

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİCLE HAVZASI DÜŞÜK AKIM
KARAKTERİSTİKLERİNİN
BÖLGESELLEŞTİRİLMESİ

Emre KÖKEN

Aralık, 2009

İZMİR

**DİCLE HAVZASI DÜŞÜK AKIM
KARAKTERİSTİKLERİNİN
BÖLGESELLEŞTİRİLMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Hidrolik - Hidroloji ve Su Kaynakları Anabilim Dalı**

Emre KÖKEN

Aralık, 2009

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

EMRE KÖKEN, tarafından **PROF. DR. ERTUĞRUL BENZEDEN** yönetiminde hazırlanan “**DİCLE HAVZASI DÜŞÜK AKIM KARAKTERİSTİKLERİNİN BÖLGESELLEŞTİRİLMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ertuğrul BENZEDEN

Danışman

Prof. Dr. Türkay BARAN

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Adem ÖZER

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçilmesi, araştırmaların yönlendirilmesi, bilgisayar programlarının geliştirilmesi, sonuçların yorumlanması ve tez raporunun hazırlanması sırasında bir an olsun desteğini esirgemeyen büyük özverilerde bulunan değerli hocam Prof. Dr. Ertuğrul BENZEDEN'e Őukranlarımı sunarım.

Tez çalışmamı başından sonuna takip eden, verilerin düzenlenmesinde, yazımında ve düzeltmelerde büyük emeği geçen dostum ev. Müh. İnş. Müh. Sibel ALAN'a, öğrenim hayatım boyunca benden hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili aileme, çalışmam boyunca ilgi, yardım ve destekleri için Hidrolik Anabilim dalı üyelerine ve Doç. Dr. Nurdan BÜYÜKKAMACI'ya, sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Emre KÖKEN
Aralık 2009, İzmir

DİCLE HAVZASI DÜŞÜK AKIM KARAKTERİSTİKLERİNİN BÖLGESELLEŞTİRİLMESİ

ÖZ

Düşük akımlar, genellikle yağışsız dönemde görülen ve bir yıldan diğerine rastgele değişen bir hidrolojik süreçtir. Bir akarsuda debinin ortalamaya göre düşük değerler aldığı kurak dönemlerde akarsudan çeşitli amaçlarla çekilebilecek debiler düşük akımlara bağlıdır. Düşük akım çalışmaları, kurak dönemlerin olumsuz etkilerini azaltabilecek önlemlerin alınabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Akarsuların düşük akım rejimi eldeki verilerin türüne ve istenen sonuçlara göre birçok yoldan analiz edilebilmektedir. Bu çalışmada, taban akışı analizi, düşük akım debi-sürek eğrisi analizi ve debi-frekans analizi yöntemleri uygulanarak Dicle Havzası istasyonlarında önemli düşük akım karakteristikleri belirlenmiştir. Bu karakteristikler, ortalama akış, taban akış indeksi (TAİ); zamanın yüzde 50, 90 ve 95’inde aşılacak 1-günlük debiler (Q50, Q90, Q95), 7-günlük en düşük ortalama debi (MAM7), 2 ve 10 yıl tekerrürlü 7-günlük en düşük ortalama debi tahminleridir (2Q10, 7Q10).

Çalışmada coğrafi yakınlık, memba-mansap ilişkileri, beslenme koşulları vb. gibi faktörler göz önünde bulundurularak, Dicle Havzası için bölgesel boyutsuz debi-sürek tip eğrileri ve boyutsuz düşük akım frekans dağılımları (bölgesel tekerrür fonksiyonları) geliştirilmiştir. Ayrıca havzada gözlem bulunmayan veya kısa gözlemi olan yerlerde kullanılacak, ortalama akış – yağış alanı ilişkileri ile Q95, MAM7 ve TAİ gibi kurak akış karakteristikleri arasındaki bölgesel ilişkiler elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Düşük Akım, Taban Akış İndeksi, Düşük Akım Debi-Sürek Eğrisi, Düşük Akım Frekans Analizi, Bölgeselleştirme.

REGIONALIZATION OF LOW FLOW CHARACTERISTICS OF THE TIGRIS BASIN IN TURKEY

ABSTRACT

Low flows occur in rainless periods and changes randomly from one year to another. Water drafted from a river for various purposes depends on low flows observed in the dry periods in which flow is less than the mean level. Low-flow studies are important to take measures for reducing the negative effects of dry periods.

Low-flow regime of rivers may be analyzed in various ways according to the type of the data and the desired result. In this study, the at-site low flow characteristics are estimated by baseflow, low-flow flow duration curve and low-flow flow frequency analyse methods. These low-flow characteristics are, mean flow (MF), baseflow index (BFI); 50, 90 and 95 percentiles of the time discharge exceed for 1-day flows (Q95), mean annual 7-day minima (MAM7), 7-day minimum flow estimates for the recurrence intervals of 2 and 10 years (7Q2, 7Q10).

Regional dimensionless flow-duration type curves and low flow-frequency distributions (regional recurrence functions) are derived considering geographical proximity, upstream-downstream relationships, catchment alimentation, etc conditions. Besides, mean flow – precipitation area, Q95 – MAM7, Q95 – TAI, MAM7 – TAI regional relationships are established in order to use in ungauged and insufficient gauged sites.

Keywords: Low Flow, Baseflow Index, Low Flow Flow-Duration Curve, Low Flow Flow-Frequency Analysis, Regionalization.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Konusu	1
1.2 Konun Önemi	2
1.3 Çalışmanın Amacı	4
1.4 Çalışmanın Yöntemi.....	4
1.5 Çalışmanın Kapsamı.....	5
BÖLÜM İKİ – MEVCUT ÇALIŞMALAR	6
2.1 Düşük Akım Hidrolojisi ile ilgili Yapılmış Çalışmalar.....	6
2.2 Dicle Havzası ile ilgili Yapılmış Çalışmalar	11
BÖLÜM ÜÇ – YÖNTEMLER.....	12
3.1 Taban Akışı Ayrılması	12
3.1.1 Taban Akışı Sonucu Oluşan Taban Akımının Ayrılması	14
3.1.2 Sürekli Taban Akışı Ayrılması	14
3.1.2.1 Yumuşatılmış Minimumlar Yöntemi.....	14
3.1.2.2 Sayısal Filtreleme Yöntemi.....	15
3.1.3 Taban Akışı İndeksi	17
3.2 Debi – Sürek Eğrileri.....	18
3.2.1 Debi – Sürek Eğrisinin Düşük Akım Bölgesi.....	20
3.2.2 Debi – Sürek Eğrilerinin Bölgeselleştirilmesi	21
3.3 Debi – Frekans Analizi.....	22

3.3.1 Tanımlayıcı İstatistikler	24
3.3.2 Olasılık Dağılım Fonksiyonları	27
3.3.2.1 Normal Dağılım Modeli.....	27
3.3.2.2 İki Parametrelili Lognormal Dağılım Modeli	29
3.3.2.3 İki ve Üç Parametrelili Gamma Dağılım Modeli	32
3.3.2.4 Weibull Dağılım Modeli	35
3.3.3 Dağılım Modellerinin Örnek Tahminleri.....	36
3.3.3.1 Momentler Yöntemi.....	36
3.3.3.2 Maksimum Olabilirlik Yöntemi.....	37
3.3.3.3 L-Momentler Yöntemi	38
3.3.4 Dağılım Modeli Uygunluk Testleri	39
3.3.4.1 Kolmogorov-Smirnov Testi	40
3.3.4.2 Olasılık Çizgisi Korelasyonu (PPCC) Testi.....	41
3.3.4.3 L-Moment Diyagramları	41
3.3.5 Bölgesel Frekans Analizi	41
3.3.5.1 Bölgesel Dağılım Modelleri.....	43
3.3.5.1.1 İki parametrelili Log-Normal (LN2) tabanlı Bölgesel Model	44
3.3.5.1.2 İki parametrelili Gamma (G2) tabanlı Bölgesel Model.....	45
3.3.5.2 Homojen Alt Bölgelerin Belirlenmesi	48
3.3.5.3 Homojen Alt Bölgelerde Grup İçi Homojenlik Kontrolü	49
3.3.5.4 Bölgesel Tahmin Seçenekleri ve Tahmin Performansları	51
3.4 Regresyon Analizi	53

BÖLÜM DÖRT – UYGULAMA ALANI VE VERİLER 56

4.1 Havzanın Tanımı	56
4.1.1 Dicle Nehri.....	56
4.1.2 Zap (Çığı) Suyu	63
4.2 Mevcut Yapılar	64
4.3 Veriler.....	65
4.3.1 Verilerin Kontrolü ve Ön Değerlendirmesi	67

4.3.2 Eksik Verilerin Tamamlanması ve Uzun Sürede Muhtemel Ortalama Debiler	73
---	----

BÖLÜM BEŞ – BULGULAR VE İRDELEMELER..... 79

5.1 Taban Akış İndeksi (TAİ)	79
5.2 Debi – Sürek Analizi	86
5.3 Noktasal 7-günlük En Düşük Ortalama Akımların Frekans Analizi.....	90
5.3.1 İstasyonlardaki 7-günlük En Düşük Ortalama Akışlar (MAM7)	90
5.3.2 İstasyonlardaki 7-günlük En Düşük Ortalama Akışların (MAM7) Frekans Analizi	91
5.4 Düşük Akım Karakteristikleri Arasındaki İlişkiler	97
5.4.1 Ortalama Debi – Yağış Alanı İlişkileri	97
5.4.2 Q95 – MAM7 İlişkileri	99
5.4.3 Q95 ve MAM7'nin TAİ ile İlişkileri	100

BÖLÜM ALTI – BÖLGESEL ANALİZ SONUÇLARI 101

6.1 Bölgesel Debi – Sürek Eğrileri.....	101
6.2 Boyutsuz (Bölgesel) MAM7 Frekans Dağılımları	106
6.2.1 Uygun Dağılım Modelinin Belirlenmesi	107
6.2.1.1 L-Moment Diyagramları	107
6.2.1.2 Çarpıklık – Değişkenlik İlişkileri	109
6.2.1.3 Uygun Bölgesel Dağılım Modeli	109
6.2.2 Havza'nın Homojen Alt Bölgelere Ayrılması	110
6.2.3 Boyutsuz Bölgesel MAM7 Yaklaşımları	114
6.2.4 Bölgesel Analiz Performansı	117

BÖLÜM YEDİ – SONUÇLAR VE ÖNERİLER 119

7.1 Dicle Havzasında Taban Akışı İndeksleri	119
7.2 Dicle Havzası için Debi-Sürek Tip Eğrileri	119
7.3 Dicle Havzası Düşük Akımlarının Boyutsuz Frekans Dağılımı	120

7.4 Düşük Akım Karakteristikleri Arasındaki İlişkiler	122
7.5 Öneriler.....	123
KAYNAKLAR	124
EKLER.....	134

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Çalışma Konusu

Akarsu akımları zaman içerisinde rastgele değişmekte, yılın belli zamanlarında çok düşük değerler alabildiği gibi, bazen de kuruyabilmektedir. Düşük akımlar yıllık akış rejiminin bir bileşeni olup, yılın en düşük akımı genellikle her yılın aynı sezonunda görülmektedir (Smakthin, 2001).

Akarsuyun düşük akım rejimi, zemin yapısı ve sızma özellikleri, akiferin büyüklüğü ve hidrolik özellikleri, beslenme miktarı ve frekansı, havzanın evapotranspirasyonu, bitkisi örtüsü dağılımı, topografyası, iklimi ve jeolojisi gibi meteorolojik, klimatolojik, hidrolojik, hidrojeolojik süreçlerden etkilenir (Smakthin, 2001; McMahan ve Arenas, 1982; Bayazıt ve Önöz, 2008).

Düşük akım mevsimindeki akarsu akışlarını oluşturan doğal süreçler şöyle sıralanabilir (Smakthin, 2001): (i) akiferin doygun sınırının akarsu yatağı ile kesişmesi sonucunda yeraltısuyundan beslenme, (ii) yeraltısu tablası üzerindeki kırık jeolojik zonlar içerisindeki yeraltısuyunun hareketinin önemli yanal bileşene sahip olmasıyla yer yüzeyinde oluşturduğu pınarlardan beslenme, (iii) akarsuya hidrolik olarak bağlı göllerde su seviyenin akarsu yanal çıkış akımına izin vermesi ile beslenme, (iv) soğuk ve dağlık bölgelerde, buz ve kar erimesi ile beslenme, (iii) alüvyal vadi dolgusu ve sulak alan gibi sürekli yatak depolaması oluşabilen zeminlerde yeterli depolama seviyesi sağlandığı takdirde sürekli yanal boşalım ile beslenme.

Düşük akım mevsiminde akış kayıplarına sebep olan doğal süreçler ise akarsu akışını arttıran süreçlerin tersleri ve buna ilaveten su yüzeyinden oluşan doğrudan buharlaşmadır. Kurak mevsim boyunca akarsu akışlarının azalmasının sebepleri şöyle sıralanabilir (Smakthin, 2001): (i) durağan veya yatağında akış halindeki suyun, sulak alan ya da su kütleleri yüzeyinde oluşan buharlaşma, (ii) yeraltısu ya

da yatak depolamasında akışa geçen suyun sızma bölgelerindeki evapotranspirasyon kayıpları (iii) doymuş hattın akarsu yatağı altında inmesi sonucunda yeraltısuyunun akarsu akışlarından beslenmesi (akarsu yatağı genellikle yapısal zayıflık ve yüzeysel kırılmalar gösteren bir hat boyunca ilerler, bu yapı akarsu yatağından sızmaya imkân tanır), (iv) akarsu yatağı üzerinin konsolide olmamış alüvyal malzeme ile kaplı olması ile oluşan yatak kayıpları; akarsu yatağının seddelerini oluşturan kısmen kuru zemin boyunca oluşan kayıplar (nehir kıyısında yetişen yoğun bitki örtüsünden kaynaklanan evapotranspirasyon kayıpları).

Düşük akımlar, (i) depolama tesisleriyle akarsu rejiminin düzenlenmesi, (ii) akımın havza içinde ya da dışına taşınması, (iii) yüzeyaltı drenaj alanından yeraltısuyu çekimi, (iv) akarsudan su çekimi, (v) endüstriyel veya kentsel atıksuların akarsuya deşarjı, (vi) tarımsal sulama drenajları, (vii) tüm havzada ya da belli yerlerinde ormansızlaştırma, (viii) kentleşme, (ix) inşaat ya da tarımsal amaçlı yapay taban drenajı, (x) vadi bitki örtüsünün temizlenerek ya da ekilerek değiştirilmesi gibi çeşitli insan faaliyetlerinden de pozitif veya negatif yönde etkilenmektedir (Smakthin, 2001; McMahon ve Arenas, 1982).

Düşük akımlar yukarıda adı geçen birçok doğal ve yapay süreçten doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmez. Bu dönemlerde akarsudaki suyun çeşitli amaçlarla kullanılması güçleştiğinden düşük akımlarla ilgili bilgi ve verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın ana konusu, düşük akım hidrolojisinde kullanılan yöntemlerle Dicle Havzası'ndaki düşük akımların bölgesel özelliklerinin belirlenmesidir.

1.2 Konunun Önemi

Akarsuların farklı amaçlarla kullanılması sırasında düşük akımların incelenmesi, kurak dönemlerin olumsuz etkilerini azaltabilecek önlemlerin alınabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla düşük akım analizleri: (i) su kaynakları ve su kalitesi yönetimi çalışmalarında, (ii) yönetim stratejilerinin belirlenmesinde, (iii) yüzeysel su kaynaklarının bölgesel analizlerinde, (iv) su temin tesislerinin güven

limitleri içerisinde tasarımında, (v) su biriktirme yapılarında mansaba bırakılması gereken en düşük kuyruk suyu hesaplarında, (vi) hidroelektrik santrallerde güvenilir enerji hesaplarında, (vii) su alma yapılarının tasarımında, (viii) akarsulardan doğal dengeyi bozmadan yapılacak su çekimlerinin sınırlandırmasında, (ix) arıtma tesisleri için uygun deşarj noktasının belirlemede (seyrelme oranlarının ve atıksu deşarj parametrelerinin belli standartları sağlayıp sağlamadığının belirlenmesinde), (x) yeraltısu ve çevresel su kirliliği kontrolü çalışmalarında önemli rol oynamaktadır (Smakthin, 2001; Nathan, 1990; Bayazıt ve Önöz, 2008).

Türkiye orta-kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Akarsu akışları genellikle düzensiz olup, su kullanımının artması ve çeşitlenmesi gibi sebeplerle su tahsisinde problemler yaşanmaktadır. Pek çok havzada su kirliliği olgusu da su tahsisinde daha ileri sorunlara yol açmaktadır. Akarsu havzalarında karşılaşılan sorunlar havza yönetim ve planlama çalışmalarında yeni yaklaşımları gerektirmektedir. Bu yeni yaklaşımların, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi entegre havza yönetimi esasına dayandırılması gerekmektedir. AB Su Çerçeve Direktifi 12. Maddesine göre de “entegre havza yönetimi” zorunlu kılınmıştır. Entegre yönetim, suyun miktarı ve kalitesini ele alarak bu iki unsura etki eden tüm faktörlerin havza bazında değerlendirilmesi, daha tutarlı yönetim kararlarının verilmesi esasına dayanır. Bu kapsamda havza su bütçesinin son derece detaylı olarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Değerlendirmede akarsu hidrografının düşük akış bölgesi büyük önem taşımaktadır (Harmancıoğlu ve diğer., 2002).

Ülkemizde su kaynaklarının planlama, projelendirme ve işletme çalışmalarında düşük akım uygulamaları henüz yaygınlaşmamış olup, kabul görmüş genel bir düşük akım analiz yöntemi de kullanılmamaktadır. Bu sebeple, düşük akımları tahmin etmek amacıyla ülke koşullarına uygun temel yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

1.3 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın esas amacı Dicle Havzası'ndaki istasyonlarda gözlenmiş günlük ortalama akım verilerini kullanarak, literatürde kabul görmüş düşük akım analiz yöntemleriyle istasyon bazında elde edilen düşük akım karakteristiklerini bölgesel analiz yöntemleri ile birleştirerek, havzanın düşük akım özelliklerini bölgesel nitelikte tanımlamaktır. Bölgesel ilişkiler, akış gözlemi yeterli olmayan veya hiç akış gözlemi bulunmayan proje noktalarında düşük akımların tahmininde kullanılabilir.

Dicle havzası, Türkiye su potansiyelinin 1/10'unu, hidroelektrik potansiyelinin 1/12'sini kapsamaktadır. GAP projesi kapsamında batı ve orta Dicle'de 0,66 milyon hektar arazi sulanması ve 8000 GWh/yıl elektrik üretimi amacıyla 7 baraj inşa edilmesi planlanmaktadır. Ayrıca, havzanın doğusunda enerji amaçlı 22 baraj ve 30 hidroelektrik santral inşa edilmesi; 9000 GWh/yıl elektrik üretimi planlanmaktadır (Demirci, 1996). Bu çalışmadan elde edilecek bulgulardan, Dicle Havzası'nda yapılacak su temin tesislerinin güven limitleri içerisinde tasarımında, hidroelektrik santrallerin güvenilir enerji hesaplarında ve diğer su kaynakları ve su kalitesi çalışmalarında yararlanabilir.

1.4 Çalışmanın Yöntemi

Akarsuların düşük akım rejimi eldeki verilerin türüne ve istenen sonuçlara göre birçok yoldan analiz edilebilmektedir.

Yılın en düşük akımı genellikle her yıl aynı sezonda, hidrografın çekilme eğrisi boyunca görülmektedir (Bayazit ve Önöz, 2008). Hidrografın çekilme eğrisindeki akışlara en önemli katkı doğal yeraltısuyu depolamasından sağlanan katkıdır. Bu sebeple *taban akışı ve çekilme eğrisinin* incelenmesi düşük akım analizlerinin önemli bir kısmını oluşturur. Taban akışının akarsudaki toplam akışa katkısı genellikle *taban akışı indeksi* adı verilen, oransal ölçütlerle tanımlanmaktadır.

Düşük akımların analizinde sıkça kullanılan diğer bir kavram da akarsudaki debinin zamanın belli yüzdesinde aştığı değerleri gösteren *debi-sürek eğrileridir*. Düşük akım çalışmalarında debi süre eğrilerinin düşük akış bölgesi kullanılır. Düşük akış bölgesi, rasat süresindeki sıralanmış debiler serisindeki orta değer (aşılma olasılığı %50 olan debi; medyan) ile son değer (gerçek en düşük akış; günlük ortalama en düşük debi) arasındaki bölgedir. Eğrinin bu kısmı, yeraltı ve/veya yüzeyaltı depolamasının akarsu akışlarına katılımı ve havzanın hidrojeolojik durumu hakkında da bilgi vermektedir.

Akarsuda yılda belli bir süre boyunca (N-günlük) görülen en düşük akarsu akışlarının gözlemsel frekanslarına uygun olasılık dağılım fonksiyonunun belirlenmesi (*düşük akım frekans analizi*) uygulamada büyük önem taşımaktadır.

1.5 Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmada, Birleşik Krallık Hidroloji Enstitüsü tarafından geliştirilen yukarıda özetlenen taban akışı analizi, düşük akım debi-sürek eğrisi analizi ve debi-frekans analizi yöntemleri uygulanarak istasyonlardaki önemli düşük akım karakteristikleri belirlenmiştir (Institute of Hydrology, 1980). Bu karakteristikler, ortalama akış (Q_0), taban akış indeksi (TAİ); zamanın %50, %90 ve %95'inde aşılma 1-günlük debiler (Q_{95}), 7-günlük en düşük yıllık ortalama debi ($\overline{MAM7}$), 2 ve 10 yıl tekerrürlü 7-günlük en düşük yıllık ortalama debi tahminleri ($2Q_{10}$, $7Q_{10}$)'dur.

Çalışmada coğrafi yakınlık, memba-mansap ilişkileri, beslenme koşulları vb. gibi faktörler göz önünde bulundurularak, Dicle Havzası için bölgesel boyutsuz debi-sürek tip eğrileri ve boyutsuz frekans dağılımları (bölgesel tekerrür fonksiyonları geliştirilmiştir. Ayrıca havzada gözlem bulunmayan veya kısa gözlemi olan yerlerde kullanılabilir, ortalama akış – yağış alanı; $\overline{Q_{95}}$ vs $\overline{MAM7}$; $\overline{Q_{95}}$ vs TAİ; $\overline{MAM7}$ vs TAİ bölgesel regresyon bağıntıları elde edilmiştir.

BÖLÜM İKİ MEVCUT ÇALIŞMALAR

2.1 Düşük Akımlar İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Düşük akım hidrolojisi ile ilgili yapılmış birçok genel değerlendirme ve çalışmada akarsu gözlemlerinden düşük akım analizi ile ilgili mevcut yöntemler, yöntemlerin kullanım alanları, düşük akım tahminlemesi, bölgesel düşük akım analizlerinin ilkeleri ve uygulamaları anlatılmaktadır (Institute of Hydrology, 1980; McMahon ve Mein, 1986; Gustard ve Gross, 1989; Tallaksen, 2004; McMahon, 1976; Beran ve Gustard, 1987; Smakthin, 2001).

Düşük akımların analiziyle ilgili ilk geniş çalışma McMahon (1976) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada 1939'a kadar uzanan 148 çalışmanın kısa özetini sunmuş ve akarsuların düşük akım analizlerinin hesap prosedürlerini incelemiştir.

Institute of Hydrology (1980) çalışması düşük akımların analizi ve bölgeselleştirilmesi ile ilgili en geniş ve temel çalışmalardan biridir. Bu çalışmada, debi gözlemlerinden; ortalama akış, taban akış indeksi, debi-süre ve debi-frekans eğrisi gibi düşük akım ölçülerini hesaplama yöntemleri anlatılmıştır. Günümüzde kullanılan birçok düşük akım ölçütü bu çalışmada geliştirilmiştir; bu sebeple 1980 sonrasında yapılan çalışmaların çok büyük bir kısmı bu çalışmayı referans almaktadır.

McMahon ve Arenas (1982) çalışmasında değişik ülkelerde düşük akım karakteristiklerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin derlemesini sunmuşlardır. Bu derlemede bazı yöntemlerin örnek uygulamalarına yer vermişler; ayrıca, düşük akımlara etki eden doğal ve insan kaynaklı faktörleri teorik olarak da irdelemişlerdir.

Hidrolojik değişkenliklerin daha iyi araştırılması için geliştirilen FRIEND (Deneysel, Uluslararası ve İletişim Ağı verilerinden Akış Rejimi) projesi, bölgesel

paydaşların veri paylaşımı ile kurulan ortak veritabanı kullanılarak farklı akış rejimlerinin bölgesel analizleri üzerinde durmaktadır. Bu kapsamda yapılan ilk çalışma Gustard ve diğer. (1989) tarafından hazırlanan “*Kuzey ve Batı Avrupa’da Düşük Akım Rejimlerinin Belirlenmesi*” çalışmasıdır. Bu çalışmada düşük akım karakteristikleri ve havza karakteristikleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. FRIEND kapsamında bazı Avrupa, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkelerinde de düşük akım rejimi çalışmaları yapılmıştır (Gustard, 1993; Gustard ve Cole, 2002).

Gustard, Bullock ve Dixon (1992) tarafından hazırlanan “*Birleşik Krallıkta Düşük Akım Tahminlemesi*” çalışması düşük akımlar konusunda yapılmış en geniş çalışmalardan biridir. Bu çalışma, Institute of Hydrology (1980) tarafından yayınlanan “*Düşük Akım Çalışmaları*” raporunun devamı niteliğindeki Gustard ve diğer. tarafından hazırlanan “*Kuzey İrlanda Düşük Akım Çalışmaları*” (1987a), “*İskoçya Düşük Akım Tahmin Raporu*” (1987b) ve “*Kuzey ve Batı Avrupa Düşük Akım Rejimlerinin Belirlenmesi*” (1989) çalışmaları tamamlayıcı niteliktedir.

Gustard ve diğer. (1992), *Düşük Akım Çalışmaları* (1980) raporunda debi gözlemlerinden elde edilen düşük akım ölçütleri olarak ortalama akış, taban akış indeksi, debi-süre ve debi-frekans eğrisi analizleri kullanılmıştır. Süregelen çalışmalarda (Institute of Hydrology, 1980; Gustard ve diğer., 1986; 1987; 1989) düşük akım ölçütleri olarak debi-süre eğrisini temsil eden farklı aşılma olasılıklı günlük debi, debi-frekans eğrisini temsil eden farklı günlük en düşük akış istatistikleri kullanılmıştır. Bu çalışmalarda ise araştırmacılar önceki tecrübelerden faydalanarak debi-süre eğrisini temsil eden ölçütü %95 aşılma olasılıklı günlük debi Q95; debi-frekans eğrisini temsil eden ölçütü 7-günlük en düşük akış istatistiği MAM7 olarak belirlemişlerdir.

Gustard ve diğer. (1992), “*Taşkın Çalışmaları Raporu*”nda (NERC, 1975) verilen hidrolojik zemin sınıflandırma yöntemini, düşük akım çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilmişlerdir. Düşük akım için özelleştirilmiş hidrolojik zemin sınıflarının (LFHG), Q95 ve MAM7 ile ilişkileri verilmiş; gözlem yapılmayan havzalarda havza jeolojisine bağlı olarak Q95 ve MAM7 tahmin yöntemleri anlatılmıştır. Q95 ile diğer

aşılma yüzdeleri arasındaki ve MAM7 ile diğer frekans istatistikleri arasındaki içsel ilişkilerin gözlem bulunmayan havzaların debi-süre ve debi-frekans eğrilerinin oluşturulmasında kullanımına ilişkin yaklaşımlar sunulmuştur. Gözlenen yerel ve komşu havza verilerinin tahmin yöntemlerinde kullanılarak tahminlerin güçlendirilmesi için yardımcı bilgiler de verilmiştir.

“*Birleşik Krallıkta Düşük Akım Tahminlemesi*” (1992) raporu, hazırlanan diğer raporlara (Institute of Hydrology, 1980; Gustard ve diğer., 1987a; 1987b; 1989) nazaran daha doğrudan bir yaklaşım üzerinde durmuş; ölçüm yapılmayan havzalarda mevcut yerel verileri kullanarak tahmin iyileştirilmesi üzerinde ise yeterince durulmamıştır (Tallaksen ve diğer., 2004).

Düşük akım hidrolojisi ile yapılmış geniş kapsamlı başka bir çalışma ise Nathan (1990) tarafından yürütülmüştür. Yazar, Avustralya’daki 184 havza için düşük akım karakteristiklerini belirlemiş ve ölçüm yapılmayan küçük havzalar için tahmin yöntemleri araştırmıştır. Bu çalışmada aylık ve yıllık akımların tanımlayıcı istatistikleri; taban akışının toplam akarsu akışına oranı (TAİ); akarsu akışları çekilme sabitleri; günlük, aylık ve yıllık debi-süre eğrisi analizleri, 1 ila 284-günlük en düşük akış serileri için düşük akım frekans analizi; belli eşik değeri altındaki düşük akımların süresi ve akış hacmi eksikliği; belli güven limitinde sürekli çekim yapabilmek için gerekli hazne hacmi tahmini; günlük yağışın aylık akarsu akış hacmine dönüştürülmesi için basit yağış-akış modellerine ait parametreler dikkate alınmıştır.

Nathan (1990) düşük akım karakteristiklerinin tahminlenmesi sırasında bazı analiz yöntemlerinde önemli ölçüde iyileştirmeler sağlamıştır. Bu iyileştirmelerin bazıları: taban akışının ayrılmasında sayısal (dijital) filtreleme yönteminin kullanılması, havza ortak çekilme eğrisinde şerit eşleme (matching strip) yönteminin uyarlanması, en düşük akış serilerine olasılık yoğunluk fonksiyonları uyarlanmasında sansürleme (censoring) tekniklerinin uygulanması ve düşük akım frekans eğrilerinin bölgeselleştirilmesinde uygun parametre tahminleyicilerin belirlenmesi.

Smakthin (2001), son 20 yılda düşük akım hidrolojisiyle ilgili yapılan çalışmaların kapsamlı değerlendirmesini yapmıştır. Bu çalışmada, düşük akımı oluşturan süreçlerden düşük akımların tahmin edilmesi, tahmin indisleri arasındaki ilişkiler, ölçüm yapılmayan havzalarda tahmin yöntemleri, çevresel su yönetimi gibi geniş perspektiften konu irdelenmiştir.

Literatürdeki diğer birçok çalışma düşük akımların frekans analizine yöneliktir. Dünya'daki birçok havzanın düşük akım davranışı bölgesel analiz teknikleriyle incelenmiştir. Bu çalışmalarda farklı süreli yıllık en düşük akım serilerine hangi dağılım fonksiyonlarının ve tahmin yöntemlerinin daha uygun olduğu sınanmış; değişik düşük akım süreleri için, dağılım modelleri ve tahmin yöntemlerinin performansları incelenmiştir. Tablo 2.1'de bu konuda yapılan önemli çalışmaların özeti verilmiştir.

Ülkemizde düşük akımlar ile ilgili yapılan ilk çalışmalar farklı süreli en düşük akış serileri için debi-frekans analizi niteliğindedir. Sertbaş (1996) Sakarya Havzası, Bulu ve diğer.(1997) Trakya Havzası, Durak (2000) Gediz Havzası için bölgesel düşük akım frekans analizleri gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalarda 2-parametrelili Lognormal ve Weibull dağılımları incelenmiş, bu havzalarda düşük akım frekansının iki parametrelili Weibull (W2) dağılımına uyduğu öne sürülmüştür.

Tablo 2.1 Düşük akım frekans analizi çalışmaları

Çalışma	Yöntem	Uygulama Alanı
Matalas (1963)	1- ve 7-günlük en düşük akış serileri için W3 (MOM), P3 (ML) dağılımı uygulamıştır. W3 (ML) ve LP3 dağılımları bu çalışmada dikkate alınmamıştır. LN3 (MOM) denenmiş ancak reddedilmiştir.	ABD
Joseph (1970)	14-günlük en düşük akış serileri için G2 dağılımlarını uygulamıştır.	Missouri, ABD
Condie ve Nix (1975)	7-günlük en düşük akış serileri için W3 dağılım modelini parametre tahminleri içinse sırasıyla ML, SOD ve MOM yöntemini önermişlerdir. LN3 (MOM) denenmiş ancak reddedilmiştir.	Kanada
Tasker (1987)	7-günlük en düşük akış serileri için LP3 (MOM) dağılımlarını incelemiştir.	Virginia, ABD
Vogel ve Kroll (1989)	1- ve 7-günlük en düşük akış serilerinin PPCC uygunluk testi ile bölgesel analizinde LN2, W2 ve Gumbel dağılımlarını incelemişler, LN2 dağılımını önermiştir.	Massachusetts, ABD
Nathan ve McMahon (1990)	7-günlük en düşük akış serilerinin 2-parametrelili Weibull dağılımını uygulamıştır.	Avustralya
Gustard ve diğer. (1992)	7-ve N-günlük en düşük akış serilerini W2 dağılımı ile bölgeselleştirmiştir.	Britanya
Pearson (1995)	1-günlük en düşük akış serileri için 2- ve 3-parametrelili dağılım modellerini önermiştir.	Yeni Zelanda
Vogel ve Wilson (1996)	1-günlük en düşük akış serileri için P3 dağılımını önermiştir.	ABD
Durrans ve Tomic (1996)	En düşük akış serilerini LP3 (LMOM) dağılımı ile bölgeselleştirmiştir.	Alabama, ABD
Önöz ve Bayazıt (1999)	En düşük akış serileri için GEV dağılımını incelemiştir.	Türkiye
Werick (2000)	En düşük akış serileri için 4 parametrelili Wakeby dağılımını önermiştir.	ABD
Kroll ve Vogel (2002)	Düşük akım özelliklerini LMOM tahmin yöntemi ile incelemişler ve P3 ve LN3 dağılımını önermişlerdir.	ABD
Modarres (2008)	L-moment tahminlerine dayalı bölgesel frekans analizi için birçok dağılım modeli kullanmış, LN2 modeli yeterli sonuç vermiştir.	İran

2.2 Dicle Havzası İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Dicle havzası akımları ile ilgili yapılmış birçok çalışma akarsu akışlarındaki karstik pınar katkılarının araştırılması niteliğindedir. Sarımustafa (1977), Özdağlar (1980), Bağalı (1988) ve Baran, ve diğer. (1987) Dicle havzasında karst pınar katkılarını araştırmışlardır. Baran, ve diğer. (1987) karst pınar katkılarının havza toplam su potansiyelinin üçte birini oluşturdukları sonucuna varmışlardır.

Türkiye su potansiyelinin belirlenmesi amacıyla da Dicle havzasında bazı incelemelerde bulunulmuştur: 17,1 km³/yıl (Öziş, 1971), 17,8 km³/yıl (Öziş, ve diğer., 1985), 21,7 km³/yıl (Baran, 1987), 24 km³/yıl (Özdemir ve diğer., 2000).

Dicle havzasında sulama ve hidroelektrik enerjinin geliştirilmesi amacıyla GAP kapsamında Batı ve Orta Dicle sularında bazı çalışmalarda bulunulmuştur. EİE (1958) Fırat ve Dicle havzası geliştirme raporunda Dicle havzası üzerinde 20.000 ha alan sulayacak ve 4.000 GWh/yıl elektrik üretecek 5 baraj kurulması planlanmıştır. DSİ (1968) raporunda 190.000 ha alan sulaması için 20 baraj kurulması planlanmış ve 16 hidroelektrik santralden 3.900 GWh/yıl enerji üretileceği hesaplanmıştır. DSİ ve EİE'nin yaptığı çalışmalar sonucunda 560.000 ha alan sulaması ve 8.100 GWh/yıl enerji üretimi yapılabileceği hesaplanmıştır (Öziş, 1983).

Zap Suyu üzerinde kurulacak enerji amaçlı tesislerin belirlenmesi için EİE tarafından yapılan istikşaf ve master planlarında inşa edilecek tesislerin uzun vadeli planlama ve kesin proje çalışmaları programında değerlendirileceği belirtilmiştir. EİE (1978) raporunda Zap Suyu anakol üzerinde 12 kademedeki toplam 796 MW kurulu güçte ve yılda ortalama 2.900 GWh (1541 GWh güvenilir enerji) elektrik üretilebileceği hesaplanmıştır. EİE (1987) raporunda yan kollar da dikkate alınarak kurulacak tesislerin toplam kurulu güçleri 1.065,9 MW ve yıllık enerji üretimlerinin 3.356,34 GWh olduğu hesaplanmıştır. Tip (2006) tarafından EİE raporları ışığında yapılan çalışmada Zap suyu havzasında yaklaşık 168,3 MW kurulu güçte ek bir hidroelektrik potansiyel tespit edilmiş; bu kurulu güçten yılda yaklaşık olarak 1.321,07 GWh elektrik üretilebileceği hesaplanmıştır.

BÖLÜM ÜÇ YÖNTEMLER

3.1 Taban Akışı

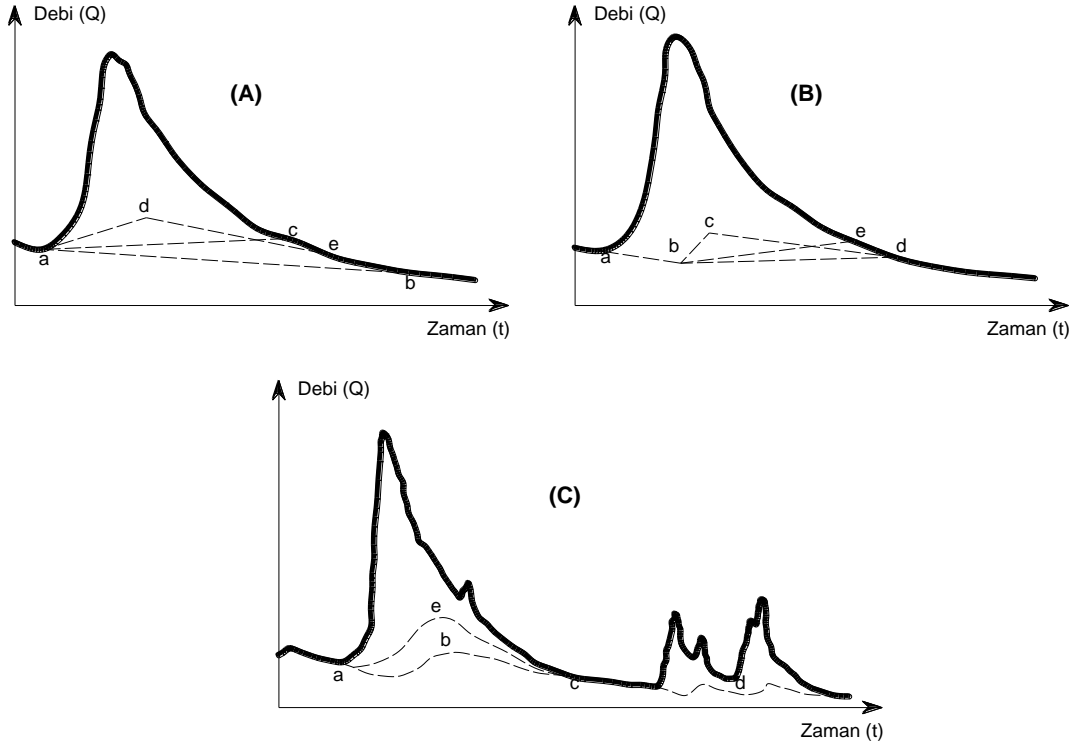
Taban akışı akarsu akışının bir bileşeni olup, yeraltısuyu depolamasından ve diğer geciktirmeli kaynaklardan oluşmaktadır. Yılın kurak sezonunda akarsu akışlarının genellikle büyük bir bölümü taban akışından sağlanmaktadır. Taban akışı, toplam akış hidrografından çeşitli ayırma yöntemleri ile ayrılarak elde edilen *taban akışı hidrografi* ile tanımlanmaktadır.

Taban akışı ayırma yöntemlerinin çoğu, taşkın hidrografından taban akışını ayırıp, yüzeysel akış bileşenini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bu yöntemler, taşkın sonucu oluşan yüzeysel akış ile kanal depolamasının geciktirici etkilerini de göz önüne alan hidrolik ilkelere dayanmaktadır. Taban akışı ayırma teknikleriyle, yıllık, birkaç yıllık veya gözlem süresindeki tüm gözlemler için (uzun süreli) taban akışı hidrografi oluşturulabilir.

3.1.1 Taşkın Hidrografından Taban Akışının Ayrılması

Taban hidrografından taban akışını ayırmak için genelde kullanılan basit yöntem, yüzeysel akışın başlangıç ve bitiş noktalarını Şekil 3.1a'da gösterildiği gibi a-b veya a-c doğrultusunda düz bir çizgi ile birleştirmektir (Nathan, 1990; Bayazıt ve Önöz, 2008). Yüzeysel akışın bitiş noktasındaki farklılık yüzeysel akışın sonlandığı zamanla ilgili varsayımlardan kaynaklanmaktadır.

Diğer ayırma yöntemleri yamaç depolaması etkilerini de hesaba katmaya çalışmakta ve taban akışı alçalmasının yüzeysel akış başladıktan sonra bir süre daha devam ettiği kabul edilmektedir (Şekil 3.1a'daki a-b ve Şekil 3.1b'deki a-b-c-d ve a-b-e gibi).



Şekil 3.1 Taban akışı hidrografının elde edilmesi

Taban akışı hidrografının tam şekli hidrolojik ve jeomorfolojik koşullara göre değişken ise de, gerçek hidrografın genel özellikleri şöyle sıralanabilir (Nathan, 1990):

- (i) Önceki akıştan kaynaklanan taban akışının komşu haznelere iletilmesine bağlı olarak hidrografta artış gözlenirse de taban akışı alçalması devam eder.
- (ii) Taban akışı piki, yüzeyaltı haznelerinin biriktirme ve öteleme etkilerine bağlı olarak hidrograf pik noktasından daha sonra oluşur.
- (iii) Taban akışı alçalması zamanla üstel azalan bir yapıdadır.
- (iv) Yüzeysel akışının sona erdiği zamandan itibaren taban akışı hidrografıyla, toplam akış hidrografı çakışır.

Yukarıda özetlenen taban akışı ayırma tekniklerine göre, büyük havzalarda taban akışı davranışının Şekil 3.1c'deki a-b-c yumuşatılmış eğrisi şeklinde olması; yeraltı suyu depolamasının büyük bir kısmının yamaç depolaması şeklinde olduğu küçük havzalarda ise olması durumunda taban akışı hidrografını daha uygun ifade eden a-e-c eğrisi şeklinde olması beklenmektedir.

3.1.2 Sürekli Taban Akışının Ayrılması

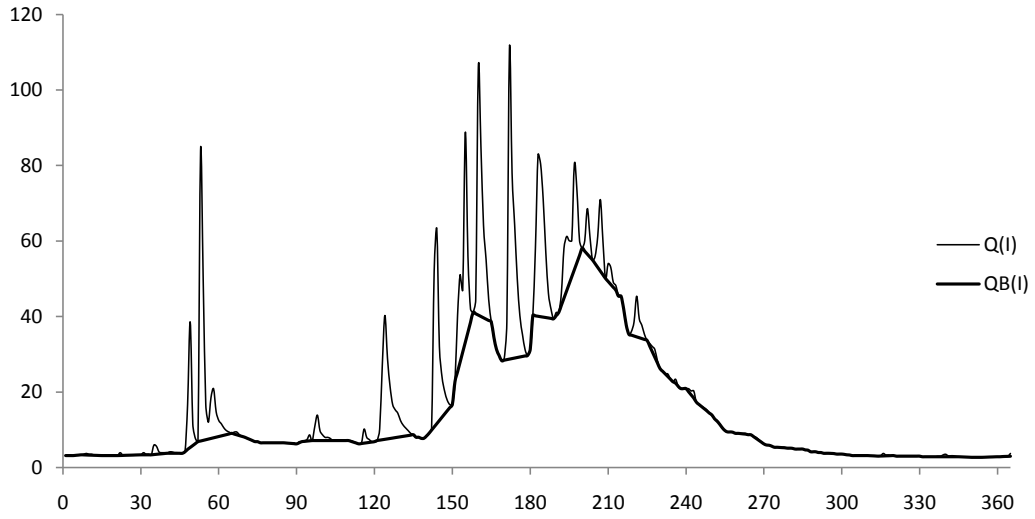
Büyük ölçekli havzalarda taban akışını sürekli biçimde ayırmak için yöntem seçiminde şu kriterler gözetilmelidir: (i) yöntem nesnel olmalı ve bilgisayarla işlem yapmaya uygun olmalıdır; (ii) yöntem sadece yüzeysel akış verilerine bağlı olmalıdır; (iii) yöntem basit olmalı, seçilen teknik Şekil 3.1c'deki karakteristiklere uygun bir taban akışı davranışı sergilemelidir (Nathan, 1990).

Sittner ve diğer. (1969), Birtles (1978), Boughton (1988), Smakhtin ve Hughes, (1993) gibi araştırmacılar tarafından önerilen farklı sürekli taban akışı ayırma yöntemleri mevcut ise de, “yumuşatılmış minimumlar” ve “sayısal filtreleme” yöntemleri en iyi yöntemlerdir (Smakthin, 2001).

3.1.2.1 Yumuşatılmış Minimumlar Yöntemi

Bu yöntem, Birleşik Krallık Hidroloji Enstitüsü (Institute of Hydrology, 1980) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde hidrografa basit yumuşatma ve ayırma yöntemleri uygulayarak Şekil 3.1a'daki a-d-e doğrusu formunda sürekli taban akışı oluşturulmaktadır.

Bu yöntemle taban akışı ayrılması günlük ortalama akım serileri kullanılarak yapılır. Uygulama adımları şöyledir: (i) akım serisi birbirleri ile çakışmayan beşer günlük alt gruplara ayrılır, bu grupların en düşük akımları bulunur; (ii) herhangi bir en düşüğün 0.90 katı, komşu iki en düşükden küçük olanı ile karşılaştırılır, eğer bu değer komşu değerden daha küçükse orta değer dönüş noktası olarak tanımlanır; (iii) taban akışı hidrografının dönüş noktaları basit olarak birleştirilir, ara noktalar doğrusal enterpolasyonla tamamlanarak sürekli bir taban akışı zaman serisi elde edilir; (iv) enterpolasyonla hesaplanan taban akışı değerlerinin aynı günlerdeki gözlenmiş akış değerlerinden büyük olup olmadığı kontrolü yapılır; büyük ise enterpolasyon değeri yerine gözlenmiş akış alınır (Institute of Hydrology, 1980).



Şekil 3.2 – 2610 Baykan istasyonu 2005 yılı gözlenmiş akarsu akışları ve yumuşatılmış minimumlar yöntemi ile ayrılmış taban akışlarına ait debi-gidiş çizgisi

Şekil 3.2’de *yumuşatılmış minimumlar yöntemi* ile ayrılmış taban akışının bir su yılındaki değişiminin gözlenmesi amacıyla Baykan (2610) istasyonunun 2005 su yılına ait gözlenmiş akarsu akımları ve ayrılmış taban akışı hidrografları verilmiştir. Bu yöntemle elde edilmiş taban akışı hidrografının kırıklı ani azalma ve artma eğilimi gösterdiği, pik noktalarda keskin dönüşler yaptığı ve çekilme eğrisinin sonlandığı noktalarda toplam akışı yakalayan davranış sergilediği söylenebilir.

3.1.2.2 Sayısal Filtreleme Yöntemi

Sayısal filtreleme yöntemi basit sinyal analizi ilkesine dayanır; yüksek frekanslı yüzeysel akış (Denklem 3.1) ve düşük frekanslı taban akışının (Denklem 3.2) sinyallerinin yorumlanmasıdır (Nathan, 1990; Kurt, 2007). Bu yöntemde toplam akışın taban akışı ve yüzeysel akış bileşenleri frekansı farklı olan iki sistem olarak düşünülür. Taban akışı ve yüzeysel akış:

$$f_i = \alpha f_{i-1} + \frac{(1+\alpha)}{2}(y_i - y_{i-1}) \quad (3.1)$$

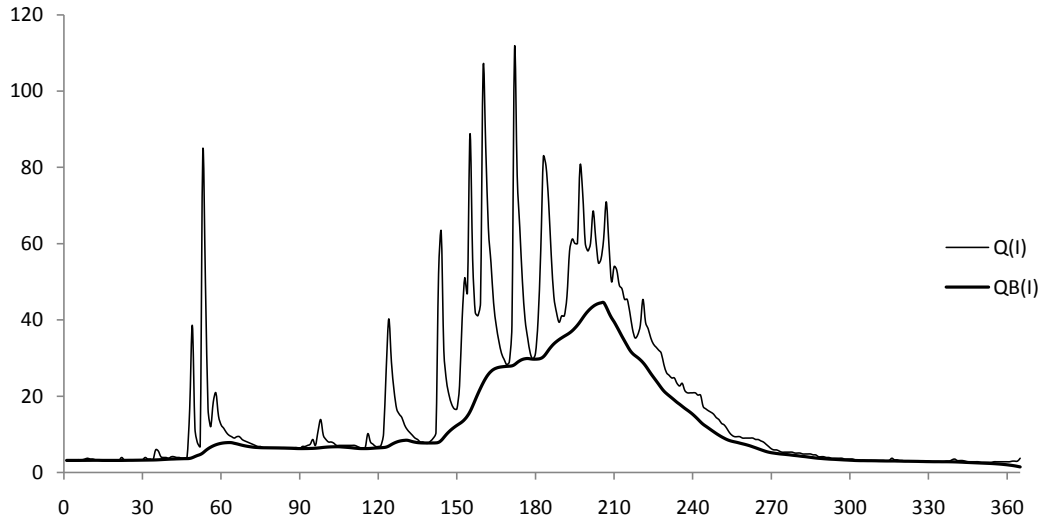
bağıntısı ile ayrılır. Burada f_i , i zamanında filtre edilmiş yüzeysel akışı, y_t akarsuda t zamanındaki günlük ortalama akışı, α ise filtre parametresini göstermektedir. Taban akışı:

$$b_i = y_i - f_i \quad (3.2)$$

şeklinde belirlenebilir. Taban akışını ayırmak için yapılan filtreleme 3 adımda ileri-geri-tekrar ileri olarak yapılır. Filtreleme aşamasında elde mevcut olan günlük ortalama akım değeri (3.1) ve (3.2) denklemlerindeki gibi filtrelenip toplam akış, taban akışı ve yüzeysel akış değerleri bulunur. Bulunan taban akış değerleri mevcut filtreleme sisteminde tekrar kullanılarak ikinci kez filtrelenir ve aynı şekilde ikinci filtreleme sonucunda elde edilen değerler üçüncü kez filtrelenir (Kurt, 2007). Bu yöntemde kullanılan α filtresi taban akışının azaltma derecesini, yapılan ileri ve geri filtreleme sayısı yumuşatma derecesini verir. Geri filtrelemede gözetilen amaç ise ileri filtrelemeler sırasında oluşabilecek veri bozulmalarını engellemektir; böylece, filtreleme sonucunda ayrılan akışın negatif yada gözlenen akarsu akışında daha yüksek olmasının önüne geçilir (Nathan, 1990).

Literatürde gözlenmiş birçok veri ile yapılan çalışmalara göre, α filtre parametresi için uygun aralığın 0.90-0.95 olduğu ve en uygun taban akışı değerlerinin $\alpha = 0.925$ ile elde edildiği belirtilmektedir (Nathan, 1990; Nathan ve McMahan, 1990a).

Şekil 3.3'te sayısal filtreleme yöntemi ile ayrılmış taban akışının bir su yılındaki değişiminin gözlenmesi amacıyla Baykan (2610) istasyonunun 2005 su yılına ait gözlenmiş akarsu akımları ve hesaplanmış taban akışları gösterilmiştir.



Şekil 3.3 – 2610 Baykan istasyonu 2005 yılı gözlenmiş akarsu akışları ve sayısal filtreleme yöntemi ile ayrılmış taban akışlarına ait debi-gidiş çizgisi

3.1.2.3. Sürekli Taban Akışı Ayırma Yöntemlerinin Kıyaslaması

Yumuşatılmış minimumlar ve sayısal filtreleme yöntemleri birbirlerine yakın taban akışı hidrografları üretmektedir (Nathan, 1990). *Sayısal filtreleme* yöntemi ile ayrılan taban akışı, *yumuşatılmış minimumlar* ile ayrılan taban akışına nazaran daha yumuşak kıvrımlı bir yapıdadır. Özellikle piklerde taban akış çizgisi yumuşamakta, yükselme ve çekilme eğrilerinde toplam akışın özelliklerine benzer karakterde davranmaktadır. Yağışı az olan dönemlerde ise tipik taban akış özelliği göstererek toplam akışa çok yakın ve paralel değerlerde gitmektedir (Kurt, 2007).

3.1.3 Taban Akış İndeksi (TAİ)

Wright (1974), Klassen ve Pilgrim (1975), Institute of Hydrology (1980), Pirt ve Douglas (1982), Gustard ve diğer. (1992) gibi bölgesel düşük akım çalışmaları yapan araştırmacılar ölçüm yapılmayan alanlarda akım tahmininde kullanılmak üzere havza hidrojeolojisinin indekslerle tanımlanmasındaki önemi vurgulamışlardır. Gustard ve diğer. (1992) çalışmasında, havza jeolojisinin ve zemin özelliklerinin akışa etkisini tanımlamak amacıyla T periyodundaki toplam taban akışının aynı periyottaki toplam

akışa oranı olan *Taban Akış İndeksi (TAİ)*'nin bir hidrojeolojik indeks olarak kullanılması önerilmiştir (Gustard ve diğer., 1992).

$$TAI = \frac{\int_0^T Q_B(t)dt}{\int_0^T Q(t)dt} \quad (3.3)$$

Bazı durumlarda, örneğin, göl alanlarında veya belirgin olarak kar erimesinden beslenen akarsularda taban akışının kaynağı farklı olabilmektedir. Bu tür durumlarda TAİ'nin hidrojeolojik yorumu zorlaşmakta, ya da uygun olmamaktadır.

