

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞU KARADENİZ HAVZASI
AKIMLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur ALTINIŞIK

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı**

MAYIS 2015

**DOĞU KARADENİZ HAVZASI
AKIMLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Uğur ALTINIŞIK
(501111510)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501111510 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Uğur ALTINIŞIK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“DOĞU KARADENİZ HAVZASI AKIMLARININ İNCELENMESİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Prof. Dr. Emine Beyhan YEĞEN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Betül SAF
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi: 4 Mayıs 2015
Savunma Tarihi: 27 Mayıs 2015

ÖNSÖZ

Lisans eğitimimi tamamladıktan sonra, Akköy II Hes projesinde çalışmaya başladım ve hidrolik ve su kaynakları konusunda yüksek lisans yapıp yararlı bilgiler ile kendimi geliştirmeyi hedefledim ve İstanbul Teknik Üniversitesi değerli hocalarının katkıları sayesinde bunu gerçekleştirmeye başladım.

Tez aşamasında fazlasıyla bana zaman ayırıp sonsuz derecede destekçim olan danışman Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ'e en derin şükranlarımı borç bilirim.

Üç yıl boyunca çok zorlu şekilde ulaşımım sağlayıp, iş hayatı ile birlikte sürdürdüğüm yüksek lisans eğitimim boyunca benden desteklerini esirgemeyen ve başladığım işi bitirmemi sağlayan; aileme, çalışma arkadaşlarım Ayhan AL ve Ezgican SAYIN'a teşekkür ederim.

Mayıs 2015

Uğur Altınıışık

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xix
1 GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Türkiye'nin Su Kaynakları	3
1.3 Literatür Araştırması	5
1.3.1 Akımların analizi	5
1.3.2 Trend analizi	6
1.3.3 Mevsimsellik analizi.....	7
2 YÖNTEMLER	9
2.1 Korelasyon Analizi.....	9
2.2 Doğrusal Regresyon	10
2.2.1 Basit doğrusal regresyon	10
2.3 Debi Süreklilik Çizgisi	11
2.4 Verilerin İstatistik Analizi (Dağılımların Parametrelerinin Tahmini).....	13
2.4.1 Bir rastgele değişkenin istatistik momentleri	13
2.4.1.1 Merkez parametreleri.....	14
2.4.1.2 Yayılım parametreleri	15
2.4.1.3 Çarpıklık parametreleri	16
2.5 Olasılık Dağılım Fonksiyonları	17
2.5.1 Normal ailesi	18
2.5.1.1 Normal dağılım	18
2.5.1.2 Log-Normal dağılım	19
2.5.1.3 Üç-parametrelili Log-Normal dağılım:	21
2.5.2 Gev ailesi	22
2.5.2.1 Gumbel dağılımı	22
2.5.2.2 Ekstrem değer dağılımı	24
2.5.3 Pearson TipIII ailesi	26
2.5.3.1 Pearson TipIII	26
2.5.3.2 Log Pearson TipIII.....	27
2.6 Taşkın Zarf Eğrisi.....	28
2.7 Trend Analizi.....	29
2.7.1 Mann-Kendall trend analizi	29
2.8 Mevsimsellik Analizi	31
2.8.1 Açısal mevsimsellik analizi	32
3 DOĞU KARADENİZ HAVZASI AKIMLARI ANALİZİ.....	35
3.1 Uygulama Bölgesi	35
3.2 Akımların Analizi.....	37

3.2.1 Ortalama akımların analizi	37
3.3 Doğrusal Regresyon ile Verilerin Tamamlanması	43
3.3.1 Korelasyon katsayısı	43
3.3.2 Doğrusal regresyon	44
3.4 Debi Süreklilik Eğrileri	44
3.4.1 Birim alana göre debi süreklilik eğrileri	51
3.4.2 En kötü senaryoların analizi	52
3.5 Taşkın Frekans Analizi	58
3.6 Taşkın Zarf Eğrisi	64
3.7 Trend Analizi	66
3.7.1 Yıllık ortalama akımların trend analizi	67
3.7.2 Maksimum akımların trend analizi	72
3.8 Mevsimsellik Analizi	77
3.8.1 Açısal mevsimsellik analizi	77
3.8.1.1 Birim daireler	78
4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	87
4.1 Akım Analizi	87
4.2 Debi Süreklilik Eğrileri	87
4.3 Taşkın Frekans Analizi	88
4.4 Taşkın Zarf Eğrisi	88
4.5 Trend Analizi	88
4.6 Mevsimsellik Analizi	89
KAYNAKLAR.....	91
EKLER.....	95
ÖZGEÇMİŞ.....	95

KISALTMALAR

MD	: Takvim Günü
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
N	: Normal Dağılımı
LN	: Log-Normal Dağılımı
LN3	: Üç parametrelili Log-Normal Dağılımı
P3	: Pearson Tip III Dağılımı
LP3	: Log-Pearson Tip III Dağılımı
EV I	: Gumbel dağılımı
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1: Türkiye'nin yer altı ve yerüstü su potansiyeli	4
Çizelge 1.2: Türkiye su kaynakları potansiyeli	5
Çizelge 3.1: Çalışmada kullanılan 12 adet AGİ ve özellikleri	36
Çizelge 3.2: İstasyonlara ait debi-süreklilik değerleri	45
Çizelge 3.3: AGİ'lerin karakteristik özellikleri	59
Çizelge 3.4: 2201 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	59
Çizelge 3.5: 2202 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	60
Çizelge 3.6: 2213 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	60
Çizelge 3.7: 2215 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	60
Çizelge 3.8: 2218 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	61
Çizelge 3.9: 2228 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	61
Çizelge 3.10: 2232 No'lu AGİ çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	61
Çizelge 3.11: 2233 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	62
Çizelge 3.12: 2238 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	62
Çizelge 3.13: 2239 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	63
Çizelge 3.14: 2245 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	63
Çizelge 3.15: 2247 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri	63
Çizelge 3.16: AGİ'lerin sıralı değerleri	65
Çizelge 3.17: Mann-Kendall trend analizi sonuçları. (Yıllık Ortalama Akımlar)	67
Çizelge 3.18: Mann-Kendall trend analizi sonuçları (Maksimum Akımlar)	72
Çizelge 3.19: İstasyonların açısız parametreleri	77
Çizelge A.1: Pearson Tip III dağılımının frekans faktörü	96
Çizelge A.2: Z Çizelgesi	97
Çizelge A.3: t Student Çizelgesi	98

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Türkiye'nin ana havzaları.....	4
Şekil 2.1: r gösterimleri.....	9
Şekil 2.2: Debi Süreklilik çizgisinin elde edilmesi.....	11
Şekil 2.3: Debi Süreklilik Çizgisi	12
Şekil 2.4: Negatif, simetrik ve pozitif çarpıklıkların gösterimi	16
Şekil 2.5: Mann-kendall hipotezleri	31
Şekil 2.6: Birim daire.....	33
Şekil 3.1: Havzanın Türkiye'deki yeri.....	35
Şekil 3.2: Doğu Karadeniz Havzası AGİ'lerin yerleşkeleri	37
Şekil 3.3: 2201 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	37
Şekil 3.4: 2202 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	38
Şekil 3.5: 2213 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	38
Şekil 3.6: 2215 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	39
Şekil 3.7: 2218 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	39
Şekil 3.8: 2228 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	40
Şekil 3.9: 2232 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	40
Şekil 3.10: 2233 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	41
Şekil 3.11: 2232 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	41
Şekil 3.12: 2239 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	42
Şekil 3.13: 2245 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	42
Şekil 3.14: 2247 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri.....	43
Şekil 3.15: 2215 ve 2233No'lu istasyonların aylık akımların diyagramı	44
Şekil 3.16: İstasyonların debi süreklilik eğrileri bir arada gösterimi.....	45
Şekil 3.17: 2201 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	46
Şekil 3.18: 2202 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	46
Şekil 3.19: 2213 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	47
Şekil 3.20: 2215 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	47
Şekil 3.21: 2218 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	48
Şekil 3.22: 2228 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	48
Şekil 3.23: 2232 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	49
Şekil 3.24: 2233 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	49
Şekil 3.25: 2238 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	50
Şekil 3.26: 2239 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	50
Şekil 3.27: 2245 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	51
Şekil 3.28: 2247 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi.....	51
Şekil 3.29: 2201 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri.....	52
Şekil 3.30: 2202 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri.....	53
Şekil 3.31: 2213 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri.....	53
Şekil 3.32: 2215 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri.....	54
Şekil 3.33: 2218 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri.....	54
Şekil 3.34: 2228 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri.....	55
Şekil 3.35: 2232 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri.....	55
Şekil 3.36: 2233 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri.....	56

Şekil 3.37: 2238 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri	56
Şekil 3.38: 2239 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri	57
Şekil 3.39: 2245 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri	57
Şekil 3.40: 2247 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri	58
Şekil 3.41: Hesaplanan dönüş aralıklarında bulunan değerlerin birlikte gösterimi ...	64
Şekil 3.42: En büyük akımlar ile oluşturulan taşkın zarf eğrisi	65
Şekil 3.43: 200 yıllık dönüş aralığı taşkın debileri ile oluşturulan zarf eğrisi	66
Şekil 3.44: Doğu Karadeniz ve Türkiye zarf eğrileri	66
Şekil 3.45: 2201 No'lu istasyon grafiği	68
Şekil 3.46: 2202 No'lu istasyon grafiği	68
Şekil 3.47: 2213 No'lu istasyon grafiği	68
Şekil 3.48: 2215 No'lu istasyon grafiği	69
Şekil 3.49: 2218 No'lu istasyon grafiği	69
Şekil 3.50: 2228 No'lu istasyon grafiği	69
Şekil 3.51: 2232 No'lu istasyon grafiği	70
Şekil 3.52: 2233 No'lu istasyon grafiği	70
Şekil 3.53: 2238 No'lu istasyon grafiği	70
Şekil 3.54: 2239 No'lu istasyon grafiği	71
Şekil 3.55: 2245 No'lu istasyon grafiği	71
Şekil 3.56: 2247 No'lu istasyon grafiği	71
Şekil 3.57: Yıllık ortalama akımlara göre Mann-Kendall analizinin harita üzerinde gösterimi	72
Şekil 3.58: 2201 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	73
Şekil 3.59: 2202 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	73
Şekil 3.60: 2213 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	73
Şekil 3.61: 2215 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	74
Şekil 3.62: 2218 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	74
Şekil 3.63: 2228 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	74
Şekil 3.64: 2232 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	75
Şekil 3.65: 2233 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	75
Şekil 3.66: 2238 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	75
Şekil 3.67: 2239 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	76
Şekil 3.68: 2245 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	76
Şekil 3.69: 2247 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği	76
Şekil 3.70: Yıllık Maksimum Akım Trend analizinin harita üzerinde gösterimi	77
Şekil 3.71: 2201 No'lu istasyon birim dairesi	78
Şekil 3.72: 2202 No'lu istasyon birim dairesi	79
Şekil 3.73: 2213 No'lu istasyon birim dairesi	80
Şekil 3.74: 2215 No'lu istasyon birim dairesi	80
Şekil 3.75: 2218 No'lu istasyon birim dairesi	81
Şekil 3.76: 2228 No'lu istasyon birim dairesi	81
Şekil 3.77: 2232 No'lu istasyon birim dairesi	82
Şekil 3.78: 2233 No'lu istasyon birim dairesi	82
Şekil 3.79: 2238 No'lu istasyon birim dairesi	83
Şekil 3.80: 2239 No'lu istasyon birim dairesi	83
Şekil 3.81: 2245 No'lu istasyon birim dairesi	84
Şekil 3.82: 2247 No'lu istasyon birim dairesi	85

DOĞU KARADENİZ HAVZASI AKIMLARININ İNCELENMESİ

ÖZET

Akımların incelenmesi su kaynakları mühendisliğinde farklı açılardan önem taşımaktadır. Taşkın ve ortalama akım değerleri baraj haznelerinin biriktirme kapasitesinin hesabı ve taşkın yapılarının projelendirilmesinde kullanılır. Bu nedenle geçmiş akım kayıtları incelenerek gerek düşük akım gerekse de taşkın akımları değerlerinde bir trend bileşeninin araştırılması gelecekteki su kaynakları projelerinin planlanması açısından büyük önem arz etmektedir. Ayrıca akımlardaki eğilimin bilinmesi su yapılarının optimum bir şekilde planlanması ve işletilmesinin yanı sıra özellikle hidroelektrik santrallerin planlanması ve işletilmesinde büyük önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzasına ait belirli bir zaman aralığında okunmuş ve günümüzde hala okunmakta olan 12 AGİ seçilmiştir. İstasyonlar için aylık ve yıllık ortalama akım ve taşkın akımları grafikleri çizilmiş ve yorumlanmıştır.

1991 yılı akım verileri eksik olan 2215 No'lu AGİ'nin eksik verileri doğrusal regresyon ile tamamlanmıştır.

İstasyonların aylık ortalama akım değerleri kullanılarak Debi Süreklilik Eğrileri elde edilmiş, bu eğrilerdeki akım verileri yağış alanlarına bölünerek boyutsuz grafiklere çevrilmiş ve boyutsuz grafiklere en kötü senaryolar eklenmiştir (Yağışın geçmişten günümüze en yüksek ve en düşük olması durumu).

Her istasyon için 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 200 yıllık dönüş aralıklarda taşkın değerleri tamamlanan güncel değerlere göre yeniden hesaplanmıştır. Hesaplama için gerekli olan yöntem EİE ye ait Türkiye Akarsu Havzaları Maksimum Akımlar Frekans Analizi kitabından elde edilmiştir. Normal, Log-Normal, üç parametrelili Log-Normal, Gumbel, GEV, Pearson Tip III ve Log-Pearson Tip III dağılımları kullanılan dağılımlardır. Bulunan sonuçlar kitaptaki eski değerler ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Verilerin zaman değişimi ile artış ya azalışlarını araştırmak için Mann-Kendall trend analizi testi yapılmıştır. Her istasyon için yıllık ortalama debilerine ve maksimum akım verilerine ait grafikler çizilmiş ve bu grafiklere doğrusal gidiş çizgisi (Trend) uydurarak görsel açıdan trendin olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Tüm bölgeye ait taşkın zarf eğrileri maksimum akımlar ve yağış alanlarından yararlanılarak çizilmiş ve 200 yıllık dönüş aralıklarının eklenmesi ile yorumlanmıştır.

Açısal mevsimsellik analizi ve göreceli frekans analiz yöntemleri ile Mevsimsellik Analizi yapılmıştır. İstasyonlarda gözlenen tüm taşkın tarihleri, ay bazında incelenmiş olup taşkınların gözlemlendiği tüm ayların frekans değerleri incelenirken, aylık dönemler, 30 günlük periyotlara dönüştürerek ayarlanmış frekans değeri hesaplanmıştır.

Sonuç olarak; Akım analizi yapılırken, Devlet Su İşleri'nden temin edilen güncel veriler doğrusal regresyon yöntemi ile tamamlanmış ve sonrasında yıllık ortalama

akım ve her bir AGİ'ye ait en yüksek akım verilerinin okunduğu iki ay ve en düşük akım verilerinin okunduğu iki aya ait akım değerleri aynı grafikler üzerinde gösterilmiştir. Genellikle istasyonların en yüksek değerlerinin okunduğu değerler Nisan ve Mayıs ayları iken en düşük akım değerleri okunan aylar ise Ocak ve Eylül aylarıdır.

İstasyonlara ait aylık ortalama akımlardan yararlanılarak, debi süreklilik eğrileri oluşturulmuş ve bu akımlara göre yüksek akım dönemi ve düşük akım dönemine ait Q10 ve Q90 debi değerleri gösterilmiştir. Eğrilerde düşük akım dönemlerine ait veriler incelenerek, 2201, 2202, 2215, 2218, 2233 ve 2238 No'lu AGİ'lerde Q90 debisinin düşük akım bölgesinde yatık olması taban akışının fazla olduğunu gösterir. Kalan 2213, 2228, 2232, 2239 2245 ve 2247 No'lu AGİ'ler Q90 debileri düşük akım bölgesinde dik olduklarından taban akışının az olduğu görülür. Q90 düşük akım debisi 2218 ve 2232 No'lu AGİ'lerde çok yüksek akım değerleri iken diğer istasyonlarda düşük değerlerdir.

Aylık ortalama akım değerleri yağış alanına bölünerek birim akımlar bulunmuş ve her bir AGİ'ye değerlendirildiği yıl boyunca gözlemlenen en yüksek ve en düşük aylık değerler seçilerek birim akıma göre debi süreklilik eğrileri çizdirilmiş ve en kötü senaryolar oluşturulmuştur. Bu eğrilere yorumlandığında genel olarak aşılma olasılığının %40'tan küçük olduğu durumda debi süreklilik eğrileri ile maksimum ve minimum akım eğrileri arasında önemli farklar gözlemlenirken, %40'ın üzerine çıktığı durumda farklar giderek azalmaktadır.

İstasyonların Güncel değerleri kullanılarak, Devlet Su İşleri tarafından belirlenen olasılık dağılım fonksiyonları ile 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 200 yıllık dönüş aralıklarında frekans analizi yapılmış ve bu analizler DSİ tarafından bulunan 1990 yılı verileri ile hesaplanan frekans analizi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda 2201, 2202, 2215, 2233 AGİ'leri de önemli değişiklikler gözlenmezken diğer istasyonlarda önemli farklılıklar olduğu gözlenmiştir.

İstasyonlara ait en büyük akımlar ve 200 yıllık dönüş aralığına göre hesaplanan taşkın verilerine göre iki ayrı taşkın zarf eğrisi çizilmiş, bu eğriler doğrusal hale getirilmiştir. Her iki eğrinin de benzer sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Doğu Karadeniz Havzası için oluşturulan taşkın zarf eğrisi Türkiye'ye ait eğri ile karşılaştırılmış ve havzanın eğrisinin Türkiye'nin çok altında değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Bu eğriler taşkın tahmininde kullanılabilecek önemli verilerdir.

İstasyonlara ait yıllık ortalama ve maksimum akım değerlerine ayrı ayrı Mann-Kendall trend analizi uygulanmış; yıllık ortalama akımların analizi sonucunda 2232 ve 2239 No'lu AGİ'lerde artan yönde trend gözlemlenmiş, maksimum akımların analizinde ise 2201 ve 2228 No'lu AGİ'lerde artan yönde, 2213 ve 2215 No'lu AGİ'lerde azalan yönde trend gözlemlenmiştir.

Trend olmamasına rağmen hem yıllık, hem de maksimum akımların analizinde artan ya da azalan yönde eğilim gösteren istasyonlar vardır.

Her bir istasyonun verilerine göre Açısal Mevsimsellik analizi uygulanmış ve taşkın verilerinden yararlanılarak birim daireler çizilmiştir.

En yüksek benzerlik değeri 0,94 ile 2215 No'lu Agi'ye ait iken en düşük değer 0,24 değeri ile 2228 No'lu AGİ'dir. 2228, 2245 ve 2247 No'lu AGİ'lerin homojenlikleri düşüktür ancak genel olarak Doğu Karadeniz Havzası yüksek bir homojenliğe sahiptir.

Taşkınlar genellikle ilkbahar mevsiminde görünür. Bu durumun bu mevsimde görülen kar erimesi ve meydana gelen yağışlardır.

Yapılan tüm bu analizler sonucunda kaynak bakımında zengin ancak mevcut veri bakımından bir o kadar fakir olan Doğu Karadeniz Havzası'nın hidrolojik bir haritası oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucu bulunan her sonuç işletme, dizayn ve projelendirme aşamasında önemli kolaylıklar sağlayacaktır.

ANALYSIS OF EASTERN BLACK SEA BASIN FLOW

SUMMARY

Water has been an essential substance for both living organisms and non-living things, and it has drawn great attention throughout the history. Most of the civilizations settled and rose near water resources like rivers, lakes and wetlands to sustain their existence. While excess water can cause hazardous floods, water shortage can cause droughts and mass migrations. The demand for water is increasing continuously due to growing population and industrial facilities. Water can be transported from its sources to the places that lacks water, and stored in structures like reservoirs. However, learning from the past behavior of water to predict its future is the most efficient way of water management.

Known time sequence of water quantity provides better understanding for the planning of water usage. For future planning purposes, the individuals and the companies that invest in hydrology, hydrometeorology, and water must know what kind of changes in water flow have occurred in the reservoirs. Annually, seasonally, monthly and daily historical data of river flows must be available, because planning of future investments in hydrology, hydrometeorology, and water requires these data.

Time sequence of water quantity provides information to determine whether or not to invest. It also provides “what if scenarios” for the production phase.

Quantity of water needed for energy production and irrigation can be accurately calculated by the use of time sequence of water. This calculations is based on historical data, and performed using statistical control methods. By this method, responsibilities of the potential investors can be identified in advance, and changes in water resources can be foreseen.

It is important to analyze streams in water spring engineering. Flood and average stream rates are used for Project designing of flood constructions and the calculation of the storage capacity of barrages. So it is vital to analyze past stream records and find a trend compound of low stream and flood rates for water spring project planning. Moreover, calculating the trends of streams is significant for the optimum planning and operating of water supplies and planning hydro electrical station.

In this thesis, 12 stream gauges, which is read in a timeline of East Black Sea Basin, is chosen. Annual and monthly average stream and flood graphs are drawn and interpreted.

Since the stream data of 2215 stream gauges’ is nonexistent in 1991, the graphs are completed by linear regression.

Using monthly average stream rates, the Flow Sustainability Slope is found. The stream data is divided into precipitation area thus non-dimensional graphs are obtained. Worst case scenarios are also inserted in those graphs. (The lowest and highest precipitation cases from past to present)

The flood rates are calculated for every station in intervals of 2, 5, 10, 25, 50, 100 and 200 years according to current data. The procedure for calculation is derived from the book Maximum Stream Frequency Analysis of Turkey's Drainage Basin belonging to EİE. The Normal, Log-Normal, Log-Normal with three parameters, Gumbel, GEV, Pearson Type III and Log-Pearson Type III distributions are used. The results are compared to the old rates in the book and interpreted.

Mann-Kendall trend analysis is done to explore the increase and the decrease of data with time. The annual average flow and maximum stream graphs are drawn for each station and trend line is added to check the linearity.

Flood graphs of all region is drawn according to maximum streams and precipitation areas in 200 year intervals and interpreted.

Seasonality Analysis is conducted by relative frequency and angular seasonality analyzing procedures. All flood dates observed in the stations are examined monthly and frequency rates are analyzed thus regulated frequency value is found.

Consequently, the data obtained from the State Water Supply Administration is filled in by linear regression method. Then the annual average stream, the highest stream rates of each stream gauges and the lowest stream rates are shown on the same graph. Generally the months with highest stream rates are April and May whereas the lowest are January and September.

Flow Sustainability Slope is constructed using the monthly average streams of the stations. Q10 and Q90 flow rates of highest and lowest stream periods are shown according to this data. The data of low stream periods is analyzed. The fact that Q90 flow in stream gauges numbered 2202, 2215, 2218, 2233 and 2238 is flat in low stream region shows the base current is high. Since Q90 flow in stream gauges numbered 2213, 2228, 2232, 2239 2245 and 2247 is perpendicular in low stream region, the base current is low. Q90 low stream flow is high in stream gauges' numbered 2218 and 2232 but low in other stations.

Unit stream is found by dividing monthly average stream rates into precipitation areas. Flow Sustainability Slope is drawn using the highest and lowest monthly values for each stream gauge through the year it has been evaluated. The worst case scenarios are created. These slopes are interpreted and it is clear that the maximum and the minimum stream vary much when the flood rate is lower than 40% but vary less when it gets over 40%.

Using current data of stations and the probability distribution function of the State Water Supply Administration, the frequency analysis is done in intervals of 2, 5, 10, 25, 50, 100, and 200 and compared with the results of 1990's frequency analysis of the State Water Supply Administration. Although there is not much difference in stream gauges numbered 2201, 2202, 2215, 2233, the values of other stations differ.

Two separate flood graphs are drawn according to highest streams of stations and flood data calculated in intervals of 200 years and a linear trend line is added. It is seen that two graphs yielded similar results.

The flood graph of East Black Sea Basin is compared to that of Turkey and concluded that it has much lower rates. These graphs are significant in flood prediction.

Mann-Kendall trend analysis is done in annual average and maximum stream rates of stations separately. As a result of annual average stream analysis, in stream gauges numbered 2232 and 2239 an increasing trend is observed. With the analysis of

maximum stream, an increasing trend is found in stream gauges numbered 2201 and 2228 but a decreasing trend is discovered in stream gauges numbered 2213 and 2215.

Although a trend is non-existent, there are stations with increasing or decreasing slopes in annual and maximum stream analysis.

According to data of each station, Angular Seasonality Analysis is done and unit circles are drawn using flood rates.

The highest similarity value belongs to stream gauge numbered 2215 with 0.94 whereas the lowest value belongs to stream gauge numbered 2228 with 0.24. The homogeneities of stream gauges numbered 2228, 2245 and 2247 are low but in general The East Black Sea Basin has a high homogeneity.

Floods generally happen in spring. The reason is the precipitation and the melting of the snow.

As a result of all the analysis, a hydrological map of East Black Sea Basin, which is rich in supply but poor in current data, is constructed. These results are going to provide convenience for business, design and project stages.

1 GİRİŞ

Küresel iklim sistemleri atmosferin oluşumundan bu yana kendi doğal değişkenliği içinde zamansal ve alansal olarak değişme eğiliminde bulunmuştur. Bu değişkenlik 19.Yüzyıl ortalarına kadar doğrudan Güneş'teki atmosferdeki veya yerküre-atmosfer birleşik sistemindeki yer alan öteki bileşenlerin etkisi ile olmuştur fakat bu tarihten sonar Küresel iklim sistemlerindeki doğal değiştirme bileşenlerine ilk kez insani etkileri de katılmış ve etkili olmaya başlamıştır (Yıldız ve Malkoç, 2000).

19.Yüzyılın sonlarında başlayan ve atmosferdeki birikimleri artmaya devam eden sera gazları nedeni ile kuvvetlenen sera etkisinin oluşturduğu küresel ısınma, özellikle 1980'li yıllardan sonra daha da belirginleşmiş ve 1990'lı yıllarda en yüksek değerine ulaşmıştır. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin etkilerinin küresel boyutu içinde, geçmişteki iklim değişikliklerinde olduğu gibi bölgesel ve zamansal farklılıklar oluşabilecektir. Bunun anlamı gelecekte dünyanın bazı bölgelerin kasırgalar, kuvvetli yağışlar ile onlara bağlı olarak seller ve taşkınlar gibi meteorolojik afetlerin şiddetlerinde ve sıklıklarında artışlar olurken bazı bölgelerinde, uzun süreli, şiddetli kuraklıklar ve bunlara ilişkin yaygın çölleşme olayları daha fazla etkili olabilecektir. Yağışlar Kuzey Yarım Küre'nin yüksek enlemlerindeki kara alanlarında, özelliklede soğuk mevsimde bu artış gösterirken 1960'lı yıllardan sonra Afrika'dan Endonezya'ya uzanan subtropikal ve tropikal kuşaklar üzerinde bir azalma eğilimi göstermiştir. Bu değişiklikler akarsularda, göl seviyelerinde ve toprak neminde de gözlenmeye başlamıştır (Yıldız ve Malkoç, 2000).

Subtropikal kuşak yağışlarındaki ani azalma 1970'li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası'nda ve Türkiye'de etkili olmaya başlamıştır. Genel olarak Doğu Akdeniz Havzası'nın ve Türkiye'nin yıllık yağışlarında 1970'li yılların başı ile 1990'lı yıllar içerisinde gözlenen önemli azalma eğilimleri, bu bölgede etkili olan cephesel orta enlem ve Akdeniz alçak basınçlarının frekanslarında gözlenen azalma ile yer ve yukarı atmosfer seviyelerindeki yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla bağlantılı olabileceği düşünülmektedir. Türkiye, küresel ısınmadan kaynaklanan değişimlerle özellikle su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara

bağlı ekolojik bozulmalar gibi öngörülen olumsuz yönlerinden etkilenecektir. Bu nedenle küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından potansiyel risk grubu ülkeleri arasındadır (Türkeş, 1998).

Dünya nüfusunun artması, kentleşmede artış yaşanması sanayi üretimi ihtiyacının artması, ekolojik etkilerde (kirlenme, bazı kaynakların tükenmesi) artış ve küresel ısınma önemli su sıkıntısını ortaya çıkarmaktadır (Şen, 2009).

Tarih boyunca su; canlı ve cansız varlıkların ilgi odağı olmuştur ve medeniyetler daha çok suya yakın yerlerde hayat bulmuştur. Fazla su zararlara neden olurken, az suda insanların yaşamını etkilemekte ve toplu göçlere bile neden olabilmektedir. Günümüzde nüfusun artması, artan sanayi tesisleri su talebinin sürekli olarak yükselmesine neden olmaktadır. Artan su ihtiyacını karşılamak için suyun bol olduğu yerlerden az olduğu yerlere taşınması ve su biriktirme hazneleri oluşturmak gibi önlemler alınabilir. Fakat en etkili yol suyun geçmişteki davranışını inceleyip gelecekteki davranışını tahmin etmektir. Su miktarlarının zaman serisinin bilinmesi depolanan ve depolanacak suyun daha dikkatli olarak kullanılmasına ve planlanmasına yardımcı olur. Su miktarlarının zaman serisinin bilinmesi depolanan ve depolanacak suyun daha dikkatli olarak kullanılmasına ve planlanmasına yardımcı olur. Hidroloji, hidrometeroloji ve su ile ilgili yatırım yapan kişi kurum ve kuruluşlar geleceğe dönük planlarını yaparken çalışma yapacak havzadaki geçmişte su akımlarının nasıl bir değişim gösterdiğini bilmek durumundadır. Yıl, mevsim, ay ya da gün esas alınarak nehir akımlarının geçmişteki verileri gelecekte yapılacak planlamalar için gerekli olmaktadır (Bayazıt, 1988).

Zaman serileri sonucunda yatırımın yapılıp yapılamayacağını ve üretim aşamasında nasıl bir durumla karşılaşacağı sorularına cevap bulunabilir. Üretilen enerji veya sulama için sağlanabilecek maksimum su miktarı bu sayede daha sağlıklı olarak gelecek için tanımlanabilir. Bu işlemler zaman verilerine dayanarak istatistik kontrol yöntemleri ile yapılır. Bu şekilde yatırımcının kabulleneceği sorumluluk önceden belirlenebilir. Su kaynakları miktarının değişimi hakkında önceden bilgi sahibi olunabilir (Bayazıt, 1998).

Verilen bu giriş bilgilerinden sonra konuyla ilgili şunu söylemek mümkündür. Çoğu su kaynakları gelişim projeleri, 50-100 yıl veya daha fazla süre verimli olarak kullanabilecek şekilde dizayn edilir. Su kaynakları projelerinin geliştirilmesi ve dizaynında genel olarak iklim trendleri ve salınımları dikkate alınmadan mevcut

meteorolojik ve hidrolojik kayıtların gelecek 50 veya 100 yıl içerisindeki olabilecek taşkınlar kuraklıklar ve su teminlerinin tahminlerine imkân vereceği kabul edilir (Bayazit, 1998).

Eğer mevcut olan gözlemler yağış ve su temininin tedrici olarak azaldığı bir periyot boyunca alınsa ve bu azalış projenin ekonomik ömrü boyunca devam etse projenin fiziksel ve finansal başarısı ciddi bir tehlikeye maruz kalabilir. Benzer şekilde eğer kısa bir hidrolojik kayıt varsa ve bu kayıtlar kurak bir döneme ait ise, yapının taşkın dizaynı için dikkate alınan değerler çok küçük alınacağından hesaplanan yapı boyutları ıslak dönemde meydana gelecek daha büyük taşkınlara maruz kalacağından yapının yıkılmasına yol açabilecektir. Bu nedenlerden dolayı yapılan bu çalışma, inşa edilecek her türlü su yapısı ve su kaynaklarının kullanılmasına yönelik bazı belirleyici özelliklerin ortaya konulması açısından yararlı olacaktır (Cıgızoğlu ve diğ. 2002).

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı önemli su kaynaklarına sahip olan Doğu Karadeniz Havzası'nın su kaynaklarının daha etkili kullanılması için geçmişteki akım verilerini inceleyip gelecekle ilgili fikirler ortaya koymaktır. Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen 12 AGİ'nin verileri çeşitli yöntemler ile incelenmiş bölge hakkında önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

1.2 Türkiye'nin Su Kaynakları

Türkiye'de 26 su toplama havzası bulunmaktadır (URL-1, URL-3). Türkiye'nin yıllık ortalama yağışı 643 mm olup, hacimsel olarak bu değer 501 km³ suya denktir (URL-2). Ülkemiz koşullarında yağışın %37'si akışa geçmektedir. Bu durumda, yağışın 274 km³'ü toprak-bitki-su yüzeyleri sisteminden buharlaşarak atmosfere geri dönmekte, 41 km³'ü yeraltı su depolarını beslemekte, 186,05 km³'ünün ise akarsular aracılığı ile deniz, göl ve kapalı havzalara boşalım için akışa geçtiği kabul edilmektedir.

Çizelge 1.1: Türkiye'nin yer altı ve yerüstü su potansiyeli (URL-1)

Yıllık Ortalama Yağış: 643.0 mm			
Toplam Yağış :501.0 km ³			
Yüzey su potansiyeli, km ³		Yer altı su potansiyeli, km ³	
Yıllık akış	186,05	Çekilebilir yıllık su potansiyeli	12,3
Yıllık akışın toplam yağışa oranı	0,37	Geliştirilen Potansiyel	9,00
Kullanılabilir yüzey suyu potansiyeli	95,00	Fiili Yıllık Tüketim	6,00
Fiili yıllık tüketim	31,49		

Bu potansiyelin 95 km³ 'ü ekonomik olarak geliştirilebilir niteliktedir (Tekinel, 1999). Havza bazında yapılan çalışmalarla güvenle çekilebilecek yeraltı suyu potansiyelinin 12,3 km³ dolayında olduğu saptanmıştır (URL-2). Bu durumda, Türkiye'nin yıllık kullanılabilir yeraltı ve yerüstü su potansiyeli toplamı 107,3 km³ tür. Bu değer, yenilenebilir su potansiyelinin %45,85'ine denktir.



Şekil 1.1: Türkiye'nin ana havzaları (URL-2)

Çizelge 1.2: Türkiye su kaynakları potansiyeli (URL-1 ve URL-3)

HAVZA NO:	HAVZA ADI	HAVZA TOPLAM YAĞIŞ ALANLARI (km ²)	HAVZA ORTALAMA YILLIK AKIM (m ³ /s)	HAVZA ORTALAMA YILLIK AKIM MİKTARI (milyar m ³)	HAVZA ORTALAMA YILLIK VERİMİ (l/s/km ²)	AKIŞ YAĞIŞ ORANI	HAVZALARIN TOPLAM AKIŞA KATKISI (%)
1	MERİÇ	49482,00	200,07	6,31	4,04	0,21	3,42
2	MÜT.MARMARA SULARI	24100,00	161,31	5,09	6,69	0,29	2,76
3	SUSURLUK	23765,00	132,63	4,18	5,58	0,25	2,27
4	MÜT EGE SULARI	9032,00	44,22	1,40	4,92	0,25	0,76
5	GEDİZ	17118,00	34,88	1,10	2,04	0,11	0,60
6	KÜÇÜK MENDERES	7165,00	17,45	0,55	2,43	0,11	0,30
7	BÜYÜK MENDERES	24903,00	64,01	2,02	2,57	0,12	1,09
8	MÜT. BATI AKDENİZ	22615,00	227,72	7,18	10,07	0,36	3,89
9	MÜT. ORTA AKDENİZ	14518,00	409,60	12,92	28,21	0,89	7,00
10	BURDUR GÖLÜ KAPALI HAVZASI	8764,00	8,03	0,25	0,92	0,06	0,14
11	AFYON SULARI KAPALI HAVZASI	8377,00	8,19	0,26	0,98	0,07	0,14
12	SAKARYA	56504,00	160,78	5,07	2,85	0,17	2,75
13	MÜT. BATI KARADENİZ	29682,00	298,26	9,41	10,05	0,39	5,10
14	YEŞİLIRMAK	36129,00	167,65	5,29	4,64	0,29	2,86
15	KIZILIRMAK	78646,00	167,10	5,27	2,12	0,15	2,86
16	ORTA ANADOLU KAPALI HAVZASI	56554,00	194,01	6,12	3,43	0,26	3,32
17	MÜT. DOĞU KARADENİZ	22484,00	303,73	9,58	13,51	0,57	5,19
18	SEYHAN	20731,00	213,54	6,73	10,30	0,52	3,65
19	HATAY SULARI	25241,00	66,63	2,10	2,64	0,10	1,14
20	CEYHAN	21222,00	207,05	6,53	9,76	0,42	3,54
21	FIRAT	120917,00	1000,00	31,54	8,28	0,48	17,09
22	MÜT. DOĞU KARADENİZ	24022,00	568,62	17,93	23,67	0,62	9,72
23	ÇORUH	19894,00	201,70	6,36	10,14	0,51	3,45
24	ARAS	27548,00	159,92	4,73	5,44	0,40	2,56
25	VAN GÖLÜ KAPALI HAVZASI	15254,00	95,54	3,02	6,27	0,42	1,63
26	DICLE	51489,00	749,04	23,62	14,55	0,57	12,80
	TOPLAM	816156,70	5851,95	184,55			
	ORTALAMA				7,54	0,36	

1.3 Literatür Araştırması

Bir akarsu havzasının hidrolojik özelliklerini araştırmak ve onların sonuçları ile yapılan projeleri iyi bir şekilde değerlendirmek eski zamanlardan beri yapılmaktadır. Su kaynaklarını iyi bir şekilde kullanmak için çok sayıda modeller üretilmiştir ve bilim adamları tarafından uygulanan yöntemler dünyanın tüm ülkelerinde kullanılmaktadır.

1.3.1 Akımların analizi

Toros (1993) aylık yağış verilerini kullanarak Türkiye'deki iklim değişimini incelemiştir ve sonuç olarak önemli bir değişikliğe rastlamamıştır.

Bu konuda farklı ülkelerin nehirleri için yapılmış uluslararası çalışmaların literatürde bulunmasına karşın ülkemiz için sadece Malkoç ve Yıldız (2001) İTÜ-EİE ortak

çalışması olarak ülke genelini kapsayan bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmaların sonucu ilerde kurulabilecek iklim değişikliği modellerine ışık tutacaktır. Bunun yanında su kaynakları mühendisliğini ilgilendiren projelerin geleceği açısından yardımcı bilgiler sağlayacaktır. Akımlardaki değişimlerin hidroelektrik enerji üretimine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan nehir akımları verileri, EİE Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiş. Sonuçlar İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Hidrolik Ana Bilim Dalı ile EİE Genel Müdürlüğünün birlikte yaptıkları ortak proje kapsamında “Türkiye Nehirleri Taşkın, Ortalama ve Düşük Akımlardaki Trendleri” çalışması ile Yıldız ve Malkoç'un yaptığı “Türkiye Akarsu Havzaları ve Hidrolojik Kuraklık Analizi” çalışmalarından çıkarılmıştır. Hidroelektrik santrallere ait veriler “TEAŞ istatistikleri 2000” yayınından EÜAŞ'tan temin edilip değerlendirilmeye tabi tutulmuştur.

