



**KRİTİK DÖNEM YÖNTEMLERİ İLE
HAZNE KAPASİTESİ TAYİNİ VE
YUKARI FIRAT HAVZASI UYGULAMASI**

Sinan BAZANCİ

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK

2021

(Her haklı saklıdır.)

T.C
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**KRİTİK DÖNEM YÖNTEMLERİ İLE HAZNE KAPASİTESİ TAYİNİ VE YUKARI
FIRAT HAVZASI UYGULAMASI**

(DETERMINATION of RESERVOIR CAPACITY with CRITICAL PERIOD METHODS
and UPPER FIRAT BASIN APPLICATION)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinan BAZANCİR

Danışman: Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK

Erzurum
Haziran, 2021

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Sinan BAZANCİR tarafından hazırlanan “KRİTİK DÖNEM YÖNTEMLERİ İLE HAZNE KAPASİTESİ TAYİNİ VE YUKARI FIRAT HAVZASI UYGULAMASI” başlıklı çalışması 15/ 06 / 2021 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Hidrolik Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Doç.Dr.H.Yıldırım DALKILIÇ
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Danışman: Doç.Dr.Serkan ŞENOCAK
Atatürk Üniversitesi
Jüri Üyesi: Dr.Öğr.Üyesi Selim ŞENGÜL
Atatürk Üniversitesi

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof.Dr.Saltuk Buğrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Doç.Dr.Serkan ŞENOCAK* danışmanlığında sunulan “KRİTİK DÖNEM YÖNTEMLERİ İLE HAZNE KAPASİTESİ TAYİNİ VE YUKARI FIRAT HAVZASI UYGULAMASI” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	7	30
Kuramsal Temeller	16	30
Materyal ve Yöntem	11	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	10	20
Sonuç ve Öneriler	8	20
Tezin Geneli	13	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Sinan BAZANCİ	Doç.Dr.Serkan ŞENOCAK
24.5.2021	24.5.2021
İmza:	İmza:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KRİTİK DÖNEM YÖNTEMLERİ İLE HAZNE KAPASİTESİ TAYİNİ VE YUKARI FIRAT HAVZASI UYGULAMASI

Sinan BAZANCİR

Danışman: Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK

Amaç: Bu çalışmada Yukarı Fırat Havzası Karasu Alt Havzası'nda olası gelecekte, belli AGİ'lerde planlanacak biriktirme haznesi inşasında farklı kritik dönem yöntemlerinin değerlendirilip karşılaştırması amaçlanmıştır.

Yöntem: Yukarı Fırat Havzası Karasu alt havzasında Karasu Çayı üzerinde bulunan 2119, 2151, 2154, 2156 nolu akım gözlem istasyonlarında gözlenmiş aylık ve yıllık ortalama akım verileri kullanılarak, %70 ve %80 düzenleme oranları için %5 ve %3 risk değerleri göz önüne alınarak Rippl (Eklenik Akımlar), Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar, Alexander, Dincer, Gould Gama, McMahon, Gould Sentetik Veri Yöntemleri ile hazne kapasitesi hesaplanmıştır.

Bulgular: Uygulama sonucunda elde edilen verilere göre başlangıçta riskin tanımlanamadığı yöntemler ile yapılan hesaplamaların diğer yöntemlerden daha fazla hazne hacmi hesapladığı görülmüştür. Düzenleme oranı ve yinleme süresinin arttıkça hazne kapasitesinin de arttığı, risk oranının azaldıkça hazne kapasitesinin arttığı belirlenmiştir.

Sonuç: Alexander, Dincer ve Gould Gama yöntemlerinin veri setine uygun olasılık dağılımı seçildiğinde uzun süreli kritik dönemler için diğer yöntemlere kıyasla daha güvenilir sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu Bölgesi, Yukarı Fırat Havzası, biriktirme haznesi kapasitesi, ön tasarım yöntemleri, kesin tasarım yöntemleri, kritik dönem yöntemleri

Haziran 2021, 73 sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

DETERMINATION OF RESERVOIR CAPACITY WITH CRITICAL PERIOD METHODS AND UPPER FIRAT BASIN APPLICATION

Sinan BAZANCİR

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serkan ŞENOCAK

Purpose: In this study, it is aimed to evaluate and compare different critical period methods in the construction of the reservoir to be planned in certain streamgauging stations in the possible future in the Upper Fırat Basin Karasu Lower Basin.

Method: Reservoir capacity is estimated by using Rippl (Mass Curve), Residual Mass Curve, Sequent-Peak, Minimum Flow, Alexander, Dincer, Gould's Gama, McMahon and Gould's Synthetic Data methods. Using the monthly and annual mean flow data observed at the streamgauging stations no 2119, 2151, 2154, 2156 located on the Karasu Stream in the Karasu sub-basin of the Upper Fırat Basin, taking into account the 5% and 3% risk values for 70% and 80% regulation rates,

Findings: According to the data obtained as a result of the application, it was seen that the calculations made with the methods in which the risk could not be defined at the beginning calculated more reservoir volume than other methods. It was determined that the reservoir capacity increased as the regulation rate and iteration time increased, and the reservoir capacity increased as the risk ratio decreased.

