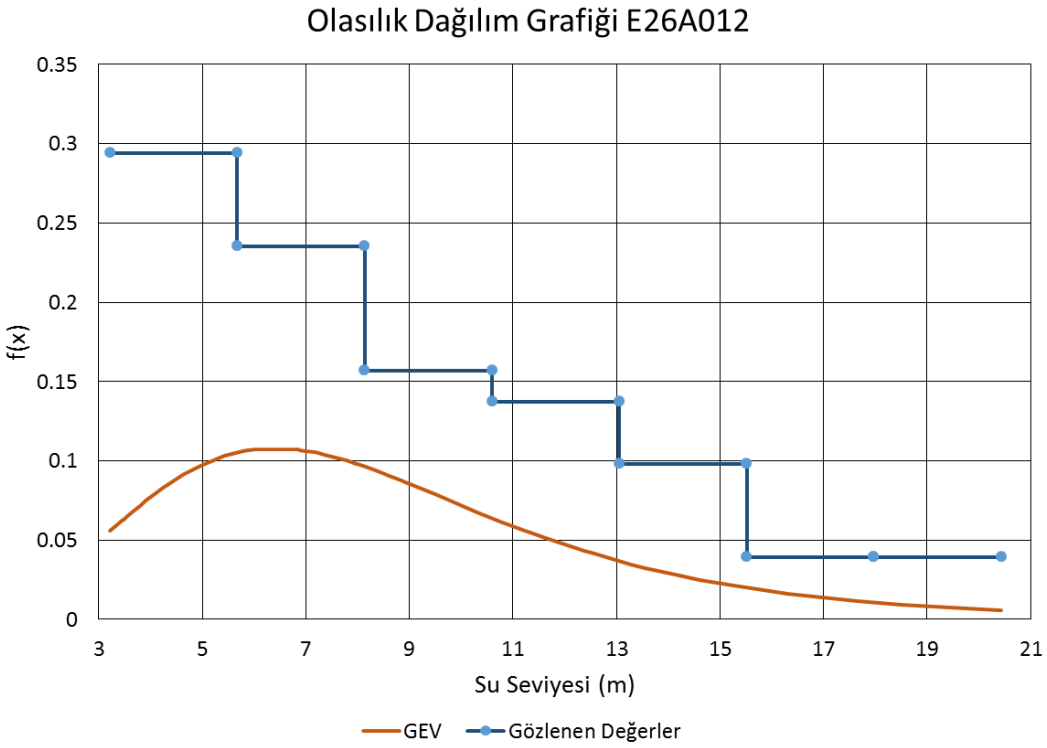
Şekil F.12 : E21A064 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



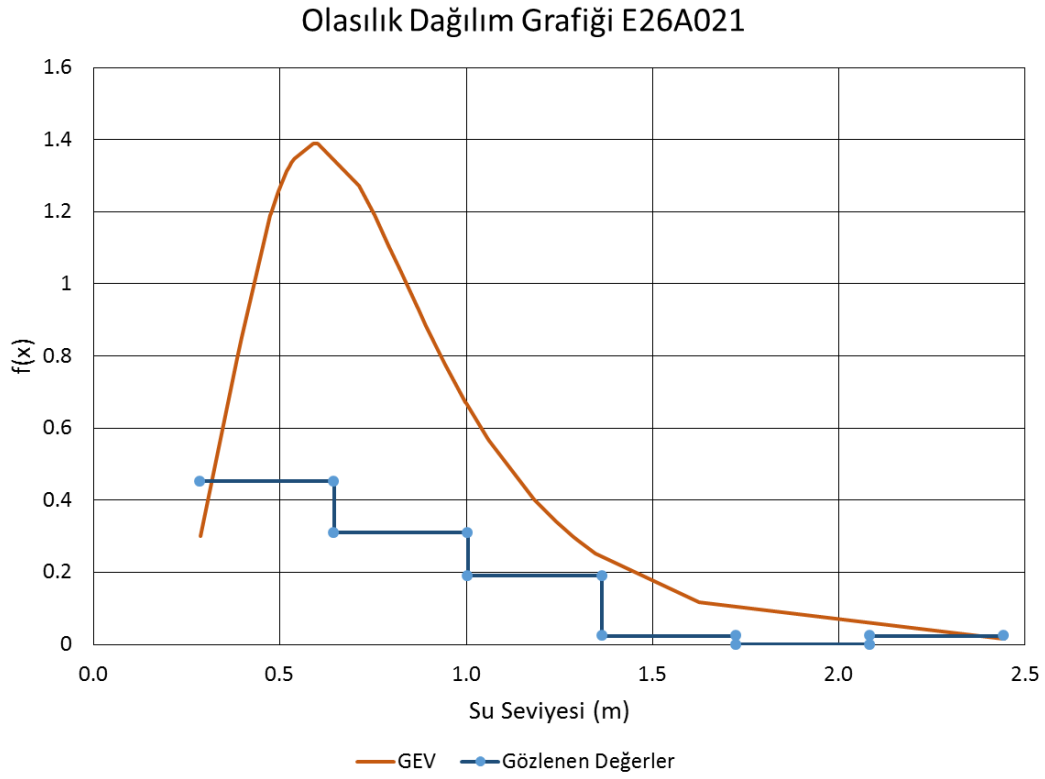
Şekil F.13 : E21A077 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