1.3.2 Trend analizi

Van Bell ve diğ. (1984) su kalitesindeki trend için parametrik olmayan testler geliştirmişlerdir. Hirsch (1984) Mann-Kendall testinin gelişmiş hali olan Mevsimsel Kendall testini ortaya koymuştur. Yu ve diğ. (1993) Kansas'taki akarsuların su kalitesi verilerine parametrik olmayan trend analizi uygulamıştır.

Lettenmeir ve diğ. (1994), ABD'deki aylık yağış, akış ve sıcaklık verilerine uyguladığı analiz sonucunda Kasım-Nisan dönemindeki aylık nehir akımlarında 1984-1988 yılları arasında artış bulmuşlardır.

Von Storch ve Navarra (1995) serisel korelasyonu ortadan kaldırmak için zaman serisine Pre-Whitening yöntemini uygulamıştır. Çalışma sonucunda yıllık ortalama akımlarda bir azalma olduğunu bulmasına rağmen Kanada'da iklimlerde aşırı değişimlerden söz edilemeyeceği savunulmuştur (Zang ve diğ., 2001).

Lins ve Slack (1999) ABD'de orjinal Mann-Kendall testi ile trend analizi yaparak akışta ve yağışta artan yönde trend olduğunu bulmuşlardır.

Cıgızoğlu ve diğ. (2002) tarafından Türkiye nehirlerindeki taşkın, ortalama ve düşük akımlardaki trendin varlığı incelenmiştir. Türkiye'nin 26 akarsu havzasından 24'ündeki 100 akım gözlem istasyonuna ait günlük ortalama akım verileri kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda yıllık maksimum, ortalama, bir günlük ve yedi günlük akımlara parametrik bir test olan t testi ve parametrik olmayan Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Gözlenen trendin bölgelere göre dağılımı incelendiğinde

Marmara, Ege, İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerindeki akarsuların çoğunun akımlarında trend gözlenmiştir. Trend, ortalama ve düşük akımlarda, maksimum akımlara göre daha çok istasyonda gözlenmiştir. Trend birkaç istasyon dışında genellikle zamanla azalan yöndedir. Diğer bölgeler ise istatistik bakımdan anlamlı bir trend görülmemiştir.

Kahya ve diğ. (2003), Türkiye’deki akımlara trend analizi uygulamıştır. Türkiye’deki 26 akarsu havzalarından elde edilen aylık ortalama akımların 31 yıllık periyotları için trend hesaplamışlardır. Sonuç olarak, Türkiye’nin batısında bulunan havzalarda genellikle aşağı doğru trend gözlenmişken Türkiye’nin doğusunda bulunan havzalarda trend gözlenmemiştir.

Yıldız ve diğ. (2004), Türkiye nehirlerindeki taşkın, ortalama ve düşük akımların zamana göre değişimini incelemiş ve akımlardaki gidişin hidroelektrik santrallerinin enerji üretimini araştırmışlardır.

1.3.3 Mevsimsellik analizi

Kanada’nın Saskatchewan, Manitibo Bölgesi’nde 59 havza için taşkın analizi yapan Burn (1997) taşkınların mevsimsellik araştırmasını yapmış ve hidrolojik olarak benzerlik gösteren havzaları belirlemiştir. Bu çalışmada daha öncekilerden farklı olarak taşkınların büyüklükleri kullanılmıştır.

Amerika’da Maryland Bölgesi’nde McQueen ve Beighley (2003) tarafından yapılan çalışmada bu bölgenin doğu sahilinde ölçülmüş akım verilerini kullanarak 4 mevsimlik, mevsimsellik analizi yöntemini uygulamışlardır. Bu uygulamada mevsimsellik akış ile yıllık akışlar arasında çok büyük fark gözlemlenmişlerdir. Buradan, ölçümlerin eksik olduğu bölgelerde verileri tamamlamak için mevsimsellik analizinin daha güvenilir sonuçlar verdiği sonucuna ulaşmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesinde seçilen örnek bir bölge üzerinde Yanık ve Avcı (2005) tarafından bölgesel debi süreklilik eğrisi elde edilmesine yönelik küme analizi uygulaması yaparak ortaya çıkan sonuçlar doğal akışlı hidroelektrik santral potansiyelinin belirlenmesi için yorumlanmıştır.

Kanada’nın Quebec bölgesinde Ouarda ve diğ. (2006) tarafından yapılan çalışmada, üç taşkın mevsimselliği bölgeselleştirme yöntemi, bir veri tabanı hazırlanarak

incelenmiştir ve havza benzerliğinde fiziksel ölçülerin kullanıldığı geleneksel bölgeleştirme yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Y. Dinpashoh ve diğ. (2011), İran'a buharlaşma ile ilgili trend analizi uygulanmıştır. Bu araştırmada Mann-Kendall metodunu kullanıp bir artış olduğunu sonuç olarak elde etmiştir.

2 YÖNTEMLER

Akımların analiz edilmesinde literatürde çeşitli yöntemler vardır. Bu çalışmada çalışmalarda kullanılan yöntemlere ait teorik bilgi açıklanmıştır.

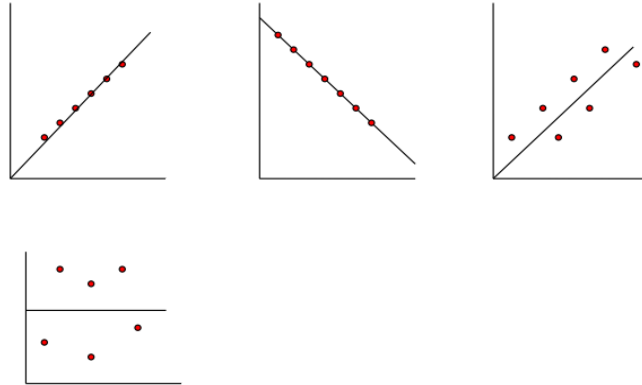
2.1 Korelasyon Analizi

İki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin derecesi “ r “ ile gösterilen korelasyon katsayısı ile ölçülür. Korelasyon katsayısı iki değişkenin değişimlerinin ne kadar uygun olduğunun bir ölçüsüdür ve değeri –1 ile +1 arasında değişir.

$$-1 \leq r \leq +1$$

$r = 0$ olduğunda değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olmadığı söylenir. $r = +1$ ise pozitif tam doğrusal ilişki, $r = -1$ ise negatif tam doğrusal ilişki var demektir.

Aşağıdaki şekillerde bu durumlar gösterilmektedir:



Şekil 2.1. r gösterimleri

Korelasyon katsayısı geliştirilen değişik formüller yardımıyla hesaplanmaktadır. Aşağıda verilen formül bunlardan bir tanesidir:

$$r = \frac{n \times \sum xy - (\sum x) \sum y}{\sqrt{n \times \sum x^2 - (\sum x)^2} \times \sqrt{n \times \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (2.1)$$

2.2 Doğrusal Regresyon

Regresyon analizinde serbest değişken sayısı bir ise “ basit regresyon modeli”, iki veya daha fazla ise “ çoklu regresyon modeli” olarak adlandırılır.

2.2.1 Basit doğrusal regresyon

Değişkenler arasında bulunduğu varsayılan gerçek doğrusal ilişki, tek bir serbest değişken içeren bir doğru denklemi ile gösterilirse basit doğrusal regresyon modeli elde edilir. Ana kütle için bu denklem şu şekilde yazılabilir:

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon \quad (2.2)$$

Burada ε ile gösterilen değer hata(error) terimidir.

Bu modelin “ α ve β ” parametrelerini bulmak için x serbest değişkeni ve Y bağımlı değişkeni ile ilgili gözlemlere ihtiyaç vardır. Bu değişkenlerin ana kütlelerini oluşturan bütün değerleri bilmek imkansız olduğu için örneklemeye başvurulur. Böylelikle α ve β parametrelerinin tahmini olan “ a ve b ” katsayıları bulunabilir.

Örnek için de aynı denklem;

$$y = a + bx + e \quad (2.3)$$

Şeklinde yazılır.

α ve β parametrelerinin bir tahmini olan “ a ” ve “ b ” katsayıları “en küçük kareler yöntemi” kullanılarak hesaplanabilir.

Elimizde gözlemle elde ettiğimiz n adet ikili değerler(x ve y) varsa ve aralarında doğrusal bir ilişkinin olduğu tahmin ediliyorsa bunları bir doğru denklemi ile ifade edebiliriz. Bu durumda her x değeri için iki tane y değeri olacaktır. Bunlardan birincisi ölçülen gerçek y değeri, diğeri ise denklemlle elde edilen teorik y değeridir.

Bu iki değer arasındaki farklar i . gözlem için:

$$e = y_i - (a + b x_i) \quad (2.4)$$

Şeklindedir. Farkların kareleri toplamının minimum olması gerektiğinden

$$\sum e^2 = \sum (y_i - (a + b x_i))^2 = \text{minimum yazılır. } (i= 1, \dots, n)$$

Denkleml minimum yapmak için a ve b katsayılarına göre kısmi türev alınarak sıfıra eşitlenir.

$$\frac{de}{da} = 2 \sum (-1) (y - a - bx) = - \sum y + n * a + b \sum x = 0 \quad (2.5)$$

$$\frac{de}{db} = 2 \sum (-x) (y - a - bx) = - \sum xy + n * a + b \sum x^2 = 0 \quad (2.6)$$

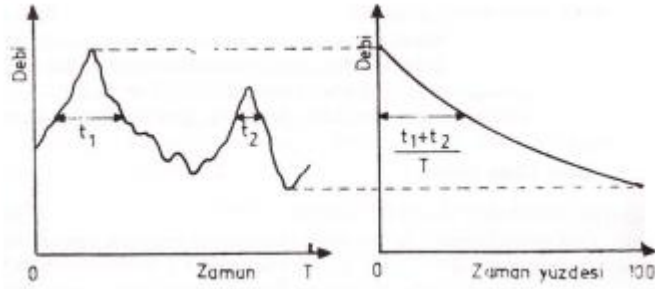
Negatif işaretli terimler eşitliğin sağ tarafına geçirilir ve normal denklemler aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\sum y = n * a + b \sum x \quad (2.7)$$

$$\sum xy = a \sum x + b \sum x^2 \quad (2.8)$$

2.3 Debi Süreklilik Çizgisi

Eldeki bir debi gidiş çizgisinden faydalanarak debinin belli bir değere eşit ya da ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanıp düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınırsa debi süreklilik çizgisi elde edilir (Şekil 2.2). Süreklilik çizgisini elde ederken mümkün olduğu kadar uzun bir süreye ait debi gidiş çizgisini kullanmak uygun olur (Yıldırım, 2012).

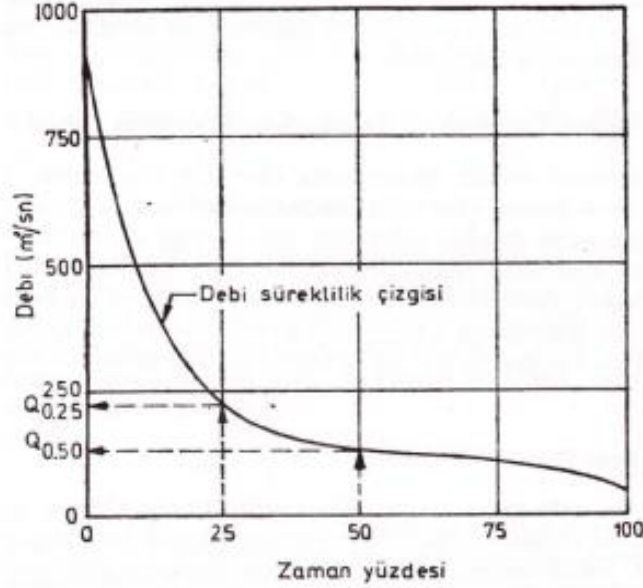


Şekil 2.2: Debi Süreklilik çizgisinin elde edilmesi (Yıldırım, 2012).

Eksenlerin logaritmik seçilmesi, ya da düşey eksenin logaritmik, yatay eksen ise normal dağılım olasılık kağıdının özel eksenleri olarak alınması halinde çizginin iki ucundaki değerler (düşük ve yüksek akımlar) daha presizyonlu bir şekilde okunabilir, ayrıca böyle bir grafikte süreklilik çizgisinin bir doğruya yaklaşması beklenebilir.

Debi süreklilik çizgisi uzun bir gözlem süresindeki günlük akımları kullanarak çizilmelidir. Verilerin sayısı çok olduğundan veriler uygun sayıda sınıf aralığına ayrılarak her bir aralık için gözlenen debilerin frekansları hesaplanır. Bu frekanslar en büyük debiden başlayarak toplanıp aşılma yüzdeleri elde edilir. Bu yüzdeleri sınıf aralıklarının alt sınırlarına karşı gelecek şekilde noktalarla süreklilik çizgisi çizilir

(Şekil 2.3). Günlük akımlar yerine aylık akımlar kullanılırsa ayların içinde debinin değişimi göz önüne alınmamış olur, bu bazı akarsularda (büyük havzalarda) önemli bir fark yaratmaz.



Şekil 2.3: Debi Süreklilik Çizgisi (Bayazit ve Önöz, 2008).

Debi süreklilik çizgisini çizmekle akarsudaki debilerin zaman içinde dizilişi ile ilgili bilgiler kaybolur. Bu çizgi debinin ekli dağılım fonksiyonuna benzemekle birlikte, günlük (aylık) akımlar stasyonier bir süreç oluşturmayıp ortalama, standart sapma gibi parametreleri yıl boyunca periyodik olarak değiştiğinden istatistik anlamda bir olasılık dağılım çizgisi değildir. Bu çizgiden %50 aşılma yüzdesine karşı okunan debi yılın bir gününde aşılması olasılığı %50 olan debi değil, zamanın %50'sinde aşılması beklenen debidir.

Debi süreklilik çizgisi belirlendikten sonra bu çizgiden zamanın belli bir yüzdesinde akarsuda mevcut olan debi okunabilir. Zamanın %90 (%95,%99) gibi bir yüzdesinde aşılma $Q_{0.90}$ ($Q_{0.95}$, $Q_{0.99}$) debisi akarsuyun düşük akım potansiyelini ifade eder. Bu bilgiler biriktirimsiz hidroelektrik tesislerinde, su alma yapılarında, su kalitesi ile ilgili çalışmalarda proje debisinin seçilmesinde kullanılır.

Debi süreklilik çizgisinin düşük akım bölgesinde (0,50'den büyük yüksek aşılma yüzdesinde) dik olması taban akışının katkısının büyük olduğunu gösterir. Geçirimsiz zeminlerde süreklilik çizgisi dik, geçirimli zeminlerde yatık olur.

Çeşitli akarsuların debi süreklilik çizgilerini birbirleriyle karşılaştırarak bölgesel analizde kullanabilmek için debiler birim havza alanından gelen özgül debi olarak ($m^3/s\cdot km^2$) ifade eder, ya da debiler yıllık ortalama (veya medyan) debiye bölerek boyutsuz hale getirilir.

Süreklilik çizgisinden seçilen bir riske ($risk=1$ -aşılma yüzdesi) karşı gelen debi okunup akarsudan alınmak istenen suyun debisi ile karşılaştırarak biriktirme haznesi yapmak gerekip gerekmediğine karar verilir. Biriktirimsiz hidroelektrik tesislerinde enerji üretimi debi süreklilik çizgisini kullanarak hesaplanır. Süreklilik çizgisi akımların düşük (ya da yüksek) olduğu bir yılın gözlemlerine dayanarak çizilirse kurak (yağışlı) yıllardaki durum belirlenmiş olur (Bayazit ve Önöz, 2008).

2.4 Verilerin İstatistik Analizi (Dağılımların Parametrelerinin Tahmini)

Bir rastgele değişken, çeşitli gözlemlerde farklı değerler alabilir. Alınan değerlere bağlı olarak değişkenin olasılık dağılımı tanımlayabilir. Parametreler, bir rastgele değişkenin olasılık dağılımının başlıca istatistik özelliklerini yansıtan büyüklüklerdir. Bu özellikler dağılımın merkezi, merkez çevresindeki yayılımın büyüklüğü ve dağılımın çarpıklığı şeklindedir.

Parametrelerin aldığı gerçek değerler, toplumun tümünü gözlemlemenin mümkün olmamasından dolayı bilinmemektedir. Bu durumda, gerçeğe en yakın değere ulaşabilmek için eldeki örnekten tahmin yapılır. Tahmin sonucu ulaşılan değerlere istatistikler denir. Tahmin yöntemlerinde en çok istatistik momentleri ve L-momentleri yöntemleri kullanılmaktadır (Bayazit ve Yeğen, 2005).

2.4.1 Bir rastgele değişkenin istatistik momentleri

Bir rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu eğrisi ile x eksenini arasında kalan alan bir kütle olarak kabul edilirse, bu kütlenin çeşitli eksenler etrafındaki momentleri istatistik momentler olarak tanımlanır (Bayazit ve Önöz, 2008).

X rastgele değişkenin m-inci mertebeden istatistik momentleri:

$$\mu_x^{(m)} = E((X - \mu_x)^m) = \int_{-\infty}^{+\infty} (X - \mu_x)^m f(x) dx \quad (2.9)$$

şeklinde tanımlanır. Denklemdaki μ_x rastgele değişkenin ortalamasını belirtirken $E(.)$ ise beklenen değeri göstermektedir. Pratikte ilk dört moment kullanılır. Parametreler,

merkez parametreleri, yayılım parametreleri ve çarpıklık parametreleri olmak üzere üç ana başlık altında incelenmiştir (Bayazıt ve diğ, 2008; Bayazıt ve Yeğen, 2005).

2.4.1.1 Merkez parametreleri

Ortalama

Merkezi parametreleri ortalama ve medyan olarak tanımlanmaktadır. Dağılımın merkezi, bir rastgele değişkenin en önemli karakteristiğidir. Dağılımın merkezi, rastgele değişkenin alabileceği tüm değerlerin çevresinde kümелendiği değerdir. Ortalama dağılımın merkezini ifade etmekte kullanılır ve 1. mertebeden istatistik momenttir. Şu şekilde tanımlanır:

$$\mu_x = E[x] = \int_{-\infty}^{+\infty} x dF(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx \quad (2.10)$$

X rastgele değişkenin toplumundan alınmış n elemanı bir örnek için $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ μ_x ortalama parametresine karşı gelen istatistik ise:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2.11)$$

Denklemiyle hesaplanır (Bayazıt ve Yeğen, 2005).

Medyan

Medyan, dağılımın merkezini kuantil tipi parametresidir ve aşılması veya küçük kalma olasılığı %50 olan değerdir. Başka bir deyişle $med_x = x_{0,50}$, $p = 0,50$ olasılığına karşı gelen kuantildir. Medyan tahmini yapmak için öncelikle eldeki örnek değerlerinin $x_1 < x_2 < \dots < x_N$ olacak şekilde sıralanmış olması gerekmektedir. N örnek sayısının çift veya tek olmasına göre medyan şu şekilde hesaplanır:

$$Med_x = x_{0,50} = \begin{cases} x_{\frac{(n+1)}{2}} & n \text{ tek ise} \\ \frac{1}{2} \left[x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2}\right)+1} \right] & n \text{ çift ise} \end{cases} \quad (2.12)$$

Örnekte bulunan çok büyük ya da çok küçük değerlere aykırı değerler denir.

Medyan, ortalamaya göre bu değerlerden daha az etkilenmektedir. Bu yüzden de bu yönüyle ortalamaya göre daha üstündür. Dağılımın simetrik olması durumunda ortalama ve medyan toplum değerleri aynıdır. Dağılımın sağa (pozitif) doğru çarpık olması durumunda ortalama medyandan büyük, sola (negatif) çarpık olması durumunda ise küçüktür (Bayazıt ve Yeğen, 2005).

2.4.1.2 Yayılım parametreleri

Varyans

Yayılım parametreleri, bir rastgele değişkenin merkezi çevresindeki yayılımın büyüklüğü hakkında bilgi verir. Gözlem sonuçlarının hesaplanan ortalamadan farklarının karelerini toplayıp, ortalamasını almakla ortaya çıkan değere varyans denir, aynı zamanda dağılımın büyüklüğünü ölçüsü olarak en çok kullanılan yayılım parametresi varyansdır. Varyans 2. mertebeden merkezi moment olarak da tanımlanabilir. Varyans şu şekilde ifade edilir:

$$\text{Var}(x) = \sigma_x^2 = E((x - \mu_x)^2) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu_x)^2 f(x) dx \quad (2.13)$$

X rastgele değişkenin toplumundan alınmış N elemanlı bir örnek için (x1,x2,...,xn) Var(x) varyans ve x standart sapma parametrelerine karşı gelen istatistik ise

$$\text{Var}(X) = s_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.14)$$

Denklemiyle belirlenir. Bu denklemde eğer örnekteki eleman sayısı N<30 ise paydada N yerine N-1 kullanılır (Bayazıt ve Önöz, 2008; Bayazıt ve Yeğen, 2005).

Standart sapma

Varyansın karekökünün alınmasıyla ortaya çıkan değere standart sapma denir. Standart sapma ölçülen büyüklüğün boyutunda olup şu şekilde ifade edilir:

$$S_x = \sqrt{\text{Var}(x)} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.15)$$

Standart sapma ile yayılımın büyüklüğü doğru orantılıdır. Standart sapmanın büyük olması, değişkenin ortalama değer etrafındaki yayılımının da büyük olması demektir. Ortalaması aynı olmayan iki rastgele değişken için yayılımın büyüklüğü belirlemede değişkenlerin standart sapma değerini karşılaştırmak yeterli olmayabilir. Böyle bir durumda boyutsuz bir büyüklük olan değişim (varyasyon) katsayısı kullanmak uygun olur. Böylece iki rastgele değişkenin yayılımlarının doğrudan doğruya karşılaştırması sağlanmış olur. Değişim katsayısı, standart sapmanın ortalamaya oranı olarak tanımlanabilir ve

$$C_{vx} = \frac{\sigma_x}{\mu_x} \quad (2.16)$$

şeklinde ifade edilir.

X rastgele değişkenin toplumundan alınmış N elemanı bir örnek için $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ C_{vx} değişim katsayısı parametresine karşı gelen istatistik ise

$$C_{vx} = \frac{s_x}{\bar{x}} \quad (2.17)$$

denklemlerle hesaplanır (Bayazıt ve Önöz, 2008; Bayazıt ve Yeğen, 2005).

2.4.1.3 Çarpıklık parametreleri

Rastgele değişkenin dağılımının merkez çevresindeki simetrisini belirleyen parametre 3. Mertebeden istatistiksel moment olan çarpıklık katsayısıdır.

Çarpıklık katsayısı şu şekilde ifade edilir:

$$C_{sx} = \frac{\mu_x^{(3)}}{\sigma_x^3} \quad (2.18)$$

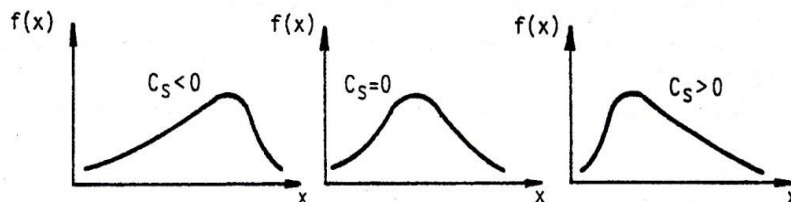
X rastgele değişkenin toplumundan alınmış N elemanlı bir örnek için $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ çarpıklık katsayısı parametresine (C_{sx}) karşı gelen istatistik ise şu şekilde ifade edilir:

$$C_{sx} = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{s_x^3} \quad (2.19)$$

Çarpıklık katsayısı boyutsuzdur.

Bu denkleme bağlı olarak dağılım hakkında şu sonuçlara varılabilir:

- Çarpıklık katsayısı 0 bulunursa, dağılım ortalama çevresinde simetriktir.
- Çarpıklık katsayısı pozitif bir sayı bulunursa, dağılım ortalama çevresinde sağa çarpıktır. Bu durumda pozitif çarpıklık söz konusudur ve dağılımın sağa doğru uzayan bir kuyruğu vardır.
- Çarpıklık katsayısı negatif bir sayı bulunursa, dağılım ortalama çevresinde sola çarpıktır. Bu durumda negatif çarpıklık söz konusudur ve dağılımın sola doğru uzayan bir kuyruğu vardır (Bayazıt ve Önöz, 2008; Bayazıt ve Yeğen, 2005).



Şekil 2.4: Negatif, simetrik ve pozitif çarpıklıkların gösterimi (Bayazıt ve Yeğen, 2005).

2.5 Olasılık Dağılım Fonksiyonları

Düşük akımlar için iki ve üç parametrelili çeşitli dağılım fonksiyonları önerilmiştir. Üç parametrelili dağılımların gözlenmiş verilere uydurulması daha kolaydır. Ancak parametre tahmininde kullanılması gereken çarpıklık katsayısının küçük örneklerden hesaplanan değerlerinin örnekleme varyansı büyük olduğundan parametre tahminlerindeki hata da büyük olabilir. Ayrıca alt sınır parametresi için tahmin edilen değerin negatif olması (akımlar negatif değer almayacağından), ya da gözlenmiş en küçük akımdan büyük çıkması sorunlara neden olabilir. Bu durumda alt sınırı sıfır olarak iki parametrelili bir dağılım kullanmak daha uygun olabilir.

Seçilen bir dağılım fonksiyonunun parametreleri çeşitli yöntemlerle hesaplanabilir. Momentler yönteminde hesaplar kolay olmakla birlikte tahminlerin taraflılığı ve varyansı genellikle yüksektir. Maksimum olabilirlik yöntemi daha az hatalı tahminler verse de hesaplar güçtür. L- momentleri yönteminin kullanılışı kolay olduğu gibi güvenilir tahminler verir. Bu nedenle aşağıda çeşitli dağılım fonksiyonlarının parametrelerinin gerek momentler, gerekse L-momentleri yöntemleriyle tahmini için denklemler verilmiştir.

Minimum akımlara iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonlarını belirlemek için çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Vogel ve Kroll (1989) tarafından belirtildiğine göre Condie ve Nix, parametreleri maksimum olabilirlik yöntemiyle belirlenen üç parametrelili Weibull dağılımının hesaplanan alt sınırının sıfır ile gözlenen en küçük akım değeri arasında çıkması halinde uygun olduğu sonucuna varmışlardır. Bu parametre tahmin yönteminin uygun bir sonuç vermemesi halinde gözlenmiş en küçük değer ya da momentler yönteminin kullanılmasını önermişlerdir. Tasker üç parametrelili dağılımlar arasında parametreleri momentler yöntemiyle hesaplanan logpearson tip III dağılımını uygun bulmuştur. Matalas momentler yöntemiyle Pearson tip III dağılımını kullanmıştır. Stedinger (1980) parametreleri uygun bir yöntemle tahmin edildiğinde üç parametrelili lognormal dağılımın da minimum akımlar için kullanılabileceğini göstermiştir. Nathan ve McMahon (1990) üç parametrelili Weibull dağılımını, Önöz ve Bayazıt (1999) minimumlar için genel ekstrem değer dağılımını önermişlerdir.

Genel lojistik dağılımının zemini geçirimli olan havzalarda (minimum akımın ortalama akıma oranı büyük olduğunda) iyi sonuç verdiği gösterilmiştir. Geçirimsiz

havzalarda ise yağışın fazla olması halinde genel ekstrem değer, yağışın az olması halinde pearson tip III dağılımı daha uygun olmaktadır.

Yukarıda belirtilen üç parametrelili dağılımlar yanında daha basit olan iki parametrelili dağılımlar da minimum akımlar için önerilmiştir. Joseph (1970) iki parametrelili gamma ve Weibull dağılımlarının verilere iyi uyduğu sonucuna varmıştır. Vogell ve Kroll (1989) iki parametrelili lognormal dağılımı, Nathan ve McMahon (1990) ile Gustard ve diğ. (1992) iki parametrelili Weibull dağılımını, Önöz ve Bayazit (2001) üstel dağılımı kullanmışlardır.

Dağılımın alt kuyruğundaki gözlemlerin (çok düşük akımlar) sayıca az olması ve olasılık dağılımın fonksiyonlarının kuyruk olasılıkları için yanlış tahminler vermesi nedeniyle gözlenmiş en küçük değere karşı gelen dönüş aralığından daha büyük dönüş aralıkları için tahmin yapılmasında belirsizliklere karşılaşılr.

Minimum akımlar için bugüne kadar kullanılmış olan olasılık dağılım fonksiyonları ve parametre tahmin denklemleri aşağıda verilmiştir (Bayazit ve Önöz, 2008).

2.5.1 Normal ailesi

Gauss ya da normal dağılım istatistikte çok kullanılan bir dağılımdır ve lognormal (LN) ile üç parametrelili lognormal (LN3) dağılımlarının temelini teşkil eder. LN ve LN3 hidrolojide çok sık kullanılan olasılık dağılımlarıdır.

2.5.1.1 Normal dağılım

Hidrolojide ve diğer birçok disiplindeki verilerin normal dağılıma iyi uyduğu bilinmektedir. Bu da merkez limit teoremi ile açıklanabilir. Merkez limit teoremine göre bir rastgele değişken (X), n adet bağımsız değişkenin toplamından meydana geliyorsa n arttıkça X'in dağılımı esas değişkenlerin dağılımı ne olursa olsun hızla normal dağılıma yaklaşır. Pratikte bu sayı 10 olarak kabul edilebilir.

X normal rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu (oyf):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x} \right)^2 \right] \quad (2.20)$$

Dağılım alttan ve üstten sınırsız ($-\infty \leq x \leq \infty$) olup ortalaması μ_x , varyansı σ_x^2 'dir.

Normal dağılım simetrik olup çarpıklık katsayısı sıfır ve kurtosis 3'dür. Dağılımın iki momenti μ_x ve σ_x^2 aynı zamanda parametrelerdir. Dağılımın L- moment:

$$\lambda_1=\mu \quad (2.21)$$

$$\lambda_2=0,546 \sigma=\pi^{-1/2} \sigma \quad (2.22)$$

$$\tau_3=0 \quad (2.23)$$

$$\tau_4=0,1226 \quad (2.24)$$

dağılım parametreleri:

$$\mu=\lambda_1 \text{ ve } \sigma=\pi^{1/2} \lambda_2 \quad (2.25)$$

Normal dağılımın eklenip dağılım fonksiyonu (e.d.f.) analitik olarak elde edilmediğinden sayısal integrasyon yoluyla tablo haline getirilmiştir. Tek tip tablo hazırlayabilmek için rastgele değişken standart değişken (z) haline getirilmiştir.

$$z = \frac{x-\mu_x}{\sigma_x} \quad (2.26)$$

Standart normal değişimin e.d.f. $\Phi(z)$, basit yaklaşımlar için $0 < z \leq 5$ aralığında aşağıdaki ifade ile belirlenebilir:

$$\Phi(z) = 1 - 0,5 \exp \left[-\frac{(83z+351)z+562}{703/z+165} \right] \quad (2.27)$$

Standart normal değişkenin invers formu aşağıdaki ifadeden yaklaşık olarak elde edilebilir.

$$\Phi^{-1}(z) = z_p = \frac{p^{0,135} - (1-p)^{0,135}}{0,1975} \quad (2.28)$$

Daha hassas bir yaklaşım $10^{-7} < p < 0,5$ aralığında

$$\Phi^{-1}(z) = z_p = -\sqrt{\frac{y^2[(4y+100)y+205]}{[(2y+56)y+192]y+131}} \quad (2.29)$$

$y = -\ln(2p)$ 'dir (Maidment, 1992).

normal dağılım ile p olasılığına karşı gelen kuantil

$$X_p = \mu_x + Z_p \sigma_x \quad (2.30)$$

ifadesi ile hesaplanır (Bayazıt ve Önöz, 2008; Bayazıt ve Yeğen, 2005).

2.5.1.2 Log-Normal dağılım

X değişkeninin logaritması ile tanımlanan Y değişkeni normal dağılmış ise X'in dağılımı lognormaldir. Dağılım $X > 0$ için tanımlanabileceğinden hidrolojideki birçok pozitif çarpık değişkene iyi uymaktadır.

$$Y=\ln(x) \quad (2.31)$$

2.31 denkleminde esas X değişkenine aşağıdaki ifade ile geçilir.

$$X=\exp(Y) \quad (2.32)$$

X lognormal değişkeninin ekli dağılım fonksiyonu (e.d.f.):

$$F(x) = P(X \leq x) = P[Y \leq \ln(x)] = P\left[\frac{Y-\mu_Y}{\sigma_Y} \leq \frac{\ln(x)-\mu_Y}{\sigma_Y}\right] = \Phi\left[\frac{\ln(x)-\mu_Y}{\sigma_Y}\right] \quad (2.33)$$

ifadede Φ standart normal dağılımın e.d.f.'dur. Lognormal dağılımda çarpıklık ile değişim katsayısı arasında aşağıdaki ilişki mevcuttur.

$$C_{sx}=3 C_{vx}+ C_{vx}^3 \quad (2.34)$$

Lognormal dağılım çarpıklık ve değişim katsayısı sıfıra yaklaştıkça normal dağılıma yaklaşır.

Lognormal dağılımın ilk iki momenti

$$\mu_x = \exp\left(\mu_Y + \frac{\sigma_Y^2}{2}\right) \quad (2.35)$$

$$\sigma_x^2 = \mu_x^2 [\exp(\sigma_Y^2) - 1] \quad (2.36)$$

X ve Y değişkeninin dağılımlarının momentleri arasındaki ilişki:

$$\sigma_Y = \left[\ln\left(1 + \frac{\sigma_x^2}{\mu_x^2}\right) \right]^{1/2} \quad (2.37)$$

$$\mu_Y = \ln(\mu_x) - \frac{1}{2} \sigma_Y^2 \quad (2.38)$$

Son iki denklemle X'in parametreleri kullanılarak μ_Y ve σ_Y hesaplanabilmektedir.

Lognormal dağılımın ilk iki momenti μ_Y ve σ_Y^2 başka bir yaklaşımla, X_i değerlerinin logaritmaları alınarak

$$Y_i = \ln X_i \quad (2.39)$$

hesaplanabilir. Momentlerin bu yolla tahmini hem daha kolay hem de daha etkin tahminlerdir. Ancak örnekte çok küçük değerler olması halinde logaritmik dönüşümle bu değerlerin örnekteki etkisi arttırılmaktadır.

Dağılımın ikinci L- momenti:

$$\lambda_2 = \exp\left(\mu_Y + \frac{\sigma_Y^2}{2}\right) \operatorname{erf} \frac{\sigma_Y}{2} = 2 \exp\left(\mu_Y + \frac{\sigma_Y^2}{2}\right) \left[\Phi\left(\frac{\sigma_Y}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2}\right) \right] \quad (2.40)$$

olup ifade 3 parametrelili lognormal için de geçerlidir (Maidment, 1992).

Verilen bir p olasılığı için X p kuantili

$$X_p = \exp(\mu_Y + z_p \sigma_Y) \quad (2.41)$$

İfadesi ile belirlenir (Bayazıt ve Önöz, 2008; Bayazıt ve Yeğen, 2005).

2.5.1.3 Üç-parametrelili Log-Normal dağılım:

Birçok durumda X rastgele değişkenin logaritmalarını almakla değişken normal dağılıma pek uymamaktadır.

Ancak X_0 gibi bir alt sınır değeri çıkarıldıktan sonra logaritmik dönüşüm yapıldığında değişken normal dağılıma uyabilmektedir.

$$Y = \ln(X - X_0) \quad (2.42)$$

X_0 alt sınır olup Y'nin dağılımı normal dağılımı olmaktadır.

$$X = X_0 + \exp(Y) \quad (2.43)$$

olarak elde edilir.

X değişkeninin ilk iki momenti

$$\mu_x = X_0 + \exp\left(\mu_Y + \frac{1}{2} \sigma_Y^2\right) \quad (2.44)$$

$$\sigma_x^2 = [\exp(2\mu_Y + \sigma_Y^2)] [\exp(\sigma_Y^2) - 1] \quad (2.45)$$

olup çarpıklık katsayısı

$$C_{sx} = 3\beta + \beta^3 \quad (2.46)$$

denklemden $\beta = [\exp(\sigma_Y^2) - 1]^{0.5}$ dir.

3 parametrelili lognormal dağılımın parametrelerinin momentler yöntemi ile tahminleri etkin tahminler olmayıp daha etkin bir tahmin X_0 alt sınırı için kuantil alt sınır ifadesi ile elde edilebilir.

$$X_0 = \frac{X_{(1)}X_{(N)} - X_{med}^2}{X_{(1)} + X_{(N)} - 2X_{med}} \quad (2.47)$$

Denklemden $X_{(1)}$ en büyük gözlemi, $X_{(N)}$ en küçük gözlemi ve X_{med} , medyan değerini göstermektedir. Şayet $X_{(1)} + X_{(N)} - 2 X_{med} > 0$ ise elde edilen X_0 bir alt sınır, $X_{(1)} + X_{(N)} - 2 X_{med} < 0$ ise üst sınır olmaktadır.

Elde edilen X_0 kullanılarak μ_Y ve σ_Y^2 parametreleri hesaplanır. Bu şekilde hesaplanan parametrelerin tahminleri maksimum olabilirlik yöntemi ile aynı düzeyde kabul edilmektedir.

Dağılımın birinci L-moment

$$\lambda_1 = \mu \quad (2.48)$$

olup λ_2 ifadesi ile belirlenebilir (Bayazit ve Önöz, 2008; Bayazit ve Yeğen, 2005).

2.5.2 Gev ailesi

Hidrolojide karşılaşılan birçok olayın en büyük veya en küçük değerleri benzer özellik gösterir. Örneğin bir yıldaki en büyük debi, yağış veya en düşük debiler. Bu rastgele değişkenlerin dağılımlarının ekstrem değer dağılımlarından (general extreme value GEV) biri olabileceği Gumbel (1958), tarafından ileri sürülmüştür. İstatistiğin ekstrem değerler teorisine göre, bağımsız değişkenlerin sayısının sonsuza gitmesi halinde örneklerdeki en büyüklerin dağılımının ekstrem

değer dağılımlarından birine yakınsadığı kabul edilir. Bunlar Tip I, II ve III dağılımlardır.

Bu bölümde ilk olarak Gumbel dağılımı ele alınacaktır. EVI, Gumbel dağılımı olarak isimlendirilmektedir (Bayazit ve Önöz, 2008; Bayazit ve Yeğen, 2005).

2.5.2.1 Gumbel dağılımı

$M_1, M_2, \dots, M_N$ günlük yağışlar veya akımlar olsun. X rastgele değişkeni yıllık $X = \max(M_i)$ $i=1,2,\dots,365$ olacak şekilde tanımlansın. Şayet M_i 'ler bağımsız, aynı dağılıma sahip ve üstte sınırsız iseler N 'nin büyük değerlerinde X değişkeninin dağılımı ekstrem Tip I (EVI) veya Gumbel dağılımıdır. Ayrıca M_i 'lerin üst kuyruğunun dağılımı ekspanansiyeldir. Literatürde yıllık maksimum akımların, maksimum 24 saatlik yağışların dağılımı için sıklıkla Gumbel dağılımı kabulü yapılmıştır.