Results: It has been revealed that Alexander, Dincer and Gould Gamma methods give more reliable results for long-term critical periods compared to other methods when the appropriate probability distribution is selected for the data set.

Keywords: Eastern Anatolia Region, Upper Fırat Basin, reservoir capacity, preliminary design methods, precise design methods, critical period methods

June 2021, 73 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ders dönemi ve tez çalışmam boyunca bilgilerini benimle paylaşan ve hiçbir yardımını esirgemeyen değerli danışmanım Sn. Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Tüm eğitim hayatım ve tüm yaşamım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi iletirim.

Yüksek lisans hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen değerli dostlarıma en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Haziran 2021

Sinan BAZANCİ

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ.....	xii
GİRİŞ	1
KURAMSAL TEMELLER	5
MATERYAL VE METOT	10
Uygulama Havzası.....	10
Rippl Yöntemi (Eklenik Akımlar Yöntemi)	14
Eklenik Farklar Yöntemi	15
Ardışık Tepeler Yöntemi	15
Minimum Akımlar Yöntemi	15
Alexander Yöntemi.....	16
Dinçer Yöntemi	17
Gould Gamma Yöntemi.....	18
McMahon Yöntemi.....	19
Gould'un Sentetik Veri Yöntemi.....	19
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	22
2119 Nolu Akım Gözlem İstasyonu Uygulamaları	22
2119 nolu istasyonun istatistiksel özellikleri	22
Rippl (eklenik akımlar yöntemi)	23
Eklenik farklar yöntemi	25
Ardışık tepeler yöntemi.....	27
Minimum akımlar yöntemi	27
Alexander yöntemi.....	28
Dinçer yöntemi.....	30
McMahon yöntemi	30

Gould gama yöntemi	31
Gould sentetik veri yöntemi	32
2151 Nolu Akım Gözlem İstasyonu Uygulamaları	33
2151 nolu istasyonun istatistiksel özellikleri	33
Rippl (eklenik akımlar) yöntemi	34
Eklenik farklar yöntemi	36
Ardışık tepeler yöntemi.....	38
Minimum akımlar	38
Alexander yöntemi.....	39
Dinçer yöntemi.....	41
Mcmahon yöntemi	41
Gould gama yöntemi.....	42
Gould sentetik veri yöntemi.....	43
2154 Nolu Akım Gözlem İstasyonu Uygulamaları	44
2154 nolu istasyonun istatistiksel özellikleri	44
Rippl (eklenik akımlar) yöntemi	45
Eklenik farklar yöntemi	47
Ardışık tepeler yöntemi.....	49
Minimum akımlar	49
Alexander yöntemi.....	50
Dinçer yöntemi.....	52
Mcmahon yöntemi	52
Gould gama yöntemi.....	53
Gould sentetik veri yöntemi.....	54
2156 Nolu Akım Gözlem İstasyonu Uygulamaları	55
2156 nolu istasyonun istatistiksel özellikleri	55
Rippl (eklenik akımlar) yöntemi	56
Eklenik farklar yöntemi	58
Ardışık tepeler yöntemi.....	60
Minimum akımlar	60
Alexander yöntemi.....	61
Dinçer yöntemi.....	63
Mcmahon yöntemi	63
Gould gama yöntemi.....	64
Gould sentetik veri yöntemi.....	65

Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması.....	65
SONUÇ ve ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	73



KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
a, b	McMahon Ampirik Sayıları
α	Şekil Parametresi
β	Ölçek Parametresi
C	Hesaplanan Hazne Hacmi
CP	Hesaplanan Kritik Dönem Uzunluğu
CP ₁	Kritik Dönem Uzunluğu
Cs	Çarpıklık Katsayısı
Cv	Değişkenlik Katsayısı
D	Doğu
D	Düzenleme Oranı
d	Gould Tarafından Önerilen Düzeltme Faktörü
DSİ	Devlet Su İşleri
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
K	Kuzey
N	Veri Sayısı
p	Olasılık Değeri
r	Otokorelasyon Katsayısı
τ_1	Hazne Hacmi
μ	Ortalama Akım
zp	% p Olasılıklı Standart Normal Değişken