TAİ'nin yıldan yıla değişkenliği üzerine yapılan çalışmalarda TAİ'nin diğer düşük akım parametrelerine göre daha stabil bir parametre olduğu görülmüştür. Örneğin, Birleşik Krallık akarsularında yıllık TAİ'nde gözlenen değişkenlik %95 aşılma olasılıklı 10 günlük debinin [$Q_{95}(10)$] 1/3'ü kadardır. İskoçya ölçeğinde yapılan çalışmada yıllık TAİ değerlerinin standart sapmalarının ortalaması 0,054 kadar düşük bulmuştur. Bu çalışmada, kurak ve sulak yıllarda TAİ'nin artan/azalan ilişkisini gözlemek için lineer regresyon yöntemine başvurulmuş; TAİ ile yıllık akış arasında doğrusal korelasyon 0,30'dan düşük çıkmıştır. En yüksek yıllık TAİ değerleri kurak yıllarda gözlendiği tespit edilmiş, ancak, ortalama yıllık TAİ'nin uzun yıllar ortalaması civarında olduğu da gözlenmiştir. Kısa kayıtlı istasyonlarda, ekstrem kuraklığın gözlendiği yıllar hariç tutulursa, yıllık TAİ'nin %5 hata ile tahmin edilebileceği saptanmıştır. Ölçülmüş akımlar değiştirilerek kasıtlı hidrometrik hata oluşturulmuş; hidrometrik ölçüm hatalarının ve eksik verilerin TAİ üzerindeki etkisi incelenmiş; doğal niteliği bozulmuş verilerle hesaplanan TAİ'nde oluşan hatanın, akım ölçümlerinde yapılan hatadan daha küçük olduğu tespit edilmiştir (Gustard ve diğer., 1987; 1992).

3.2 Debi-Sürek Eğrileri

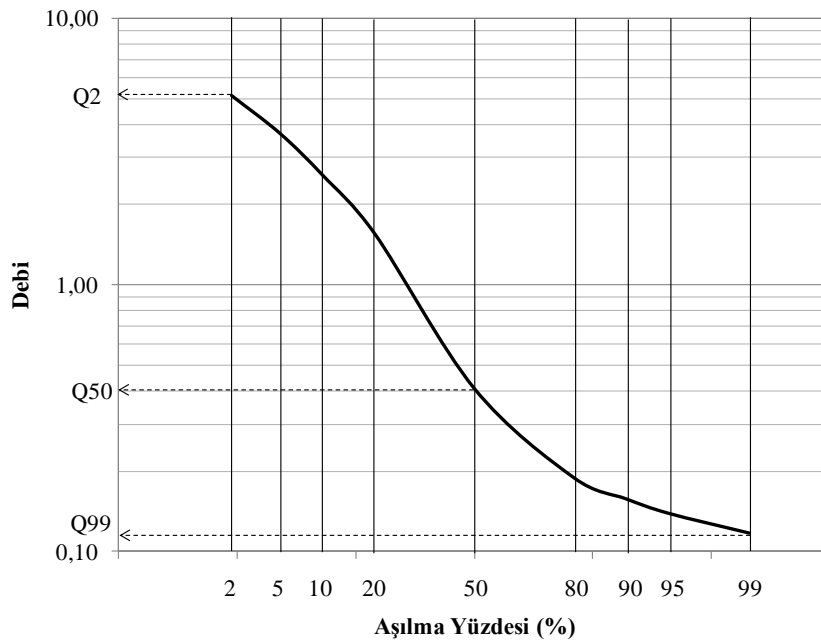
Debi sürek eğrisi gözlenmiş verilere göre akarsuda belli bir debinin aşıldığı zaman yüzdesini; başka bir deyişle, akışların oluşma sırasından bağımsız ampirik frekans

dağılımını gösterir. Bu eğri düşük akımlardan taşkın akımlarına kadar akarsu akımlarının tümü hakkında en geniş bilgi veren bir araçtır (Smakthin, 2001). Bu eğriler düşük akım dönemlerde akarsudaki suyun kullanılması konusunda karar vermekte yardımcı olur.

Debi-Sürek eğrisi, gözlenmiş debilerin büyüklük sırasına göre azalan sırada yeniden dizilmesi, debi sınıf aralıklarının tanımlanması ve sınıf aralığı düşen olayların (mutlak frekanslar) sayılması ile kurulur. Eklenik mutlak frekanslar gözlem süresindeki toplam olay sayısına bölünerek yüzdesel eklenik nispi frekanslar elde edilir. Sonuçta, debi sınıf aralıklarının alt limitlerine karşı gelen yüzde noktaları birleştirilerek, seçilen sınıf aralıklarına bağlı bir debi-sürek eğrisi elde edilir. Alternatif olarak, sıralanmış tüm debiler, gözlem süresindeki toplam zaman aralığının yüzdesine karşılık çizdirilir. Eksenlerin logaritmik seçilmesi, ya da düşey eksenin logaritmik, yatay eksenin ise normal dağılım olasılık kağıdının özel eksenini olarak alınması halinde çizginin iki ucundaki değerler (düşük ve yüksek akımlar) daha duyarlı bir şekilde okunabilir (Şekil 3.4). Ayrıca, böyle bir grafikte debi sürekliliğinin bir doğruya yaklaşması da beklenebilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Debi-Sürek eğrileri, (i) eldeki tüm veri kayıt uzunluğu boyunca (uzun süreli yıllık ortalama debi-sürek eğrileri); (ii) eldeki tüm veri kaydının aynı takvim ayları boyunca (örneğin tüm Ocak ayları); veya (iii) aylık akış değerleriyle çıkarılabilir. Debi sürekliliğinin günlük debilerden oluşturulması, akarsuyun süreklilik karakteristiğinin en iyi şekilde belirlenmesini sağlar (Smakthin, 2001).

Debi-sürek eğrisinin düşey eksenini orijinal ölçüm biriminde (m^3/s) gösterilebileceği gibi, uygun bir standardizasyon (ölçeklendirme) ile boyutsuz eğriler de oluşturulabilir. Standardizasyon işlemi, havza alanı, yıllık ortalama yağış gibi faktörlerden kaynaklanan farklılıkları; değişik havzalar arasındaki kuraklık, jeolojik ve antropojenik faktörlerin debi-sürek eğrisi üzerindeki etkilerini de inceleme olanağı sağlar.



Şekil 3.4 Düşük akım debi-sürek eğrisi

3.2.1 Debi-Sürek Eğrisinin Düşük Akım Bölgesi

Düşük akım çalışmalarında debi sürek eğrilerinin önemli kısmı, düşük akış bölgesidir. Bu kısım, debi-sürek eğrisinin ortalama akıştan (zamanın %50'sinde aşılan debi: Q50) daha düşük debilerden oluşan kısmıdır.

Eğrinin bu kısmı, yeraltı ve/veya yüzeyaltı depolamasının akarsu akışlarına katkısı açısından bir yeraltısuyu indeksi olarak da yorumlanabilir. Eğer debi-sürek eğrisinin düşük akım kısmının eğimi azsa yeraltı/yüzeyaltı katılımının belirgin ve düşük akımların sürdürülebilir olduğu söylenebilir. Eğimin dikliği, taban akışı etkisinin az ve/veya değişken olduğunu gösterir. Bu anlamda debi-sürek eğrisinin düşük akım bölgesindeki biçimi havzanın hidrojeolojik durumu hakkında bilgi verir.

Debi-sürek eğrisinin bu kısmından çeşitli düşük akım ölçütleri tahminlenebilir. Aşılma olasılığı %70 ila %99 arasında seçilen debiler (Q70, Q90, Q95, Q99 gibi) düşük akım tasarımlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Gustard ve Gross 1989; Bayazıt ve Önöz 2008). Bazı alışlagelen düşük akım ölçütleri: zamanın %75, 90, 95'nde aşılan 1- veya n-günlük debilerdir. Örneğin Q75(7), Q75(10), Q90(1), Q95,

Q95(10). Bazı klasik ölçütler ortalama akışın %25 aşıldığı zamanın yüzdesini de içerirler. Q20/Q90 oranı akarsu akışları değişkenliğinin ölçüsü olarak yorumlandığı gibi, Q50/Q90 oranı da düşük akım debilerinin değişkenliğini temsil eder. Tersine, Q90/Q50 oranı da havza alanı etkilerinden bağımsız yeraltı suyu katkılarından beslenen akarsu akımlarının, akarsu akımlarına olan oranını gösterir (Gustard ve diğer., 1992; Smakthin, 2001).

Akarsuyun kuru olduğu zaman yüzdesi, akarsuyun kesikliliğini tanımlar ve kayıt süresince sıfır akışlı günlerin yüzdesini gösterir (Smakthin ve diğer., 1995). Uzun süreli sıfır akım yüzdesi de bir aşırı kurak göstergesi olarak algılanabilir, ancak bu indeksin bilgi içeriği kayıt uzunluğuna bağlıdır.

3.2.2 Debi – Sürek Eğrilerinin Bölgeselleştirilmesi

Çeşitli akarsuların debi süreklilik çizgilerini birbiriyle karşılaştırmak ve bölgeselleştirmek için debiler ya birim havza alanından gelen “özel debi” olarak ($m^3/s/km^2$ cinsinden) ifade edilir, ya da yıllık ortalama (veya medyan) debiye bölünerek ($a_i = Q_i / Q_0$) boyutsuz hale getirilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Boyutsuz eğrilerin bölgesel analizi, debi-sürek eğrisinin şeklini belirleyen Q95 (%95 aşılma olasılıklı debi) dikkate alınarak yapılmaktadır. Bölgedeki istasyonların Q95 değerleri, homojen eğri grupları oluşturacak şekilde uygun sınıf aralığı tespit edilerek gruplandırılır. Her gruptaki istasyonların %2, %5, %10, %20, %50, %80, %90, %95 ve %99 gibi önemli aşılma yüzdeleri için boyutsuz debi-sürek eğrisi ordinatlarının rasat sürelerine göre ağırlıklı ortalaması alınarak her grup için bir ortalama debi-sürek eğrisi oluşturulur. Gruplanmış eğriler arasında eşit log(Q95) aralıklarla interpolasyon yapılarak tip eğriler çoğaltılabilir.

3.3 Düşük Akım Frekans Analizi

Bir akarsuda, belli bir istasyon kesitinde belli bir debinin aşıldığı zamanın oranını gösteren debi-süre eğrilerinin aksine, düşük akım frekans eğrileri belli bir debinin (X_T) aşıldığı yılların oranını, ya da akarsudaki akışların söz konusu debinin altına düşebileceği ortalama süreyi (tekerrür aralığı, T) gösterir (Gustard ve diğer., 1992).

Akarsuda yılda belli bir süre boyunca görülen en düşük en düşük akımın frekans dağılımının belirlenmesi önem taşır. Düşük akım frekans analizi, istasyonlarda gözlenmiş akımlardan elde edilen D-günlük ortalama en düşük (en düşük) akış serilerine [Mean Annual Minimum: MAM(D)] uygulanır. Amaca göre $D = 1, 3, 7, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180$ veya $183, 273$ veya 284 gün uzunluğundaki dönemlerde ölçülmüş en düşük ortalama akış serileri oluşturulur. MAM(D) akış serisi oluşturulurken bir su yılında gözlenmiş günlük akışlar ardışık D-günlük bloklara ayrılır ($N_{\min}=365-D+1$); her bloğa düşen debilerin ortalaması hesaplanır. D-günlük (N_{\min} adet) blokların hesaplanan ortalama debilerinin en düşüğü, o yılın D-günlük en düşük debisi olur; bu işlem eldeki tüm su yılları için tekrar edilerek istasyona ait MAM(D) akış serisi elde edilir.

Düşük akımların frekans analizinde genellikle yıllık 7-günlük en düşük akım serileri (MAM7) kullanılır. Literatürde “kurak hava akışı” olarak da bilinir (Gustard ve diğer., 1992). MAM7 tarafından kapsanan 7-günlük süreç akarsudaki günden güne değişen yapay etkilerden ve ölçüm hatalarından daha az etkilenir. Aynı zamanda, olayların çoğunda 1-günlük akışlarla 7-günlük düşük akışlar arasında çok büyük fark da yoktur (Smakthin, 2001).

Mevcut debi kayıtlarından, aşırı düşük akımların frekanslarını belirlemek güvenilir olmaz. Hatta, $T > N/3$ için yapılan düşük akım tahminlerinde dahi büyük hatalar olabilir (Bayazıt ve Önöz, 2008). Bu sebeple, özellikle tekerrür aralığı rasat süresinden daha büyük ($T > N$) olan düşük akımları daha doğru ve daha güvenilir biçimde tahminlemek için değişik tiplerde teorik dağılım fonksiyonları (dağılım modelleri) kullanılır.

Düşük akımların gerçek frekans dağılımı bilinmemektedir. Bu sebeple uygulamada dağılım modelinin belirlenmesi ve parametrelerinin tahmin edilmesi problemiyle karşılaşılır. Genellikle tercih edilen yöntem gözlenmiş düşük akım verilerine birden çok teorik dağılım modeli uygulanması ve istatistiksel ve veya grafiksel testlerle en uygun dağılım modelinin belirlenmesi şeklindedir (Smakthin, 2001). Literatürde birçok çalışmada farklı süreli yıllık en düşük akım serilerine (1, 3, 7, 10, 30-günlük) hangi dağılım fonksiyonlarının (normal, lognormal, gamma, weibull, üstel, vb.) ve tahmin yöntemlerinin (momentler, maksimum olasılık, L-moment, LL-moment, gibi) daha uygun olduğu araştırılmıştır.

Düşük akımlar için iki ve üç parametrelili çeşitli dağılım fonksiyonları önerilmiştir (Tablo 2.1). Üç parametrelili dağılımların iki parametrelilere nazaran daha esnek olması sebebiyle gözlenmiş verilere uydurulması daha kolaydır. Ancak, alttan sınırlı üç parametrelili modellerde tahmin edilen sınır değerlerin negatif veya gözlenen yıllık en düşük akımdan daha yüksek değerler alması olasıdır. Bu değerler fiziksel olarak anlamsızdır. Bu sebeple birçok uygulamada 2-parametrelili dağılım modelleri tercih edilmektedir. 3-parametrelili dağılım modelleri verilere daha iyi uygunluk sağlamakla birlikte parametre tahmininde kullanılması gereken çarpıklık katsayısının küçük örneklerden hesaplanan değerinin örnekleme varyansı büyük olduğundan parametre tahmininde de büyük hatalara yol açabileceği unutulmamalıdır (Önöz ve Bayazıt, 1999; Bayazıt ve Önöz, 2008; Nathan ve McMahon, 1990b).

ABD’de düşük akım kriteri olarak 7-günlük 10-yıl tekerrürlü debi (7Q10) ve 7-günlük 2-yıl tekerrürlü debi (7Q2) kullanılmaktadır. Bazı araştırmacılar 3-günlük 20-yıl tekerrürlü debi (3Q20) değerlerini de çalışmışlardır. (Smakthin, 2001).

Kurak iklimlerde akarsu akışları doğal olarak sıklıkla sıfırlanır. Ölçülen sıfır akımlar genellikle limnigrafın ölçüm limitleri altında kalan akımlardır. Düşük akımların istatistiksel analizi sırasında sıfır akımlar yok sayılmamalıdır. Bulu (1997) sıfır akım içeren düşük akım zaman serilerinin frekans analizinde toplam olasılık teoreminin kullanılmasını önermiştir.

3.3.1 Tanımlayıcı İstatistikler

Bir j istasyonunda gözlenen düşük akımlar rastgele bağımsız hidrolojik değişkenlere tipik örnektir. Bu tür değişkenlerle ilgili tüm hesaplar ve tahminler, değişkenin $f(x;\alpha, \beta, \dots)$ frekans (olasılık) dağılım fonksiyonu kullanılarak yapılabilir. $f(x;\alpha, \beta, \dots)$ fonksiyonundaki α, β, \dots gibi dağılım parametrelerinin örnek tahminleyicileri $(\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \dots)$, eldeki gözlem değerleri kullanılarak, ilerideki bölümlerde verilecek olan yöntemlerle hesaplanabilir.

X rastgele değişkeninin olasılık dağılımı hakkında önemli ipuçları veren ortalama (merkezi değer ölçütü), varyans (yayılma ölçütü), çarpıklık katsayısı (asimetri ölçütü) ve sivrilik katsayısı (sivrilik veya basıklık ölçütü) gibi tanımlayıcı istatistikler aşağıda verilen “*istatistik moment*” kavramına dayanırlar.

X değişkeninin $f(x;\alpha, \beta, \dots)$ olasılık yoğunluk fonksiyonunun (OYF) ağırlık merkezini tanımlayan istatistik “*toplum ortalaması* (μ_x)” veya “*x olayının beklenen değeri* ($E\{x\}$)” diye adlandırılır. Bu istatistik olasılık yoğunluk fonksiyonunun orijine göre birinci istatistik momentidir.

$$\mu_x = E\{x\} = \mu_{0,1} = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x;\alpha, \beta, \dots)dx \quad (3.4)$$

Uygulamada, rastgele değişkenin μ_x beklenen değeri etrafında yayılmasını (saçılmasını) tanımlayan bir istatistik olarak “*varyans* (σ_x^2)”, bunun karekökü olan “*standart sapma* (σ_x) ” veya “*boyutsuz standart sapma*” diye de adlandırılan “*değişkenlik katsayısı* (η_x)” sıkça kullanılmaktadır (Yevjevich, 1972; Bayazıt; 1981; 1996; 1998).

$$\sigma_x^2 = E\{(x - \mu_x)^2\} = \mu_2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu_x)^2 f(x;\alpha, \beta, \dots)dx \quad (3.5)$$

$$\sigma_x = \mu_2^{1/2} \quad (3.6)$$

$$\eta_x = \eta = \sigma_x / \mu_x \quad (3.7)$$

Rastgele bir değişkenin olasılık dağılımının simetrik bir fonksiyon olup olmadığını tanımlayan boyutsuz bir istatistik “*çarpıklık katsayısı* ($\gamma_{1,x}$)”dır. Bu istatistik, $f(x; \alpha, \beta, \dots)$ fonksiyonunun $x = \mu_x$ noktasına göre “merkezi üçüncü moment (μ_3)”, $\mu_3^{3/2}$ ile boyutsuzlaştırılarak elde edilir (Yevjevich, 1972; Bayazıt, 1981).

$$\gamma_{1,x} = E\{C_{s,x}\} = \mu_3 / \mu_2^{3/2} = \mu_3 / \sigma_x^3 \quad (3.8)$$

Bu ifadede $C_{s,x}$, gözlem dizisinin “örnek çarpıklık katsayısı” olup, μ_3 kuramsal olarak aşağıdaki belirli integralle tanımlanır:

$$\mu_3 = E\{(x - \mu_x)^3\} = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu_x)^3 f(x; \alpha, \beta, \dots) dx \quad (3.9)$$

Olasılık dağılım fonksiyonu simetrik olan bir rastgele değişken için $\mu_3 = 0$, dolayısıyla $\gamma_{2,x} = 0$ ’dır. Normal dağılım (Gauss dağılımı) böyle (simetrik) bir dağılımdır.

$f(x; \alpha, \beta, \dots)$ yoğunluk fonksiyonunun sivri ya da basık olup olmadığı, “*kurtosis* ($\gamma_{2,x}$) veya *sivrilik katsayısı*” adı verilen boyutsuz bir istatistik yardımıyla ölçülmektedir. Bu istatistik, dördüncü merkezi istatistik momentin (μ_4) boyutsuzlaştırılması yoluyla elde edilmektedir (Yevjevich, 1972; Kite, 1977, Bayazıt, 1981; 1996).

$$\gamma_{2,x} = \mu_4 / \mu_2^2 = \mu_4 / \sigma_x^4 \quad (3.10)$$

Bu ifadede μ_4 ,

$$\mu_4 = E\{(x - \mu_x)^4\} = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu_x)^4 f(x; \alpha, \beta, \dots) dx \quad (3.11)$$

belirli integrali ile tanımlanan dördüncü merkezi momenttir. Normal dağılımda kuramsal olarak kurtosis $\gamma_{2,x} = 3$ 'tür. Uygulamada $E_b = \gamma_{2,x} - 3$ farkına “fazlalık katsayısı” denir ve bir dağılımın Normal dağılıma kıyasla daha sivri ya da daha basık olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır.

Yukarıdaki tanımlayıcı istatistiklerin “*örnek tahminleri*” eş olasılık (kesikli uniform dağılım) ilkesi uyarınca aşağıdaki eşitlikler kullanılarak $x_i; i=1,2,\dots,N$ gözlem dizisinden hesaplanabilir:

$$\bar{x} = m_{0,1} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3.12)$$

$$S_x = m_2^{1/2} = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2} \quad (\text{yanlı}) \quad (3.13)$$

$$C_{v,x} = S_x / \bar{x} \quad (\text{yanlı}) \quad (3.14)$$

$$C_{s,x} = m_3 / m_2^{3/2} \quad (\text{yanlı}) \quad (3.15a)$$

$$\hat{C}_{s,x} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} C_{s,x} \quad (\text{yansız}) \quad (3.15b)$$

$$g_{2,x} = m_4 / m_2^2 \quad (\text{yanlı}) \quad (3.16a)$$

$$\hat{g}_{2,x} = \frac{n^3}{(n-1)(n-2)(n-2)} g_{2,x} \quad (\text{yansız}) \quad (3.16b)$$

Yukarıdaki bağıntılarda m_3 ve m_4 ,

$$m_3 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3 \quad (3.17)$$

$$m_4 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4 \quad (3.18)$$

eşitliklerinden hesaplanan üçüncü ve dördüncü merkezi örnek momentleridir.

3.3.2 Olasılık Dağılım Fonksiyonları

3.3.2.1 Normal Dağılım Modeli (NOR)

Normal dağılım simetrik, sürekli ve teorik olarak bütün reel sayıları içeren bir dağılımdır. Normal dağılım da x in $[-\infty, +\infty]$ aralığında değişmesinden dolayı x negatif değerler de alabilmektedir. Hidrolojik değişkenlerin negatif değerler almaması bu modelin uygulamasında karşılaşılan en önemli zorluktur. Ancak, eldeki gözlemlerin çarpıklık ve sivrilik özellikleri yeterince sağlanıyorsa ($|\hat{C}_s| \approx 0$; $\hat{g}_2 \approx 3$) ve standart sapması ortalamanın 1/3 ila 1/4'ünden küçükse (yani, $\hat{C}_v < 0.25 \sim 0.30$ ise), rastgele değişkenin negatif değerler alma olasılığı ihmal edilecek ölçüde azdır. Bu tür durumlarda Normal dağılım da alternatif bir model olarak kullanılabilir (Haan, 2002).

Normal dağılım'ın olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right]^2\right\}, -\infty < x < \infty \quad (3.19)$$

olup; μ_x ve σ_x model parametreleridir.

Normal dağılımın $F(x)$ eklenik dağılım fonksiyonunun analitik açık çözümü bulunmamaktadır. Eklenik dağılım fonksiyonunun dağılım parametrelerinden bağımsız biçimde formülasyonu için x rastgele değişkeninin (3.20)'de verilen dönüşümle standardize edilmesi gerekir.

$$z = \frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \quad (3.20)$$

Standart normal dağılım $f(z)$, ortalaması sıfır ve varyansı 1 olan z değişkeninin dağılımdır.

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) \quad (3.21)$$

x in belli bir x_T değerinin altında kalması olasılığı $F(x_T)$, (3.20) uyarınca x_T ye karşı gelen z_T nin $F(z_T)$ aşılma olasılığına denktir, $F(x_T) = F(z_T)$.

$F(x)$ eklenik dağılım fonksiyonu bilinen bir olay için standart normal değişken (3.22)'de verilen nümerik yaklaşımla elde edilir (Abramowitz & Stegun, 1965).

$$F(z) = 1 - f(z) \sum_{k=1}^3 a_k q_k, \quad z > 0 \quad (3.22)$$

$$a_1 = 0,43618; \quad a_2 = -0,12017; \quad a_3 = 0,9373$$

(3.19)'da yer alan q değişkeni z ye bağlı olarak (3.23)'den hesaplanmaktadır.

$$q = 1/(1 + 0,33267z), \quad z > 0 \quad (3.23)$$

Eklenik olasılığı bilinen olay değerinin hesabı ise (3.24)'te verilen polinomiye yaklaşımla yapılmaktadır (Abramowitz & Stegun, 1965).

$$z = w - \frac{(c_0 + c_1 w + c_2 w^2)}{\left(1 + \sum_{i=1}^3 d_i w^i\right)} \quad (3.24)$$

Bu denklemde yer alan w değeri (3.25) ile hesaplanmaktadır.

$$w = \sqrt{-2 \ln F(z)}, \quad F(z) = F(x) \leq 0.5 \quad (3.25)$$

(3.25)'in kullanımı sırasında eklenik olasılığı 0,5'ten büyük değerler ($F(z) > 0,5$) için $F(z) = 1 - F(z)$ dönüşümü yapılır ve (3.24)'ten bulunan z 'nin işareti değiştirilir.

Belli bir T tekerrür aralığına sahip (x_T) olay değerinin hesabı için tahmininde Chow(1964) tarafından (3.26)'da genel denklemi önerilmiştir.

$$x_T = \mu_x + K_T(T; \alpha, \beta, \dots) \sigma_x \quad (3.26)$$

Bu bağıntıda K_T , tekerrür süresi ve dağılım parametrelerine bağlı olan *frekans faktörünü* göstermektedir. Uygulamada μ_x ve σ_x toplam parametreleri yerine $m_1^1 = \bar{x}$ ve $m_2^{1/2} = S_x$ örnek tahminleri kullanılmaktadır. Standardizasyon denklemi $x=x_T$ için tekrar yazılacak olursa (3.26), (3.27)'ye dönüşür.

$$x_T = \mu + z_T \sigma \quad (3.27)$$

Buna göre, Normal dağılımın frekans faktörü standart normal değişkendir ($K_T=z_T$).

3.3.2.2 İki Parametrelili Lognormal Dağılım Modeli (LN2)

Lognormal dağılım, sıfırdan büyük değerler için tanımlı olması sebebiyle hidrolojik değişkenler için Normal dağılıma nazaran fiziksel açıdan daha uygun bir dağılımdır. “2-Parametrelili Lognormal Dağılım”ın (LN2) olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi x} \sigma_y} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}, 0 < x < \infty \quad (3.28)$$

olup,

$$y = \ln x; \quad dx = x dy \quad (3.29)$$

dönüşümleri yapıldığında, x olayının logaritmalarının normal dağılım gösterdiği görülebilir.

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}, -\infty < y < \infty \quad (3.30)$$

Bu dağılımın şekil parametresi σ_y ve konum parametresi μ_y , $y = \ln x$ logaritmik değişkeninin toplum sapması ve beklenen değeridir. $\eta = \mu/\sigma$ olmak üzere, LN2 dağılımında orijinal değişkenin μ, σ toplum istatistikleri ile μ_y, σ_y istatistikleri arasında aşağıdaki moment ilişkileri vardır (Kite, 1977; Yevjevich, 1972)

$$\mu_y = E\{y\} = \int_{-\infty}^{+\infty} y f(y) dy = \ln \mu - \frac{1}{2} \ln(1 + \eta^2) \quad (3.31)$$

$$\sigma_y^2 = E\left\{[y - \mu_y]^2\right\} = \int_{-\infty}^{+\infty} (y - \mu_y)^2 f(y) dy = \ln(1 + \eta^2) \quad (3.32)$$

$y = \ln x$ logaritmik değişkeni standardize edilirse,

$$z = (y - \bar{y})/S_y \quad (3.33)$$

(3.30)'daki yoğunluk fonksiyonu “standart normal yoğunluk fonksiyonu”na indirgenir. Bu nedenle, normal dağılım için geçerli olan tüm ilişkiler LN2 dağılım modelinde $y = \ln x$ dönüşmüş değişkeni için geçerlidir. x, y ve z değişkenleri ve bunlara ait aşılımla olasılıkları arasında aşağıdaki bire-bir ilişkiler mevcuttur.

$$y_T = \ln x_T = \mu_y + z_T \times \sigma_y \quad (3.34)$$

$$x_T = e^{y_T} = e^{\mu_y + z_T \times \sigma_y} = \mu + K_T \sigma \quad (3.35)$$

LN2 dağılım modelinde, orijinal değişkenin değişkenlik katsayısı ($\eta = \sigma_x / \mu_x$) ile çarpıklık katsayısı (γ_1) arasında $\gamma_1 = \eta^3 + 3\eta$ ilişkisi mevcuttur (Kite, 1977). (3.31) ve (3.32)'deki ilişkiler (3.35)'de yerleştirilip, düzenlenirse LN2 dağılımında K_T frekans faktörünün σ_y ye, dolayısıyla da η değişkenlik katsayısına bağlı olduğu görülür (Kite, 1977).

$$K_T = \left[\exp(\sigma_y z_y - \sigma_y^2 / 2) - 1 \right] / \left[\exp(\sigma_y^2) - 1 \right]^{1/2} \quad (3.36)$$

N uzunluğundaki gözlemlerden hesaplanan $\hat{C}_v = \hat{S}_x / \bar{x}$ değişkenlik katsayısının örnekleme varyansı LN2 dağılımında toplum momentlerinin ($\mu = \mu_x; \mu_2 = \sigma_x^2; \mu_3; \mu_4$) örnek tahminleri ($\bar{x}; S_x^2; m_{3,x}; m_{4,x}$ gibi) kullanılarak aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir (Kite, 1977; Yevjevich, 1972):

$$\text{var}(\hat{C}_v) = E\{(\hat{C}_v - \eta)^2\} = \frac{(\mu_4 - \sigma^4)\mu^2 - 4\mu\sigma^2\mu_3 + 4\sigma^6}{4\mu^4\sigma^2N} \quad (3.37)$$

(3.8) ile $\gamma_1 = \eta^3 + 3\eta$ ifadeleri birleştirilirse,

$$\mu_3 = \sigma^3(\eta^3 + 3\eta) \quad (3.38)$$

olduğu görülebilir. Ayrıca, LN2 dağılımında 4. merkezi moment ifadesi şöyledir (Kite, 1977):

$$\mu_4 = \sigma^4 \left[(1 + \eta^2)^4 + 2(1 + \eta^2)^3 + 3(1 + \eta^2)^2 - 3 \right] \quad (3.39)$$

(3.37)'de μ_3 ve μ_4 yerine (3.38) ve (3.39) yerleştirilirse, $\text{var}(\hat{C}_v)$ 'nin sadece η ve N'e bağlı olduğu görülür (Benzeden, 2007):

$$\begin{aligned} \text{var}(\hat{C}_v) &= \frac{1}{4N} \left\{ \frac{\sigma^4 \left[(1 + \eta^2)^4 + 2(1 + \eta^2)^3 + 3(1 + \eta^2)^2 - 4 \right]}{\mu^2 \sigma^2} - 4 \frac{\sigma^3 (\eta^3 + 3\eta)}{\mu^3} + 4\eta^4 \right\} \\ &= \frac{1}{4N} \left\{ \eta^2 \left[(1 + \eta^2)^4 + 2(1 + \eta^2)^3 + 3(1 + \eta^2)^2 - 4 \right] - 4\eta^3 (\eta^3 + 3\eta) + 4\eta^4 \right\} \\ &= \frac{1}{4N} \left\{ \eta^2 (1 + \eta^2)^2 \left[\eta^4 + 4\eta^2 + 2 \right] \right\} \end{aligned}$$

$$\text{var}(\hat{C}_v) = \frac{1}{4N} \left\{ \eta^2 (1 + \eta^2)^2 [\eta^4 + 4\eta^2 + 2] \right\} \quad (3.40)$$

3.3.2.3 İki ve Üç Parametrelili Gamma Dağılım Modeli (G2 ve G3)

Gamma dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left\{ \frac{x - x_0}{\alpha} \right\}^{\beta-1} \exp \left[-\frac{(x - x_0)}{\alpha} \right], \quad x_0 < x < \infty \quad (3.41)$$

olup, α ölçek, β biçim, x_0 ise konum parametresidir. $\Gamma(\beta)$ tam olmayan (incomplete) gamma fonksiyonudur. $\alpha > 0$ ise $\gamma_1 > 0$ olup, x_0 alt sınır; $\alpha < 0$ ise $\gamma_1 < 0$ olup, x_0 üst sınırdır. $\beta=1$ özel hali dışında (3.41)'in açık integrali (eklenik olasılık fonksiyonu) yoktur.

$$y = (x - x_0)/\alpha \quad (3.42)$$

dönüşümü yapıldığında (3.41) fonksiyonu tek parametrelili gamma fonksiyonuna dönüşür.

$$p(y) = \frac{y^{\beta-1} e^{-y}}{\Gamma(\beta)} ; \quad y > 0 \quad (3.43)$$

Abramowitz & Stegun (1965) $\chi^2=2y$ bağımsız değişkeninin $v=2\beta$ serbestlik derecesine sahip ki-kare dağılımına uyduğunu göstermiştir. Buradan hareketle T tekerrür süresine sahip (aşılma olasılığı $P=1/T$) olan x_T olay değeri (3.44)'ten hesaplanabilir.

$$x_T = \frac{\chi_T^2 \alpha}{2} + x_0 \quad (3.44)$$

Kendall & Stuart (1963) ki-kare istatistiğinin $\nu = 2\beta > 30$ (hatta $\nu > 10$) serbestlik dereceleri için (3.45)'ten oldukça doğru biçimde hesaplanabildiğini göstermiştir. Bu denklem literatürde *Wilson-Hilferty dönüşümü* olarak da bilinmektedir.

$$\chi_T^2 = \nu \left\{ 1 - \frac{2}{9\nu} + z_T \sqrt{\frac{2}{9\nu}} \right\}^3 \quad (3.45)$$

Rastgele değişkenin μ , σ , γ_1 istatistikleri ile dağılım parametreleri arasındaki ilişkiler şöyledir (Kite, 1977).

$$\mu = x_0 + \alpha\beta; \quad \sigma = \alpha\sqrt{\beta}; \quad \gamma_1 = 2/\sqrt{\beta} \quad (3.46)$$

Üç parametrelili gama dağılımında T tekerrürlü olay değeri (3.47) ifadesiyle tanımlanır. Bu ifade de χ_T^2 , aşılma olasılığı $1/T$ ye karşı gelen $\nu = 2\beta$ serbestlik dereceli chi-kare sayısıdır.

$$x_T \cong \mu + \left[\frac{\chi_T^2 \gamma_1}{4} - \frac{2}{\gamma_1} \right] \sigma \quad (3.47)$$

Bu bağıntıda köşeli parantez içindeki terim K_T frekans faktörü olup, tekerrür aralığının yanı sıra γ_1 çarpıklık katsayısına bağlıdır.

Üç parametrelili gamma dağılımında alt sınır $x_0=0$ ise (3.48) ifadesi iki parametrelili gamma (G2) dağılımına dönüşür. İki parametrelili gamma dağılımında dağılım parametreleri ile momentlerin ilişkileri aşağıdaki eşitliklere indirgenir:

$$\mu = \alpha\beta; \quad \sigma = \alpha\sqrt{\beta}; \quad \gamma_1 = 2/\sqrt{\beta} \quad (3.48)$$

G2 dağılım modelinde, orijinal değişkenin çarpıklık ve değişkenlik katsayıları arasında, $\gamma_1 = 2\eta$ teorik ilişkisi vardır. Bu nedenle, (3.47) bağıntısındaki K_T frekans faktörü G2 dağılımında η değişkenlik katsayısına bağlıdır.

G2 dağılımında γ_1, γ_2 boyutsuz momentleri $\eta = \sigma / \mu$ değişkenlik katsayısının fonksiyonudur (Kite, 1977):

$$\gamma_1 = \mu_3 / \mu_2^{3/2} = 2\eta \quad (3.49)$$

$$\gamma_2 = \mu_4 / \mu_2^2 = 3(1 + 2\eta^2) \quad (3.50)$$

Rastgele değişkenin N uzunluğundaki verilerden hesaplanan C_v değişkenlik katsayısının örnekleme varyansı (Yevjevich, 1972)

$$\text{var}(C_v) = \frac{\mu^2(\mu_4 - \mu_2^2) - 4\mu\mu_2\mu_3 + 4\mu_2^3}{4N\mu^4\mu_2} \quad (3.51)$$

veya

$$\text{var}(C_v) = \frac{1}{4N} \left[\frac{\mu_4}{\mu^2\sigma^2} - \frac{\sigma^2}{\mu^2} - 4\frac{\mu_3}{\mu^3} + 4\frac{\sigma^4}{\mu^4} \right] \quad (3.52)$$

olup, (3.49)'dan $\mu_3 = 2\eta\sigma^3$; (3.50)'den $\mu_4 = 3(1 + 2\eta^2)\sigma^4$ karşılıkları çekilip, (3.52)'de yerleştirilirse,

$$\text{var}(C_v) = \frac{1}{2N} \eta^2(1 + \eta^2) \quad (3.53)$$

elde edilir. η 'nın örnek tahminleyicisi $C_v = S / \bar{x}$ kullanılarak (3.53)'ten değişkenlik katsayısının örnekleme varyansı hesaplanabilir:

$$\text{var}(C_v) = \frac{1}{2N} C_v^2 (1 + C_v^2) \quad (3.54)$$

3.3.2.4 Weibull Dağılım Modeli (W3)

Literatürde düşük akımların frekans analizi için sıkça tavsiye edilen (Gumbel, 1958; Matalas, 1963; Condie ve Nix, 1975; Tasker, 1987; Institute of Hydrology, 1992) bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta - x_0} \left\{ \frac{x - x_0}{\beta - x_0} \right\}^{(\alpha-1)} \exp \left[- \left\{ \frac{x - x_0}{\beta - x_0} \right\}^\alpha \right] \quad (3.55)$$

olup;

$$y = \left\{ \frac{x - x_0}{\beta - x_0} \right\}^\alpha \quad (3.56)$$

dönüşümü uygulanırsa; (3.55)'deki fonksiyonun integralinin (eklenik olasılık fonksiyonunun)

$$F(x) = e^{-y} \quad (3.57)$$

olduğu görülebilir. Bu dağılımda α ölçek, β konum, x_0 ise alt sınır parametresidir. β parametresi “karakteristik kuraklık” diye de isimlendirilir (Kite, 1977). Weibull (EV3) dağılımında

$$A_\alpha = (\beta - \mu) / \sigma = B_\alpha \{1 - \Gamma(1 + 1/\alpha)\} \quad (3.58)$$

$$B_\alpha = (\beta - x_0) / \sigma = \left\{ \Gamma(1 + 2/\alpha) - \Gamma^2(1 + 1/\alpha) \right\}^{-1/2} \quad (3.59)$$

standardize parametreleri ve γ_1 çarpıklık katsayısı sadece α ya bağlıdır (Kite, 1977).

$$\gamma_1 = B_\alpha^3 \left\{ \Gamma(1+3/\alpha) - 3\Gamma(1+2/\alpha)\Gamma(1+1/\alpha) + 2\Gamma^3(1+1/\alpha) \right\} \quad (3.60)$$

$y_T = -\ln(1-1/T)$ olmak üzere, Weibull dağılımında K_T frekans faktörü de α ya; dolayısıyla γ_1 çarpıklık katsayısına bağlıdır (Kite, 1977).

$$K_T = A_\alpha + B_\alpha (y_T^{1/\alpha} - 1) \quad (3.61)$$

T tekerrürlü olay tahminleri (3.61)'den hesaplanan K_T Chow'un genel denkleminde kullanılarak veya doğrudan doğruya (3.62) den hesaplanabilir.

$$x_T = x_0 + y_T^{1/\alpha} (\beta - x_0) \quad (3.62)$$

Üç parametrelili Weibull dağılımında alt sınır değeri (X_0) negatif veya gözlenen en düşük akıştan daha yüksek çıkabilmektedir. Bu sebeple 2-parametrelili Weibull dağılımı ($X_0=0$ olan) kullanmak daha uygun olur (Nathan ve McMahon, 1990b).

3.3.3 Dağılım Parametrelerinin Örnek Tahminleri

Dağılım fonksiyonlarının gözlenmiş bir örneğe uyarlanması için parametrelerin eldeki verilere dayanarak tahminlenmesi gerekmektedir. Parametre tahminlerinin yansız ve etkin olması tercih edilir. Parametrelerin tahmini için uygulamada en sık kullanılan tahmin yöntemleri: Momentler yöntemi, Maksimum olabilirlik yöntemi ve L-momentler yöntemidir.

3.3.3.1 Momentler Yöntemi

Bu yöntemde dağılım fonksiyonunun istatistiksel momentleri ile dağılımın parametreleri arasındaki teorik ilişkilerden yararlanır. Bu ilişkilerde, değişkenin toplum istatistik momentleri yerine bunların m_1, m_2, m_3, \dots gibi örnek tahminleri kullanılır.

Momentler yönteminin bazı önemli özellikleri şöyledir:

- a) Tahmin hesapları diğer yöntemlere nazaran daha kolaydır,
- b) Moment yöntemiyle tahminlenen parametrelerin örnekleme dağılımı asimptotik normaldir. Bu parametrelerin ortalamaları toplum değerlerinden $1/N$ 'in katları oranında sapmakta; varyansları ise $1/N$ ile orantılıdır, ve yanlışlık kolaylıkla düzeltilebilir.
- c) Moment tahminleri asimptotik olarak yeterlidir. Moment tahminlerinin yeterliliği çarpık dağılımlar için önemli ölçüde azdır. Bu sebeple küçük örneklerde ve çarpık dağılımlarda moment tahminleri sadece parametrelerin ilk yaklaşım değeri olarak dikkate alınmalıdır.

3.3.3.2 Maksimum Olabilirlik (Maximum Likelihood) Yöntemi

Olabilirlik (Likelihood) fonksiyonu, X değişkeninin ölçülmüş x_i değerlerinin birbirinden bağımsız olduğu, bu nedenle de $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ değerlerinin birlikte görülme olasılığının tekil olasılıkların çarpımına eşit olduğu ilkesine dayanır.

$$L(\alpha, \beta, \dots) = \prod_{i=1}^N p_i(x_i; \alpha, \beta, \dots) \quad (3.63)$$

Bu fonksiyonu, veya bunun logaritması olan

$$\ln[L(\alpha, \beta, \dots)] = \sum_{i=1}^N \ln[p_i(x_i; \alpha, \beta, \dots)] \quad (3.64)$$

ve *Log-Likelihood* fonksiyonu adı verilen amaç fonksiyonunu maksimum kılan $\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \dots$ parametre değerleri aranan parametre tahminleridir. α, β, \dots parametrelerinin “maksimum olabilirlik tahminleri”, genellikle (3.64) ifadesinde $p_i(x_i; \alpha, \beta, \dots)$ kütleleri yerine $f(x_i; \alpha, \beta, \dots)$ yoğunlukları kullanılarak, aşağıdaki “kısmi türev

denklemleri”nden iteratif çözüm uygulanarak (bazen de açık olarak) elde edilebilir (Yevjevich, 1972; Kite, 1977; Bayazıt, 1981; 1996; 1998):

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln [L(\alpha, \beta, \dots)]}{\partial \alpha} &= 0 \\ \frac{\partial \ln [L(\alpha, \beta, \dots)]}{\partial \beta} &= 0\end{aligned}\quad (3.65)$$

Bu denklemler birçok dağılımda non-lineer yapıdadır. Nümerik çözüm elde edilebildiği takdirde maksimum olasılık parametreleri *asimtotik olarak yansız ve etkin* tahminlerdir. Özellikle küçük örnekler için m_1 tahminleri yanlıdır, ancak bu yanlılık giderilebilir. Yöntemin en önemli sakıncası, bazı hallerde nümerik çözümün yakınsamamasıdır.

3.3.3.3 L-Momentler Yöntemi

Bu yöntemde L-momentler (Hosking, 1986; 1990), verilerin büyüklük sıra numarasına (m) bağlı *olasılık ağırlıklı momentlerin (PWM)* lineer kombinasyonları şeklinde hesaplanır. Bu nedenle, L-momentler, veri dizilerindeki aşırı büyük veya aşırı küçük değerlerden fazla etkilenmezler; bu yüzden küçük örneklerde dahi daha tarafsız ve daha etkin tahminler verirler (Hosking 1986; Bayazıt, 1996; 1998). Veriler küçükten büyüğe doğru sıralanmış ($m=1,2,\dots,n$) olmak üzere *olasılık ağırlıklı momentler (PWM)* aşağıdaki eşitliklerden hesaplanır):

$$\begin{aligned}B_0 &= \frac{1}{N} \sum_{m=1}^n x_m \\ B_1 &= \frac{1}{N} \sum_{m=2}^n \frac{(m-1)}{(N-1)} x_m \\ B_2 &= \frac{1}{N} \sum_{m=3}^n \frac{(m-1)(m-2)}{(N-1)(N-2)} x_m \\ B_3 &= \frac{1}{N} \sum_{m=4}^n \frac{(m-1)(m-2)(m-3)}{(N-1)(N-2)(N-3)} x_m\end{aligned}\quad (3.66)$$

B_0, B_1, \dots olasılık ağırlıklı momentleri cinsinden L-momentler aşağıdaki eşitliklerden hesaplanabilir (Hosking, 1990; Hosking ve Wallis, 1993):

$$\begin{aligned}
 l_{1,x} &= B_0 = \bar{x} \\
 l_{2,x} &= 2B_1 - B_0 \\
 l_{3,x} &= 6B_2 - 6B_1 + B_0 \\
 l_{4,x} &= 20B_3 - 30B_2 + 12B_1 - B_0
 \end{aligned}
 \tag{3.67}$$

Klasik moment oranlarına benzer biçimde, boyutsuz L-moment oranları şöyle tanımlanır (Hosking, 1990):

$$\begin{aligned}
 t_2 &= l_2/l_1 & (L-C_v) \\
 t_3 &= l_3/l_2 & (L-C_s) \\
 t_4 &= l_4/l_3 & (L-C_k)
 \end{aligned}
 \tag{3.68}$$

Bu oranlardan t_2 değişkenliğin, t_3 çarpıklığın, t_4 ise sivriliğin ölçütüdür. Teorik dağılım modellerinin her biri için bu oranlar veya oranlar arası ilişkiler literatürde mevcuttur (Rao ve Hamed, 2000).

3.3.4 Dağılım Modeli Uygunluk Testleri

Gözlenmiş debilerinin seçilen bir dağılıma uyup uymadığını kontrol etmek için çeşitli istatistik testler uygulanmaktadır. Örneğe ait çarpıklık katsayısı, kurtosis gibi dağılımı tanımlayıcı istatistiklerin seçilen dağılım fonksiyonunun teorik değerleriyle karşılaştırılması dağılım modelinin uygunluğu hakkında ön bilgi vermektedir. L-Moment diyagramları kullanılarak da seçilen dağılımın uygunluğuna kabaca karar verilebilir. Olasılık dağılımının uygunluğunun kontrolünde en güvenilir yöntemler istatistik testlerdir.

3.3.4.1 Kolmogorov- Smirnov Testi

Küçükten büyüğe doğru sıralanmış veri dizisi için m . sıradaki gözlem değeri x_m , bu değer için ampirik aşılma olasılığı P_m ve aynı değer için seçilen dağılım fonksiyonlarından hesaplanan teorik aşılma olasılığı F_m olmak üzere, bu testte

$$\Delta_m = |F_m - P_m| \quad (3.69)$$

“olasılık sapmalarının en büyüğü” test istatistiği olarak kullanılır (Yevjevich, 1972; Bayazıt, 1981; 1996). Seçilen dağılımın parametre değerlerinin örnekteki verilerden bağımsız olarak belirlenmesi halinde Δ ’nın Δ_α kritik değerleri örnekteki n eleman sayısına ve α anlamlılık düzeyine (Tip-I hata olasılığına) bağlı olarak tablolardan alınır. Pratikte yapıldığı gibi, parametrelerin örnekteki verilerden hesaplanması halinde Δ_α değerleri küçülür ve seçilen dağılım tipine bağlı olur. Bu testin gücü düşüktür, yani II. Tip hata (seçilen dağılımın uygun olduğu hipotezi gerçekte yanlış olduğu halde test sonucunda kabul edilmesi) olasılığı yüksektir.

P_m ampirik aşılma olasılıkları için literatürde $P_m = (m - a) / (N + 1 - 2a)$ genel formunda pek çok formül önerilmiştir (Helsel ve Hirsch, 1992; Bayazıt, 1996). Tez çalışmasında $a=0.44$ değerini esas alan Gringorten formülü kullanılmıştır (Rao ve Hamed, 2000).

$$P_m = \frac{m - 0.44}{N + 0.12} \quad (3.70)$$

Düşük akım frekans analizlerinde veriler büyükten küçüğe doğru sıralandığı için verilen ampirik frekanslara göre noktalanmasında aşılmama olasılıkları yerine $(1 - P_m)$ aşılma olasılıkları kullanılır.

3.3.4.2 Olasılık Çizgisi Korelasyonu Testi (PPCC)

Gücü daha yüksek olan bu testte düzenlenmiş örnekteki her bir x_m elemanı için, (3.70) formülünden hesaplanan P_m değerine karşı gelen bir x'_m değeri bulunur. Test istatistiği örnekteki bütün veriler için x_m ile x'_m değerleri arasındaki r doğrusal korelasyon katsayısıdır.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(x'_i - \bar{x}')}{\left[\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (x'_i - \bar{x}')^2 \right]^{0.5}} \quad (3.71)$$

r istatistiğinin örnekleme dağılımı n eleman sayısına ve verilere uyarlanan dağılım fonksiyonu türüne bağlıdır. Test istatistiğinin örnekten hesaplanan r değeri seçilen α anlamlılık düzeyindeki kritik değerden (r_c) büyükse göz önüne alınan dağılımın uygunluğu α anlamlılık düzeyinde kabul, aksi halde reddedilir. Literatürde sadece normal dağılım için r_c kritik değerlerini veren tablolar mevcuttur (Helsel ve Hirsch, 1992).

3.3.4.3 L-Moment Diyagramları

Verilere uygun dağılım modeli seçiminde verilerin $t_2(=l_2/l_1)$, $t_3(=l_3/l_2)$, $t_4(=l_4/l_3)$ değerleri ile bunlar arasındaki teorik ilişkileri gösteren diyagramlar ve matematiksel ifadeler kullanılır. Bu diyagramlarda her dağılım belli bir nokta veya teorik bir eğri ile gösterilir (Rao ve Hamed, 2000). Gözlem dizisinden hesaplanan (t_2 ; t_3) ve/veya (t_3 ; t_4) noktaları şekil üzerinde işaretlenir. Bu nokta hangi dağılımın eğrisine daha yakınsa o dağılımın verilere daha uygun olacağı söylenebilir.

3.3.5 Bölgesel Analiz

Hidrolojik bir büyüklüğün istatistik özelliklerini belirlerken tek bir istasyonda ölçülen değerleri kullanmak her zaman yeterli olmaz. Eldeki verilerin az sayıda olması halinde söz konusu istasyonla aynı homojen bölgedeki diğer istasyonların

ölçüm sonuçlarını da göz önüne almak yararlı olur. Bölgesel analiz bir anlamda bir istasyondaki verilerin sayısının çoğaltılmasına karşı gelir. Böylece daha büyük bir örnek analiz edilmiş gibi olur ve istatistik örnekleme hatası daha küçük olan tahminler yapılabilir (Bayazıt, 2004).

Bölgesel frekans analizi, istasyonlardaki standartlaştırılmış (boyutsuz) hidrolojik değişkenlerin bölgedeki her noktada aynı dağılıma uyduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu yöntemlerde, özellikle değişkenlik katsayısı (C_v ve LC_v), çarpıklık katsayısı (C_s ve LC_s) gibi tanımlayıcı istatistiklerin bölgede sabit olduğu kabul edilmektedir.

Bölgesel analiz iki ana amaca hizmet eder: (1) Gözlem bulunmayan yerlerde bölgesel bilgilerden yararlanılabilir; (2) gözlem bulunan yerlerde, bu gözlemlerle bölgedeki istasyonlardan sağlanan bilgi birlikte kullanılarak hidrolojik olay için bilgi içeriği ve güvenilirliği daha yüksek bir olasılık dağılımı elde edilebilir (NRC, 1988; Stedinger ve diğer., 1993).

Bölgesel analiz yaklaşımında kullanılan temel kavram "*bölgesel homojenlik*"tir. Bölgesel homojenlik, bir bölgede farklı noktalarda ölçülmüş hidrolojik olay değerlerinin istatistiksel karakteristiklerinin benzer olduğu ve bu özelliklerin yağış alanından bağımsız olduğu varsayımına dayanır (Cunnane, 1989).

İstatistik açıdan homojen bir bölgenin belirlenmesi için çeşitli düşünceler ileri sürülmüş ve istatistik testler geliştirilmiştir. Bu testler bölgede j bir istasyondaki verilerin diğer istasyondakilerden farklarının istatistik açıdan anlamlı olup olmadığını kontrol eder. Aralarında anlamlı istatistik farklar bulunmayan veriler bölgesel analize katılabilir.

İstatistik açıdan homojen bir bölge belirlendikten sonra bu bölgedeki istasyonların verileri bir arada analiz edilerek ilgilenilen hidrolojik büyüklüğün bölgesel ortalama istatistik özellikleri (olasılık dağılımı, ortalama, standart sapma, belli bir aşılma

yüzdesine karşı gelen kuantil gibi) belirlenir. Söz konusu istatistiğin bölgesel ortalamalarından, bölgede herhangi bir noktadaki tahminlere geçilebilir.