Gumbel dağılımının oyf ve eklenik dağılım fonksiyonu (e.d.f)

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{x-\xi}{\alpha} - \exp \left(-\frac{x-\xi}{\alpha} \right) \right] \quad -\infty < x < \infty \quad (2.49)$$

$$F(x) = \exp \left[-\exp \left(-\frac{x-\xi}{\alpha} \right) \right] \quad (2.50)$$

α ve ξ dağılımın parametreleridir.

Dağılımın ortalama, varyans ve çarpıklık katsayısı:

$$\mu_x = \xi + 0,5772\alpha \quad (2.51)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6} \approx 1,645\alpha^2 \quad (2.52)$$

$$C_{sx} = 1,1396 \approx 1,14 \quad (2.53)$$

Dağılımın L-momentleri:

$$\lambda_1 = \xi + 0,5772\alpha \quad (2.54)$$

$$\lambda_2 = \alpha \ln(2) \quad (2.55)$$

Moment oranları:

$$\tau_3 = 0,1699 \quad (2.56)$$

$$\tau_4 = 0,1504 \quad (2.57)$$

Dağılımın parametrelerinin tahmini:

$$\alpha = \frac{\lambda_2}{\ln(2)} = 1,443\lambda_2 \quad (2.58)$$

veya momentler yöntemi ile

$$\alpha = \frac{s_x \sqrt{6}}{\pi} = 0,7796s_x \quad (2.59)$$

$$\xi = \bar{x} - 0,5772\alpha \quad (2.60)$$

L-momentler yöntemi ile yapılan tahminler, gözlemler gerçekten Gumbel dağılımına uygunsa daha üstündür. Maksimum olabilirlik yöntemi ise en başarılı parametre tahmin yöntemi olup, L-moment tahminlerinin kullanılması ile elde edilen kuantil tahminleri, şayet veriler dağılıma sınırlı bir uygunluk gösteriyorsa üstündür.

Gumbel dağılımının o.y.f., LN dağılımının $C_{sx} = 1.13$ olan dağılımına çok benzerdir. ξ ve α değişince Gumbel o.f.'nin merkezi hareket etmekle birlikte çarpıklık katsayısı sabit olduğundan biçimi değişmez.

Gumbel dağılımının edf kolayca invert edilebilir. p olasılığına karşı gelen kuantil (Bayazıt ve Önöz, 2008; Bayazıt ve Yeğen, 2005).

$$X_p = \xi - \alpha \ln[-\ln(F)] \quad (2.61)$$

2.5.2.2 Ekstrem değer dağılımı

Dağılımın genel hali olup EVI(Gumbel), II ve III tipini bir arada içerir. GEV olarak literatürde gösterilip edf

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 - \frac{k(x-\xi)}{\alpha} \right]^{1/k} \right\} \quad (2.62)$$

α , k ve ξ dağılımın parametreleri olup α , ölçek parametresi, k , biçim parametresi ve ξ , yer parametresidir. $k=0$ için GEV dağılımı EVI(Gumbel) olmaktadır.

$|k| < 0.3$ için GEV dağılımının genel şekli Gumbel dağılımına benzerdir. $k > 0$ için dağılım üstten sınırlıdır. $\xi + \alpha/k$ üst sınır olup dağılım bu hal için EVIII adını alır. $k < 0$ için dağılım alttan sınırlıdır. $\xi + \alpha/k$ alt sınır olup dağılım EVII adını alır.

Dağılımın momentleri

Momentler $\Gamma(.)$ gamma fonksiyonu ile verilmektedir.

$$\mu_x = \xi + \left(\frac{\alpha}{k} \right) [1 - \Gamma(1 + k)] \quad (2.63)$$

$$\sigma_x^2 = \left(\frac{\alpha}{k} \right)^2 \{ \Gamma(1 + 2k) - [\Gamma(1 + k)]^2 \} \quad (2.64)$$

$k > -0.5$ için σ_x^2 mevcuttur.

Çarpıklık:

$$C_{sx} = \frac{-\Gamma(1 + 3k) + 3\Gamma(1 + k)\Gamma(1 + 2k) - 2\Gamma^3(1 + k)}{[\Gamma(1 + 2k) - \Gamma^2(1 + k)]^{3/2}} \quad (2.65)$$

Sign(k), ifadenin k 'nın işareti ile çarpılacağını göstermektedir. $\Gamma(.)$ fonksiyonu yaklaşık olarak aşağıdaki ifadeden elde edilebilir veya verilmiş tablolardan hesaplanabilir.

$1 \leq \delta \leq 0$ olmak üzere

$$\Gamma(1 + \delta) = 1 + \sum_{i=1}^5 a_i \delta^i + \varepsilon \quad (2.66)$$

$$a_1 = -0.5748646$$

$$a_2 = 0.9512363$$

$$a_3 = -0.6998588$$

$$a_4 = 0.4245549$$

$$a_5 = -0.1010678$$

$$|\varepsilon| \leq 5 \cdot 10^{-5}$$

Daha basit bir yaklaşımla

$$\Gamma(1+w) = w\Gamma(w) \quad 0 < w < 1 \quad (2.67)$$

tam sayı w 'ler için

$$\Gamma(1+w) = w! \quad (2.68)$$

Dağılımın L-momentleri:

$$\lambda_1 = \xi + \frac{\alpha}{k} \{1 - \Gamma(1+k)\} \quad (2.69)$$

$$\lambda_2 = \frac{\alpha}{k} (1 - 2^{-k}) \Gamma(1+k) \quad (2.70)$$

Moment oranları

$$\tau_3 = \left\{ \frac{2(1-3^{-k})}{(1-2^{-k})} - 3 \right\} \quad (2.71)$$

$$\tau_4 = \frac{1-5(4^{-k})+10(3^{-k})-6(2^{-k})}{1-2^{-k}} \quad (2.72)$$

Dağılımın parametrelerinin tahmini:

L-momentleri cinsinden

$$k = 7.8590 \, c + 2.9554 \, c^2 \quad (2.73)$$

k 'nin tahmininin ortalaması sıfır, varyansı $\text{var}(k) = 0.5633/N$

$$\alpha = \frac{k\lambda_2}{\Gamma(1+k)(1-2^{-k})} \quad (2.74)$$

$$\xi = \lambda_1 + \frac{\alpha}{k} [\Gamma(1+k) - 1] \quad (2.75)$$

$$c = \frac{2\lambda_2}{\lambda_3 + 3\lambda_2} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)} = \frac{2\beta_1 - \beta_0}{3\beta_2 - \beta_0} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)} \quad (2.76)$$

Herhangi bir p olasılığı için kuantil aşağıdaki ifade kullanılarak bulunabilir (Bayazıt ve Önöz, 2008; Bayazıt ve Yeğen, 2005).

$$X_p = \xi + \frac{\alpha}{k} \{1 - [-\ln(F)]^k\} \quad (2.77)$$

2.5.3 Pearson TipIII ailesi

Hidrolojide ve özellikle taşkın hidrolojisinde Pearson tip III ve Log-pearson tip III dağılımları sıklıkla kullanılmaktadır (Bayazıt ve Önöz, 2008).

2.5.3.1 Pearson TipIII

$$f(x) = |\beta|[\beta(x - \xi)]^{\alpha-1} \frac{\exp[-\beta(x-\xi)]}{\Gamma(\alpha)} \quad (2.78)$$

oyf dağılımında α , biçim, β ölçek ve ξ yer parametresidir. $\alpha > 0$, $\beta > 0$ için $x > \xi$ olup ξ alt sınırı oluşturur. $\beta < 0$ için ise $x < \xi$ olup ξ üst sınırıdır.

$X > \xi$ için $C_{sx} = \frac{2}{\sqrt{\alpha}}$ ve $x < \xi$ için $C_{sx} = \frac{-2}{\sqrt{\alpha}}$ dır. Ayrıca, $\beta > 0$ ve $\xi = 0$ için $C_{vx} = 2CV_x$ olup dağılım Gamma dağılımına indirgenir. Sabit ortalama ve varyans için limit halinde, α sonsuza giderken çarpıklık sıfıra gider ve Pearson Tip III dağılımı normal dağılıma dönüşür. Yine $\alpha = 1$ ve $C_{sx} = 2$ için 2 parametrelilik eksponansiyel dağılım elde edilir.

Dağılımın momentleri:

$$\mu_x = \xi + \frac{\alpha}{\beta} \quad (2.79)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\alpha}{\beta^2} \quad (2.80)$$

Dağılımın L-momentleri

$$\lambda_1 = \xi + \frac{\alpha}{\beta} \quad (2.81)$$

$$\lambda_2 = \frac{\Gamma(\alpha+0,50)}{\sqrt{\pi}\beta\Gamma(\alpha)} \quad (2.82)$$

Dağılımın parametrelerinin tahmini:

Momentler yöntemi ile

$$\alpha = \frac{4}{C_{sx}^4} \quad (2.83)$$

$$\beta = \frac{2}{\sigma_x C_{sx}} \quad (2.84)$$

$$\xi = \mu_x - \frac{\alpha}{\beta} = \mu_x - \frac{2\sigma_x}{C_{sx}} \quad (2.85)$$

Pearson Tip III dağılımının e.d.f. elde edilememekte tablolar veya bazı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Çizelgesi A.1(EK A.1), çarpıklığa bağlı olarak K (frekans faktörü)

değerini vermektedir. Ortalaması sıfır, varyansı 1 olan standart P3 değişkeninin çarpıklığa bağlı olarak çeşitli p kuantilleri bu çizelgeden okunarak

$$X_p = \mu + \sigma K_p(C_{sx}) \quad (2.86)$$

hesaplanabilir.

Frekans faktörü kullanılarak yukarıdaki denklem kullanıldığında dağılımın parametrelerini hesaplamaya gerek yoktur. Ortalama ve standart sapma kullanılarak X_p kuantili hesaplanabilmektedir.

K frekans faktörü verilerden alınabileceği gibi

$0.01 \leq p \leq 0.99$ ve $|C_{sx}| < 2$ için

Wilson-Hilferty transformasyonu ile aşağıdaki ifadeden güvenilir bir şekilde hesaplanabilir.

$$K_p(C_{sx}) = \frac{2}{C_{sx}} \left(1 + \frac{C_{sx} z_p}{6} - \frac{C_{sx}^2}{36} \right)^3 - \frac{2}{C_{sx}} \quad (2.87)$$

z_p , standart normal dağılım için p kuantilindeki standart değişkendir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

2.5.3.2 Log Pearson TipIII

Bir rastgele değişkenin logaritmaları P3 dağılmış ise (Y değişkeni) esas değişkenin (X) dağılımı LP3 olur.

$$Y = \ln(X) \quad (2.88)$$

için

$$X = \exp(Y) \quad (2.89)$$

α biçim, β ölçek ve ξ yer parametresi olmak üzere dağılımın oyf:

$$f(x) = |\beta| [\beta(x - \xi)]^{\alpha-1} \frac{\exp\{-\beta[\ln(x) - \xi]\}}{\alpha \Gamma(\alpha)} \quad (2.90)$$

$\beta < 0$ için $0 < x < \exp(\xi)$ olup ξ üst sınır $\beta > 0$ için $\exp(\xi) < x < \infty$ ξ alt sınır olmaktadır. Dağılım momentleri:

$$E(x^r) = e^{r\xi} \left(\frac{\beta}{\beta - r} \right)^\alpha \quad (2.91)$$

$\beta > r$ veya $\beta < 0$ için

$$\mu_x = e^{\xi} \left(\frac{\beta}{\beta-r} \right)^{\alpha} \quad (2.92)$$

ve

$$\sigma_x^2 = e^{r\xi} \left[\left(\frac{\beta}{\beta-r} \right)^{\alpha} - \left(\frac{\beta}{\beta-r} \right)^{2\alpha} \right] \quad (2.93)$$

Çarpıklık katsayısı

$$C_{sx} = \frac{E[x^3] - 3\mu_x[x^2] + 2\mu_x^3}{\sigma_x^3} \quad (2.94)$$

Bu dağılım U.S Water Resources Council tarafından Amerika ve Avusturalya’da taşkınların dağılımı olarak kullanılması tavsiye edilmiştir. Herhangi bir p olasılığı için X_p kuantilinin bulunabilmesi için verilerin logaritmalarına Pearson Tip III dağılımı uydurulur.

$$Y = \mu_Y + \sigma_Y K(C_s) \quad (2.95)$$

hesaplanır ve esas değişkene

$$X_p = \exp(Y_p) \quad (2.96)$$

dönüşümü ile geçilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

2.6 Taşkın Zarf Eğrisi

Büyük taşkın debilerinin yağış alanına göre değişimini noktalararak elde edilen zarf eğrileri, taşkın frekans analizi ve olası maksimum taşkın yöntemleri yanında taşkın tahminlerinde kullanılabilir.

Bir bölgede gözlenmiş büyük taşkın debilerinin havza alanına göre değişimi noktalanarak bir zarf eğrisi elde edilir, öyle ki bütün taşkın gözlemleri bu eğrinin altında kalır. Böyle bir eğri bölgede belli büyüklükteki bir havzada görülebilecek en büyük taşkın tahmininde kullanılabilir.

Taşkın tahminlerinde en çok kullanılan yöntemler taşkın frekans analizi ve olası maksimum taşkın yaklaşımıdır. Taşkın frekans analizini uygulamak için söz konusu havzada yeterli taşkın gözlemlerinin bulunması gerekir. Gözlem sayısı genellikle az olduğundan dönüş aralığı büyük olan taşkınların tahmini için verilere bir olasılık dağılım fonksiyonu uydurmak ve belli bir dönüş aralığı olan taşkını bu fonksiyondan belirlemek gerekir. Verilere en iyi uyan dağılımın seçilmesinde belirsizliklerle

karşılaşılır. Seçilen dağılıma göre tahmin edilen taşkınlar arasında büyük farklar bulunabilir. Fiziksel olarak görülebilecek en büyük taşkının belirlenmesini amaçlayan olası maksimum taşkın yaklaşımında ise havzanın hidrometeorolojisi ile ilgili ayrıntılı verilerin bulunması ve olayın gerçekçi bir şekilde modellenmesi gerekir. Her iki yöntemin özellikle verilerin yetersiz olduğu havzalarda uygulanması güç olduğundan, yukarıda belirtilen en büyük taşkınların zarf eğrisi taşkın tahmininde yararlı olabilir.

Zarf eğrisi yöntemi bir bölgesel analiz yöntemi olup hidroklimatik bakımdan benzer olan havzalarda en büyük taşkınla havza alanı arasında bir ilişki bulunduğu kabulüne dayanmaktadır. Burada havzanın taşkın debisini etkileyen en önemli özelliğinin havza alanı olduğu kabulü yapılmaktadır.

Zarf eğrisi yaklaşımında bir havzaya düşebilecek yağıştaki ve havzanın bu yağışı akışa dönüştürme mekanizmasındaki fiziksel sınırlamalar nedeniyle görülebilecek en büyük taşkın için bir üst sınır bulunduğu kabul edilmektedir.

2.7 Trend Analizi

Trend bir rastgele değişkenin değerlerinde zamana bağlı olarak bir değişimin (azalma/artma) olmasıdır. Trendin incelenmesinde parametrik ya da parametrik olmayan çeşitli istatistik testler kullanılır. t ve F testleri parametrik testlerdir. Sıra dönüşüm testi, sıra-toplam testi, Mann-Kendall testi ise parametrik olmayan testlere örnek olarak verilebilir. Analiz için parametrik olmayan testler tercih edilir. Bunun nedeni gözlemlerin kısa süreli, düzensiz ve çarpık olması gibi olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaktır. Bu testler, toplumun rastgele değişkeninin dağılımından ve parametrelerinden bağımsızdır. Test istatistiği verilerin düzenlenmiş örnekteki sıraları ile ilgilidir. En çok kullanılan parametrik olmayan test Mann-Kendall Testi'dir (Yıldırım, 2012).

2.7.1 Mann-Kendall trend analizi

Mann Kendall testi nonparametrik bir test olduğundan rastgele değişkenin dağılımından bağımsızdır. Test, korelasyon katsayısı τ' un hesaplaması esasına dayandığı için Kendall τ istatistiği olarak da bilinir. Değişkenlerin değerleri değil, büyüklük sırası önemlidir. Bu test ile bir zaman serisinde trend olup olmadığı sıfır hipotezi ile; “ H_0 :trend yok” ile kontrol edilmektedir (Bayazit ve Önöz, 2008). Testin uygulanacağı zaman serisi $x_1, x_2, \dots, x_n$ de x_i, x_j çiftleri iki gruba ayrılır. $i < j$ için x_i

$< x_j$ olan çiftlerin sayısı P ve $x_i > x_j$ olan çiftlerin sayısı M ile gösterilirse test istatistiği $S=P-M$ şeklinde tanımlanır. Kendall korelasyon katsayısı :

$$\tau = \frac{2S}{n(n-1)} \quad (2.97)$$

Bu şekilde hesaplanan korelasyon katsayısının değeri -1 ile 1 arasında değişir. Sonucun 0 olması değişkenlerin bağımsız olduğunu, mutlak değerin 1 olması ise değişkenlerin bağımlı olduklarını ifade eder. Trend olduğu zaman S değerinin pozitif olması artan bir trend ve aksi takdirde azalan bir trend olduğu gösterilmektedir.

$n \leq 10$ için S' in aşılması (küçük kalması) olasılığı p olan x(-x) değerleri tablo halinde verilmiştir. $n \geq 10$ için S istatistiğinin ortalama ve standart sapması:

$$\mu_s = 0 \quad \sigma_s = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad (2.98)$$

olmak üzere,

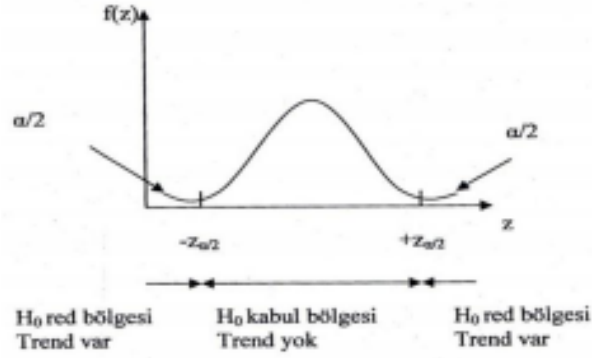
$$Z = \begin{cases} (S - 1)/\sigma_s & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ (S + 1)/\sigma_s & S < 0 \end{cases} \quad (2.99)$$

şeklinde tanımlanan Z istatistiğinin dağılımı standart normal dağılımdır. Örnekte birbirine eşit olan gözlemler varsa σ_s aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\sigma_s = \sqrt{[n(n-1)(2n+5) - \sum_i t_i(t_i-1)(2t_i+5)]/18} \quad (2.100)$$

Burada t_i değeri eşit olan gözlemlerin sayısını göstermektedir. Örneğin 5 gözlem aynı değeri taşıyorsa $t_1=5$, 3 gözlem aynı değerde ise $t_2=3$ ve ayrıca değerleri aynı olan 2 gözlemlik iki grup bulunuyorsa $t_3=2$, $t_4=2$ alınacaktır. Yukarıda anlatıldığı şekilde hesaplanan Z'nin mutlak değeri seçilen α anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın

$Z_{\alpha/2}$ değerinden küçükse sıfır hipotezi kabul edilmekte incelenen zaman serisinde trend olmadığı sonucuna varılmaktadır (Yıldırım, 2012).



Şekil 2.5: Mann-kendall hipotezleri (Cebe, 2007).

Mann-Kendall testi hipotezinin kabul ya da reddedilmesi esasına dayanır. Gözlenen değerlerde bir trendin olmadığı sonucuna varılması durumunda hipotezi kabul edilmektedir. Gözlenen değerlerde bir trendin olması durumunda ise H_0 hipotezi kabul edilmemektedir. Hipotezin kabul veya reddedilmesinde seçilen anlamlılık düzeyinin önemi büyüktür. Bu çalışmada anlamlılık düzeyi 0,05 seçilmiştir. Buna göre trendin olmadığı sonucuna varıldığı durumda, trendin bulunma olasılığı %5 tir (Yıldırım, 2012).

$\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyi için $Z_{\alpha/2} = Z_{0.025}$ değeri EK(A.6) verilen standard normal dağılım çizelgesinde 1,96 olarak okunur ve denklemden hesapladığımız Z değeri ile karşılaştırılıp H_0 hipotezi kabul veya reddedilir.

2.8 Mevsimsellik Analizi

Hidroloji ve su kaynakları mühendisliğinin pek çok uygulanmasında; mevsimsel akış tahminlerinde, dere yatağı taşkın korumalarında, taşkın yönetiminde ve su kaynakları altyapı çalışmalarında, taşkın mevsimselliği bilgisi gerekir (Cunderlik ve diğ., 2004). Taşkın mevsimselliği, su kaynakları kontrolü ve değerlendirmesi amacıyla planlanacak olan tüm inşaat projelerinin, hazırlanması sırasında kullanılan bir bilgidir.

İlkbahar ve yazın ilk dönemlerinde büyük ölçüde kar erimelerinden kaynaklanan debi yoğunluğu sadece taşkınların değil, sulama için gerekli büyük miktardaki suyun ve yaz dönemi boyunca enerji üretiminde kullanılabilecek olan suyun kaybına sebep olmaktadır. Bu bağlamda dağınık olan Türkiye'nin Kuzey doğusunda, Doğu Karadeniz Havzası ülkenin en önemli su potansiyeline sahip bir bölgesidir ve, enerji üretimi, taşkın kontrolü, biriktirme haznelerin bölgesi olarak işletmelerinde kullanmak

üzere, bölgedeki kar erimelerinin mevsimsellik tahmini de ayrıca büyük önem arz etmektedir.

Tüm dünyada olduğu gibi, Türkiye’de de gözlenmiş akım değerlerinin kayıtları bulunmayan bölgelerde, su kaynakları yöntemine yönelik bir çalışma yapılması gerektiğinde, bölgeye ait projelendirme temellerini teşkil edecek olan taşkın değerlerine ulaşmak, büyük bir önem taşır.

Taşkınların düzenliliği ve oluş zamanlaması, hidrolojik olarak havza benzerliğinin bir büyüklüğü olarak kullanılabilir. Taşkınların zamanlama ve mevsimsellik benzerlikleri gözlenen istasyonlarda, fiziki, coğrafi ve meteorolojik olarak da benzerlikler beklenebilir.

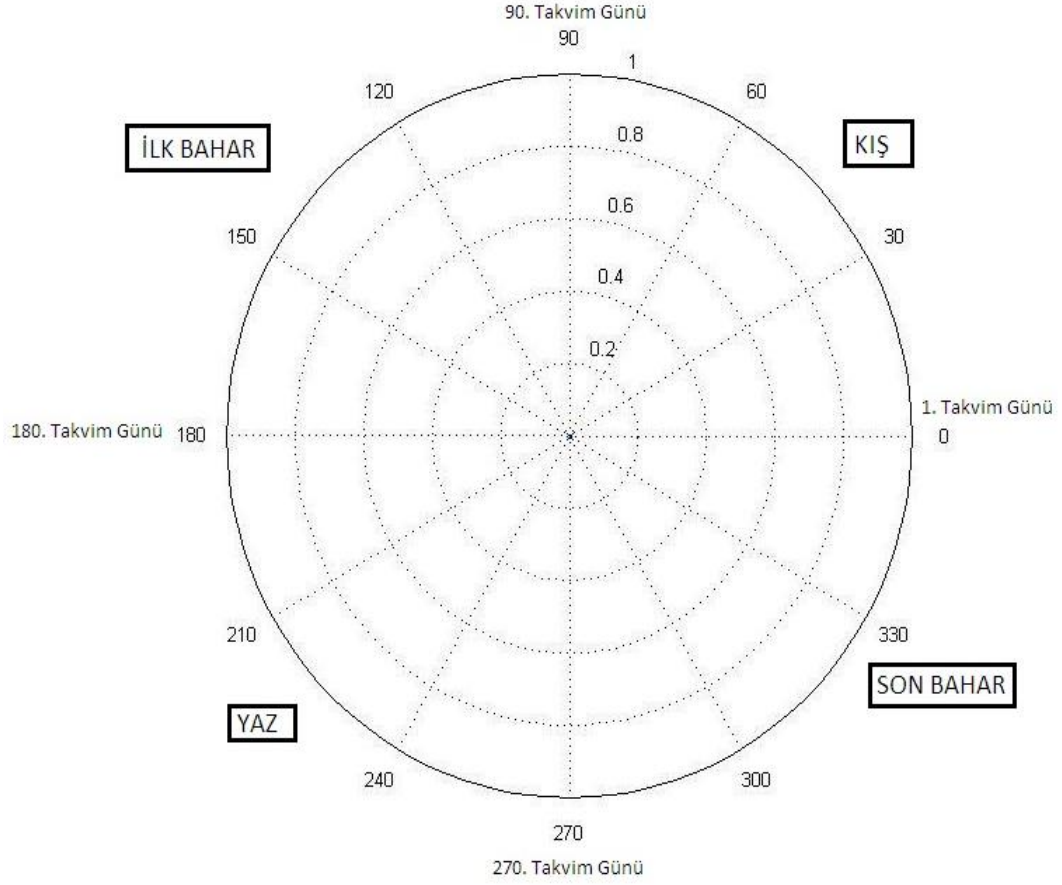
2.8.1 Açısal mevsimsellik analizi

Bölgeselleştirme analizlerinde kullanılan homojen havzalar dikkate alınırken, coğrafi komşuluktan ziyade hidrolojik açıdan benzerlikleri dikkate alınır ve bu yöntemde, havza homojenliğinin tespitinde taşkın karakteristikleri ve gerçekleşme zamanları kullanılmaktadır (Burn ve Goel, 1997).

Mevsimsellik analizi yapılan istasyonlarda, taşkın kaydı bulunan her yıl için yıllık taşkın gözlenme tarihlerini, radyan cinsinden açısal değeri olarak ifade edebilmek için, takvim günü, 1 Ocak tarihini yılın 1. Günü ve 31 Aralık tarihini, yılın 365 günü olarak alınır ve aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$\theta_i = (Takvim\ Günü)_i \left(\frac{2\pi}{365} \right) \quad (2.101)$$

Bu denklemde θ değeri, i yılında gözlenen taşkın tarihinin, radyan cinsinden açısal değerini ifade eder. Taşkın tarihi birim büyüklükleri θ açısına sahip vektör ile gösterilebilmektedir. “n” sayıdaki taşkın değerine sahip örnekler üzerinde çalışırken, istasyon hidrolojik rejimin görsel olarak ifadesini sağlamak için, Şekil 2.6’da olduğu gibi her yıla ait takvim günlerinin radyan cinsinden açısal ifadeleri birim daire üzerinde işaretlenir.



Şekil 2.6: Birim daire

“n” sayıda taşkın değerine sahip örneklerden, istasyonun taşkın zamanının x ve y koordinatları hesaplanabilir (Burn ve Goel, 1997).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos(\theta_i) \quad (2.102)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sin(\theta_i) \quad (2.103)$$

Yukarıdaki formüller ile hesaplanan $\bar{x}$ ve $\bar{y}$ istasyon mevsimsellik koordinatları, istasyona ait MD taşkın takvim gününe ait değerlerdir. Taşkın zamanının, radyan cinsinden açısal değeri, $\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right)$ değeri pozitif iken 2.110 denklemi, açısal değeri negatif iken 2.111 denklemini kullanarak hesaplanır (Burn ve Goel, 1997).

$$\bar{\theta} = \tan^{-1} \left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}} \right) \quad (2.104)$$

$$\bar{\theta} = \tan^{-1} \left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}} \right) + \pi \quad (2.105)$$

Bir istasyonun taşkın takvim gününü, radyan cinsinden açısal ifade eden $\bar{\theta}$ değerinden aşağıdaki denklemden hesaplayabiliriz.

$$MD = \bar{\theta} \left(\frac{365}{2\pi} \right) \quad (2.106)$$

Bu denklemle hesaplanan çeşitli MD değerleri, çalışılan istasyondaki taşkın değerlerinin gerçekleşme zamanının ortalama bir değerinin göstergesidir. Benzer MD değerlerine sahip istasyonların diğer hidrolojik parametreleri açısından da benzerlik göstermeler bekleniyor.

Özellikle, kar erimesi ile meydana gelen taşkınlara sahip havzaların, coğrafi yeri büyük önem taşımaktadır. Üzerinde çalışan istasyonlar kümesinde, kar erimelerinden dolayı meydana gelen taşkınlara sahip istasyonlar yaklaşık MD değerlerine sahip olacaktır.

İstasyonun farklı yıllarda gözlenen taşkınların oluş zamanlarının çeşitliliğini gösteren bir parametre mevcuttur. Taşkınların değerlerini gösteren r değeri,

$$r = \sqrt{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \quad (2.107)$$

Denklemleri ile hesaplanmaktadır (Burn ve Goel, 1997).

r değeri, taşkın değerlerinin dağılımını gösteren, boyutsuz bir parametredir. Taşkın gözlem tarihlerinin homojen dağılımının da bir göstergesi olan r değeri, 0 ile 1 arasında değer alabilir. r değerinin 1 olması, istasyonda gözlenmiş taşkın tarihlerinin tam olarak aynı tarihte meydana geldiği anlamına gelirken, r değerinin sıfıra yaklaşması ise, taşkın tarihlerinin büyük bir homojen değişkenliğe sahip olduğu anlamına gelecektir.

Nitekim istasyonların taşkın gözlem tarihlerinin çeşitliliğinin bir parametresi olan r parametresinin değerinin artması, yüksek taşkın düzenliliği anlamına gelmektedir.

3 DOĞU KARADENİZ HAVZASI AKIMLARI ANALİZİ

Doğu Karadeniz Havzası üzerinde Bölüm 2’de anlatılan çeşitli analiz yöntemleri bu bölümde uygulanmıştır ve her bir yöntemden elde edilen sonuçlar incelenerek yorumlanmıştır.

3.1 Uygulama Bölgesi

Doğu Karadeniz Havzası Şekil 3.1’de görüldüğü gibi, Karadeniz Bölgesi’nin doğusunda sularını Karadeniz’e boşaltan Terme Çayı’ndan Hopa yakınındaki küçük dereler yağış alanlarına değin uzanan bir kuşağı kapsamaktadır. Doğudan itibaren Kaçkar Dağları ve Canik Dağları su bölüm çizgisiyle ve kuzeyden Karadeniz ile sınırlanmıştır.

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



Şekil 3.1: Havzanın Türkiye’deki yeri

Doğu Karadeniz Havzası su ve toprak kaynakları potansiyeli olarak Türkiye geneline göre oldukça zengin sayılabilecek bir yöreyi temsil etmektedir. Doğu Karadeniz, Çoruh ve Yukarı Kelkit Havzaları, Bölge sınırları içinde yer alan akarsu havzalarını

oluşturur. Bölge yılda 15.331 milyon m³ yer üstü suyu ve 400 milyon m³ emniyetli yer altı suyu potansiyeline sahiptir. Havzada akım değerleri yayınlanan 44 adet gözlem istasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlardan belli zaman aralıklarında düzenli okuma yapılan 12 istasyonla çalışılmıştır. Çizelge 3.1’de istasyonlar özelliklerine göre tablo halinde gösterilmiştir.

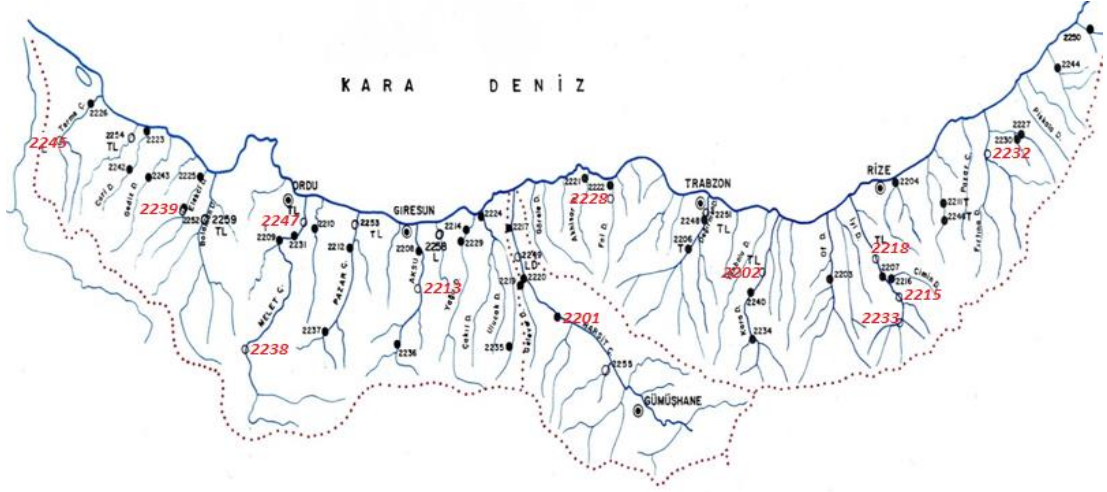
Çizelge 3.1: Çalışmada kullanılan 12 adet AGİ ve özellikleri

22 - MÜTEFERRİK DOĞU KARADENİZ SULARI					
NO	NEHİR ADI	AGİ ADI	AGİ NO	YAĞIŞ ALANI	YIL SAYISI
1	HARŞİT ÇAYI	KÜRTÜN	2201	2750	24
2	KARA DERE (AĞNAS)	DEĞİRMENCİK KÖYÜ	2202	635,7	47
3	AKSU	DERELİ	2213	713	43
4	ÇAMLI DERE	DEREKÖY	2215	445,2	49
5	İYİDERE	ŞİMDİRLİ	2218	834,9	47
6	FOL DERESİ	BAHADIRLI	2228	191,4	47
7	FIRTINA DERESİ	TOPLUCA	2232	763,2	50
8	TOZKÖY DERESİ	TOZKÖY	2233	223,1	49
9	MELET ÇAYI	ARICILAR	2238	1024,4	49
10	ELEKÇİ DERESİ	BADALLI KÖPRÜSÜ	2239	271,6	32
11	TERME ÇAYI	GÖKÇELİ KÖPRÜSÜ	2245	232,8	45
12	MELET ÇAYI	GOCALLI KÖPRÜSÜ	2247	1859,2	46

Seçilen istasyonlardan 2238, 2239, 2245 ve 2247 No’lu olanlar Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğü bünyesinde iken, geriye kalan 2201, 2202, 2213, 2215 2218, 2228, 2232 ve 2233 No’lu AGİ’ler Devlet su işleri 22. Bölge Müdürlüğü bünyesinde bulunmaktadır. Kullanılan tüm yöntemlerde, en güncel taşkın verilerinin kullanması amaçlanmıştır.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü’nden temin edilen veriler 2013 yılına kadar uzatılmıştır. Ancak çeşitli nedenlerle 2201 No’lu AGİ 1998 yılında, 2213 No’lu AGİ 2004 yılında, 2218 No’lu AGİ 2009 yılında, 2239 No’lu AGİ 1996 yılında kapatılmıştır ve 2215 No’lu akım gözlem istasyonundan 1991 yılında veri alınamamıştır.

İstasyonların Doğu Karadeniz havzası üzerindeki yerleşimi Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

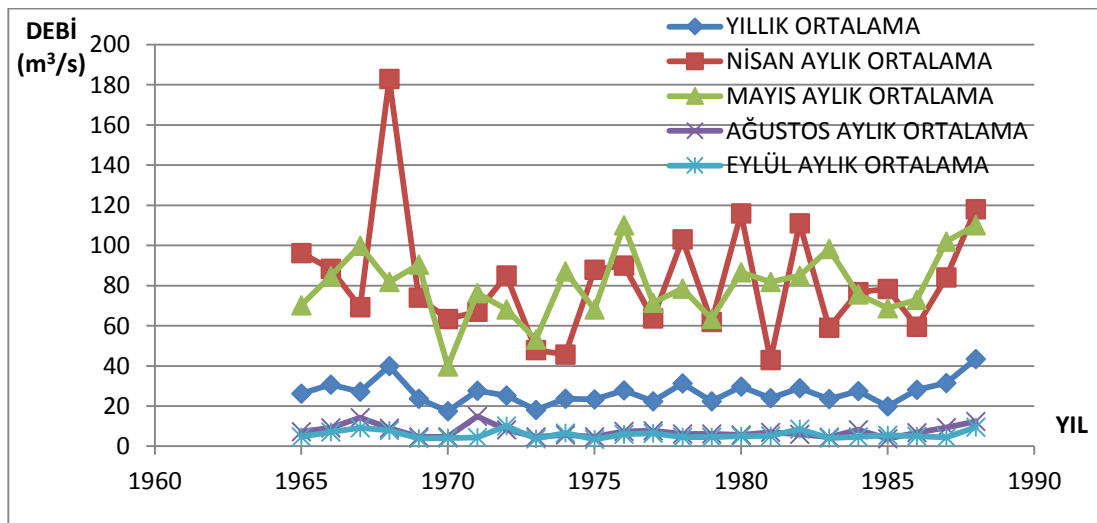


Şekil 3.2: Doğu Karadeniz Havzası AGİ'lerin yerleşkeleri

3.2 Akımların Analizi

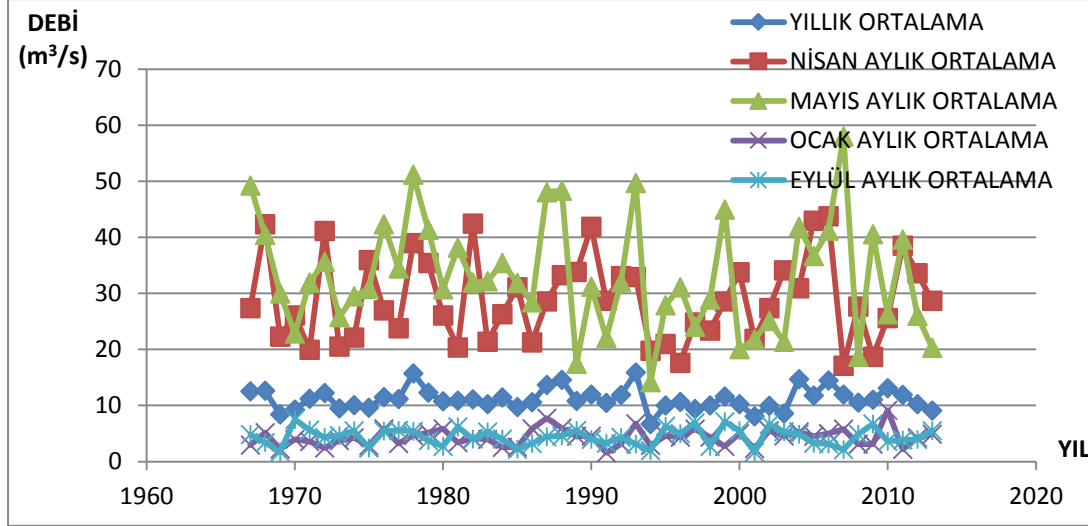
3.2.1 Ortalama akımların analizi

Ortalama akımların değerlendirilmesi yapılırken; DSI'den elde edilen veriler tamamlanarak değerlendirilen yıllar boyunca ortalama akımlardan yararlanılıp en yüksek akımın okunduğu iki ay ve en düşük akım değerinin okunduğu iki ay tespit edilmiş yıllık ortalama akım grafiği ve en sulak ve en kurak iki ay beraber bir grafiğe yerleştirilmiştir. Bu şekilde havzadaki akımın zaman serisi ile ilgili fikir sahibi olunabilmesi amaçlanmıştır, Oluşturulan bu veriler işletmede veya proje aşamasındaki tesisler için yararlı bilgiler elde edilmiştir.