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Biriktirme haznelerinin verdi-kapasite-risk ilişkisi (Bayazıt 1997).....	2
Şekil 2. Yukarı Fırat Havzası (Şorman, 2019).	10
Şekil 3. Yukarı Fırat Havzası alt havzaları (Şorman, 2019).	11
Şekil 4. Yukarı Fırat Havzası AGİ'leri (Şorman, 2019).	12
Şekil 5. Alexander abağı (McMahon and Mein, 1986).	17
Şekil 6. Gould sentetik seri abakları (Gould, 1964).	21
Şekil 7. Sample Autocorelation analizi	23
Şekil 8. Rippl %70 düzenleme oranı	24
Şekil 9. Rippl %80 düzenleme oranı	25
Şekil 10. Eklenik farklar %70 düzenleme oranı	26
Şekil 11. Eklenik farklar %80 düzenleme oranı	26
Şekil 12. Minimum akımlar %70 düzenleme oranı	28
Şekil 13. Minimum akımlar %80 düzenleme oranı	28
Şekil 14. Sample Autocorelation analizi	34
Şekil 15. Rippl %70 düzenleme oranı	35
Şekil 16. Rippl %80 düzenleme oranı	36
Şekil 17. Eklenik farklar %70 düzenleme oranı	37
Şekil 18. Eklenik farklar %80 düzenleme oranı	37
Şekil 19. Minimum akımlar %70 düzenleme oranı	39
Şekil 20. Minimum akımlar %80 düzenleme oranı	39
Şekil 21. Sample Autocorelation analizi	45
Şekil 22. Rippl %70 düzenleme oranı	46
Şekil 23. Rippl %80 düzenleme oranı	47
Şekil 24. Eklenik farklar %70 düzenleme oranı	48
Şekil 25. Eklenik farklar %80 düzenleme oranı	48
Şekil 26. Minimum akımlar %70 düzenleme oranı	50
Şekil 27. Minimum akımlar %80 düzenleme oranı	50
Şekil 28. Sample Autocorelation analizi	56
Şekil 29. Rippl %70 düzenleme oranı	57
Şekil 30. Rippl %80 düzenleme oranı	58
Şekil 31. Eklenik farklar %70 düzenleme oranı	59
Şekil 32. Eklenik farklar %80 düzenleme oranı	59

Şekil 33. Minimum akımlar %70 düzenleme oranı.....	61
Şekil 34. Minimum akımlar %80 düzenleme oranı.....	61



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Akım Gözlem İstasyonları.....	13
Tablo 2. Gould Düzeltme Faktörü (Gould, 1964)	18
Tablo 3. McMahon Düzeltme Katsayıları (McMahon and Mein, 1986).	19
Tablo 4. 2119 Nolu AGİ İstatistiksel Verileri	22
Tablo 5. Uygunluk Bilgisi Kriterleri.....	23
Tablo 6. 2119 Nolu AGİ Minimum Akımlar Uygulaması	27
Tablo 7. Alexander Yöntemi ile Farklı Düzeltme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları	29
Tablo 8. Dinçer Yöntemi ile Farklı Düzeltme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları	30
Tablo 9. McMahon Yöntemi ile Farklı Düzeltme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri	31
Tablo 10. Gould Gama Yöntemi ile, Farklı Düzeltme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri.....	32
Tablo 11. Gould Sentetik Veri Yöntemi ile Farklı Düzeltme Oranları ve Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri.....	32
Tablo 12. 2151 Nolu AGİ İstatistiksel Verileri	33
Tablo.13. Uygunluk Bilgisi Kriterleri.....	34
Tablo 14. 2151 Nolu AGİ Minimum Akımlar Uygulaması	38
Tablo 15. Alexander Yöntemi ile Farklı Düzeltme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları	40
Tablo 16. Dinçer Yöntemi ile Farklı Düzeltme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları	41
Tablo 17. McMahon Yöntemi ile Farklı Düzeltme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri	42
Tablo 18. Gould Gama Yöntemi ile, Farklı Düzeltme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri.....	43
Tablo 19. Gould Sentetik Veri Yöntemi ile Farklı Düzeltme Oranları ve Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri.....	43
Tablo 20. 2154 Nolu AGİ İstatistiksel Verileri	44
Tablo 21. Uygunluk Bilgisi Kriterleri.....	45
Tablo 22. 2154 Nolu AGİ Minimum Akımlar Uygulaması	49

Tablo 23. Alexander Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları	51
Tablo 24. Dinçer Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları	52
Tablo 25. McMahon Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri	53
Tablo 26. Gould Gama Yöntemi ile, Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri.....	53
Tablo 27. Gould Sentetik Veri Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri.....	54
Tablo 28. 2156 Nolu AGİ İstatistiksel Verileri	55
Tablo 29. Uygunluk Bilgisi Kriterleri.....	56
Tablo 30. 2156 Nolu AGİ Minimum Akımlar Uygulaması	60
Tablo 31. Alexander Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları	62
Tablo 32. Dinçer Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları	63
Tablo 33. McMahon Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri	64
Tablo 34. Gould Gama Yöntemi ile, Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri.....	64
Tablo 35. Gould Sentetik Veri Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri.....	65
Tablo 36. %70 düzenleme oranı için belirlenen hazne hacimleri (milyon m ³)	66
Tablo 37. %80 düzenleme oranı için belirlenen hazne hacimleri (milyon m ³)	66