3.3.5.1 Bölgesel Dağılım Modelleri

Bölgesel frekans analizi çalışmaları, homojen bölgede bir j noktasında ölçülen yağış yüksekliği (X_{kji}) gibi hidrolojik bir büyüklüğün ortalama (\bar{X}_{kj}) veya başka bir örnek istatistiği ile boyutsuzlandırılmış (normalize edilmiş) noktasal değerlerinin (a_{kji}) homojen alt bölgeye özgü “bir ana dağılımdan rastgele çekilmiş örnekler” olduğu varsayımına dayanır (Chow 1964; Kite 1977). İlk kez, ABD’de Dalrymple (1960) tarafından ortaya atılan “indeks tipi bölgesel modeller”de, k homojen alt bölgesindeki bir j noktasında i yılının ölçümüne karşı gelen boyutsuz değişken şöyle tanımlanır.

$$a_{kji} = x_{kji} / \bar{x}_{kj} \quad (3.72)$$

Bu tanım uyarınca a_{kji} ortalaması 1, standart sapması ve değişkenlik katsayısı X’in değişkenlik katsayısına, çarpıklık katsayısı da X değişkeninin çarpıklığına eşit olan normalize bir değişkendir.

$$\mu_{a,kj} = E\{a_{kj}\} = 1 \quad (3.73)$$

$$\sigma_{a,kj} = \eta_{a,kj} = E\{C_{v_{kj}}\} = \eta_{kj} \quad (3.74)$$

$$\gamma_{a,kj} = E\{C_{s_{kj}}\} = \gamma_{kj} \quad (3.75)$$

Yukarıdaki eşitliklerde $C_{v_{kj}}$ değişkenlik katsayısının $C_{s_{kj}}$ ise çarpıklık katsayısının örnek tahminleridir. j istasyonundaki ölçüm sayısı n_{kj} olmak üzere değişkenlik ve çarpıklık katsayılarının yansız örnek tahminleri

$$C_{v_{kj}} = \hat{S}_{kj} / \bar{X}_{kj} \quad (3.76)$$

$$C_{s_{kj}} = \frac{n_{kj}^2}{(n_{kj}-1)(n_{kj}-2)} \times \frac{m_{kj,3}}{m_{kj,2}^{3/2}} \quad (3.77)$$

eşitliklerinden hesaplanabilir. Son eşitlikte $m_{kj,2}$ ve $m_{kj,3}$ X_{kji} dizisi için ikinci ve üçüncü merkezi istatistik momenttir.

3.3.5.1.1 İki Parametrelili Lognormal (LN2) Tabanlı Bölgesel Model. İki parametrelili lognormal dağılım modelinde ortalama tekerrür aralığı T (yıl) olan olayın değeri (X_T) için aşağıdaki genel eşitliğin kullanılmasını önerilmiştir (Chow, 1964).

$$X_{kj,T} = \bar{X}_{kj} + K_T S_{kj} = \bar{X}_{kj} (1 + K_T \cdot C_{v_{kj}}) \quad (3.78)$$

Bu eşitlikte K_T , X olayının dağılım özelliklerine ve T tekerrür aralığına bağlı olarak değişen “*frekans faktörü*”dür. Boyutsuz a_{kj} değişkeni için (3.78) eşitliği aşağıdaki forma indirgenir:

$$a_{kj}(T) = 1 + K_T \cdot C_{v_{kj}} \quad (3.79)$$

Dağılım parametreleri ile değişkenlik katsayıları arasında aşağıda verilen ilişkiler nedeniyle K_T , tekerrür aralığının yanı sıra değişkenlik katsayısına bağlıdır (Kite, 1977).

$$\sigma_{y,kj} = [\ln(1 + \eta_{kj}^2)]^{1/2} \quad (3.80)$$

$$\mu_{y,kj} = \ln \left\{ \mu_{a,kj} / (1 + \eta_{kj}^2)^{1/2} \right\} \quad (3.81)$$

$$K_T = \frac{1}{\eta_{kj}} \left\{ \exp \left[z_T \sigma_{y,kj} - 0,5 \sigma_{y,kj}^2 \right] - 1 \right\} \quad (3.82)$$

Değişkenlik katsayısının beklenen değerinin bir noktadan diğerine değişmediği, istatistiksel açıdan homojen bir bölgede $BC_{V_k} = E\{C_{V_k}\}$ bölgesel ortalama değişkenlik olmak üzere, (3.82) dan da yararlanılarak (3.79) ifadesi

$$\tilde{a}_k(T) = \exp \left\{ z_T \left[\ln(1 + BC_{V_k}^2)^{-1/2} - 0,5 \ln(1 + BC_{V_k}^2) \right] \right\} \quad (3.83)$$

Şeklinde, k bölgesinin tüm noktaları için geçerli bir eşitliğe dönüşür.(3.82) ve (3.83) eşitliklerinde Z_T , aşılma olasılığı (1/T) olan standart normal değişken değeridir. Bu eşitliklerde ve ilerdeki bölümlerde kullanılan BC_{V_k} simgesi, k homojen alt bölgesi için aşağıdaki ifadeden hesaplanan “ağırlıklı ortalama (bölgesel) değişkenlik katsayısı”dır:

$$BC_{V_k} = \left\{ \frac{\sum_{j=1}^{M_k} (n_{kj} - 1) C v_{kj}^2}{\sum_{j=1}^{M_k} (n_{kj} - 1)} \right\}^{1/2} \quad (3.84)$$

3.3.5.1.2 İki Parametrelili Gamma (G2) Tabanlı Bölgesel Model. İki parametrelili Gamma dağılımında $\gamma_1 = 2\eta$ ve $\beta = 1/\eta^2$ olup, T tekerrürlü olay değerini veren,

$$X_T = \frac{1}{2} \alpha \chi_T^2 \quad (3.85)$$

ifadesinde $\alpha = \mu \eta^2$ yerleştirilirse,

$$X_T = \frac{\mu}{2} \eta^2 \chi_T^2 \quad (3.86)$$

olur. Eşitliğin her iki yanını μ ile bölünürse, T-tekerrürlü boyutsuz olay değeri için,

$$a_T = x_T / \mu = \frac{1}{2} \eta^2 \chi_T^2 \quad (3.87)$$

bağıntısı elde edilir. η 'nın bölgesel değeri (BC_v) bu eşitlikte yerleştirilir ve χ_T^2 için $\nu = 2\beta = 2 / BC_v^2$ olmak üzere

$$\chi_T^2 \cong \frac{2}{BC_v^2} \left[1 - \frac{BC_v^2}{9} + \frac{BC_v}{3} z_T \right]^3 ; > BC_v \leq 0,2 \quad (3.88)$$

konursa, boyutsuz tekerrür katsayıları için,

$$\tilde{a}_T \cong \left[1 - \left(\frac{BC_v}{3} \right)^2 + \frac{BC_v}{3} z_T \right]^3 \quad (3.89)$$

ifadesi elde edilir. \tilde{a}_T bölgesel tekerrür katsayıları ortalaması 1, varyansı BC_v^2 olan bir G2 değişkenidir.

Boyutsuz bölgesel tekerrür katsayıları (fonksiyonu) L-momentler esas alınarak da oluşturulabilir. G2 dağılımında l_2 ve l_1 momentlerinin oranı olan L-değişkenlik

$$t_2 = l_2 / l_1 = \frac{\Gamma(\beta + 1/2)}{\sqrt{\pi} \beta \Gamma(\beta)} \quad (3.90)$$

eşitliği ile tanımlanır (Rao ve Hamed 2000). Bölgedeki M adet istasyonun $t_{2,j}$ değerlerinin ağırlıklı ortalaması bölgesel bir istatistik olarak kullanılabilir.

$$\tilde{t}_2 = Bt_2 = \left(\sum_1^M t_{2,j} N_j \right) / \sum_1^M N_j \quad (3.91)$$

(3.90) denkleminde t_2 yerine \tilde{t}_2 kullanılarak tahmin edilecek olan β bölgesel parametresini $\tilde{\beta}$ ile simgeleyelim. $\tilde{\beta}$ yeterince büyük ($\tilde{\beta} > 5$) olmak koşulu ile T-tekerrür aralığına karşı gelen chi-kare değeri Wilson-Hilferty dönüşümüyle elde edilir.

$$\tilde{\chi}_T^2 \cong 2\tilde{\beta} \left(1 - \frac{1}{9\tilde{\beta}} + z_T \sqrt{\frac{1}{9\tilde{\beta}}} \right)^3 \quad (3.92)$$

\tilde{a}_T boyutsuz tekerrür katsayılarının ortalaması 1 olduğundan ($\mu_a = 1 = \tilde{\alpha}\tilde{\beta}$), $\tilde{\alpha} = 1/\tilde{\beta}$ olur. Böylece \tilde{a}_T bölgesel boyutsuz tekerrür katsayıları için (3.92) ifadesi

$$\tilde{a}_T = \frac{1}{2\tilde{\beta}} \tilde{\chi}_T^2 \quad (3.93a)$$

veya yaklaşık olarak,

$$\tilde{a}_T \cong \left(1 - \frac{1}{9\tilde{\beta}} + z_T \sqrt{\frac{1}{9\tilde{\beta}}} \right)^3 \quad (3.93b)$$

formuna indirgenir.

Kabaca, bir gruptaki istasyonlardan hangilerinin t_2 istatistiği bakımından uyumsuz olduklarını saptamak için

$$z_j = (t_{2,j} - \tilde{t}_2) / S_2 \quad (3.94)$$

standart değerleri incelenebilir. Bu ifade de S_2 , $t_{2,j}$, $j=1, 2, \dots, M$ L-değişkenliklerinin ağırlıklı standart sapmasıdır.

$$S_2 = \left[\sum_{j=1}^M N_j (t_{2,j} - \tilde{t}_2)^2 / \sum_{j=1}^M N_j \right]^{1/2} \quad (3.95)$$

Mutlak değerce en büyük z_j değerine sahip istasyonlardan başlanarak uyumsuzluk gösteren istasyonlar gruptan kademeli olarak çıkarılabilir. Gruptan bazı istasyonlar atıldığında, geriye kalan istasyonlarla \tilde{t}_2 ve S_2 yeniden hesaplanmalıdır. S_2 de

belirgin bir azalma olmuyorsa (yani, S_2 iyi-kötü stabil hale gelmiş ise), guruptan istasyon çıkarma işlemi sona erdirilmelidir.

3.3.5.2 Homojen Alt Bölgelerin Belirlenmesi

Wiltshire (1986) bir bölgede yer alan toplam M adet istasyonun değişkenlik katsayılarına (C_v) dayanarak en uygun alt bölge sayısını ($K \geq 2$) belirlemek için istasyonların aşağıdaki F istatistiği en büyük olacak şekilde gruplanmasını önermiştir (Bayazıt 2004).

$$F = MST / MSE \quad (3.96)$$

Bölgedeki tüm istasyonların değişkenlik katsayılarının genel ortalaması BC_v , M_k adet istasyon içeren k alt grubunda ortalama değişkenlik BC_{vk} , $k = 1, 2, \dots, K$ olmak üzere, yukarıdaki eşitlikte MST gruplar arası sapma kareler ortalamasını,

$$MST = \sum_{k=1}^K M_k (BC_{vk} - BC_v)^2 / (K - 1) \quad (3.97)$$

MSE ise, grup içi sapma kareler ortalamasını,

$$MSE = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{M_k} (C_{vk,j} - BC_{kv})^2 / (M - K) = SSE / (M - K) \quad (3.98)$$

temsil etmektedir. Görüldüğü gibi F istatistiğinin örnekleme dağılımı $\nu_1 = K - 1$ ve $\nu_2 = M - K$ serbestlik derecelerine sahip bir Fisher dağılımıdır. Öngörülen istasyon gruplamasının anlamlı sayılabilmesi için, (3.96)'den hesaplanan F değeri, α gibi bir anlamlılık düzeyine karşı gelen $F_\alpha(\nu_1; \nu_2)$ kritik değerinden önemli ölçüde büyük olmalıdır. Yukarıdaki eşitliklerde, $M = M_1 + M_2 + \dots + M_K$ bölgedeki toplam istasyon sayısını göstermektedir.

İstasyonların rasat sürelerinin n_{kj} eşit olmaması nedeniyle yukarıdaki ifadelerde klasik grup ortalamaları yerine, rasat süreleri dikkate alınarak bulunmuş ağırlıklı ortalamaların kullanılması; ayrıca MSE istatistiğinin payını teşkil eden SSE grup içi sapma kareler toplamının da, her bir alt gruptaki \bar{n}_k ortalama rasat uzunluğu,

$$\bar{n}_k = \sum_{j=1}^{M_k} n_{kj} / M_k \quad (3.99)$$

dikkate alınarak (3.100) eşitliğinden hesaplanması daha doğrudur.

$$SSE = \sum_{k=1}^K \left\{ \sum_{j=1}^{M_k} n_{kj} (C_{v,kj} - BC_{v,k})^2 / \bar{n}_k \right\} \quad (3.100)$$

Bir bölgenin değişkenlik katsayısı bakımından alt bölgelere ayrılıp ayrılmaması kararını vermek için uygulanan ve tek faktörlü varyans analizi ile örtüşen yukarıdaki yaklaşım, M=2 (iki alt bölge) özel halinde, iki alt gurubun toplum ortalamalarının karşılaştırılması ($H_0 : E\{C_{v,1}\} = E\{C_{v,2}\}$ hipotezinin sınanması) problemine indirgenir.

3.3.5.3 Alt Bölgelerde Grup İçi Homojenlik Kontrolü

k alt bölgesindeki j istasyonunun değişkenlik katsayısının $E\{C_{v_{kj}}\}$ beklenen değerinin BC_{v_k} alt bölge ortalamasından anlamlı ölçüde farklı sayılıp sayılmayacağına $H_0 : E\{C_{v_{kj}}\} = BC_{v_k}$ ve $H_1 : E\{C_{v_{kj}}\} \neq BC_{v_k}$ belli bir α anlamlılık düzeyinde test edilerek karar verilebilir. İstasyonlardaki gözlemlerin LN2 veya G2 ana dağılımından çekilmiş örnekler olduğu kabul edildiğinde, j istasyonundaki n_{kj} sayıda gözlemden hesaplanan $C_{v_{kj}}$ istatistiğinin örnekleme varyansı, LN2 dağılımında (3.40), G2 dağılımında (3.54) eşitliklerinde η yerine $C_{v_{kj}}$ örnek tahmini

kullanılarak LN2 dağılımı için (3.101a), G2 dağılımı içinse (3.101b) elde edilebilir (Benzeden, 2007; Erkuş, 2007).

$$Var(Cv_{kj}) = \frac{1}{4N} Cv_{kj}^2 (1 + Cv_{kj}^2)^2 (Cv_{kj}^4 + 4Cv_{kj}^2 + 2) \quad (3.101a)$$

$$Var(Cv_{kj}) = \frac{1}{2N} Cv_{kj}^2 (1 + Cv_{kj}^2) \quad (3.101b)$$

Değişkenlik katsayısının örnek tahmini kullanılarak,

$$t_{kj} = (C_{v_{kj}} - BC_{v_k}) / [Var(C_{v_{kj}})]^{1/2} \quad (3.102)$$

ifadesinden hesaplanan t_{k_j} istatistiğinin örnekleme dağılımı yaklaşık olarak $v_j = n_{kj} - 1$ serbestlik dereceli bir student-t dağılımıdır. $|t_{k_j}| < t_{\alpha/2; v_i}$ eşitsizliğini gerçekleyen istasyonların α anlamlılık düzeyinde homojen bölge ile uyumlu oldukları söylenebilir.

Özellikle t_{k_j} istatistiği mutlak değerce $t_{\alpha/2; v_i}$ kritik değerinin çok üzerinde olan istasyonların aykırı gözlemlerinin olup olmadığı incelenmeli; gerektiğinde bu istasyonlar gruptan çıkarılmalıdır.

Bir alt bölgedeki istasyonların üyesi oldukları varsayılan grup ile genel uyumunu test etmek için aşağıdaki test istatistiği kullanılabilir (Wiltshire, 1986; Bayazit 2004).

$$X_k^2 = \sum_{j=1}^{M_k} (C_{v_{kj}} - BC_{v_k})^2 / Var(C_{v_{kj}}) = \sum_{j=1}^{M_k} t_{kj}^2 \quad (3.103)$$

Örnekleme dağılımı $v_k = M_k - 1$ serbestlik dereceli bir Chi-kare dağılımı olan χ_k^2 istatistiği $\chi_{\alpha; v_k}^2$ kritik değerinden küçük ise alt bölgede homojenlik varsayımı α anlamlılık düzeyinde kabul görür. Aksi halde, yukarıdaki t-testlerinden de

yararlanılarak bölgesel homojenliği bozan istasyonlar kademeli olarak gruptan çıkarılmalıdır.

3.3.5.4 Bölgesel Tahmin Seçenekleri ve Tahmin Performansları

İstatistiksel açıdan homojen bir bölgede T tekerrürlü boyutsuz düşük akımın $\tilde{a}_k(T)$ bölgesel tahmini için uygulamada kullanılabilen başlıca alternatif yaklaşımlar şöyle sıralanabilir:

(1) BC_v bölgesel istatistiğine dayanan yaklaşım:

LN2 için,

$$\tilde{a}_k(T) = 1 + BC_{vk} \times K_T = \exp \left[Z_T \sqrt{\ln(1 + BC_{vk}^2)} - 0,5 \ln(1 + BC_{vk}^2) \right] \quad (3.104a)$$

G2 için,

$$\tilde{a}_k(T) \cong \left[1 - \left(\frac{BC_{vk}}{3} \right)^2 + \frac{BC_{vk}}{3} z_T \right]^3 \quad (3.104b)$$

(2) İstasyon kuantillerinin $\tilde{a}_k(T)$ ağırlıklı ortalamalarına dayanan yaklaşım:

$$\tilde{a}_k(T) = \bar{a}_k(T) = \frac{\sum_{j=1}^M n_{kj} a_{kj}(T)}{\sum_{j=1}^M n_{kj}} \quad (3.105)$$

(3) İstasyon kuantillerinin ağırlıklı meydanlarına dayanan yaklaşım:

$$\tilde{a}_k(T) = a_{kmed}(T) = med \{ a_{kj}(T) \} \quad (3.106)$$

(4) LN2 modelinde $B\sigma_y$ bölgesel istatistiğine (bölgesel logaritmik standart sapma) dayanan yaklaşım:

$$\tilde{a}_k(T) = \exp \left[Z_T B\sigma_{yk} - 0,5 B\sigma_{yk}^2 \right] \quad (3.107)$$

Bu ifadede $B\sigma_{yk}$ logaritmik standart sapmaların bölgesel ortalama değeridir.

$$B\sigma_{yk} = \frac{\sum_{j=1}^M n_{kj} \sigma_{y,kj}}{\sum_{j=1}^M n_{kj}} \quad (3.108)$$

(1) ve (4) nolu yaklaşımlarda boyutsuz bölgesel büyüme fonksiyonel nitelikte; sonraki yaklaşımlarda ise kesikli (kırık çizgi) niteliğindedir.

Belli bir T_1 tekerrür aralığı için homojen bölgede $j=1,2,\dots,M_k$ istasyonlarının kendi frekans dağılım fonksiyonlarından hesaplanan $a_{kj}(T_1)$ boyutsuz düşük akım tahminleri, aynı tekerrürlü $\tilde{a}_k(T_1)$ bölgesel tahmini etrafında değişir. Yukarıdaki her yaklaşım için bu değişim, Burn (1989) tarafından önerilen aşağıdaki ağırlıklı varyans esas alınarak ölçülebilir (Erkuş, 2007).

$$V_k(T_1) = \frac{\sum_{j=1}^{M_k} n_{kj} [a_{kj}(T_1) - \tilde{a}_k(T_1)]^2}{\sum_{j=1}^{M_k} n_{kj}} \quad (3.109)$$

$V_k(T_1)$ değerleri daha küçük olan bölgesel tahminlerin performansı yüksek sayılabilir.

Ayrıca $T=2, 5, 10, 20, 50, 100$ gibi değişik tekerrür aralıklı bölgesel tahminlerin göreceli performansları aşağıdaki ağırlıklı göreceli yanlılık (BIAS) ve karesel ortalama hatanın karekökü (RMSE) ölçütleri kullanılarak da değerlendirilebilir. (Erkuş, 2007).

$$BIAS = \left\{ \sum_{j=1}^{M_k} \frac{n_{kj}}{L} \sum_{l=1}^L \left[\frac{a_{kj}(T_l)}{\tilde{a}(T_l)} - 1 \right] \right\} / \sum_{j=1}^{M_k} n_{kj} \quad (3.110)$$

$$RMSE = \left\{ \sum_{j=1}^{M_k} \frac{n_{kj}}{L} \sum_{l=1}^L \left[\frac{a_{kj}(T_l)}{\tilde{a}(T_l)} - 1 \right]^2 \right\} / \sum_{j=1}^{M_k} n_{kj} \quad (3.111)$$

Yukarıdaki ölçütleri genel olarak en küçük olan bölgesel tahmin yaklaşımının en iyi olduğu söylenebilir.

3.4 Regresyon Analizi

İki değişken arasında anlamlı bir doğrusal korelasyon bulunduğunda, değişkenlerden birinin diğerine göre tanımlanmasını sağlayan bağıntıya *doğrusal regresyon denklemi* denir. Regresyon denkleminin doğrusal olup olmayışına göre, korelasyon ve regresyon analizi doğrusal veya eğrisel (en basiti logaritmik) olabilir. Pratikte basit olusu ve fiziksel anlamının açık olusu nedeniyle doğrusal korelasyon ve regresyon sık kullanılır. Eğrisel olması halinde, her iki değişkene veya sadece birine uygun dönüşüm uygulanarak, doğrusal çözümleme de yapılabilir.

Üstel (log-linear) regresyon modeli, lineer regresyon modelinin özel bir halidir. Bu sebeple, üstel regresyon modelinin regresyon katsayılarının doğrusal en küçük kareler (DEKK) yöntemiyle hesabı özetlenmiştir. Üstel regresyon modeli,

$$\hat{Q}_{0,i} = \alpha * A_i^\beta \quad (3.112)$$

biçimindedir. $x_i = \ln(A_i)$ ve $y_i = \ln(Q_{0,i})$ dönüşümü yapılarak bu model x ve y logaritmik değişkenleri arasında basit doğrusal (log-linear) forma indirgenebilir:

$$y_i = \ln a_0 + b_0 \ln(A_i) = a'_0 + b_0 y_i \quad (3.113)$$

Doğrusal formdaki bu modelin α ve β parametrelerinin a_0 ve b_0 DEKK tahminleri, aşağıdaki ifadelerden hesaplanabilir.

$$b_0 = \frac{N \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (3.114a)$$

$$a'_0 = \ln a_0 = (\sum y_i - b_0 \sum x_i) / N = \bar{y} - b_0 \bar{x} \quad (3.114b)$$

(3.112) eşitliğindeki $a_0 = e^{a'_0}$ dönüşümüyle elde edilir.

Klasik Doğrusal En Küçük Kareler (DEKK) yöntemi, ağırlıklı en küçük kareler (AEKK) yönteminin özel bir halidir. Aşağıda AEKK yöntemi ile parametre hesabı özetlenmiştir (Bayazıt, 1996, 1998; Benzeden, 2007).

(3.113) eşitliği ile doğrusal forma indirgenen bağıntının regresyon katsayılarının ağırlıklı en küçük kareler yöntemi tahminlerini a_w ve b_w ile gösterelim:

$$\hat{y} = \ln \hat{Q}_0 = a_w + b_w x = \bar{y}_w + b_w (x - \bar{x}_w) \quad (3.115)$$

Bu eşitlikte \bar{x}_w ve \bar{y}_w verilerin ağırlıklı logaritmik ortalamaları, a_w ve b_w ise $\ln \alpha$ ve β 'nin ağırlıklı örnek tahminleridir.

Bölgede verileri kullanılan istasyonların rasat süreleri genellikle birbirinden farklı olduğundan ve herhangi bir istasyondaki incelenen istatistiğinin örnekleme varyansı bu istasyondaki n_i rasat uzunluğuyla orantılı değiştiğinden, ağırlıklı en küçük kareler (AEKK) yönteminde $e_i^2 = (y_i - \hat{y}_i)^2$ karesel hataları $w_i = n_i$ katsayıları ile ağırlıklandırılarak parametre hesabı yapılmaktadır (Tasker 1980; Stedinger & Tasker, 1985; Benzeden, 2007). Ağırlıklı hata kareler toplamı (amaç fonksiyonu):

$$SSE_w(a_w, b_w) = \sum_{i=1}^N w_i e_i^2 = \sum_{i=1}^N w_i [y_i - (a_w + b_w x_i)]^2 \quad (3.116)$$

şeklinde, sadece a_w ve b_w regresyon katsayılarının bir fonksiyonudur. Regresyon katsayıları SSE_w fonksiyonunun a_w ve b_w ye göre kısmi türev denklemlerinden elde edilen aşağıdaki esikliklerden hesaplanabilir (Bayazıt, 1996; Benzeden, 2007).

$$b_w = \frac{(\sum w_i)(\sum w_i x_i y_i) - (\sum w_i x_i)(\sum w_i y_i)}{(\sum w_i)(\sum w_i x_i^2) - (\sum w_i x_i)^2} \quad (3.117)$$

$$a_w = \frac{\sum w_i y_i - b_w \sum w_i x_i}{\sum w_i} = \bar{y}_w - b_w \bar{x}_w \quad (3.118)$$

Bu eşitliklerde ağırlıklar toplamı, regresyona giren istasyonların toplam istasyon-yıl sayısıdır.

$$N_w = \sum_{i=1}^N w_i = \sum_{i=1}^N n_i \quad (3.119)$$

Bağımlı değişkenin ağırlıklı fark kareler toplamı

$$SYY_w = SST_w = \sum_{i=1}^N w_i (y_i - \bar{y})^2 \quad (3.120)$$

olup, bunun AEKK parametrelerine dayanan (3.115) no'lu regresyon çizgisi tarafından tanımlanabilen kısmı (ağırlıklı determinasyon katsayısı) oransal olarak

$$D_w = \frac{SSR_w}{SST_w} = 1 - \frac{SSE_w}{SST_w} \quad (3.121)$$

kadardır. D_w 'nin pozitif karekökü, ağırlıklı korelasyon katsayısını verir.

$$|R_w| = \sqrt{D_w} \quad (3.122)$$

Yukarıda verilen eşitliklerde, tüm istasyonlar için $w_i=1$ alındığında, klasik en küçük kareler (DEKK) yöntemine ait (3.114a) ve (3.114b) bağıntılarına ulaşılır. Dolayısıyla, bu bağıntılardaki w alt simgeleri ortadan kalkar. Örneğin, DEKK yönteminde hata kareler toplamı (3.123) ve hata varyansı ise (3.124) denkleminde verilmiştir (Benzeden, 2007).

$$SSE = \sum e_i^2 = \sum [y_i - (a + bx_i)]^2 \quad (3.123)$$

$$S_e^2 = SSE / (N - 2) \quad (3.124)$$

olur.

BÖLÜM DÖRT

UYGULAMA ALANI VE VERİLER

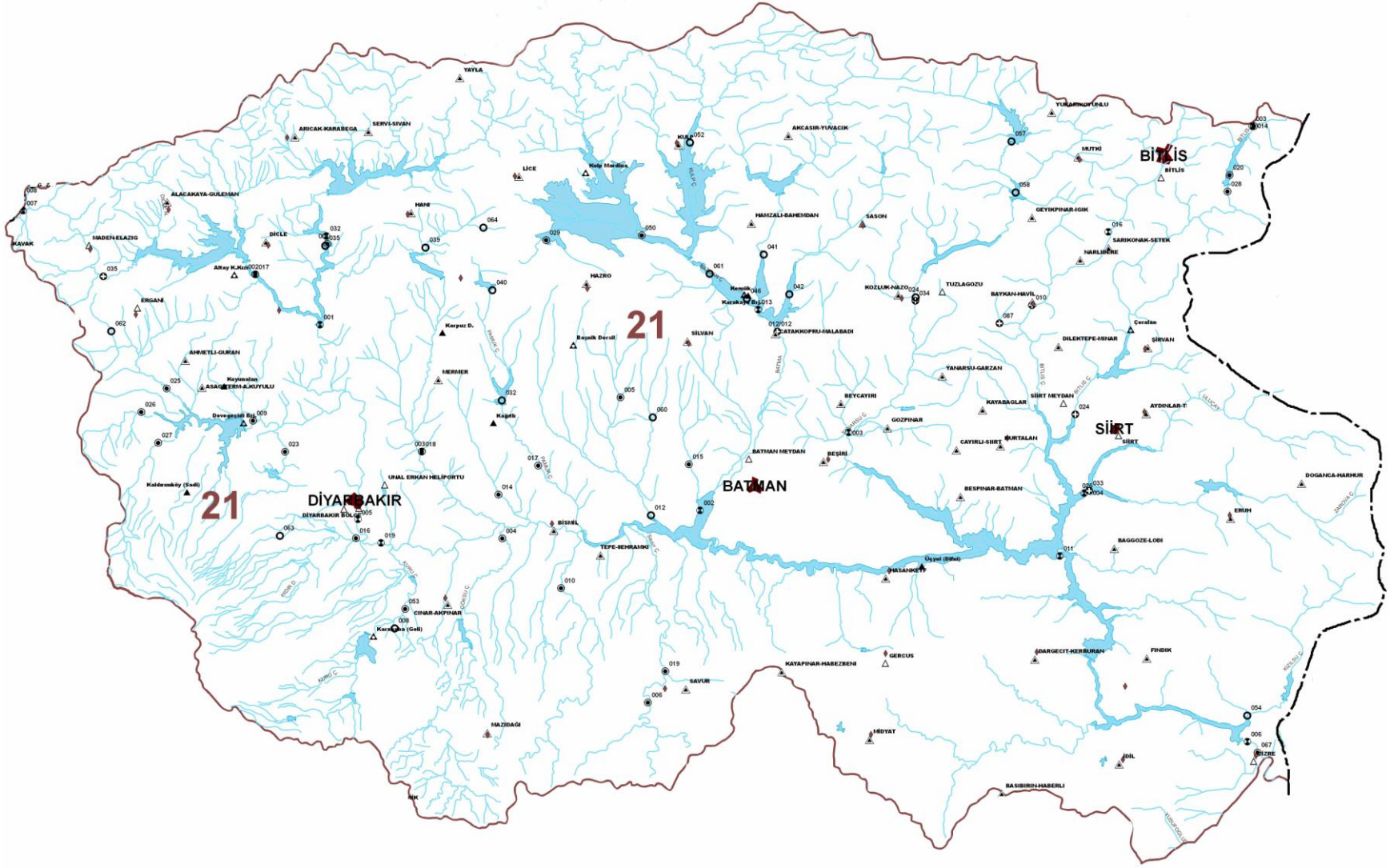
4.1 Havza Tanımı

Dicle havzası (26 no'lu havza) Türkiye'nin güneydoğusunda 36°45'- 38°42' kuzey enlemleri ve 39°44' – 44°46' doğu boylamları arasında konumlanmıştır. Havzanın iki önemli akarsuyu Dicle ve Büyük Zap'tır. Sınır aşan küçük dereler hariç, bu iki akarsuyun Türkiye içindeki toplam yağış alanı 57615 km²; ortalama su potansiyeli toplam 17,1 ilâ 24 km³/yıl civarındadır (Öziş, 1971; Öziş, Tatlıoğlu ve Baran, 1985; Baran, 1987; Öziş ve diğer., 1999; Özdemir ve Öziş, 2000; Bilen, 1996). Havza sınırları ve su kaynakları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

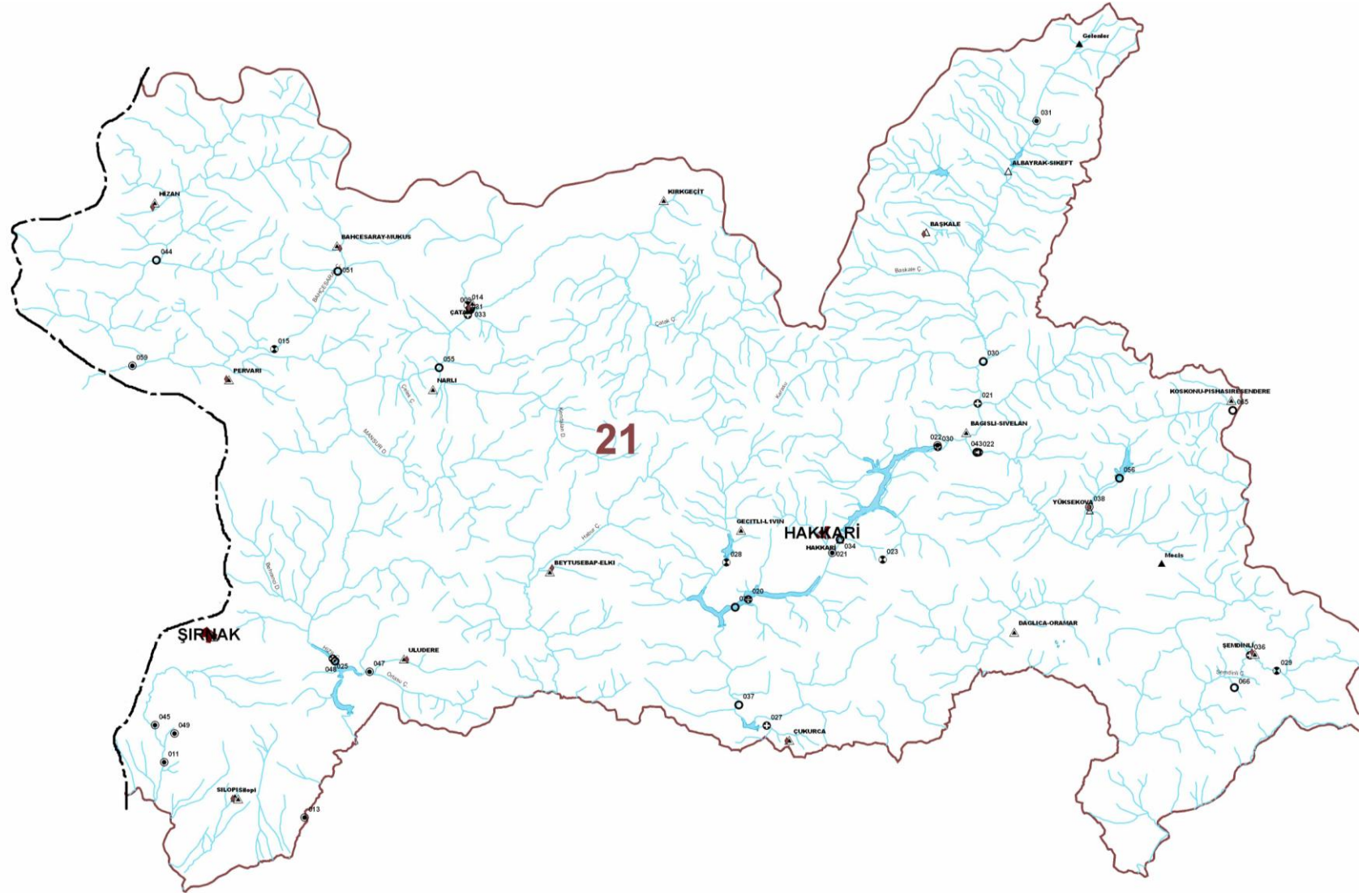
4.1.1 Dicle Nehri

Dicle Nehri, 2.000 ve 3.500 m. arasında değişen Yaylım Dağları'ndan doğar. Mestan ve Murtazan dağlarını drene eden Kehkik ve Azizyan deresi ile başlar. Önce güneydoğuya doğru akar, Fırat boyunca uzanan yüksek sıra dağların güney eteklerini drene eden Halikan deresi, Fatrakum deresi ve önemsiz birkaç kol alarak büyür (DSİ, 1977; Kayaalp, 2003). Maden ilçesinden geçerek burada Maden Çayı adını alır, ilçenin güneyinden itibaren doğuya yönelir. Batı-doğu istikametinde akarken kuzeyden Gümüş Çayı, Han Çayı, Yalnızdamlar Çayı karışır ve tekrar güneydoğuya döndükten sonra Kralkızı Barajı'na gelir (DSİ, 1977). Maden Çayı, güneydoğu doğrultusunda U şeklindeki derin vadiye ilerlerleyerek güney istikametinde akan Dipni Çayı ile Dicle Baraj yerinde birleşir.

Dipni (Amini, Berkilin) Çayı, Kaletepe civarında (1300m) doğar. Doğu-Batı istikametinde akarken kuzeyden Aktepe civarından doğan Kasrek deresini, Büyükdağ civarından doğan Diri Çayı, Kapıtepe'den doğan Bezen Suyunu alır ve güneye dönerek U vadiye girer ve Dipni Çayı ile birleşir (DSİ, 1977). Tepeköy mevkiinden itibaren Diyarbakır'a kadar dik ve derin bir vadiden akar; Hantepe (Halviran) köyünden 5km sonra Devegeçidi Çayı ile birleşir.



Şekil 4.1a Batı Dicle Havzası hidrometri istasyonları (DSİ, 2005)

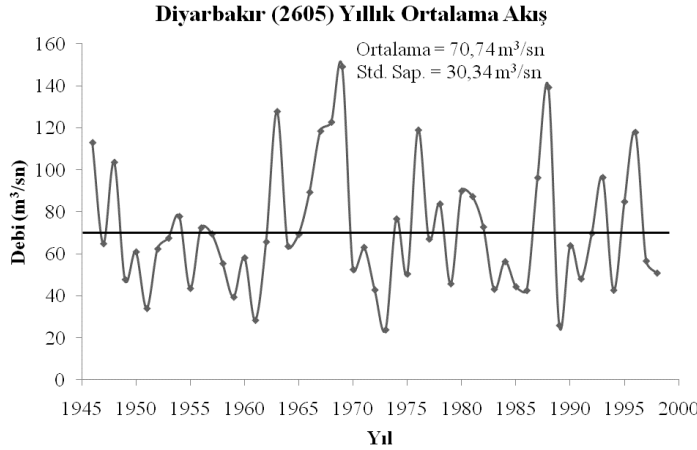


Şekil 4.1b Doğu Dicle Havzası hidrometri istasyonları (DSİ, 2005)

Devegeçidi Çayı (Furtaksa Deresi), Karacadağ eteklerinden doğar. Batı-doğu doğrultusunda akar. Kuzeyden Maden ilçesinden gelen Boğaz Çayı, güneyden Karacadağ eteklerinden doğan Kollu ve Ayşe derelerini alır. Devegeçidi Çayı üzerinde 1972 yılında sulama amaçlı Devegeçidi Barajı işletmeye açılmıştır (DSİ, 1977).

Dicle Nehri, Devegeçidi Çayı ile birleştikten sonra güneydoğuya doğru dar ve derin vadilerden geçip Diyarbakır şehrinden ve Diyarbakır (2605) istasyonundan geçer.

Diyarbakır istasyonu $5655,2 \text{ km}^2$ yağış alanına sahiptir. 1946 ve 1998 yılları arasında ortalama akım $70,74 \text{ m}^3/\text{sn}$ olup akım rejimi düzenlidir (Şekil 4.2). Aşırı kurak yıllarda (1973, 1989) gibi kurak mevsimde nehir debisi $24 \text{ m}^3/\text{sn}$ seviyesinde düşmektedir. Yukarı havzanın batısı, kuzeydoğu kesimine göre daha kurak olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2 Diyarbakır (2605) istasyonunda yıllık akış değişimleri

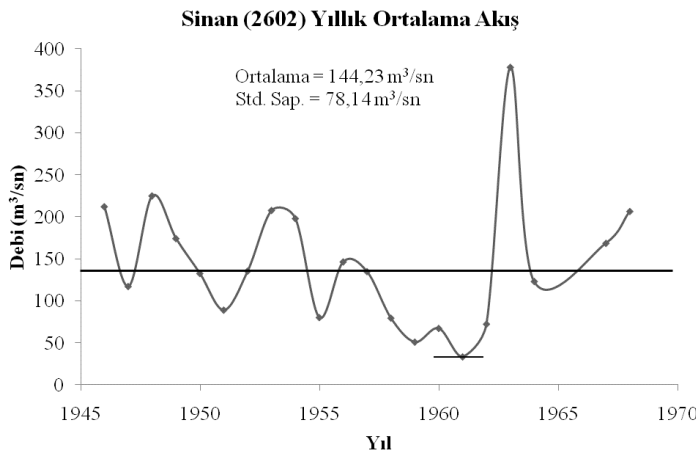
Dicle Nehri, Diyarbakır'ın güneyinde 8 km mesafede batı-doğu doğrultusunda akan Kodi Deresi ile birleşerek doğuya yönelir. Birleşim yerinin membası Yukarı Dicle Havzası olarak adlandırılır.

Batı-doğu doğrultusunda ilerleyen Dicle ana yatağına, güneyden ve Mardin eşliğinden inen Pamukluk Deresi, Göksu Çayı, Kuşu Deresi ve Savur Çayı; kuzeyden

Toros Dağları yamaçlarından inen Anbar Çayı, Kuruçay, Pamuk Çayı ve Baslık Çayı katılır. Güneydeki yan kollar: Göksu Nehri ve Savur Deresi'nin Dicle su potansiyeline katkısı daha az öneme sahiptir.

Batman Çayı 4988,4 km² yağış alanına sahip olup Muş ilinin güneybatısındaki Kulp ve Sason ilçeleri civarındaki kollardan beslenir. Bu kollar sırasıyla Lice ilçesinin doğusunda Sarım Çayı, Kulp ilçesinin yakınlarından geçen Kulp Çayı, Taleri Çayı ve Sason ilçesinin içinden geçen Sason Çayı'dır. Bu çaylar güneye doğru akarak Diyarbakır-Siirt yolu üzerinde ve Silvan'a 20 km uzaklıktaki Malabadi köprüsünün yaklaşık 7 km yukarısında Batman Çayı'nın oluştururlar (Kayaalp, 2003). Batman çayı güneye doğru akar; Batman Barajı'ndan geçer ve Dicle Nehrine katılır.

Batman Çayı'nın, Dicle Nehri ile birleşimindeki Sinan (2602) istasyonunda ortalama yıllık (1946-1968) akımı 144,23 m³/sn'dir (Şekil 4.3). Bu koldaki verim (0,91 hm³/km²), Diyarbakır veriminden (0,39 hm³/km²) önemli ölçüde yüksektir. Yağış alanının yukarı kesimlerdeki kar erimesi nedeniyle Haziran'da da yüksek yüzey akışları görülebilmektedir. Kurak ve yağışlı yıllar arasında aşırı yıllık değişimler gözlenmektedir. Çok kurak yıllarda, Eylül ayı akımları yalnızca birkaç m³/sn'ye kadar azalır.

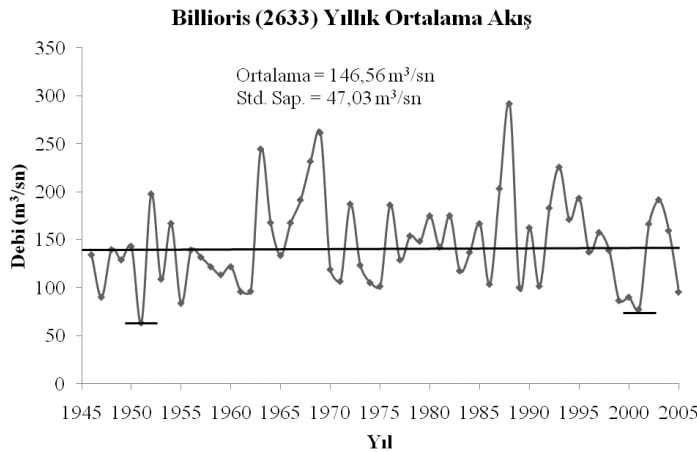


Şekil 4.3 Sinan İstasyonunda yıllık akış değişimleri

Garzan Çayı 2.759 km² yağış alanına sahiptir. Bitlis'in Mutki ilçesinin batısındaki küçük kollar ve Keyburan suyu ile beslenerek, Kozluk ilçesinin yaklaşık 1 km yakınından geçip güneybatıya doğru akar. Beşiri ilçesine 1,5 km uzaklıktaki Beşiri (2603) AGİ'dan güneydoğuya doğru kıvrılarak Dicle Nehrine katılır (DSİ, 1977; Kayaalp, 2003). Akım rejimi Batman Çayı'na benzerlik göstermektedir; aşırı kurak ve yağışlı yıllar arasındaki fark daha azdır.

Botan Çayı 8747 km² yağış alanına sahiptir. Dicle havzasının kuzeydoğusunda Van ili sınırları içinde yer alan Çatak (Sortkin) deresi, bunun batısında Müküs Çayı, Bitlis ili Karasu ilçesi yakınlarından geçen Ankis deresi kollarından oluşur. Botan Çayı kuzeybatısında gelen Kezer (Güzel) Çayı ve Bitlis Çayı ile Billioris (2633) istasyonundan hemen sonra Botan Çayı ile birleşerek güneye doğru akar ve Dicle Nehri'ne katılır (DSİ, 1977; Kayaalp, 2003).

Garzan ve Batman çaylarına göre Botan Çayı'nda akışlar daha düzenlidir. Akım rejiminde kar erimesi önemli bir rol oynamaktadır. Aşırı kurak geçen Eylül aylarına bugüne kadar rastlanmamıştır. Ortalama aylık akım 27,7 m³/sn (Eylül, 2001) ile 867 m³/sn (Mayıs 1967) arasında değişmekte (Şekil 4.4); ortalama yıllık akımı 146,56 m³/sn; verimi 0,53 hm³/km²'dir.



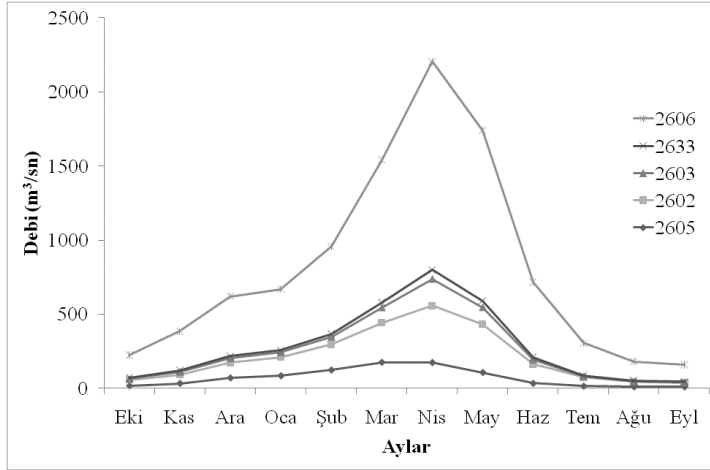
Şekil 4.4 Billioris (2633) istasyonunda yıllık akış değişimi

Raman Dağı'nın güney eteklerinde dar boğazlardan geçerek Botan Suyu ile birleşen Dicle Nehri güneye yönelir. Birleşim yerinin mansabı Orta Dicle Havzası

olarak adlandırılır. Orta Dicle Havzası'nda akan su güneydeki sıradağları takip eder 2611 Rezuk istasyonu ve Ilısu Baraj aksından geçer.

Ilısu Barajı için yapılan hidrojeolojik çalışmalarda Rezuk - Ilısu arasında önemli karstik pınar katkılarının olduğu saptanmıştır. Bu bölgede aşağı kısmı marnlı, killi ve kireçli, üst kısmı boşluk, mağara ve karstik kaynakları şeklinde yapı gösteren Midyat formasyonları bulunmaktadır. Bu formasyon, Ilısu baraj aksından 33 km membada Rezuk civarında verimleri 0,5-0,8 m³/sn, baraj aksından 15 km membada Pireder Deresi'nde 0,5-0,6 m³/sn, baraj aksından 15 km mansapta ise 4m³/sn civarında karstik akışlar oluşturmaktadır. Havza'daki karstik alanların dağılımı ve geçirimli yapı oldukça değişkendir. Ayrıca buradan Midyat formasyonu haricinde başka formasyonlarda da karstik etkiler görülmektedir (IÇG, 2005). Özdemir ve Öziş (2000) çalışmalarında Orta Dicle'nin güneyinde sağ sahilde verimi 3-4 lt/sn/km², sol sahildeki verimi 14-17 lt/sn/km² olduğunu hesaplamışlardır; aradaki farkınsa sol sahilde kısmen pınar katkıları olmalarına dayandırmışlardır.

Dicle Nehri, Ilısu'dan geçer; birkaç kol alarak büyür ve 55 km güneyde Cizre'ye ulaşır. Cizre'nin 20 km membasında vadi genişler ve sınıra kadar bir ovada akar. Cizre'de Dicle Nehri 35517 km²'lik yağış alanına ulaşır. Ortalama yıllık akım yaklaşık 525,11 m³/sn; verimi 0.47 hm³/km²'dir. 1937-1989 yılları arasındaki tahminlenen uzun dönem muhtemel debisi ise 543 m³/sn'dir (Özdemir ve Öziş, 2000). Akımın yarısından fazlası (%56) yağışlı mevsimde, Mart ve Mayıs ayları arasında gerçekleşir. Nisan ve Haziran ayları arasında, akım rejimi, büyük ölçüde, yukarı havzadaki dağlardan kaynaklanan kar erimesi ile belirlenir. Yıldan yıla büyük değişiklikler yaşanır ve kurak ve yağışlı yıllar arasında 5 kattan fazla farklar gözlenir.. Kaydedilen en düşük ortalama aylık akımlar ise Ağustos ile Ekim arasında gözlenmekte olup, en kurak ay genellikle Eylül'dür, ve bu ayda aylık akımın uzun yıllar ortalaması 130 m³/sn'dir. Bütün kayıt dönemi içerisinde asgari aylık ortalama 75,5 m³/s'dir.



Şekil 4.4 Diyarbakır (2605), Billioris (2633), Sinan (2602), Beşiri (2603) ve Cizre (2606) istasyonlarında aylık akış ortalama akış hidrografları

Dicle Nehri, Cizre'yi geçtikten birkaç km sonra sınırı oluşturan Habur Suyu'nu alarak Irak topraklarına girer. Nordüz ve Feraşın platolarından doğan Habur Suyu, güneybatı yönünden akarak Beytüşşebap'tan geçer; sonra, güneye dönerek Tanin ve Altın dağları arasındaki çöküntü oluğundan geçip, Irak topraklarına girer. Irak'tan Zaho'yu geçtikten sonra yeniden Türkiye il sınırlarını oluşturacak şekilde akar ve Siirt il sınırında Dicle'yle birleşir. Dicle ile birleşmezden önce, Uludere yöresinden doğan ve Siirt'in Irak il sınırını oluşturacak şekilde akan Hezil Suyu'nu alır.

Türkiye sınırını terk eden Dicle, Irak toprağında bir çöküntü vadisinde akarak, dar boğazları aşar, Musul'da Büyük ve Küçük Zap sularıyla birleşir. Basra'nın 64 km yukarısında Fırat'la birleşerek Şatt-ül-arap adını alır, Basra Körfezi'ne dökülür. Toplam 1850 km uzunluğundaki Dicle nehrinin Türkiye sınırları içindeki uzunluğu 400 km'dir. Yağış alanı ise 40.085 km²'dir (Özdemir ve Öziş, 2000; Bilen, 1996; Bakış, 2007).

4.1.2 Büyük Zap (Çığlı) Suyu

Zap Suyu, Van Gölü'nü çevreleyen dağların güney yamaçlarından doğar. Van'ın doğusundaki Mengene Dağı ve İran sınırı yakınındaki Haravil (Yiğit) Dağı yamaçlarından inen sular güneybatı yönünde akarak Albayrak (Zapbaşı) köyü doğusuna gelir. Albayrak'tan sonra güneye dönerek Başkale'nin doğusundan Hakkâri

il sınırlarına girer. Başkale vadisinden geçerken aldığı bazı derelerle büyür. Mordağ'ın batısına geldiğinde derin ve dar vadiye ilerler ve yeniden güneybatıya yönelir. Yüksekova'nın kuzeydoğusundaki sınır dağlarından kaynaklanan Nehil (Yüksekova) Suyu ile birleşir. Birleşim yerinin membası Yukarı Zap Havzası, mansabı ise Aşağı Zap Havzası olarak adlandırılır.

Karadağ ile Cilo Dağı arasındaki dar vadi oluşundan akmaya devam eden Zap Suyu, Hakkâri il merkezinden sonra geniş bir yay çizerek Samur Dağı'nın çevresini, batı-güneydoğu yönünden geçer ve Çukurca yöresinden Irak'a girer. Irak topraklarında önce güneydoğu, sonra da güneybatı yönünde akar ve Musul'un 40 km kadar güneyinde Dicle Nehrine katılır. Zap Suyu'nun ülke sınırları içindeki uzunluğu 200 km kadardır. Türkiye sınırları içindeki yağış alanı 6.780 km²'dir (Bakış, 2007).

Zap Suyu, yağmur, kar ve buzul sularıyla beslendiğinden ilkbaharda ve yaz başlarında kabaran suları kışın azalır. Besleme alanı, karlarla örtülü yüksek dağlarla çevrili olduğundan suyu her mevsim boldur. Havza verimlerinin Yukarı Zap Havzasında 4 lt/sn/km²'den başlayıp mansaba doğru 16 lt/sn/km² kadar düştüğü; çok önemli pınar katkısı olan istasyonlarda ise 30 lt/sn/km² kadar yükseldiği tahmin edilmiştir (Özdemir ve Öziş, 2000). Zap Suyu'nun 11 yıllık gözlem periyodunda ortalama debisi 107 m³/sn, uzun dönemde muhtemel debisi 144 m³/sn civarındadır (Özdemir ve Öziş, 2000).

4.2 Mevcut Yapılar

Dicle havzası 21,33 milyar m³ su potansiyeli ile 186 milyar m³ civarındaki Türkiye havzaları potansiyelinin %11'lik kısmını oluşturmaktadır (Öziş, ve diğer., 1997; Demirci, 1996). Ancak, günümüze kadar bu potansiyelin çok küçük bir kısmı değerlendirilebilmiştir.