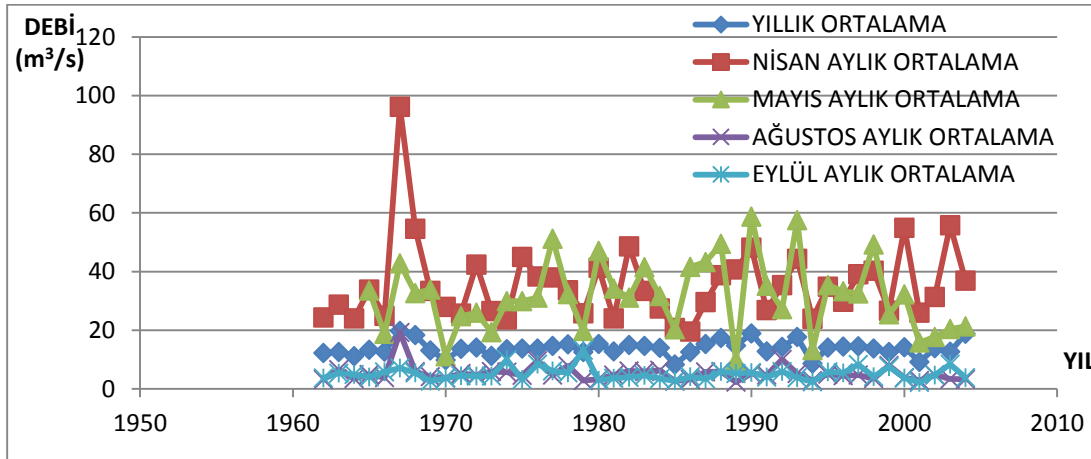
Şekil 3.3: 2201 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri

2201 No'lu AGİ 1965-1988 yılları arası değerlendirmeye alınmış olup bu yıllar arası ölçülen yıllık ortalama değer $26,82 \text{ m}^3/\text{s}$ dir. Şekil 3.3'te de görüldüğü gibi en fazla akım ölçülen aylar Nisan ve Mayıs aylarıdır. Ortalama akım değeri sırası ile $82,17 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $80,18 \text{ m}^3/\text{s}$ dir. En düşük akım değerlerinin ölçüldüğü aylar ise Ağustos ve Eylül aylarıdır, bu değerler sırası ile $7,42 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $5,78 \text{ m}^3/\text{s}$ dir.



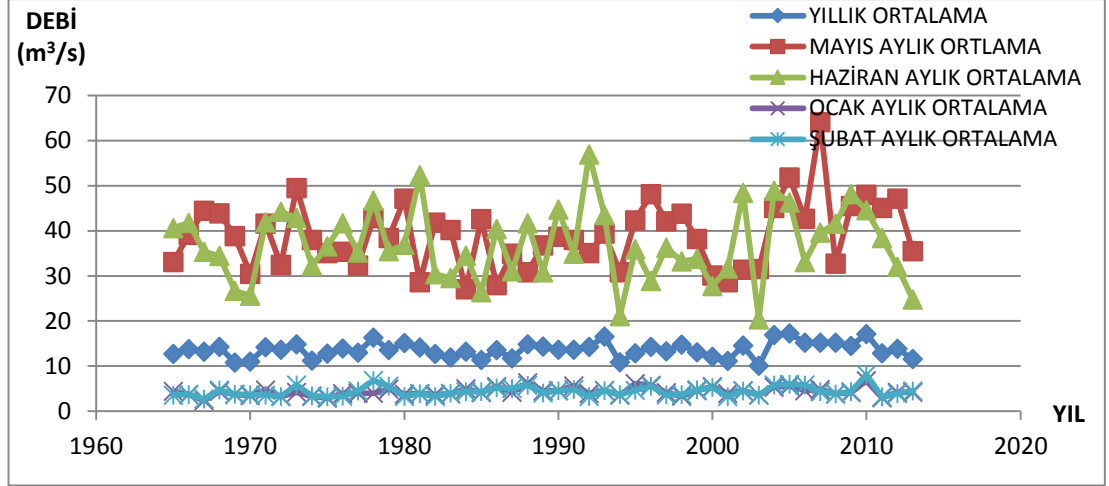
Şekil 3.4: 2202 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri

Şekil 3.4, 2202 No'lu AGİ akım grafiklerine ait olup, istasyon 1967 -2013 yılları arası değerlendirmeye alınmış olup bu yıllar arası ölçülen yıllık ortalama değer $11,17 \text{ m}^3/\text{s}$ dir. En fazla akım ölçülen aylar Nisan ve Mayıs ayları olup ortalama akım değerleri sırası ile $29,03 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $33,03 \text{ m}^3/\text{s}$ dir. En düşük akım değerleri Ocak ve Eylül aylarında ölçülmüş olup ortalama akımlar sırası ile $4,31 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $4,44 \text{ m}^3/\text{s}$ dir.



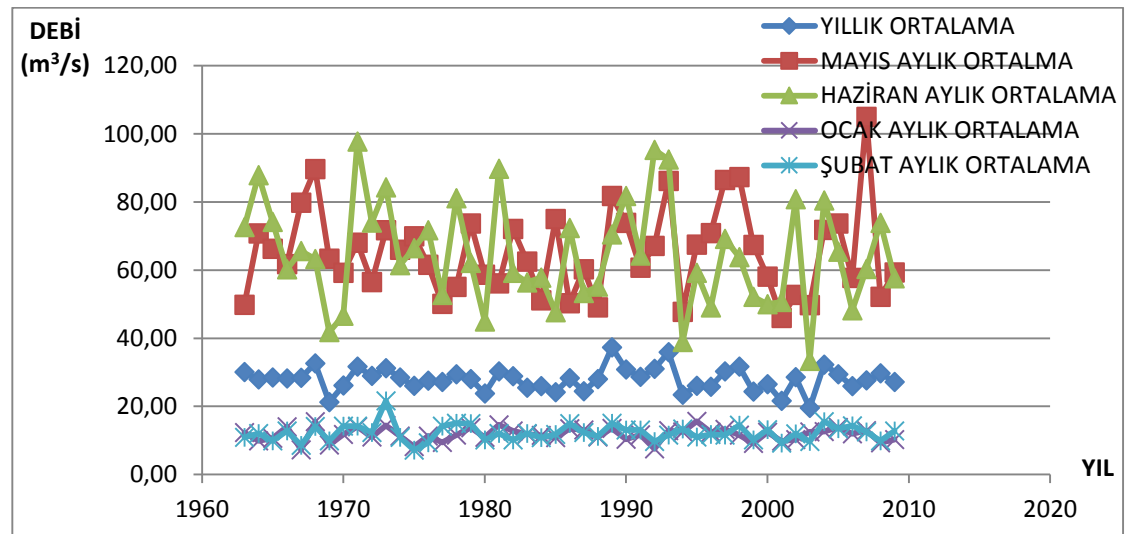
Şekil 3.5: 2213 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri

Şekil 3.5'te 2213 No'lu AGİ akım değerleri görülmektedir. 1962-2004 yılları arası değerlendirilmeye alınmış olup bu yıllar arasında ölçülen ortalama akım değeri 13,83 m³/s'dir. En fazla akım ölçülen aylar Nisan ve Mayıs ayları olup ortalama akım değerleri sırası ile 35,46 m³/s ve 32,90 m³/s'dir. En düşük akım değerleri Ağustos ve Eylül aylarında ölçülmüş olup ortalama akımlar sırası ile 5,20 m³/s ve 5,05 m³/s'dir.



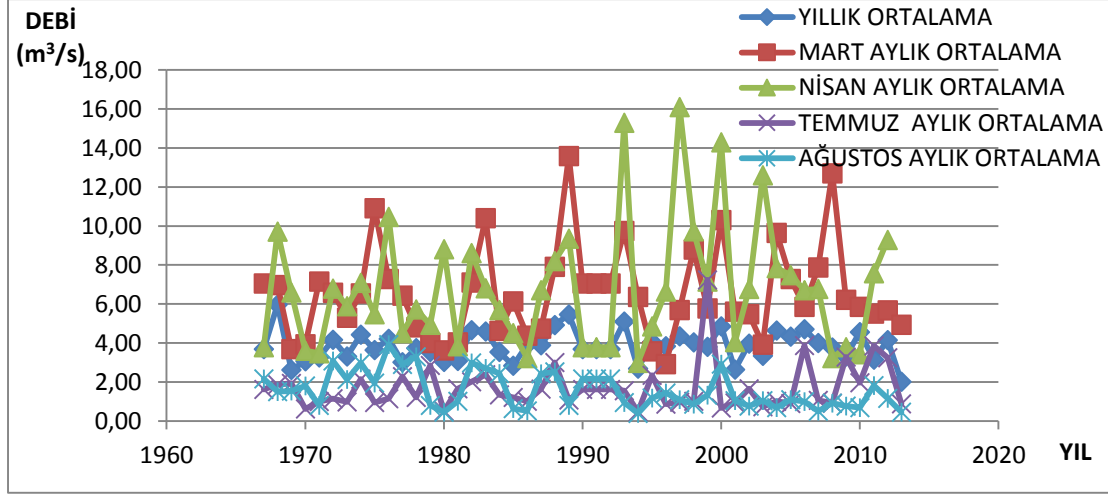
Şekil 3.6: 2215 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri

Şekil 3.6'da 2215 No'lu AGİ akım değerlerine ait grafiği göstermektedir. İstasyona ait ortalama akım değeri 13,63m³/s olarak hesaplanmıştır. En yüksek akım değerlerinin ölçüldüğü aylar Mayıs ve Haziran ayları olup bu aylardaki ortalama akım değerli sırası ile 38,96 m³/s ve 36,95 m³/s'dir. En düşük akım değerleri ise Ocak ve Şubat aylarında ölçülmüş olup ortalama akımlar sırası ile 4,35 m³/s ve 4,39 m³/s'dir.



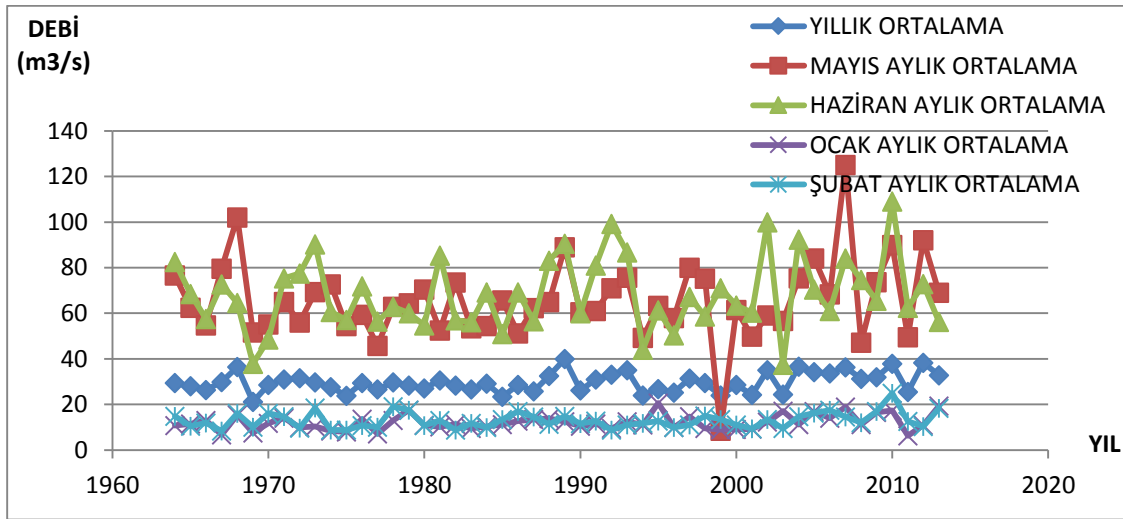
Şekil 3.7: 2218 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri

Şekil 3.7’de 2218 No’lu AGİ akım değerleri görülmektedir.1963-2009 yılları arası değerlendirmeye alınmış olup bu yıllar arası ölçülen yıllık ortalama değer 27,98 m³/s’dir. En fazla akım ölçülen aylar Mayıs ve Haziran ayları olup ortalama akım değeri sırası ile 65,36 m³/s ve 64,65 m³/s’dir. En düşük akım değerlerinin ölçüldüğü aylar ise Ocak ve Şubat aylarıdır, bu değerler sırası ile 11,74 m³/s ve 12,25 m³/s’dir.



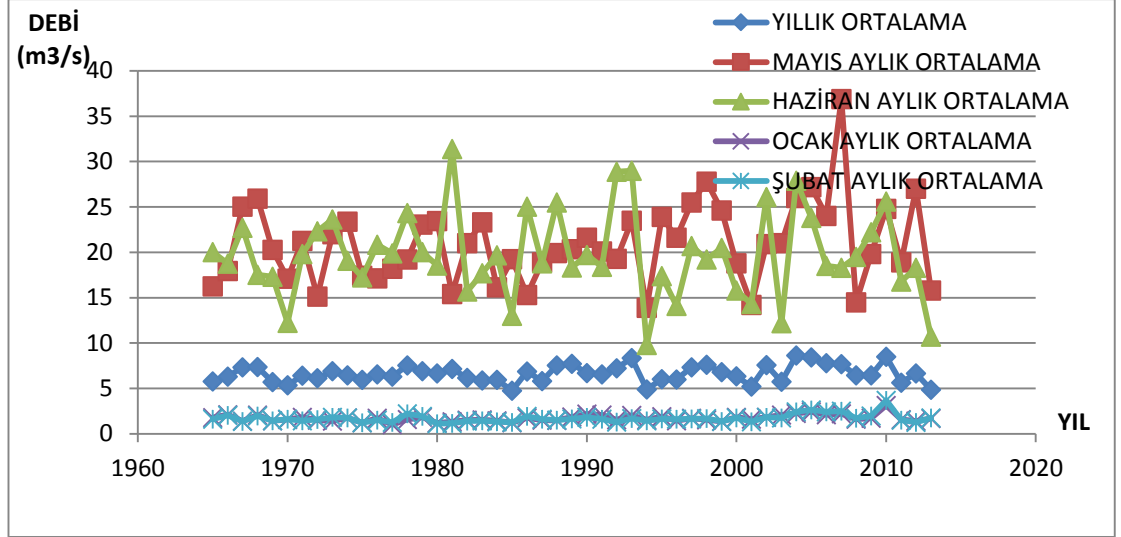
Şekil 3.8: 2228 No’lu AGİ ortalama akım grafikleri

Şekil 3.8 ise 2228 No’lu AGİ’ye ait olup 1967-2013 yılları arasında değerlendirmeye alınmış olup bu yıllar arası ölçülen yıllık ortalama değer 3,85 m³/s’dir. Akımın en fazla ölçüldüğü aylar Nisan ve Mayıs aylarıdır. Bu aylarda ölçülen ortalama akım değerleri 6,56 m³/s ve 6,68 m³/s’dir. En düşük akımlar ise Temmuz ve Ağustos aylarında gözlenir ve ortalama akım değerleri 1,70 m³/s ve 1,57 m³/s’dir.



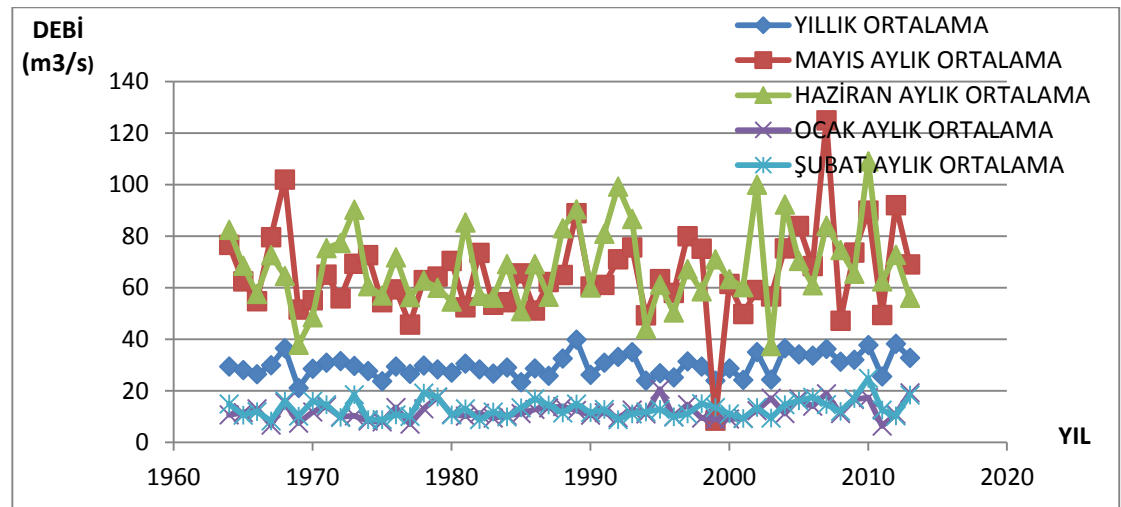
Şekil 3.9: 2232 No’lu AGİ ortalama akım grafikleri

2232 No'lu AGİ 1964-2013 yılları arası değerlendirilmiş olup, ortalama akım değeri 29,74 m³/s'dir. Şekil 3.9'da görüldüğü gibi en yüksek akım değerleri Mayıs ve Haziran aylarında ölçülmüş olup sırası ile bu aylara ait ortalama akım değerleri 65,46 m³/s ve 68,12 m³/s'dir. En düşük akımlar ise Ocak ve Şubat aylarında gözlenir ve ortalama akım değerleri 12,07 m³/s ve 13,03 m³/s'dir.



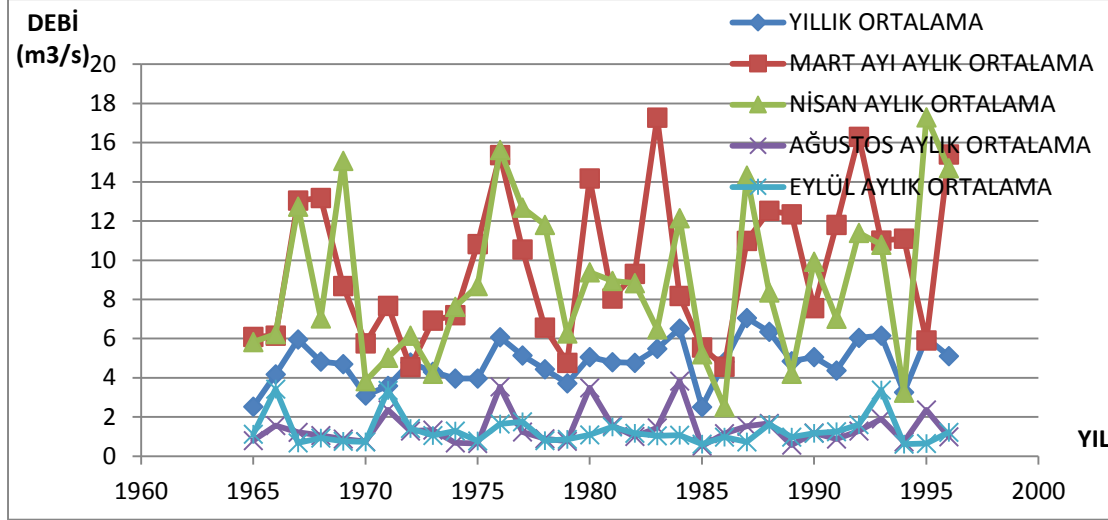
Şekil 3.10: 2233 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri

Şekil 3.10, 2233 No'lu AGİ ortalama akım değerlerini göstermektedir. 1965-2013 yılları arası değerlendirilmiş olup, ortalama akım değeri 6,63 m³/s'dir. Akımın en yüksek okunduğu aylar Mayıs ve Haziran olup bu aylara ait ortalama akım miktarı sırası ile 20,90 m³/s ve 19,74 m³/s'dir. En düşük akımlar ise Ocak ve Şubat aylarında okunup ortalama değer her iki ayda da 1,71 m³/s'dir.



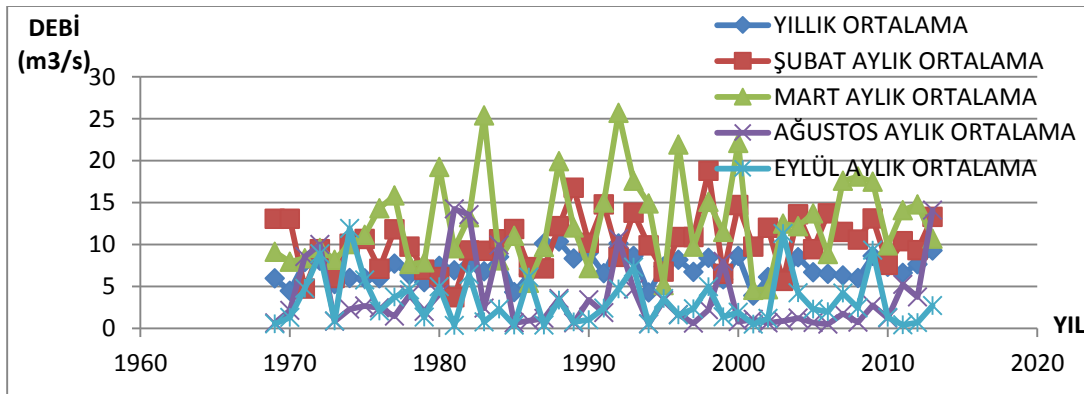
Şekil 3.11: 2232 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri

2238 No'lu AGİ 1965-2013 yılları arası değerlendirilmiş olup, uzun süreli ortalama akım değeri 11,46 m³/s'dir. Şekil 3.11 de görüldüğü üzere akımın en yüksek okunduğu aylar Nisan ve Mayıs ayları olup bu ayların ortalama akım verileri sırası ile 40,15 m³/s ve 30,54 m³/s'dir. En düşük akım ölçülen aylar ise Ağustos ve Eylül aylarıdır bu ayların ortalamaları ise 1,75 m³/s ve 1,73 m³/s'dir.



Şekil 3.12: 2239 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri

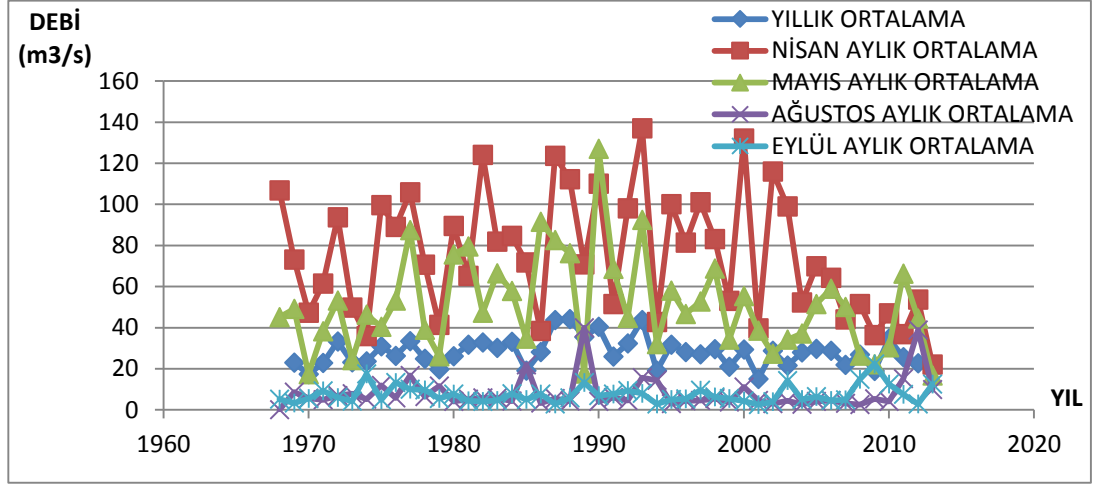
Şekil 3.12, 2239 No'lu AGİ'ye ait olup, 1965-1996 yılları arası değerleri kapsamaktadır. Ortalama akım değeri 4,80 m³/s'dir. En yüksek akım değerleri Mart ve Nisan aylarında ölçülmüş olup sırası ile bu aylara ait ortalama akım değerleri 9,67 m³/s ve 8,86 m³/s'dir. En düşük akımlar ise Ağustos ve Eylül aylarında gözlenir ve ortalama akım değerleri 1,41 m³/s ve 1,29 m³/s'dir.



Şekil 3.13: 2245 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri

Şekil 3.13'te 2245 No'lu AGİ akım değerleri görülmektedir. 1969-2013 yılları arası değerlendirilmiş olup, ortalama akım değeri 7,10 m³/s'dir. En yüksek akım değerleri Şubat ve Mart aylarında ölçülmüş olup sırası ile bu aylara ait ortalama akım değerleri

10,28 m³/s ve 12,64 m³/s'dir. En düşük akımlar ise Ağustos ve Eylül aylarında gözlenir ve ortalama akım değerleri 3,58 m³/s ve 3,25 m³/s'dir.



Şekil 3.14: 2247 No'lu AGİ ortalama akım grafikleri

Şekil 3.14 te 2247 No'lu AGİ değerleri görülmektedir. 1969-2013 yılları arası değerlendirilmiş olup, ortalama akım değeri 27,97 m³/s'dir. En yüksek akım değerleri Nisan ve Mayıs aylarında ölçülmüş olup sırası ile bu aylara ait ortalama akım değerleri 75,18 m³/s ve 50,74 m³/s'dir. En düşük akımlar ise Ağustos ve Eylül aylarında gözlenir ve ortalama akım değerleri 8,32 m³/s ve 7,48 m³/s'dir. 3.2.2 Taşkın akımlarının analizi

Taşkın akımlarına ait grafikler Mann-Kendall trend analizinin bu akımlara uygulandığı bölümde detaylı anlatılacaktır.

3.3 Doğrusal Regresyon ile Verilerin Tamamlanması

Veri tamamlama için çok sayıda yöntem vardır ve bu çalışmada günlük akım verileri aşağıdaki gibi doğrusal regresyon ile tamamlanmıştır.

3.3.1 Korelasyon katsayısı

1991 yılı verileri çeşitli nedenlerden dolayı eksik olan 2215 No'lu AGİ'nin çeşitli istasyonlarla korelasyon denklemi kurulmuş, bu denklemlerden korelasyon sayısının en yüksek elde edildiği 2233 No'lu istasyon ile kurulan aylık verilen kullanıldığı denklem hesaplamada kullanılmıştır.

3.3.2 Doğrusal regresyon

Regresyon yapmak için en yüksek korelasyon katsayısından faydalanarak iki istasyon arasında regresyon denkleminde a ve b değerlerini bulup ve böylece istasyonun verileri tamamlanır. Örnek olarak 2215 istasyonu tamamlanmıştır.

y = Bağımlı değişkenin değeri (2215 istasyonun aylık değerleri)

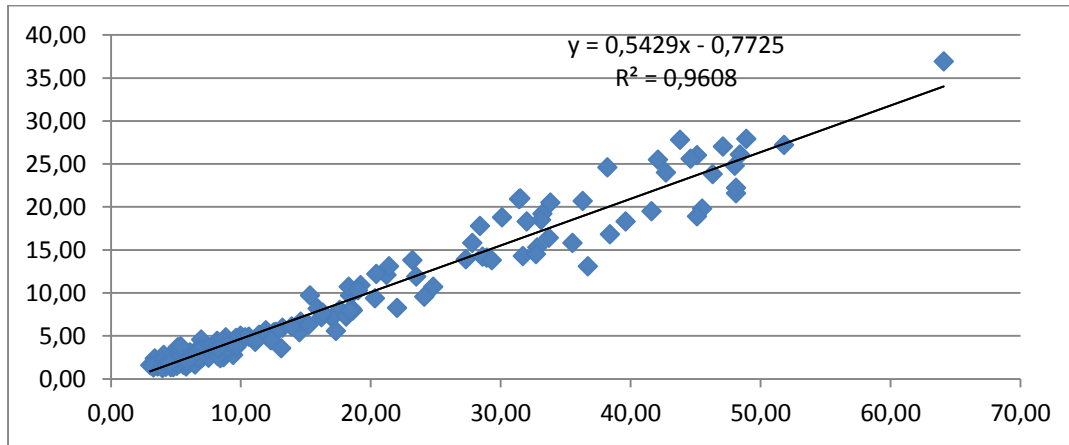
a = Regresyon doğrusunun kesişim değeri (Sabit değer)

b = Regresyon doğrusunun eğimi

x = Bağımsız değişkenin değeri (2233 istasyonun aylık değerleri)

sonuç olarak doğrusal regresyon ile şekil 3.15'teki grafik ve denkleme ulaşılmıştır.

$$y = 0,5429x - 0,7725$$



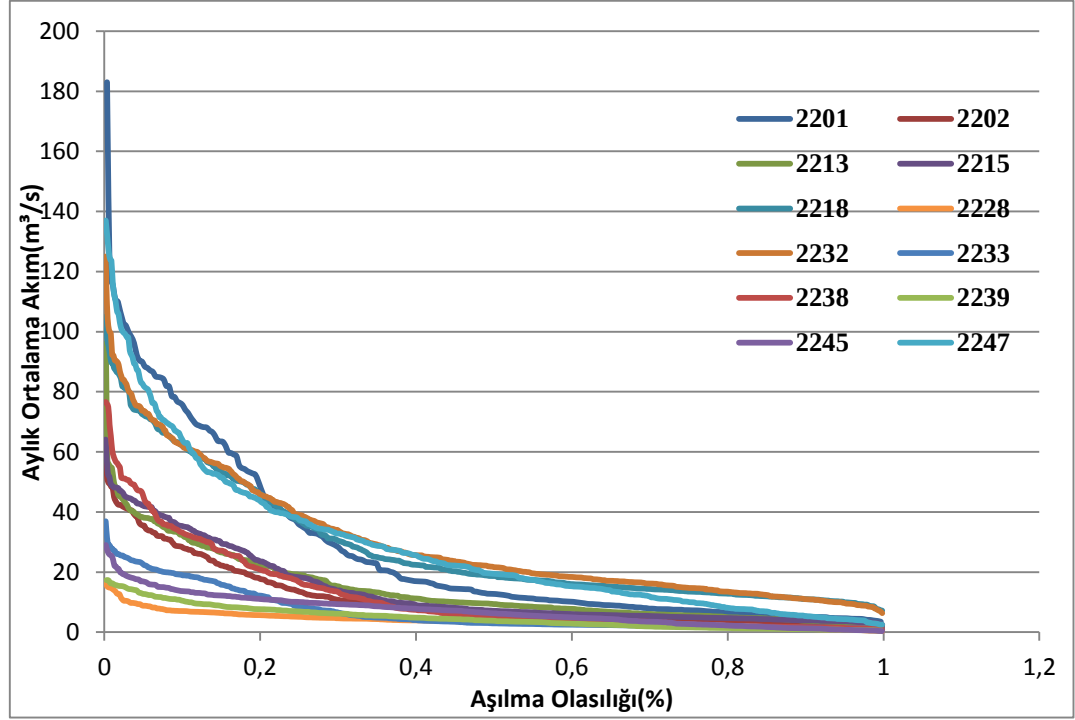
Şekil 3.15: 2215 ve 2233No'lu istasyonların aylık akımların diyagramı

3.4 Debi Süreklilik Eğrileri

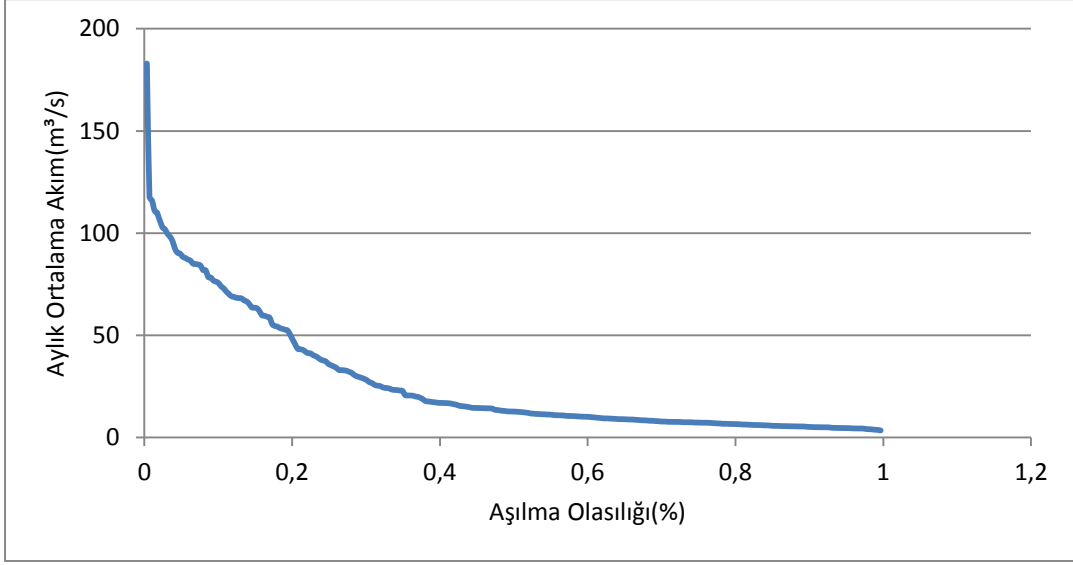
İstasyonlara ait debi süreklilik eğrileri elde edilmiş ve bulunan değerler yorumlanmıştır. Çizelge 3.2'de tüm istasyonların çeşitli dönüş aralıklarındaki debi değerleri bir arada verilmiş olup, Şekil 3.16'da tüm istasyonlara ait debi süreklilik eğrileri tek bir grafik üzerinde toplanmıştır.

Çizelge 3.2: İstasyonlara ait debi-süreklilik değerleri

AGİ NO:	DEBİ SÜREKLİLİK DEĞERLERİ								
	5%	10%	15%	20%	50%	80%	90%	95%	99,7%
2201	88,4	75,6	63,3	47,9	12,7	6,56	5,15	4,63	3,48
2202	35,42	28,10	22,16	17,70	6,38	4,01	3,13	2,63	1,39
2213	38,10	32,19	26,52	22,27	9,34	4,94	3,77	3,34	2,23
2215	41,90	35,23	29,51	23,54	7,11	4,69	3,93	3,60	2,40
2218	72,08	61,78	53,26	46,00	18,65	12,80	11,00	9,93	7,18
2228	8,80	7,01	6,36	5,67	3,29	1,66	1,05	0,81	0,26
2232	73,57	61,50	55,06	45,69	21,61	13,48	10,90	9,71	6,33
2233	22,33	18,90	15,69	12,15	2,94	1,83	1,58	1,43	1,03
2238	43,97	27,10	32,90	20,70	4,90	2,06	1,63	1,41	0,80
2239	12,68	10,41	8,69	7,65	3,77	1,38	0,98	0,77	0,41
2245	16,75	13,60	12,12	11,00	6,26	2,23	1,27	0,78	0,34
2247	81,87	63,47	51,50	43,40	19,40	8,06	5,36	4,33	2,51

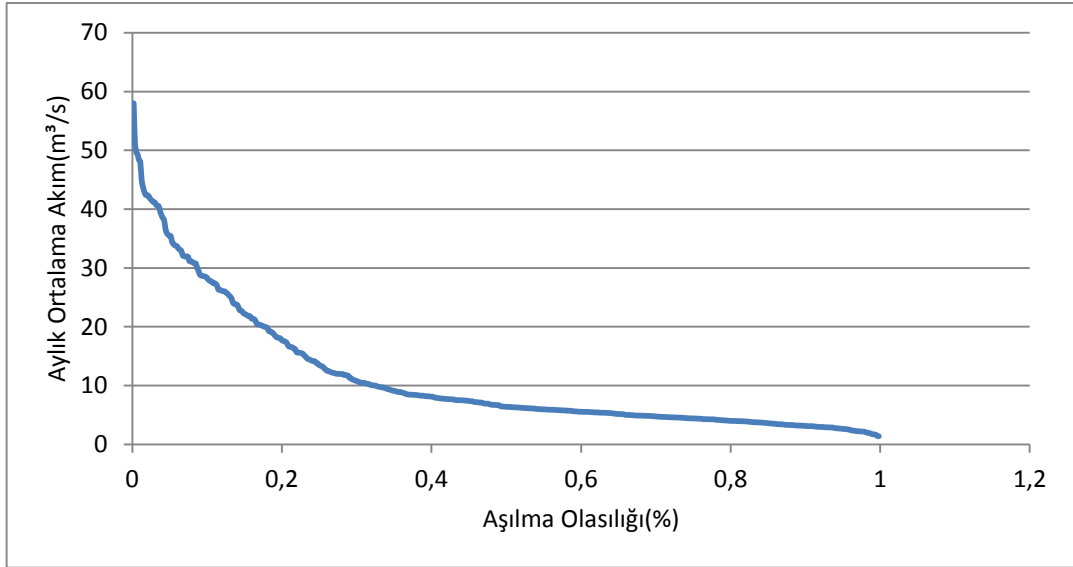


Şekil 3.16: İstasyonların debi süreklilik eğrileri bir arada gösterimi



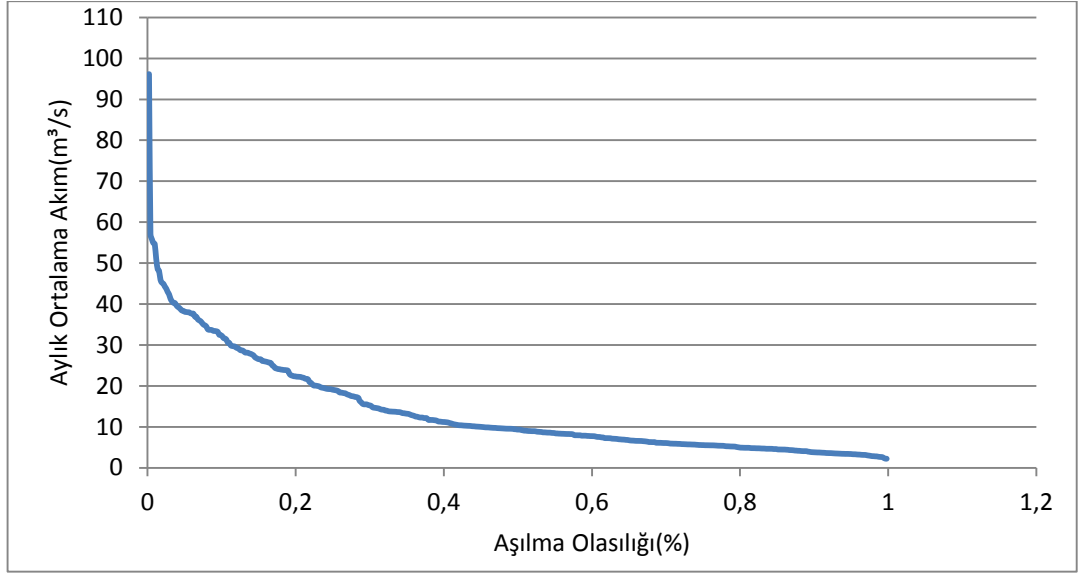
Şekil 3.17: 2201 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

Şekil 3.17'de görüldüğü üzere, 2201 No'lu AGİ debi süreklilik eğrisi akarsuyun düzenli bir rejime sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca yüksek akım dönemi Q_{10} debisi $75,6 \text{ m}^3/\text{s}$ iken düşük akım dönemi debisi Q_{90} $4,63 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir ve düşük akım bölgesinde yatık olması taban akışının fazla olduğunu gösterir.