GİRİŞ

Dünyamızın yaklaşık olarak %75'ini oluşturan ve canlıların da en önemli temel gereksinimi olan suya erişmek ne yazık ki her dönem için mümkün olamamaktadır. Yağışın fazla olduğu dönemlerde suyun muhafaza edilmesi gerekmektedir. Çünkü bir bölgeye her dönem düşen yağış miktarı aynı değildir. Bir dönem fazla yağış alan bir bölge başka bir dönem de daha az yağış alabilmektedir. Bu da yağışın az olduğu dönemde kullanabilmek adına, yağışın fazla olduğu dönemdeki suyu depolama gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Bu gereksinim sonucunda biriktirme hazneleri olarak adlandırılan su depolama yapıları ortaya çıkmıştır. Bu gereksinim biriktirme haznelerinin kapasitesini belirleme, projelendirme, uygun mahalli seçme vb. gibi problemleri beraberinde getirmiştir. Seçilen bölgedeki havzanın akış verileri depolama yapılarının kapasitesi hakkında bir ön bilgi sağlayacaktır. Biriktirme hazneleri sadece içme ve kullanma suyu sağlamak amacıyla değil, ayrıca hidroelektrik enerji üretme, meskûn mahalleri taşkınlardan koruma gibi amaçlarla da inşa edilirler (Bayazıt 1997).

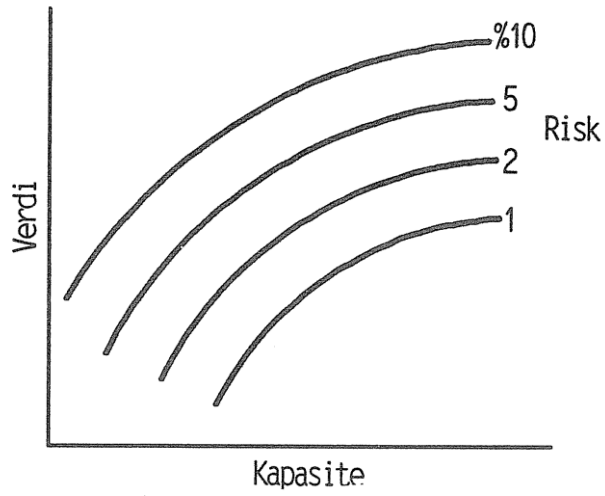
Biriktirme hazneleri, insanlık tarihi boyunca yaşamın daha rahat idame ettirilebilmesi amacıyla kullanılmıştır. Özellikle Mezopotamya gibi kurak coğrafyalarda, tarihin ilk dönemlerinden itibaren akarsular üzerinde barajlar inşa edilmiştir. Bilinen en eski baraj, M.Ö. 4000 yıllarında inşa edilen ve Ürdün topraklarında bulunan toprak dolgu barajı Jawa Barajıdır. Ve yine Mısır'da içme suyu temini amacıyla M.Ö. 3000 yılında inşa edildiği sanılan Sedd-el Kefere dolgu barajı biriktirme haznelerinin ilk örneklerindendir (Bayazıt 1997).

Birçok medeniyete ev sahipliği yapan üç tarafı denizlerle çevrili ve çok sayıda su kaynağına sahip olan Anadolu coğrafyası da birçok su tutma yapısına sahiptir. Alacahöyük kazılarında ortaya çıkan ve dünyanın çalışan en eski barajı olan Hitit Barajı'nın yaklaşık 4000 yıl önce inşa edildiği düşünülmektedir (Apaydın vd 2020).

Ülkemizde 20. yüzyılın ortasından itibaren büyük barajların inşasına başlanmıştır. Türkiye'nin en çok hidroelektrik enerji üretimine sahip barajları (Atatürk, Keban, Karakaya) Fırat Nehri üzerinde kurulmuştur. Ülkemizin 249 metre gövde yüksekliği ile en yüksek gövde yüksekliğine sahip barajı Çoruh Nehri üzerinde kurulu Deriner Barajıdır. Çoruh Nehri üzerinde yapımı hali hazırda süren Yusufeli Barajı ise tamamlandığında 275 metre gövde yüksekliği ile en yüksek gövde yüksekliğine sahip barajımız olacaktır. Hidroelektrik enerji üretim potansiyeline sahip bu baraj ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır (Anonim 2020).