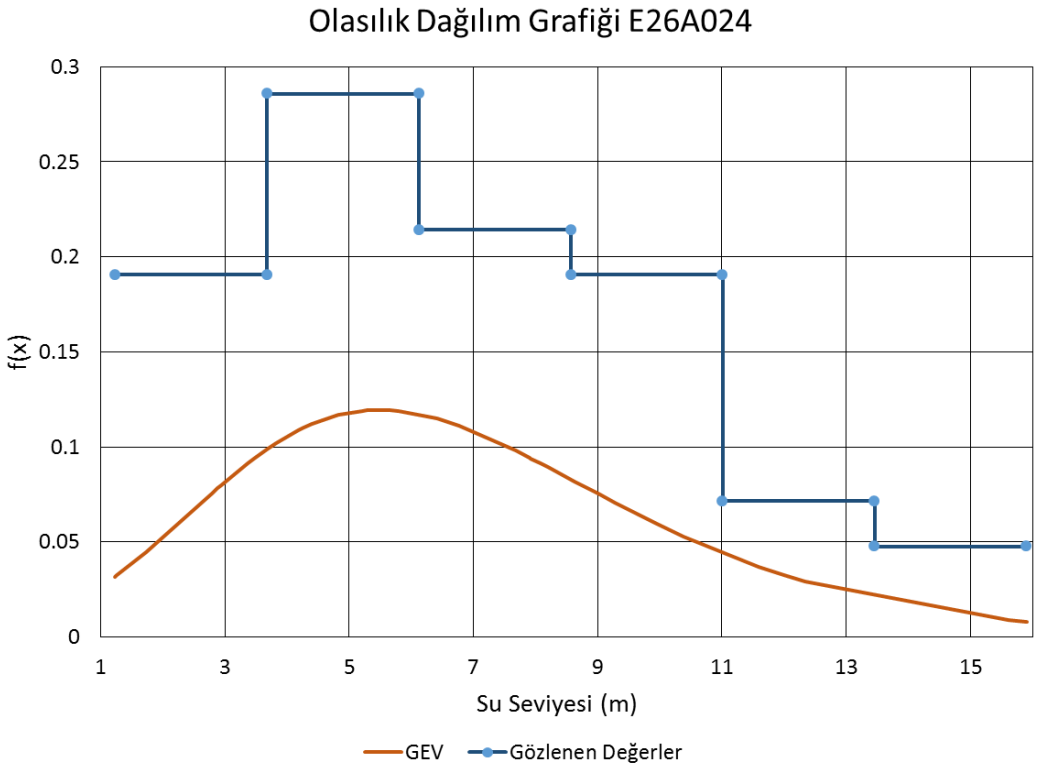
Şekil F.14 : E26A010 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



Şekil F.15 : E26A012 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



Şekil F.16 : E26A021 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.



Şekil F.17 : E26A024 akım gözlem istasyonu olasılık dağılım grafiği.

EK G

```
Sub Makro1()
' Makro1 Makro
Dim a AsInteger
Dim b AsInteger
Dim c AsDouble
Dim d AsDouble
Dim e AsDouble
Dim f AsDouble
Dim g AsDouble
Dim h AsDouble
DımAsDouble
Dim j AsDouble
Dim k AsDouble
Dim l AsDouble
Dim m AsDouble
Dim n AsDouble
Dim o AsDouble
Dim p AsDouble
Dim r AsDouble
Dim s AsDouble
Dim t AsDouble
Dim u AsDouble
Dim v AsDouble
Dim y AsDouble
Dim z AsDouble
b = 0
c = 0
e = 0
g = 0
Range("C3").Select
For a = 3 To 100
ActiveSheet.Cells(a, 3).Select
c = c + ActiveCell.Value
IfNot ActiveCell.Value = "" Then
b = b + 1  'kaç yıllık data var
EndIf
Next a
c = c / b 'ortalama
For a = 3 To 100
ActiveSheet.Cells(a, 3).Select
IfNot ActiveCell.Value = "" Then
d = ActiveCell.Value
d = (d - c) ^ 2
e = e + d
```