Havzadaki ilk tesisler sulama ihtiyacını karşılamak için inşa edilen küçük göletler ve regülatörlerdir. Havzada doğal akışları düzenleyen ilk tesis 1972 yılında işletmeye açılan, Devegeçidi çayı üzerindeki sulama amaçlı Devegeçidi Barajı'dır. Bu tesis 195

hm³'lük maksimum düzenleme kapasitesine sahip olup, havza su potansiyeli dikkate alındığında, Diyarbakır (2605), Rezuk (2611) ve Cizre (2606) istasyonlarında gözlenen akışlar üzerindeki düzenleme etkisi ihmal edilecek kadar azdır. Ayrıca 1996 yılında işletmeye alınan Göksu Deresi üzerinde Göksu Barajı'nın da Dicle anakol istasyonları üzerindeki etkisi ihmal edilecek kadar azdır.

İlk büyük düzenleme yapısı 1998 yılında işletmeye açılan, Maden Çayı üzerindeki Kralkızı Barajı'dır. Havzada işletmede olan diğer büyük düzenleme tesisleri ise, 1998 yılında işletmeye açılan Dicle Barajı ve 2003 yılında işletmeye açılan Batman Barajı'dır. Kralkızı Barajı'nın 1717 hm³, Dicle Barajı'nın 255 hm³ ve Batman Barajı'nın 762 hm³ aktif düzenlenmiş hacmi olup, bu barajlar yıldan yıla uzun süreli düzenleme yapabilmektedir. Anakol üzerindeki Ilisu Barajı'nın yapımına başlanmış olup, Cizre Barajı kesin proje aşamasındadır. Havza'daki mevcut tesislere ait bazı karakteristikler Tablo 4.1'de sunulmuştur (DSİ, 2009a; 2009b; 2009c).

Zap Suyu ana kolu ve yan kolları üzerindeki hali hazırda mevcut herhangi bir yapı bulunmamaktadır (Demirci, 1996; Bakış, 2007). 4628 sayılı yasa kapsamında özel sektör firmaları Zap Suyu ve Botan Çayı üzerinde yap-işlet-devret usulü enerji santralleri planlamaktadırlar.

4.3 Veriler

Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) 1935 yılında kurulmasıyla beraber Dicle Havzası'nda (26 nolu ana havza) düzenli akarsu gözlemleri yapmaya başlamıştır. EİE ilk olarak 1945 yılında Dicle anakolu üzerinde Diyarbakır (2605) istasyonunda ve Botan çayı üzerinde Billioris (2604) istasyonunda kayıt almaya başlamış, daha sonra havzanın önemli noktalarında ve Zap Suyu üzerinde akarsu gözlem istasyonları (AGI) kurmuştur. 1954 yılında kurulan ve EİE'nin birçok görevini yüklenen Devlet Su İşleri (DSİ) 1959 yılında Dipni çayı üzerinde kurduğu Dipni Köprüsü (26-01)

Tablo 4.1 Dicle havzası mevcut tesisler ve karakteristikleri (DSİ, 2009a; 2009b; 2009c)

YAPI TÜRÜ	YAPI ADI	SU KAYNAĞI	AMAÇ	İŞLETME AÇ.TAR.	KOORDİNAT		YAĞIŞ ALANI (km ²)	GÖL HACMİ (hm ³)	AKTİF HACİM (hm ³)	YILLIK ORT. SU (hm ³)	SULAMA ALANI	
					Kuzey	Doğu					Net (ha)	Brüt (ha)
Baraj	Batman	Batman Ç.	E+S	2003	38 ° 09 "	41 ° 12 "	4015	1250	762	4198	37744	32950
Baraj	Dicle	Maden Ç. + Dipni Ç.	E+S+İ	2000	38 ° 14 "	40 ° 10 "	3216	595	255	1896	126080	
Baraj	Kralkızı	Maden Ç.	E	1998	38 ° 21 "	40 ° 01 "	1300	1919	1717	761	0	0
Baraj	Göksu	Göksu Ç.	S	1996	37 ° 40 "	40 ° 27 "	672	62	46,5	86	4234	3582
Regülatör	Kozluk Sul.	Garzan Ç.	S	1996	41 ° 31 "	38 ° 11 "	1749	-	-	-	3973	3362
Gölet	Ceffan	Nehir D.	S	1986	° "	° "	83	6,845	5,42	10,257	400	338
Gölet	Gercüş - Kırkat	Nehir D.	S	1985	37 ° 34 "	41 ° 21 "	40,4	3,155	2,549	3,16	348	300
Gölet	Yıldız - Arbet	Sumaki D.	S	1983	° "	° "	168	2,773	2,273	2,773	261	221
Gölet	Kabaklı	Kodiköy D.	S	1980	37 ° 55 "	40 ° 18 "	22,3	1,21	0,914	1,6	140	87
Gölet	Beşpınar	Kuruçay D.	S	1980	37 ° 46 "	40 ° 21 "	25	1,346	1,196	1,73	112	95
Baraj	Devegeçidi	Devegeçidi Ç.	S	1972	38 ° 03 "	39 ° 58 "	1578	202,32	194	187	10600	5800
Regülatör	Silvan Sul.	Batman Ç.	S	1972	38 ° 09 "	41 ° 12 "	4015	-	-	4200	8790	7590
Gölet	Şerifbaba	Delka D.	S	1971	° "	° "	30	1,971	1,806	1,791	160	160
Gölet	Gözegöl	Çağtiran Ç.	S	1964	37 ° 58 "	40 ° 03 "	154	16,1	11,14	16,1	650	550
Gölet	Ortaviran	Ortaviran D.	S	1963	° "	° "	23,5	2,206	1,251	2,15	135	125

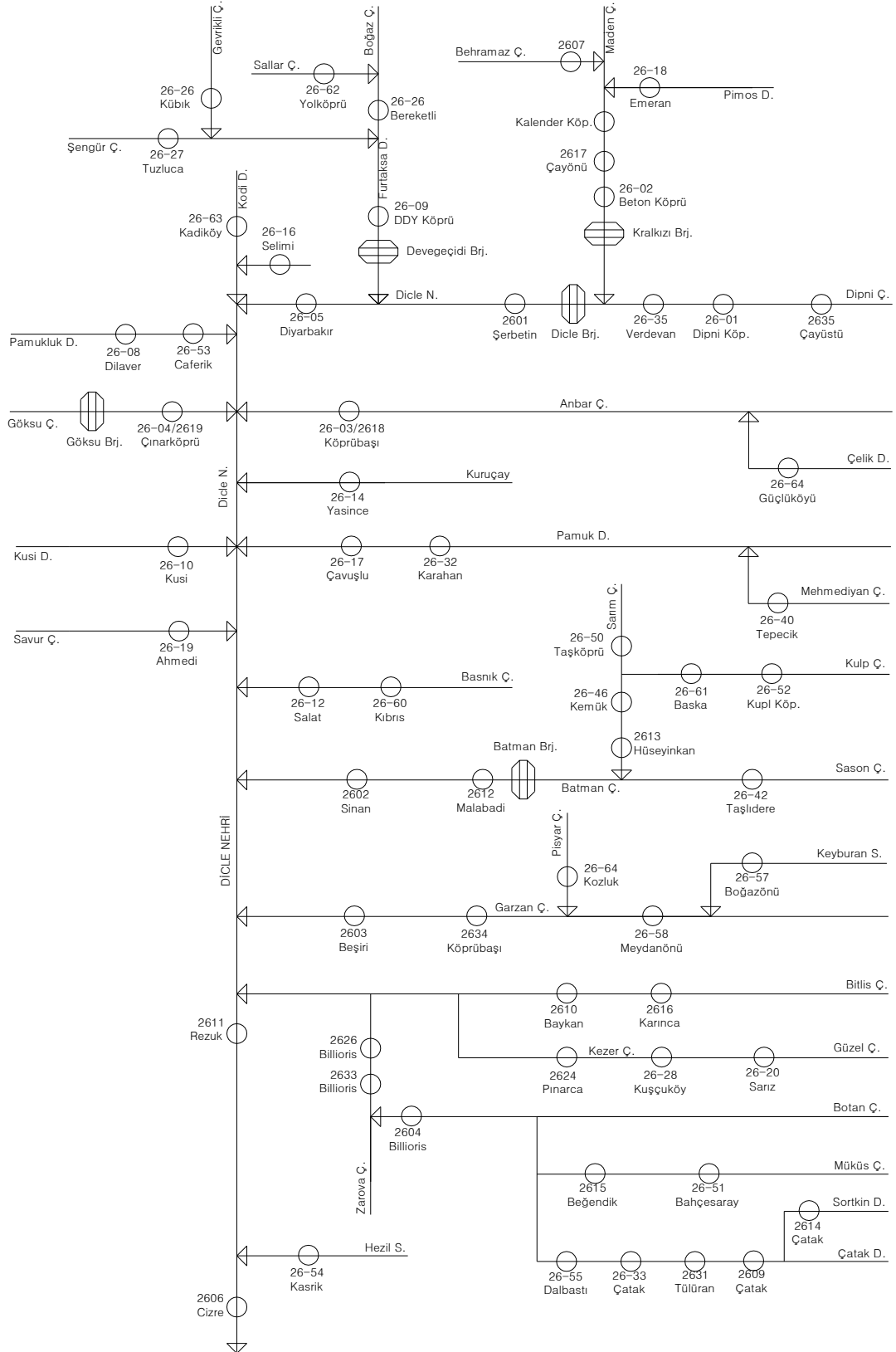
istasyonu ile Dicle havzasında düzenli akım gözlemi yapmaya başlamıştır. Dicle Nehri, Zap Suyu ve yan kolları üzerinde 48'i DSİ' ye 38'i EİE'ye ait olmak üzere toplam 86 akım gözlem istasyonu (AGİ) açılmıştır (DSİ, 2005; EİE 2005). Bunların halen 16'sı EİE, 32'si ise DSİ tarafından işletilmektedir. EİE ve DSİ tarafından kurulan akım gözlem istasyonlarının şematik konumları Şekil 4.4 ve 4.5'te başlıca özellikleri ise Tablo 4.2 ve 4.3'te, gösterilmiştir.

Bu çalışmada 1946-2005 su yıllarındaki günlük akış verileri kullanılmıştır. Birçok istasyonun gözlem periyodu içerisinde belli dönemlerde çeşitli sebeplerden ötürü rasatlar eksiktir. Ayrıca kısa bir süre çalıştırdıktan sonra kapatılmış olan istasyonlar bulunmaktadır. İstasyonların 1946-2005 döneminde gözlem yapılabildiği su yılları (istasyon–yıl şeması) Ek I'de gösterilmiştir.

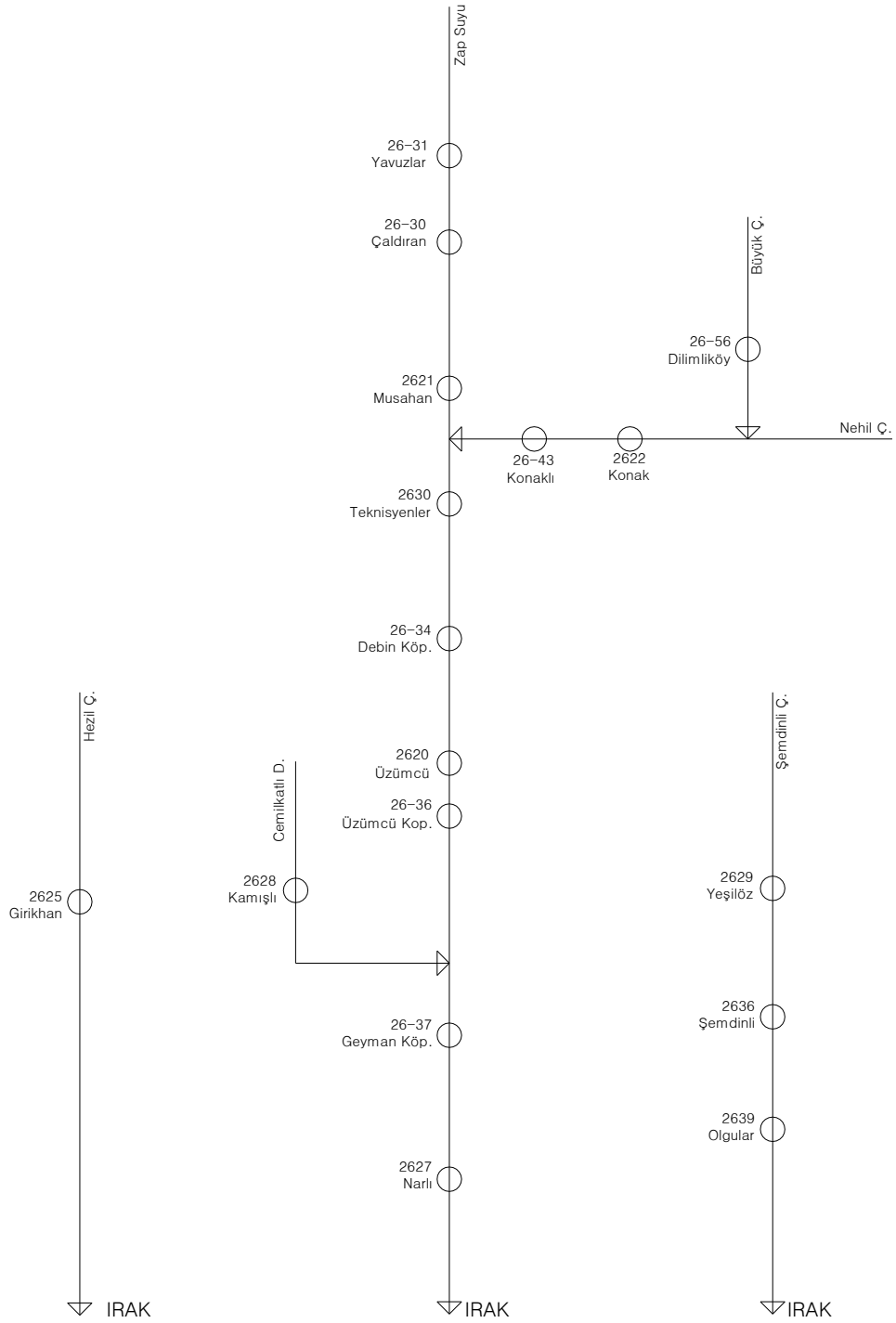
4.3.1 Verilerin Kontrolü ve Ön Değerlendirilmesi

DSİ ve EİE kayıtlarına göre (DSİ, 2005; EİE 2005) Dicle havzasında 48'i DSİ'ye, 39'u EİE'ye ait olmak üzere, görüntüde toplam 86 akım gözlem istasyonu (AGİ) açılmıştır. Ancak bu istasyon verilerinin tamamı analizlerde kullanmak için elverişli değildir. Bu nedenle verilerin tümü ön değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Değerlendirmede dikkat edilen hususlar ve yapılan iyileştirmeler şöyledir:

- Akım verisi olmayan veya verileri 5 yıldan kısa olan 10 EİE istasyonu (2601, 2607, 2613, 2623, 2629, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639) ve 16 DSİ istasyonu (26-01, 26-09, 26-10, 26-17, 26-18, 26-20, 26-25, 26-26, 26-27, 26-34, 26-45, 26-46, 26-53, 26-58, 26-60, 26-61, 26-64) değerlendirmeye alınamamıştır.
- 26-16 Selimiye istasyonuna ait kayıtlar yıllıklardan sağlıklı biçimde okunamadığından analizlerde kullanılamamıştır.
- 26-08 Dilaver istasyonu sık sık kuruyan Pamukluk Deresi üzerinde olup, rasat süresinde uzun süreli sıfır akımlar gözlenmiştir. Dicle akımlarına katkısı çok az olan bu istasyon analizlere dahil edilmemiştir.



Şekil 4.4 Dicle Nehri AGİ şeması



Şekil 4.5 Zıp Suyu AĞI şeması

Tablo 4.2 Dicle Havzası'nda EİE tarafından işletilen istasyonların başlıca özellikleri (EİE, 1939-2005)

AGİ	SU VE İSTASYON ADI	GÖZLEM SÜRESİ	KOORDİNAT		KOT (m)	Y.ALANI (km ²)
			Doğu	Kuzey		
2601	Dicle Nehri - Şerbetin	1940-1951	40 10	38 13	590	3662,4
2602	Batman Çayı - Sinan	1945-1968	40 59	37 50	518	4988,4
2603	Garzan Çayı - Beşiri	1945-2002	41 20	37 57	545	2450,4
2604	Botan Çayı - Billoris	1945-1971	41 52	37 49	465	8747,3
2605	Dicle Nehri - Diyarbakır	1945-2002	40 13	37 52	570	5655,2
2606	Dicle Nehri - Cizre	1945-	42 10	37 21	370	38280,7
2607	Behramaz Çayı - Hatunköy	1950-1960	39 31	38 28	1075	108,4
2608	Hazar Göl Ayağı - Gezin	1950-1960	39 31	38 29	1350	280,8
2609	Çatak Deresi - Çatak	1954-1972	43 03	38 00	1625	2339,5
2610	Bitlis Çayı - Baykan	1954-	41 46	38 09	910	640,4
2611	Dicle Nehri - Rezuk	1955-1975	41 47	37 42	427	34493,1
2612	Batman Çayı - Malabadi	1957-	41 12	38 09	597	4105,2
2613	Batman Çayı - Hüseyinkan	1959-1966	41 09	38 11	650	3427,6
2614	Sortkin Suyu - Çatak	1963-1972	43 03	38 00	1615	426,4
2615	Müküs Çayı - Beğendik	1964-1973	42 38	37 58	1250	505,6
2616	Bitlis Çayı - Karınca	1964-1971	41 58	38 16	1145	346,4
2617	Dicle Nehri - Çayönü	1968-1997	40 02	38 19	695	1186,0
2618	Ambar Çayı - Köprübaşı	1968-1998	40 23	37 59	595	976,0
2619	Göksu Çayı - Çınarköprü	1968-1988	40 26	37 41	657	667,8
2620	Zap Suyu - Üzümcü	1968-	43 33	37 29	1072	5270,3
2621	Zap Suyu - Musahan	1968-	44 04	37 45	1725	2504,4
2622	Nehil Çayı - Konak	1988-	44 04	37 40	1694	1136,0
2623	Dicle Nehri - İlsu	1970-1978	43 50	37 31	410	35517,2
2624	Kezer Çayı - Pınarca	1971-	41 51	37 57	530	1169,6
2625	Hezil Çayı - Girikan	1971-	42 42	37 27	780	1127,2
2626	Botan Çayı - Billoris	1971-1996	41 51	37 49	457	8761,2
2627	Zap Suyu - Narlı	1977-	43 34	37 16	775	6771,9
2628	Cemilkatlı Deresi - Kamışlı	1982-1993	43 31	37 33	1620	290,0
2629	Şemdinli Çayı - Yeşilöz	1984-1998	44 37	37 16	1627	290,0
2630	Zap Suyu - Teknisyenler	1985-	43 59	37 41	1425	4161,5
2631	Çatak Deresi - Tülüran	1987-	43 03	37 59	1482	2455,0
2632	Berkilin Çayı - Çayüstü	1988-1998	40 12	38 23	689	1503,6
2633	Botan Çayı - Billoris	1996-	41 52	37 49	465	8747,3
2634	Garzan Çayı - Kozluk	1999-	41 31	38 11	630	1407,7
2635	Dicle Nehri - Kalender Köp.	2001-	39 41	38 20	861	387,3
2636	Şemdinli Çayı - Şemdinli	2001-2006	44 34	37 17	1290	312,5
2637	Habur Çayı - Habur II	2002-	43 09	37 41	935	1217,1
2638	Dicle Nehri - Ziyaret	2006-	40 16	37 50	563	6389,7
2639	Şemdinli Çayı - Olgunlar	2006-	44 35	37 16	1340	297,0

Tablo 4.3 Dicle Havzası'nda DSİ tarafından işletilen istasyonların başlıca özellikleri (DSİ,1959-2005)

AGİ	SU VE İSTASYON ADI	GÖZLEM SÜRESİ	KOORDİNAT		KOT (m)	Y.ALANI (km ²)
			Doğu	Kuzey		
26-01	Dipni Çayı - Dipni Köprüsü	1959-1965			720	1397,0
26-02	Dicle Nehri - Betonköprü	1962-			702	1701,0
26-03	Anbar Çayı - Köprübaşı	1959-1967			615	976,0
26-04	Göksu Nehri - Çınarköprü	1961-1969			651	731,0
26-08	Pamukluk Deresi - Dilaver	1960-	40 14	37 40	702	648,0
26-09	Furtaksa Deresi - DDY Köprüsü	1959-1965			705	1607,0
26-10	Kusi Deresi - Kusi	1960-			1500	407,0
26-12	Basnik Çayı - Salat	1965-			1085	1060,0
26-13	Hezil Suyu - Zarova	1967-	42 38	37 14	450	2175,0
26-14	Kuruçay - Yasince	1965-1986	40 33	37 54	520	240,0
26-16	Dankıran Deresi - Selimi	1963-	40 13	37 50	573	524,6
26-17	Pamuk Çayı - Çavuşlu	1965-			520	485,0
26-18	Pirnos - Emeran	1964-1967			1231	20,4
26-19	Savur Çayı - Ahmedi	1965-			775	576,4
26-20	Güzel Deresi - Sarız	1964-			1693	112,9
26-24	Pisyar Çayı - Kozluk	1970-	41 31	38 11	620	1359,3
26-25	Boğaz Çayı - Bereketli	1972-	39 49	38 08	772	351,7
26-26	Gevrikli Çayı - Kübük	1972-1974			760	154,4
26-27	Şengür Çayı - Tuzluca	1972-	39 17	38 02	764	330,0
26-28	Güzel Deresi - Kuşçuköy	1973-1999	40 15	38 20	1594	125,8
26-30	Zap Suyu - Çaldıran Köp.	1974-	44 06	37 49	1813	2070,2
26-31	Zap Suyu - Yavuzlar	1974-	44 16	38 12	2091	371,2
26-32	Pamuk Çayı - Karahan	1974-	40 34	38 04	738	305,0
26-33	Çatak Suyu - Çatak	1976-1992	43 03	38 00	1488	2376,0
26-34	Zap Suyu - Debin Köp.	1977-	43 46	37 34	1300	4810,0
26-35	Dipni Çayı - Verdevan	1975-	40 12	38 22	700	1404,0
26-36	Zap Suyu - Üzümcü Köp.	1976-	43 34	37 29	1042	5394,3
26-37	Zap Suyu - Geyman Köp.	1976-2002	43 35	37 16	847	6314,5
26-39	Anbar Çayı - Hanı	1977-	40 26	38 21	800	292,0
26-40	Mehmediyan Ç. - Tepecik	1976-	40 34	38 16	800	79,0
26-42	Sason Çayı - Taşlıdere	1979-	41 13	38 13	650	590,0
26-43	Yüksekova Çayı - Konaklı	1979-	44 04	37 41	1700	116,2
26-45	Nerduş Çayı - Şahköyü	1977-1992	42 20	37 23	900	335,0
26-46	Batman Çayı - Kemük	1977-	41 08	38 13	650	2620,0
26-50	Sarım Çayı - Taşköprü	1977-1992	40 55	38 20	750	1213,0
26-51	Müküş Çayı - Bahçesaray	1977-	42 48	38 05	1540	25,3
26-52	Kulp Çayı - Kulp Köprüsü	1977-	41 03	38 31	850	537,0
26-53	Pamuk Çayı - Caferik	1980-1982	40 19	37 42	700	688,0
26-54	Hezil Suyu - Kasrik	1982-2001	42 10	37 23	400	650,0
26-55	Çatak Deresi - Dalbastı	1985-	42 59	37 55	1350	3069,0
26-56	Büyük Çayı - Dilimliköy	1980-	44 25	37 37	1910	129,7
26-57	Keyburan Suyu - Boğazönü	1983-	41 46	38 27	1200	425,0
26-58	Garzan Çayı - Meydanönü	1982-1999			909	783,2
26-60	Basköy Çayı - Kıbrıs	1989-			620	118,5
26-61	Kulp Çayı - Baska	1985-	41 03	38 16	730	2418
26-62	Sallar Çayı - Yolköprü Köyü	1991-			850	51,6
26-63	Kodi Deresi - Kodiköy	1991-2001			775	50,7
26-64	Çellik Deresi - Güçlüköyü	1990-				

- 26-03 Köprübaşı (DSİ) istasyonu 1969 yılında 2618 istasyon numarasıyla EİE tarafından devir alınmıştır. Bu sebeple 26-03 (DSİ) ölçümleri, 2618 (EİE) ölçümlerine eklenmiştir.

- 26-04 Çınarköprü (DSİ) istasyonu 1969 yılında 2619 istasyon numarasıyla EİE'ye tarafından devir alınmıştır. Bu sebeple 26-04 (DSİ) ölçümleri, 2619 (EİE) ölçümlerine eklenmiştir.

- Değişik dönemlerde 2604, 2626 ve 2633 numaraları verilen Billioris istasyonları birbirinin devamı niteliğinde olduğundan bu istasyonlardaki kayıtlar birleştirilmiş ve çalışmada son istasyon numarası kullanılmıştır.

- 26-43 Konaklı ve 2622 Konak istasyonları konumları itibariyle aynı istasyon olarak birleştirilebilir niteliktedir. Bu sebeple istasyonlardaki kayıtlar birleştirilerek 2622 istasyonu olarak dikkate alınmıştır.

- 26-33 ve 2609 Çatak istasyonları konumları itibariyle aynı istasyon olarak birleştirilebilir niteliktedir. Bu sebeple istasyonlardaki kayıtlar birleştirilerek 2609 istasyonu olarak dikkate alınmıştır.

- 26-36 Üzümcü Köprü ve 2620 Üzümcü istasyonları konumları itibariyle aynı istasyon niteliğindedir. Bu istasyonların rasat süreleri içerisinde ortak gözlem yılları mevcuttur. 2620 istasyonunun rasat süresinin daha uzun olması sebebiyle 26-36 istasyonu hesaplamalarda dikkate alınmamıştır.

- Yukarı Havza'da 1972 yılında işletmeye alınan Devegeçidi Barajı'nın havza mansap istasyonlarında ölçülen doğal akımları düzenleme etkisi ihmal edilecek düzeyde olduğu kabul edilmiş ise de, 1998 yılında Kralkızı Barajı ve 2002 yılında Dicle Barajı'nın işletmeye açılmasıyla 2605 Diyarbakır istasyonunda ölçülen akımların doğallığı bozulmuştur. Bu sebeple 2605 Dicle istasyonunun 1998 yılı ve sonraki verileri değerlendirmeye alınmamıştır.

- 2612 Malabadi istasyonu, 1972 yılında Batman-Silvan Sol Sahil Sulama Regülatörü'nün işletmeye alınmasıyla kısmen, 2003 yılında Batman Barajı'nın işletmeye açılmasıyla tamamen doğal akım ölçümleri bozulmuştur. Bu sebeple 2612 istasyonunun 1972 yılı ve sonraki verileri değerlendirmeye alınmamıştır.

Yukarıda ön değerlendirmelere göre, havzadaki 86 istasyonun ancak 51'i değerlendirilebilir niteliktedir. Bu çalışma kapsamında 51 istasyonun 1946-2005 su yıllarındaki günlük akış verileri kullanılmıştır. Bu istasyonların yıllık ortalama akışlarına ait örnek istatistikleri Tablo 4.4'te sunulmuştur. Tablo 4.2 ve Tablo 4.3 den farklı olarak, Tablo 4.4 de istasyonlar konumlarına (membra-mansap ilişkilerine) göre sıralanmıştır. Kısa süreli ($N < 15$) istasyonlar için güvenilir olmamakla birlikte, Tablo 4.4'deki tanımlayıcı istatistikler havza genelinde yıllık ortalama akışların muhtemel frekans dağılımı hakkında bir ön fikir vermektedir. Bu tablodaki tanımlayıcı istatistiklere göre, Dicle havzasındaki yıllık ortalama akışların genelde pozitif çarpık olduğu ve 2 veya 3 parametrelili lognormal dağılıma uyabileceği izlenimi edinilmektedir.

4.3.2 Eksik Verilerin Tamamlanması ve Uzun Sürede Muhtemel Ortalama Debiler

Bir istasyonda gözlem periyodu içerisinde belli dönemlerde çeşitli sebeplerden ötürü kayıtlar kesintiye uğrayabilmektedir. Ayrıca, kısa bir süre çalıştırdıktan sonra kapatılmış olan istasyonlarda ve yakın tarihlerde açılmış olan istasyonlardaki gözlemler genellikle kısa sürelidir. Hidroloji çalışmalarında regresyon teknikleriyle eksik verilerin tamamlanması ve kısa gözlemlerin uzatılması yoluyla bilgi aktarımı (zenginleştirme) sağlanmaktadır (Yevjevich, 1972; Benzedden, 1978; Helsel ve Hirsch, 1992).

Homojen iklim ve beslenme koşullarına sahip istasyonların akışları arasında genellikle doğrusal, farklı koşullara sahip istasyonlar arasında ise genellikle üstel (log-linear) ilişkiler kurulabilmektedir. Regresyon denklemleri kullanarak bir istasyondaki eksik gözlemler, eksik gözlemlerin olduğu süre içerisinde kayıt almış bir veya daha çok yardımcı istasyonda gözlenen akışlardan tahmin edilebilir.

Tablo 4.4 Dicle havzasındaki istasyonlarda homojenliği önemli ölçüde bozulmamış yıllık ortalama akışların örnek istatistikleri

İstasyon Adı	AGI No	Yağış Alanı (km ²)	Rasat Süresi (yıl)	Yıllık Ortalama (\bar{x})	Standart Sapma (S_x)	Çarpıklık Katsayısı (C_x)	Basıklık Katsayısı (C_x)	Kurtosis Katsayısı (γ_2)
CAYO	2617	1186,0	26	24,190	10,090	0,417	0,371	3,113
BKOP	26-02	1701,0	6	31,880	7,530	0,236	-0,042	5,863
CAYU	2632	1503,6	9	28,020	10,070	0,360	-0,729	4,010
VERD	26-35	1404,0	5	20,650	1,950	0,095	-1,531	9,819
YOLK	26-62	51,6	10	0,810	0,500	0,621	1,983	8,768
DIYA	2605	5655,2	47	70,740	30,340	0,429	0,810	3,329
KODI	26-63	50,7	10	0,700	0,490	0,695	0,928	4,278
CINA	2619	667,8	24	2,470	1,210	0,491	0,688	4,225
HANI	26-39	292,0	12	2,910	1,330	0,455	0,676	3,589
KBAS	2618	976,0	37	7,680	4,230	0,551	1,200	4,747
YASN	26-14	240,0	14	1,140	0,820	0,715	0,980	3,885
TEPC	26-40	79,0	16	0,440	0,220	0,496	0,930	3,011
KHAN	26-32	305,0	14	1,940	1,080	0,556	0,839	3,574
AHMD	26-19	576,4	5	2,840	0,910	0,320	1,140	10,539
SALA	26-12	1060,0	15	3,760	2,220	0,589	1,094	5,367
KULP	26-52	537,0	5	26,040	16,490	0,633	2,237	14,498
TASK	26-50	1213,0	5	24,150	5,770	0,239	-1,662	13,510
TASL	26-42	590,0	7	13,730	3,100	0,225	2,272	10,846
MALA	2612	4105,2	9	126,810	48,150	0,380	0,396	4,742
SINA	2602	4988,4	21	144,230	78,140	0,542	1,289	6,405
BOGZ	26-57	425,0	5	8,580	2,670	0,311	2,014	14,475
KOZL	26-24	1359,3	13	25,470	5,240	0,206	1,194	5,913
GKOP	2634	1407,7	6	37,120	11,480	0,309	0,343	6,917
BESI	2603	2450,4	56	48,450	18,420	0,380	0,876	3,739
KARN	2616	346,4	6	12,080	3,030	0,251	-0,445	5,430
BAYK	2610	640,4	51	18,740	6,950	0,371	0,991	4,263
KUSC	26-28	125,8	14	4,020	1,860	0,464	1,573	4,993
PINA	2624	1169,6	35	20,080	7,970	0,397	0,777	4,321
BAHC	26-51	25,3	10	15,940	3,230	0,203	0,895	5,474
BEGE	2615	505,6	8	19,110	4,110	0,215	0,246	4,390
CATA	2609	2339,5	16	26,130	7,470	0,286	0,805	3,541
CAT3	2614	426,4	5	4,690	1,240	0,265	-1,814	11,147
TULU	2631	2455,0	16	27,040	10,200	0,377	0,748	3,993
DALB	26-55	3069,0	6	41,680	6,080	0,146	-0,308	7,162
BILL	2633	8747,3	60	146,560	47,030	0,321	0,820	3,931
REZU	2611	34493,1	17	424,950	158,060	0,372	1,346	5,804
KASR	26-54	650,0	5	7,950	3,580	0,451	0,527	6,663
CIZR	2606	38280,7	29	525,110	201,750	0,384	1,484	5,772
GIRI	2625	1127,2	23	17,860	7,490	0,419	1,417	6,646
ZARO	26-13	2175,0	5	42,880	17,650	0,411	0,227	7,674
YAVZ	26-31	371,20	5	1,200	0,320	0,263	1,439	12,012
CALD	26-30	2070,20	7	7,930	1,330	0,167	0,092	3,959
MUSA	2621	2504,40	25	12,510	4,840	0,387	2,061	8,152
DILM	26-56	129,70	6	1,820	0,560	0,307	2,641	13,504
KONA	2622	1136,00	18	17,230	6,960	0,404	0,938	4,584
TEKN	2630	4161,50	20	37,230	17,990	0,483	0,818	3,550
UZUM	2620	5270,30	30	58,080	21,830	0,376	1,184	5,283
KAMI	2628	290,00	7	8,120	2,980	0,367	0,569	5,220
GEYM	26-37	6314,50	9	87,500	30,160	0,345	-0,577	4,556
NARL	2627	6771,90	11	107,380	39,280	0,366	1,597	7,436

Aşağıda özetlenen korelasyon ve regresyon analizlerinin temel amaçlarından biri uzun dönemde (1946-2005) muhtemel ortalama akışları tahmin etmek; diğeri ise kurak akış karakteristiklerinin rasat döneminin sulak yada kurak olduğundan ne ölçüde ilgilendiğini irdelemektir.

Dicle havzasında verileri kullanılan 51 istasyondaki günlük akışlar arasındaki lineer ve üstel ilişkiler incelenmiştir. İstasyonların günlük akışları arasındaki doğrusal ve logaritmik korelasyon katsayıları Tablo II.1’de sunulmuştur.

Hem uzun süreli gözlemleri olması, hem de memba ve komşu havza istasyonları ile kuvvetli ilişkileri olması nedeniyle 2603 Beşiri, 2605 Diyarbakır, 2610 Baykan ve 2633 Billioris istasyonları baz (referans) istasyon olarak seçilmiştir. Öncelikle baz istasyonlar arasındaki anlamlı ilişkiler kullanılarak baz istasyonlardaki eksik günlük akışlar baz istasyonlardan tahmin edilmiştir:

- 2605 Diyarbakır istasyonunun 1950, 1953-1955 dönemlerindeki eksik günlük akışları 2603 Beşiri istasyonu (Denklem 4.1) ve 1996, 1998-2005 dönemlerindeki eksik günlük akışları ise 2610 Baykan istasyonu (Denklem 4.2) ile kurulan üstel regresyon bağıntısından tahmin edilmiştir.

$$\hat{Q}_{2605} = 4,432 \times Q_{2603}^{0,70} \quad (4.1)$$

$$\hat{Q}_{2605} = 3,661 \times Q_{2610}^{0,947} \quad (4.2)$$

- 2603 Beşiri istasyonunun 1961 ve 2003-2005 yıllarındaki eksik günlük akışları 2610 Baykan istasyonu ile kurulan lineer regresyon bağıntısından (Denklem 4.3) tahmin edilmiştir.

$$\hat{Q}_{2603} = 0,341 + 2,512 \times Q_{2610} \quad (4.3)$$

- 2610 Baykan istasyonunda 1946-1954 dönemindeki eksik günlük akışlar 2603 Beşiri istasyonu ile kurulan lineer regresyon bağıntısından (Denklem 4.4) tahmin edilmiştir.

$$\hat{Q}_{2610} = 3,482 + 0,323 \times Q_{2603} \quad (4.4)$$

Baz istasyonların diğer havza istasyonlarıyla olan anlamlı ilişkileri Ek II’de Tablo II.2 ilâ II.5’de verilmiştir. Anlamlı ilişkilerin seçilmesinde korelasyon katsayılarının yanı sıra ortak veri uzunları da gözetilmiştir.

Kısa süreli rasadı bulunan bazı istasyonların baz istasyonlarla ilişkileri anlamlı değildir. Bu istasyonların baz istasyonlarla ilişkileri, orta süreli rasadı bulunan ikincil baz istasyonlar aracılığıyla kurulmuştur. İstasyonların rasat süresinde ve uzun sürede (1946-2005) muhtemel ortalama debileri Tablo 4.5’te sunulmuştur.

Uzun sürede muhtemel ortalama debiler, istasyonların gözlem yaptıkları dönemlerin kuraklık ya da sulaklık bakımından değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Öziş, 1971). Verilerin değerlendirilmesi sırasında dikkate alınan yılın kurak veya sulak oluşu önem arz etmektedir. Tablo 4.6’da Dicle istasyonlarının yıllık akışlılık katsayıları verilmiştir. Yıllık akışlılık, istasyona ait yıllık ortalama debinin tahmin edilen uzun sürede muhtemel ortalama debisine oranı ($a_i = Q_i / \bar{Q}$) olup, 1’den küçük olması yılın kurak bir yıl olduğunu, aksine 1’den büyük olması o yılın sulak bir yıl olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bir istasyonun rasat dönemindeki akışlılık katsayılarının ortalamasına bakılarak, (\bar{a}_k) o dönemin ortak uzun döneme kıyasla kurak ya da sulak bir dönem olup olmadığı da saptanabilmektedir (Öziş, 1971).

Tablo 4.5 - İstasyonların gözlem süresindeki ortalama debileri ve tahmin edilen uzun süreli ortalama debileri

İstasyon Adı	AGI No	Gözlenmiş Ortalama	Kullanılan Bağntı	Muhtemel Ortalama	Yıllık Akışlılık
CAYO	2617	24,190	$\hat{Q}_{2617} = 0,182 \times Q_{2605}^{1,114}$	20,92	1,16
BKOP	26-02	31,880	$\hat{Q}_{26-02} = 0,232 \times Q_{2605}^{1,064}$	21,55	1,48
CAYU	2632	28,020	$\hat{Q}_{2632} = 1,197 \times Q_{2603}^{0,812}$	27,96	1,00
VERD	26-35	20,650	$\hat{Q}_{26-35} = 0,604 \times Q_{2603}^{0,913}$	20,88	0,99
YOLK	26-62	0,810	$\hat{Q}_{26-62} = 0,017 \times Q_{2632}^{1,046}$	0,59	1,38
DIYA	2605	70,740	BAZ İSTASYON	70,74	0,96
KODI	26-63	0,700	$\hat{Q}_{26-63} = 0,003 \times Q_{2632}^{1,228}$	0,18	3,88
CINA	2619	2,470	$\hat{Q}_{2619} = 0,177 \times \hat{Q}_{2602}^{0,593}$	3,25	0,76
HANI	26-39	2,910	$\hat{Q}_{26-39} = 0,022 \times Q_{2605}^{1,147}$	2,91	1,00
KBAS	2618	7,680	$\hat{Q}_{2618} = 0,013 \times Q_{2605}^{1,402}$	5,10	1,51

Tablo 4.5 (devam)

İstasyon Adı	AGI No	Gözlenmiş Ortalama	Kullanılan Bağntı	Muhtemel Ortalama	Yıllık Akışhkhk
YASN	26-14	1,140	$\hat{Q}_{26-14} = 0,003 \times Q_{2603}^{1,345}$	0,55	2,08
TEPC	26-40	0,440	$\hat{Q}_{26-40} = 0,036 \times \hat{Q}_{2632}^{0,746}$	0,43	1,02
KHAN	26-32	1,940	$\hat{Q}_{26-63} = 0,003 \times Q_{2632}^{1,688}$	0,83	2,33
AHMD	26-19	2,840	$\hat{Q}_{26-19} = 1,774 \times \hat{Q}_{2618}^{0,104}$	2,10	1,35
SALA	26-12	3,760	$\hat{Q}_{26-12} = 0,735 \times \hat{Q}_{2618}^{0,816}$	2,78	1,35
KULP	26-52	26,040	$\hat{Q}_{26-52} = 0,580 \times Q_{2603}^{0,973}$	25,31	1,03
TASK	26-50	24,150	$\hat{Q}_{26-50} = 0,590 \times Q_{2603}^{0,978}$	26,25	0,92
TASL	26-42	13,730	$\hat{Q}_{26-42} = 0,451 \times Q_{2603}^{0,941}$	17,38	0,79
MALA	2612	126,810	$\hat{Q}_{2612} = 2,427 \times Q_{2603}^{1,010}$	122,24	1,04
SINA	2602	144,230	$\hat{Q}_{2602} = 38,313 + 2,008 \times Q_{2603}$	135,60	1,06
BOGZ	26-57	8,580	$\hat{Q}_{26-57} = 0,405 \times Q_{2603}^{0,799}$	9,00	0,95
KOZL	26-24	25,470	$\hat{Q}_{26-24} = 0,885 \times Q_{2603}^{0,917}$	31,07	0,82
GKOP	2634	37,120	$\hat{Q}_{2634} = -2,293 + 0,934 \times Q_{2603}$	42,96	0,87
BESI	2603	48,450	BAZ İSTASYON	48,45	0,99
KARN	2616	12,080	$\hat{Q}_{2616} = 0,049 \times Q_{2633}^{1,040}$	8,77	1,38
BAYK	2610	18,740	BAZ İSTASYON	18,74	1,02
KUSC	26-28	4,020	$\hat{Q}_{26-28} = 0,086 \times Q_{2633}^{0,752}$	3,66	1,10
PINA	2624	20,080	$\hat{Q}_{2624} = 1,078 \times Q_{2610}^{1,002}$	20,32	0,99
BAHC	26-51	15,940	$\hat{Q}_{26-51} = 0,635 \times Q_{2633}^{0,627}$	14,48	1,10
BEGE	2615	19,110	$\hat{Q}_{2615} = 0,563 \times Q_{2633}^{0,685}$	17,15	1,11
CATA	2609	26,130	$\hat{Q}_{2609} = 0,394 \times Q_{2633}^{0,819}$	23,41	1,12
CAT3	2614	4,690	$\hat{Q}_{2614} = 0,239 \times \hat{Q}_{2609}^{0,926}$	4,43	1,06
TULU	2631	27,040	$\hat{Q}_{2631} = 0,410 \times Q_{2633}^{0,824}$	24,98	1,08
DALB	26-55	41,680	$\hat{Q}_{26-55} = 0,363 \times Q_{2633}^{0,946}$	40,64	1,03
BILL	2633	146,560	BAZ İSTASYON	146,56	1,00
REZU	2611	424,950	$\hat{Q}_{2611} = 37,275 \times Q_{2603}^{0,665}$	492,20	0,86
KASR	26-54	7,950	$\hat{Q}_{26-54} = 0,138 \times Q_{2610}^{1,308}$	6,38	1,24
CIZR	2606	525,110	$\hat{Q}_{2606} = 54,371 \times Q_{2603}^{0,624}$	612,34	0,86
GIRI	2625	17,860	$\hat{Q}_{2625} = 1,105 \times Q_{2610}^{0,956}$	18,20	0,98
ZARO	26-13	42,880	$\hat{Q}_{26-13} = 3,017 \times Q_{2610}^{0,889}$	40,84	1,05
YAVZ	26-31	1,200	ANLAMLI İLİŞKİ YOK	-	1,00
CALD	26-30	7,930	ANLAMLI İLİŞKİ YOK	-	1,00
MUSA	2621	12,510	$\hat{Q}_{2621} = 0,230 \times Q_{2633}^{0,790}$	11,83	1,06
DILM	26-56	1,820	$\hat{Q}_{26-56} = 0,001 \times Q_{2633}^{1,369}$	0,92	1,98
KONA	2622	17,230	$\hat{Q}_{2622} = 0,020 \times Q_{2633}^{1,282}$	11,96	1,44
TEKN	2630	37,230	$\hat{Q}_{2630} = 0,134 \times Q_{2633}^{1,094}$	31,39	1,19
UZUM	2620	58,080	$\hat{Q}_{2620} = 0,315 \times Q_{2633}^{1,028}$	53,09	1,09
KAMI	2628	8,120	$\hat{Q}_{2628} = 0,005 \times Q_{2633}^{1,411}$	5,69	1,43
GEYM	26-37	87,500	$\hat{Q}_{26-37} = 0,450 \times Q_{2633}^{1,054}$	86,34	1,01
NARL	2627	107,380	$\hat{Q}_{26-55} = 0,435 \times Q_{2633}^{1,073}$	91,75	1,17

BÖLÜM BEŞ

BULGULAR VE İRDELEMELER

5.1 Taban Akışı Analizi

Bölüm 4’de ön değerlendirilmesi yapılan Dicle Havzası’ndaki 50 istasyonun rasat dönemindeki günlük ortalama akım verilerine, Bölüm 3.1.2’de anlatılan yumuşatılmış minimumlar ve sayısal filtreleme yöntemleri uygulanarak taban akışları ayrılmıştır. İstasyonların iki farklı yöntemle hesaplanan taban akış indeksleri (TAİ) Tablo 5.1’de sunulmuştur.

Tablo 5.1 incelendiğinde, oldukça küçük bir yağış alanı ($A=50,7 \text{ km}^2$) olan Kodiköy (26-63) istasyonu havza’daki diğer istasyonlara nazaran çok düşük TAİ’ne sahiptir. Muhtemelen sadece yüzeysel akışla beslenen bu istasyonun rasat süresinin de kısa olması dikkate alınarak guruptan çıkarılmıştır. Kodiköy (26-63) hariç tutulduğunda, yumuşatılmış minimumlar yöntemi ile hesaplanan TAİ değerleri 0,579 ilâ 0,971 arasında; sayısal filtreleme yöntemi içinse, $\alpha=0,90$ için 0,418 ilâ 0,796, $\alpha=0,925$ için 0,377 ilâ 0,749 ve $\alpha=0,95$ için 0,325 ilâ 0,796 arasında değişmektedir. Hesaplanan TAİ değerlerinin bölge genelinde özet istatistikleri Tablo 5.2’de sunulmuştur.

Örnek olarak sunulmuş olan Şekil 3.1 ve 3.2’deki 2610 Baykan istasyonuna ait toplam hidrograf ve her iki farklı yöntemle ayrılmış taban akışı hidrografları incelendiğinde, sayısal filtreleme yönteminin taban akışını daha gerçekçi temsil ettiği açıkça görülebilmektedir. Sayısal filtreleme yöntemi ile hesaplanan TAİ değerlerinin taban akışını daha gerçek temsil ettiği literatürde de belirtilmiştir (Nathan, 1990; McMahon & Nathan 1990c). Tablo 5.2’deki özet istatistikler kıyaslandığında, sayısal filtrelemenin daha güvenilir TAİ tahminleri verdiği ve havza hidrolojik koşullarının tanımlanmasında açısından daha kullanışlı olduğu söylenebilir.

Tablo 5.1 Hesaplanan taban akış indeksi değerleri

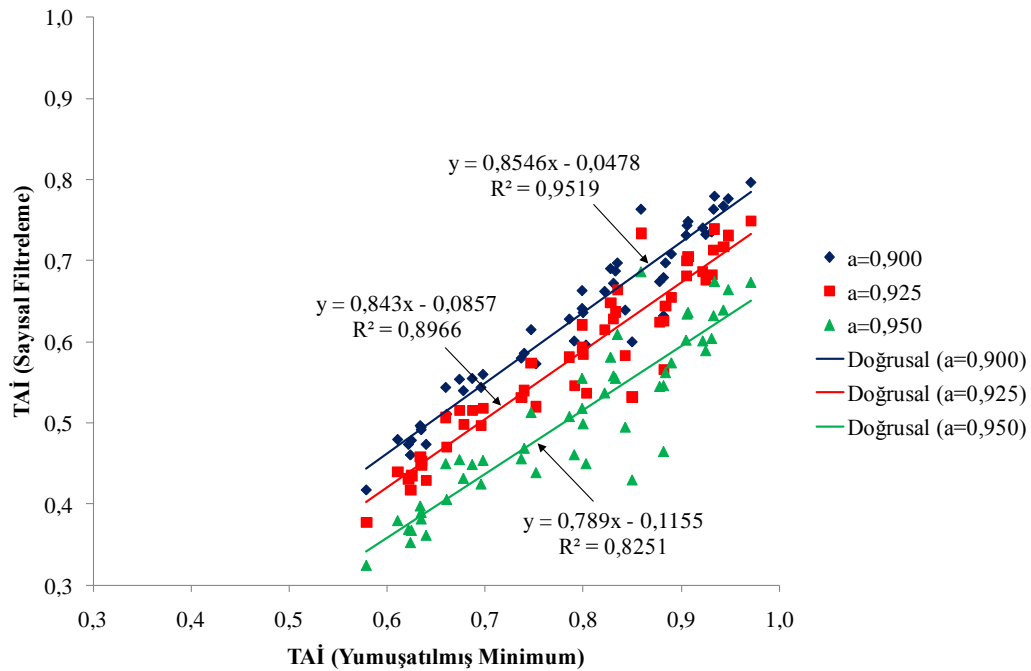
İstasyon Adı	AGI No	Yumuşatılmış Minimum ile TAI	Sayısal Filtreleme Yöntemi ile TAI		
			$\alpha=0,90$	$\alpha=0,925$	$\alpha=0,95$
CAYO	2617	0,678	0,540	0,498	0,432
BKOP	26-02	0,687	0,555	0,515	0,449
CAYB	2632	0,698	0,560	0,518	0,454
VERD	26-35	0,696	0,544	0,497	0,425
YOLK	26-62	0,622	0,474	0,431	0,369
DIYA	2605	0,660	0,544	0,507	0,450
KODI	26-63	0,238	0,173	0,151	0,125
CINA	2619	0,747	0,615	0,574	0,513
HANI	26-39	0,661	0,511	0,470	0,406
KBAS	2618	0,635	0,495	0,453	0,390
YASN	26-14	0,624	0,461	0,417	0,353
MEHM	26-40	0,674	0,554	0,515	0,455
KHAN	26-32	0,640	0,474	0,429	0,362
AHMD	26-19	0,859	0,763	0,734	0,686
SALA	26-12	0,611	0,480	0,440	0,380
KULP	26-52	0,634	0,497	0,458	0,398
TASK	26-50	0,635	0,492	0,448	0,382
TASL	26-42	0,800	0,636	0,585	0,499
MALA	2612	0,740	0,586	0,540	0,469
SINA	2602	0,799	0,663	0,621	0,555
BOGZ	26-57	0,803	0,596	0,537	0,450
KOZL	26-24	0,791	0,601	0,546	0,461
GKOP	2634	0,737	0,580	0,531	0,456
BESI	2603	0,752	0,573	0,520	0,439
KARN	2616	0,882	0,679	0,626	0,546
BAYK	2610	0,786	0,628	0,581	0,508
KUSC	26-28	0,907	0,748	0,705	0,636
PINA	2624	0,799	0,641	0,593	0,518
BAHC	26-51	0,948	0,776	0,731	0,664
BEGE	2615	0,934	0,779	0,739	0,674
CATA	2609	0,943	0,767	0,717	0,639
CAT3	2614	0,971	0,796	0,749	0,673
TULU	2631	0,933	0,763	0,713	0,632
DALB	26-55	0,890	0,708	0,655	0,574
BILL	2633	0,905	0,731	0,681	0,602
REZU	2611	0,831	0,672	0,628	0,558
KASR	26-54	0,625	0,479	0,435	0,368
CIZR	2606	0,828	0,690	0,648	0,581
GIRI	2625	0,822	0,662	0,615	0,537
ZARO	26-13	0,833	0,687	0,637	0,555
YAVZ	26-31	0,835	0,697	0,664	0,609
CALD	26-30	0,906	0,743	0,700	0,634
MUSA	2621	0,931	0,735	0,683	0,604
DILM	26-56	0,850	0,600	0,532	0,430
KONA	2622	0,843	0,639	0,583	0,495
TEKN	2630	0,884	0,697	0,644	0,562
UZUM	2620	0,922	0,740	0,687	0,601
KAMI	2628	0,882	0,632	0,566	0,465
GEYM	26-37	0,878	0,674	0,624	0,545
NARL	2627	0,925	0,732	0,676	0,589

Tablo 5.2 Taban Akış İndekslerinin özet istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistik	Yumuşatılmış Minimum ile TAI	Sayısal Filtreleme Yöntemi ile TAI		
		$\alpha=0,90$	$\alpha=0,925$	$\alpha=0,95$
Minimum	0,238	0,173	0,151	0,125
Maksimum	0,971	0,796	0,749	0,686
Medyan	0,800	0,632	0,581	0,499
Ortalama	0,778	0,617	0,571	0,500
Standart Sapma	0,136	0,119	0,117	0,111
Değişkenlik	0,175	0,193	0,204	0,223

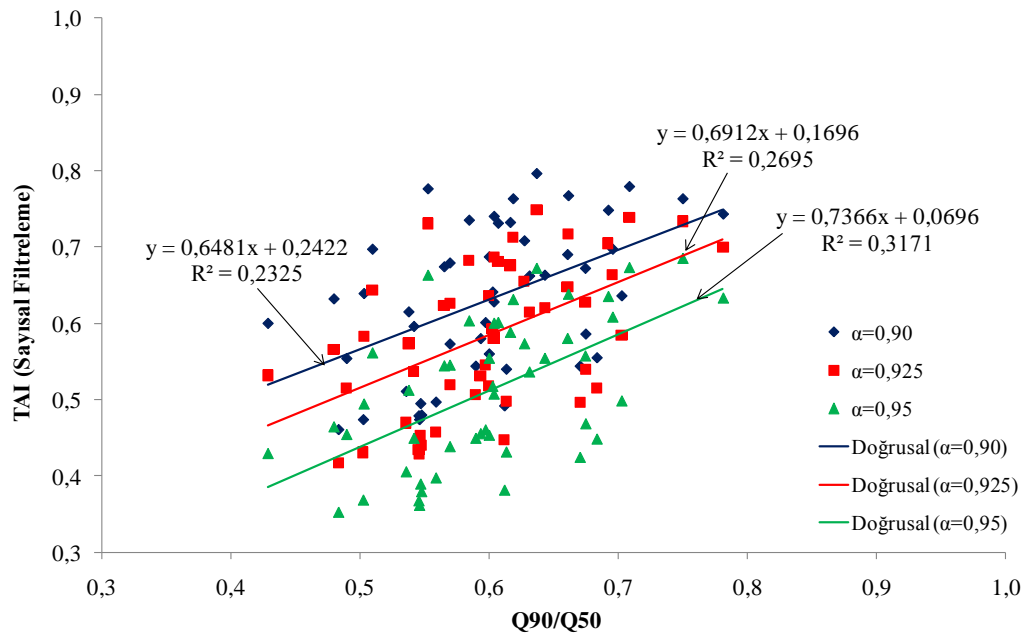
Sayısal filtreleme yönteminin uygulamasında ortaya çıkan en önemli sorun α filtre parametresinin uygun seçilmesidir. Literatürde bu değer 0,90-0,95 arasında değiştiği ifade edilmekte ve 0,925 değerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Dicle havzasında hangi α değerinin daha tutarlı olduğunu belirlemek amacıyla *yumuşatılmış minimumlar* yöntemi ile hesaplanan TAI'ler ile, 3 farklı α filtresi (0,90, 0,925 ve 0,95) için hesaplanan *sayısal filtreleme* TAI'ler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır (Şekil 5.1). Bu ilişkiler incelendiğinde en iyi ilişki $\alpha=0,90$ için olup determinasyon katsayısı 0,952'dir.