Tüm bu su tutma yapıları inşa edilirken belli kriterlere ve belli amaçlara göre projelendirilmiştir. Haznenin inşa edileceği alandaki suyun miktarı ve hazneden çekilmek istenen suyun miktarı problemin esasını oluşturmaktadır. Hazneden çekilmek istenen su miktarı (verdi), öncelikle haznenin yapılış amacına ve etkileyeceği alandaki canlı sayısına bağlıdır

Belli hacimde bir hazneden çekilmek istenen su miktarı arttırıldıkça risk de artar. Risk oranını azaltmak için ise verdinin azaltılması ya da hazne kapasitesinin arttırılması gerekir. Verdi-Kapasite-Risk ilişkisi Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Biriktirme haznelerinin verdi-kapasite-risk ilişkisi (Bayazıt 1997).

Biriktirme haznelerinin tasarımı sürecinde göz önüne alınması gereken bazı değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

Hazne kapasitesinin tayini, su kaynakları açısından eski bir sorundur. Bu sorun beraberinde kaçınılmaz olarak şu soruyu getirmektedir: istenilen büyüklükte sabit bir su ihtiyacını karşılamak için inşa edilecek hazne kapasitesinin büyüklüğü ne kadar olmalıdır (Alrayes *et al.* 2017)?

Su kaynakları projelerinde biriktirme haznelerinin genelde akarsular üzerine kurulması planlanır. Kapasite tasarımı önemli bir sorundur. Hazne kapasitesi su ihtiyacına ve kullanım amacına bağlı olduğu kadar akarsuyun akımı ve haznenin işletme şekline de bağlıdır.

Rao *et al.* (2001) biriktirme haznelerinde kapasite belirlenmesinin su kaynaklarını geliştirme projelerinde önemli olduğuna değinip hazne kapasitesinin bağlı olduğu parametreleri; hazneye giren akım, buharlaşma, diğer kayıplar, hazneden çekilmek istenen su miktarı ve haznenin işletme şekli olarak tanımlamışlardır.

Ağırlioğlu (2004) sulak dönemleri; akarsuyun doğal akışının su ihtiyacından fazla olduğu dönemler olarak tanımlarken, kurak dönemleri ise akarsuyun doğal akışının su ihtiyacından az olduğu dönemler olarak tanımlamıştır.

Kullanma suyu amacıyla inşa edilecek haznelerde hazne kapasitesini belirlemek için en kurak dönem dikkate alınırken, taşkın kontrolü amaçlı haznelerde ise sulak dönem dikkate alınır (Ağırlioğlu 2004).

Aksoy (2001) kritik periyodu; başlangıçta dolu olduğu kabulü yapılan haznenin tamamen boşalacağı zamana kadarki en kritik zaman periyodu olarak tanımlamıştır ve haznenin planlama, tasarım ve işletiminde çok önemli olduğunu belirtmiştir.

Hazne kapasitesini saptamak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Birbirinden farklı bu yöntemlerin birbirlerine göre üstün ve/veya eksik yönleri vardır.

Hazne kapasitesinin saptanmasında kullanılan yöntemlerin bir kısmı kısa bir hesap sonunda yaklaşık sonuç verirken bir kısmı ise daha uzun işlemler sonucunda daha doğru sonuçlar verir.

Akarsu akımının stokastik (rastgele) değişen değerlere sahip olması, hazne kapasitesi hesabında istatistik bilimini zorunlu kılmıştır. Akımların zamana bağlı değişkenliği sebebiyle, amaçlanan çekim miktarı ancak belirli bir olasılıkla sağlanabilecektir. Bu nedenle belirlenecek aktif hazne kapasitesi, su ihtiyacının sağlanmasındaki güvenilirlik derecesine de bağlıdır (Bayazıt 1997).

Biriktirme haznelerinin tasarımında kullanılan yöntemler genel olarak 3 başlık altında incelenebilir.

Birinci başlıkta yer alan “kritik dönem yöntemleri” hazne kapasitesinin belirlenmesi amacıyla ardışık gözlem verilerinin kullanıldığı yöntemlerdir. Ön Tasarım aşamasında Rippl (Eklenik Akımlar), Eklenik Farklar, Minimum Akımlar ve Ardışık Tepeler Yöntemleri ile kesin tasarım aşamasında Aylık Su Bütçesi yöntemleri kullanılır. Ancak bu yöntemlerde hazne kapasitesinin ihtiyacı karşılama riskini tanımlamak olanaksızdır. Fakat kaba bir yaklaşımla N yıllık akım gözlemleri havzanın riskini $1/(N+1)$ şeklinde hesaplamak mümkündür. Alexander, Dinçer, Gould’un Gamma yöntemi gibi belirli bir dağılımın öngörüldüğü ve riskin de tanımlanabildiği daha güvenilir yöntemlerdir (McMahon and Mein 1986; Halden ve Özkul 2004; Bacanlı ve Baran 2006).