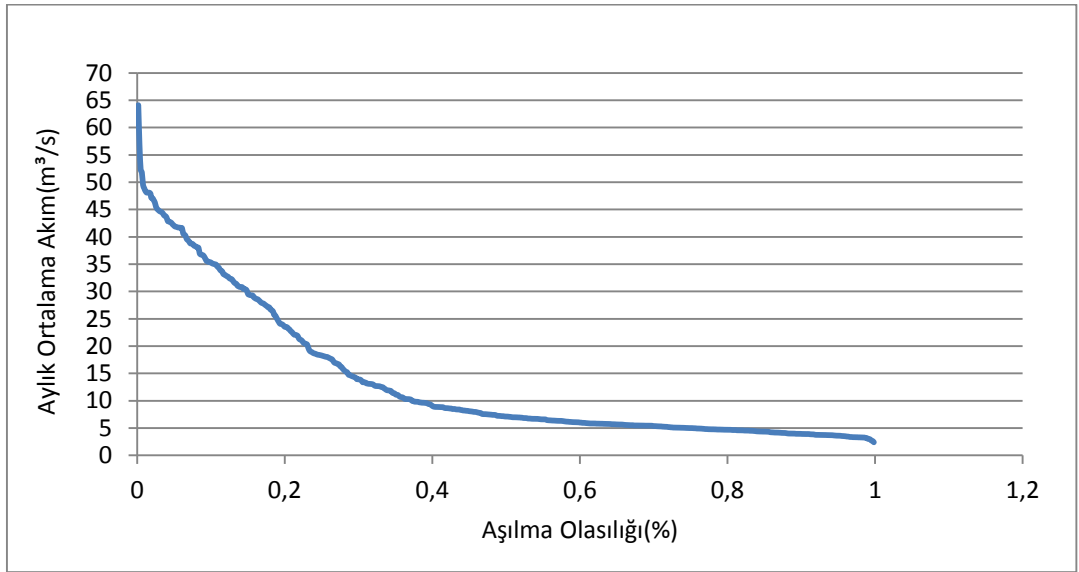
Şekil 3.18: 2202 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

2202 No'lu AGİ debi süreklilik eğrisine bakıldığında akarsuyun düzenli bir rejime sahip olduğunu gözlenmektedir. Şekil 3.18'de görüldüğü gibi yüksek akım dönemi Q_{10} debisi $28,10 \text{ m}^3/\text{s}$ iken düşük akım dönemi debisi Q_{90} $2,63 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir ve düşük akım bölgesinde yatık olması taban akışının fazla olduğunu gösterir.

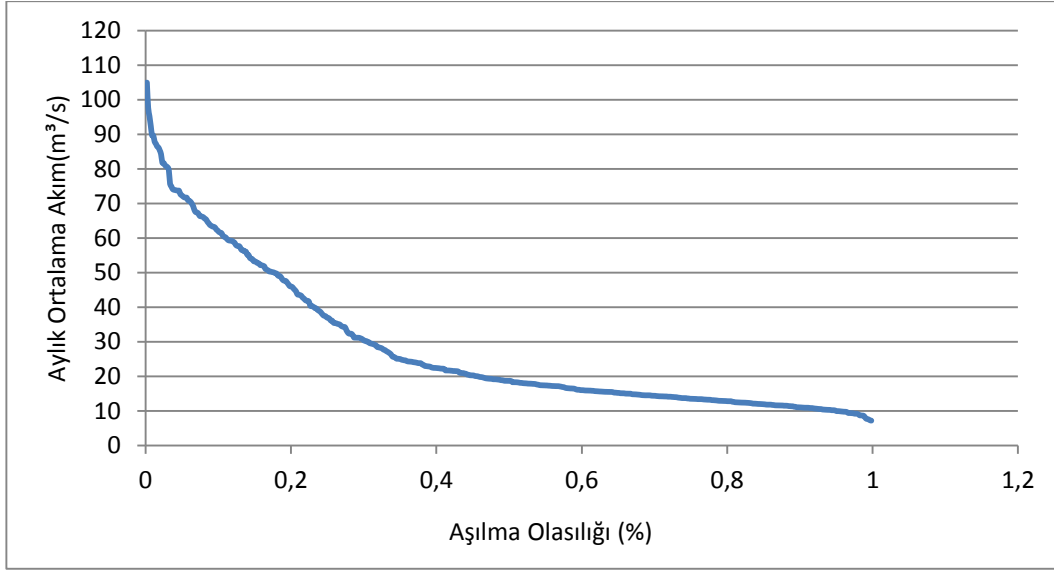


Şekil 3.19: 2213 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

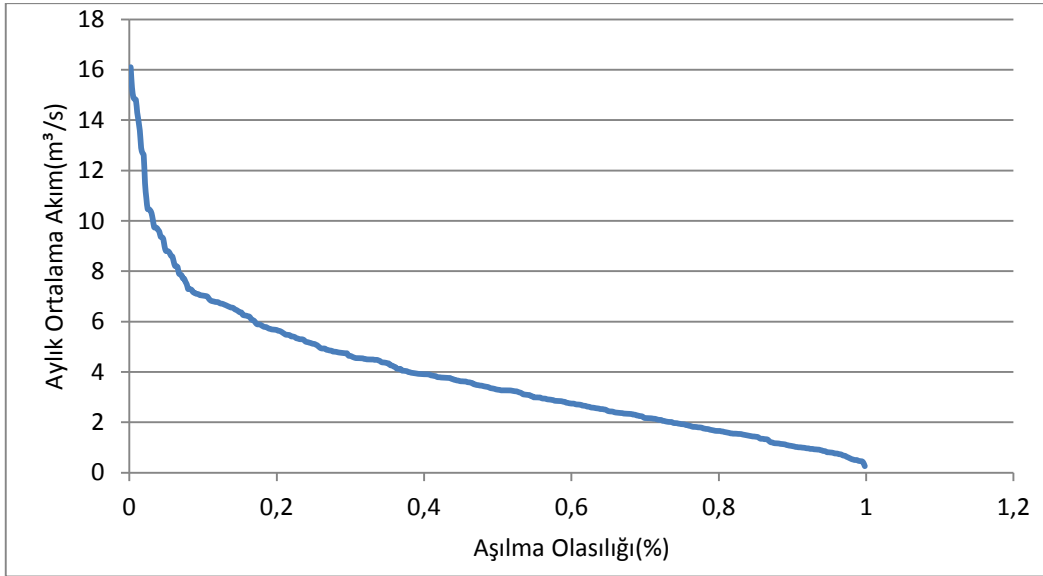
Şekil 3.19 incelendiğinde, 2213 No'lu AGİ debi süreklilik eğrisi akarsuyunun yine düzenli bir rejime sahip olduğunu göstermektedir. Yüksek akım dönemi Q_{10} debisi $38,10 \text{ m}^3/\text{s}$ iken düşük akım dönemi debisi Q_{90} $3,77 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir ve düşük akım bölgesinde dik olması taban akışının az olduğunu gösterir.



Şekil 3.20: 2215 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

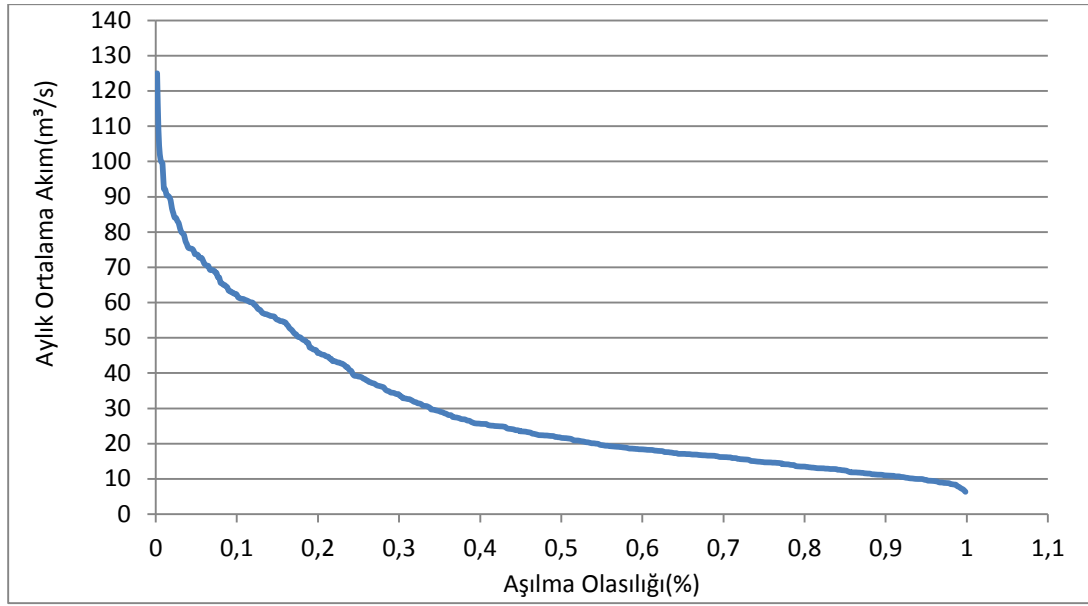


Şekil 3.21: 2218 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

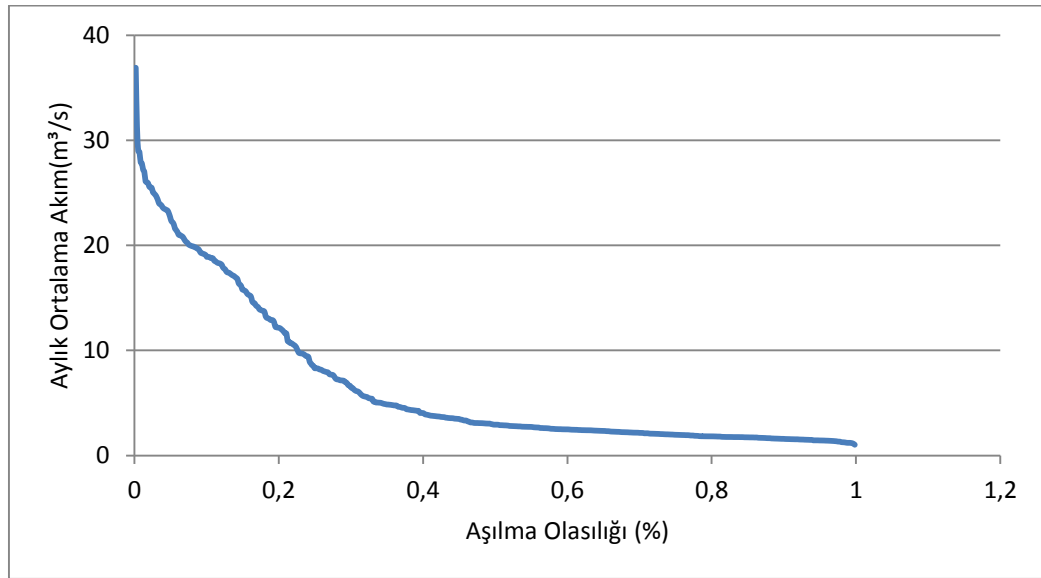


Şekil 3.22: 2228 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

Sırası ile Şekil 3.20, Şekil 3.21 ve Şekil 3.22'de; 2215, 2218, 2228 numaralı istasyonların eğrilerine bakıldığında; akarsuların kısmen düzenli akım rejimlerine sahip olduğu görülmektedir. Yüksek akım dönemi Q_{10} debisi bu istasyonlarda sırası ile 35,42, 61,28 ve 7,01 m³/s'dir. Düşük akım döneminde ise Q_{90} değerleri ise sırası ile 3,93, 11,00 ve 1,05 m³/s dir ve bu değerleri, düşük akım bölgesinde yatık olan 2215 ve 2218 No'lu AGİ'lerin taban akışı fazla iken, dik olan 2228 No'lu AGİ'de taban akışının az olduğu görülmektedir. Ayrıca 2218 No'lu AGİ düşük akım döneminde önemli bir debiye sahiptir.

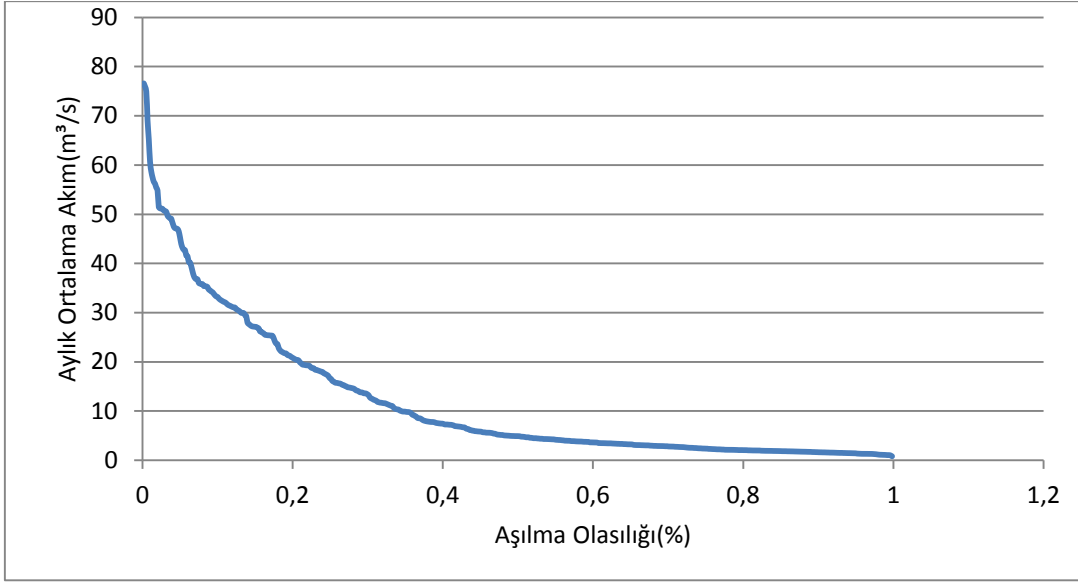


Şekil 3.23: 2232 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

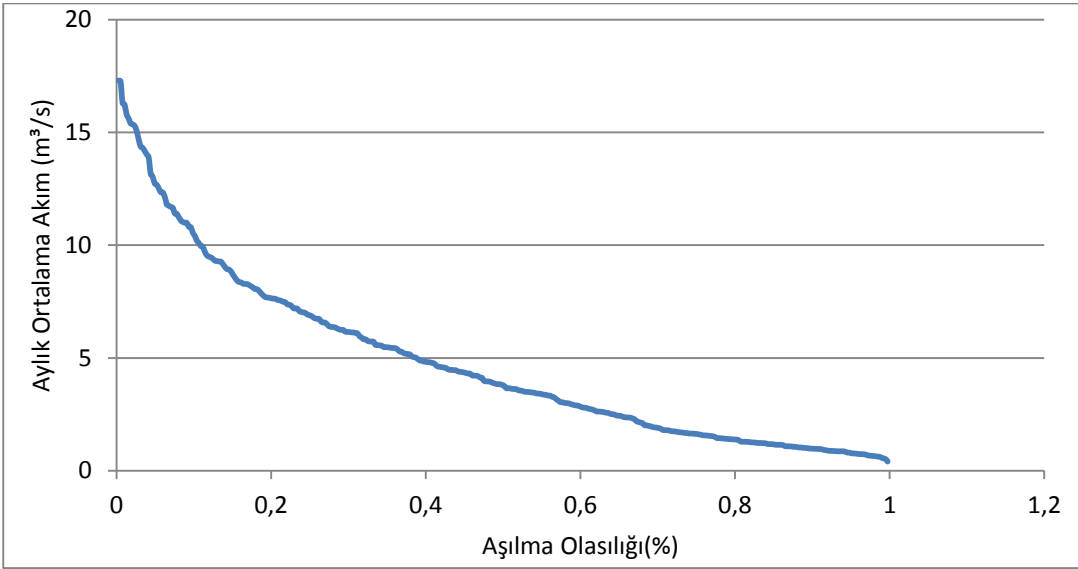


Şekil 3.24: 2233 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'te; 2232 ve 2233 No'lu AGİ debi süreklilik eğrisi akarsularının yine düzenli bir rejime sahip olduğunu göstermektedir. Yüksek akım dönemi Q_{10} debileri $61,50 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $18,90 \text{ m}^3/\text{s}$ iken kurak dönemde Q_{90} debileri $9,71 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $1,43 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Düşük akım bölgesinde 2232 No'lu istasyonda dik olması taban akışının az olduğunu, 2233 No'lu istasyonda yatık olması taban akışının fazla olduğunu gösterir. 2232 No'lu AGİ büyük bir düşük akım değerine sahiptir.

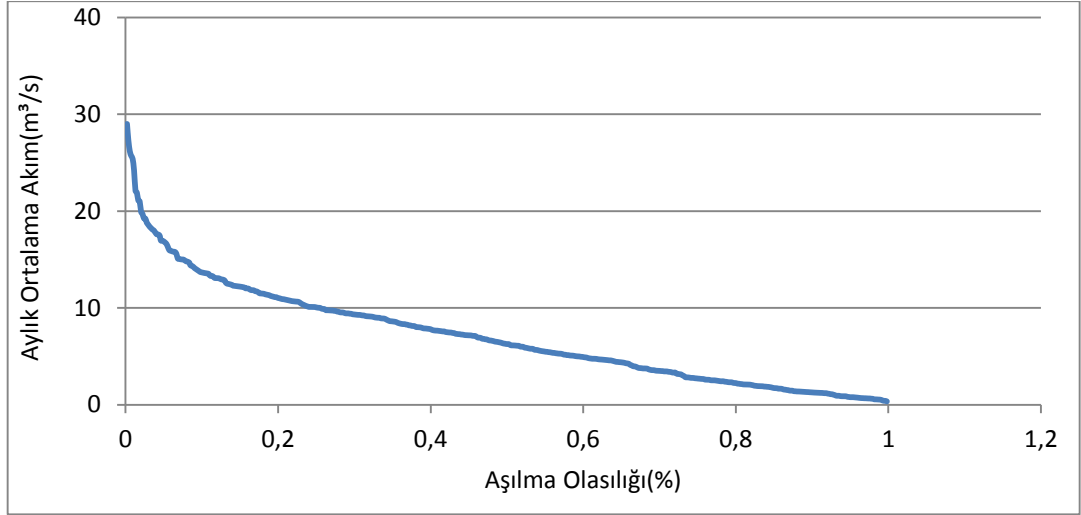


Şekil 3.25: 2238 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

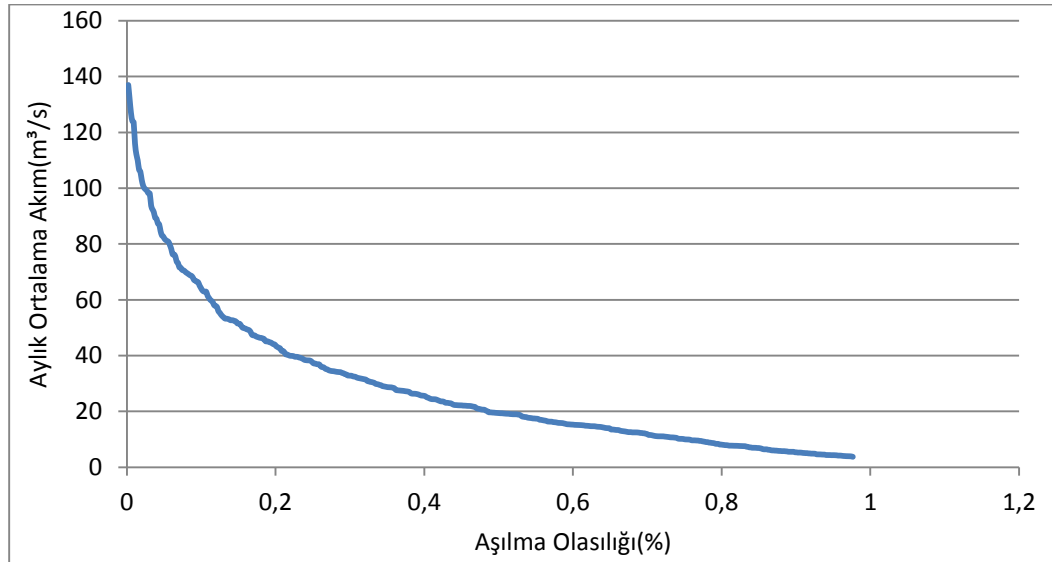


Şekil 3.26: 2239 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

2238 ve 2239 No'lu AGİ'lerin yüksek akım dönemi Şekil 3.25 ve Şekil 3.26'te de görüldüğü gibi, Q_{10} debileri sırası ile 27,10 m^3/s ve 10,41 m^3/s 'dir. Kurak dönem Q_{90} debileri sırası ile 1,63 m^3/s ve 0,98'dir ve düşük akım döneminde 2238 yatık yani taban akışı fazla, 2239 ise dik yani taban akışı azdır.



Şekil 3.27: 2245 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi



Şekil 3.28: 2247 No'lu istasyonun debi süreklilik eğrisi

Son olarak Şekil 3.27 ve Şekil 3.28'de; 2245 ve 2247 No'lu AGİ'lerin eğrileri incelendiğinde akarsu akımlarının düzenli olduğu görülmektedir. Yüksek akım Q_{10} debileri sırası ile $13,60 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $63,47 \text{ m}^3/\text{s}$ iken kurak dönem Q_{90} debileri sırası ile $1,27 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $5,36 \text{ m}^3/\text{s}$ dir ve düşük akım bölgesinde diktir bu durum taban akışının az olduğunu gösterir.

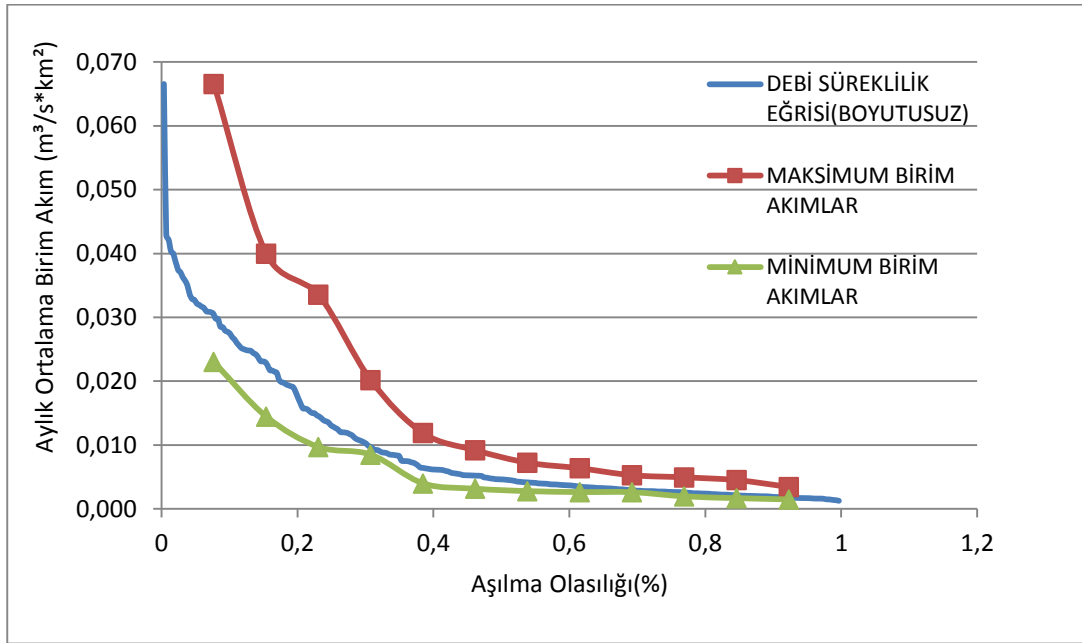
3.4.1 Birim alana göre debi süreklilik eğrileri

Aylık ortalama akımlar her bir AGİ için yağış alanına bölünmüş ve birim akımlara göre eğriler çizilmiştir. Bu eğriler en kötü senaryoların analizinde kullanılmıştır.

3.4.2 En kötü senaryoların analizi

En kötü senaryoların analiz edilmesinde, AGİ'lerin birim alana gelen debi süreklilik eğrileri ile birlikte, değerlendirme yılları arasında en yüksek ve en düşük akımların okunduğu aylık ortalama akımlar belirlenmiş ve bu akımlar AGİ'nin yağış alanına bölünerek birim akım şeklinde grafiğe yerleştirilmiştir.

Bu sayede işletme sırasındaki tesislere işletme programı oluşturmada yardımcı grafikler elde edilmiştir.

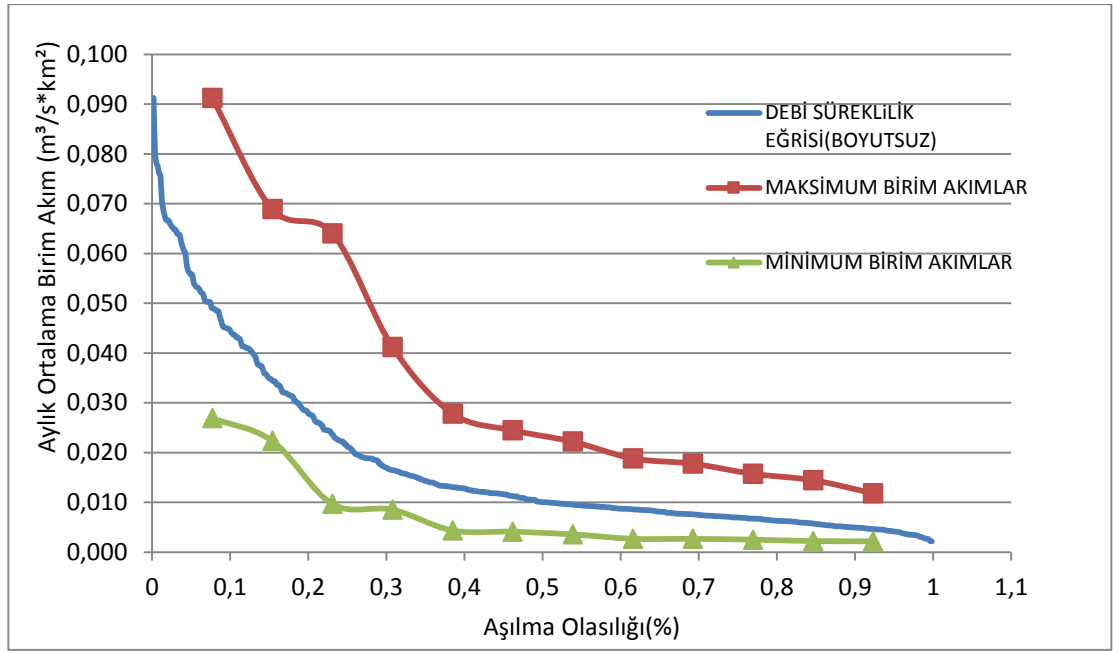


Şekil 3.29: 2201 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri

Şekil 3.29, 2201 No'lu AGİ grafiğine ait olup, bakıldığında aşılma olasılığının %40 tan küçük olduğu dönemde özellikle maksimum akımların debi süreklilik eğrisinin çok üzerinde bir değer olduğu görülmektedir.

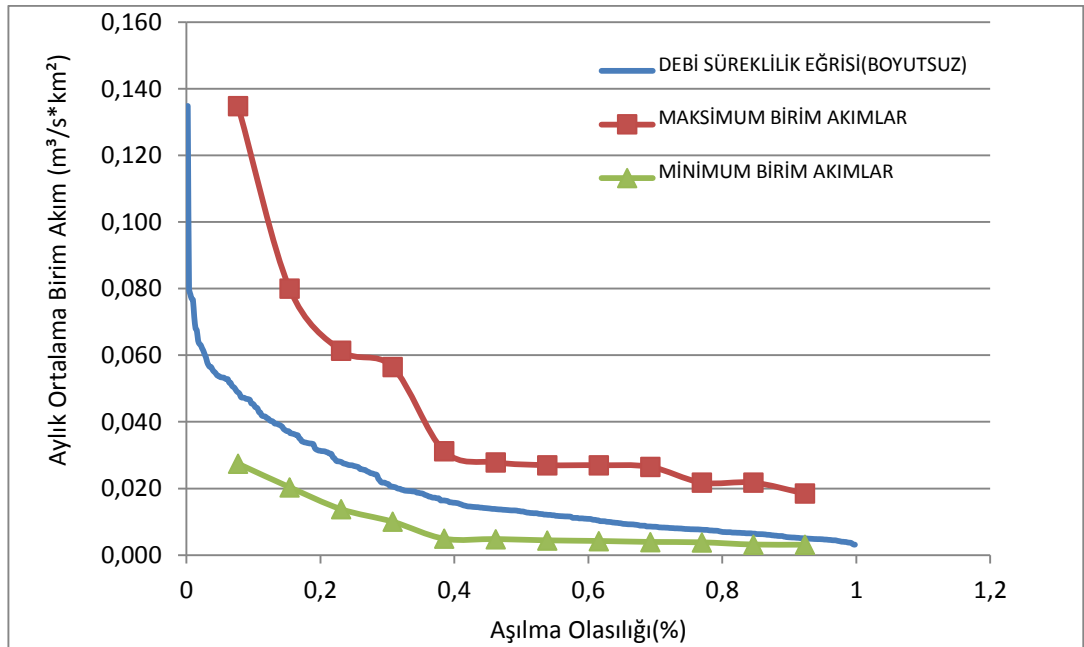
Minimum akımlarda yine aşılma olasılığının %40'tan küçük olduğu dönemde debi süreklilik eğrisi ile önemli bir fark gösterirken iken aşılma olasılığı %40'tan büyük olduğunda her iki eğrideki fark debi süreklilik eğrisine uyumlu bir şekilde devamlılık gösterir.

Şekil 3.29'da görüldüğü gibi havza geneline bakıldığında gözlemlenen grafikler genellikle 2201 numaralı akım gözlem istasyonu grafiği ile benzerlik göstermektedir.

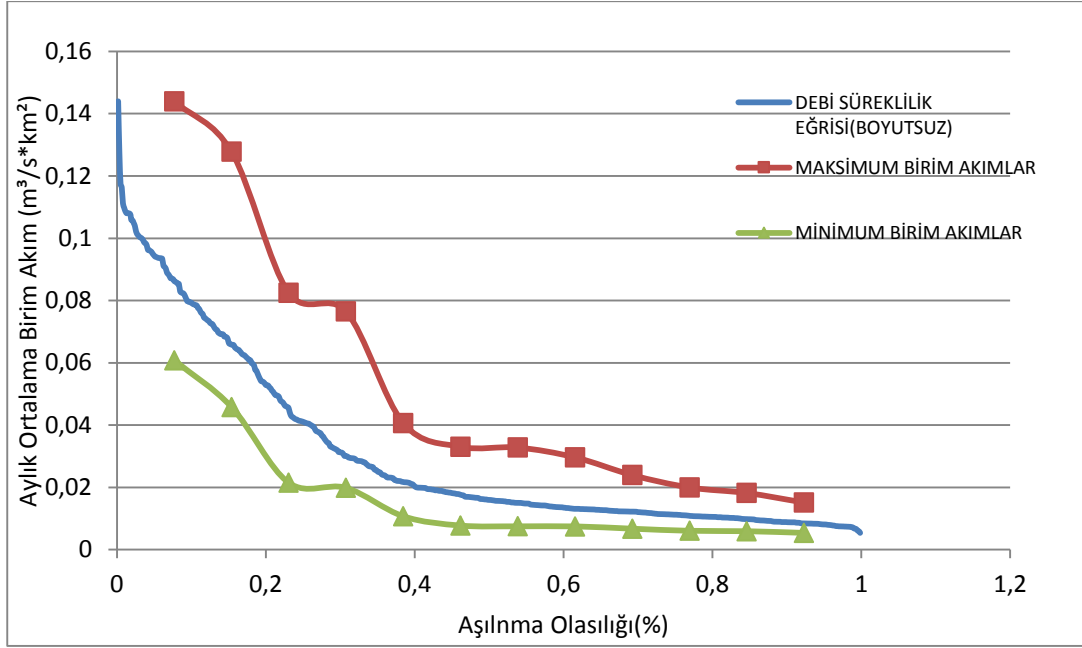


Şekil 3.30: 2202 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri

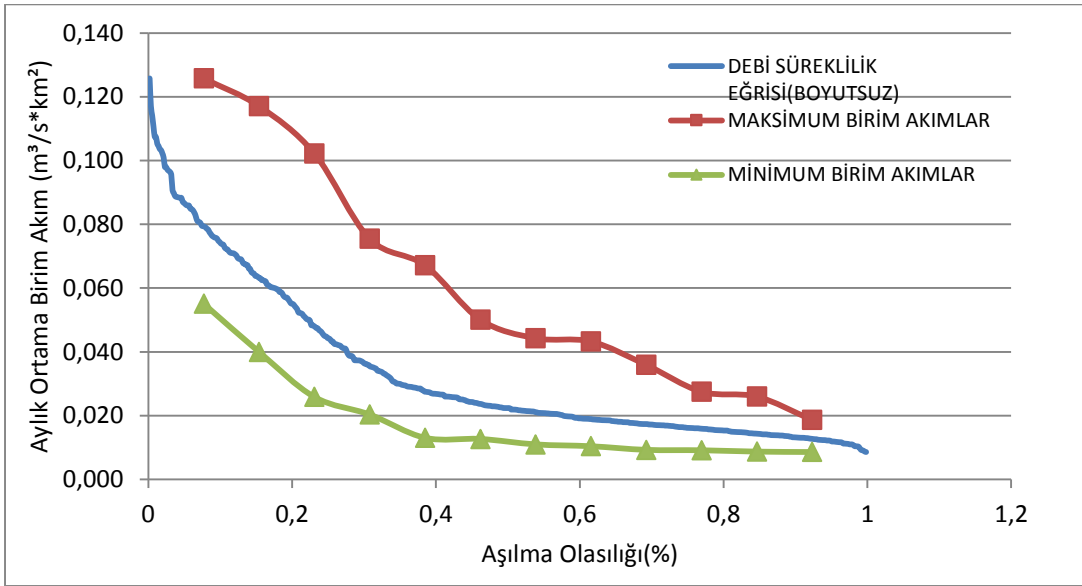
Şekil 3.30,2202 No'lu AGİ eğrilerine ait olup, bakıldığında tüm zamanların en yüksek debileri ortalamaların çok üzerinde görülmektedir. Aşılma olasılığının %40'tan küçük olduğu dönemde bu fark hem maksimum hem de minimum değerlerde çok daha fazla iken, aşılma olasılığı %40'ı geçtiğinde farkın kısmen korunduğu görülmektedir.



Şekil 3.31: 2213 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri

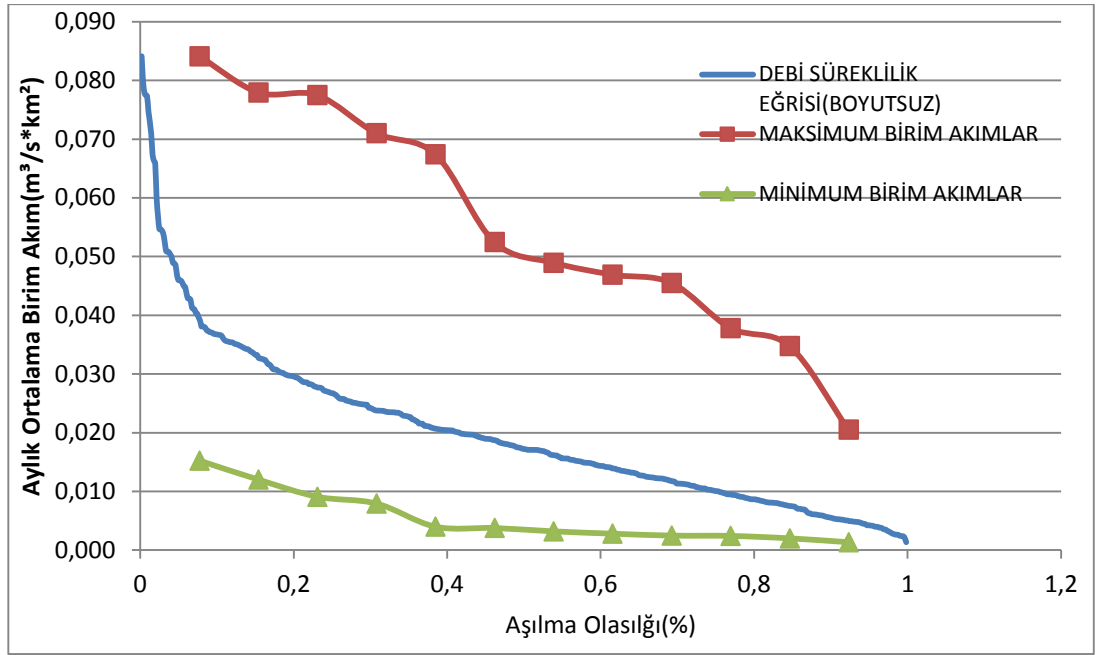


Şekil 3.32: 2215 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri



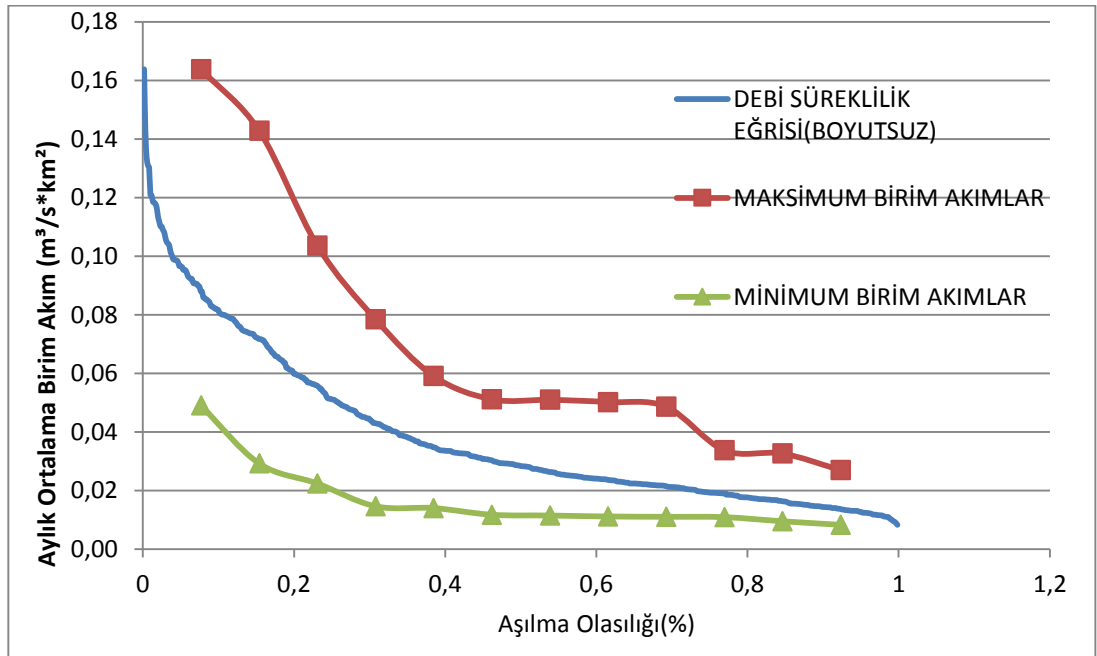
Şekil 3.33: 2218 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri

Şekil 3.31, Şekil 3.32 ve Şekil 3.33 sırası ile 2213, 2215 ve 2218 No'lu AGİ'lere ait olup maksimum değerler ile debi süreklilik eğrisi arasındaki fark aşılma olasılığının %40'tan küçük olduğu alanda önemli farklılıklar gösterirken %40'tan büyük olduğunda bu fark giderek azalmaktadır. Minimum birim akımlar ile debi süreklilik eğrileri arasındaki fark ise her iki istasyonda da aşılma olasılığı %40'tan küçük iken kısmen sabit olarak ilerlemekte iken aşılma olasılığı %40'ı geçtiğinde azalarak devam etmektedir.