Şekil 5.1 Havza istasyonlarında farklı α filtreleri için sayısal filtreleme yöntemiyle hesaplanan TAI'leri ile yumuşatılmış minimumlar yöntemiyle hesaplanan TAI'leri arasındaki ilişkiler

Optimum α filtre parametresinin belirlenmesinde kullanılabilecek başka bir yaklaşım da debi-sürek eğrisi analizinden (Bölüm 5.2) elde edilen Q90/Q50 oranları ile farklı α filtreleri kullanılarak elde edilen TAI'leri arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır (Nathan, 1990). Kurulan bu ilişkinin temeli TAI'nde olduğu gibi Q90/Q50 ölçütünün de akarsu akışlarına yeraltısuyu katkısını temsil etmesidir. Şekil 5.2'de verilen ilişkiler incelendiğinde en iyi ilişki $\alpha=0,95$ için olup determinasyon katsayısı 0,317'dir.



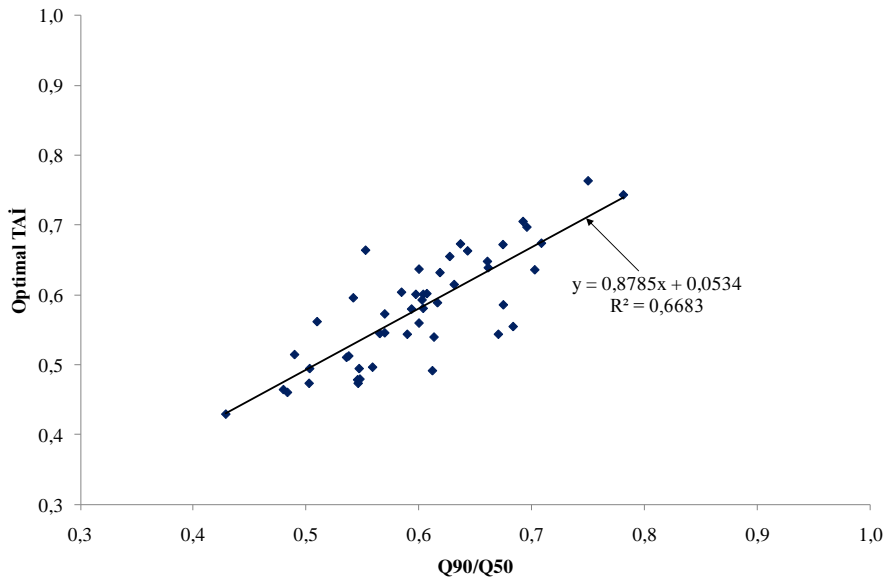
Şekil 5.2 Farklı α filtreleri için sayısal filtreleme yöntemiyle hesaplanan TAI'ler ile Q90/Q50 arasındaki ilişkiler

Şekil 5.1'deki ilişkiler en iyi filtrenin $\alpha=0,90$ için olduğunu, Şekil 5.2'deki ilişkiler ise $\alpha=0,95$ in en iyi olabileceğini ifade etmektedir. Ancak, Şekil 5.2'deki ilişkiler oldukça zayıftır. Bazı araştırmacılar benzer sonuçlara ulaşmışlar; bu iki yönteme ek olarak TAI'lerini havza ortak çekilme eğrilerinden de yararlanarak irdemişler ve $\alpha=0,925$ seçilerek filtreleme yapmanın daha uygun olduğunu belirlemişlerdir (Nathan, 1990; Nathan ve McMahon, 1990c).

Çalışma bölgesindeki istasyonların Q90/Q50 ölçütleri (Bölüm 5.2) ile farklı α filtreleri için elde edilen TAI değerleri Tablo 5.3 de verilmiştir. Her istasyon için Q90/Q50 ölçütüne en yakın TAI tahmin eden optimal α filtreleri belirlenmiştir. Optimum TAI değerleri Tablo 5.3'te koyu basılmış değerlerdir.

Tablo 5.3'e göre rejimi ve beslenme koşulları aynı olan istasyonlarda benzer α filtrelerinin kullanılmasının TAI ile Q90/Q50 arasındaki ilişkiyi güçlendirdiği saptanmıştır: Yukarı Dicle Havzası, Batman ve Garzan suları, Rezuk istasyonuna kadar Dicle anakol ve Yukarı Zap Havzası'nda $\alpha=0,90$; Orta Dicle Havzası, Bitlis ve Kezer sularında $\alpha=0,925$; Botan kolu ve Aşağı Zap Havzası'nda $\alpha=0,95$ filtresinin uygun olduğu saptanmıştır. Havza istasyonları için seçilen filtrelerin istasyon rasat süreleri ile ağırlıklı ortalaması $\alpha=0,923$ olup, havzada sabit bir filtre parametresi kullanılma isteniyorsa, literatürde kullanılması tavsiye edilen değer de olan $\alpha=0,925$ 'in uygun bir seçim olacağı söylenebilir.

Tablo 5.3'deki optimum TAI'leri ile Q90/Q50 ölçütleri arasındaki kurulmuş; ilişkinin determinasyon katsayısı 0,70'lere yükselmiş ve regresyon doğrusunun eğimi de 1'e önemli ölçüde yaklaşmıştır (Şekil 5.3).

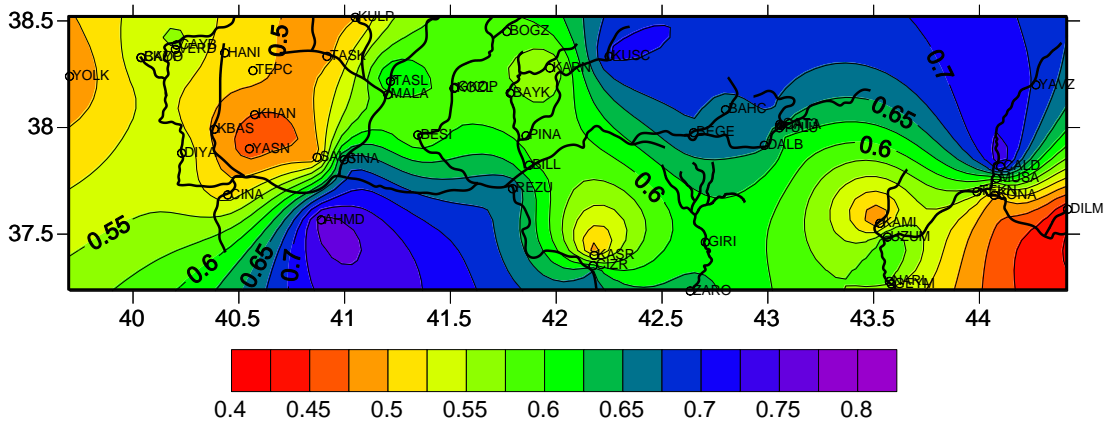


Şekil 5.3 Havza istasyonlarında optimum α filtreleri için sayısal filtreleme yöntemiyle hesaplanan TAI'leri ile Q90/Q50 arasındaki ilişkiler

Tablo 5.3 Q90/Q50 ölçütüyle uyumlu (optimal) TAİ tahminleri

İstasyon Adı	AGI No	TAİ (Sayısal Filtreleme)			Q90/Q50	Optimal TAİ
		$\alpha=0,90$	$\alpha=0,925$	$\alpha=0,95$		
CAYO	2617	0,540	0,498	0,432	0,613	0,540
BKOP	26-02	0,555	0,515	0,449	0,684	0,555
CAYB	2632	0,560	0,518	0,454	0,600	0,560
VERD	26-35	0,544	0,497	0,425	0,670	0,544
YOLK	26-62	0,474	0,431	0,369	0,503	0,474
DIYA	2605	0,544	0,507	0,450	0,590	0,544
CINA	2619	0,615	0,574	0,513	0,538	0,513
HANI	26-39	0,511	0,470	0,406	0,536	0,511
KBAS	2618	0,495	0,453	0,390	0,547	0,495
YASN	26-14	0,461	0,417	0,353	0,483	0,461
TEPC	26-40	0,554	0,515	0,455	0,490	0,515
KHAN	26-32	0,474	0,429	0,362	0,546	0,474
AHMD	26-19	0,763	0,734	0,686	0,750	0,763
SALA	26-12	0,480	0,440	0,380	0,548	0,480
KULP	26-52	0,497	0,458	0,398	0,559	0,497
TASK	26-50	0,492	0,448	0,382	0,612	0,492
TASL	26-42	0,636	0,585	0,499	0,703	0,636
MALA	2612	0,586	0,540	0,469	0,675	0,586
SINA	2602	0,663	0,621	0,555	0,643	0,663
BOGZ	26-57	0,596	0,537	0,450	0,542	0,596
KOZL	26-24	0,601	0,546	0,461	0,597	0,601
GKOP	2634	0,580	0,531	0,456	0,593	0,580
BESI	2603	0,573	0,520	0,439	0,570	0,573
KARN	2616	0,679	0,626	0,546	0,570	0,546
BAYK	2610	0,628	0,581	0,508	0,604	0,581
KUSC	26-28	0,748	0,705	0,636	0,692	0,705
PINA	2624	0,641	0,593	0,518	0,603	0,593
BAHC	26-51	0,776	0,731	0,664	0,553	0,664
BEGE	2615	0,779	0,739	0,674	0,709	0,674
CATA	2609	0,767	0,717	0,639	0,661	0,639
CAT3	2614	0,796	0,749	0,673	0,637	0,673
TULU	2631	0,763	0,713	0,632	0,619	0,632
DALB	26-55	0,708	0,655	0,574	0,627	0,655
BILL	2633	0,731	0,681	0,602	0,607	0,602
REZU	2611	0,672	0,628	0,558	0,675	0,672
KASR	26-54	0,479	0,435	0,368	0,546	0,479
CIZR	2606	0,690	0,648	0,581	0,661	0,648
GIRI	2625	0,662	0,615	0,537	0,631	0,615
ZARO	26-13	0,687	0,637	0,555	0,600	0,637
YAVZ	26-31	0,697	0,664	0,609	0,696	0,697
CALD	26-30	0,743	0,700	0,634	0,781	0,743
MUSA	2621	0,735	0,683	0,604	0,585	0,604
DILM	26-56	0,600	0,532	0,430	0,429	0,430
KONA	2622	0,639	0,583	0,495	0,503	0,495
TEKN	2630	0,697	0,644	0,562	0,510	0,562
UZUM	2620	0,740	0,687	0,601	0,604	0,601
KAMI	2628	0,632	0,566	0,465	0,480	0,465
GEYM	26-37	0,674	0,624	0,545	0,565	0,545
NARL	2627	0,732	0,676	0,589	0,616	0,589

Taban akış indeksi havza veya bölge hidrojeolojisinin tanımlanmasında kullanılabilir. Dicle havza'daki taban akışı kaynağının, göl (yukarı Dicle Havzası'nda Hazar ve Çatak gölleri Zap Havzası'nda Van Gölü) ve kar erimesi katkılarından dolayı hidrojeolojik yorumu zordur. Şekil 5.4'te SURFER programı yardımıyla (kriging yöntemi kullanarak) elde edilen taban akış indekslerinin alansal dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Havza istasyonlarında hesaplanan TAI'lerinin alansal dağılımı

Yukarı Dicle'de taban akışı katkısı %54-56, Batman kolunda %58-66, Garzan kolunda %57-60, Bitlis ve Kezer kollarında %54-59 arasında değişmektedir. Diyarbakır – Batman arasındaki kuzey-güney doğrultusundaki ara kollarda katkı diğer havza istasyonlarına nispeten az olup %46 ilâ %51 arasında değişmektedir; aksine Dicle anakolun sağ sahilinden Mardin Eşiği'nden gelen Ahmedi Çayı'nda taban akışı etkisi oldukça yüksektir.

Botan kolu Dicle Nehri akımlarının %30'unu oluşturmaktadır (İÇG, 2005). Bunun en önemli sebeplerinden biri de bu koldaki akımların çok büyük bir kısmının taban akışından sağlanmasıdır. Müküs'ten %66-67, Çatak'tan %63-67 oranında taban akışı katkısı sağlanmaktadır.

Dicle havzası genelinde TAI ortalaması 0,577'dir. Bir başka deyişle, akarsu akışlarına taban akışı katkısı (yeraltısuyu, karst pınarları, kar erimesi ve göl sızmaları gibi geciktirmeli kaynakların katkısı) %57,7'dir.

Orta Dicle'de özellikle Rezuk-Cizre arasında ciddi karst pınarlarının etkidiği bilinmektedir. Burada taban akışı katkısı %65-67 civarındadır. Habur kolunda da katkı %61-64 arasında değişmektedir.

Yukarı Zap Havzası'nda %70-74 arasında çok önemli taban akışı etkisi olduğu görülmektedir. Yüksekova kavşağında etki %60'lara gerilemektedir. Nehil kolunda taban akışı etkisi %43-49 kadar azdır. Aşağı Zap Havzası'nda ise Cemilkatlı kolu haricinde %54-60 kadardır.

5.2 Debi-Sürek Analizi

Havza'daki 50 istasyonun tüm rasat süresi boyunca gözlenen günlük ortalama akım verilerine Bölüm 3.2'de anlatılan debi-sürek eğrisi analizi uygulanarak 1-günlük %2, %5, %50, %80, %90, %95 ve %99 aşılma olasılıklı debiler hesaplanmıştır. İstasyonlara ait debi-sürek eğrilerini birbiriyle kıyaslama ve daha ileride bölgeselleştirmede kullanmak amacıyla yıllık ortalama debiye bölünerek boyutsuz hale getirilmiştir. Ayrıca gözlenen akarsu akışlarının değişkenliğini (debi-sürek eğrisinin eğimini) temsil eden Q20/Q90, düşük akım debilerinin değişkenliğini temsil eden Q50/Q90 ve akarsu akışlarına yeraltı suyu katkısını gösteren Q90/Q50 ölçütleri hesaplanmıştır. Elde edilen debi-sürek eğrisi ölçütleri Tablo 5.2'de sunulmuştur.

Debi-sürek analizinden elde edilen bu ölçütler akarsudaki akımlarının tümü hakkında bilgi vermesinin yanı sıra havza hidrojeolojisi hakkında da bilgi vermektedir. Debi-sürek eğrisinin eğimi, taban akışı etkisini gösterir. Geçirimli havzalarda debi-sürek eğrisi eğimi genellikle daha yatıktır; bir başka deyişle taban akışı etkisi önemli olup, akarsu akışlarının değişkenliğini gösteren Q20/Q90 ve Q50/Q90 ölçütlerinin daha düşük olması beklenir. Geçirimsiz havzalarda debi sürek eğrisinin eğimi daha dik; eğimin büyük olması günlük akışların çok değişken olduğunu ve akarsu rejiminin düzensiz olduğunu gösterir.

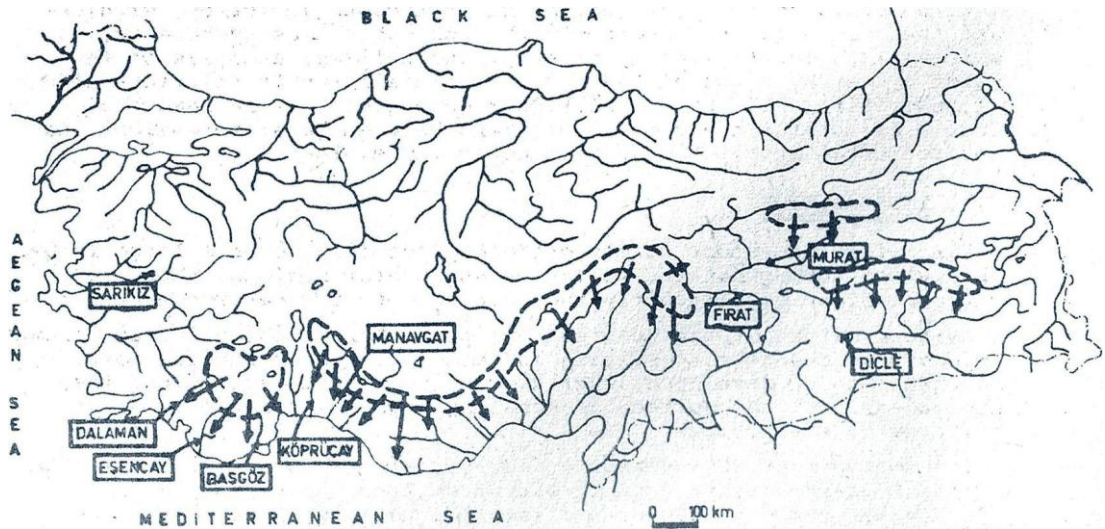
Tablo 5.4 Ortalama ile boyutsuzlaştırılmış debi-sürekl eğrisi göstergeleri

STA	AGI	Ort. Debi	Q2	Q5	Q50	Q80	Q90	Q95	Q99	$\frac{Q20}{Q90}$	$\frac{Q50}{Q90}$	$\frac{Q90}{Q50}$
CAYO	2617	24,19	5,788	3,758	0,345	0,088	0,065	0,052	0,031	2,398	1,631	0,613
BKOP	26-02	31,88	5,019	3,450	0,408	0,082	0,056	0,035	0,022	2,037	1,463	0,684
CAYU	2632	28,02	5,425	3,747	0,375	0,133	0,099	0,071	0,043	2,365	1,667	0,600
VERD	26-35	20,65	4,591	3,312	0,391	0,143	0,067	0,020	0,005	1,900	1,492	0,670
YOLK	26-62	0,81	5,926	3,778	0,275	0,075	0,042	0,019	0,004	3,030	1,990	0,503
DIYA	2605	70,74	5,753	3,690	0,386	0,165	0,126	0,101	0,059	2,559	1,696	0,590
KODI	26-63	0,70	9,471	3,429	0,109	0,029	0,013	0,007	0,004	6,780	2,514	0,398
CINA	2619	2,47	5,951	3,757	0,433	0,198	0,126	0,081	0,024	2,829	1,860	0,538
HANI	26-39	2,91	6,186	4,399	0,237	0,113	0,086	0,062	0,041	2,844	1,867	0,536
KBAS	2618	7,68	6,771	4,102	0,247	0,069	0,033	0,008	KURU	3,000	1,829	0,547
YASN	26-14	1,14	7,719	4,561	0,158	0,022	0,006	0,002	KURU	3,586	2,069	0,483
MEHM	26-40	0,44	6,227	3,636	0,545	0,109	0,036	0,005	KURU	3,404	2,043	0,490
KHAN	26-32	1,94	6,959	4,227	0,222	0,025	0,001	KURU	KURU	3,004	1,832	0,546
AHMD	26-19	2,84	2,993	2,183	0,880	0,493	0,306	0,169	0,120	1,590	1,333	0,750
SALA	26-12	3,76	5,186	3,324	0,364	0,031	0,006	KURU	KURU	2,717	1,826	0,548
KULP	26-52	26,04	6,720	4,224	0,300	0,081	0,046	0,035	0,027	2,895	1,790	0,559
TASK	26-50	24,15	5,797	3,768	0,286	0,095	0,075	0,041	0,027	2,220	1,634	0,612
TASL	26-42	13,73	4,414	3,525	0,443	0,124	0,073	0,054	0,023	1,862	1,423	0,703
MALA	2612	126,81	4,731	3,596	0,445	0,079	0,053	0,047	0,032	2,054	1,482	0,675
SINA	2602	144,23	4,826	3,487	0,547	0,145	0,067	0,044	0,024	2,216	1,555	0,643
BOGZ	26-57	8,58	5,828	4,312	0,361	0,157	0,090	0,076	0,063	2,846	1,846	0,542
KOZL	26-24	25,47	6,086	3,926	0,369	0,133	0,094	0,073	0,051	2,326	1,674	0,597
GKOP	2634	37,12	5,442	3,745	0,339	0,100	0,086	0,076	0,063	2,210	1,685	0,593
BESI	2603	48,45	5,841	4,045	0,322	0,085	0,061	0,048	0,014	2,494	1,756	0,570
KARN	2616	12,08	5,083	3,957	0,445	0,261	0,227	0,195	0,178	2,656	1,756	0,570
BAYK	2610	18,74	5,123	3,698	0,409	0,189	0,158	0,139	0,117	2,381	1,656	0,604
KUSC	26-28	4,02	4,453	2,861	0,597	0,373	0,323	0,261	0,261	2,130	1,444	0,692
PINA	2624	20,08	5,229	3,745	0,422	0,184	0,147	0,120	0,075	2,418	1,659	0,603
BAHC	26-51	15,94	4,266	3,199	0,540	0,452	0,414	0,414	0,364	2,429	1,810	0,553
BEGE	2615	19,11	4,239	2,758	0,555	0,440	0,423	0,366	0,362	1,836	1,411	0,709
CATA	2609	26,13	4,248	3,100	0,524	0,341	0,295	0,256	0,153	1,919	1,512	0,661
CAT3	2614	4,69	3,625	3,006	0,633	0,409	0,311	0,252	0,206	1,942	1,570	0,637
TULU	2631	27,04	4,623	3,439	0,507	0,314	0,257	0,234	0,210	2,257	1,617	0,619
DALB	26-55	41,68	4,319	3,479	0,468	0,336	0,264	0,240	0,209	2,101	1,594	0,627
BILL	2633	146,56	4,558	3,446	0,486	0,300	0,261	0,232	0,203	2,225	1,648	0,607
REZU	2611	424,95	4,575	3,224	0,486	0,237	0,188	0,176	0,143	1,991	1,483	0,675
KASR	26-54	7,95	7,296	4,277	0,220	0,055	0,028	0,016	0,006	2,833	1,833	0,546
CIZR	2606	525,11	4,374	3,197	0,531	0,249	0,206	0,189	0,152	2,053	1,513	0,661
GIRI	2625	17,86	4,938	3,634	0,418	0,185	0,146	0,123	0,104	2,326	1,584	0,631
ZARO	26-13	42,88	4,548	3,498	0,490	0,219	0,152	0,105	0,098	2,273	1,667	0,600
YAVZ	26-31	1,20	3,167	2,500	0,817	0,483	0,225	0,183	0,046	1,875	1,438	0,696
CALD	26-30	7,93	2,900	2,396	0,706	0,492	0,429	0,404	0,277	1,520	1,280	0,781
MUSA	2621	12,51	4,772	3,293	0,511	0,374	0,324	0,289	0,191	2,382	1,711	0,585
DILM	26-56	1,82	7,418	4,890	0,269	0,148	0,093	0,066	0,038	3,708	2,333	0,429
KONA	2622	17,23	6,616	4,039	0,290	0,171	0,138	0,124	0,099	2,795	1,988	0,503
TEKN	2630	37,23	5,667	4,029	0,368	0,236	0,200	0,177	0,126	2,830	1,962	0,510
UZUM	2620	58,08	4,494	3,616	0,406	0,277	0,232	0,200	0,170	2,201	1,656	0,604
KAMI	2628	8,12	6,466	4,865	0,318	0,126	0,090	0,080	0,049	3,348	2,085	0,480
GEYM	26-37	87,50	5,486	4,114	0,391	0,286	0,225	0,206	0,189	2,769	1,769	0,565
NARL	2627	107,38	4,563	3,613	0,427	0,271	0,231	0,208	0,168	2,156	1,622	0,616

durum, Yukarı Havza'da taban akışı katkısındaki kar erimesi bileşeni haricinde ciddi yeraltısuyu katkısı olduğunu göstermektedir.

Şekil 5.4 ve 5.5'te Yukarı Zap Havzası'nda gözlenen yüksek yeraltısuyu katkısı batıda Bitlis Çayı'na kadar uzanmakta; Doğu Toros Dağları'nın güney yamaçlarında (başlıca ölçüm yapılan Çatak, Müküs, Sortkin, Botan, Kezer Suları ve diğer ölçüm yapılmayan derelerde) geniş bölgede etkisini önemli ölçüde göstermektedir. Hatta Garzan, Batman ve Yukarı Dicle Havzası'nda (Maden ve Berkilin çayları) da etkisinin gözlemlendiği söylenebilir.

Havzada baskın jeolojik yapı farklı kireçtaşı formasyonlarından oluşması sebebiyle karstik havza özelliği göstermektedir. Membadan yüzeyaltı kanallarla drene olan su, mansap havzalarda akarsu akışlarında dikkate değer debi artışına ve mevsimsel akış değişkenliğinin düzenlenmesine sebep olmaktadır. Havza'nın kuzeyinde Maden Çayı'ndan Zap Suyu'na kadar olan bölgedeki yüksek yeraltısuyu katkısı, Van Gölü tabanından ve özellikle Maden Çayı'nda Hazar Gölü'nden kaynaklanan sızma ile beslenmektedir. Şekil 5.6'da Öziş ve Harmancıoğlu (1977) tarafından yayınlanan Türkiye Karst Havzaları haritasında Dicle Havzası'ndaki karstik memba-mansap ilişkisinde de elde edilen sonuçlar gözlenmektedir.



Şekil 5.6 Türkiye Karst Havzaları (Öziş ve Harmancıoğlu, 1979)

Dicle Havzası'nın yüksek rakımlı kesimlerinde görülen karstik etki Orta Dicle Havzası'na kadar uzanmaktadır. Özellikle Rezuk – Iısu bölgesinde önemli pınar katkıları da oluşturmaktadır (Bölüm 4.1.1). Dicle Nehri sağ sahilindeki Mardin eşiğinden katılan Savur Çayı'nda da bu bölgenin geniş karstlaşmış kireçtaşı formasyonu ile kaplı olması sebebiyle yüksek taban akışı etkili sürekli akarsu akışları gözlenmektedir.

Hesaplanan ortalama ile boyutsuzlaştırılmış 1-günlük %2, %5, %50, %80, %95 ve %99 aşılma olasılıklı debiler Bölüm 6'da bölgeselleştirilerek ölçüm yapılmayan havzalarda debi-sürek eğrisinin tahminlenmesinde kullanılacaktır.

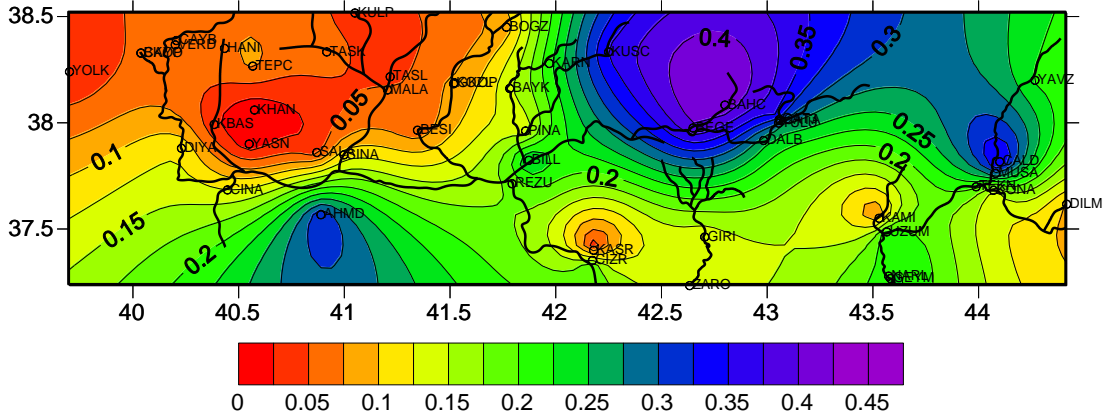
5.3 Noktasal 7-günlük En Düşük Ortalama Akımların Frekans Analizi

Akarsuda yılda belli bir süre (D-gün) boyunca görülen düşük akımların frekans dağılımının belirlenmesi, gelecekte oluşabilecek düşük akım debilerinin ve tekerrür sürelerinin tahmin edilmesinde önem taşır.

Noktasal düşük akım frekans analizinde D-günlük düşük akım serileri oluşturulur; düşük akımların gerçek frekans dağılımı bilinmediğinden uygun olabilecek alternatif teorik dağılım fonksiyonları seçilir; bu modellerin parametreleri tahmin edilir; istatistiksel testler uygulanarak en uygun dağılım modeline karar verilir.

5.3.1 İstasyonlardaki 7-günlük En Düşük Ortalama Akışlar (MAM7)

Dicle Havzası'nda 49 istasyonun günlük ortalama akım verilerinden 7-günlük en düşük akış (MAM7) serileri oluşturulmuştur. Bu seriler oluşturulurken her su yılında gözlenmiş günlük ortalama akışlar ardışık 7-günlük 359 bloğa (365-7+1) ayrılmış; her bloğa düşen debilerin ortalamalarının en düşüğü seçilerek su yılına ait 7-günlük en düşük debi (MAM7) hesaplanmıştır. Bu işlem her istasyonda, gözlem yapılmış tüm su yılları için tekrar edilerek istasyonlara ait MAM7 akış serisi elde edilmiştir. Şekil 5.5'te istasyonların rasat süresindeki ortalama MAM7 değerlerinin, aynı süredeki Q_0 yıllık ortalama akışa oranlarının alansal dağılımı sunulmuştur.



Şekil 5.7 Dicle havzası boyutsuz MAM7 değerlerinin dağılımı

Şekil 5.7’de verilen boyutsuz MAM7 dağılımı, taban akışı analizinden elde edilen TAİ (Şekil 5.3) ve debi-sürek eğrisi analizinden elde edilen Q90/Q50 (Şekil 5.4) ölçütlerinin alansal dağılımları ile kıyaslandığında, bölgesel olarak benzer davranış sergilediği görülmektedir. Akımların nispeten sürekli, ciddi yeraltı suyu katkısı olan batıda Kezer Çayı’ndan doğuda Zap Suyu’na kadarki havzanın yüksek rakımlı kesiminde yıllık 7-günlük en düşük akışlar, yıllık ortalama debinin %30 ilâ 40’ı oranındadır. Kezer, Bitlis çayları ile Orta Dicle ve Zap havzalarında yıllık 7-günlük en düşük akışlar, yıllık ortalama debinin %16’sı ilâ %26’sı civarındadır. Yukarı Dicle Havzası, havzanın en kurak kesimi olup özellikle Diyarbakır-Batman arasındaki kuzey-güney doğrultusunda akan kollarda akımlar sıfırlanabilmektedir.

5.3.2 İstasyonlardaki 7-günlük En Düşük Ortalama Akışların (MAM7) Frekans Analizi

Havza’da 15 yıldan uzun süreli rasatları olan istasyonlarda, 7-günlük en düşük ortalama akımların frekans dağılımı incelenmiştir. Bu istasyonlardan uzun süreli sıfır akım ölçülen 26-12, 26-40 ve 2618 istasyonları analiz dışında tutulmuştur.

Analizde değerlendirilen MAM7 verilerinin ortalama (\bar{x}), standart sapma (S_x), değişkenlik (C_v), çarpıklık (C_s), sivrilik (g_2), L-momentlere dayanan değişkenlik (LC_v), çarpıklık (LC_s) ve sivrilik (LC_k) gibi tanımlayıcı temel istatistikleri Tablo 5.5’te sunulmuştur. Logaritmik dönüşümün orijinal gözlemlerin dağılımını

simetrikleştirme (bir başka deyişle lognormal dağılımların uygunluğunu) ne ölçüde başarılı olduğunu gözlemek amacıyla istasyonlardaki MAM7 verilerinin logaritmalarına ait tanımlayıcı istatistikler de Tablo 5.6'da sunulmuştur.

Çalışma bölgesindeki 17 istasyonda gözlenmiş düşük akımlara uygun olasılık dağılımlarını saptamak için birçok araştırmacı tarafından önerilen normal (NOR), iki parametrelili lognormal (LN2), iki ve üç parametrelili gamma (G2 ve G3) ve üç parametrelili Weibull (W3) dağılım fonksiyonları uygulanmıştır. Parametre tahmininde momentler (MOM), maksimum olabilirlik (M-L) ve L-moment (LMOM) yöntemleri kullanılmıştır. Dağılımların uygunluğu, olasılık çizgisi korelasyonu (PPCC) ve Kolmogorov-Smirnov (K-S) uygunluk testleri ile araştırılmıştır.

7-günlük en düşük akımlara genellikle en iyi uyum gösteren dağılımı saptamak amacıyla yapılan PPCC testi sonuçları Tablo 5.7'de verilmiştir. Test sonuçlarının irdelenebilmesi için Tablo 5.8'de normal dağılım için %5 anlamlılık düzeyindeki kritik PPCC korelasyonları verilmiştir. Kolmogorov-Smirnov testine göre %5 anlamlılık düzeyinde hemen hemen bütün dağılım modelleri uygun görüldüğünden bu teste ait sonuçlar ayrıca verilmemiştir.

Farklı tekerrür süreleri için tahmin edilen 7-günlük ortalama en düşük debiler (X_T), standart hataları (S_T) ve test istatistikleri Ek III'de her istasyon için ayrı ayrı sunulmuştur.

Düşük akım analizlerinde sıkça kullanılan 2-yıl tekerrürlü 7-günlük en düşük ortalama akış (7Q2) ve 10-yıl tekerrürlü 7-günlük en düşük ortalama akış (7Q10) muhtemel tahminleri Tablo 5.9'da sunulmuştur.

Tablo 5.5 Frekans analizinde kullanılan MAM7 verilerinin örnek istatistikleri

İstasyon Adı	AGI No	Rasat Süresi	\bar{x}	S_x	$C_{v,x}$	$C_{s,x}$	$g_{2,x}$	$LC_{v,x}$	$LC_{s,x}$	$LC_{k,x}$
CAYO	2617	26	1,36	0,44	0,321	-0,072	2,989	0,186	-0,013	0,109
DIYA	2605	47	8,57	3,67	0,428	0,765	4,096	0,239	0,127	0,154
CINA	2619	24	0,31	0,2	0,641	1,016	5,131	0,356	0,160	0,162
SINA	2602	21	16,32	14,46	0,886	1,402	5,018	0,476	0,328	0,108
BESI	2603	51	2,83	0,92	0,324	0,130	2,878	0,186	0,032	0,087
BAYK	2610	51	2,75	0,5	0,183	0,603	4,638	0,101	0,076	0,204
PINA	2624	35	2,67	0,82	0,309	0,368	5,941	0,166	-0,042	0,246
CATA	2609	16	7,62	1,7	0,224	-0,838	5,110	0,127	-0,112	0,142
TULU	2631	16	7,82	2,25	0,288	0,507	2,888	0,168	0,140	0,014
BILL	2633	60	37,93	6,64	0,175	0,346	2,581	0,101	0,075	0,068
REZU	2611	17	76,51	18,68	0,244	1,100	5,056	0,134	0,187	0,226
CIZR	2606	29	100,29	14,36	0,143	-0,076	3,228	0,082	-0,010	0,135
GIRI	2625	23	2,37	0,45	0,192	0,060	2,587	0,112	0,007	0,029
MUSA	2621	25	3,76	0,95	0,252	-0,298	3,900	0,143	-0,055	0,202
KONA	2622	18	2,41	0,81	0,337	0,935	4,179	0,188	0,235	0,173
TEKN	2630	20	7,61	2,29	0,301	-0,057	3,748	0,172	0,006	0,179
UZUM	2620	30	13,03	2,88	0,221	0,217	2,644	0,129	0,049	0,065

Tablo 5.6 Frekans analizinde kullanılan logaritmik MAM7 verilerinin örnek istatistikleri

İstasyon Adı	AGI No	Rasat Süresi	\bar{y}	S_y	$C_{v,y}$	$C_{s,y}$	$g_{2,y}$	$LC_{v,y}$	$LC_{s,y}$	$LC_{k,y}$
CAYO	2617	26	0,25	0,36	1,433	-0,887	3,855	0,827	-0,045	0,136
DIYA	2605	47	2,05	0,45	0,221	-0,534	3,498	0,144	-0,023	0,264
CINA	2619	24	-1,49	1,03	-0,694	-2,417	10,895	-0,290	-0,200	0,091
SINA	2602	21	2,40	0,92	0,381	0,040	2,316	0,265	0,133	0,171
BESI	2603	51	0,98	0,36	0,368	-1,010	5,228	0,220	-0,063	0,184
BAYK	2610	51	0,99	0,18	0,182	-0,182	4,294	0,120	0,030	0,314
PINA	2624	35	0,93	0,35	0,377	-1,256	5,669	0,222	-0,123	0,310
CATA	2609	16	2,00	0,26	0,127	-1,855	8,502	0,128	0,015	0,543
TULU	2631	16	2,02	0,28	0,138	0,098	2,805	0,141	0,148	0,460
BILL	2633	60	3,62	0,17	0,048	0,025	2,386	0,044	0,039	0,414
REZU	2611	17	4,31	0,23	0,052	0,436	4,014	0,088	0,116	0,726
CIZR	2606	29	4,60	0,14	0,031	-0,473	3,568	0,052	0,032	0,701
GIRI	2625	23	0,85	0,19	0,226	-0,241	2,551	0,173	0,062	0,264
MUSA	2621	25	1,29	0,28	0,218	-1,242	5,456	0,156	-0,043	0,380
KONA	2622	18	0,83	0,32	0,388	0,013	4,214	0,270	0,193	0,332
TEKN	2630	20	1,98	0,33	0,168	-1,121	5,290	0,140	0,013	0,451
UZUM	2620	30	2,54	0,22	0,087	-0,185	2,616	0,083	0,048	0,433

Tablo 5.7 Frekans analizi yapılan istasyonlarda PPCC testi sonuçları

Model	NOR			LN2			G2			G3			W3			
	MOM	M-L	LMOM	MOM	M-L	LMOM	MOM	M-L	LMOM	MOM	M-L	LMOM	MOM	M-L	SOD	LMOM
Çayönü	0,994	0,994	0,994	0,974	0,969	0,968	0,984	0,983	0,983	0,993	-	0,993	0,994	0,994	0,994	0,994
Diyarbakır	0,980	0,980	0,980	0,992	0,990	0,986	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,993	0,993	0,992	0,995
Çınarköprü	0,966	0,966	0,966	0,982	0,942*	0,970*	0,987	0,985	0,987	0,987	-	0,987	0,985	-	0,982	0,988
Sinan	0,919*	0,919*	0,919*	0,980	0,972	0,953	0,986	0,985	0,986	0,985	-	0,986	0,978	-	0,986	0,980
Beşiri	0,994	0,994	0,994	0,981	0,976	0,974	0,990	0,989	0,989	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,992	0,995
Baykan	0,983	0,983	0,983	0,990	0,990	0,990	0,988	0,988	0,988	0,989	0,988	0,989	$X_o > X_{min}$	0,983	0,974*	0,988
Pınarca	0,961*	0,961*	0,961*	0,951*	0,948*	0,946*	0,955*	0,955*	0,956*	0,959*	0,961*	0,960*	0,955*	0,957*	0,958*	$X_o > X_{min}$
Çatak	0,970	0,970	0,970	0,944*	0,940*	0,907*	0,953	0,953	0,954	$X_o > X_{min}$	-	0,943	0,981	-	-	0,981
Tülüran	0,975	0,975	0,975	0,982	0,982	0,969	0,983	0,983	0,983	0,983	0,976	0,983	0,984	-	0,986	0,981
Billioris	0,989	0,989	0,989	0,993	0,993	0,989	0,993	0,993	0,993	0,993	0,990	0,994	0,995	-	0,995	0,994
Rezuk	0,946	0,946	0,946	0,968	0,967	0,969	0,963	0,962	0,962	0,973	-	0,973	0,969	-	0,971	0,974
Çizre	0,990	0,990	0,990	0,985	0,985	0,955	0,987	0,987	0,987	0,989	-	0,990	0,990	0,990	0,990	0,990
Girikhan	0,988	0,988	0,988	0,984	0,984	0,980	0,987	0,987	0,987	0,989	0,988	0,988	0,990	0,988	0,989	0,999
Musahan	0,990	0,990	0,990	0,971	0,968	0,959*	0,979	0,978	0,979	0,983	-	0,984	0,991	-	-	0,990
Konak	0,961	0,961	0,961	0,986	0,986	0,987	0,982	0,981	0,982	0,987	0,985	$X_o > X_{min}$	0,982	0,982	0,972	0,986
Teknisyenler	0,990	0,990	0,990	0,975	0,972	0,954	0,982	0,982	0,982	0,989	-	0,990	0,989	0,989	-	0,989
Üzümcü	0,992	0,992	0,992	0,990	0,990	0,978	0,993	0,993	0,993	0,993	0,992	0,994	0,995	0,993	0,994	0,994

(*) $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde uygunluğu red edilen modeller.

Tablo 5.8 Normal dağılım için %5 anlamlılık düzeyinde kritik PPCC değerleri (Helsel ve Hirsch, 1992)

n	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$\alpha=0,05$	0,918	0,939	0,951	0,959	0,964	0,969	0,972	0,974	0,977	0,979	0,980

Tablo 5.9 Frekans analizi yapılan istasyonlarda muhtemel 2Q10 ve7Q10 tahminleri (m³/sn)

Model	Tahmin Yöntemi	NOR			LN2			G2			G3			W3			
		MOM	M-L	LMOM	MOM	M-L	LMOM	MOM	M-L	LMOM	MOM	M-L	LMOM	MOM	M-L	SOD	LMOM
Çayönü	7Q2	1,36	1,36	1,36	1,29	1,28	1,28	1,31	1,31	1,31	1,37	-	1,36	1,37	1,36	1,36	1,36
	7Q10	0,79	0,80	0,78	0,86	0,81	0,80	0,83	0,82	0,82	0,78	-	0,78	0,78	0,81	0,79	0,78
Diyarbakır	7Q2	8,57	8,57	8,57	7,86	7,79	7,79	8,04	8,05	8,04	8,06	8,07	8,09	8,10	8,10	8,21	8,09
	7Q10	3,81	3,87	3,92	4,62	4,35	3,98	4,29	4,31	4,28	4,28	4,31	4,24	4,16	4,18	4,05	4,27
Çınarköprü	7Q2	0,31	0,31	0,31	0,26	0,23	0,23	0,27	0,25	0,27	0,27	-	0,28	0,28	-	0,29	0,28
	7Q10	0,05	0,06	0,06	0,12	0,06	0,09	0,09	0,07	0,09	0,09	-	0,08	0,08	-	0,07	0,08
Sinan	7Q2	16,32	16,32	16,32	12,08	11,03	11,03	12,23	12,78	11,84	12,44	-	11,63	13,37	-	11,80	12,11
	7Q10	0,00	0,00	0,00	4,47	3,41	2,60	2,30	2,92	2,13	1,90	-	2,33	0,48	-	3,58	2,30
Beşiri	7Q2	2,83	2,83	2,83	2,69	2,67	2,67	2,73	2,73	2,73	2,81	2,81	2,80	2,82	2,82	2,87	2,80
	7Q10	1,65	1,66	1,64	1,79	1,68	1,63	1,73	1,69	1,71	1,66	1,69	1,66	1,64	1,65	1,61	1,66
Baykan	7Q2	2,75	2,75	2,75	2,70	2,70	2,70	2,71	2,72	2,72	2,69	2,72	2,71	2,70	2,72	2,77	2,71
	7Q10	2,10	2,10	2,12	2,14	2,14	2,06	2,12	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,13	2,08	2,08	2,14
Pınarca	7Q2	2,67	2,67	2,67	2,55	2,53	2,53	2,58	2,58	2,59	2,61	2,65	2,70	2,62	2,64	2,70	2,70
	7Q10	1,60	1,61	1,66	1,72	1,61	1,58	1,67	1,63	1,72	1,64	1,64	1,64	1,62	1,57	1,57	1,63
Çatak	7Q2	7,62	7,62	7,62	7,43	7,41	7,41	7,49	7,48	7,49	7,92	-	7,82	7,81	-	-	7,82
	7Q10	5,37	5,44	5,43	5,55	5,34	4,14	5,47	5,40	5,51	5,27	-	5,31	5,35	-	-	5,27
Tülüran	7Q2	7,82	7,82	7,82	7,49	7,52	7,52	7,59	7,62	7,58	7,57	7,32	7,48	7,67	-	7,55	7,48
	7Q10	4,84	4,93	4,83	5,16	5,27	3,94	5,03	5,21	4,99	5,04	5,28	5,06	4,97	-	5,10	5,08
Billioris	7Q2	37,93	37,93	37,93	37,35	37,37	37,37	37,54	37,56	37,53	37,51	37,00	37,41	37,58	-	37,18	37,39
	7Q10	29,34	29,42	29,26	29,84	29,92	26,00	29,64	29,81	29,53	29,66	30,01	29,61	29,47	-	29,86	29,63
Rezuk	7Q2	76,51	76,51	76,51	74,20	74,54	74,54	74,91	75,20	75,05	72,32	-	73,01	73,65	-	73,05	73,11
	7Q10	51,84	52,58	53,20	54,01	55,81	31,60	53,12	55,21	54,17	56,34	-	55,67	54,70	-	55,54	55,87
Cizre	7Q2	100,29	100,29	100,29	99,24	99,26	99,26	99,58	99,61	99,58	100,50	-	100,43	100,56	100,43	100,61	100,38
	7Q10	81,55	81,88	81,59	82,41	82,47	57,65	82,07	82,42	82,06	81,42	-	81,50	81,30	81,88	81,27	81,38
Girikhan	7Q2	2,37	2,37	2,37	2,33	2,33	2,33	2,34	2,34	2,34	2,37	2,35	2,37	2,37	2,33	2,34	2,37
	7Q10	1,78	1,79	1,77	1,82	1,82	1,67	1,80	1,82	1,79	1,78	1,82	1,77	1,78	1,83	1,80	1,77
Musahan	7Q2	3,76	3,76	3,76	3,64	3,63	3,63	3,68	3,68	3,68	3,82	-	3,82	3,81	-	-	3,81
	7Q10	2,52	2,55	2,54	2,63	2,53	2,30	2,59	2,55	2,60	2,49	-	2,51	2,50	-	-	2,50
Konak	7Q2	2,41	2,41	2,41	2,27	2,29	2,29	2,31	2,33	2,32	2,25	2,30	2,21	2,30	2,31	2,36	2,22
	7Q10	1,34	1,37	1,38	1,48	1,52	1,38	1,42	1,49	1,44	1,49	1,50	1,52	1,44	1,46	1,38	1,53
Teknisyenler	7Q2	7,61	7,61	7,61	7,28	7,24	7,24	7,38	7,37	7,37	7,64	-	7,60	7,65	7,63	-	7,59
	7Q10	4,60	4,68	4,63	4,94	4,73	3,85	4,80	4,76	4,79	4,59	-	4,64	4,59	4,69	-	4,63
Üzümcü	7Q2	13,03	13,03	13,03	12,71	12,72	12,72	12,81	12,82	12,80	12,91	12,74	12,88	12,95	12,72	12,76	12,87
	7Q10	9,28	9,34	9,22	9,57	9,58	7,87	9,45	9,54	9,37	9,37	9,56	9,32	9,30	9,57	9,47	9,32

Tablo 5.7'deki PPCC testi sonuçları 7-günlük ortalama en düşük akışlara havza genelinde uygun dağılım modeli (ana dağılım modeli) aşıından aşııda irdelenmiştir:

- (i) Fiziksel aşııdan pek de doğru bir model olmamakla birlikte, Sinan ve Pınarca istasyonları dışında 7-günlük en düşük akışların ampirik frekans dağılımını Normal dağılım modeliyle dahi temsil edilebilmektedir. Ancak, bu modelin değişkenliği yüksek olan istasyonlarda negatif değerli düşük akım tahminleri verme riski mevcuttur.
- (ii) Tablo 6.6'den de görüleceği gibi, Çayönü, atak, Cizre, Musahan ve Teknisyenler gibi istasyonlardaki 7-günlük en düşük akışların örnek arpıklık katsayıları negatiftir. Bu istasyonlardaki veriler oldukça kısa olup, arpıklık katsayısı tahminleri güvenilir değildir. Bu nedenle, Tablo 5.7'den de görüldüğü gibi, yukarıda adı geçen ınarköprü, Pınarca ve atak dışında, 7-günlük en düşük akışlara LN2 dağılım modelinin uygun olduğu hipotezi %5 anlamlılık düzeyinde kabul görmektedir.
- (iii) Normal ve LN2 modellerine kıyasla daha esnek bir dağılım modeli olan 2-parametrelili Gamma (G2) modeli; Pınarca dışında tüm istasyonlarda %5 anlamlılık düzeyinde kabul görmektedir. Bu nedenle, 2-parametrelili dağılım modeli seçenekleri içinde Dicle havzası düşük akımlarının genel frekans dağılımını tamamlamak için kullanılabilen en tutarlı model G2 modelidir.
- (iv) Üç parametrelili Gamma (G3) ve Weibull (W3) modelleri parametre adedi daha fazla olduğundan gözlenmiş frekanslara uyumluluk yükselmektedir. Ancak, bu tür modellerin kısa dizilerden tahminlenen parametreleri güvenli değildir. Ayrıca, ML yöntemiyle çoğu istasyonda çözüm elde edilmemektedir. X_0 alt sınır parametresinin MOM ve LMOM tahminleri ise fiziksel aşııdan anlamsız olabilmektedir ($X_0 < 0$ veya $X_0 > X_{min}$).

Bu irdelemeler sonucunda, Dicle Havzası 7-günlük en düşük akımlarının geldiği ana dağılımın LN2 veya G2 dağılımını olabileceği anlaşılmaktadır.

Tüm dağılımlarda MOM yöntemi parametre tahminlerinin belirgin şekilde diğer yöntemlerin parametre tahminlerinden küçük ya da büyük olduğu tespit edilmiştir. Billioris, Baykan, Beşiri, Diyarbakır gibi veri sayısı fazla olan istasyonlarda ise dağılımların MOM ve ML yöntemlerinin parametre tahminleri birbirine çok yakın hesaplanmıştır.

5.4 Düşük Akım Karakteristikleri Arasındaki İlişkiler

Akım gözlemi yapılmayan veya kısa süreli gözlem bulunan havzalarda düşük akım karakteristiklerinin belirlenmesinde ve/veya iyileştirilmesinde bölgesel analiz çalışmalarına ve analogi yöntemlerine başvurulmaktadır. Bu amaçla, literatürde düşük akım kilit parametreleri olan ortalama akış (Q_0), taban akış indeksi (TAİ), zamanın %95'inde aşılacak debi (Q_{95}), 7-günlük en düşük ortalama akış (MAM7) arasında regresyon yöntemine dayalı bölgesel ilişkiler geliştirilmiştir.

5.4.1 Ortalama Debi – Yağış Alanı İlişkileri

Ortalama akış (Q_0), mevcut su kaynağı potansiyelinin bir göstergesi olup düşük akım istatistiklerinin standardize edilmesinde kullanılmaktadır. Bölgesel analiz sonuçlarının kullanımı sırasında ortalama akışın yüzdesi olarak ifade edilen düşük akım karakteristiklerinin tekrar ölçekli değere (m^3/sn) dönüştürülmesinde Q_0 bir ölçek değişkeni olarak da gerekmektedir.

Ortalama akış, havza su bütçesi ve bölgesel regresyon yöntemi olmak üzere iki yöntem ile hesaplanabilir (Gustard ve diğer., 1992; Smakthin, 2001). Bu çalışmada, ortalama akışın tahminlenmesinde en etkin bir havza özelliği olan yağış alanı (AREA) ile havza ortalama akışları arasında regresif ilişkiler araştırılmıştır. İstasyon rasat süreleri ile ağırlıklı en küçük kareler yöntemine göre elde edilen ortalama alternatif ortalama akış - yağış alanı bağıntıları Denklem 5.1 ve 5.2'te verilmiştir.

$$Q_0 = 2,845 + 0,013 \times AREA; R^2 = 0,99; N = 48 \quad (5.1)$$

$$Q_0 = 0,009 \times AREA^{1,048}; R^2 = 0,85; N = 49 \quad (5.2)$$

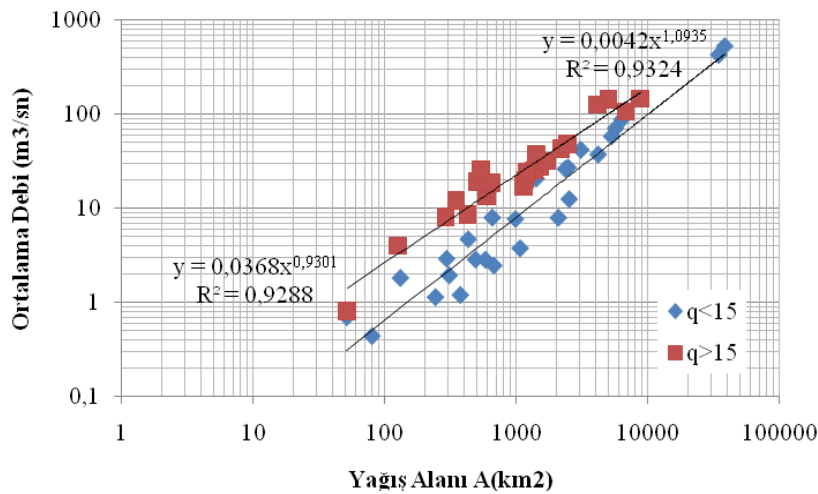
Denklem 5.1'in elde edilmesi için yapılan analizlerde aynı kol üzerindeki 2602 Sinan ve 2612 Malabadi istasyonlarının student-t istatistikleri kritik değerden önemli ölçüde büyük olduğundan (aykırı değer niteliği taşıdığından) bu istasyonlar analizden çıkartılmıştır. Denklem 5.2'nin elde edildiği üstel regresyon analizinde ise, 26-51 Bahçesaray istasyonu aynı sebepten ötürü analizden çıkartılmıştır.