İkinci başlıkta range ve deficit analizi gibi analitik yöntemlerin yanı sıra riski olasılık teorisine dayandıran olasılık matris yöntemleri yer almaktadır. Ön tasarım aşamasında

McMahon tarafından geliştirilen ampirik denklem ve Hardison'un farklı olasılık dağılımları için geliştirdiği abakların kullanıldığı Hardison yöntemi bu grupta yer alır. Kesin tasarım aşamasında Moran olasılık matris yöntemi ve Gould olasılık matris yöntemi yer almaktadır.

Üçüncü başlıkta ise hazne tasarımı için sentetik verilerin baz alındığı yöntemler mevcuttur. Gould'un sentetik veri yöntemi için geliştirdiği abaklar ön tasarım aşamasında kullanılır.

Haznenin inşa edildiği akarsu akımları farklı süreçlerde değişebildiği için rastgele karakterlidir ve hazneye giren akımlar stokastik süreç olduğu gibi hazneden çekilecek hacimde stokastik süreç niteliğindedir. Akarsuların en az su getirdikleri dönem kritik kurak dönem olarak adlandırılır. Bu dönemler için hazne kapasitesini belirlemek amacıyla belli yöntemler geliştirilmiştir.

Bu çalışmada geliştirilen kritik dönem yöntemleri (Eklenik Akımlar, Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar, Alexander, Dinçer, Gould Gama), McMahon yöntemi ve Gould Sentetik Veri yöntemi temel alınarak Yukarı Fırat Havzası'nda 2119, 2151, 2154, 2156 numaralı akım gözlem istasyonlarına ait aylık ve yıllık akım verileri kullanılmış olup belli çekim oranları ve belli risk oranlarına göre hazne kapasitesi hesabı yapılarak ortaya çıkan sonuçlar; yöntemlerin yaptıkları kabullere, yöntemlerin sakıncalarına, kullanılan veri setinin uzunluğuna ve kullanılan istasyonlar için hesaplanan değerlerin büyüklüklerine göre değerlendirilmiştir.

KURAMSAL TEMELLER

Su kaynaklarının bulunduğu her yerde geniş uygulama alanına sahip olan biriktirme haznesi yapıları, başta ülkemiz olmak üzere dünya çapında geniş literatüre sahiptir. Biriktirme haznelerinin tasarım yöntemleri üzerine yapılan çalışmaların bir kısmına kısaca değinmekte fayda görülmektedir.

Çelik (1999), yüksek lisans tezi çalışmasında Çoruh Nehri üzerinde 5 farklı (2305, 2315, 2316, 2320, 2322) AGİ' na ait EİE tarafından ölçülmüş yıllık akım veri değerlerini alarak Rippl (Eklenik Akımlar Yöntemi), Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar ve Sentetik seriler yöntemleri ile tam ve kısmi düzenleme oranlarına göre hazne kapasitesi hesaplamıştır. Bu çalışmada hazne kapasitesi hesaplama yöntemleri ile hidrolojide önemli yeri bulunan 'zaman serisi modelleme' yöntemi entegre edilip ortaya çıkan sonuçlar irdelenmiştir. Elde edilen AR(0) modeline göre akım verileri arasında bağıllık bulunmadığı sonucuna ulaşılrken; bunun ise yer altı suyu beslemelerinin az olduğundan kaynaklandığı öne sürülmüştür.

Bacanlı vd (2003), Dicle Havzası Botan Çayı üzerinde yer alan EİE-Billoris (2604/26) akım gözlem istasyonuna ait 46 yıl süreli (1947-1992 yılları arasındaki) gözlenmiş akımları kullanarak Eklenik Akımlar (Rippl), Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar, Alexander, Dinçer, Gould'un Gamma, Aylık Su Bütçesi, McMahon, Moran Olasılık Matris ve Gould' un Sentetik Veri yöntemleri ile %80 düzenleme oranı ve 20 yıl yinleme aralığına göre biriktirme haznesi hacmi hesaplamışlardır. İlgili çalışmada tek biriktirme haznesi için kapasite-verim-risk ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma sonunda büyük depolamalar için akım verisinin istatistiksel dağılımına uygun olarak seçilen Alexander, Dinçer ve Gould Gama yöntemlerinin ön tasarım aşamasında kullanılmasının daha uygun olacağı sonucuna varılırken; kesin tasarım aşamasında ise kullanılabilecek en güvenilir yöntemin Olasılık Matrisleri yöntemi olduğu değerlendirilmiştir.