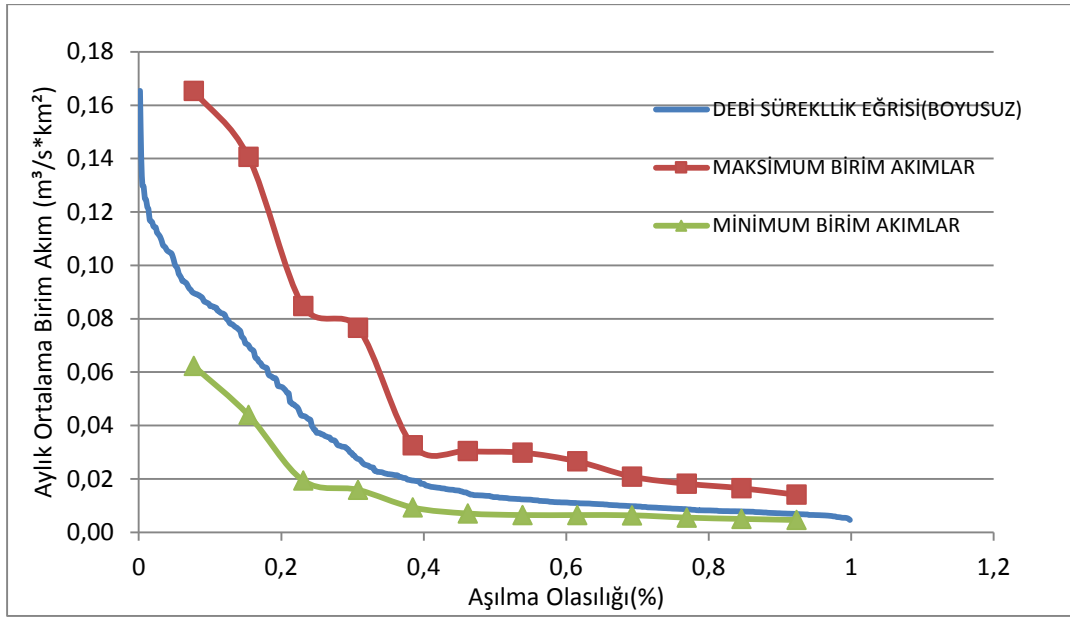


Şekil 3.34: 2228 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri

Şekil 3.34, 2228 No'lu AGİ'ye ait olup, değerlendirildiğinde maksimum akımlar tüm aşılma olasılığı değerlerinde debi süreklilik eğrisi ile önemli farklılıklar gösterir. Minimum akımlar ile debi süreklilik eğrisi arasındaki fark ise yine aşılma olasılığının %40 olduğu bölümden sonra azalarak devam eder.

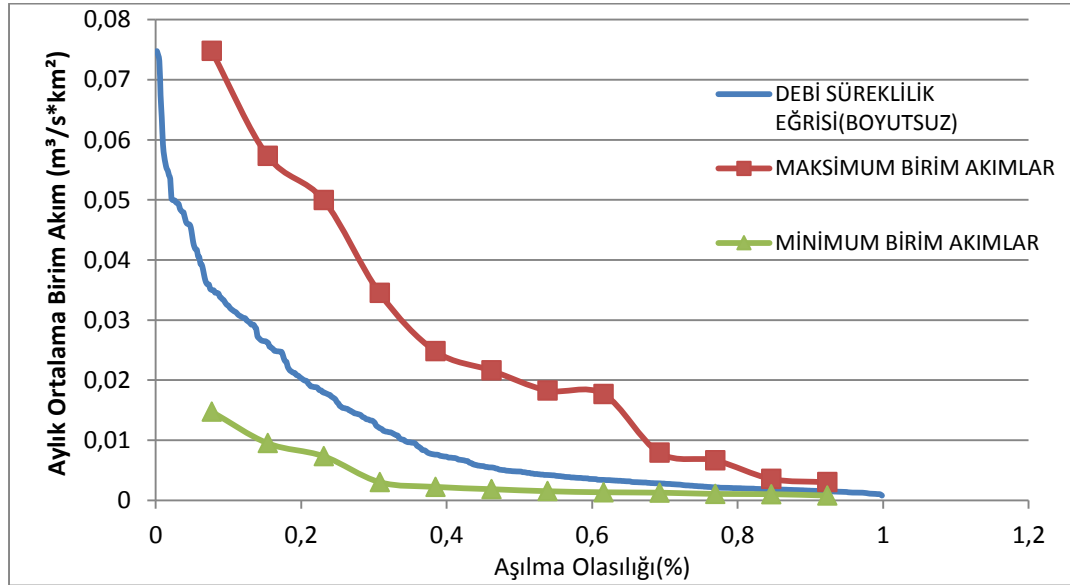


Şekil 3.35: 2232 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri



Şekil 3.36: 2233 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri

Şekil 3.35 ve Şekil 3.36 sırası ile 2232 ve 2233 No'lu AGİ'lere ait olup eğrileri incelendiğinde benzerlik gösterdiği görülmektedir. Yine aşılma olasılığı %40'tan küçük iken maksimum ve minimum değerler ile debi süreklilik eğrisi arasındaki fark çok fazla iken,%40'tan büyük değerlerde fark giderek azalmaktadır.

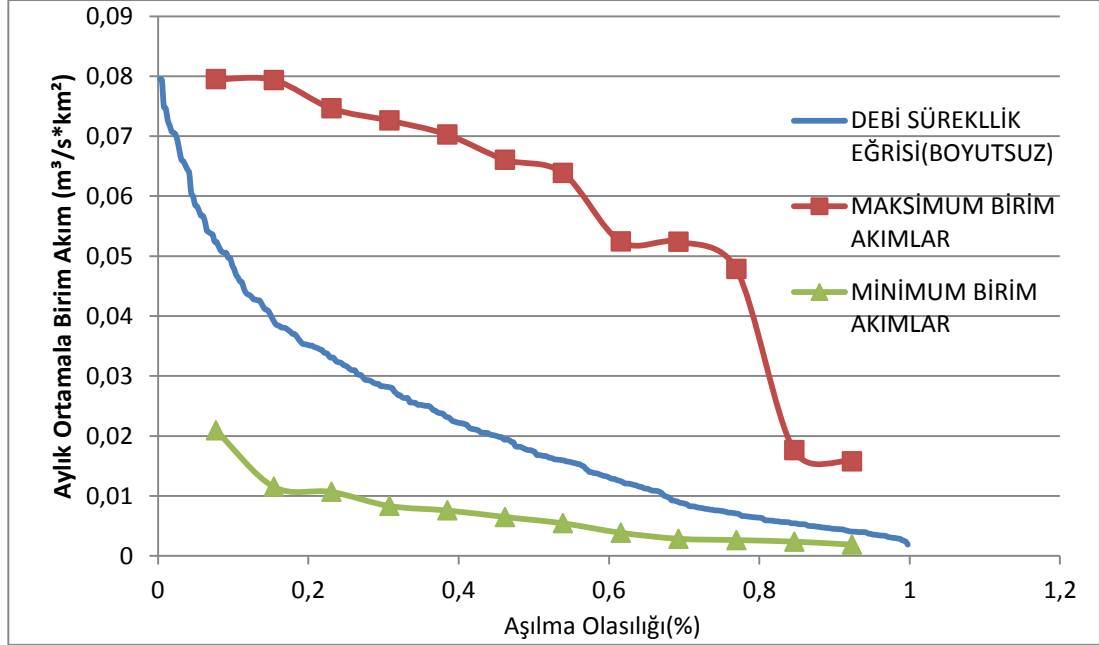


Şekil 3.37: 2238 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri

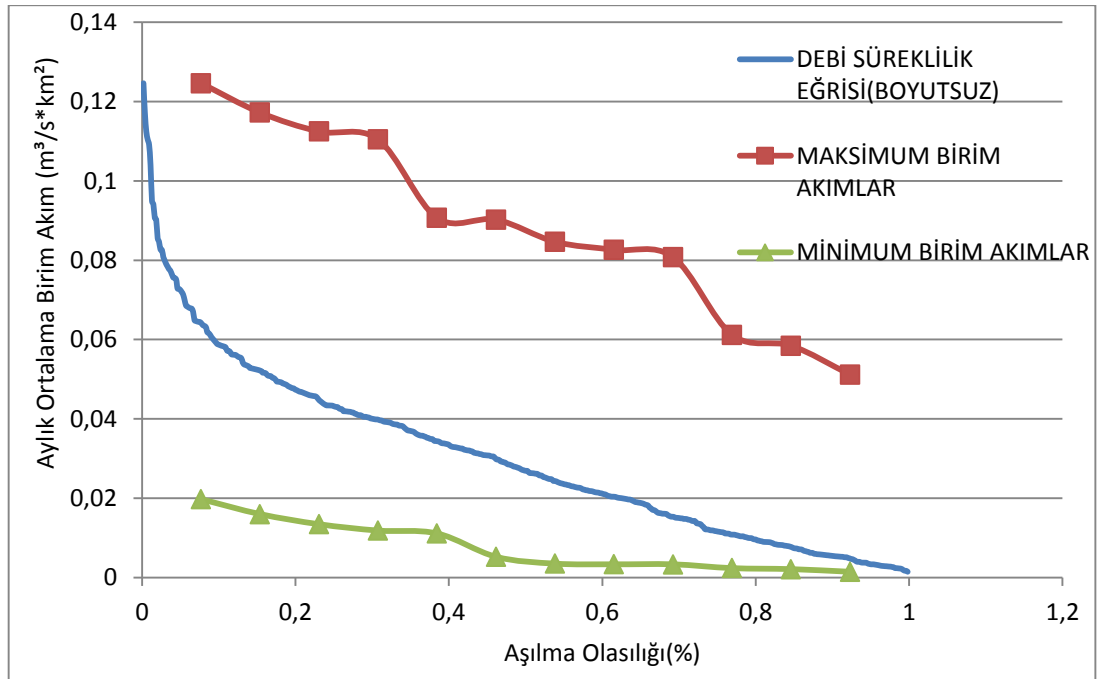
Şekil 3.37, 2238 No'lu AGİ eğrilerini göstermektedir ve daha önce incelediğimiz AGİ'ler ile benzerlik görülmektedir.

Maksimum akımlar ile debi süreklilik eğrilerine ait çizgiler aşım olasılığının %40'tan küçük olduğu durumda büyük farka sahipken bu fark aşılma olasılığı %70 olana kadar azalmakta, daha sonrada iyice küçülmektedir.

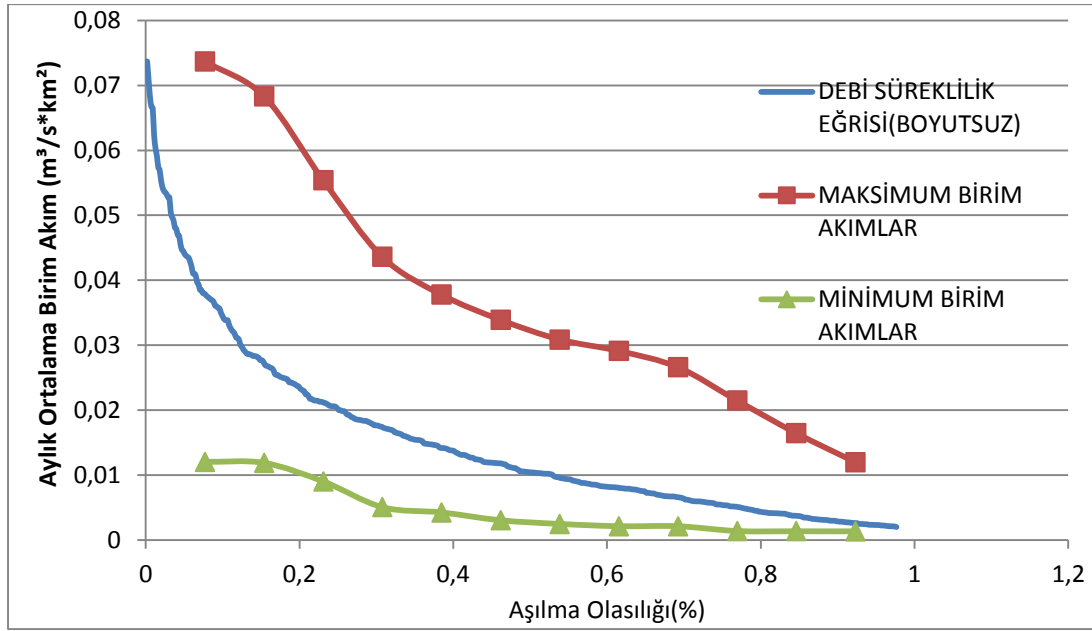
Minimum değerler ile debi süreklilik çizgileri ise havza genelinde görülen durumdadır.



Şekil 3.38: 2239 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri



Şekil 3.39: 2245 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri



Şekil 3.40: 2247 No'lu istasyonun birim alana göre debi süreklilik eğrileri

Şekil 3.38, Şekil 3.39 ve Şekil 3.40; sırası ile 2239, 2245 ve 2247 No'lu AGİ'lerinin grafiklerini göstermektedir ve grafiklere bakıldığında benzerlik söz konusudur. Maksimum verilere ait eğri ile debi süreklilik eğrisi arasında önemli bir fark gözlenirken, minimum eğrileri ile debi süreklilik eğrilerinin kırılma noktası aşılma olasılığının yine %40 olduğu değerdir.

3.5 Taşkın Frekans Analizi

Havza taşkın frekans analizi yapılırken DSİ tarafından 1990 yılına kadar ki veriler ile yapılmış taşkın frekans analizi değerleri ile güncel değerler ile çalışma kapsamında yapılan frekans değerleri karşılaştırılmıştır. Analizler 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 200 yıllık dönüş aralıklarında uygulanmış ve her bir AGİ için uygulanacak olan olasılık dağılım yöntemi DSİ 'Türkiye Akarsu Havzalarında Maksimum Frekans Analizi' kitabından seçilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu güncel veriler ile yeni ortalama standart sapma ve çarpıklık değerleri bulunmuş ve Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

DSİ tarafından 200 yıllık dönüş aralığı debileri hesaplanmamıştır. Ancak çalışma kapsamında 200 yıllık dönüş aralığında bulunan taşkın debiler taşkın frekans analizinde kullanılmıştır.

Çizelge 3.3: AGİ'lerin karakteristik özellikleri

NO	AGİ NO	DAĞILIM FONKSİYONU	YIL	ORTALAMA	STANDART SAPMA	ÇARPIKLIK	LOGARİTMİK ÇARPIKLIK
			N	μ_y	σ_y	Cs	Cs log
1	2201	LN2	40	261,25	134,98	1,50	0,18
2	2202	LP3	63	96,01	41,69	1,49	0,17
3	2213	LN2	43	114,56	74,15	1,68	0,22
4	2215	LP3	49	81,75	25,62	1,41	0,15
5	2218	LP3	55	159,95	81,79	2,16	0,33
6	2228	G2P	52	74,46	50,12	1,01	0,00
7	2232	LP3	50	179,44	78,15	3,11	0,49
8	2233	G2P	50	43,49	10,79	1,08	0,03
9	2238	G	49	155,66	69,61	0,51	-0,29
10	2239	LP3	31	129,52	107,59	1,49	0,17
11	2245	LP3	45	277,07	180,87	1,72	0,24
12	2247	G	47	393,60	218,68	1,26	0,10

Bu karakteristik özelliklere göre dönüş aralıklarına göre yeni değerler hesaplanmış ve DSI'ye ait değerler ile karşılaştırılmıştır.

Çizelgeler sırası ile AGİ'lere ait hesaplanan değerleri göstermektedir.

Çizelge 3.4: 2201 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

LN-2 olasılık dağılım fonksiyonuna göre;				
			2013 Verilerine Göre	1990 Verilerine Göre
T(yıl)	Aşılma(1/T)	Z	$X_p = \exp(\mu_y + \sigma_y * Z_p)(m^3/s)$	$X_p(m^3/s)$
2	0,500	0	232,70	232,70
5	0,200	0,84	349,52	349,52
10	0,100	1,28	432,52	432,52
25	0,040	1,75	543,07	543,07
50	0,020	2,05	627,98	627,98
100	0,010	2,33	719,17	719,17
200	0,005	2,57	807,81	-
*Z Normal Dağılım eğrisinden yararlanılarak bulunmuştur.(Ek-1)				

2201 No'lu AGİ'den 1988 yılı sonrası okuma alınamadığından hesaplamalar sonrası aynı değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 3.5: 2202 No’lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

LP3-Olasılık dağılım fonksiyonuna göre;				
T(yıl)	Aşılma(1/T)	Kp	2013 Verilerine göre	1990 Verilerine Göre
			$Xp=\exp(\mu y+\sigma y*Kp(Cs))$ (m ³ /s)	$Xp(m^3/s)$
2	0,500	0,021	89,05	89,58
5	0,200	0,846	125,33	119,03
10	0,100	1,266	149,18	140,68
25	0,040	1,706	179,04	170,71
50	0,020	1,982	200,77	195,01
100	0,010	2,237	223,12	221,08
200	0,005	2,453	244,00	-
*Kp'nin hesaplamasında kullanılan formül Taşkın ve Kuraklık Analizi Hidrolojisi Kitabından alınmıştır.				

2202 No’lu istasyonda günce veriler ile yapılan analiz sonucunda debilerde, dönüş aralığı 2 iken azda olsa bir azalma görülmüş, bunun dışında 5,10,25,50 ve 100 yıllık dönüş aralıklarındaki debilerde artma gözlenmiştir.

Çizelge 3.6: 2213 No’lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

LN-2 olasılık dağılım fonksiyonuna göre;				
T(yıl)	Aşılma(1/T)	Z	2013 Verilerine Göre	1990 Verilerine Göre
			$Xp=\exp(\mu y+\sigma y*Zp)$ (m ³ /s)	$Xp(m^3/s)$
2	0,500	0	110,80	117,98
5	0,200	0,84	166,00	186,11
10	0,100	1,28	205,15	236,20
25	0,040	1,75	257,22	304,59
50	0,020	2,05	297,16	358,85
100	0,010	2,33	340,03	415,95
200	0,005	2,57	381,66	-
*Z Normal Dağılım eğrisinden yararlanılarak bulunmuştur.(Ek-1)				

2213 No’lu AGİ güncel değerlerle hesaplandığında tüm dönüş aralıklarına ait debilerde azalma gözlenmektedir.

Çizelge 3.7: 2215 No’lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

LP3-Olasılık dağılım fonksiyonuna göre;				
T(yıl)	Aşılma(1/T)	Kp	2013 Verilerine Göre	1990 Verilerine Göre
			$Xp=\exp(\mu y+\sigma y*Kp(Cs))$ (m ³ /s)	$Xp(m^3/s)$
2	0,500	-0,05	77,12	84,41
5	0,200	0,82	99,59	107,02
10	0,100	1,31	114,85	122,68
25	0,040	1,85	134,67	143,28
50	0,020	2,21	149,63	159,28
100	0,010	2,55	165,54	175,83
200	0,005	2,86	180,89	-
*Kp'nin hesaplamasında kullanılan formül Taşkın ve Kuraklık Analizi Hidrolojisi Kitabından alınmıştır.				

2215 No’lu Agi dönüş aralıklarındaki taşkın debisi güncel veriler ile hesaplandığında 1990 yılı verilerine göre azalmaktadır.

Çizelge 3.8: 2218 No’lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

LP3-Olasılık dağılım fonksiyonuna göre;				
			2013 Verilerine Göre	1990 Verilerine Göre
T(yıl)	Aşılma(1/T)	Kp	$X_p = \exp(\mu y + \sigma y * K_p(C_s))$ (m ³ /s)	X_p (m ³ /s)
2	0,500	-0,128	137,79	156,43
5	0,200	0,778	201,31	235,82
10	0,100	1,33	253,75	303,60
25	0,040	1,985	333,72	409,69
50	0,020	2,438	403,54	505,86
100	0,010	2,888	487,16	618,58
200	0,005	3,294	577,50	-
* Kp, Pearson Tip 3 dağılım frekans tablosundan alınmıştır.				

Çizelge 3.9: 2228 No’lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

Gamma 3-Olasılık dağılım fonksiyonuna göre;				
			2013 Verilerine Göre	1990 Verilerine Göre
T(yıl)	Aşılma(1/T)	Kp	$X_p = (\mu y + \sigma y * K_p(C_s))$ (m ³ /s)	X_p (m ³ /s)
2	0,500	-0,031	72,91	59,45
5	0,200	0,831	116,11	92,79
10	0,100	1,299	139,57	113,45
25	0,040	1,812	165,28	138,12
50	0,020	2,150	182,22	155,54
100	0,010	2,466	198,06	172,28
200	0,005	2,712	210,39	-
*Kp'nin hesaplamasında kullanılan formül Taşkın ve Kuraklık Analizi Hidrolojisi Kitabından alınmıştır.				

Çizelge 3.10: 2232 No’lu AGİ çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

LP3-Olasılık dağılım fonksiyonuna göre;				
			2013 Verilerine Göre	1990 Verilerine Göre
T(yıl)	Aşılma(1/T)	Kp	$X_p = \exp(\mu y + \sigma y * K_p(C_s))$ (m ³ /s)	X_p (m ³ /s)
2	0,500	-0,232	156,47	156,84
5	0,200	0,684	210,86	218,17
10	0,100	1,319	259,28	280,75
25	0,040	2,13	337,65	388,84
50	0,020	2,725	409,86	495,77
100	0,010	3,339	500,48	630,77
200	0,005	3,911	603,02	-
* Kp, Pearson Tip 3 dağılım frekans tablosundan alınmıştır.				

2218 ve 2232 No’lu AGİ’ler için güncel veriler ile bulunan değerler, taşkın debilerinde azalma olduğunu göstermektedir. 2228 No’lu istasyonda ise değerler artmaktadır.

Çizelge 3.11: 2233 No’lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

Gamma 3-Olasılık dağılım fonksiyonuna göre;				
			2013 Verilerine Göre	1990 Verilerine Göre
T(yıl)	Aşılma(1/T)	Kp	$X_p=(\mu_y+\sigma_y*K_p(C_s))$ (m ³ /s)	X_p (m ³ /s)
2	0,500	-0,083	42,60	41,14
5	0,200	0,808	52,21	50,35
10	0,100	1,323	57,77	56,33
25	0,040	1,910	64,11	63,66
50	0,020	2,311	68,44	68,94
100	0,010	2,654	72,14	74,10
200	0,005	3,041	76,31	-
*Kp'nin hesaplamasında kullanılan formül Taşkın ve Kuraklık Analizi Hidrolojisi Kitabından alınmıştır.				

2233 No’lu AGİ 2, 5, 10, 25 yıllık dönüş aralıklarında debilerde artış gösterirken 50 ve 100 yıllık dönüş aralığında taşkın debileri azalmıştır.

Çizelge 3.12: 2238 No’lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

GUMBEL –Olasılık dağılım fonksiyonuna göre;						
					2013 Verilerine Göre	1990 Verilerine Göre
T(yıl)	Aşılma Olasılığı	u	α	$\ln F = \ln(1-1/T)$	$X_p = u - \alpha * \ln(-\ln F)$ (m ³ /s)	X_p (m ³ /s)
2	50	115,48	54,30	-0,693	135,38	149,75
5	20	115,48	54,30	-0,223	196,92	231,05
10	10	115,48	54,30	-0,105	237,67	284,87
25	4	115,48	54,30	-0,041	289,15	352,88
50	2	115,48	54,30	-0,020	327,35	403,34
100	1	115,48	54,30	-0,010	365,26	453,42
200	0,5	115,48	54,30	-0,005	403,03	
$x = \text{ort} = u + 0,5772\alpha$					155,66	
$\text{standart}(s) = s_s = 1,282\alpha$					69,61	
A					54,30	
U					115,48	

2238 No’lu istasyonda güncel veriler ile yapılan hesaplamada tüm dönüş aralıklarında debilerde önemli azalmalar gözlenmektedir.

Çizelge 3.12’de görüldüğü gibi 2 yıllık dönüş aralığından 100 yıllık dönüş aralığına doğru bu azalma büyümekte ve önemli bir farklılık oluşturmaktadır.

Çizelge 3.13: 2239 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

LP3-Olasılık dağılım fonksiyonuna göre;				
			2013 Yılı Verilerine Göre	1990 Yılı Verilerine Göre
T(yıl)	Aşılma(1/T)	Kp	$Xp=\exp(\mu y+\sigma y*Kp(Cs))$ (m ³ /s)	Xp(m ³ /s)
2	0,500	-0,019	99,42	95,38
5	0,200	0,834	190,95	190,91
10	0,100	1,291	270,97	279,24
25	0,040	1,788	396,27	424,49
50	0,020	2,109	506,78	560,17
100	0,010	2,412	639,12	722,66
200	0,005	2,674	781,17	-

* Kp, Pearson Tip 3 dağılım frekans tablosundan alınmıştır.

2239 No'lu AGİ'de güncel değerler ile yapılan hesaplamalar sonucu debilerde 2 ve 5 yıllık dönüş aralıklarında artış gözlenirken 10, 25, 50 ve 100 yıllık dönüş aralıklarında değerler azalmıştır.

Çizelge 3.14: 2245 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

LP3-Olasılık dağılım fonksiyonuna göre;				
			2013 Verilerine Göre	1990 Verilerine Göre
T(yıl)	Aşılma(1/T)	Kp	$Xp=\exp(\mu y+\sigma y*Kp(Cs))$ (m ³ /s)	Xp(m ³ /s)
2	0,500	-0,027	227,52	257,26
5	0,200	0,831	381,92	407,75
10	0,100	1,296	505,71	508,95
25	0,040	1,805	687,54	635,98
50	0,020	2,136	839,78	729,12
100	0,010	2,450	1014,99	820,07
200	0,005	2,723	1196,60	-

* Kp, Pearson Tip 3 dağılım frekans tablosundan alınmıştır.

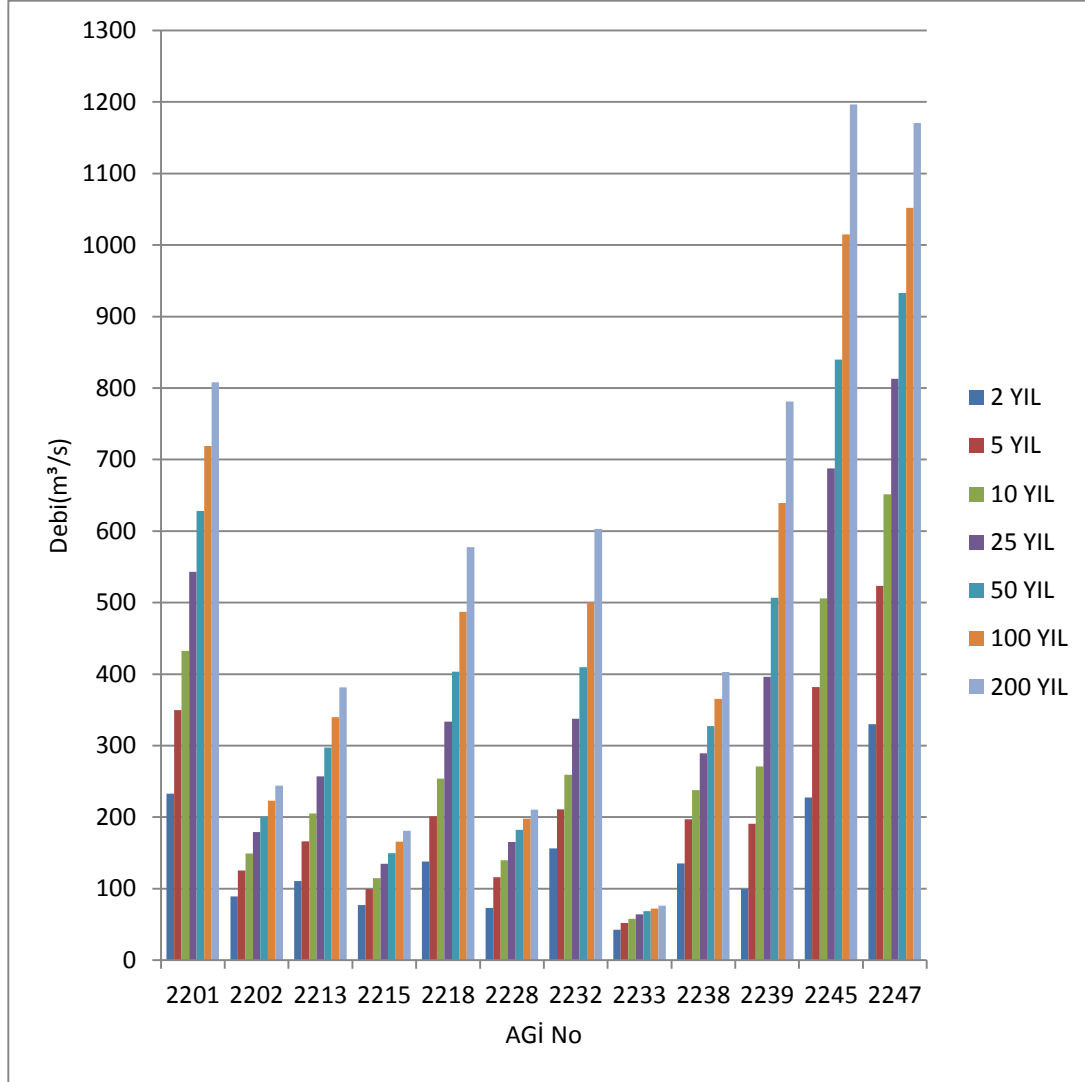
2245 No'lu AGİ 2,5 ve 10 yıllık dönüş aralıklarında değerlerde azalma, 25,50 ve 100 yıllık dönüş aralıklarında artış gözlenmektedir.

Çizelge 3.15: 2247 No'lu Agi çeşitli dönüş aralıklarına göre taşkın debileri

GUMBEL –Olasılık dağılım fonksiyonuna göre;						
					2013 Verilerine Göre	1990 Verilerine Göre
T(yıl)	Aşılma Olasılığı	u	α	lnF	$Xp=u-\alpha*\ln(-\ln F)$ (m ³ /s)	Xp(m ³ /s)
2	50	267,37	170,58	-0,693	329,89	574,31
5	20	267,37	170,58	-0,223	523,23	966,21
10	10	267,37	170,58	-0,105	651,23	1225,68
25	4	267,37	170,58	-0,041	812,97	1153,53
50	2	267,37	170,58	-0,020	932,95	1796,74
100	1	267,37	170,58	-0,010	1052,05	2038,16
200	0,5	267,37	170,58	-0,005	1170,71	-
x = ort = u + 0,5772 α					393,60	
standart(s) = s _x = 1,282 α					218,68	
α					170,58	
u					267,37	

2247 No'lu AGİ çeşitli dönüş aralıklarında debi değerlerinde önemli derecede azalma gözlenmektedir.

Şekil 3.41'de hesaplanan tüm değerler tek bir grafik altında gösterilmiştir.



Şekil 3.41: Hesaplanan dönüş aralıklarında bulunan değerlerin birlikte gösterimi

3.6 Taşkın Zarf Eğrisi

Doğu Karadeniz havzasına ait taşkın zarf eğrisi çizilirken, 12 AGİ'ye ait yağış alanları ve her bir AGİ'nin maksimum akım verilerinden en büyüğü seçilmiştir. Çalışmamızda havza için yağış alanı arttıkça eğimi giderek azalan üç doğru parçası şeklinde zarf eğrileri belirlenmiştir. Sonucun güvenilirliği açısından aynı eğri taşkın frekans analizi sırasında bulunan T=200 dönüş aralığında bulunan taşkın debileri kullanılarak çizilmiştir.

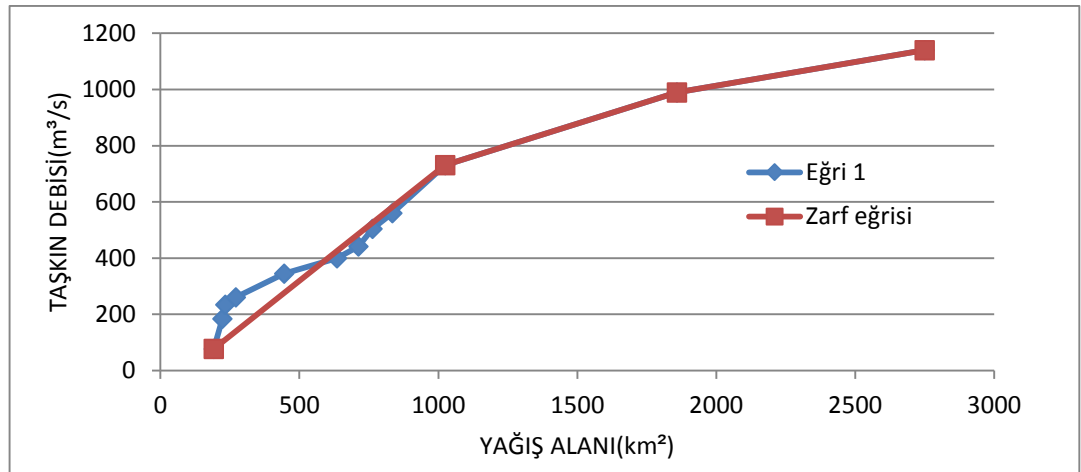
Çizelge 3.16: AGİ'lerin sıralı değerleri

İSTASYON	YAĞIŞ ALANI(KM ²)	EN BÜYÜK AKIMLAR(m ³ /s)	T=200 TAŞKIN DEBİLERİ(m ³ /s)
2228	191,4	77,00	76,31
2233	223,1	184,00	180,89
2245	232,8	234,00	210,39
2239	271,6	261,00	244,00
2215	445,2	345,00	381,66
2202	635,7	400,00	403,03
2213	713	442,00	577,50
2232	763,2	504,00	603,02
2218	834,9	560,00	781,17
2238	1024,4	731,00	807,81
2247	1859,2	990,00	1170,71
2201	2750	1140,00	1196,60

Yağış alanları, en büyük akımlar ve 200 yıllık taşkın debileri küçükten büyüğe sıralanmış ve tablodaki değerler ortaya çıkmıştır.

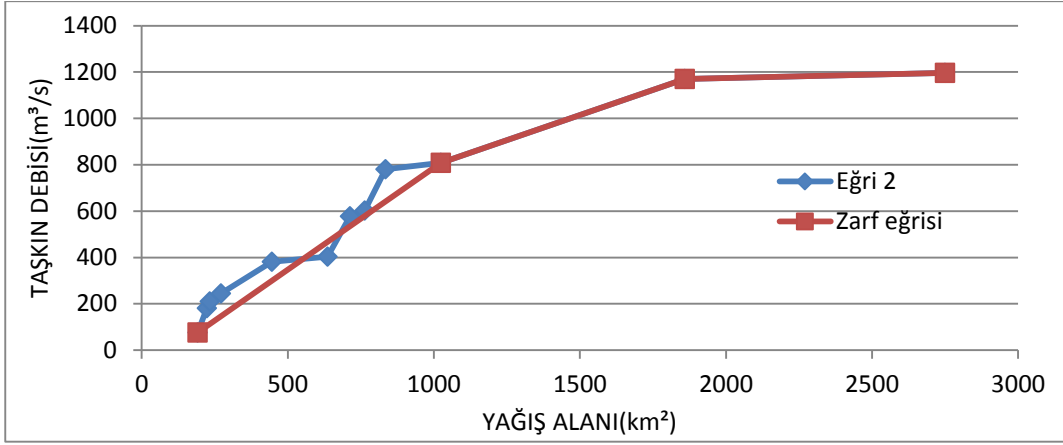
Yukarıda verilen değerler doğrultusunda yağış alanları ile güncel veriler doğrultusunda gözlemlenen en büyük akımlar kullanılarak ilk eğri elde edilmiştir ve daha sonra bu eğri doğrusal hale getirilerek taşkın zarf eğrisi oluşturulmuştur.

Şekil 3.42 oluşturulan grafikleri göstermektedir.



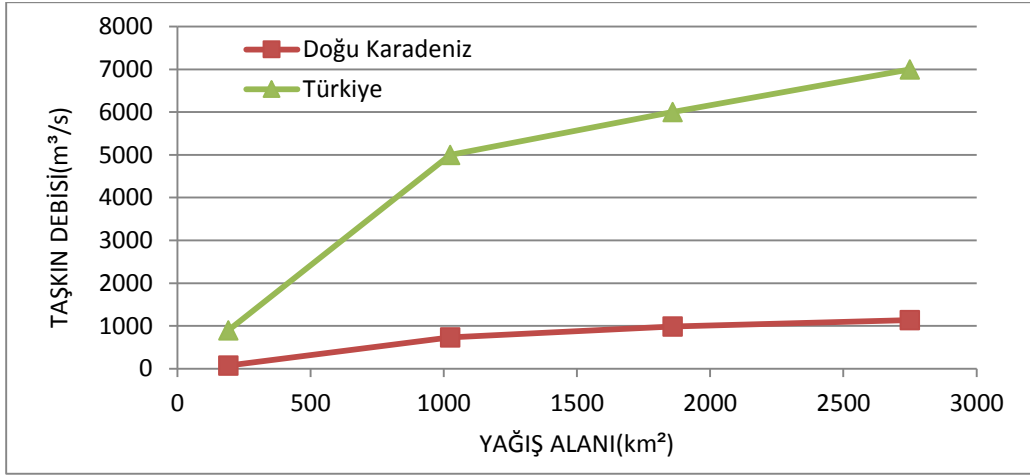
Şekil 3.42: En büyük akımlar ile oluşturulan taşkın zarf eğrisi

Daha sonra taşkın zarf eğrisi, 200 yıl dönüş aralığı için hesapladığımız taşkın debilerini kullanarak yeniden oluşturulmuştur, Şekil 3.43'teki grafik elde edilmiştir ve iki eğrinin benzerlik gösterildiği gözlenmiştir.