Denklem 5.2'nin istatistiksel performansının nispeten düşük olması sebebiyle havzadaki istasyonlar, beslenme özelliklerini temsil eden verimlerine [$q = (Q_0 / A) \cdot 10^3$ lt/sn/km²] göre iki alt gruba ayrılarak tekrar incelenmiştir. (Denklem 5.3a ve 5.3b).

$$Q_0 = 0,0042 \times AREA^{1,0935}; q < 15 \text{ için } R^2 = 0,93; N = 26 \quad (5.3a)$$

$$Q_0 = 0,037 \times AREA^{0,9301}; q > 15 \text{ için } R^2 = 0,93; N = 24 \quad (5.3b)$$

Verimlere göre iki alt grup için elde edilen ortalama debi-yağış alanı ilişkileri Şekil 5.8'de sunulmuştur.



Şekil 5.8 İstasyon verimlerine göre Ortalama Debi (Q_0) ve Yağış Alanı arasındaki üstel ilişki

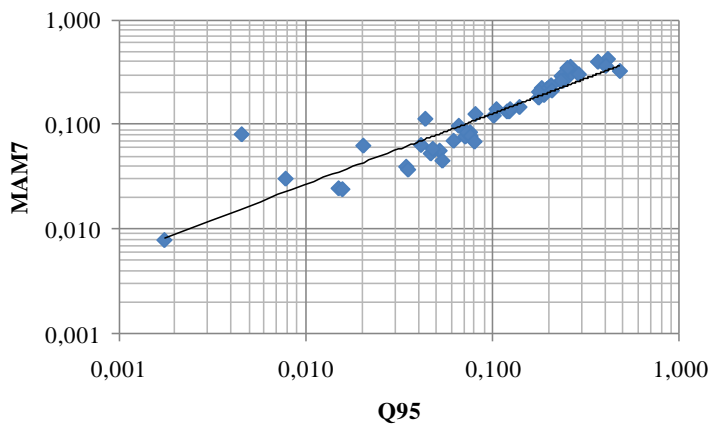
Bu bağıntılardan havzada çalışılacak bir alanda sadece yağış alanı kullanılarak ortalama debi tahmin edilebilir. Havza’da ortalama debi tahmininde ilk yaklaşım olarak lineer denklem kullanılabilir; ancak, denklemin sabiti, Havza’nın batısında, özellikle Diyarbakır-Batman arasında kuzey-güney doğrultusunda akan kollarda, yanlış tahminlere yol açabilmektedir. Bu sebeple üstel ilişkinin özellikle havza alanı küçük bölgelerde kullanılması daha uygundur. Verim eşiği 15 lt/sn/km² nispeten subjektif bir değerdir. Ancak, yağış alanının küçük ve taban akışı katkısının yüksek olduğu bilinen (Bkz. Şekil 5.4 ve 5.5) bölgelerde verimin 15lt/sn/km²’den büyük olduğu söylenebilir.

5.4.2 Q95 –MAM7 ilişkileri

Kısa süreli gözlem bulunan havzalarda debi-sürek eğrisini ve debi-frekans eğrisini tahmin etmek için %95 aşılma olasılıklı günlük debi Q95 ve ortalama 7-günlük en düşük akış MAM7 karakteristikleri arasındaki karşılıklı bölgesel ilişkiler aşağıda verilmiştir. İlişkiye ait gösterim Şekil 5.9’da gösterilmiştir.

$$\overline{Q95} = 0,717 \times MAM7^{0,75}; \quad R^2 = 0,92; \quad N = 46 \quad (5.4a)$$

$$\overline{MAM7} = 1,28 \times Q95^{1,228}; \quad R^2 = 0,92; \quad N = 46 \quad (5.4b)$$



Şekil 5.9 Q95 - MAM7 ilişkisi

MAM7 ve Q95 arasındaki ilişki oldukça yüksek korelasyona sahiptir. Bu ilişki, debi-sürek eğrisi analizinden frekans analizine (ya da frekans analizinden debi-sürek analizine) kolaylıkla geçebilme olanağı sağlamaktadır.

5.4.3 Q95 ve MAM7'nin TAI ile ilişkileri

Kısa süreli gözlem bulunan havzalarda debi-sürek eğrisini ve debi-frekans eğrisini tahmin etmek için kullanılabilecek diğer bir alternatif bölgesel model ise, Q95 ve MAM7 karakteristiklerini taban akış indekslerine bağlı olarak tahmin etmektir. Dicle havzası için bu ilişkiler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Elde edilen ilişkiler havzadaki her istasyon için Q90/Q50 oranına en yakın TAI tahmin eden optimal α filtrelerine göre belirlenmiş TAI değerlerine göre:

$$\overline{Q95} = 1,49 \times TAI_{opt}^{4,66}; \quad R^2 = 0,50; \quad N = 47 \quad (5.5a)$$

$$\overline{MAM7} = 2,495 \times TAI_{opt}^{6,11}; \quad R^2 = 0,47; \quad N = 47 \quad (5.5b)$$

Ve havzada $\alpha=0,925$ filtresine göre belirlenmiş TAI değerlerine göre:

$$\overline{Q95} = 1,706 \times TAI_{\alpha=0,925}^{4,90}; \quad R^2 = 0,85; \quad N = 47 \quad (5.6a)$$

$$\overline{MAM7} = 2,938 \times TAI_{\alpha=0,925}^{6,45}; \quad R^2 = 0,72; \quad N = 47 \quad (5.6b)$$

biçimindedir.

Ortalama MAM7 ve Q95 karakteristiklerinin ortalama TAI ile ilişkileri nispeten zayıftır. Bu ilişkilerden tahmin edilecek değerlerin, gerçek değerlerden önemli ölçüde farklı olabileceği söylenebilir. Ancak bu ilişkiler, proje bölgesinde düşük akışlarla ilgili ön tahminler yapmak açısından önemlidir.

BÖLÜM ALTI

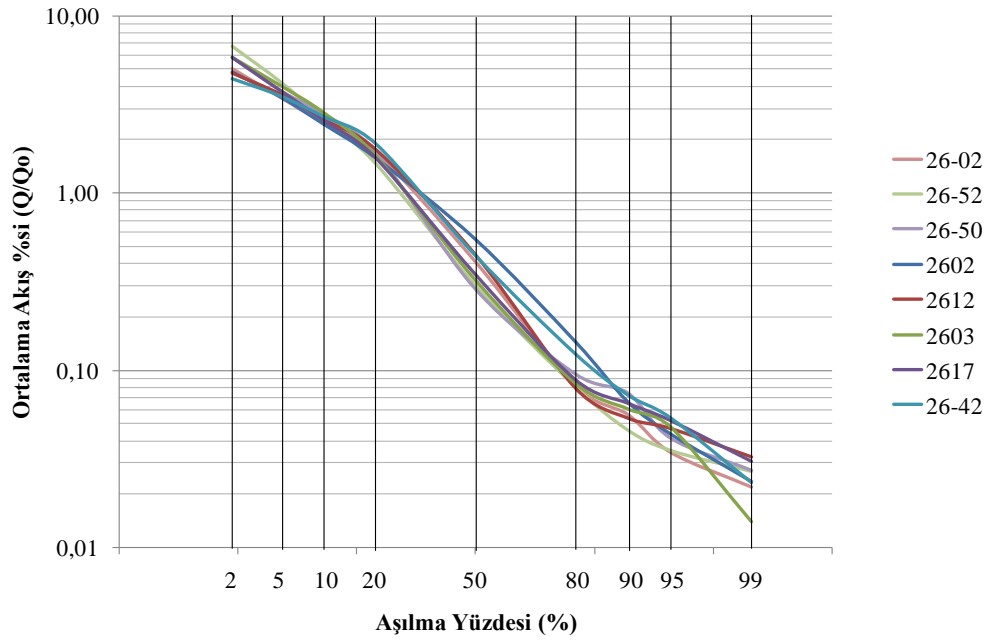
BÖLGESEL ANALİZ SONUÇLARI

6.1 Bölgesel Debi-Sürek Eğrisi

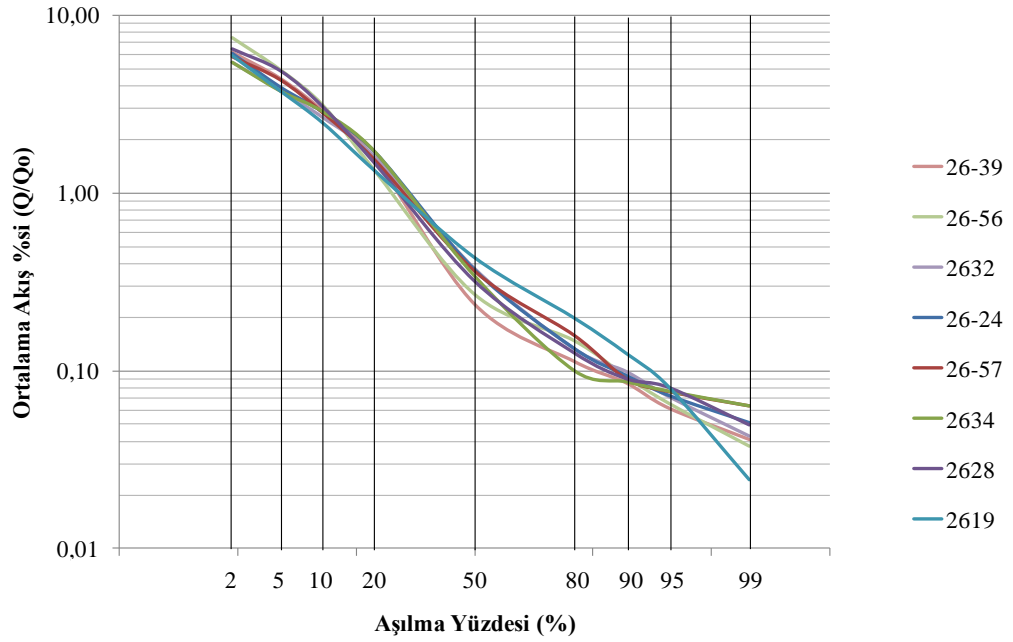
Bölüm 5.2’de hesaplanan havza istasyonlarına ait debi-sürek eğrilerinin ortalama debi ile boyutsuzlaştırılmış belirli aşılma olasılıkları (Tablo 5.4), Bölüm 3.2.2’de anlatıldığı üzere bölgeselleştirilmiştir.

Boyutsuz debi-sürek eğrilerinin bölgeselleştirilmesinde, debi-sürek eğrisinin şeklini belirleyen boyutsuz Q95 (Q_{95}/Q_0) değerleri dikkate alınarak yapılmaktadır; bu sebeple Q95 debisi sıfırlanan istasyonlar (26-12, 26-17 ve 26-32) analize dahil edilmemiştir. Q95 değeri ortalama akışın %2,5’undan daha küçük olan istasyonlarda debi-sürek eğrileri homojen özellik göstermediğinden bu özelliğe sahip istasyonlar da (2619, 26-14, 26-35, 26-40, 26-54, 26-62, 26-63) analiz dışı bırakılmıştır. Ayrıca, debi-sürek eğrisi formu beklenenin dışında olan istasyonlar da (26-19 ve 26-31), bölgenin ortalama debi-sürek eğrisinin formunu olumsuz yönde etkilediğinden analiz dışında tutulmuştur.

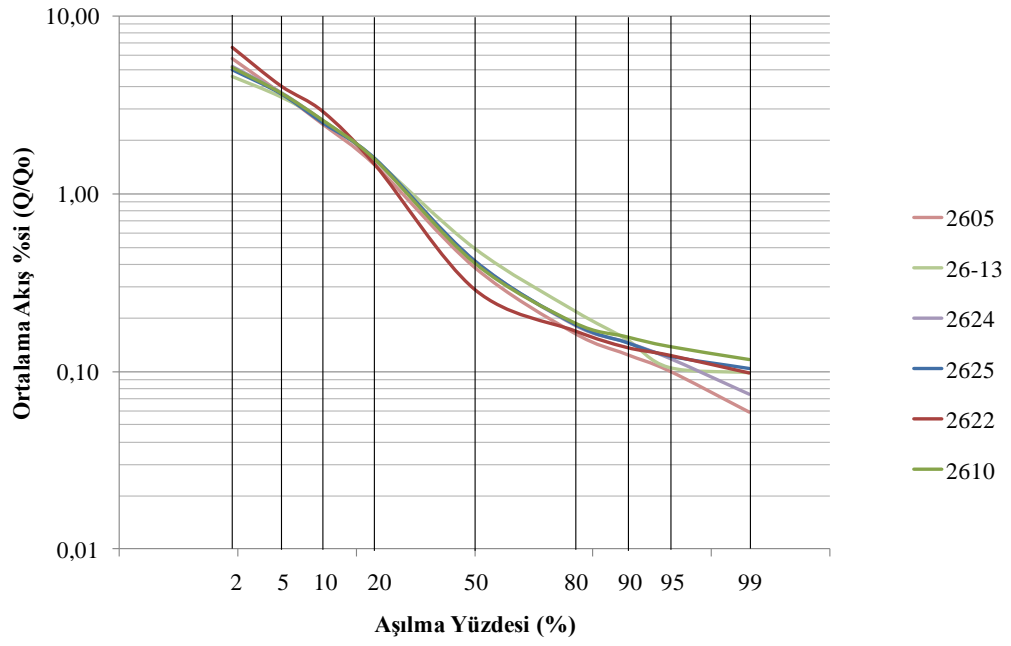
Böylece, geriye kalan 39 istasyon, boyutsuz Q95 debilerine göre 6 sınıf aralığına bölünüp, her sınıf kendi içinde gruplandırılmıştır. Her gruptaki istasyonların %2, %5, %10, %20, %50, %80, %90, %95 ve %99 aşılma yüzdeleri için boyutsuz debi-sürek eğrisi ordinatlarının rasat sürelerine göre ağırlıklı ortalaması alınarak her grup için bir ortalama debi-sürek eğrisi oluşturulmuştur. Tablo 6.1’den de görüleceği gibi Tip-1 eğrisi için Q95 değeri ortalama akışın %5’ini gösterirken, Tip-6 eğrisinde ortalama akışın %39,6’sına karşı gelmektedir. Tip eğrilerin oluşturulmasında kullanılan istasyonların gruplarının debi-sürek eğrileri Şekil 6.1 ilâ 6.6’da verilmiştir. Türetilen tip eğriler Şekil 6.7’de, eğri ordinatları ise Tablo 6.1’de sunulmuştur. Bu tabloda ayrıca, gruptaki istasyonlar için ortalama TAI değerleri de gösterilmiştir.



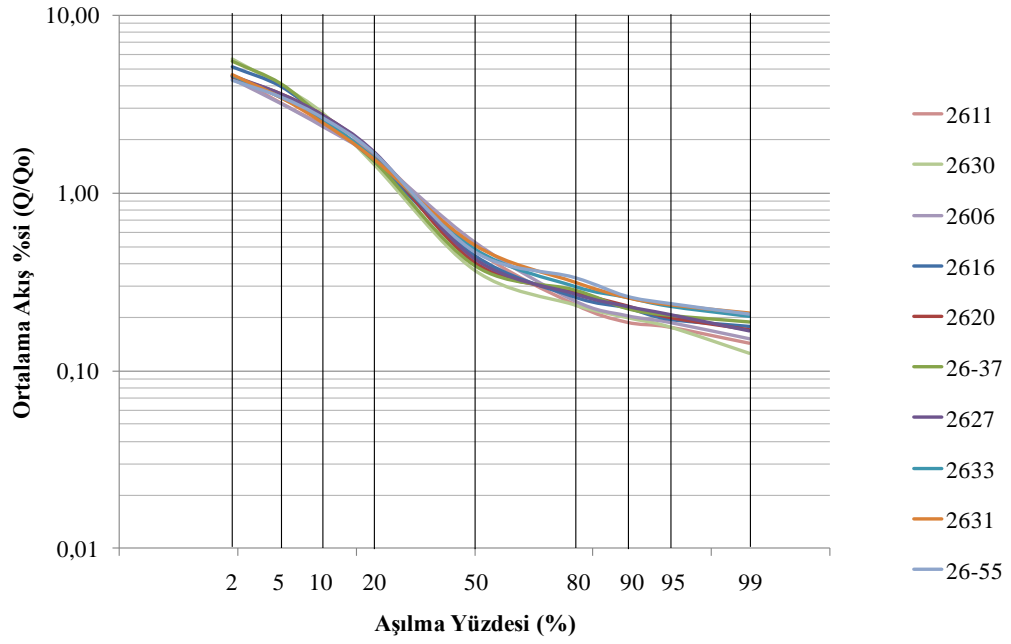
Şekil 6.1 Tip-1 eğri grubunu oluşturan istasyonlara ait boyutsuz debi-sürek eğrisi



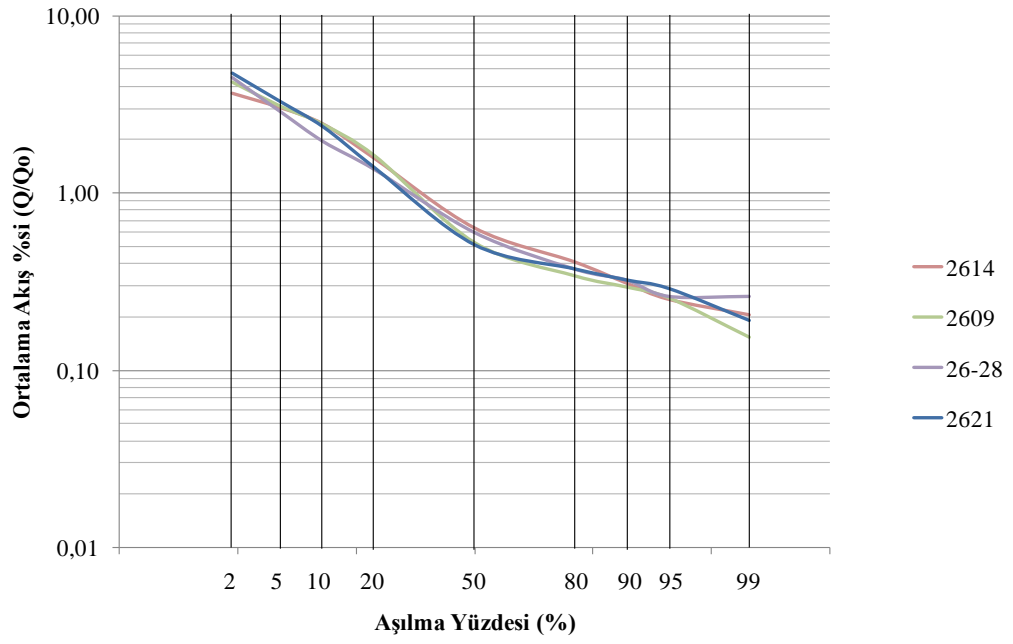
Şekil 6.2 Tip-2 eğri grubunu oluşturan istasyonlara ait boyutsuz debi-sürek eğrisi



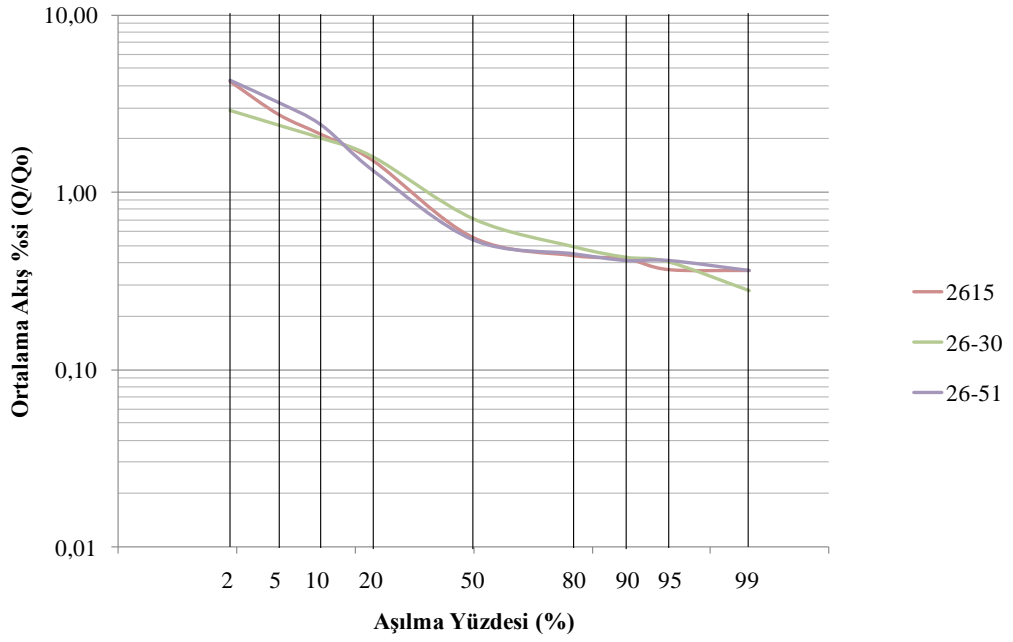
Şekil 6.3 Tip-3 eğri grubunu oluşturan istasyonlara ait boyutsuz debi-süreklilik eğrisi



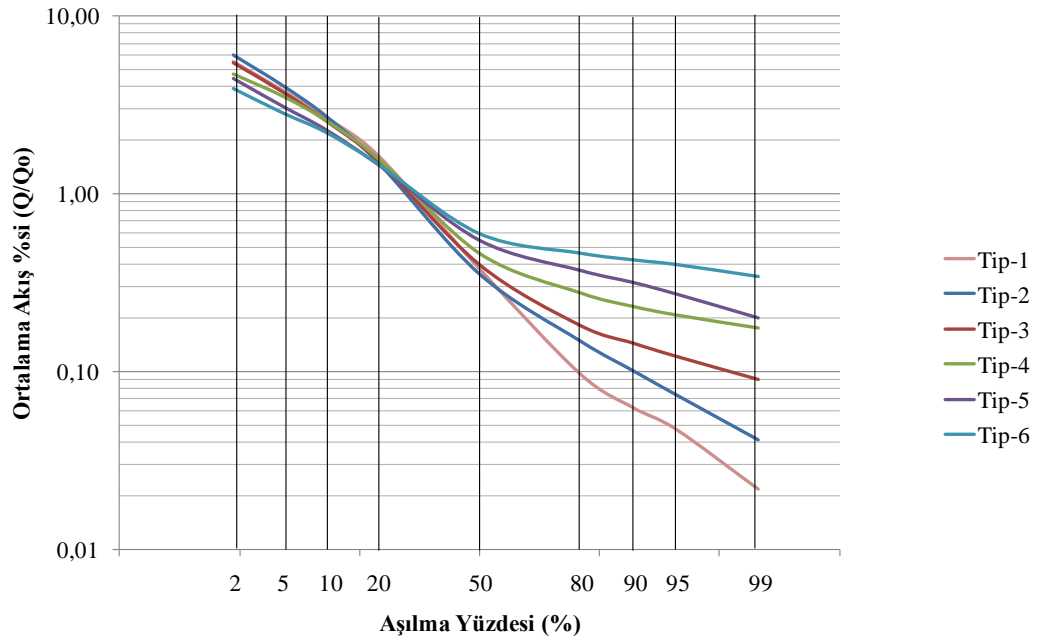
Şekil 6.4 Tip-4 eğri grubunu oluşturan istasyonlara ait boyutsuz debi-süreklilik eğrisi



Şekil 6.5 Tip-5 eğri grubunu oluşturan istasyonlara ait boyutsuz debi-sürekleme eğrisi



Şekil 6.6 Tip-6 eğri grubunu oluşturan istasyonlara ait boyutsuz debi-sürekleme eğrisi



Şekil 6.7 Dicle havzası boyutsuz bölgesel debi-sürek tip eğri ailesi

Tablo 6.1 – Dicle havzası boyutsuz bölgesel debi-sürek tip eğri ordinatları

Tip Eğri	1	2	3	4	5	6	
Q95	0,047	0,074	0,121	0,208	0,271	0,396	
TAİ	0,578	0,532	0,571	0,609	0,643	0,689	
Aşılma Yüzdesi (%)	2	5,519	6,052	5,419	4,687	4,464	3,875
	5	3,816	4,085	3,725	3,528	3,118	2,833
	10	2,676	2,745	2,556	2,570	2,293	2,197
	20	1,627	1,493	1,513	1,561	1,450	1,449
	50	0,378	0,355	0,397	0,462	0,545	0,591
	80	0,096	0,149	0,180	0,277	0,368	0,459
	90	0,062	0,101	0,144	0,232	0,315	0,421
	95	0,047	0,074	0,121	0,208	0,271	0,396
	99	0,022	0,041	0,090	0,176	0,199	0,339

Debi-Sürek eğrilerinde taban akışı etkisi (büküm noktaları) Tip-1 eğrisinde zamanın %80'inden sonra, Tip-2 eğrisinde ise zamanın %50'sinden sonra görülmektedir. Tip numarası arttıkça taban akışı etkisi (eğrilerin kurak akış bölgesindeki eğimlerin azalması) gitgide belirginleşmektedir.

Tip eğrilerin TAİ aralığı, hesaplanan ortalama TAİ'nin $\pm 5\%$ civarında, geniş bir aralıkta değişmektedir. Tip-1 eğrisinde taban akış indeksi 0,49-0,66 arasında

Bölgesel frekans analizi ile Havza'da uzun süreli rasadı olan istasyonların az olması sebebiyle önemli örnekleme hataları taşıyan noktasal tahminlerin iyileştirilmesi ve ölçüm yapılmayan noktalarda belirli tekerrürlü olay büyüklüklerinin (7Q2 ve 7Q10) tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

6.2.1 Uygun Bölgesel Dağılım Modelinin Belirlenmesi

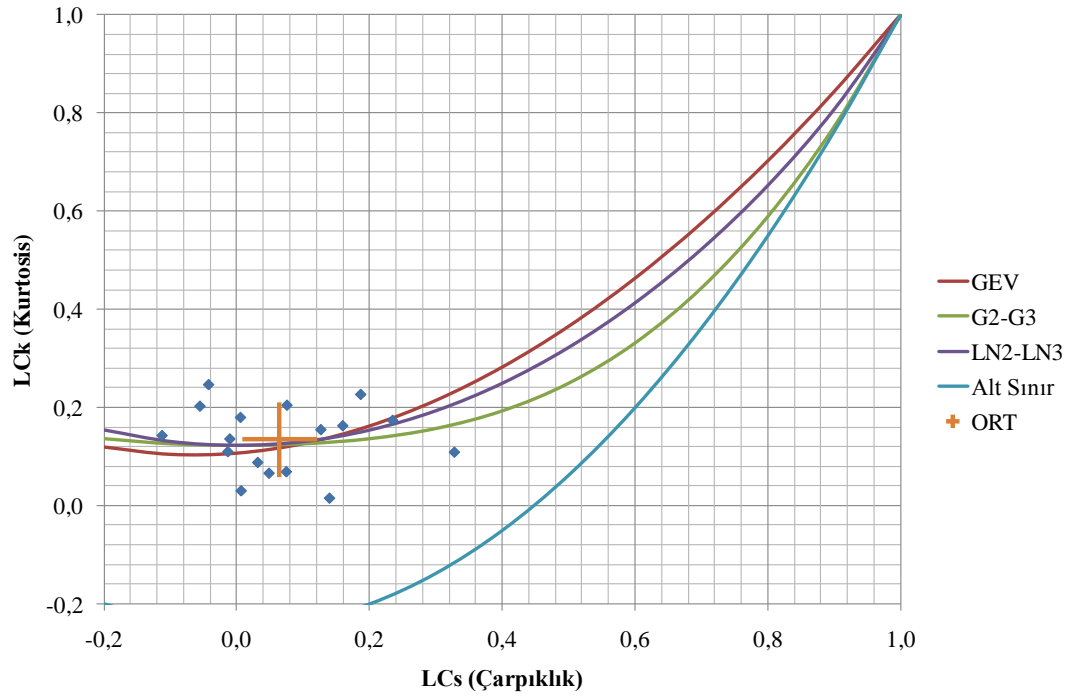
6.2.1.1 L-Moment Diyagramları

Havza istasyonlarında uygulanacak dağılım modeli seçiminde ilk yaklaşım olarak Tablo 5.3'de verilen istasyonlara ait LC_v ve LC_s istatistiklerinin birer nokta ile temsil edildiği LC_v-LC_s ve LC_s-LC_k grafikleri kullanılmıştır.

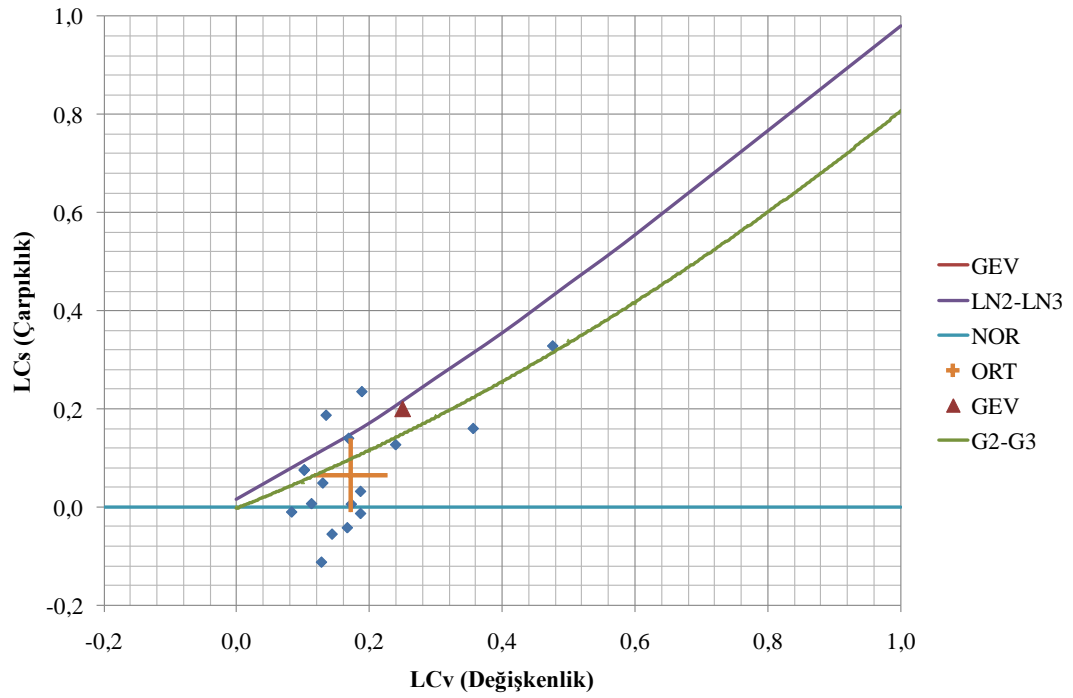
Şekil 6.9 ve 6.10'da bölgedeki istasyonların MAM7 serilerinin LC_v-LC_s ve LC_s-LC_k noktaları ile dağılım modellerinin kuramsal ilişkileri birlikte gösterilmiştir. Aynı şekiller üzerinde 17 istasyonun ağırlıklı ortalama (LC_v-LC_s) ve (LC_s-LC_k) noktaları da + simgesiyle gösterilmiştir.

LC_s-LC_k diyagramına göre havza istasyonlarının rasat süreleri ile ağırlıklı LC_s ve LC_k ortalamaları lognormal, gamma ve genel ekstrem dağılımların ortak olarak geçtiği bölgede konumlanmıştır. İstasyonların eğriler etrafında saçılımı da hangi istasyonun daha iyi uyabileceği hakkında yeterli bilgi vermemektedir.

LC_v-LC_s diyagramına göre havza istasyonlarının rasat süreleri ile ağırlıklı LC_v ve LC_s ortalamaları gamma dağılımına daha yakındır. İstasyonların bir kısmı logaritmik eğri etrafında, bir kısmı gamma eğrisi etrafında, kalan kısmı ise normal dağılım etrafında saçılmaktadır.



Şekil 6.9 MAM7 serilerinin LC_s - LC_k diyagramı ve teorik dağılım ilişkileri



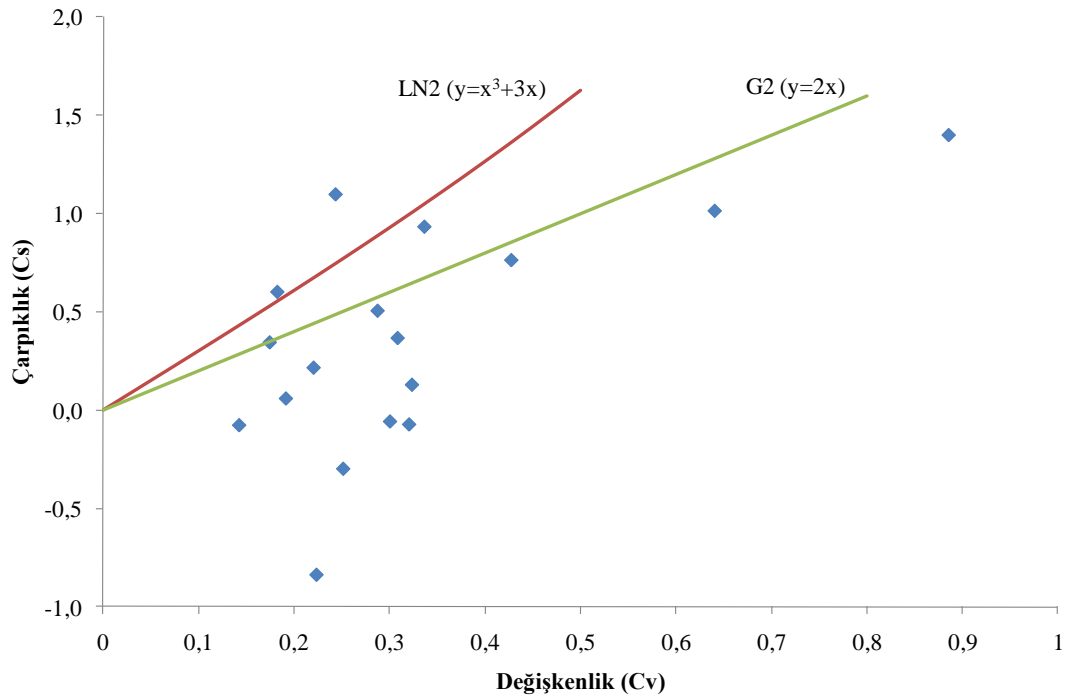
Şekil 6.10 MAM7 serilerinin LC_v - LC_s diyagramı ve teorik dağılım ilişkileri

6.2.1.2 Çarpıklık – Değişkenlik İlişkileri

İki parametrelili dağılım modellerinin bazılarında kuramsal çarpıklık sabit veya değişkenlik katsayısında bağlı olarak değişir. İki parametrelili Gamma modelinde $\gamma_1 = 2\eta$ ve iki parametrelili lognormal dağılım modelinde $\gamma_1 = \eta^3 + 3\eta$ biçimindedir.

Havza bazında istasyonlardaki gözlemlerin örnek çarpıklık katsayıları ile değişkenlik katsayıları arasındaki ilişkileri incelemek, bölge için bir ana dağılım modeli seçilmesi bakımından yararlı olmaktadır.

Şekil 6.11’de Dicle havzasındaki 17 istasyonun (C_v ; C_s) nokta dağılımı ve bazı dağılım modellerinin teorik çarpıklık-değişkenlik ilişkileri gösterilmiştir.



Şekil 6.11 Dicle Havzası için çarpıklık-değişkenlik ilişkisi

6.2.1.3 Uygun Bölgesel Dağılım Modeli

L-Moment diyagramları ve dağılım modellerinin kuramsal çarpıklık ve değişkenlik ilişkilerine bakılarak istasyonlarda gözlenen boyutsuz 7-günlük en düşük

tanımlanabilir. Maden, Garzan, Kezer çayları ve doğuda Nehil çayında değişkenlik katsayısı $0,29 < C_{vj} < 0,32$ arasında değişmektedir; bu çayları kapsayan alt bölge de homojen bir bölge olarak alınabilir. Diyarbakır (2605), Çınarköprü (2619) ve Sinan (2602) istasyonlarında değişkenlik $0,43 < C_{vj} < 0,89$ arasında geniş bir aralıkta değişmektedir; değişkenliği yüksek olan alan bu da homojen bir alt bölge olarak değerlendirilebilir.

Dicle Havzası'nın tümüyle değişkenlik katsayıları bakımından homojen tek bir bölge olarak kabul edilip edilemeyeceği student-t ve χ^2 -kare sınamaları ile kontrol edilmiştir. LN2 ve G2 modelleri için tek bölge seçeneğine ilişkin student-t testi Tablo 6.2'de; homojen bölge χ^2 -testi sonuçları ise Tablo 6.3'te sunulmuştur.

Tablo 6.2 LN2 ve G2 dağılım modelleri için değişkenlik katsayılarının beklenen değerlerinin ortalama değişkenlikle karşılaştırılması (tek bölge seçeneği)

IST ADI	AGI NO	N	Cv	LN2 Modeli		G2 Modeli		$t_{0,025}$
				S(Cv)	t	S(Cv)	t	
CAYO	2617	26	0,32	0,05	-0,50	0,05	-0,50	2,060
DIYA	2605	47	0,43	0,06	1,30	0,05	1,70	2,013
CINA	2619	24	0,64	0,18*	1,60	0,11*	2,70*	2,069
SINA	2602	21	0,89	0,41*	1,30	0,18*	3,00*	2,086
BESI	2603	51	0,32	0,04	-0,60	0,03	-0,70	2,008
BAYK	2610	51	0,18	0,02	-8,50*	0,02	-8,90*	2,008
PINA	2624	35	0,31	0,04	-0,80	0,04	-1,00	2,032
CATA	2609	16	0,22	0,04	-2,80*	0,04	-3,00*	2,131
TULU	2631	16	0,29	0,06	-1,00	0,05	-1,10	2,131
BILL	2633	60	0,18	0,02	-10,10*	0,02	-10,60*	2,001
REZU	2611	17	0,24	0,05	-2,20*	0,04	-2,40*	2,120
CIZR	2606	29	0,14	0,02	-10,40*	0,02	-10,70*	2,048
GIRI	2625	23	0,19	0,03	-5,10*	0,03	-5,40*	2,074
MUSA	2621	25	0,25	0,04	-2,30*	0,04	-2,60*	2,064
KONA	2622	18	0,34	0,07	-0,10	0,06	-0,20	2,110
TEKN	2630	20	0,3	0,06	-0,80	0,05	-0,90	2,093

Tablo 6.3 Tek bölge seçeneği için χ^2 -testi

Toplam veri (istasyon-yıl)	$\sum n_j = 509,00$
Ortalama rasat uzunluğu	$n_{ort} = 29,94$
Bölgesel (ağırlıklı) Değişkenlik	$BC_v = 0,346$
Grup içi sapma k.topl. (ağırlıklı)	$SSE(C_v) = 0,491$
Grup içi sapma k.topl. (normal)	$SSE(C_v) = 0,565$
Ağırlıklı alansal Var(Cv)	$var(C_v) = 0,031$
Normal alansal Var(Cv)	$var(C_v) = 0,035$
Bölgesel homojenlik istatistiği	$\chi^2 = 350,390$ (LN2 modeli için) $\chi^2 = 396,307$ (G2 modeli için)
$\alpha=0,05$ $v=17$ için kritik değer	$\chi^2_{0,05;16} = 26,286$

Tablo 6.3'ün alttaki iki satırında verilen chi-kare istatistiklerine göre, tek bölge seçeneğinde 17 istasyonun homojen bir grup teşkil ettiği hipotezi her iki modelde de $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir ($\chi^2 > \chi^2_{\alpha/2;v}$).

Bölgedeki istasyon sayısı çok az olduğundan, ikinci bir yaklaşım olarak çalışma bölgesi, değişkenlik katsayıları büyük (1.Bölge) ve değişkenlik katsayıları küçük (2.Bölge) iki alt bölgeye ayrılmıştır. Çınarköprü (2619) ve Sinan (2602) istasyonlarında değişkenlik katsayılarının ve bunların standart sapmalarının çok yüksek olması ve 1.Bölge'nin homojenliğini etkilemesi nedeniyle bu istasyonlar analizden çıkarılmıştır. 1.Bölge'de 7 istasyon olup $BC_{v1}=0,344$; 2.Bölge'de 8 istasyon olup $BC_{v2}=0,198$ 'dir. Bu seçeneğe ilişkin student-t testi sonuçları Tablo 6.4 ve 6.5'de ve χ^2 -testi sonuçları ise Tablo 6.6'da sunulmuştur.

Tablo 6.4 LN2 ve G2 ana dağılım modellerinde değişkenlik katsayılarının beklenen değerlerinin bölgesel ortalama değişkenlikle karşılaştırılması (7 istasyondan oluşan 1.Bölge için)

IST ADI	AGI NO	N	Cv	LN2 Modeli		G2 Modeli		$t_{0,025}$
				S(Cv)	t	S(Cv)	t	
CAYO	2617	26	0,320	0,050	-0,400	0,050	-0,500	2,060
DIYA	2605	47	0,430	0,060	1,400	0,050	1,800	2,013
BESI	2603	51	0,320	0,040	-0,500	0,030	-0,600	2,008
PINA	2624	35	0,310	0,040	-0,800	0,040	-0,900	2,032
TULU	2631	16	0,290	0,060	-0,900	0,050	-1,100	2,131
KONA	2622	18	0,340	0,070	-0,100	0,060	-0,100	2,110
TEKN	2630	20	0,300	0,060	-0,800	0,050	-0,900	2,093

Tablo 6.5 LN2 ve G2 ana dağılım modellerinde değişkenlik katsayılarının beklenen değerlerinin bölgesel ortalama değişkenlikle karşılaştırılması (8 istasyondan oluşan 2.Bölge için)

IST ADI	AGI NO	N	Cv	LN2 Modeli		G2 Modeli		$t_{0,025}$
				S(Cv)	t	S(Cv)	t	
BAYK	2610	51	0,180	0,020	-0,800	0,020	-0,800	2,008
CATA	2609	16	0,220	0,040	0,600	0,040	0,600	2,131
BILL	2633	60	0,180	0,020	-1,300	0,020	-1,400	2,001
REZU	2611	17	0,240	0,050	1,000	0,040	1,100	2,120
CIZR	2606	29	0,140	0,020	-2,800	0,020	-2,900	2,048
GIRI	2625	23	0,190	0,030	-0,200	0,030	-0,200	2,074
MUSA	2621	25	0,250	0,040	1,300	0,040	1,500	2,064
UZUM	2621	30	0,220	0,030	0,700	0,030	0,800	2,045

Tablo 6.6 LN2 ve G2 modellerinde iki bölge seçeneği için χ^2 -testi

	1.Bölge	2.Bölge
Toplam veri (istasyon-yıl)	$\sum n_j = 213,00$	$\sum n_j = 251,00$
Ortalama rasat uzunluğu	$n_{ort} = 30,428$	$n_{ort} = 31,375$
Bölgesel (ağırlıklı) Değişkenlik	$BC_v = 0,344$	$BC_v = 0,198$
Grup içi sapma k.topl. (ağırlıklı)	$SSE(C_v) = 0,016$	$SSE(C_v) = 0,008$
Grup içi sapma k.topl. (normal)	$SSE(C_v) = 0,014$	$SSE(C_v) = 0,010$
Ağırlıklı alansal Var(Cv)	$var(C_v) = 0,003$	$var(C_v) = 0,001$
Normal alansal Var(Cv)	$var(C_v) = 0,002$	$var(C_v) = 0,001$
Bölgesel homojenlik istatistiği	$\chi^2 = 4,446$ (LN2 için) $\chi^2 = 6,405$ (G2 için)	$\chi^2 = 13,861$ (LN2 için) $\chi^2 = 14,026$ (G2 için)
$\alpha=0,05$ için kritik değer	$\chi_{0,05;6}^2 = 12,569$	$\chi_{0,05;7}^2 = 14,047$

Tablo 6.6’da görüldüğü üzere alt bölgelerin her biri için χ^2 -homojenlik testi olumlu sonuçlanmıştır. Çalışma bölgesinin iki alt bölgeye ayrılması halinde F istatistiği:

$$F = \frac{MST}{MSE} = \frac{0,0805/(2-1)}{0,024/(15-2)} = 50,32 > F_{0,05}(1,15) = 4,54$$

olup, bu değer, $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyine göre kritik F istatistiğinden önemli ölçüde büyüktür.

6.2.3 Boyutsuz Bölgesel MAM7 Yaklaşımları

Bölüm 5.3’te 15 yıldan uzun süreli rasatları bulunan istasyonların 7-günlük en düşük ortalama akış (MAM7) verilerine uygulanan noktasal frekans analizinden LN2 ve G2 modelleri için hesaplanmış moment, maksimum olabilirlik ve L-moment parametreleri kullanılarak alt bölgelerdeki her bir istasyon için tahmin edilen boyutsuz MAM7 tahminleri 1.Bölge için Ek 4’te Tablo IV.1 ilâ IV.6’da, 2.Bölge için Tablo IV.7 ilâ IV.13’te sunulmuştur.

LN2 ve G2 tabanlı bölgesel ortalama değişkenliklere dayanan boyutsuz bölgesel MAM7 tahmin yaklaşımı, tekerrürün (T) yanı sıra alt bölgelerin (BC_{v1} , BC_{v2}) ortalama değişkenliklerine bağlı olan yaklaşımdır. T tekerrür aralığının birer sürekli fonksiyonu olan boyutsuz MAM7 eğrileri Tablo 6.7’de verilmiştir. Bu fonksiyonlarda ve bundan sonraki ifadelerde Z_T , $\Pr[a>a(T)]=1/T$ aşılmama olasılığına karşı gelen standart normal değişkendir. T=2, 5, 10, 20, 50 ve 100 yıl tekerrür aralıkları için bu yaklaşıma ait $\tilde{a}(T)$ katsayıları Tablo 6.9 ilâ 6.12’nin birinci bölümlerinde sunulmuştur. Bu yaklaşıma ilişkin boyutsuz bölgesel düşük akım eğrileri Şekil 6.13’te sunulmuştur.

Tablo 6.7 Bölgesel MAM7 tahminlerinin BCv tabanlı fonksiyonları

Bölge	Model	Denklem
1	LN2	$\tilde{a}_I(T) = \exp(0,3344 \times z_T - 0,0559)$
1	G2	$\tilde{a}_I(T) = [0,9869 + 0,1147 \times z_T]^3$
2	LN2	$\tilde{a}_{II}(T) = \exp(0,1961 \times z_T - 0,0192)$
2	G2	$\tilde{a}_{II}(T) = [0,9956 + 0,066 \times z_T]^3$

T-tekerrürlü noktasal boyutsuz MAM7 tahminlerinin istasyon rasat sürelerine göre hesaplanan ağırlıklı ortalamaları $[\bar{a}_k(T) \approx \tilde{a}_k(T)]$ ve T-tekerrürlü $a_{kj}(T)$ dizilerinin meydanları kullanılarak boyutsuzlaştırma işlemi sonuçları Tablo 6.9 ilâ 6.12’de sunulmuştur.

LN2 modelinde boyutsuz MAM7 fonksiyonları alt bölgelerdeki istasyonların logaritmik standart sapmalarının ağırlıklı ortalamalarına dayanarak da elde edilmiştir. Bu yaklaşıma ait sürekli tekerrür fonksiyonları Tablo 6.12’de; farklı tekerrür süreleri için $\tilde{a}(T)$ katsayıları Tablo 6.9 ilâ 6.10’un ikinci bölümlerinde sunulmuştur.

Tablo 6.8 Bölgesel MAM7 tahminlerinin BSy tabanlı fonksiyonları

Bölge	Tahmin	Denklem
1	Momentler	$\tilde{a}_I(T) = \exp(0,338 \times z_T - 0,0571)$
	Maks. olabilirlik	$\tilde{a}_I(T) = \exp(0,371 \times z_T - 0,0688)$
	L-Momentler	$\tilde{a}_I(T) = \exp(0,371 \times z_T - 0,0688)$
2	Momentler	$\tilde{a}_{II}(T) = \exp(0,199 \times z_T - 0,0198)$
	Maks. olabilirlik	$\tilde{a}_{II}(T) = \exp(0,202 \times z_T - 0,0204)$
	L-Momentler	$\tilde{a}_{II}(T) = \exp(0,358 \times z_T - 0,0641)$

Tablo 6.9 1.Bölge (N=7 istasyonlu) için LN2 bölgesel modelinde uygulanan alternatif yaklaşımların boyutsuz bölgesel 7-günlük en düşük ortalama akış (MAM7) değerleri

Bölgesel Yaklaşım	Bölgesel İstatistikler	Boyutsuz Bölgesel MAM(7) Değerleri, $\bar{a}_k(T)$					
		T=2	T=5	T=10	T=20	T=50	T=100
1	BCv = 0,198	0,981	0,832	0,763	0,711	0,656	0,622
2	İstasyon $\bar{a}_k(T)$ ortalamaları :						
	(a) Moment parametreleriyle	0,980	0,831	0,763	0,711	0,656	0,622
	(b) Maks. olabilirlik parametreleriyle	0,980	0,830	0,762	0,709	0,655	0,621
	(c) L-Moment parametreleriyle	0,980	0,742	0,643	0,573	0,503	0,462
3	İstasyon $\bar{a}_k(T)$ medyanları:						
	(a) Moment parametreleriyle	0,979	0,821	0,750	0,695	0,639	0,604
	(b) Maks. olabilirlik parametreleriyle	0,979	0,823	0,752	0,697	0,641	0,606
	(c) L-Moment parametreleriyle	0,979	0,714	0,608	0,532	0,458	0,415
4	BSy = 0,199 Moment par.	0,980	0,829	0,759	0,706	0,651	0,616
	BSy = 0,202 Maks. olabilirlik par.	0,980	0,826	0,756	0,702	0,647	0,612
	BSy = 0,358 L-Moment par	0,938	0,694	0,593	0,521	0,450	0,408

Tablo 6.10 2.Bölge (N=8 istasyonlu) için LN2 bölgesel modelinde uygulanan alternatif yaklaşımların boyutsuz bölgesel 7-günlük en düşük ortalama akış (MAM7) değerleri

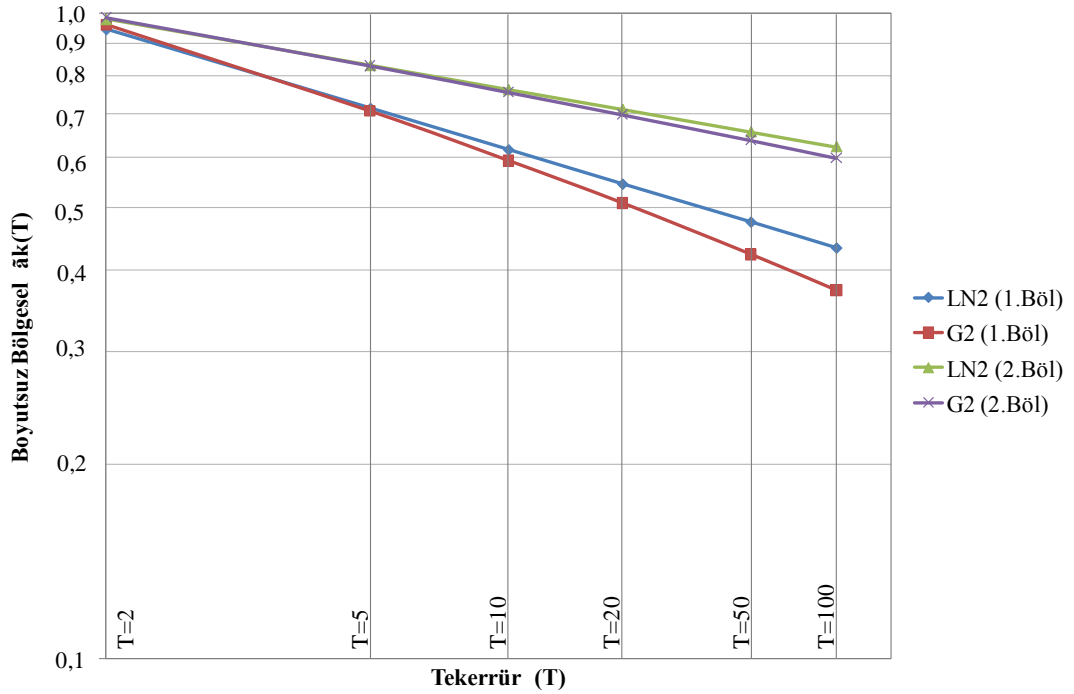
Bölgesel Yaklaşım	Bölgesel İstatistikler	Boyutsuz Bölgesel MAM(7) Değerleri, $\bar{a}_k(T)$					
		T=2	T=5	T=10	T=20	T=50	T=100
1	BCv = 0,344	0,946	0,714	0,616	0,545	0,476	0,434
2	İstasyon $\bar{a}_k(T)$ ortalamaları :						
	(a) Moment parametreleriyle	0,944	0,713	0,616	0,546	0,476	0,435
	(b) Maks. olabilirlik parametreleriyle	0,939	0,691	0,589	0,516	0,445	0,403
	(c) L-Moment parametreleriyle	0,939	0,655	0,544	0,466	0,393	0,350
3	İstasyon $\bar{a}_k(T)$ medyanları:						
	(a) Moment parametreleriyle	0,951	0,727	0,632	0,563	0,494	0,453
	(b) Maks. olabilirlik parametreleriyle	0,947	0,706	0,605	0,533	0,462	0,420
	(c) L-Moment parametreleriyle	0,947	0,681	0,572	0,496	0,422	0,379
4	BSy = 0,199 Moment par.	0,944	0,710	0,612	0,541	0,471	0,430
	BSy = 0,202 Maks. olabilirlik par.	0,934	0,684	0,581	0,508	0,436	0,394
	BSy = 0,358 L-Moment par.	0,910	0,631	0,521	0,445	0,372	0,331

Tablo 6.11 1.Bölge (N=7 istasyonlu) için G2 bölgesel modelinde uygulanan alternatif yaklaşımların boyutsuz bölgesel 7-günlük en düşük ortalama akış (MAM7) değerleri

Bölgesel Yaklaşım	Bölgesel İstatistikler	Boyutsuz Bölgesel MAM(7) Değerleri, $\bar{a}_k(T)$					
		T=2	T=5	T=10	T=20	T=50	T=100
1	BCv = 0,198	0,987	0,831	0,756	0,698	0,637	0,598
2	İstasyon $\bar{a}_k(T)$ ortalamaları :						
	(a) Moment parametreleriyle	0,987	0,830	0,756	0,698	0,636	0,597
	(b) Maks. olabilirlik parametreleriyle	0,987	0,833	0,760	0,703	0,643	0,604
	(c) L-Moment parametreleriyle	0,987	0,831	0,757	0,699	0,638	0,599
3	İstasyon $\bar{a}_k(T)$ medyanları:						
	(a) Moment parametreleriyle	0,985	0,820	0,742	0,681	0,617	0,576
	(b) Maks. olabilirlik parametreleriyle	0,986	0,826	0,749	0,690	0,627	0,587
	(c) L-Moment parametreleriyle	0,985	0,818	0,739	0,677	0,613	0,572

Tablo 6.12 2.Bölge (N=8 istasyonlu) için G2 bölgesel modelinde uygulanan alternatif yaklaşımların boyutsuz bölgesel 7-günlük en düşük ortalama akış (MAM7) değerleri

Bölgesel Yaklaşım	Bölgesel İstatistikler	Boyutsuz Bölgesel MAM(7) Değerleri, $\tilde{a}_i(T)$					
		T=2	T=5	T=10	T=20	T=50	T=100
1	BCv = 0,344	0,961	0,706	0,592	0,509	0,424	0,373
2	İstasyon $\hat{a}_k(T)$ ortalamaları :						
	(a) Moment parametreleriyle	0,960	0,704	0,591	0,508	0,424	0,374
	(b) Maks. olabilirlik parametreleriyle	0,959	0,702	0,589	0,505	0,421	0,371
	(c) L-Moment parametreleriyle	0,960	0,704	0,592	0,509	0,426	0,377
3	İstasyon $\hat{a}_k(T)$ medyanları:						
	(a) Moment parametreleriyle	0,965	0,720	0,611	0,529	0,447	0,397
	(b) Maks. olabilirlik parametreleriyle	0,965	0,721	0,612	0,530	0,448	0,398
	(c) L-Moment parametreleriyle	0,963	0,714	0,604	0,522	0,439	0,390



Şekil 6.13 1 ve 2 bölge için LN2 ve G2 modellerinin BCv değerlerine dayanan bölgesel eğriler

6.2.4 Bölgesel Analiz Performansı

Her bir bölgeselleştirme yaklaşımı için Bölüm 3.3.5.4 uyarınca hesaplanan BIAS ve RMSE performans ölçüleri Tablo 6-13 ilâ 6.16'da sunulmuştur.