Şekil G.1 : Excel makrosu.

```
EndIf
Next a
e = e / b
e = e ^ 0.5
f = e / c 'varyasyon katsayısı
For a = 3 To 100
ActiveSheet.Cells(a, 3).Select
IfNot ActiveCell.Value = "" Then
g = ActiveCell.Value
g = (g - c) ^ 3
h = h + g
EndIf
Next a
h = (b / ((b - 1) * (b - 2))) * (h / (e ^ 3)) 'çarpıklık katsayısı
k = 1
j = 0
For a = 3 To b + 2
ActiveSheet.Cells(a, 3).Select
IfNot ActiveCell.Value = "" Then
ı = ActiveCell.Value
j = j + ((b - k) * ı) / (b * (b - 1)) 'b1
k = k + 1
EndIf
Next a
k = 1
l = 0
m = 0
n = 0
For a = 3 To b + 1
ActiveSheet.Cells(a, 3).Select
IfNotActiveCell.Value = "" Then
ı = ActiveCell.Value
m = (b - k) * (b - k - 1) * ı
n = b * (b - 1)
n = n * (b - 2)
l = l + m / n 'b2
k = k + 1
EndIf
Next a
k = 1
o = 0
m = 0
n = 0
For a = 3 To b
ActiveSheet.Cells(a, 3).Select
IfNot ActiveCell.Value = "" Then
ı = ActiveCell.Value
m = (b - k) * (b - k - 1) * (b - k - 2) * ı
n = b * (b - 1)
n = n * (b - 2)
n = n * (b - 3)
o = o + m / n 'b3
```

Şekil G.1 (devamı) : Excel makrosu.

```
k = k + 1
EndIf
Next a
p = 2 * j - c 'lambda2
r = (6 * l) - (6 * j) + c 'lambda3
s = (20 * o) - (30 * l) + (12 * j) - c 'lambda4
t = p / c 'değişim katsayısı
u = r / p 'çarpıklık katsayısı
v = s / p 'kurtosis katsayısı
y = p / 0.693147181 'gumbel dağılımı alfa
z = c - 0.5772 * y 'gumbel dağılımı epsilon
Range("E3").Select
ActiveCell.Value = b
Range("F3").Select
ActiveCell.Value = c
Range("G3").Select
ActiveCell.Value = e
Range("H3").Select
ActiveCell.Value = f
Range("I3").Select
ActiveCell.Value = h
Range("J3").Select
ActiveCell.Value = c
Range("K3").Select
ActiveCell.Value = j
Range("L3").Select
ActiveCell.Value = l
Range("M3").Select
ActiveCell.Value = o
Range("E6").Select
ActiveCell.Value = c
Range("F6").Select
ActiveCell.Value = p
Range("G6").Select
ActiveCell.Value = r
Range("H6").Select
ActiveCell.Value = s
Range("E9").Select
ActiveCell.Value = t
Range("F9").Select
ActiveCell.Value = u
Range("G9").Select
ActiveCell.Value = v
Range("H9").Select
ActiveCell.Value = y
Range("I9").Select
ActiveCell.Value = z
Range("E2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "KAÇ YILLIK DATA VAR?"
Range("F2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "ORTALAMA(MEAN)"
Range("G2").Select
```

Şekil G.1 (devamı) : Excel makrosu.

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "STANDART SAPMA"
Range("H2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "VARYASYON KATSAYISI"
Range("I2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "ÇARPIKLIK KATSAYISI"
Range("J2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "B0"
Range("K2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "B1"
Range("L2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "B2"
Range("M2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "B3"
Range("E5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "LAMBDA 1"
Range("F5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "LAMBDA 2"
Range("G5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "LAMBDA 3"
Range("H5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "LAMBDA 4"
Range("E8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "DEĞİŞİM KATSAYISI"
Range("F8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "ÇARPIKLIK KATSAYISI"
Range("G8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "KURTOSİS KATSAYISI"
Range("H8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "GUMBEL DAĞILIMI ALFA"
Range("I8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "GUMBEL DAĞILIMI EPSİLON"
EndSub
```

Şekil G.1 (devamı) : Excel makrosu.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad **:**Cem Alpan

Doğum Tarihi ve Yeri **:** 06/09/1990, Eskişehir

E-posta **:**cemalpan@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2014-Mevcut:Proses Mühendisi, TEI, Eskişehir

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Alpan, C., Önöz, B., 2018. Flood Frequency Analysis For Extreme Maximum Flows In Eastern Black Sea, Fırat, Dicle And Çoruh River Basins. Conferance e-book Pg 174.3.*International Conferance on Civil and Enviromental Engineering,* April 24-27, 2018 Cesme, Turkey.