Halden ve Özkul (2004), DSİ tarafından hazne kapasitesi 25.4 milyon m³ olarak planlanan Yiğitler Barajı projesi ile kıyaslamak amacıyla Yiğitler alt havzasını uygulama alanı olarak seçerek bir biriktirme haznesi için kapasite-risk-verim ilişkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada EİE-Yiğitler (525) akım gözlem istasyonuna ait 19 yıllık (1976-1994) gözlenmiş akım verileri kullanılarak %63 ve %75 düzenleme oranları ile %5 ve %3 ihtiyacı karşılayamama olasılıkları göz önüne alınmış olup; Eklenik Akımlar (Rippl), Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar, Alexander, Dinçer, Gould'un Gamma ve Aylık Su Bütçesi

yöntemleri ile hazne hacmi hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar DSİ tarafından inşa edilen Yiğitler Barajı hazne hacmi ile kıyaslanmıştır. Planlanan hazne kapasitesinin diğer sonuçlara nazaran daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Yiğitler Barajı kapasitesinin daha küçük risk ile tasarlandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Özgürel ve Kılıç (2004), 1967 yılında işletmeye açılan Buldan Barajı üzerinde 19 yıllık akım gözlem verilerini kullanarak Rippl ve Ardışık Tepeler yöntemleri ile tam ve kısmi düzenleme oranlarına göre iki farklı durum için biriktirme haznesi kapasitesi hesaplamışlardır. Ve elde ettikleri değerler ile Buldan Barajı'nın aktif hazne hacmini kıyaslamışlardır. 41 milyon m³ olarak inşa edilen barajın çalışmada elde edilen 27 milyon m³ değerinden 14 milyon m³ daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Bu da hazne hacminin gerekenden çok daha büyük olarak tasarlandığını göstermektedir. Buldan Barajı'na gelen su miktarının hazneyi doldurmakta yetersiz kaldığı görülmüştür.

Bacanlı ve Baran (2005), bir biriktirme haznesi için kapasite-verim-risk ilişkisini araştırmak gayesiyle Büyük Menderes Havzası Çine Çayı üzerinde yer alan EİE-Kayırlı (701) AGİ'nda gözlenmiş 63 yıllık (1938–2000) aylık ve yıllık ortalama akım verilerini alarak; Minimum Akımlar, Alexander, Dincer, Gould Gama, McMahon, Gould Sentetik, Aylık Su Bütçesi ve Olasılık Matris yöntemleri ile hazne kapasitesi hesaplamışlardır. Bu çalışmada %60 ve %80 düzenleme oranları ile %5 ve %3 ihtiyacı karşılayamama olasılıkları kullanılmıştır. Farklı yöntemlere ait sonuçlar birbirleriyle kıyaslanmıştır. Kritik dönem yaklaşımlarından olan Aylık Su Bütçesi yönteminde buharlaşma ve diğer kayıplar göz önüne alınabildiği için son tasarım aşamasında güvenle kullanılabileceğine fakat, ekseriyetle veri serisinin başlarında küçük akımların olması halinde haznenin başlangıçta dolu olduğu kabulünün riski büyük oranda etkilediğine değinilirken ayrıyeten kesikli veri dizisiyle çalışmanın sorunlara yol açabileceği sonucuna varılmıştır.

Bacanlı ve Koç (2006), DSİ tarafından 55 milyon m³ hacimle planlanan bir baraj projesi sebebiyle, kapasite-verim-risk ilişkisini Yenidere alt havzasında bir biriktirme haznesi için incelemişlerdir. Bu amaçla, %72 düzenleme oranı ve %0 ihtiyacı karşılayamama olasılığına göre Büyük Menderes Havzasında Yenidere Çayı üzerinde bulunan EİE-Yenidere (7-83) akım gözlem istasyonunda gözlenmiş 35 yıllık (1950-1984) yıllık ortalama akım verileri kullanılarak Moran Olasılık Matris yöntemi ile hazne kapasitesi hesaplanmıştır. DSİ tarafından planlanan hazne hacmi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak irdelenmiştir. Moran Olasılık Matris yöntemi ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde DSİ tarafından planlanan hazne hacmine yakın olduğu görülmüştür. Son tasarım aşamasında Moran Olasılık Matris yönteminin daha güvenilir

sonuçlar vermesi ve bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle daha rahat uygulanabilir olması nedeniyle daha fazla tercih edilmesi önerilmiştir.

Sattari vd (2007), Rippl yöntemi ve Ardışık Pik Analizleri yöntemleri gibi klasik yöntemler ile optimizasyon yöntemlerini kıyaslamak amacıyla sulama amacıyla inşa edilen Azerbaycan'ın doğusunda (İran'ın kuzey batısında) yer alan Yalkız Ağac Barajı'nın hazne hacmini bulmuşlardır. Söz konusu çalışmada Rippl ve Ardışık Pik Analizleri yöntemlerinin tüm etki parametrelerini dikkate almamaları sebebiyle hesaplanan hazne hacminin, optimizasyon yöntemleri ile hesaplanan hazne hacmine oranla çok daha fazla çıktığı sonucuna varılmıştır.