Tablo 6.13 1.Bölge için LN2 tabanlı bölgesel yaklaşımlarının BIAS ve RMSE performans ölçütleri

Bölgesel Yaklaşım	Boyutsuz Performans Ölçütleri					
	Moment Parametreleriyle		Maks. Olabilirlik Parametreleriyle		L-Moment Parametreleriyle	
	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE
1	0,0003	0,0773	-0,0454	0,1005	-0,1198	0,1639
2	0,0070	0,0784	0,0150	0,0957	0,0464	0,1259
3	0	0,0772	0	0,0925	0	0,1108
4	-0,0262	0,0798	-0,0273	0,0940	-0,0498	0,1171

Tablo 6.14 2.Bölge için LN2 tabanlı bölgesel yaklaşımlarının BIAS ve RMSE performans ölçütleri

Bölgesel Yaklaşım	Boyutsuz Performans Ölçütleri					
	Moment Parametreleriyle		Maks. Olabilirlik Parametreleriyle		L-Moment Parametreleriyle	
	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE
1	-0,0001	0,0568	-0,0018	0,0656	-0,1583	0,2211
2	0,0054	0,0576	0,0082	0,0672	0,0916	0,2064
3	0	0,0568	0	0,0657	0	0,1640
4	0,0187	0,0620	0,0142	0,0690	0,0646	0,1940

Tablo 6.15 1.Bölge için G2 tabanlı bölgesel yaklaşımlarının BIAS ve RMSE performans ölçütleri

Bölgesel Yaklaşım	Boyutsuz Performans Ölçütleri					
	Moment Parametreleriyle		Maks. Olabilirlik Parametreleriyle		L-Moment Parametreleriyle	
	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE
1	-0,0005	0,1053	-0,0052	0,1043	0,0017	0,1082
2	0	0,1053	0	0,1048	0	0,1075
3	-0,0345	0,1075	-0,0402	0,1087	-0,0207	0,1070

Tablo 6.16 2.Bölge için G2 modeli tabanlı yaklaşımlarının BIAS ve RMSE performans ölçütleri

Bölgesel Yaklaşım	Boyutsuz Performans Ölçütleri					
	Moment Parametreleriyle		Maks. Olabilirlik Parametreleriyle		L-Moment Parametreleriyle	
	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE	BIAS	RMSE
1	-0,0006	0,0653	0,0059	0,0679	0,0010	0,0633
2	0	0,0654	0	0,0669	0	0,0632
3	0,0208	0,0714	0,0166	0,0711	0,0272	0,0727

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada literatürde kabul görmüş düşük akım analiz yöntemlerinden taban akışı, düşük akım debi-sürek eğrisi ve debi-frekans analizleri Dicle Havzası'nda kullanılabilir nitelikteki 50 istasyonda gözlenmiş günlük ortalama akımlara uygulanarak, istasyonların düşük akım karakteristikleri elde edilmiştir.

7.1 Dicle Havzasında Taban Akışı İndeksleri

Taban akışı analizinde yumuşatılmış minimumlar ve sayısal filtreleme yöntemleri uygulanmıştır. Taban akışını daha gerçekçi ifade eden sayısal filtreleme yönteminde hangi α filtresinin daha tutarlı olduğu araştırılmıştır. Bu amaçla sayısal filtreleme yönteminde farklı α filtreleriyle hesaplanan taban akış indeksi (TAİ) değerleri ile debi-sürek analizinden elde edilen Q90/Q50 ölçüsü arasındaki yakınlık araştırılmıştır. Her istasyon için Q90/Q50 ölçüsüne en yakın TAİ tahmin eden optimal α filtreleri belirlenmiştir (Tablo 5.3). Havza istasyonları için seçilen filtrelerin istasyon rasat süreleri ile ağırlıklı ortalaması $\alpha=0,923$ olup, havzada tek bir filtre parametresi kullanılma isteniyorsa, literatürde kullanılması tavsiye edilen değer de olan $\alpha=0,925$ 'in uygun bir seçim olacağı söylenebilir. Dicle havzası genelinde TAİ 0,47 ilâ 0,76 arasında değişmekte olup (Şekil 5.4), ortalaması 0,577'dir. Bir başka deyişle, akarsu akışlarına taban akışı katkısı (yeraltısuyu, karst pınarları, kar erimesi ve göl sızmaları gibi geciktirmeli kaynakların katkısı) %57,7'dir. Dicle Havzası'ndaki TAİ'nin Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'den kabaca tahmin edilmesi mümkündür. Ancak, bu bulguların hidrojeolojik özelliklerle uyumluluğunun da ayrıntılı olarak araştırılması gerekmektedir.

7.2 Dicle Havzası için Debi-Sürek Tip Eğrileri

Debi-sürek eğrisi analizinde bölgesel analizde kullanılmak üzere istasyonların her birinde çeşitli aşılma olasılıklı günlük debiler ile, akarsu akışlarının değişkenliğini temsil eden Q20/Q90, düşük akımların değişkenliğini temsil eden Q50/Q90 ve

akarsu akışlarına yeraltısuyu katkısını gösteren Q90/Q50 boyutsuz ölçütleri hesaplanmıştır (Tablo 5.2). Havzada Q90/Q50 ölçütünün alansal dağılımı (Şekil 5.5) ile TAI'nin alansal dağılımı (Şekil 5.4) arasında büyük benzerlikler olduğu saptanmıştır.

Bölgesel debi-sürek eğrisi analizi, debi-sürek eğrisinin şeklini belirleyen Q95 (%95 aşılma olasılıklı debi) dikkate alınarak yapılmıştır. Bölgedeki istasyonların Q95 değerleri, homojen eğri grupları oluşturacak şekilde 6 sınıf aralığına bölünerek gruplandırılmış; gruplardaki istasyonların standart aşılma yüzdeleri için boyutsuz debi-sürek eğrisi ordinatlarının rasat sürelerine göre ağırlıklı ortalaması alınarak 6 tip boyutsuz debi-sürek eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 6.7, Tablo 6.1).

Şekil 6.8'deki boyutsuz Q95 ($=Q95/Q_0$) oranlarının alansal dağılımından yararlanarak Dicle Havzası'nda belli bir proje bölgesi için hangi tip debi-sürek eğrisinin uygun olduğuna karar verilebilir.

7.3 Dicle Havzası Düşük Akımlarının Boyutsuz Frekans Dağılımı

Havzada 15 yıldan uzun süreli rasatları olan istasyonlarda, 7-günlük en düşük ortalama akış (MAM7) serileri kullanılarak Dicle Havzası'nda 7-günlük en düşük ortalama akımların frekans dağılımı incelenmiştir.

L-Moment diyagramları; dağılım modellerinin kuramsal çarpıklık – değişkenlik ilişkileri ile, Kolmogorov-Smirnov ve PPCC testlerinin sonuçlarına bakılarak istasyonlarda gözlenen 7-günlük en düşük ortalama akışların bölgesel analizi için en uygun ana dağılımların iki parametrelili gamma (G2) ve iki parametreli lognormal (LN2) dağılımı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Dicle Havzası'nın değişkenlik katsayıları bakımından homojen bir bölge olarak kabul edilip edilemeyeceği student-t ve χ^2 -kare sınamaları ile kontrol edilmiştir. Tek bölge seçeneğinde 17 istasyonun homojen bir grup teşkil ettiği hipotezi her iki modelde de $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir (Tablo 6.2 ve 6.3).

Bölgedeki istasyon sayısı çok az olduğundan, ikinci bir yaklaşım olarak çalışma bölgesi, değişkenlik katsayıları büyük (1.Bölge) ve değişkenlik katsayıları küçük (2.Bölge) iki alt bölgeye ayrılmıştır (Şekil 6.12). Çınarköprü (2619) ve Sinan (2602) istasyonlarında değişkenlik katsayıları ve değişkenlik katsayılarının standart sapmalarının çok yüksek olması ve 1.Bölge'nin homojenliğini etkilediğinden analizden çıkarılmıştır. 1.Bölge'de 7 istasyon olup $BC_{v1}=0,344$; 2.Bölge'de 8 istasyon olup $BC_{v2}=0,198$ 'dir. 2.Bölge'de G2 ana dağılımı için bölgesel homojenlik istatistiği kritik değere çok yakın olmakla birlikte, %5 anlamlılık düzeyinde bölgesel homojenlik her iki bölgede hem LN2 hem de G2 dağılımları için kabul görmüştür (Tablo 6.6). Ayrıca, Dicle Havzası'nın değişkenlik katsayıları bakımından iki alt bölgeye ayrılması gerektiği varyans oranı testi (F-testi) ile de doğrulanmıştır.

LN2 bölgesel modelinde dört, G2 bölgesel modelinde üç ayrı bölgeselleştirme yöntemi kullanılmıştır. Her iki modelde bölgesel ortalama değişkenlik katsayılarına (BC_{vk}), T-tekerrürlü noktasal boyutsuz düşük akım tahminlerinin ağırlıklı ortalamaları ve bu tahminlerin meydanları kullanılarak bölgeselleştirme yapılmıştır. LN2 modelinde logaritmik standart sapmaların ağırlıklı bölgesel ortalamalarına (BS_{yk}) dayanan başka bir yaklaşımla da bölgeselleştirme yapılmıştır.

Dicle Havzası'nda, düşük akımların bölgesel boyutsuz frekans dağılımlarının iki parametrelili lognormal dağılım L-moment parametreleriyle oluşturulması halinde, tekerrür aralığı arttıkça diğer parametreleriyle oluşturulan bölgesel eğrilere kıyasla daha düşük kurak akış tahminleri verdiği saptanmıştır (Tablo 6.9 ve 6.10'un alt sınırları). Bu durum, iki parametrelili Gamma dağılımında (Tablo 6.11 ve 6.12) ortadan kalkmaktadır.

Lognormal tabanlı (3) nolu, Gamma tabanlı yaklaşımda (2) nolu yaklaşım değerlendirme dışında tutulduğunda (bu yaklaşımlar bölgelerdeki istasyon ağırlıklı ortalamalarına dayandığından BIAS'lar sıfırdır); gerek LN2 tabanlı gerekse G2 tabanlı bölgesel frekans dağılımı için en düşük BIAS ve RMSE ölçütlerinin bölgesel

değişkenliklere ($BC_{v1}; BC_{v2}$) dayanan yaklaşımdan elde edildiği görülmüştür (Tablo 6.13 ilâ 6.16).

Sonuç olarak, Dicle Havzası'nda düşük akımları temsil eden 7-günlük en düşük akışların boyutsuz frekans dağılımı 2.Bölge'de ($C_v > 0,25$) ana dağılım türünden fazla etkilenmemektedir. Buna karşılık, 1.Bölge'de ($C_v \leq 0,25$) LN2 tabanlı bölgesel model, tekerrür süresi arttıkça G2 tabanlı bölgesel modele kıyasla daha büyük düşük akış tahminleri vermektedir (Şekil 6.13). G2 modelinin daha esnek olduğu ve daha küçük düşük akım tahminleri verdiği göz önünde tutularak, Dicle Havzası'nda G2 tabanlı bölgesel frekans eğrilerinin kullanılması yerinde olacaktır.

7.4 Düşük Akım Karakteristikleri Arasındaki İlişkiler

Akım gözlemi yapılmayan veya kısa süreli gözlem bulunan havzalarda düşük akım karakteristiklerinin belirlenmesinde ve/veya iyileştirilmesinde bölgesel analiz çalışmalarına ve analogi yöntemlerine başvurulmaktadır. Bu amaçla, literatürde düşük akım kilit havza parametreleri olan ortalama akış (Q_0), taban akış indeksi (TAİ), 1-günlük %95 aşılma olasılıklı debi (Q_{95}), 7-günlük en düşük ortalama akış (MAM7) arasında regresyon yöntemine dayalı bölgesel ilişkiler geliştirilmiştir.

Bölgesel analiz sonuçlarının kullanımı sırasında ortalama akışın yüzdesi olarak ifade edilen düşük akım karakteristiklerinin tekrar ölçekli değere (m^3/sn) dönüştürülmesinde Q_0 bir ölçek değişkeni olarak gerekmektedir. Havza'da çalışılacak bir alanda sadece yağış alanı kullanılarak ortalama debi havza verimine göre (5.3a) ve (5.3b) denklemlerinden tahmin edebilir.

Kısa süreli gözlem bulunan havzalarda debi-süre eğrisini ve debi-frekans eğrisini tahmin etmek için %95 aşılma olasılıklı günlük debi Q_{95} ve ortalama 7-günlük minimum akış MAM7 karakteristikleri arasındaki karşılıklı bölgesel ilişkiler denklem (5.4) ve (5.5), debi-süre eğrisi analizinden frekans analizine (ya da frekans analizinden debi-süre analizine) kolaylıkla geçebilme olanağı sağlamaktadır.

Havzada hiçbir bilgi olmadığı takdirde MAM7 ve Q95, havzada alt bölgeler için tahmin edilmiş optimal TAI Bölüm 5.4.3'te verilen (5.5a), (5.5b), (5.6a) ve (5.6b) ile aşağıda verilen formüllerinde kullanılarak belirlenebilir; ancak ilişkinin determinasyon katsayısının düşük olması sebebiyle tahmin edilen değerlerin standart hatası nispeten yüksektir.

7.5 Öneriler

İleride yapılacak çalışmalarda, Dicle Havzası'nın yağış, evapotranspirasyon, genel jeoloji, bitki örtüsü, hidrojeoloji, vb. gibi akarsu akışlarını doğrudan etkileyen unsurları da kapsayacak biçimde incelenmesi ve bu çalışmadan elde edilen bulgular ışığında düşük akım karakteristiklerinin güncellenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abromowitz, M. & Stegun, I. A. (1965). *Handbook of mathematical functions*. New York: Dover Publications.
- Bağalı, K. (1988). *Karst havza taşkınlarının yüzeysel akış bileşenlerinin analizi*. İzmir: DEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, n.21 (Yön.: E. Benzeden).
- Baran, T. (1987). *Türkiye'nin güneydeki akarsu havzalarının brüt su kuvveti potansiyeli*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik ve Su Yapıları Yüksek Lisans Tezi N.15 (Yön: Ü.Öziş), s. 225.
- Baran, T., Harmancıoğlu, N., ve Öziş, Ü. (1987). Türkiye'nin akarsu havzalarında karst pınar katkıları. *Türkiye İnşaat Mühendisliği, IX. Teknik Kongresi, s.299-311*.
- Bakış R. ve Tip, H. (2007). Zap Suyu Havzası Hidroelektrik Potansiyelinin Araştırılması. *Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, C.XX, 2*.
- Bayazıt, M. (1981). *Hidrolojide istatistik yöntemler*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi İnş. Fak., n.1197
- Bayazıt, M. ve Oğuz, B. (1985). *Mühendisler için istatistik*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Bayazıt, M. (1996). *İnşaat mühendisliğinde olasılık yöntemleri*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi İnş. Fak. Matbaası, n.1573.
- Bayazıt, M. (1998). *Hidrolojik modeller*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi İnş. Fak. Matbaası, n.1602.

- Bayazıt, M. ve Önöz, B. (2008). *Taşkın ve kuraklık hidrolojisi*. İstanbul: Nobel Yayınları, 259s.
- Benzeden, E. (1978). Filling in and extending short records. *Computer Workshop in Hydrology Lecture Notes, Engineering Research Center, Colorado State University, USA*.
- Benzeden, E. (2007). *Hydrometric data evaluation lecture notes*, İzmir: DEÜ, Graduate School of Natural and Applied Sciences
- Beran, M.A. & Gustard, A. (Eds). (1977). A study into the low-flow characteristics of British rivers. *J. Hydrol.* 35, 147-157.
- Bilen, Ö. (1996). *Ortadoğu su sorunları ve Türkiye*. Ankara: Toplumsal, Ekonomik, Siyasal Araştırmalar Vakfı.
- Bulu, A. (1997). Statistical analysis of low flows with zero discharges. *FRIEND: Flow Regimes from International Experimental and Network Data, Third Report, Cemagref*, 167–170.
- Bulu, A. & Önöz, B. (1997). Frequency analysis of low flows by the PPCC tests in Turkey. *FRIEND'97-Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resources Management*. (IAHS Publication No. 246), 133–140.
- Burn, D. H. (1989). Cluster analysis as applied to regional flood frequency. *J. Of Water Resources Planning and Management*, 115(5), 567-582
- Chow, V.T. (1964). *Handbook of applied hydrology*. New York: Mc Graw-Hill.
- Condie, R. & Nix, G.A. (1975). Modeling of low flow frequency distributions and parameter estimation. *Int. Water Resource Symposium, Water for Arid Lands, Teheran, Iran*.

- Cunnane, C. (1988). *Methods and merits of regional flood frequency analysis*. Journal of Hydrology, 100, 268-290.
- Demirci, N. (1996). *Water potensial and probability distribution of annual and monthly discharges in tigris basin in Turkey*. İzmir: Master Thesis in Hydrology and Hydraulic Works (sup.Ü.Öziş, T.Baran), Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Civil Engineering Department.
- Dalrymple (1960). *Flood frequency analysis*. USGS Water Supply Paper, n.1543-A, 72s.
- Devlet Su İşleri, (1959-2005). *Rasat yıllıkları*. Ankara: Devlet Su İşleri Etüt ve Plan Dairesi.
- Devlet Su İşleri, (1968). *Dicle havzası istikşaf raporu*. Diyarbakır: Devlet Su İşleri X.Bölge Müdürlüğü.
- Devlet Su İşleri. (1977). *Kralkızı barajı raporu*. Diyarbakır: Devlet Su İşleri X.Bölge Müdürlüğü.
- Devlet Su İşleri, (2009a) *2009 yılı takdim raporu* Diyarbakır: Devlet Su İşleri X. Bölge Müdürlüğü
- Devlet Su İşleri, (2009b). *2009 yılı takdim raporu*. Elazığ: Devlet Su İşleri IX. Bölge Müdürlüğü
- Devlet Su İşleri, (2009c). *2009 yılı takdim raporu*. Van: Devlet Su İşleri XVII. Bölge Müdürlüğü
- Durak, S.D. (2001). *Düşük akım hidrolojisi ve ege bölgesi uygulaması*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

- Durrans, S.R. & Tomic, S. (1996). Regionalization of low flow frequency estimation: an Alabama case study. *Water Resour Bull*, (32), 223–237.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi, (1956-2005). *Akım neticeleri*, Ankara: Elektrik İşleri Etüt İdaresi.
- E.İ.E. (1978). *Zap Suyu İstikşaf Raporu*. Ankara: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü.
- E.İ.E. (1987). *Zap Suyu Havzası Master Plan Raporu 2*. Ankara: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Gizbili Mühendislik Firması.
- Erkuş, A. (2007). *Kuzey ege havzalarında bölgesel analiz yöntemiyle tahminlenen zirve taşkınlarının irdelenmesi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik ve Su Yapıları Yüksek Lisans Tezi (Yön: E.Benzeden), s.98.
- Gumbel, E.J. (1958). *Statistics of Extremes*. Columbia University Press, New York.
- Gustard, A. & Sutcliffe, F. (Eds). (1986). *Low flow study of Northern Ireland*. Wallingford, UK.: *Institute of Hydrology*
- Gustard, A., Marshall, D.C.W. & Sutcliffe, M.F. (1987). *Low flow estimation in Scotland*. Wallingford, UK: Institute of Hydrology Report No.101
- Gustard, A. & Gross, R. (1989). *Low flow regimes of northern and western Europe*. *FRIENDS in Hydrology, IAHS Publication No.187*,p. 205–212.
- Gustard, A., Bullock, A. & Dixon, J.M. (1992). *Low flow estimation in the United Kingdom*. Institute of Hydrology Report No. 108, 88.

- Gustard, A. & Irving, K.M. (1994). *Classification of the low flow response of European soils*. FRIEND IAHS Publication No. 221, pp. 113-117.
- Gustard, A. & Cole, G.A. (Eds). (2002). *FRIEND-a global perspective 1998-2002*. Wallingford UK: Centre for Ecology and Hydrology
- Haan, C. T. (1977). *Statistical methods in hydrology*. Iowa State University Press.
- Harmancıoğlu, N.B., Gül, A. ve Fıstıkoğlu, O. (2002). Entegre Su Kaynakları Yönetimi. *Türkiye İnşaat Mühendisleri Odası, "Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi – SU I"*, sayı: 419, s. 29-39.
- Helsel, D.R. & Hirsch, R.M. (1992). *Statistical methods in water resources*. Elsevier.
- Hosking J.R.M. (1986). *The theory of probability weighted moments*. Res. Rep. RC 12210, IBM Research Division, Yorktown Heights, NY. 10598
- Hosking, J.R.M. (1990). L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of Royal Statistics. Soc. ser. B*, 52, 105-124
- Hosking, J. R. & Wallis, J. R. (1993). Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resources Research*, 23(2), 271-281.
- İlisu Çevre Grubu. (2005). *İlisu Barajı ve HES ÇED raporu*, 13.12.2009, <http://www.designconsult.com/>
- Institute of Hydrology. (1980). *Low flow studies. (report no.1: research report, no.2: flow duration curves estimation, report no.3: flow frequency curves estimation, report no 4: catchment characteristics estimation manual)* Wallingford. U.K: Natural Environment Research Council/Institute of Hydrology.

- Jozepeh, E.S. (1970). Probability distribution of annual droughts. *J.Irrig. Drain. Div., ASCE* 96 (4), 461–474.
- Kayaalp, N. (2003). *Dicle havzası akarsularında sediment taşımalarının matematiksel modellerle belirlenmesi*. Diyarbakır: Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Kendall, M.G. & Stuart, A. (1963). *The advanced theory of statistics vol.1*. London: Griffin.
- Kite, G.W. (1977). *Frequency and risk analysis in hydrology*. Fort Collins, Water Res. Publ.
- Klaassen, B.E. & Pilgrim, D.H. (1975). Hydrograph recession constants for New South Wales streams. *Civ. Eng. Trans. Instn Engrs, Australia*, 1975, 4349.
- Kroll, C.K. & Vogel R.M. (2002). Probability distribution of low streamflow series in the United States. *J Hydrol Eng* 7(2), 137–146.
- Kurt, İ. (2007). *Filtre edilmiş yuvarlatılmış minimumlar taban akışı ayırma yöntemi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Matalas, N.C. (1963). Probability distribution of low flows. *USGS Professional Paper 434-A*, USGS, Washington, DC.
- Modarres, R. (2008). Regional Frequency Distribution Type of Low Flow in North of Iran by L-moments *Water Resour Manage* 22, 823–841.
- McMahon, T.A. & Arenas, A.D. (1982). Methods of computation of low streamflow. *Paris, UNESCO Studies and reports in hydrology*, 36, 107.

- McMahon, T.A. & Mein, R.G. (1986). *River and reservoir yield*. Water Resource Publication, CO, 368.
- McMahon, T.A. (1976). *Low Flow analyses of streams: details of computational procedures and annotated bibliography*. Clayton (Australia): Monash University, Department of Civil Engineering, Research Report No. 5/1976, 60.
- Nathan, R.J. (1990). *Low flow hydrology*. Melbourne: Melbourne University Civil Engineer Department Phd. Thesis
- Nathan, R.J. & McMahon, T.A. (1990a). Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. *Water Resour.Res.* 26, 1465–1473.
- Nathan, R.J. & McMahon, T.A. (1990b). Practical aspects of low-flow frequency analysis. *Water Resour. Res.* 26, 2135–2141.
- Nathan, R.J. & McMahon, T.A. (1990d). Evaluation of automated techniques for baseflow and recession analysis. *Water Resources Research*, 26: 497-513.
- National Research Council (1988). *Committee on techniques for estimating probabilities of extreme floods methods and recommended research*. Washington D.C.: National Academy Press.
- Önöz, B. & Bayazıt, M. (1999). GEV-PWM model for distribution of en düşük flows. *J Hydrol Eng* 4(3), 289–292.
- Özdağlar, D. (1980). *Dicle havzasında karst pınar katkılarının araştırılması*. İzmir Ege Üniversitesi İnşaat Fakültesi Karst Su Kongresi 1979/80 Yılıçi Uygulamaları.(Yön Ü.Öziş ve E. Benzeden)

- Özdemir, Y. ve Öziş, Ü. (2000). Türkiye’de Aşağı Fırat’ın ve Dicle’nin güney yan kollarının uzun süreli akışları. *İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi*, 2000 (146), 2075-2100.
- Öziş, Ü. (1971). Akışlılık katsayıları vasıtasıyla ortalama ve düşük akımların tayini, güvenilir su potansiyelinin hesaplanması. *Tübitak (MAG-206)*.
- Öziş, Ü. & Harmancıoğlu, N. (1979). *An outlook to karst Hydrology studies in Turkey*. International Seminar on Karst Hydrogeology, Antalya, Turkey.
- Öziş, Ü. (1983). Development plan od the Western Tigris Basin. *Dublin, International Journal of Water Resources Development*, V.1, n.4, pp.343-352.
- Öziş, Ü., Tatlıoğlu, E. ve Baran, T. (1985). *Türkiyenin brüt su kuvveti potansiyelinin 1967-1980 süresindeki akışlılık değişimine göre gözden geçirilmesi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi kısmi araştırma raporu.
- Öziş, Ü., Baran, T., Durnabaş, İ. ve Özdemir, Y. (1997). Türkiye’nin su kaynakları potansiyeli. *Ankara Meteoroloji Mühendisliği Yayını.*, (2), 40-45.
- Öziş, Ü., Türkman, F., Baran, T. ve Özdemir, Y. (1999). Güneydoğu Anadolu projesi ve hidro-politik yönleri, *İzmir Su Kongresi*.
- Pearson, C.P. (1995). Regional frequency analysis of low flows in New Zealand rivers. *J Hydrol NZ* 33, 94–122.
- Pirt, J. & Douglas, R. (1982). A study of low flows using data from the Severn and Trent catchments. *J. Instn Wat. Engrs Scient.* 36, 4, 299-309.
- Rao, A.R. & Hamed K.H. (2000). *Flood frequency analysis*. Boca Raton, FL: CRC

- Rossi, F.& Villani, P. (1994). *Regional flood estimation methods. Proceedings of NATO Advanced Study Institute on Coping with Floods*. Erice, Italy, Nov.1992, Kluwer Academic Publishers, pp.135-169.
- Sarımustafa, S. (1977). *Yukarı Dicle havzası karst pınar katkıları*. İzmir: Ege Üniversitesi Mühendislik Bölümü Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidroloji ve Su Yapıları. Diploma Çalışması, (Yön. Ü.Öziş & N. Harmancıoğlu)
- Smakhtin, V.Y., Watkins, D.A. & Hughes, D.A. (Eds). (1995). *Preliminary analysis of low-flow characteristics of South African rivers*. *Water SA* 21 (3), 201-210.
- Smakhtin, V.U. (2001). Low flow hydrology: a review. *J.Hydrol.*240, 147-186.
- Stedinger, J.R. & Tasker, G.D. (Eds). (1985). *Regional hydrologic analysis I. Ordinary, weighted and generalized least squares compared*. *Water Resour. Res.* 21 (9), 1421-1432.
- Stedinger, J.R., Vogel, R.M., & Foufoula-Georgiou, E. (Eds). (1993). *Frequency analysis of extreme events*. New York: Handbook of Hydrology. McGraw-Hill.
- Tallaksen, L.M. & Van Lanen H.A.J. (Eds). (2004). *Hydrological drought processes and estimation methods for streamflow and groundwater*. Elsevier, Netherlands
- Tasker, G.D. (1987). A comparison of methods for estimating low flow characteristics of streams. *Water Resour Bull* 23(6), 1077–1083.
- Tip, H. (2006). *Zap Suyu Havzasında Mevcut ve İlave Hidroelektrik Potansiyelin Araştırılması*, Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 69.
- Vogel, R.M. & Kroll, C.N. (1989). Low-flow frequency analysis using probability-plot correlation coefficients. *Water Resour Plan Manage* 115(3), 338–357.

- Vogel, R.M. & Kroll C.N. (1990). Generalized low flow frequency relationships for non-gauged sites in Massachusetts. *Water Resour Bull* 26(2), 241–253.
- Vogel, R.M. & Wilson, I. (1996). Probability distribution of annual maximum, mean, and minimum streamflows in the United States. *J. Hydrol. Eng* 1 (2), 69–76.
- Walpole, R.E. & Myers, R.H. (1972). *Probability and statistics for engineering and scientists*. Hong Kong: Collier-Macmillan.
- Wiltshire, S.E. (1986). Regional flood analysis II: multivariate classification of drainage basins in Britain. *Hydrol. Sci. J.* 32 (3).
- Wright, C.E. (1974). The influence of catchment characteristics upon low flows in South East England. *Water Services*, July 1974, 227-230.
- Yevjevich, V. (1972). Probability and Statistics in Hydrology. *Water Resources Publications*, Fort Collins, CO, USA, 302

EKLER

Tablo II.2 2603 Beşiri istasyonunun ile diğer havza istasyonlarının günlük ortalama akışları arasındaki anlamlı ilişkiler

İlişki	Y	N	Xort	Yort	Sx	Sy	Ay	By	r	R ²	Se
LOG	CAYO	9490	2,90	2,21	1,41	1,43	0,642	0,914	0,90	0,81	0,63
LOG	BKOP	2190	3,21	2,50	1,47	1,52	0,670	0,903	0,87	0,76	0,75
LOG	CAYU	3285	2,90	2,53	1,46	1,27	1,197	0,812	0,93	0,86	0,47
LOG	VERD	1825	2,86	2,11	1,41	1,58	0,604	0,913	0,81	0,66	0,92
LOG	DIYA	21900	2,85	3,50	1,64	1,16	6,452	0,573	0,81	0,65	0,69
LOG	KBAS	13505	2,94	0,61	1,43	2,15	0,054	1,203	0,80	0,64	1,29
LOG	YASN	5110	3,01	-1,74	1,40	2,33	0,003	1,345	0,81	0,65	1,37
LOG	CAVS	2190	2,83	-1,30	1,37	2,80	0,003	1,614	0,79	0,63	1,71
LOG	KULP	1825	2,80	2,18	1,35	1,49	0,580	0,973	0,88	0,78	0,70
LIN	TASK	1825	39,70	24,15	59,17	38,34	3,386	0,523	0,81	0,65	22,63
LOG	TASK	1825	2,79	2,20	1,34	1,43	0,590	0,978	0,91	0,83	0,59
LIN	TASL	2555	39,80	13,73	59,93	16,19	4,135	0,241	0,89	0,80	7,31
LOG	TASL	2555	2,78	1,82	1,37	1,38	0,451	0,941	0,93	0,87	0,50
LIN	MALA	3285	51,45	126,81	76,06	166,46	23,458	2,009	0,92	0,84	66,07
LOG	MALA	3285	3,02	3,94	1,39	1,47	2,427	1,010	0,96	0,91	0,44
LIN	SINA	7665	52,76	144,23	79,48	192,06	38,313	2,008	0,83	0,69	106,92
LIN	BOGZ	1825	42,96	8,58	66,29	13,47	0,628	0,185	0,91	0,83	5,57
LOG	BOGZ	1825	2,84	1,37	1,38	1,20	0,405	0,799	0,91	0,84	0,49
LIN	KOZL	4745	39,48	25,47	59,46	35,77	3,107	0,567	0,94	0,89	12,02
LOG	KOZL	4745	2,79	2,43	1,34	1,27	0,885	0,917	0,97	0,94	0,32
LIN	GKOP	2190	42,20	37,12	59,63	58,12	-2,293	0,934	0,96	0,92	16,65
LIN	KARN	2190	62,19	12,08	86,50	15,14	3,040	0,145	0,83	0,69	8,44
LOG	KARN	2190	3,23	1,97	1,41	0,94	1,097	0,582	0,87	0,76	0,47
LIN	BAYK	21900	48,08	19,02	73,90	26,16	3,368	0,326	0,92	0,85	10,28
LOG	BAYK	21900	2,85	2,32	1,64	1,07	1,990	0,573	0,88	0,77	0,51
LIN	PINA	12410	44,92	20,09	70,15	27,83	3,765	0,363	0,92	0,84	11,17
LOG	PINA	12410	2,78	2,35	1,74	1,11	2,273	0,550	0,86	0,74	0,56
LIN	REZU	6205	45,90	424,95	67,65	495,19	124,064	6,555	0,90	0,80	220,41
LOG	REZU	6205	2,91	5,56	1,37	0,97	37,275	0,665	0,94	0,89	0,32
LIN	CIZR	10585	46,16	525,11	72,04	593,23	187,069	7,324	0,89	0,79	271,28
LOG	CIZR	10585	2,89	5,80	1,42	0,93	54,371	0,624	0,95	0,90	0,30
LIN	GIRI	8395	43,77	17,86	67,89	24,85	4,161	0,313	0,85	0,73	12,89
LOG	GIRI	8395	2,77	2,24	1,67	1,10	2,131	0,536	0,82	0,67	0,63
LIN	ZARO	1825	49,59	42,88	78,81	50,82	15,413	0,554	0,86	0,74	26,04
LOG	ZARO	1825	2,91	3,19	1,41	1,06	3,389	0,678	0,90	0,81	0,46

Tablo II.3 2605 Diyarbakır istasyonunun ile diğer havza istasyonlarının günlük ortalama akışları arasındaki anlamlı ilişkiler

İlişki	Y	N	Xort	Yort	Sx	Sy	Ay	By	r	R ²	Se
LIN	CAYO	9490	68,43	24,19	112,65	43,13	2,457	0,318	0,83	0,69	24,09
LOG	CAYO	9490	3,51	2,21	1,18	1,43	0,182	1,114	0,92	0,84	0,58
LIN	BKOP	2190	98,52	31,88	149,67	46,43	5,953	0,263	0,85	0,72	24,61
LOG	BKOP	2190	3,72	2,50	1,36	1,52	0,232	1,064	0,95	0,91	0,47
LIN	CAYU	3285	67,06	28,02	106,20	45,08	4,101	0,357	0,84	0,71	24,45
LOG	CAYU	3285	3,43	2,53	1,30	1,27	0,712	0,836	0,85	0,73	0,66
LOG	HANI	4380	3,41	0,07	1,06	1,39	0,022	1,147	0,88	0,77	0,66
LOG	KBAS	13505	3,54	0,61	1,22	2,15	0,013	1,402	0,79	0,63	1,31
LOG	YASN	5110	3,61	-1,74	1,19	2,33	0,001	1,525	0,78	0,61	1,46
LOG	CAVS	2190	3,35	-1,30	1,23	2,80	0,001	1,818	0,80	0,64	1,69
LOG	TASK	1825	3,50	2,20	1,04	1,43	0,130	1,212	0,88	0,78	0,67
LOG	TASL	2555	3,45	1,82	1,06	1,38	0,131	1,117	0,86	0,73	0,72
LIN	MALA	3285	83,98	126,81	140,06	166,46	49,330	0,923	0,78	0,60	104,97
LOG	MALA	3285	3,55	3,94	1,32	1,47	1,322	1,032	0,93	0,86	0,55
LOG	SINA	7665	3,53	4,22	1,16	1,34	2,151	0,979	0,85	0,72	0,71
LOG	BOGZ	1825	3,42	1,37	1,05	1,20	0,169	0,920	0,80	0,64	0,72
LOG	KOZL	4745	3,49	2,43	1,09	1,27	0,331	1,015	0,87	0,76	0,62
LIN	GKOP	2190	51,58	37,12	64,48	58,12	-7,261	0,861	0,95	0,91	17,33
LOG	GKOP	2190	3,35	2,72	1,06	1,34	0,233	1,247	0,98	0,96	0,26
LOG	BESI	21900	3,50	2,85	1,16	1,64	0,329	1,132	0,81	0,65	0,97
LOG	BAYK	21900	3,50	2,32	1,16	1,07	0,625	0,798	0,87	0,76	0,53
LOG	PINA	12410	3,46	2,35	1,15	1,11	0,580	0,836	0,86	0,75	0,56
LOG	REZU	6205	3,37	5,56	1,19	0,97	22,723	0,721	0,89	0,79	0,44
LOG	KASR	1825	3,26	0,75	1,03	1,77	0,027	1,343	0,78	0,61	1,11
LOG	CIZR	10585	3,50	5,80	1,14	0,93	25,169	0,734	0,89	0,80	0,42
LOG	GIRI	8395	3,47	2,24	1,10	1,10	0,513	0,837	0,84	0,71	0,59
LOG	ZARO	1825	3,49	3,19	1,24	1,06	2,373	0,668	0,78	0,61	0,67

Tablo II.4 2610 Baykan istasyonunun ile diğer havza istasyonlarının günlük ortalama akışları arasındaki anlamlı ilişkiler

İlişki	Y	N	Xort	Yort	Sx	Sy	Ay	By	r	R ²	Se
LOG	CAYO	9490	2,32	2,21	1,07	1,43	0,637	1,147	0,86	0,73	0,74
LOG	BKOP	2190	2,54	2,50	1,14	1,52	0,700	1,123	0,84	0,70	0,83
LOG	CAYU	3285	2,34	2,53	1,06	1,27	0,994	1,082	0,90	0,81	0,55
LOG	DIYA	21900	2,32	3,50	1,07	1,16	3,676	0,946	0,87	0,76	0,58
LOG	HANI	4380	2,20	0,07	1,06	1,39	0,108	1,045	0,80	0,64	0,83
LOG	KULP	1825	2,24	2,18	1,03	1,49	0,526	1,260	0,87	0,76	0,73
LIN	TASK	1825	16,42	24,15	22,53	38,34	0,879	1,418	0,83	0,69	21,22
LOG	TASK	1825	2,19	2,20	1,04	1,43	0,599	1,238	0,90	0,80	0,64
LIN	TASL	2555	17,27	13,73	22,87	16,19	2,928	0,626	0,88	0,78	7,58
LOG	TASL	2555	2,24	1,82	1,05	1,38	0,420	1,200	0,91	0,83	0,57
LIN	MALA	3285	20,85	126,81	28,75	166,46	19,513	5,146	0,89	0,79	76,30
LOG	MALA	3285	2,36	3,94	1,13	1,47	2,843	1,226	0,94	0,89	0,49
LIN	SINA	7665	19,93	144,23	27,25	192,06	35,070	5,478	0,78	0,60	120,87
LOG	SINA	7665	2,39	4,22	1,04	1,34	5,404	1,062	0,82	0,68	0,76
LIN	BOGZ	1825	17,28	8,58	23,44	13,47	-0,424	0,521	0,91	0,82	5,69
LOG	BOGZ	1825	2,25	1,37	1,04	1,20	0,356	1,065	0,92	0,85	0,47
LIN	KOZL	4745	16,41	25,47	22,77	35,77	1,786	1,444	0,92	0,84	14,11
LOG	KOZL	4745	2,20	2,43	1,03	1,27	0,862	1,175	0,95	0,91	0,38
LIN	GKOP	2190	16,83	37,12	22,26	58,12	-4,951	2,501	0,96	0,92	16,75
LOG	GKOP	2190	2,16	2,72	1,11	1,34	1,172	1,183	0,98	0,96	0,26
LIN	BESI	21900	19,02	48,08	26,16	73,90	-1,328	2,598	0,92	0,85	29,04
LOG	BESI	21900	2,32	2,85	1,07	1,64	0,767	1,342	0,88	0,77	0,79
LIN	KARN	2190	25,12	12,08	32,81	15,14	1,974	0,402	0,87	0,76	7,42
LOG	KARN	2190	2,56	1,97	1,13	0,94	1,022	0,761	0,91	0,83	0,38
LIN	PINA	12410	18,19	20,09	24,91	27,83	1,190	1,039	0,93	0,86	10,25
LOG	PINA	12410	2,27	2,35	1,08	1,11	1,078	1,002	0,97	0,94	0,27
LOG	BILL	21900	2,32	4,55	1,07	0,87	21,664	0,636	0,78	0,61	0,54
LIN	REZU	6205	17,55	424,95	24,96	495,19	141,045	16,173	0,82	0,66	286,93
LOG	REZU	6205	2,25	5,56	1,04	0,97	37,528	0,856	0,93	0,86	0,36
LOG	KASR	1825	2,09	0,75	1,06	1,77	0,138	1,308	0,78	0,62	1,10
LIN	CIZR	10585	19,07	525,11	26,84	593,23	154,882	19,415	0,88	0,77	283,65
LOG	CIZR	10585	2,29	5,80	1,09	0,93	51,351	0,811	0,95	0,90	0,30
LIN	GIRI	8395	17,92	17,86	25,49	24,85	2,732	0,844	0,87	0,75	12,44
LOG	GIRI	8395	2,24	2,24	1,08	1,10	1,105	0,956	0,94	0,89	0,37
LIN	ZARO	1825	20,10	42,88	27,76	50,82	10,697	1,601	0,87	0,77	24,67
LOG	ZARO	1825	2,35	3,19	1,08	1,06	3,017	0,889	0,91	0,83	0,44

Tablo II.5 2633 Billioris istasyonunun ile diğer havza istasyonlarının günlük ortalama akışları arasındaki anlamlı ilişkiler

İlişki	Y	N	Xort	Yort	Sx	Sy	Ay	By	r	R ²	Se
LIN	BOGZ	1825	145,63	8,58	155,51	13,47	-1,242	0,067	0,78	0,61	8,46
LOG	BOGZ	1825	4,59	1,37	0,82	1,20	0,017	1,190	0,81	0,65	0,71
LOG	GKOP	2190	4,41	2,72	0,89	1,34	0,074	1,205	0,80	0,64	0,81
LIN	KARN	2190	184,26	12,08	205,03	15,14	-0,326	0,067	0,91	0,83	6,23
LOG	KARN	2190	4,80	1,97	0,85	0,94	0,049	1,040	0,93	0,87	0,34
LOG	BAYK	21900	4,55	2,32	0,87	1,07	0,130	0,959	0,78	0,61	0,67
LIN	KUSC	5110	164,35	4,02	184,86	4,44	0,622	0,021	0,86	0,74	2,25
LOG	KUSC	5110	4,67	1,06	0,86	0,74	0,086	0,752	0,87	0,76	0,36
LOG	PINA	12410	4,58	2,35	0,86	1,11	0,076	1,074	0,83	0,69	0,62
LOG	BAHC	3650	4,69	2,49	0,85	0,67	0,635	0,627	0,79	0,62	0,41
LIN	BEGE	2920	174,97	19,11	197,09	18,25	5,785	0,076	0,82	0,68	10,39
LOG	BEGE	2920	4,74	2,67	0,86	0,68	0,563	0,685	0,87	0,76	0,33
LIN	CATA	5840	162,41	26,13	182,29	26,80	5,276	0,128	0,87	0,76	13,05
LOG	CATA	5840	4,66	2,88	0,87	0,83	0,394	0,819	0,86	0,74	0,42
LIN	TULU	5840	154,59	27,04	180,35	30,00	4,568	0,145	0,87	0,76	14,59
LOG	TULU	5840	4,58	2,89	0,89	0,84	0,410	0,824	0,87	0,76	0,41
LIN	DALB	2190	140,49	41,68	151,72	47,46	2,446	0,279	0,89	0,80	21,40
LOG	DALB	2190	4,55	3,29	0,81	0,86	0,363	0,946	0,89	0,80	0,39
LOG	REZU	6205	4,50	5,56	0,84	0,97	3,770	0,939	0,82	0,67	0,56
LIN	CIZR	10585	155,35	525,11	175,59	593,23	113,292	2,651	0,78	0,62	367,82
LOG	CIZR	10585	4,61	5,80	0,86	0,93	5,210	0,899	0,83	0,69	0,52
LIN	GIRI	8395	149,33	17,86	167,94	24,85	0,500	0,116	0,79	0,62	15,38
LOG	GIRI	8395	4,57	2,24	0,87	1,10	0,064	1,090	0,86	0,74	0,56
LIN	ZARO	1825	168,03	42,88	192,48	50,82	6,845	0,215	0,81	0,66	29,65
LOG	ZARO	1825	4,68	3,19	0,88	1,06	0,186	1,042	0,86	0,74	0,54
LIN	MUSA	9125	150,70	12,51	171,55	14,49	2,175	0,069	0,81	0,66	8,47
LOG	MUSA	9125	4,58	2,14	0,87	0,78	0,230	0,790	0,88	0,77	0,38
LIN	DILM	2190	140,49	1,82	151,72	3,26	-0,684	0,018	0,83	0,69	1,81
LOG	DILM	2190	4,55	-0,35	0,81	1,29	0,001	1,369	0,86	0,74	0,65
LIN	KONA	6570	154,27	17,23	167,63	30,33	-6,717	0,155	0,86	0,74	15,58
LOG	KONA	6570	4,63	2,03	0,83	1,15	0,020	1,282	0,93	0,86	0,43
LIN	TEKN	6935	151,36	37,44	175,93	55,12	-6,411	0,290	0,92	0,86	20,97
LOG	TEKN	6935	4,58	3,00	0,87	1,01	0,134	1,094	0,95	0,90	0,32
LIN	UZUM	10950	149,36	58,08	168,40	70,98	-0,221	0,390	0,93	0,86	26,76
LOG	UZUM	10950	4,58	3,55	0,86	0,94	0,315	1,028	0,94	0,89	0,31
LIN	KAMI	2555	160,04	8,12	181,66	12,87	-2,125	0,064	0,90	0,82	5,51
LOG	KAMI	2555	4,67	1,21	0,84	1,27	0,005	1,411	0,93	0,86	0,47
LIN	GEYM	3285	135,59	87,50	148,57	110,81	-4,436	0,678	0,91	0,83	46,17
LOG	GEYM	3285	4,50	3,95	0,83	0,93	0,450	1,054	0,94	0,88	0,32
LIN	NARL	4015	160,13	107,38	177,25	126,55	-1,869	0,682	0,96	0,91	37,30
LOG	NARL	4015	4,67	4,18	0,83	0,93	0,435	1,073	0,96	0,92	0,26

Tablo III.1 Sinan (2602) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{X Y}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	16,32	14,82	X _T	16,320	3,850	0,000	0,000	0,000	0,000	0,919	0,153
					S _T	3,23	3,76	0,00	0,00	0,00	0,00		
NOR	M-L	0,00	16,32	14,46	X _T	16,320	4,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,919	0,156
					S _T	3,15	3,67	0,00	0,00	0,00	0,00		
NOR	LMOM	0,00	16,32	13,78	X _T	16,320	4,720	0,000	0,000	0,000	0,000	0,919	0,166
LN2	MOM	0,00	2,49	0,78	X _T	12,080	6,290	4,470	3,370	2,460	1,990	0,980	0,189
					S _T	2,04	1,24	1,02	0,88	0,73	0,65		
LN2	M-L	0,00	2,40	0,92	X _T	11,030	5,100	3,410	2,450	1,680	1,310	0,972	0,129
					S _T	2,04	1,24	1,02	0,88	0,73	0,65		
LN2	LMOM	0,00	2,40	1,13	X _T	11,030	4,260	2,600	1,720	1,090	0,800	0,953	0,091
G2	MOM	0,00	13,45	1,21	X _T	12,230	4,560	2,300	1,130	0,380	0,140	0,986	0,119
					S _T	2,93	0,00	2,89	5,99	8,85	10,36		
G2	M-L	0,00	11,48	1,42	X _T	12,780	5,280	2,920	1,610	0,690	0,330	0,985	0,150
					S _T	1,40	0,89	0,69	0,53	0,34	0,23		
G2	LMOM	0,00	14,43	1,13	X _T	11,840	4,190	2,130	1,120	0,490	0,260	0,986	0,106
G3	MOM	-1,10	12,60	1,38	X _T	12,440	4,400	1,900	0,520	0,000	0,000	0,985	0,118
					S _T	2,79	0,00	2,25	5,40	0,00	0,00		
G2	M-L	ÇÖZÜM YOK											
G3	LMOM	0,56	15,23	1,03	X _T	11,630	4,220	2,330	1,440	0,920	0,740	0,986	0,102
W3	MOM	-4,39	1,45	18,46	X _T	13,370	3,760	0,480	0,000	0,000	0,000	0,978	0,141
					S _T	3,68	2,28	2,64	3,60	4,77	5,44		
W3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
W3	SOD	2,17	0,98	16,18	X _T	11,800	5,200	3,580	2,840	2,430	2,300	0,986	0,130
					S _T	2,14	5,04	7,26	9,51	12,50	14,77		
W3	LMOM	7,49	8,60	-0,23	X _T	12,110	4,950	2,300	0,490	0,000	0,000	0,980	0,136

Tablo III.2 Beşiri (2603) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{X₁}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	2,83	0,93	X _T	2,830	2,050	1,650	1,310	0,930	0,680	0,994	0,061
					S _T	0,13	0,15	0,17	0,20	0,23	0,25		
NOR	M-L	0,00	2,83	0,92	X _T	2,830	2,060	1,660	1,330	0,950	0,700	0,994	0,064
					S _T	0,13	0,15	0,17	0,20	0,23	0,25		
NOR	LMOM	0,00	2,83	0,93	X _T	2,830	2,050	1,640	1,300	0,920	0,670	0,994	0,060
LN2	MOM	0,00	0,99	0,32	X _T	2,690	2,060	1,790	1,600	1,400	1,280	0,981	0,079
					S _T	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
LN2	M-L	0,00	0,98	0,36	X _T	2,670	1,970	1,680	1,470	1,270	1,150	0,976	0,072
					S _T	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
LN2	LMOM	0,00	0,98	0,38	X _T	2,670	1,930	1,630	1,420	1,210	1,090	0,974	0,083
G2	MOM	0,00	0,30	9,37	X _T	2,730	2,040	1,730	1,500	1,270	1,120	0,990	0,070
					S _T	0,06	0,00	0,01	0,09	0,18	0,24		
G2	M-L	0,00	0,33	8,66	X _T	2,730	2,010	1,690	1,460	1,220	1,070	0,989	0,063
					S _T	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
G2	LMOM	0,00	0,32	9,00	X _T	2,730	2,020	1,710	1,480	1,240	1,100	0,989	0,066
G3	MOM	-10,15	0,07	196,64	X _T	2,810	2,050	1,660	1,350	1,000	0,780	0,995	0,063
					S _T	0,05	0,07	0,11	0,15	0,23	0,29		
G3	M-L	-7,17	0,08	121,16	X _T	2,810	2,060	1,690	1,390	1,060	0,840	0,995	0,067
					S _T	0,14	0,14	0,16	0,19	0,25	0,30		
G3	LMOM	-6,57	0,09	101,64	X _T	2,800	2,040	1,660	1,350	1,020	0,800	0,995	0,062
W3	MOM	0,19	3,17	3,14	X _T	2,820	2,030	1,640	1,340	1,050	0,880	0,995	0,058
					S _T	0,14	0,15	0,16	0,18	0,23	0,28		
W3	M-L	0,20	3,18	3,14	X _T	2,820	2,040	1,650	1,360	1,060	0,890	0,995	0,060
					S _T	0,11	0,15	0,17	0,19	0,20	0,21		
W3	SOD	-0,78	4,48	3,18	X _T	2,870	2,050	1,610	1,260	0,870	0,630	0,992	0,066
					S _T	0,11	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17		
W3	LMOM	0,35	0,90	0,23	X _T	2,800	2,030	1,660	1,360	1,050	0,840	0,995	0,057