Şekil 3.43: 200 yıllık dönüş aralığı taşkın debileri ile oluşturulan zarf eğrisi

Doğu Karadeniz havzasına ait taşkın zarf eğrisi, Türkiye'ye ait zarf eğrisi ile karşılaştırılmış ve sonucunda aşağıdaki grafik (Şekil 3.44) elde edilmiştir.



Şekil 3.44: Doğu Karadeniz ve Türkiye zarf eğrileri

Sonuç olarak; 2013 yılına kadar gizlenen yeni taşkın verileri ile elde edilen değerler ile havzaya ait taşkın zarf eğrisi elde edilmiş ve bulunan eğriye yakınlık gösteren diğer 4 havza eğrisi ile karşılaştırılmıştır.

Bu eğri taşkın tahmini gerektiren ön çalışmalarda kullanılabilir.

3.7 Trend Analizi

Havzada gözlemlenen güncel yıllık ortalama ve maksimum akım verilerine ayrı ayrı Mann-Kendall trend analizi uygulanmış ve sonuçları yorumlanmıştır.

3.7.1 Yıllık ortalama akımların trend analizi

Havzada taşkın verilerinde zaman içinde bir değişiklik olup olmadığının analizi Mann-Kendall yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Her istasyon için yapılan trend (gidiş) analizinin sonuçları Çizelge 3.17’de verilmiştir.

Çizelge 3.17: Mann-Kendall trend analizi sonuçları. (Yıllık Ortalama Akımlar)

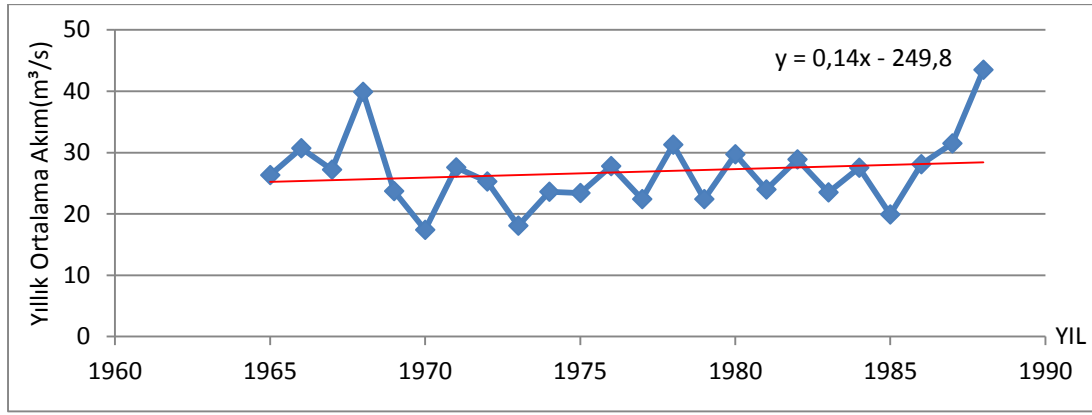
AGİ NO	N	S	τ	σ_s	Z	$Z_{\alpha/2}$	TREND	
							VAR	YOK
2201	24	22	0,08	40,3	0,52	1,96		+
2202	47	-27	-0,025	109,05	-0,24	1,96		+
2213	43	115	0,127	95,55	1,19	1,96		+
2215	49	200	0,17	116,01	1,72	1,96		+
2218	47	-79	-0,073	109,05	-0,72	1,96		+
2228	47	99	0,92	109	0,9	1,96		+
2232	50	235	0,192	119,55	1,97	1,96	+	
2233	48	164	0,139	116,01	1,41	1,96		+
2238	48	-46	-0,041	116,01	-0,39	1,96		+
2239	32	144	0,29	61,66	2,32	1,96	+	
2245	45	30	0,03	102,23	0,28	1,96		+
2247	46	-97	-0,094	105,61	-0,91	1,96		+

Bu çizelgede gösterilen sonuçlara göre $\alpha=0,05$ kabul bölgesinde tüm istasyonlarda taşkın verilerinde H_0 hipotezi kabul edilir ve trend olmadığı sonucuna varılır.

Bu sonuçları kontrol etmek için görsel olarak debiler, debilerin ortalamaları ile boyutsuz grafikleri ve doğrusal gidiş çizgileri çizilmiştir. Sonuçlar Mann-Kendall testini desteklemektedir.

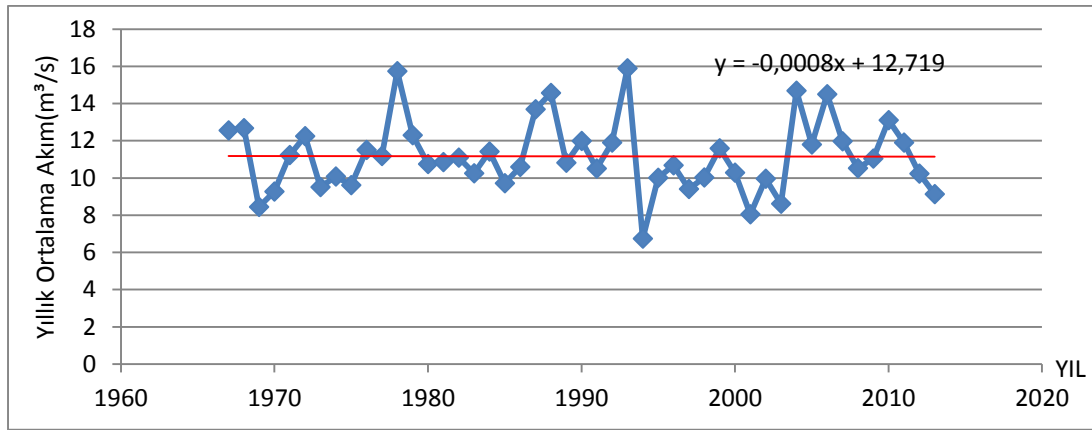
Oluşturulan tabloda da görüldüğü gibi yalnızca iki akım gözlem istasyonunda trend olduğu bulunmuştur ancak diğer istasyonlarda artan ve azalan yönde önemli şekilde eğilim bulunmaktadır.

Örnek olarak 2215 No’lu akım gözlem istasyonunda trend gözlenmez iken, Z değeri 1,72’dir. Yıllık ortalama akımlar önemli bir artış eğilimi göstermektedir.



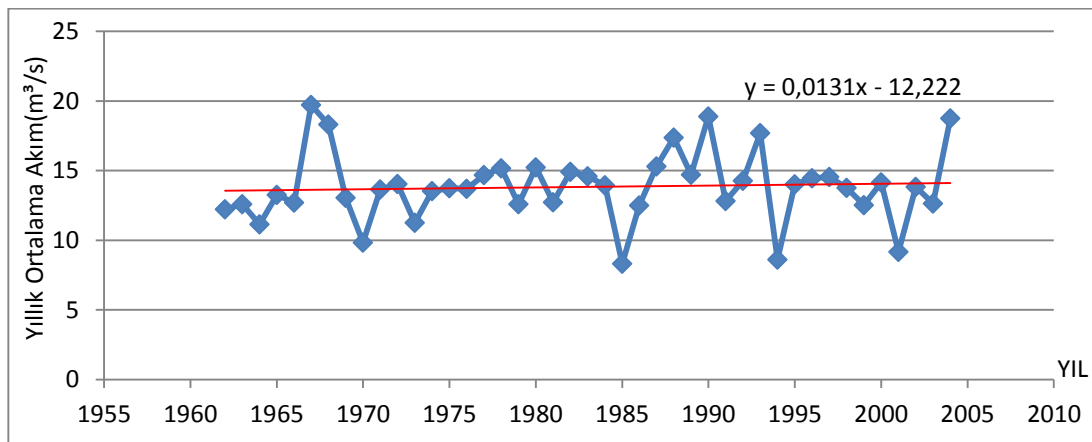
Şekil 3.45: 2201 No'lu istasyon grafiği

2201 No'lu AGİ'de Trend Analizi sonucunda trend gözlenmemektedir ancak yıllık ortalama akımlar artma yönünde eğilimlidir.



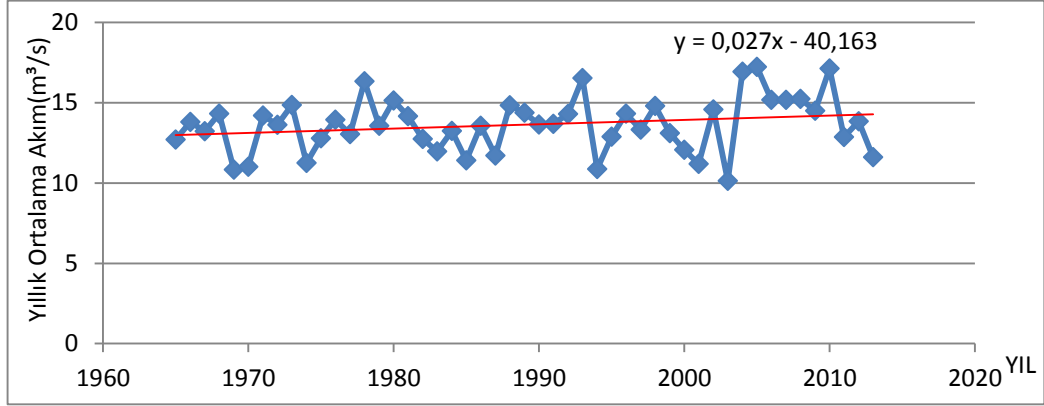
Şekil 3.46: 2202 No'lu istasyon grafiği

2202 No'lu AGİ'de Trend Analizi sonucunda trend gözlenmemektedir ancak yıllık ortalama akımlar az da olsa azalma yönünde eğilimlidir.



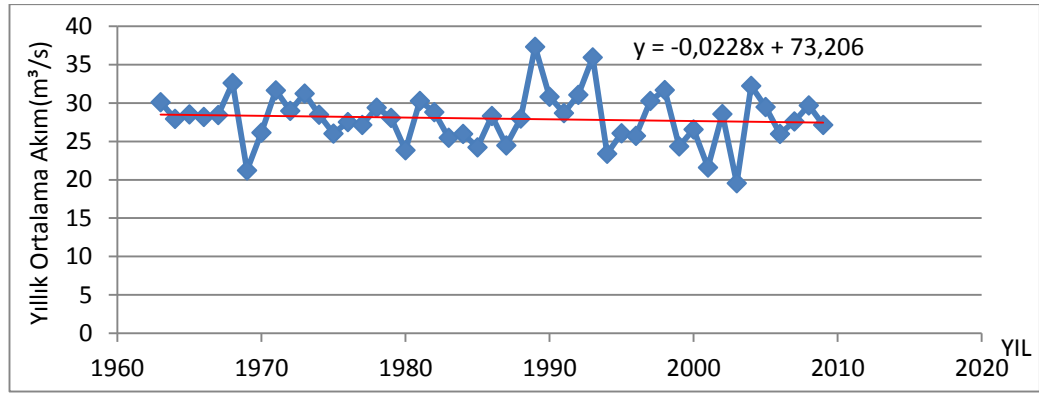
Şekil 3.47: 2213 No'lu istasyon grafiği

2213 No'lu AGİ'de Trend Analizi sonucunda trend gözlenmemektedir ancak yıllık ortalama akımlarda artma yönünde eğilim vardır.



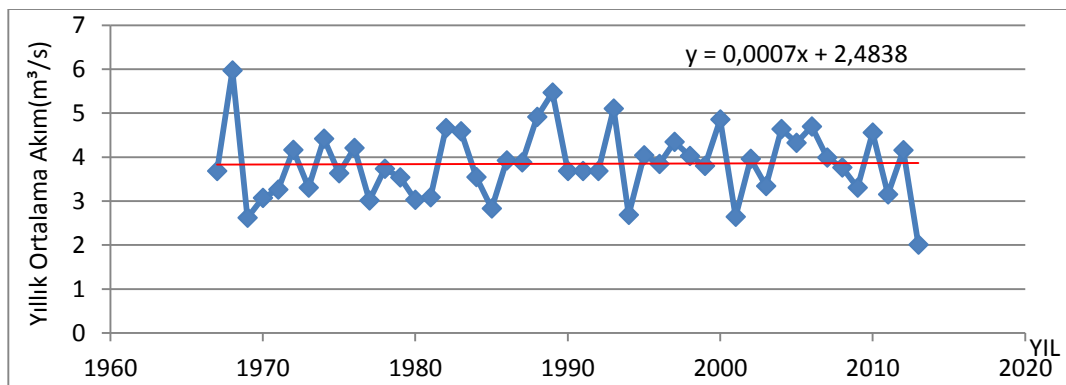
Şekil 3.48: 2215 No'lu istasyon grafiği

2215 No'lu AGİ'de Trend Analizi sonucunda trend gözlenmemektedir ancak yıllık ortalama akımlar artma yönünde eğilimlidir.



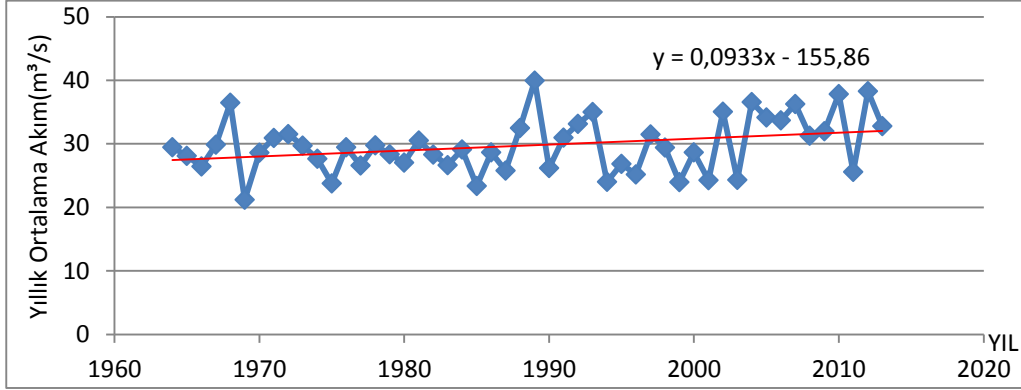
Şekil 3.49: 2218 No'lu istasyon grafiği

2218 No'lu AGİ'de Trend Analizi sonucunda trend gözlenmemektedir ancak yıllık ortalama akımlar azalma yönünde eğilimlidir.



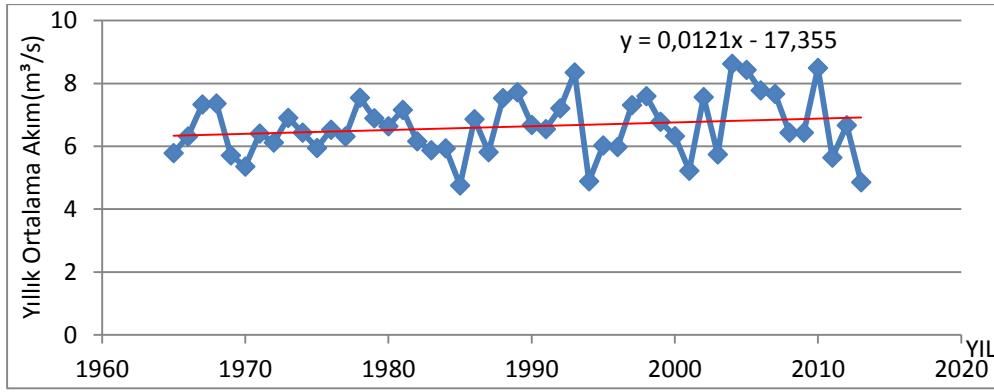
Şekil 3.50: 2228 No'lu istasyon grafiği

2228 No'lu AGİ'de Trend Analizi sonucunda trend gözlenmemektedir ancak yıllık ortalama akımlar artma yönünde eğilimlidir.



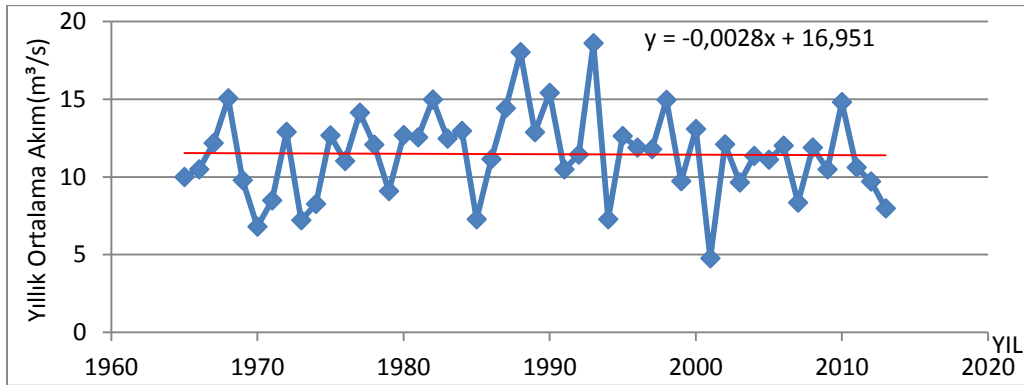
Şekil 3.51: 2232 No'lu istasyon grafiği

2232 No'lu AGİ'de Mann-Kendall analizi sonucu trend olduğu görülmektedir. Yıllık ortalama akımlar önemli şekilde artma yönünde eğilimlidir.



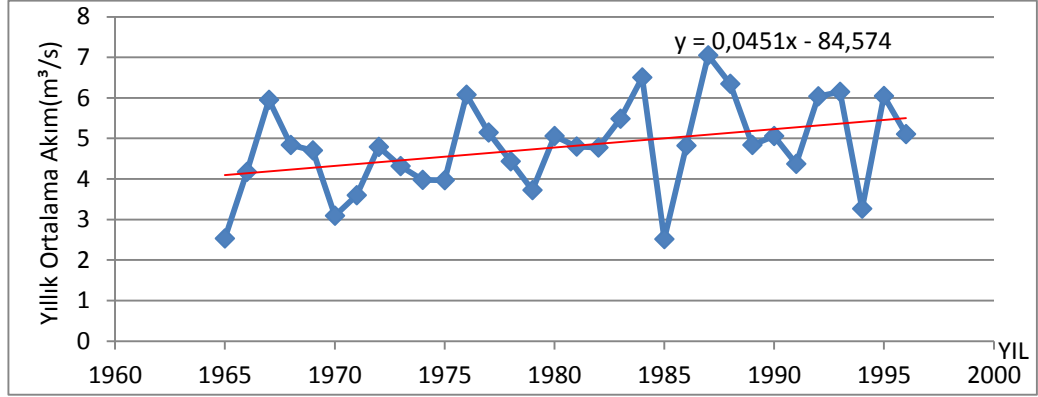
Şekil 3.52: 2233 No'lu istasyon grafiği

2233 No'lu AGİ'de Trend Analizi sonucunda trend gözlenmemektedir ancak yıllık ortalama akımlarda artma yönünde az da olsa eğilim gözlenmektedir.



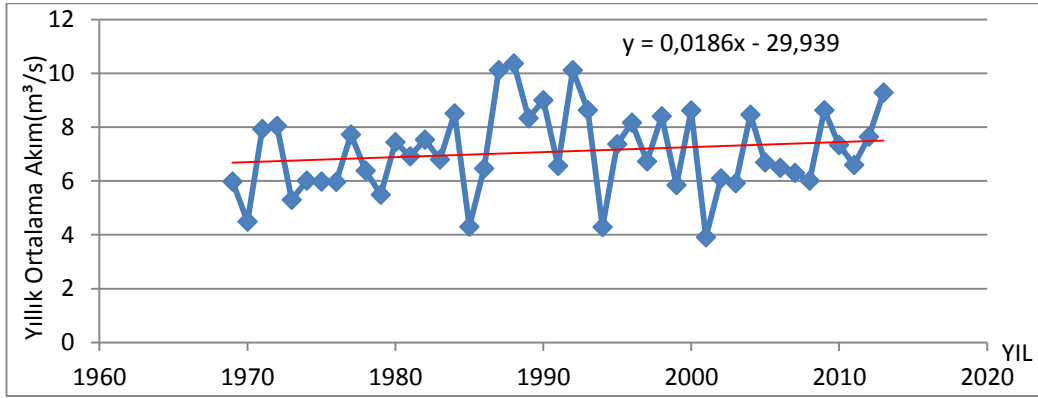
Şekil 3.53: 2238 No'lu istasyon grafiği

2238 No'lu AGİ'de Trend Analizi sonucunda trend gözlenmemektedir ancak yıllık ortalama akımlar az da olsa azalma yönünde eğilimlidir.



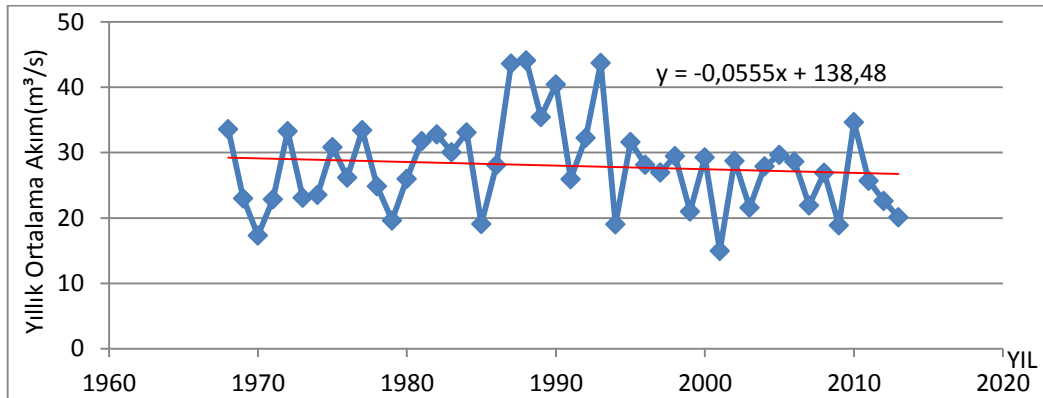
Şekil 3.54: 2239 No'lu istasyon grafiği

2239 No'lu AGİ'de Mann-Kendall analizi sonucu trend olduğu görülmektedir. Yıllık ortalama akımlarda artma yönünde önemli bir eğilim vardır.



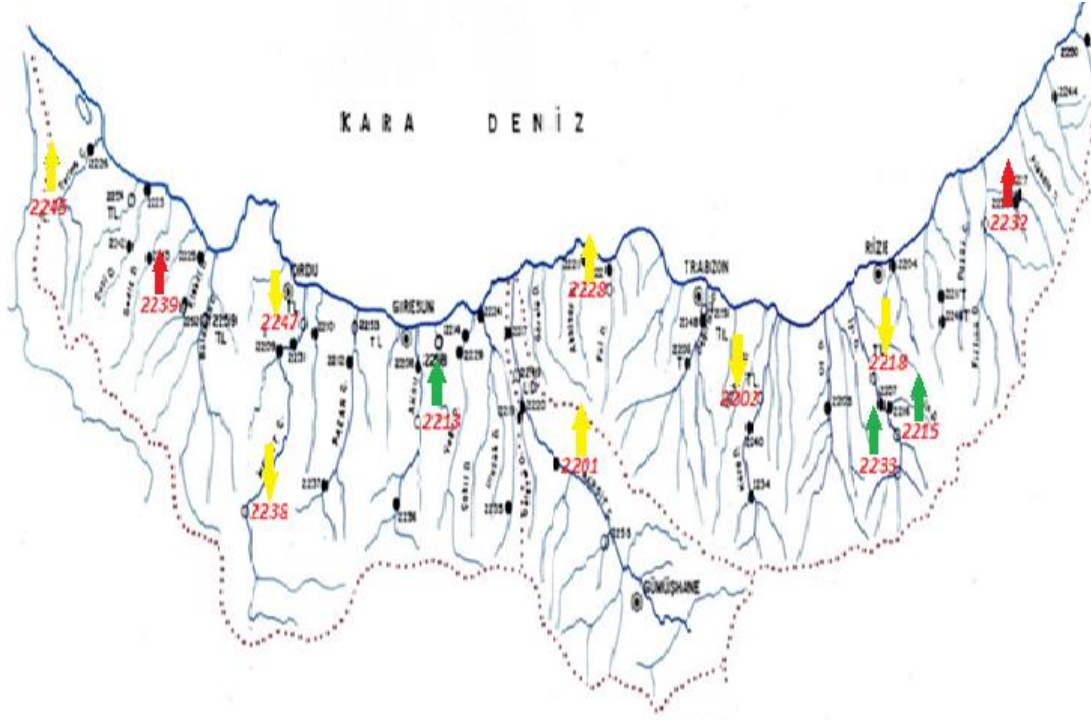
Şekil 3.55: 2245 No'lu istasyon grafiği

2245 No'lu AGİ'de Mann-Kendall analizi sonucu trend görülmemektedir. Yıllık ortalama akımlarda az da olsa bir artma eğilimi vardır.



Şekil 3.56: 2247 No'lu istasyon grafiği

2247 No'lu AGİ'de Trend Analizi sonucunda trend gözlenmemektedir ancak yıllık ortalama akımlarda az da olsa azalma eğilimi vardır.



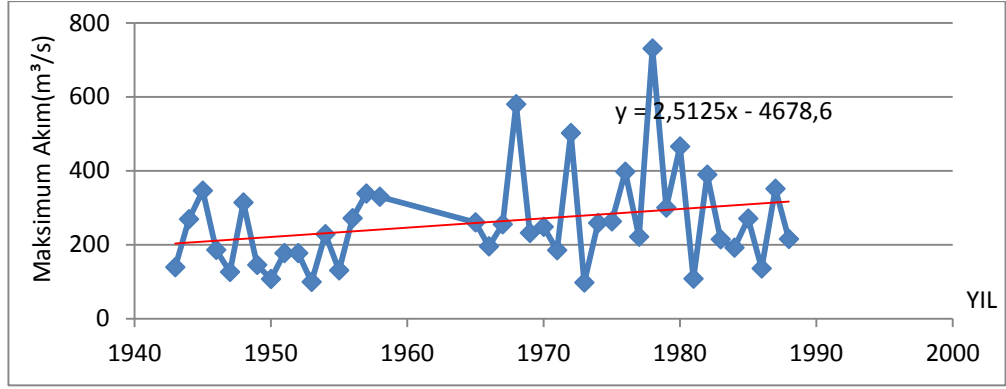
Şekil 3.57: Yıllık ortalama akımlara göre Mann-Kendall analizinin harita üzerinde gösterimi

3.7.2 Maksimum akımların trend analizi

Güncel maksimum akım verileri kullanılarak tekrar Mann-Kendall Trend Analizi uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

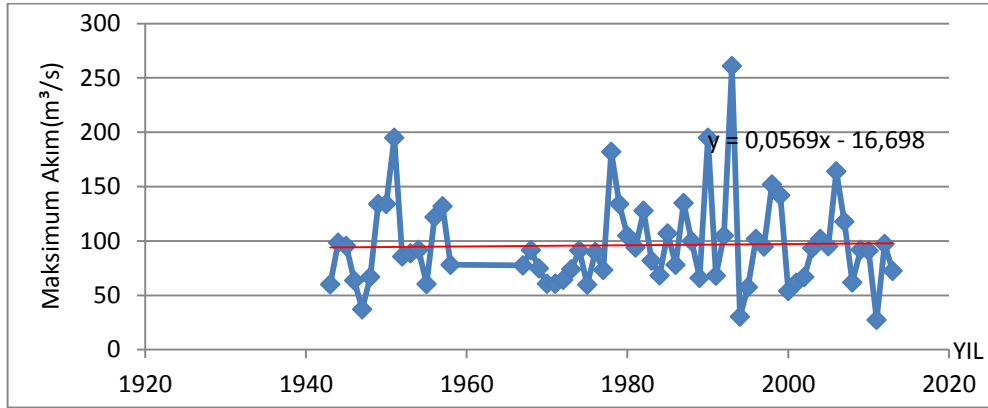
Çizelge 3.18: Mann-Kendall trend analizi sonuçları (Maksimum Akımlar)

AGİ NO	N	S	τ	σ_s	Z	$Z_{\alpha/2}$	TREND	
							VAR	YOK
2201	40	125	0,16	40,3	3,08	1,96	+	
2202	63	63	0,032	168,58	0,37	1,96		+
2213	43	-203	-0,225	95,55	-2,12	1,96	+	
2215	49	-247	-0,21	116,01	-2,12	1,96	+	
2218	55	-171	-0,115	137,7	-1,23	1,96		+
2228	48	318	-0,282	112,5	2,82	1,96	+	
2232	50	90	0,73	119,55	0,74	1,96		+
2233	50	5	0,004	119,55	0,03	1,96		+
2238	49	11	0,009	116,01	0,09	1,96		+
2239	32	-36	-0,072	61,66	-0,57	1,96		+
2245	45	30	0,03	102,23	0,28	1,96		+
2247	47	-86	-0,079	109,04	-0,78	1,96		+



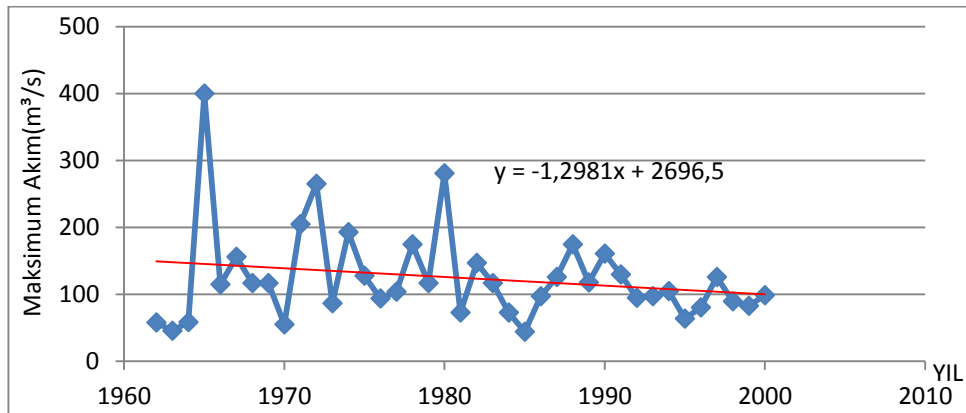
Şekil 3.58: 2201 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2201 No'lu AGİ Mann-Kendall analizi sonucunda maksimum akımlarda trend olduğu görülmüştür. Akım değerleri zamanla önemli ölçüde artan yönde eğilimlidir.



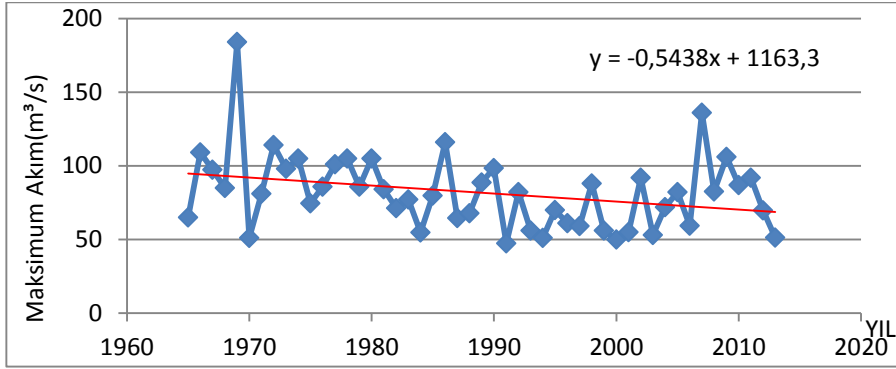
Şekil 3.59: 2202 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2202 No'lu AGİ'de maksimum akımlara uygulanan trend analizi sonucunda akım değerlerinin 2013 yılına kadar alınan okumalarda çok farklılık göstermediği görülmüştür.



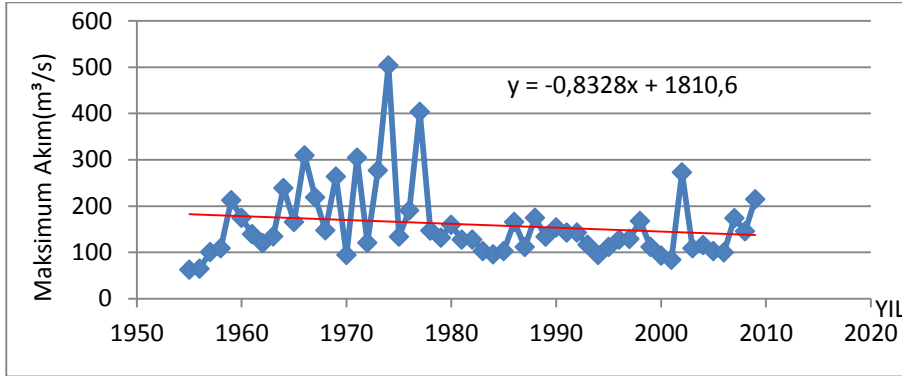
Şekil 3.60: 2213 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2213 No'lu AGİ trend analizi sonucunda maksimum akımlar 1962'den 2013'e kadar önemli ölçüde azalan yönde eğilimlidir. İstasyonda analiz sonucu trend vardır.



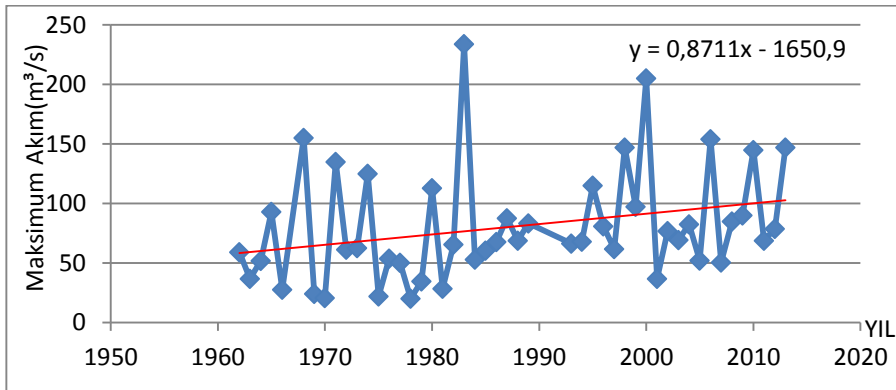
Şekil 3.61: 2215 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2215 No'lu AGİ maksimum değerlere uygulanan Mann-Kendall trend analizi sonucunda trend olduğu ve maksimum akımların yıldan yıla önemli derecede azalan yönde eğilim gösterdiği görülmüştür.



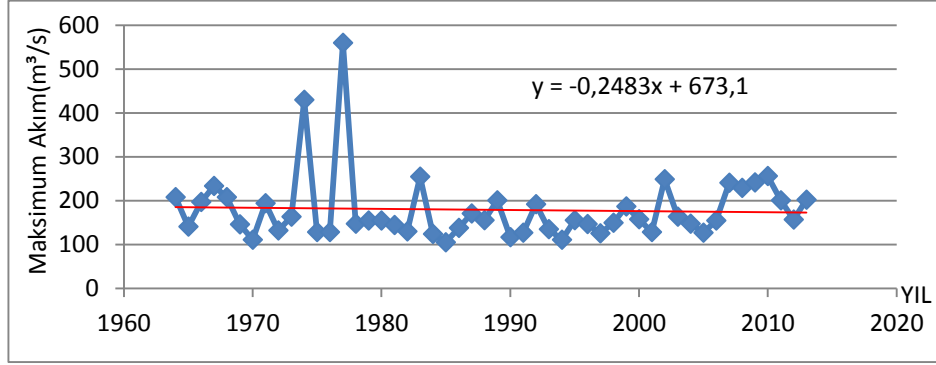
Şekil 3.62: 2218 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2218 No'lu istasyonda trend görülmemiştir. Ancak maksimum akım değerleri, azalan yönde eğilimlidir.



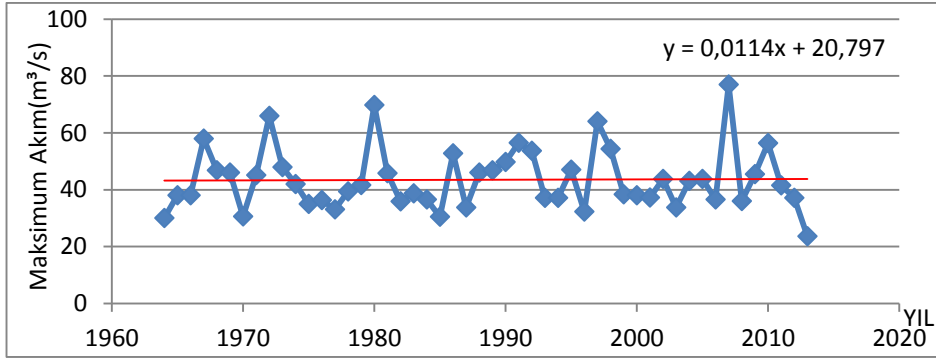
Şekil 3.63: 2228 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2228 No'lu AGİ trend analizi sonucunda trend olduğu ve maksimum akımların yıldan yıla çok fazla artan yönde eğilim göstermiştir.



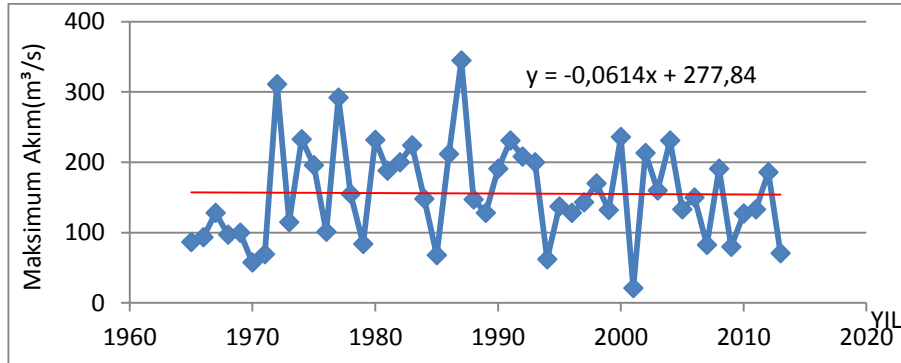
Şekil 3.64: 2232 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2232 No'lu AGİ'de trend yoktur ancak maksimum akımlar ilerleyen yıllarda azalan yönde eğilim göstermiştir.



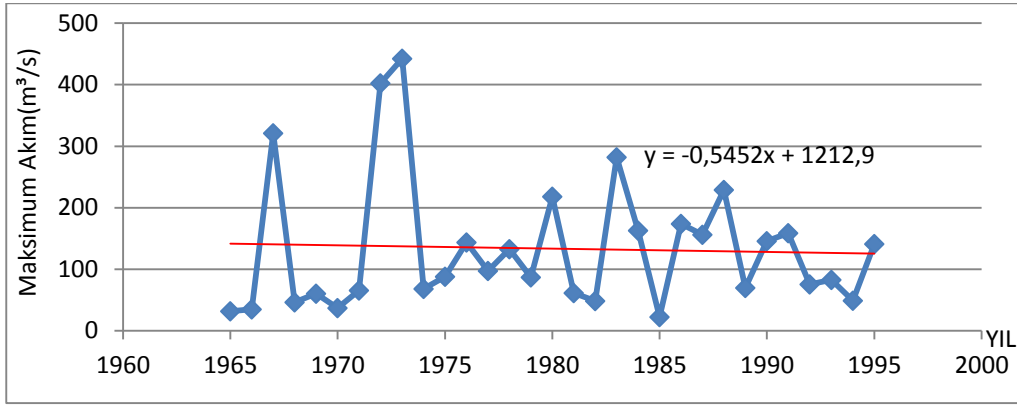
Şekil 3.65: 2233 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2233 No'lu AGİ maksimum akım değerleri zamanla artan ya da azalan yönde eğilim göstermemiştir.