Tablo III.3 Diyarbakır (2605) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{XIY}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	8,57	3,71	X _T	8,570	5,450	3,810	2,470	0,950	0,000	0,980	0,097
					S _T	0,54	0,63	0,73	0,83	0,95	0,00		
NOR	M-L	0,00	8,57	3,67	X _T	8,570	5,480	3,870	2,530	1,030	0,030	0,980	0,098
					S _T	0,54	0,62	0,72	0,82	0,94	1,03		
NOR	LMOM	0,00	8,57	3,63	X _T	8,570	5,510	3,920	2,600	1,110	0,120	0,980	0,099
LN2	MOM	0,00	2,06	0,41	X _T	7,860	5,550	4,620	3,980	3,360	3,000	0,992	0,073
					S _T	0,48	0,39	0,38	0,37	0,36	0,35		
LN2	M-L	0,00	2,05	0,45	X _T	7,790	5,320	4,350	3,690	3,070	2,710	0,990	0,092
					S _T	0,48	0,39	0,38	0,37	0,36	0,35		
LN2	LMOM	0,00	2,05	0,52	X _T	7,790	5,010	3,980	3,290	2,650	2,300	0,986	0,113
G2	MOM	0,00	1,61	5,33	X _T	8,040	5,410	4,290	3,500	2,730	2,280	0,995	0,068
					S _T	0,30	0,00	0,00	0,38	0,79	1,08		
G2	M-L	0,00	1,59	5,39	X _T	8,050	5,420	4,310	3,520	2,750	2,310	0,995	0,067
					S _T	0,16	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13		
G2	LMOM	0,00	1,61	5,31	X _T	8,040	5,390	4,280	3,500	2,740	2,310	0,995	0,069
G3	MOM	-0,19	1,57	5,57	X _T	8,060	5,410	4,280	3,470	2,690	2,230	0,995	0,068
					S _T	0,29	0,00	0,00	0,38	0,79	1,07		
G3	M-L	-0,31	1,52	5,85	X _T	8,070	5,440	4,310	3,500	2,710	2,250	0,995	0,064
					S _T	0,54	0,47	0,46	0,48	0,55	0,62		
G3	LMOM	-0,96	1,44	6,64	X _T	8,090	5,400	4,240	3,400	2,580	2,090	0,995	0,065
W3	MOM	1,80	1,92	9,43	X _T	8,100	5,290	4,160	3,420	2,800	2,490	0,993	0,074
					S _T	0,62	0,48	0,48	0,59	0,79	0,93		
W3	M-L	1,81	1,93	9,42	X _T	8,100	5,300	4,180	3,440	2,810	2,510	0,993	0,073
					S _T	0,48	0,74	0,89	1,02	1,17	1,27		
W3	SOD	1,08	2,15	9,54	X _T	8,210	5,290	4,050	3,200	2,460	2,070	0,992	0,067
					S _T	0,49	0,72	0,85	0,96	1,09	1,17		
W3	LMOM	1,61	3,13	0,07	X _T	8,090	5,440	4,270	3,390	2,480	1,920	0,995	0,062

Tablo III.4 Cizre (2606) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜR SÜRESİ						R _{X Y}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	100,29	14,62	X _T	100,290	87,980	81,550	76,240	70,270	66,280	0,990	0,087
					S _T	2,71	3,16	3,66	4,16	4,79	5,23		
NOR	M-L	0,00	100,29	14,36	X _T	100,290	88,200	81,880	76,660	70,790	66,870	0,990	0,084
					S _T	2,67	3,10	3,60	4,09	4,70	5,13		
NOR	LMOM	0,00	100,29	14,59	X _T	100,290	88,010	81,590	76,290	70,330	66,350	0,990	0,086
LN2	MOM	0,00	4,60	0,15	X _T	99,240	87,840	82,410	78,180	73,680	70,830	0,985	0,073
					S _T	2,67	2,75	2,99	3,23	3,50	3,67		
LN2	M-L	0,00	4,60	0,14	X _T	99,260	87,890	82,470	78,250	73,760	70,910	0,985	0,072
					S _T	2,67	2,75	2,99	3,23	3,50	3,67		
LN2	LMOM	0,00	4,60	0,42	X _T	99,260	69,470	57,650	49,420	41,550	37,010	0,955	0,267
G2	MOM	0,00	2,13	47,07	X _T	99,580	87,830	82,070	77,510	72,590	69,420	0,987	0,073
					S _T	1,15	1,09	1,79	2,80	4,28	5,46		
G2	M-L	0,00	2,05	49,00	X _T	99,610	88,080	82,420	77,940	73,090	69,970	0,987	0,073
					S _T	0,27	0,29	0,32	0,35	0,39	0,41		
G2	LMOM	0,00	2,13	47,02	X _T	99,580	87,820	82,060	77,500	72,580	69,430	0,987	0,074
G3	MOM	-232,12	0,64	517,11	X _T	100,500	88,050	81,420	75,880	69,580	65,340	0,989	0,083
					S _T	1,11	1,79	2,77	3,96	5,70	7,08		
G3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
G3	LMOM	-385,33	0,44	1108,14	X _T	100,430	88,050	81,500	76,040	69,860	65,710	0,990	0,084
W3	MOM	50,49	3,88	105,52	X _T	100,560	87,870	81,300	76,080	70,620	67,300	0,990	0,093
					S _T	2,96	3,24	3,59	4,23	5,47	6,58		
W3	M-L	54,72	3,62	105,30	X _T	100,430	88,140	81,880	76,980	71,930	68,910	0,990	0,087
					S _T	2,35	2,96	3,27	3,51	3,78	3,96		
W3	SOD	49,38	3,97	105,56	X _T	100,610	87,900	81,270	75,990	70,430	67,040	0,990	0,094
					S _T	2,41	2,98	3,26	3,48	3,73	3,88		
W3	LMOM	5,00	14,66	0,30	X _T	100,380	87,790	81,380	76,220	70,550	66,850	0,990	0,094

Tablo III.5 Çatak (2609) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{XIY}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	7,62	1,76	X _T	7,620	6,140	5,370	4,730	4,010	3,530	0,970	0,090
					S _T	0,44	0,51	0,59	0,68	0,78	0,85		
NOR	M-L	0,00	7,62	1,70	X _T	7,620	6,190	5,440	4,820	4,120	3,660	0,970	0,083
					S _T	0,43	0,50	0,58	0,65	0,75	0,82		
NOR	LMOM	0,00	7,62	1,71	X _T	7,620	6,180	5,430	4,800	4,100	3,640	0,970	0,084
LN2	MOM	0,00	2,01	0,23	X _T	7,430	6,130	5,550	5,100	4,650	4,370	0,944	0,120
					S _T	0,42	0,41	0,43	0,45	0,47	0,48		
LN2	M-L	0,00	2,00	0,26	X _T	7,410	5,980	5,340	4,870	4,390	4,090	0,940	0,119
					S _T	0,42	0,41	0,43	0,45	0,47	0,48		
LN2	LMOM	0,00	2,00	0,45	X _T	7,410	5,060	4,140	3,510	2,920	2,580	0,907	0,232
G2	MOM	0,00	0,41	18,75	X _T	7,490	6,120	5,470	4,980	4,450	4,130	0,953	0,105
					S _T	0,20	0,09	0,20	0,38	0,63	0,83		
G2	M-L	0,00	0,43	17,53	X _T	7,480	6,070	5,400	4,890	4,360	4,030	0,953	0,105
					S _T	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10		
G2	LMOM	0,00	0,39	19,54	X _T	7,490	6,150	5,510	5,020	4,510	4,190	0,954	0,105
G3	MOM	4,29	0,93	3,57	X _T	7,920	6,310	5,270	4,310	3,100	2,220		
					S _T	0,27	0,49	0,76	1,16	1,79	2,32		
G3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
G3	LMOM	2,52	0,59	8,62	X _T	7,820	6,250	5,310	4,470	3,450	2,740	0,943	0,120
W3	MOM	-6,06	9,64	8,34	X _T	7,810	6,270	5,350	4,520	3,550	2,880	0,981	0,075
					S _T	0,43	0,58	0,73	0,92	1,22	1,49		
W3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
W3	SOD	ÇÖZÜM YOK											
W3	LMOM	1,05	1,98	0,05	X _T	7,820	6,200	5,270	4,480	3,570	2,950	0,981	0,082

Tablo III.6 Baykan (2610) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{X Y}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	2,75	0,51	X _T	2,750	2,320	2,100	1,910	1,700	1,570	0,983	0,072
					S _T	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14		
NOR	M-L	0,00	2,75	0,50	X _T	2,750	2,320	2,100	1,920	1,710	1,580	0,983	0,070
					S _T	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14		
NOR	LMOM	0,00	2,75	0,49	X _T	2,750	2,330	2,120	1,940	1,740	1,610	0,983	0,066
LN2	MOM	0,00	0,99	0,18	X _T	2,700	2,310	2,140	2,000	1,850	1,760	0,990	0,071
					S _T	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09		
LN2	M-L	0,00	0,99	0,18	X _T	2,700	2,320	2,140	2,010	1,860	1,770	0,990	0,069
					S _T	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09		
LN2	LMOM	0,00	0,99	0,21	X _T	2,700	2,260	2,060	1,910	1,750	1,650	0,990	0,099
G2	MOM	0,00	0,09	29,31	X _T	2,710	2,310	2,120	1,970	1,810	1,700	0,988	0,068
					S _T	0,03	0,02	0,04	0,07	0,11	0,14		
G2	M-L	0,00	0,09	30,90	X _T	2,720	2,320	2,140	1,990	1,830	1,730	0,988	0,063
					S _T	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
G2	LMOM	0,00	0,09	31,17	X _T	2,720	2,330	2,140	1,990	1,830	1,730	0,988	0,062
G3	MOM	1,22	0,17	9,11	X _T	2,690	2,310	2,140	2,020	1,890	1,810	0,989	0,078
					S _T	0,03	0,00	0,00	0,05	0,10	0,13		
G3	M-L	0,04	0,09	29,92	X _T	2,720	2,320	2,140	1,990	1,830	1,730	0,988	0,063
					S _T	0,07	0,07	0,08	0,09	0,12	0,14		
G3	LMOM	0,63	0,12	18,37	X _T	2,710	2,320	2,140	2,010	1,860	1,770	0,989	0,063
W3	MOM	1,72	2,14	2,88	X _T	2,700	2,300	2,130	2,010	1,910	1,860		
					S _T	0,08	0,07	0,07	0,08	0,11	0,13		
W3	M-L	1,40	2,84	2,91	X _T	2,720	2,290	2,080	1,930	1,780	1,700	0,983	0,077
					S _T	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12		
W3	SOD	0,72	4,60	2,94	X _T	2,770	2,320	2,080	1,880	1,670	1,530	0,974	0,085
					S _T	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10		
W3	LMOM	0,20	0,45	0,15	X _T	2,710	2,320	2,140	2,010	1,860	1,770	0,998	0,065

Tablo III.7 Rezuk (2611) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜR SÜRESİ						R _{X_Y}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	76,51	19,25	X _T	76,510	60,310	51,840	44,840	36,970	31,720	0,946	0,148
					S _T	4,67	5,43	6,30	7,16	8,23	8,99		
NOR	M-L	0,00	76,51	18,68	X _T	76,510	60,790	52,580	45,790	38,150	33,060	0,946	0,147
					S _T	4,53	5,27	6,11	6,95	7,99	8,72		
NOR	LMOM	0,00	76,51	18,19	X _T	76,510	61,200	53,200	46,590	39,150	34,190	0,946	0,146
LN2	MOM	0,00	4,31	0,25	X _T	74,200	60,230	54,010	49,360	44,610	41,690	0,968	0,099
					S _T	4,46	4,21	4,38	4,55	4,73	4,82		
LN2	M-L	0,00	4,31	0,23	X _T	74,540	61,640	55,810	51,410	46,880	44,080	0,967	0,099
					S _T	4,46	4,21	4,38	4,55	4,73	4,82		
LN2	LMOM	0,00	4,31	0,67	X _T	74,540	42,420	31,600	24,780	18,840	15,700	0,969	0,268
G2	MOM	0,00	4,84	15,79	X _T	74,910	60,040	53,120	47,820	42,290	38,860	0,963	0,115
					S _T	2,13	0,55	1,91	3,88	6,62	8,72		
G2	M-L	0,00	3,97	19,29	X _T	75,200	61,610	55,210	50,280	45,080	41,830	0,962	0,115
					S _T	0,69	0,70	0,76	0,81	0,86	0,90		
G2	LMOM	0,00	4,39	17,44	X _T	75,050	60,820	54,170	49,060	43,730	40,410	0,962	0,115
G3	MOM	48,52	13,24	2,11	X _T	72,320	60,540	56,340	53,710	51,550	50,510	0,973	0,130
					S _T	3,42	0,00	0,00	5,49	9,77	12,46		
G2	M-L	ÇÖZÜM YOK											
G3	LMOM	43,06	10,72	3,12	X _T	73,010	60,480	55,670	52,500	49,680	48,190	0,973	0,115
W3	MOM	44,99	1,74	80,37	X _T	73,650	59,940	54,700	51,410	48,750	47,510	0,969	0,112
					S _T	5,27	3,78	3,88	4,93	6,61	7,72		
W3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
W3	SOD	48,15	1,55	79,68	X _T	73,050	60,140	55,540	52,800	50,700	49,780	0,971	0,121
					S _T	3,92	6,75	8,50	10,08	11,97	13,30		
W3	LMOM	8,72	14,45	-0,03	X _T	73,110	60,960	55,870	52,170	48,430	46,160	0,974	0,109

Tablo III.8 Çayönü (2617) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{XIY}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	1,36	0,45	X _T	1,360	0,980	0,790	0,630	0,440	0,320	0,994	0,074
					S _T	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17		
NOR	M-L	0,00	1,36	0,44	X _T	1,360	0,990	0,800	0,640	0,460	0,340	0,994	0,072
					S _T	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16		
NOR	LMOM	0,00	1,36	0,45	X _T	1,360	0,980	0,780	0,620	0,440	0,310	0,994	0,075
LN2	MOM	0,00	0,26	0,32	X _T	1,290	0,990	0,860	0,760	0,670	0,610	0,974	0,130
					S _T	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07		
LN2	M-L	0,00	0,25	0,36	X _T	1,280	0,950	0,810	0,710	0,620	0,560	0,969	0,142
					S _T	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07		
LN2	LMOM	0,00	0,25	0,37	X _T	1,280	0,940	0,800	0,700	0,610	0,550	0,968	0,142
G2	MOM	0,00	0,15	9,31	X _T	1,310	0,980	0,830	0,720	0,610	0,540	0,984	0,114
					S _T	0,04	0,00	0,01	0,06	0,12	0,16		
G2	M-L	0,00	0,15	8,81	X _T	1,310	0,970	0,820	0,700	0,590	0,520	0,983	0,118
					S _T	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
G2	LMOM	0,00	0,15	8,91	X _T	1,310	0,970	0,820	0,710	0,590	0,530	0,983	0,117
G3	MOM	-9,18	0,02	559,87	X _T	1,370	0,990	0,780	0,620	0,420	0,300	0,993	0,079
					S _T	0,04	0,06	0,09	0,13	0,18	0,23		
G3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
G3	LMOM	-10,11	0,02	652,06	X _T	1,360	0,980	0,780	0,610	0,420	0,290	0,993	0,079
W3	MOM	-0,15	3,86	1,52	X _T	1,370	0,980	0,780	0,620	0,460	0,360	0,994	0,069
					S _T	0,10	0,10	0,12	0,14	0,18	0,21		
W3	M-L	0,10	3,30	1,51	X _T	1,360	0,990	0,810	0,670	0,530	0,450	0,994	0,074
					S _T	0,01	0,03	0,06	0,09	0,11	0,13		
W3	SOD	0,03	3,35	1,51	X _T	1,360	0,980	0,790	0,640	0,490	0,410	0,994	0,078
					S _T	0,01	0,04	0,07	0,10	0,13	0,15		
W3	LMOM	0,15	0,45	0,31	X _T	1,360	0,970	0,780	0,620	0,440	0,320	0,994	0,075

Tablo III.9 Çınarköprü (2618) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{X_Y}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	0,31	0,20	X _T	0,310	0,140	0,050	0,000	0,000	0,000	0,966	0,107
					S _T	0,04	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00		
NOR	M-L	0,00	0,31	0,20	X _T	0,310	0,140	0,060	0,000	0,000	0,000	0,966	0,110
					S _T	0,04	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00		
NOR	LMOM	0,00	0,31	0,20	X _T	0,310	0,150	0,060	0,000	0,000	0,000	0,966	0,113
LN2	MOM	ÇÖZÜM YOK											
LN2	M-L	ÇÖZÜM YOK											
LN2	LMOM	ÇÖZÜM YOK											
G2	MOM	0,00	0,13	2,33	X _T	0,270	0,140	0,090	0,060	0,040	0,030	0,987	0,090
					S _T	0,03	0,00	0,00	0,05	0,08	0,11		
G2	M-L	0,00	0,18	1,74	X _T	0,250	0,120	0,070	0,040	0,020	0,010	0,985	0,140
					S _T	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
G2	LMOM	0,00	0,14	2,24	X _T	0,270	0,140	0,090	0,060	0,040	0,030	0,987	0,096
G3	MOM	-0,03	0,12	2,73	X _T	0,270	0,140	0,090	0,060	0,030	0,010	0,987	0,089
					S _T	0,03	0,00	0,00	0,04	0,08	0,10		
G3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
G3	LMOM	-0,10	0,10	4,22	X _T	0,280	0,140	0,080	0,040	0,010	0,000	0,987	0,083
W3	MOM	-0,02	1,74	0,35	X _T	0,280	0,130	0,080	0,040	0,010	0,000	0,985	0,092
					S _T	0,05	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07		
W3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
W3	SOD	-0,08	2,03	0,36	X _T	0,290	0,130	0,070	0,030	0,000	0,000	0,982	0,086
					S _T	0,02	0,04	0,08	0,12	0,17	0,20		
W3	LMOM	0,09	0,16	0,55	X _T	0,280	0,140	0,080	0,040	0,000	0,000	0,988	0,077

Tablo III.10 Üzümcü (2620) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{XIY}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	13,03	2,93	X _T	13,030	10,570	9,280	8,210	7,020	6,220	0,992	0,060
					S _T	0,53	0,62	0,72	0,82	0,94	1,03		
NOR	M-L	0,00	13,03	2,88	X _T	13,030	10,610	9,340	8,290	7,120	6,330	0,992	0,063
					S _T	0,53	0,61	0,71	0,81	0,93	1,01		
NOR	LMOM	0,00	13,03	2,97	X _T	13,030	10,530	9,220	8,140	6,930	6,120	0,992	0,057
LN2	MOM	0,00	2,54	0,22	X _T	12,710	10,550	9,570	8,820	8,060	7,590	0,990	0,089
					S _T	0,52	0,50	0,52	0,55	0,58	0,59		
LN2	M-L	0,00	2,54	0,22	X _T	12,720	10,560	9,580	8,840	8,070	7,600	0,990	0,089
					S _T	0,52	0,50	0,52	0,55	0,58	0,59		
LN2	LMOM	0,00	2,54	0,38	X _T	12,720	9,280	7,870	6,860	5,890	5,320	0,978	0,128
G2	MOM	0,00	0,66	19,80	X _T	12,810	10,530	9,450	8,620	7,740	7,190	0,993	0,078
					S _T	0,24	0,12	0,26	0,47	0,77	1,01		
G2	M-L	0,00	0,62	20,90	X _T	12,820	10,590	9,540	8,720	7,860	7,320	0,993	0,082
					S _T	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11		
G2	LMOM	0,00	0,69	18,98	X _T	12,800	10,470	9,370	8,530	7,650	7,090	0,993	0,075
G3	MOM	-10,29	0,37	63,43	X _T	12,910	10,540	9,370	8,430	7,420	6,760	0,993	0,070
					S _T	0,22	0,23	0,38	0,57	0,87	1,10		
G3	M-L	3,46	0,87	10,96	X _T	12,740	10,560	9,560	8,820	8,060	7,590	0,992	0,087
					S _T	0,55	0,51	0,53	0,58	0,70	0,82		
G3	LMOM	-6,95	0,44	44,97	X _T	12,880	10,490	9,320	8,390	7,400	6,760	0,994	0,069
W3	MOM	5,21	2,96	13,97	X _T	12,950	10,490	9,300	8,420	7,550	7,060	0,995	0,063
					S _T	0,59	0,59	0,62	0,72	0,92	1,10		
W3	M-L	7,46	2,06	13,74	X _T	12,720	10,500	9,570	8,950	8,400	8,130	0,993	0,083
					S _T	0,47	0,70	0,83	0,95	1,08	1,17		
W3	SOD	7,04	2,20	13,80	X _T	12,760	10,460	9,470	8,790	8,180	7,870	0,994	0,077
					S _T	0,48	0,70	0,83	0,93	1,05	1,13		
W3	LMOM	1,16	2,82	0,20	X _T	12,870	10,470	9,320	8,420	7,460	6,850	0,994	0,066

Tablo III.11 Musahan (2621) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{XİY}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	3,76	0,97	X _T	3,760	2,950	2,520	2,170	1,780	1,510	0,990	0,080
					S _T	0,19	0,23	0,26	0,30	0,34	0,37		
NOR	M-L	0,00	3,76	0,95	X _T	3,760	2,960	2,550	2,200	1,820	1,560	0,990	0,079
					S _T	0,19	0,22	0,26	0,29	0,33	0,37		
NOR	LMOM	0,00	3,76	0,95	X _T	3,760	2,960	2,540	2,200	1,810	1,550	0,990	0,079
LN2	MOM	0,00	1,29	0,25	X _T	3,640	2,950	2,630	2,400	2,170	2,020	0,971	0,129
					S _T	0,18	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20		
LN2	M-L	0,00	1,29	0,28	X _T	3,630	2,870	2,530	2,290	2,040	1,890	0,968	0,133
					S _T	0,18	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20		
LN2	LMOM	0,00	1,29	0,36	X _T	3,630	2,690	2,300	2,020	1,750	1,590	0,959	0,139
G2	MOM	0,00	0,25	15,11	X _T	3,680	2,930	2,590	2,320	2,050	1,880	0,979	0,113
					S _T	0,09	0,02	0,08	0,16	0,27	0,36		
G2	M-L	0,00	0,27	14,19	X _T	3,680	2,910	2,550	2,280	2,000	1,830	0,978	0,116
					S _T	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05		
G2	LMOM	0,00	0,25	15,33	X _T	3,680	2,940	2,600	2,330	2,060	1,890	0,979	0,113
G3	MOM	-1,71	0,17	32,01	X _T	3,820	2,970	2,490	2,080	1,600	1,260	0,983	0,103
					S _T	0,08	0,15	0,24	0,34	0,50	0,62		
G3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
G3	LMOM	-1,95	0,16	35,71	X _T	3,820	2,980	2,510	2,100	1,630	1,310	0,984	0,101
W3	MOM	-0,31	4,91	4,13	X _T	3,810	2,960	2,500	2,120	1,700	1,430	0,991	0,087
					S _T	0,21	0,24	0,28	0,33	0,44	0,53		
W3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
W3	SOD	ÇÖZÜM YOK											
W3	LMOM	0,29	1,00	0,38	X _T	3,810	2,950	2,500	2,120	1,690	1,410	0,990	0,095

Tablo III.12 Konak (2622) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{X₁Y}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	2,41	0,83	X _T	2,410	1,710	1,340	1,040	0,700	0,470	0,961	0,139
					S _T	0,20	0,23	0,27	0,30	0,35	0,38		
NOR	M-L	0,00	2,41	0,81	X _T	2,410	1,730	1,370	1,070	0,740	0,520	0,961	0,144
					S _T	0,19	0,22	0,26	0,29	0,34	0,37		
NOR	LMOM	0,00	2,41	0,80	X _T	2,410	1,730	1,380	1,090	0,760	0,540	0,961	0,145
LN2	MOM	0,00	0,82	0,34	X _T	2,270	1,710	1,480	1,310	1,140	1,040	0,986	0,095
					S _T	0,18	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
LN2	M-L	0,00	0,83	0,32	X _T	2,290	1,750	1,520	1,350	1,180	1,080	0,986	0,107
					S _T	0,18	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
LN2	LMOM	0,00	0,83	0,40	X _T	2,290	1,640	1,380	1,190	1,020	0,910	0,987	0,124
G2	MOM	0,00	0,29	8,34	X _T	2,310	1,690	1,420	1,220	1,010	0,890	0,982	0,105
					S _T	0,10	0,00	0,00	0,14	0,27	0,37		
G2	M-L	0,00	0,24	9,89	X _T	2,330	1,750	1,490	1,300	1,100	0,980	0,981	0,124
					S _T	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		
G2	LMOM	0,00	0,28	8,74	X _T	2,320	1,710	1,440	1,240	1,040	0,920	0,982	0,110
G3	MOM	0,97	0,48	2,98	X _T	2,250	1,710	1,490	1,350	1,230	1,160	0,987	0,101
					S _T	0,13	0,00	0,00	0,18	0,35	0,46		
G3	M-L	0,60	0,34	5,31	X _T	2,300	1,740	1,500	1,340	1,170	1,080	0,985	0,108
					S _T	0,19	0,16	0,16	0,16	0,18	0,20		
G3	LMOM	1,20	0,60	2,00	X _T	2,210	1,700	1,520	1,410	1,330	1,290	X ₀ >X _{min}	
W3	MOM	0,94	1,88	2,59	X _T	2,300	1,680	1,440	1,280	1,150	1,080	0,982	0,105
					S _T	0,22	0,17	0,17	0,21	0,28	0,33		
W3	M-L	0,95	1,92	2,59	X _T	2,310	1,700	1,460	1,300	1,170	1,100	0,982	0,103
					S _T	0,02	0,11	0,20	0,30	0,41	0,49		
W3	SOD	0,48	2,55	2,65	X _T	2,360	1,690	1,380	1,160	0,950	0,840	0,972	0,119
					S _T	0,15	0,26	0,32	0,38	0,44	0,49		
W3	LMOM	0,41	0,59	-0,10	X _T	2,220	1,730	1,530	1,390	1,250	1,160	0,986	0,092

Tablo III.13 Pınarca (2624) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜR SÜRESİ						R _{X_Y}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	2,67	0,84	X _T	2,670	1,960	1,600	1,290	0,950	0,720	0,961	0,114
					S _T	0,14	0,16	0,19	0,22	0,25	0,27		
NOR	M-L	0,00	2,67	0,82	X _T	2,670	1,970	1,610	1,310	0,980	0,750	0,961	0,111
					S _T	0,14	0,16	0,19	0,21	0,25	0,27		
NOR	LMOM	0,00	2,67	0,78	X _T	2,670	2,010	1,660	1,380	1,060	0,850	0,961	0,100
LN2	MOM	0,00	0,93	0,31	X _T	2,550	1,970	1,720	1,540	1,360	1,250	0,951	0,147
					S _T	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12		
LN2	M-L	0,00	0,93	0,35	X _T	2,530	1,880	1,610	1,420	1,230	1,120	0,948	0,147
					S _T	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12		
LN2	LMOM	0,00	0,93	0,37	X _T	2,530	1,860	1,580	1,390	1,190	1,080	0,946	0,147
G2	MOM	0,00	0,26	10,17	X _T	2,580	1,950	1,670	1,460	1,240	1,110	0,955	0,128
					S _T	0,07	0,00	0,03	0,11	0,20	0,26		
G2	M-L	0,00	0,28	9,40	X _T	2,580	1,920	1,630	1,410	1,190	1,060	0,955	0,129
					S _T	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04		
G2	LMOM	0,00	0,24	11,34	X _T	2,590	1,990	1,720	1,510	1,300	1,170	0,956	0,125
G3	MOM	-1,32	0,18	22,72	X _T	2,610	1,950	1,640	1,400	1,140	0,980	0,959	0,114
					S _T	0,06	0,04	0,07	0,13	0,21	0,27		
G3	M-L	-7,68	0,06	162,99	X _T	2,650	1,980	1,640	1,370	1,070	0,880	0,961	0,103
					S _T	0,15	0,15	0,18	0,21	0,27	0,32		
G3	LMOM	-3,40	0,10	59,60	X _T	2,700	2,020	1,640	1,320	0,950	0,690	0,960	0,103
W3	MOM	0,67	2,60	2,92	X _T	2,620	1,930	1,620	1,390	1,170	1,060	0,955	0,110
					S _T	0,16	0,15	0,15	0,18	0,23	0,27		
W3	M-L	0,37	2,98	2,93	X _T	2,640	1,920	1,570	1,320	1,060	0,920	0,957	0,113
					S _T	0,12	0,17	0,20	0,22	0,25	0,26		
W3	SOD	-0,49	4,33	2,98	X _T	2,700	1,960	1,570	1,260	0,920	0,710	0,958	0,121
					S _T	0,12	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19		
W3	LMOM	0,00	2,42	0,81	X _T	2,700	2,000	1,630	1,330	0,990	0,770		

Tablo III.14 Girikhan (2625) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜR SÜRESİ						R _{XIY}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	2,37	0,46	X _T	2,370	1,980	1,780	1,610	1,420	1,290	0,988	0,097
					S _T	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19		
NOR	M-L	0,00	2,37	0,45	X _T	2,370	1,990	1,790	1,630	1,440	1,320	0,988	0,102
					S _T	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18		
NOR	LMOM	0,00	2,37	0,47	X _T	2,370	1,980	1,770	1,600	1,400	1,280	0,988	0,094
LN2	MOM	0,00	0,85	0,19	X _T	2,330	1,980	1,820	1,690	1,560	1,480	0,984	0,120
					S _T	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12		
LN2	M-L	0,00	0,85	0,19	X _T	2,330	1,980	1,820	1,700	1,570	1,490	0,984	0,121
					S _T	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12		
LN2	LMOM	0,00	0,85	0,26	X _T	2,330	1,870	1,670	1,520	1,370	1,270	0,980	0,078
G2	MOM	0,00	0,09	26,08	X _T	2,340	1,980	1,800	1,660	1,520	1,430	0,987	0,111
					S _T	0,04	0,03	0,05	0,09	0,14	0,19		
G2	M-L	0,00	0,09	27,88	X _T	2,340	1,990	1,820	1,690	1,540	1,450	0,987	0,117
					S _T	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02		
G2	LMOM	0,00	0,09	25,04	X _T	2,340	1,970	1,790	1,650	1,500	1,410	0,987	0,108
G3	MOM	-10,63	0,02	782,61	X _T	2,370	1,980	1,780	1,620	1,440	1,320	0,989	0,100
					S _T	0,04	0,05	0,09	0,12	0,18	0,22		
G3	M-L	-0,92	0,06	54,32	X _T	2,350	1,990	1,820	1,670	1,520	1,420	0,988	0,114
					S _T	0,10	0,10	0,11	0,13	0,17	0,20		
G3	LMOM	-18,96	0,01	2044,04	X _T	2,370	1,970	1,770	1,600	1,410	1,290	0,988	0,096
W3	MOM	0,97	3,41	2,53	X _T	2,370	1,980	1,780	1,620	1,470	1,380	0,990	0,096
					S _T	0,11	0,11	0,12	0,14	0,18	0,22		
W3	M-L	1,46	2,19	2,49	X _T	2,330	1,980	1,830	1,720	1,630	1,580	0,988	0,118
					S _T	0,02	0,04	0,09	0,13	0,19	0,23		
W3	SOD	1,35	2,39	2,50	X _T	2,340	1,970	1,800	1,680	1,580	1,520	0,989	0,108
					S _T	0,02	0,04	0,09	0,13	0,18	0,21		
W3	LMOM	0,17	0,47	0,27	X _T	2,370	1,970	1,770	1,610	1,430	1,320	0,999	0,090

Tablo III.15 Tekniksyenler (2630) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜR SÜRESİ							R _{X Y}	DP _{MAX}
					T	2	5	10	20	50	100		
NOR	MOM	0,00	7,61	2,35	X _T	7,610	5,640	4,600	3,750	2,790	2,150	0,990	0,099
					S _T	0,53	0,61	0,71	0,81	0,93	1,01		
NOR	M-L	0,00	7,61	2,29	X _T	7,610	5,690	4,680	3,850	2,910	2,290	0,990	0,093
					S _T	0,51	0,60	0,69	0,79	0,90	0,99		
NOR	LMOM	0,00	7,61	2,33	X _T	7,610	5,660	4,630	3,790	2,830	2,200	0,990	0,097
LN2	MOM	0,00	1,98	0,30	X _T	7,280	5,650	4,940	4,430	3,920	3,610	0,975	0,124
					S _T	0,49	0,44	0,45	0,46	0,47	0,47		
LN2	M-L	0,00	1,98	0,33	X _T	7,240	5,470	4,730	4,190	3,650	3,340	0,972	0,146
					S _T	0,49	0,44	0,45	0,46	0,47	0,47		
LN2	LMOM	0,00	1,98	0,49	X _T	7,240	4,790	3,850	3,220	2,640	2,300	0,954	0,201
G2	MOM	0,00	0,73	10,50	X _T	7,380	5,600	4,800	4,200	3,590	3,210	0,982	0,120
					S _T	0,25	0,00	0,11	0,39	0,73	0,98		
G2	M-L	0,00	0,75	10,14	X _T	7,370	5,570	4,760	4,150	3,530	3,160	0,982	0,124
					S _T	0,12	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13		
G2	LMOM	0,00	0,73	10,45	X _T	7,370	5,600	4,790	4,200	3,590	3,220	0,982	0,121
G3	MOM	-59,64	0,08	819,31	X _T	7,640	5,650	4,590	3,700	2,700	2,030	0,989	0,101
					S _T	0,21	0,34	0,53	0,76	1,09	1,35		
G3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
G3	LMOM	-123,02	0,04	3148,24	X _T	7,600	5,650	4,640	3,810	2,880	2,260	0,990	0,098
W3	MOM	-0,16	3,79	8,44	X _T	7,650	5,630	4,590	3,770	2,910	2,390	0,989	0,097
					S _T	0,57	0,62	0,68	0,80	1,04	1,25		
W3	M-L	0,47	3,57	8,40	X _T	7,63	5,68	4,69	3,92	3,13	2,66	0,989	0,094
					S _T	0,45	0,57	0,63	0,68	0,73	0,76		
W3	SOD	ÇÖZÜM YOK											
W3	LMOM	0,83	2,31	0,27	X _T	7,590	5,620	4,630	3,840	2,970	2,420	0,989	0,103

Tablo III.16 Tülüran (2631) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜRSÜRESİ						R _{X_Y}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	7,82	2,33	X _T	7,820	5,860	4,840	3,990	3,040	2,410	0,975	0,128
					S _T	0,58	0,68	0,78	0,89	1,03	1,12		
NOR	M-L	0,00	7,82	2,25	X _T	7,820	5,920	4,930	4,120	3,190	2,580	0,975	0,133
					S _T	0,56	0,66	0,76	0,86	0,99	1,08		
NOR	LMOM	0,00	7,82	2,33	X _T	7,820	5,850	4,830	3,980	3,020	2,390	0,975	0,128
					S _T								
LN2	MOM	0,00	2,01	0,29	X _T	7,490	5,870	5,160	4,640	4,120	3,810	0,982	0,088
					S _T	0,55	0,50	0,51	0,52	0,53	0,53		
LN2	M-L	0,00	2,02	0,28	X _T	7,520	5,960	5,270	4,760	4,250	3,940	0,982	0,098
					S _T	0,55	0,50	0,51	0,52	0,53	0,53		
LN2	LMOM	0,00	2,02	0,51	X _T	7,520	4,920	3,940	3,280	2,660	2,320	0,969	0,163
					S _T								
G2	MOM	0,00	0,69	11,30	X _T	7,590	5,830	5,030	4,420	3,800	3,430	0,983	0,098
					S _T	0,28	0,00	0,15	0,44	0,81	1,08		
G2	M-L	0,00	0,60	13,13	X _T	7,620	5,970	5,210	4,640	4,040	3,680	0,983	0,113
					S _T	0,11	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13		
G2	LMOM	0,00	0,71	10,96	X _T	7,580	5,790	4,990	4,380	3,760	3,390	0,983	0,095
					S _T								
G3	MOM	0,54	0,74	9,79	X _T	7,570	5,830	5,040	4,460	3,860	3,500	0,983	0,096
					S _T	0,28	0,00	0,09	0,43	0,81	1,08		
G3	M-L	4,19	1,57	2,30	X _T	7,320	5,830	5,280	4,940	4,650	4,500	0,976	0,066
					S _T	0,54	0,41	0,36	0,31	0,27	0,24		
G3	LMOM	2,21	1,02	5,51	X _T	7,480	5,780	5,060	4,550	4,050	3,770	0,983	0,080
					S _T								
W3	MOM	2,60	2,48	8,48	X _T	7,670	5,810	4,970	4,370	3,820	3,520	0,984	0,106
					S _T	0,64	0,58	0,60	0,69	0,90	1,06		
W3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
W3	SOD	3,60	1,96	8,36	X _T	7,550	5,810	5,100	4,640	4,240	4,050	0,986	0,089
					S _T	0,51	0,78	0,94	1,08	1,23	1,34		
W3	LMOM	1,06	1,98	0,05	X _T	7,480	5,810	5,080	4,530	3,970	3,630	0,981	0,082
					S _T								

Tablo III.17 Billioris (2633) istasyonu frekans analizi sonuçları

Model	Tahmin Yöntem	Alt Sınır	Par 1	Par 2	TEKERRÜR SÜRESİ						R _{XİY}	DP _{MAX}	
					T	2	5	10	20	50			100
NOR	MOM	0,00	37,93	6,70	X _T	37,930	32,290	29,340	26,910	24,170	22,340	0,989	0,080
					S _T	0,87	1,01	1,17	1,33	1,53	1,67		
NOR	M-L	0,00	37,93	6,64	X _T	37,930	32,340	29,420	27,000	24,290	22,470	0,989	0,082
					S _T	0,86	1,00	1,16	1,32	1,51	1,65		
NOR	LMOM	0,00	37,93	6,77	X _T	37,930	32,240	29,260	26,800	24,040	22,190	0,989	0,078
LN2	MOM	0,00	3,62	0,18	X _T	37,350	32,230	29,840	28,000	26,060	24,840	0,993	0,069
					S _T	0,85	0,85	0,91	0,97	1,04	1,08		
LN2	M-L	0,00	3,62	0,17	X _T	37,370	32,300	29,920	28,100	26,180	24,970	0,993	0,069
					S _T	0,85	0,85	0,91	0,97	1,04	1,08		
LN2	LMOM	0,00	3,62	0,28	X _T	37,370	29,450	26,000	23,460	20,890	19,340	0,989	0,121
G2	MOM	0,00	1,18	32,05	X _T	37,540	32,210	29,640	27,620	25,460	24,090	0,993	0,066
					S _T	0,37	0,30	0,51	0,84	1,31	1,69		
G2	M-L	0,00	1,13	33,49	X _T	37,560	32,340	29,810	27,830	25,710	24,350	0,993	0,071
					S _T	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15		
G2	LMOM	0,00	1,22	31,18	X _T	37,530	32,130	29,530	27,490	25,320	23,930	0,993	0,063
G3	MOM	2,23	1,26	28,39	X _T	37,510	32,210	29,660	27,670	25,550	24,200	0,993	0,065
					S _T	0,38	0,28	0,49	0,82	1,30	1,68		
G3	M-L	21,48	2,84	5,80	X _T	37,000	32,100	30,010	28,510	27,040	26,190	0,990	0,088
					S _T	0,89	0,78	0,76	0,79	0,90	1,01		
G3	LMOM	8,44	1,57	18,75	X _T	37,410	32,100	29,610	27,690	25,680	24,420	0,994	0,064
W3	MOM	21,82	2,60	39,96	X _T	37,580	32,020	29,470	27,620	25,880	24,930	0,995	0,059
					S _T	0,98	0,91	0,94	1,09	1,40	1,67		
W3	M-L	ÇÖZÜM YOK											
W3	SOD	25,11	2,02	39,58	X _T	37,180	32,000	29,860	28,440	27,210	26,590	0,995	0,075
					S _T	0,77	1,17	1,40	1,60	1,82	1,98		
W3	LMOM	2,77	6,22	0,15	X _T	37,390	32,090	29,630	27,730	25,720	24,460	0,994	0,065

Tablo IV.1. 1.Bölge için LN2 modeli moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGINO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
CAYO	2617	26	0,320	0,950	0,726	0,631	0,562	0,493	0,452
DIYA	2605	47	0,430	0,918	0,647	0,539	0,464	0,392	0,350
BESI	2603	51	0,320	0,951	0,727	0,632	0,563	0,494	0,453
PINA	2624	35	0,310	0,954	0,737	0,645	0,577	0,509	0,468
TULU	2631	16	0,290	0,959	0,750	0,660	0,594	0,527	0,487
KONA	2622	18	0,340	0,945	0,712	0,614	0,543	0,473	0,432
TEKN	2630	20	0,300	0,956	0,741	0,649	0,582	0,514	0,474
BCv = 0,344				0,946	0,714	0,616	0,545	0,476	0,434
BSy = 0,338				0,944	0,710	0,612	0,541	0,471	0,430
Ortalama a(T)				0,944	0,713	0,616	0,546	0,476	0,435
Medyan a(T)				0,951	0,727	0,632	0,563	0,494	0,453

Tablo IV.2. 1.Bölge için LN2 modeli maksimum olabilirlik parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGINO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
CAYO	2617	26	0,320	0,944	0,699	0,597	0,525	0,454	0,412
DIYA	2605	47	0,430	0,909	0,620	0,508	0,431	0,358	0,316
BESI	2603	51	0,320	0,943	0,696	0,593	0,520	0,449	0,407
PINA	2624	35	0,310	0,947	0,706	0,605	0,533	0,462	0,420
TULU	2631	16	0,290	0,962	0,762	0,674	0,609	0,544	0,504
KONA	2622	18	0,340	0,950	0,725	0,630	0,561	0,492	0,451
TEKN	2630	20	0,300	0,951	0,718	0,621	0,550	0,480	0,438
BCv = 0,344				0,946	0,714	0,616	0,545	0,476	0,434
BSy = 0,371				0,934	0,684	0,581	0,508	0,436	0,394
Mean a(T)				0,939	0,691	0,589	0,516	0,445	0,403
Median a(T)				0,947	0,706	0,605	0,533	0,462	0,420

Tablo IV.3. 1.Bölge için LN2 modeli L-Moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGINO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
CAYO	2617	26	0,320	0,944	0,694	0,591	0,518	0,446	0,404
DIYA	2605	47	0,430	0,909	0,584	0,464	0,383	0,309	0,268
BESI	2603	51	0,320	0,943	0,683	0,577	0,502	0,429	0,386
PINA	2624	35	0,310	0,947	0,697	0,593	0,520	0,448	0,405
TULU	2631	16	0,290	0,962	0,629	0,503	0,419	0,341	0,297
KONA	2622	18	0,340	0,950	0,681	0,572	0,496	0,422	0,379
TEKN	2630	20	0,300	0,951	0,629	0,506	0,423	0,346	0,303
BCv = 0,344				0,946	0,714	0,616	0,545	0,476	0,434
BSy = 0,371				0,910	0,631	0,521	0,445	0,372	0,331
Mean a(T)				0,939	0,655	0,544	0,466	0,393	0,350
Median a(T)				0,947	0,681	0,572	0,496	0,422	0,379

Tablo IV.4. 1.Bölge için G2 modeli L-Moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGI NO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
CAYO	2617	26	0,320	0,965	0,720	0,610	0,528	0,445	0,395
DIYA	2605	47	0,430	0,939	0,631	0,501	0,408	0,318	0,266
BESI	2603	51	0,320	0,965	0,720	0,611	0,529	0,447	0,397
PINA	2624	35	0,310	0,968	0,732	0,625	0,546	0,465	0,415
TULU	2631	16	0,290	0,971	0,745	0,643	0,566	0,487	0,438
KONA	2622	18	0,340	0,961	0,704	0,590	0,506	0,421	0,370
TEKN	2630	20	0,300	0,969	0,736	0,631	0,552	0,471	0,422
BCv = 0,344				0,961	0,706	0,592	0,509	0,424	0,373
Mean a(T)				0,960	0,704	0,591	0,508	0,424	0,374
Median a(T)				0,965	0,720	0,611	0,529	0,447	0,397

Tablo IV.5. 1.Bölge için G2 modeli L-Moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGI NO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
CAYO	2617	26	0,320	0,963	0,712	0,600	0,517	0,433	0,383
DIYA	2605	47	0,430	0,939	0,633	0,503	0,411	0,321	0,269
BESI	2603	51	0,320	0,962	0,709	0,597	0,514	0,430	0,379
PINA	2624	35	0,310	0,965	0,721	0,612	0,530	0,448	0,398
TULU	2631	16	0,290	0,975	0,764	0,667	0,593	0,517	0,470
KONA	2622	18	0,340	0,967	0,728	0,621	0,540	0,458	0,409
TEKN	2630	20	0,300	0,967	0,731	0,625	0,545	0,464	0,414
BCv= ,344				0,961	0,706	0,592	0,509	0,424	0,373
Mean a(T)				0,959	0,702	0,589	0,505	0,421	0,371
Median a(T)				0,965	0,721	0,612	0,530	0,448	0,398

Tablo IV.6. 1.Bölge için G2 modeli L-Moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGI NO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
CAYO	2617	26	0,320	0,963	0,713	0,602	0,520	0,437	0,388
DIYA	2605	47	0,430	0,938	0,629	0,500	0,408	0,320	0,270
BESI	2603	51	0,320	0,963	0,714	0,604	0,522	0,439	0,390
PINA	2624	35	0,310	0,971	0,745	0,643	0,566	0,488	0,440
TULU	2631	16	0,290	0,970	0,741	0,638	0,560	0,481	0,433
KONA	2622	18	0,340	0,962	0,710	0,598	0,516	0,433	0,383
TEKN	2630	20	0,300	0,968	0,735	0,630	0,551	0,471	0,423
BCv= ,344				0,961	0,706	0,592	0,509	0,424	0,373
Mean a(T)				0,960	0,704	0,592	0,509	0,426	0,377
Median a(T)				0,963	0,714	0,604	0,522	0,439	0,390

Tablo IV.7. 2.Bölge için LN2 modeli L-Moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGI NO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
BAYK	2610	51	0,180	0,983	0,843	0,778	0,728	0,675	0,642
CATA	2609	16	0,220	0,974	0,804	0,728	0,670	0,610	0,573
BILL	2633	60	0,180	0,985	0,850	0,787	0,738	0,687	0,655
REZU	2611	17	0,240	0,970	0,787	0,706	0,645	0,583	0,545
CIZR	2606	29	0,140	0,990	0,876	0,822	0,780	0,735	0,706
GIRI	2625	23	0,190	0,981	0,834	0,765	0,713	0,659	0,625
MUSA	2621	25	0,250	0,968	0,783	0,700	0,639	0,576	0,537
UZUM	2621	30	0,220	0,976	0,809	0,734	0,677	0,618	0,582
BCv = 0,198				0,981	0,832	0,763	0,711	0,656	0,622
BSy = 0,199				0,980	0,829	0,759	0,706	0,651	0,616
Mean a(T)				0,980	0,831	0,763	0,711	0,656	0,622
Median a(T)				0,979	0,821	0,750	0,695	0,639	0,604

Tablo IV.8. 2.Bölge için LN2 modeli L-Moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGI NO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
BAYK	2610	51	0,180	0,984	0,845	0,780	0,730	0,678	0,646
CATA	2609	16	0,220	0,972	0,784	0,701	0,639	0,575	0,537
BILL	2633	60	0,180	0,985	0,851	0,789	0,741	0,690	0,658
REZU	2611	17	0,240	0,974	0,806	0,729	0,672	0,613	0,576
CIZR	2606	29	0,140	0,990	0,876	0,822	0,780	0,735	0,707
GIRI	2625	23	0,190	0,982	0,836	0,768	0,717	0,663	0,629
MUSA	2621	25	0,250	0,965	0,762	0,674	0,608	0,542	0,502
UZUM	2621	30	0,220	0,976	0,810	0,735	0,678	0,620	0,583
BCv = 0,198				0,981	0,832	0,763	0,711	0,656	0,622
BSy = 0,202				0,980	0,826	0,756	0,702	0,647	0,612
Mean a(T)				0,980	0,830	0,762	0,709	0,655	0,621
Median a(T)				0,979	0,823	0,752	0,697	0,641	0,606

Tablo IV.9. 2.Bölge için LN2 modeli L-Moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGI NO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
BAYK	2610	51	0,180	0,984	0,824	0,751	0,696	0,638	0,602
CATA	2609	16	0,220	0,972	0,664	0,544	0,461	0,383	0,339
BILL	2633	60	0,180	0,985	0,776	0,685	0,618	0,551	0,510
REZU	2611	17	0,240	0,974	0,554	0,413	0,324	0,246	0,205
CIZR	2606	29	0,140	0,990	0,693	0,575	0,493	0,414	0,369
GIRI	2625	23	0,190	0,982	0,790	0,704	0,641	0,577	0,537
MUSA	2621	25	0,250	0,965	0,715	0,612	0,538	0,465	0,422
UZUM	2621	30	0,220	0,976	0,712	0,604	0,527	0,452	0,408
BCv = 0,198				0,981	0,832	0,763	0,711	0,656	0,622
BSy = 0,358				0,938	0,694	0,593	0,521	0,450	0,408
Mean a(T)				0,980	0,742	0,643	0,573	0,503	0,462
Median a(T)				0,979	0,714	0,608	0,532	0,458	0,415

Tablo IV.10. 2.Bölge için G2 modeli L-Moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGI NO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
BAYK	2610	51	0,180	0,989	0,842	0,772	0,717	0,658	0,621
CATA	2609	16	0,220	0,982	0,803	0,718	0,653	0,584	0,541
BILL	2633	60	0,180	0,990	0,849	0,781	0,728	0,671	0,635
REZU	2611	17	0,240	0,979	0,785	0,694	0,625	0,553	0,508
CIZR	2606	29	0,140	0,993	0,876	0,818	0,773	0,724	0,692
GIRI	2625	23	0,190	0,987	0,833	0,759	0,701	0,640	0,601
MUSA	2621	25	0,250	0,978	0,780	0,688	0,618	0,544	0,499
UZUM	2621	30	0,220	0,983	0,808	0,725	0,661	0,594	0,552
BCv= 0,198				0,987	0,831	0,756	0,698	0,637	0,598
Mean a(T)				0,987	0,830	0,756	0,698	0,636	0,597
Median a(T)				0,985	0,820	0,742	0,681	0,617	0,576

Tablo IV.11. 2.Bölge için G2 modeli L-Moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGI NO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
BAYK	2610	51	0,180	0,989	0,846	0,778	0,724	0,666	0,629
CATA	2609	16	0,220	0,981	0,796	0,709	0,642	0,572	0,528
BILL	2633	60	0,180	0,990	0,853	0,786	0,734	0,678	0,642
REZU	2611	17	0,240	0,983	0,805	0,722	0,657	0,589	0,547
CIZR	2606	29	0,140	0,993	0,878	0,822	0,777	0,729	0,698
GIRI	2625	23	0,190	0,988	0,838	0,766	0,710	0,650	0,612
MUSA	2621	25	0,250	0,977	0,773	0,679	0,607	0,532	0,486
UZUM	2621	30	0,220	0,984	0,813	0,732	0,669	0,603	0,562
BCv= 0,198				0,987	0,831	0,756	0,698	0,637	0,598
Mean a(T)				0,987	0,833	0,760	0,703	0,643	0,604
Median a(T)				0,986	0,826	0,749	0,690	0,627	0,587

Tablo IV.12. 2.Bölge için G2 modeli L-Moment parametreleriyle hesaplanan boyutsuz 7-günlük en düşük ortalama düşük akım (MAM7) tahminleri

IST ADI	AGI NO	N	Cv	2	5	10	20	50	100
BAYK	2610	51	0,180	0,989	0,847	0,778	0,725	0,667	0,631
CATA	2609	16	0,220	0,983	0,806	0,723	0,659	0,592	0,550
BILL	2633	60	0,180	0,989	0,847	0,778	0,725	0,667	0,631
REZU	2611	17	0,240	0,981	0,795	0,708	0,641	0,572	0,528
CIZR	2606	29	0,140	0,993	0,876	0,818	0,773	0,724	0,692
GIRI	2625	23	0,190	0,987	0,829	0,754	0,695	0,634	0,594
MUSA	2621	25	0,250	0,978	0,781	0,690	0,620	0,548	0,503
UZUM	2621	30	0,220	0,982	0,804	0,719	0,655	0,587	0,544
BCv= 0,198				0,987	0,831	0,756	0,698	0,637	0,598
Mean a(T)				0,987	0,831	0,757	0,699	0,638	0,599
Median a(T)				0,985	0,818	0,739	0,677	0,613	0,572