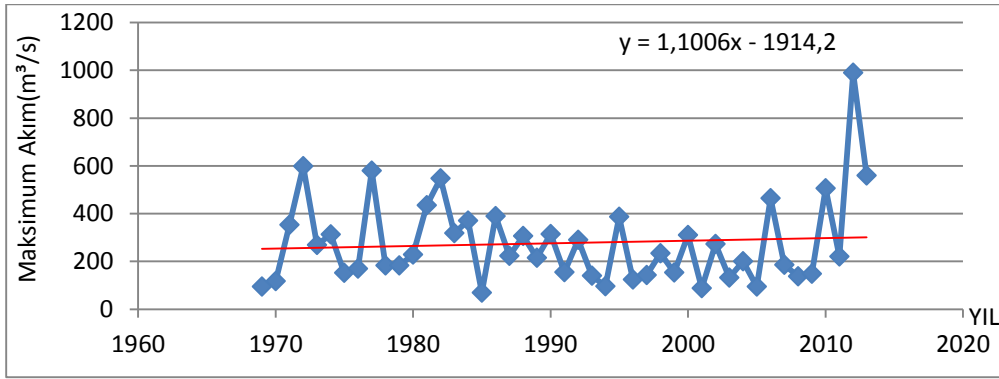
Şekil 3.66: 2238 No'lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2239 No'lu AGİ maksimum akım değerleri zamanla artan ya da azalan yönde eğilim göstermemiştir.



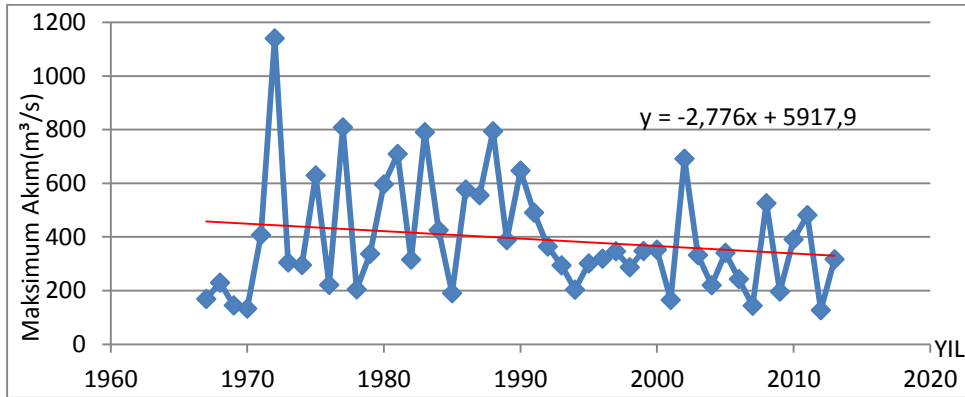
Şekil 3.67: 2239 No’lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2239 No’lu istasyon maksimum akım verileri yıldan yıla, 2233 ve 2238 No’lu istasyonlar ile benzer şekilde azalan yönde eğilim göstermektedir. Trend yoktur.



Şekil 3.68: 2245 No’lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2245 No’lu istasyonda trend yoktur. Maksimum akımlar yıllar ilerledikçe artan yönde eğilim göstermiştir.



Şekil 3.69: 2247 No’lu istasyon maksimum akımlara göre grafiği

2247 No'lu istasyon maksimum akım verileri yıldan yıla azalan yönde eğilimlidir. Analiz sonucu trend olmadığı görülmüştür.



Şekil 3.70: Yıllık Maksimum Akım Trend analizinin harita üzerinde gösterimi

3.8 Mevsimsellik Analizi

Bu bölümde taşkın verilerine Açısal Mevsimsellik uygulanmıştır.

3.8.1 Açısal mevsimsellik analizi

Her bir istasyon için taşkınların oluştuğu günler yılın kaçınıcı gününe denk geldiği hesaplanmıştır. Tüm istasyonlar için **2.102** ve **2.103** denklemi kullanılarak her yıl için $\bar{x}$ ve $\bar{y}$ değeri, **2.104** ve **2.105** denklemi ile $\bar{\theta}$ değeri elde edilmiştir. Her bir istasyon için hesaplanan açısal parametreler tabloda gösterilmiştir (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.19: İstasyonların açısal parametreleri

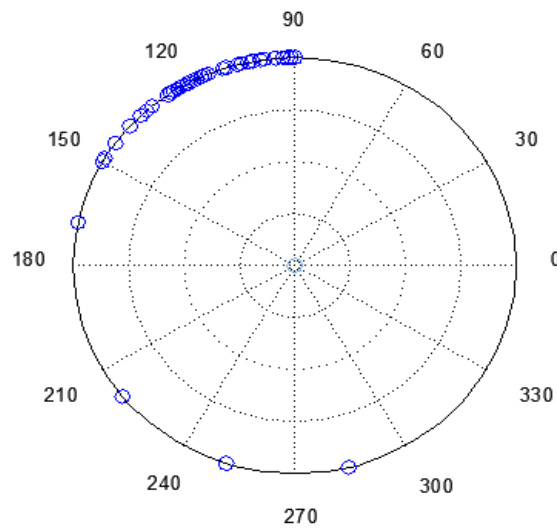
AGİ No	x	y	(Radyan)	r	MD	Taşkın takvim günü
2201	-0,41	0,72	2,08	0,83	121	01.May
2202	-0,34	0,63	2,06	0,71	120	30.Nis
2213	-0,40	0,59	2,16	0,71	126	06.May
2215	-0,72	0,59	2,45	0,94	143	23.May
2218	-0,69	0,29	2,74	0,74	160	16.May
2228	-0,10	-0,22	5,14	0,24	299	26.Eki
2232	-0,58	0,07	3,14	0,58	183	02.Tem
2233	-0,71	0,61	2,43	0,68	142	22.May
2238	-0,10	0,78	1,70	0,79	99	9.Nisan
2239	-0,10	0,78	1,70	0,79	99	09.Nis
2245	-0,36	-0,21	5,76	0,42	335	01.Ara
2247	-0,19	0,34	2,07	0,39	121	01.May

Çizelge 3.19’da görüldüğü üzere, bu bölgede taşkınların ortalama olarak büyük oranda nisan ve mayıs ayında gözleendiği tespit edilmiştir. Nisan ve Mayıs ayları ilk bahar mevsiminde olduğu için gözlenen bu taşkınlar kışın yağın karların bu aylarda erimesinden ve yağmurlardan kaynaklanır. Hesaplanan "r" değeri, incelendiğinde, taşkın gözlem tarihlerinin yıl içinde dağılımının homojenliği hakkında bilgi edinilmektedir. Bu değeri arttıkça o istasyonun gün olarak taşkınlarının homojenlik derecesi artar.

İstasyonlardan, farklı yıllarda gözlenen taşkınların, taşkın takvim günleri birbirlerine yakınlık göstermesi ile en büyük "r" değeriine sahip olan 2215 No’lu istasyonu, taşkınların gözlem zamanları açısından en çok homojenlik gösteren istasyondur. Bu bölgede "r" değeri 2228,2245 ve2247 No’lu istasyonlar dışında "r" değeri yüksektir. Ortalama "r" değeri 0,64’tür.. Bu sebeple bu bölge taşkınların gözlem zamanları açısından homojenlik gösterir.

3.8.1.1 Birim daireler

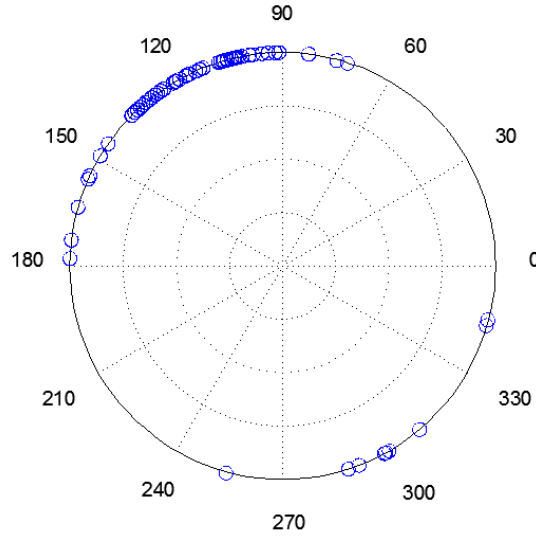
Her bir istasyona ait, Açısal Mevsimsellik Analizinin sonucunda hesaplanan mevsimsellik ölçütlerinin görsel ifadeleri olan AGİ’lerin birim daireleri aşağıda gösterilmiştir. Bu birim daireler incelenerek her istasyonun mevsimsel özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Şekillerde sırası ile Akım gözlem istasyonlarına ait birim daireler gösterilmektedir.



Şekil 3.71: 2201 No’lu istasyon birim dairesi

2201 No'lu istasyonun MD değeri 121. gündür ve kayıt süresinde en erken taşkın 1987 yılında ve Aralık ayının 2. gününde meydana gelmiştir ve en geç taşkın 1972 yılında Eylül ayının 13. gününde oluşmuştur.

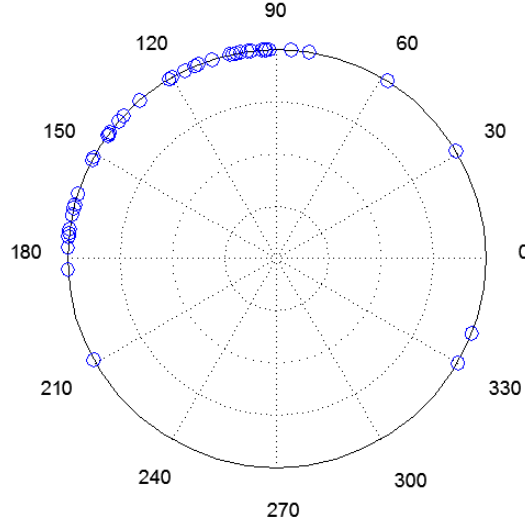
MD değerinin ilkbahar mevsiminde ortaya çıkmasından dolayı taşkınların bu istasyonda ağırlık olarak kar erimesinden kaynaklandığını göstermektedir. Bu istasyon homojenlik açısından 0,83 değerine sahip olup 2. En yüksek r değeri bu istasyon üzerinde belirlenmiş.



Şekil 3.72: 2202 No'lu istasyon birim dairesi

2202 No'lu istasyonun MD değeri 120. gündür ve kayıt süresinde en erken taşkın 1947 yılında ve Ekim ayının 20. gününde meydana gelmiştir ve en geç taşkın 1956 yılında Eylül ayının 15. gününde oluşmuştur.

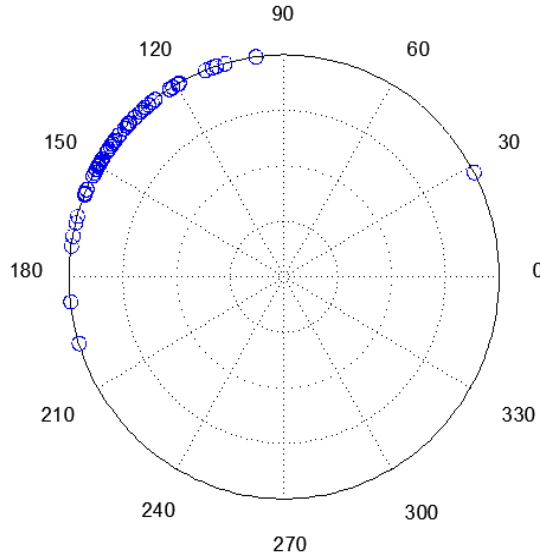
MD değerinin ilkbahar mevsiminde ortaya çıkmasından dolayı taşkınların bu istasyonda ağırlık olarak kış mevsimi sonunda kar erimelerinden kaynaklandığını göstermektedir. Bu istasyon homojenlik açısından 0,71 değerine sahiptir.



Şekil 3.73: 2213 No'lu istasyon birim dairesi

2213 No'lu istasyonuna bakarak yılın ilk taşkını 1996 yılında Ekim ayının 2. gününde ve yılın son taşkını 5 Temmuz 1966'da kayıt edilmiştir. Bu istasyon 0,71 r değeri ile homojen bir bölge olarak görünür ve taşkınların homojen meydana geldiği kabul edilir.

İstasyonun MD değeri 126'dır bahar mevsiminin 5. Ayına denk geldiği için taşkınların ana nedeninin kar erimelerine bağlı olduğu görülür.

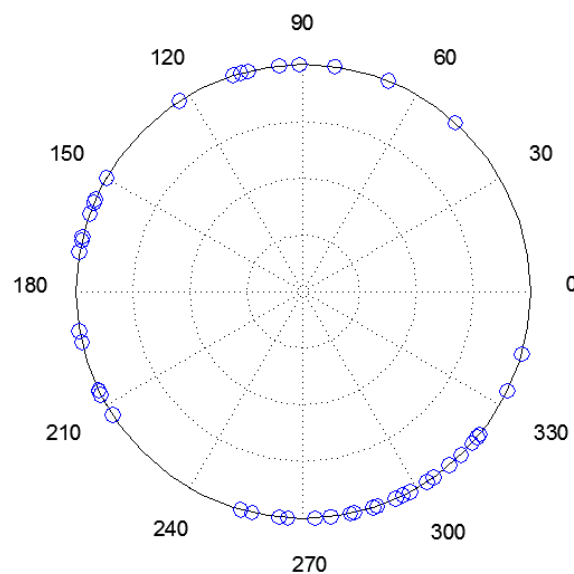


Şekil 3.74: 2215 No'lu istasyon birim dairesi

2215 No'lu istasyonunu incelendiğinde kayıt süresinde taşkınların neredeyse tamamı ilkbahar mevsiminde olduğu görülmüştür. Bu istasyonun en erken taşkını 9 Nisan 1980 ve yılın en geç oluşan taşkını 30 Temmuz 1977 de meydana gelmiştir.

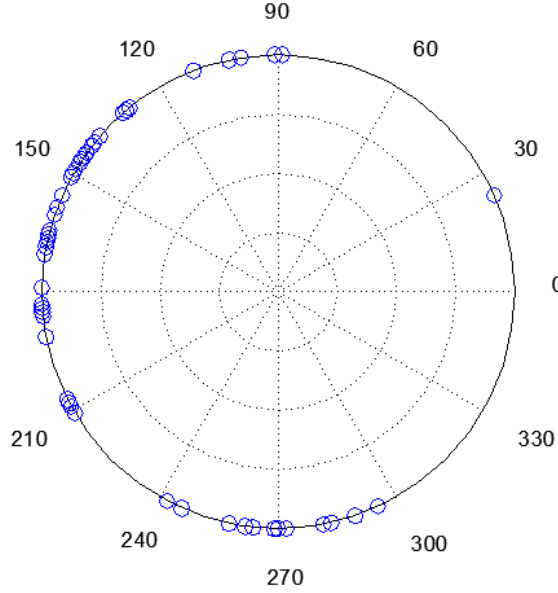
A polar plot showing the normalized power spectrum of the signal. The plot is circular, with concentric dotted lines representing power levels. The radial axis is labeled with values 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, and 360. The angular axis is labeled with values 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, and 360. The data points, represented by blue circles, form a curve that starts at approximately 120 at 0 degrees, rises to a peak of about 180 at 180 degrees, and then falls back to approximately 120 at 360 degrees.

2218 No'lu istasyonun birim dairesine bakıldığında taşkınların oluşum tarihinin dağılımı görünür. Taşkınlar ilkbahar ve yaz mevsimleri arasında olduğu gözlenmiştir. Bu dağılımdan, yağmur ve yağmur ile kar erimesinin bir arada taşkınların meydana gelmesine neden olduğu sonucuna varılır. 2218 istasyonu taşkın homojenliği açısından 0,74 değeri ile iyi seviyede homojenliğe sahiptir.



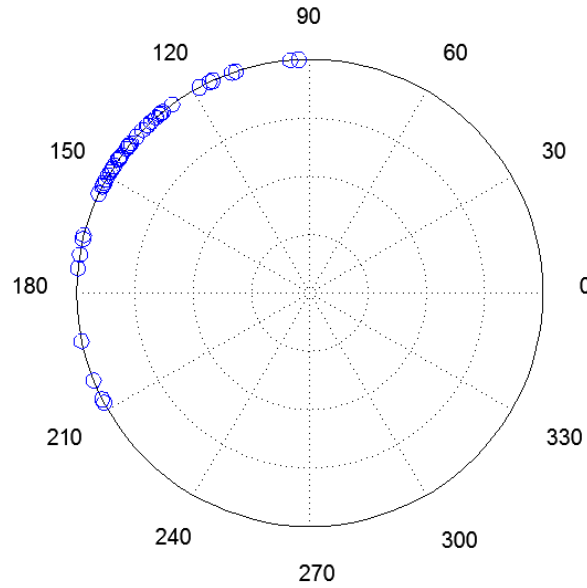
81

2228 No'lu istasyonun birim dairesinde görüldüğü gibi dört mevsimde dağınık halde taşkınlar izlenmiştir. 2228 istasyonunun homojenliği 0,24 olup en düşük homojenlik bu istasyonda görülmüştür. Taşkınların dağılımı düzensizdir.



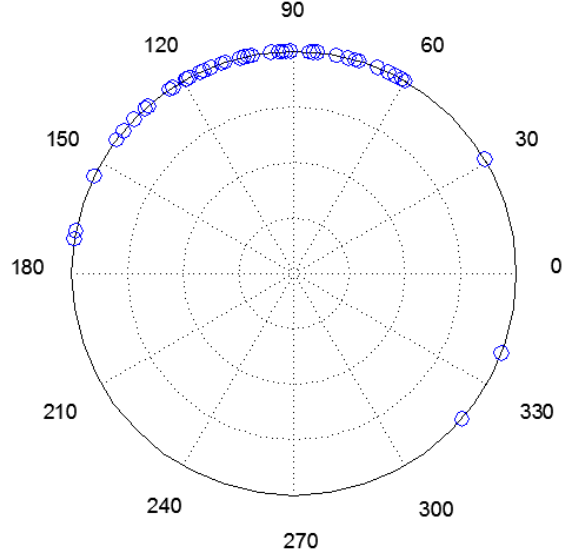
Şekil 3.77: 2232 No'lu istasyon birim dairesi

2232 No'lu istasyonun MD değeri yılın 183. günü yani 2 Temmuz'a denk gelir ve taşkınlar kayıt süresinde normal halde dağılmışlardır. Bu istasyonun taşkınları homojenlik açısından en düşükler arasında yer almıştır ama normal olarak 0,58 değeri ile orta derecede bir homojenliğe sahiptir.



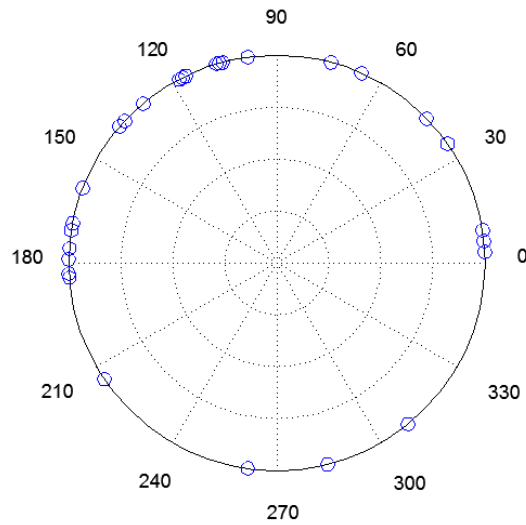
Şekil 3.78: 2233 No'lu istasyon birim dairesi

2233 No'lu istasyonda taşkınlar yılın bahar aylarında ve yaz aylarının başlangıcında düzenli bir dağılım içindedir MD değeri yılın 142. gününe denk gelir. Bu istasyonda yılın ilk taşkını 10 Nisan ve en son taşkın 29 Temmuzda meydana gelmiştir. 2233 istasyonda homojenlik değeri 0,682'dir ve taşkınlar orta seviyede homojendirler. Bu istasyonda taşkınların çoğu ilkbahar mevsiminde meydana gelmiştir.

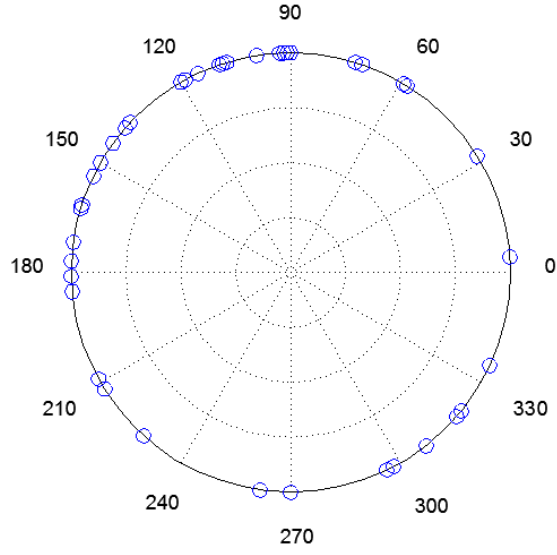


Şekil 3.79: 2238 No'lu istasyon birim dairesi

2238 No'lu istasyonun birim dairesini inceleyerek sonbaharda sadece iki taşkın görülür ve taşkınlar çoğunlukta kış mevsiminin son aylarından itibaren meydana gelmiştir. Bu istasyonun MD değeri yılın 99. günü yani 9 Nisandır. r değeri yüksek olan bu istasyonda ($r=0,790$) iki gözlem hariç fazla dağınıklık görülmemektedir.



Şekil 3.80: 2239 No'lu istasyon birim dairesi



Şekil 3.82: 2247 No'lu istasyon birim dairesi

2247 No'lu İstasyonun birim dairesinde 2245 istasyonuna benzer şekilde taşkınların dağılık olduğu söylenebilir. Bu istasyonda en erken taşkın 2001 yılı Ekim ayının ilk günü, en geç taşkın ise 3 Ağustos 1988 tarihinde kaydedilmiştir. İstasyonun MD değeri 67, homojenlik değeri ise 0,690'dur. Orta derecede homojenlik vardır. Büyük çoğunluğu ilkbahar aylarında kaydedilmiştir.

4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmamızda Doğu Karadeniz Havzası üzerinde ölçülmüş akım değerleri detaylı olarak çeşitli yöntemler ile analiz edilmiştir. Devlet Su İşleri Müdürlüğü'ne ait 12 akım gözlem istasyonunun aylık, yıllık ortalama ve maksimum akım verileri ile çalışılmıştır.

İstasyonların verilerine; akım analizi yapılmış, debi süreklilik eğrileri çizdirilmiş, güncel veriler ile taşkın frekans analizi uygulanmış, taşkın zarf eğrileri çizdirilmiş, yıllık ortalama ve maksimum akımlara Mann-Kendall trend analizi uygulanmış ve mevsimsellik analizi yapılmıştır. Her bir analiz sonucu aşağıda yorumlanmıştır;

4.1 Akım Analizi

Akım analizi yapılırken, Devlet Su İşleri'nden temin edilen güncel veriler doğrusal regresyon yöntemi ile tamamlanmış ve sonrasında yıllık ortalama akım ve her bir AGİ'ye ait en yüksek akım verilerinin okunduğu iki ay ve en düşük akım verilerinin okunduğu iki aya ait akım değerleri aynı grafikler üzerinde gösterilmiştir. Genellikle istasyonların en yüksek değerlerinin okunduğu değerler Nisan ve Mayıs ayları iken en düşük akım değerleri okunan aylar ise Ocak ve Eylül aylarıdır.

4.2 Debi Süreklilik Eğrileri

İstasyonlara ait aylık ortalama akımlardan yararlanılarak, debi süreklilik eğrileri oluşturulmuş ve bu akımlara göre yüksek akım dönemi ve düşük akım dönemine ait Q_{10} ve Q_{90} debi değerleri gösterilmiştir. Eğrilerde düşük akım dönemlerine ait veriler incelenerek, 2201, 2202, 2215, 2218, 2233 ve 2238 No'lu AGİ'lerde Q_{90} debisinin düşük akım bölgesinde yatık olması taban akışının fazla olduğunu gösterir. Kalan 2213, 2228, 2232, 2239 2245 ve 2247 No'lu AGİ'ler Q_{90} debileri düşük akım bölgesinde dik olduklarından taban akışının az olduğu görülür. Q_{90} düşük akım debisi 2218 ve 2232 No'lu AGİ'lerde çok yüksek akım değerleri iken diğer istasyonlarda düşük değerlerdir.

Aylık ortalama akım değerleri yağış alanına bölünerek birim akımlar bulunmuş ve her bir AGİ'ye değerlendirildiği yıl boyunca gözlemlenen en yüksek ve en düşük aylık değerler seçilerek boyutsuz debi süreklilik eğrileri çizdirilmiş ve en kötü senaryolar oluşturulmuştur. Bu eğrilere yorumlandığında genel olarak aşılma olasılığının %40'tan küçük olduğu durumda debi süreklilik eğrileri ile maksimum ve minimum akım eğrileri arasında önemli farklar gözlemlenirken, %40'ın üzerine çıktığı durumda farklar giderek azalmaktadır.

4.3 Taşkın Frekans Analizi

İstasyonların Güncel değerleri kullanılarak, Devlet Su İşleri tarafından belirlenen olasılık dağılım fonksiyonları ile 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 200 yıllık dönüş aralıklarında frekans analizi yapılmış ve bu analizler DSİ tarafından bulunan 1990 yılı verileri ile hesaplanan frekans analizi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda 2201, 2202, 2215, 2233 AGİ'leri de önemli değişiklikler gözlenmezken diğer istasyonlarda önemli farklılıklar olduğu gözlenmiştir.

4.4 Taşkın Zarf Eğrisi

İstasyonlara ait en büyük akımlar ve 200 yıllık dönüş aralığına göre hesaplanan taşkın verilerine göre iki ayrı taşkın zarf eğrisi çizilmiş, bu eğriler doğrusal hale getirilmiştir. Her iki eğrinin de benzer sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Doğu Karadeniz Havzası için oluşturulan taşkın zarf eğrisi Türkiye'ye ait eğri ile karşılaştırılmış ve havzanın eğrisinin Türkiye'nin çok altında değerlere sahip olduğu görölmüştür.

Bu eğriler taşkın tahmininde kullanılabilecek önemli verilerdir.

4.5 Trend Analizi

İstasyonlara ait yıllık ortalama ve maksimum akım değerlerine ayrı ayrı Mann-Kendall trend analizi uygulanmış; yıllık ortalama akımların analizi sonucunda 2232 ve 2239 No'lu AGİ'lerde artan yönde trend gözlemlenmiş, maksimum akımların analizinde ise 2201 ve 2228 No'lu AGİ'lerde artan yönde, 2213 ve 2215 No'lu AGİ'lerde azalan yönde trend gözlemlenmiştir.

Trend olmamasına rağmen hem yıllık, hem de maksimum akımların analizinde artan yada azalan yönde eğilim gösteren istasyonlar vardır.

4.6 Mevsimsellik Analizi

Her bir istasyonun verilerine göre Açısal Mevsimsellik analizi uygulanmış ve taşkın verilerinden yararlanılarak birim daireler çizilmiştir.

En yüksek benzerlik değeri 0,94 ile 2215 No'lu Agi'ye ait iken en düşük değer 0,24 değeri ile 2228 No'lu AGİ'dir. 2228, 2245 ve 2247 No'lu AGİ'lerin homojenlikleri düşüktür ancak genel olarak Doğu Karadeniz Havzası yüksek bir homojenliğe sahiptir.

Taşkınlar genellikle ilkbahar mevsiminde görünür. Bu durumun bu mevsimde görülen kar erimesi ve meydana gelen yağışlardır.

Yapılan tüm bu analizler sonucunda kaynak bakımında zengin ancak mevcut veri bakımından bir o kadar fakir olan Doğu Karadeniz Havzası'nın hidrolojik bir haritası oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucu bulunan her sonuç işletme, dizayn ve projelendirme aşamasında önemli kolaylıklar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Bayazıt, M., Önöz, B.** (2008). *Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Bayazıt, M., Yeğen, E.B.** (2005). *Mühendisler İçin İstatistik*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Burn, D.H., Goel, N.K.** (1997). Catchment Similarity for Reginal Flood Frequency Analysis Using Seasonality Measures. *Hydrological Sciences Journal*, 45(1), 97-112.
- Cığızoğlu, H.K., Bayazıt, M., Önöz, B., Malkaç, Y., Yıldız, M.** (2002). Türkiye Nehirlerinde Taşkın, Ortalama ve Düşük Akımlardaki Trendler. İTÜ Araştırma Fonu Projesi.
- Cunderlik, J.M., Ouarda, T.B.M.J., Bobee, B.** (2004). Determination of flood sesonality from hydrological records. *Hydrolojikil-Sciences-Journal de Sciences Hydrologiques*, 49(3), 511-526.
- Dinpashoh, Y., Jhajharia, D., Fakheri-Fard, A., Singh, V., Kahya E.** (2011). Trends in Reference Crop Evapotranspiration Over Iran. *Journal of Hydrology*, 399(3), 422-433.
- EPDC.** (2000). Okutadami and Otori Hydro Powerstation Expansion Project, Electric Power Development Co.ltd., Okutadami Otori Hydro Project Construction Office.
- Gustard, A., Bullock, A. Dixon, J.M.** (1992). *Low Flow Estimation in The United Kingdom*, Hampshire: Institute of Hydrology.
- Kahya, E., Kalaycı, S.** (2002). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*. 289(2004), 128-144.
- Lettenmeir, D.P., Liang, X.** (1994). A Simple Hydrologically Based Model of Land Surface Water and Energy Fluxes for General Circulation Models. *Journal of Geophysical Research*, 99(D7), 14415-14428.

- Lins, H.F., Slack, J.R.** (1999). Streamflow trends in the United States. *Geophysical Research Letters*, 26(1), 227-230.
- Ouarda, T.B.M.J, Cunderlik, J.M., Hilaire, A., Barbet, M., Bruneau, P., Bobee, B.** (2006). Databased Comparison of Seasonality-Based Reginal Flood Frequency Methods. *Journal of Hydrology*. 330(1-2), 329-339.
- Önöz, B., Bayazit M.** (2001). Nonparametric Streamflow Simulation by Wavelet or Fourier Analysis, *Hydrological Sciences Journal*, 46(4), 623-634.
- TEAŞ.** (1999). Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2009-2018).
- Tekinel, O.** (1999). Participatory Approach in Planning and Management of Irrigation Schemes (Turkish Experiences on Participatory Irrigation). Advanced Short Course on Integrated Rural Water Management: Agricultural Water Demands, Adana, 189-217.
- Thomas, W.O., Wahl, K.L.** (1993), Summary of the nationwide analysis of the cost effectiveness of the U.S. Geological Survey stream-gaging program (1983-88): U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations Report. 93-4168, Virginia: U.S. Department of the Interior.
- Türkeş, M.** (1998). Küresel Isınma Rekor Kırıyor. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, (370), 20-21.
- Vogel, R.W. ve Kroll, C.N.** (1989). Low-flow Frequency Analysis Using Probability-Plot Correlation Coefficients, *Water Resources Bulletin*, 115(3), 338-357.
- Vogel, R.W., Kroll, C.N.** (1990). Generalized Low-Flow Frequency Relationships for Ungaged Sizes. *Water Resources Bulletin*, 126(7), 241-253.
- Von Storch, H., Navarra, A.** (1995). *Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques Springer-Verlag*, New York.
- Yanık, B., Avcı, İ.** (2005). Bölgesel Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi. *İTÜ Mühendislik Dergisi*, (5), 19-30.
- Yıldırımlar, O.** (2012). Fırat Havzası'nda Düşük Akımların Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.

Yıldız, M., Malkoç, Y. (2000). *Türkiye Akarsu Havzaları ve Hidrolojik Kuraklık Analizi*, Ankara: EİE Matbaası.

Zhang,L., Gong,S., Padro J., Barrie,L. (2001). A size-segregated particle dry deposition scheme for an atmospheric aerosol module, *Atmospheric Environment*, 35(3), 549-560.

URL-1 <<http://www.suhavzalari.org>> Alındığı tarih: 13.03.2015.

URL-2 <<http://www.dsi.gov.tr>> Alındığı tarih: 13:03.2015.

URL-3 <<http://www.imo.org>> Alındığı tarih: 15.03.2015.

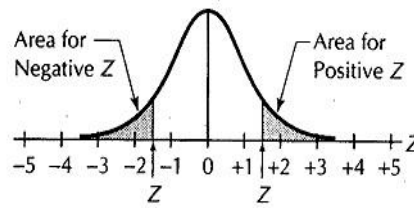
EKLER

EK-A: Çizelgeler

Çizelge A.1: Pearson Tip III dağılımının frekans faktörü

C _s	T dönme aralığı (yıl)													
	1.0101	1.0526	1.1111	1.2500	2	5	10	20	25	40	50	100	200	1000
	Aşılma olasılığı (%)													
	99	95	90	80	50	20	10	5	4	2.5	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.003	2.278	2.867	3.152	4.051	4.970	7.152
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	1.195	2.007	2.277	2.855	3.134	4.013	4.909	7.034
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.010	2.275	2.841	3.114	3.973	4.847	6.915
2.7	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.012	2.272	2.827	3.093	3.932	4.783	6.794
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.013	2.267	2.811	3.071	3.889	4.718	6.672
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.012	2.262	2.793	3.048	3.845	4.652	6.548
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.011	2.256	2.775	3.023	3.800	4.584	6.423
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.009	2.248	2.755	2.997	3.753	4.515	6.296
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.006	2.240	2.735	2.970	3.705	4.444	6.168
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.001	2.230	2.712	2.942	3.656	4.372	6.039
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	1.996	2.219	2.689	2.912	3.605	4.298	5.908
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	1.989	2.207	2.664	2.881	3.553	4.223	5.775
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	1.981	2.193	2.638	2.848	3.499	4.147	5.642
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	1.972	2.179	2.611	2.815	3.444	4.069	5.507
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	1.962	2.163	2.582	2.780	3.388	3.990	5.371
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	1.951	2.146	2.552	2.743	3.330	3.910	5.234
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	1.938	2.128	2.521	2.706	3.271	3.828	5.095
1.3	-1.383	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	1.925	2.108	2.489	2.666	3.211	3.745	4.955
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	1.910	2.087	2.455	2.626	3.149	3.661	4.815
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	1.894	2.066	2.420	2.585	3.087	3.575	4.673
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	1.877	2.043	2.384	2.542	3.022	3.489	4.531
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	1.859	2.018	2.346	2.498	2.957	3.401	4.388
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.839	1.993	2.308	2.453	2.891	3.312	4.244
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.819	1.967	2.268	2.407	2.824	3.223	4.100
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.797	1.939	2.227	2.359	2.755	3.132	3.956
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.774	1.910	2.185	2.311	2.686	3.041	3.811
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.750	1.880	2.142	2.261	2.615	2.949	3.666
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.726	1.849	2.098	2.211	2.544	2.856	3.521
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.700	1.818	2.053	2.159	2.472	2.763	3.377
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.673	1.785	2.007	2.107	2.400	2.670	3.233
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0	0.842	1.282	1.645	1.751	1.960	2.054	2.326	2.576	3.090

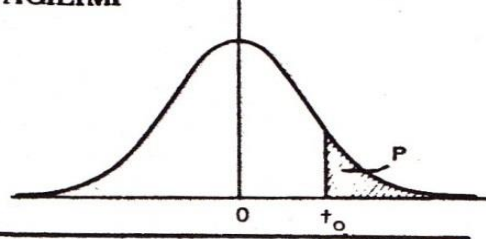
Çizelge A.2: Z Çizelgesi



Z (tenths)	Z (hundredths)									
	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2297	.2266	.2236	.2207	.2177	.2148
0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1057	.1038	.1020	.1003	.0985
1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
2.9	.0019	.0018	.0017	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
3.0	.0014	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004
3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
3.50 to 3.61: Area = .0002.										
3.62 to 3.89: Area = .0001.										
	Z (hundredths)									
	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
3.9	.000048	.000046	.000044	.000043	.000041	.000039	.000038	.000036	.000035	.000033
4.0	.000032	.000030	.000029	.000028	.000027	.000026	.000025	.000024	.000023	.000022
4.1	.000021	.000020	.000019	.000018	.000017	.000017	.000016	.000015	.000015	.000014
4.2	.000013	.000013	.000012	.000012	.000011	.000011	.000010	.000010	.000009	.000009
4.3	.000009	.000008	.000008	.000008	.000007	.000007	.000007	.000006	.000006	.000006
4.4	.000005	.000005	.000005	.000005	.000005	.000004	.000004	.000004	.000004	.000004
4.5	.000003	.000003	.000003	.000003	.000003	.000003	.000003	.000002	.000002	.000002
4.6	.000002	.000002	.000002	.000002	.000002	.000002	.000002	.000002	.000001	.000001
4.7	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001
4.8	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001	.000001
4.9	ZERO									

Çizelge A.3: t Student Çizelgesi

t DAĞILIMI



$n \backslash P$	0.45	0.40	0.35	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.158	0.325	0.510	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66
2	0.142	0.289	0.445	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.137	0.277	0.424	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.134	0.271	0.414	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.132	0.267	0.408	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.131	0.265	0.404	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.130	0.263	0.402	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.130	0.262	0.399	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.129	0.261	0.398	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.129	0.260	0.397	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.129	0.260	0.396	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.128	0.259	0.395	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.128	0.259	0.394	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.128	0.258	0.393	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.128	0.258	0.393	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.128	0.258	0.392	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.128	0.257	0.392	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.127	0.257	0.392	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.127	0.257	0.391	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.127	0.257	0.391	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.127	0.257	0.391	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.127	0.256	0.390	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.127	0.256	0.390	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.127	0.256	0.390	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.127	0.256	0.390	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.127	0.256	0.390	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.127	0.256	0.389	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.127	0.256	0.389	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.127	0.256	0.389	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.127	0.256	0.389	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.126	0.255	0.388	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.126	0.254	0.387	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.126	0.254	0.386	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	0.126	0.253	0.385	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576
$n \backslash P$	0.45	0.40	0.35	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005

n: serbestlik derecesi

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Uğur Altınışik

Doğum Yeri ve Tarihi: ÇORLU (TEKİRDAĞ-TÜRKİYE) - 30.06.1988

Adres: Kartaltepe Mah. Ahu Sokak. No:13/19 Bakırköy/İSTANBUL

E-Posta: altnskugur@gmail.com, ualtinisik@cmlkk.com.tr

Lisans: İnşaat Mühendisliği (İstanbul Üniversitesi)2011

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

Kolin İnşaat-Akköy II HES-1,5 yıl Sanat Yapıları Mühendisi

Kolin İnşaat-İzmir Otoyolu- 1,5 yıl Üst Yapı ve Sanat yapıları Mühendisi

CMLKK Adi Ortaklığı-İstanbul Grand Airport- 6 ay Üst Yapı Mühendisi(devam)