zkul (2009), Manisa ilinde hazne hacmi 45 milyon m³ olarak planlanan ağlayan Barajı projesinde hazne hacmi-düzenleme oranı-risk ilişkisini incelemiştir. Çalışmada Kayacık ayı üstünde bulunan EİE-ağlayan (5-49) akım gözlem istasyonuna ait 31 yıllık (1962-1992) gözlenmiş aylık ve yıllık ortalama akım verileri kullanılarak, Moran ve Gould Olasılık Matrisi yöntemleri ile ağlayan Barajının planlanan hazne hacminin kuruma olasılığı hesaplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde Gould Olasılık Matris ve Aylık Su Bütçesi yöntemlerinin, Moran Olasılık Matris yöntemine nazaran daha küçük kuruma olasılığı tahminleri verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kandemir (2009), Yüksek lisans tezi çalışmasında Gediz Hazvasını uygulama alanı olarak seçip ön tasarım yöntemleri ve yapay sinir ağları yöntemi ile olası biriktirme haznesi kapasitelerini belirlemiştir. Bu çalışmada %75 düzenleme oranı ve 20 yıl yineleme süreleri dikkate alınarak Debi Toplam Eğrisi yöntemi, Eklenik Farklar yöntemi, Minimum Akımlar yöntemi, Ardışık Tepeler yöntemi, Dinçer yöntemi, Alexander yöntemi, Gould'un Gamma yöntemi , Hardison ve Yapay Sinir ağları yöntemleri ile EİE'ye ait 10 farklı akım gözlem istasyonuna ait 27-44 yıl arasında gözlenmiş aylık ve yıllık akım gözlem verileri kullanılmış olup; olası biriktirme hazne kapasitesi hesaplamıştır. Elde edilen sonuçlar ile kullanılan yöntemlerin birbirlerine karşı eksik ve üstün yanlarını değerlendirilmiştir. Akım verilerinin uyduğu dağılımlara uygun olarak seçilen hazne kapasitesi hesaplama yöntemlerinin daha güvenilir sonuçlar verdiği ve çalışmada kullanılan hidrolojik akım verilerinin Gama dağılımına uyduğu için akım verilerinin normal dağılıma uyduğu kabulünün yapıldığı Dinçer yöntemi ile akım verilerinin log-normal dağılıma uyduğu kabulünün yapıldığı Gould'un Sentetik Seri yöntemlerinin; Alexander ve Gould'un Gama yöntemlerine nazaran daha az güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapay sinir ağları modellemeleri ile elde edilen hazne hacimlerinin havzanın su durumunu gösterdiği için havza ve akım özelliklerinin yorumlanarak hazne kapasitesinin belirlenmesinde daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Sevinç (2013), Yüksek lisans tezi çalışmasında, DSİ tarafından Gediz Havzasında planlanan Yeşilkavak Barajı projesine ait Kısıkdere (Değirmendere) alt havzasını uygulama alanı olarak seçmiş ve tek biriktirme haznesi için verdi-kapasite-risk ilişkisini araştırmıştır. Bu çalışmada Gediz Havzası Kısıkdere (Değirmendere) üzerinde bulunan DSİ-Değirmendere-Doğanlar AGİ'ndan alınan aylık ve yıllık ortalama akım verileri kullanılarak; %69,12 ve %75 düzenleme oranları ile %5 ve %1,5 ihtiyacı karşılayamama olasılıklarına göre Eklenik Akımlar (Rippl), Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar, Alexander, Dinçer, Gould'un Gamma, Aylık Su Bütçesi yöntemleri ve kısıntılı sulamalı işletme çalışması aracılığıyla hazne hacimleri hesaplanmış ve bulunan sonuçlar Yeşilkavak Barajı'nın planlanan hazne hacmiyle karşılaştırılıp incelenmiştir. Çalışmada Moran ve Gould Olasılık Matrisi yöntemleri ile de Yeşilkavak Barajı'nın planlanan hazne hacminin kuruma olasılığı hesaplanmıştır.

Taş ve Kilit (2015), 2012 yılında DSİ tarafından yapımı tamamlanan 9,9 milyon m³ hacimli Afyon Sandıklı Kızılca Barajı'nın hazne kapasitesini; Eklenik Akımlar, Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Aylık Su Bütçesi yöntemleriyle ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı (ArcGIS 10.3) aracılığıyla hesapladıkları hazne kapasiteleri ile kıyaslamışlardır. Bu çalışmada Büyük Menderes Havzası Kestel Deresi üzerinde bulunan DSİ-Afyon Sandıklı (7-111) akım gözlem istasyonunda gözlenmiş akım verilerinin DSİ-Kızılca (7-87) akım gözlem istasyonu verileriyle korelasyonu sonucu elde edilen 23 yıllık (1986-2008) aylık ve yıllık akım verileri kullanılarak %67 ve %75 düzenleme oranlarına göre hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen bulgular incelendiğinde düzenleme oranının artmasıyla hem hazne hacminin hem de kritik dönem uzunluklarının arttığı görülmüştür. Riskin %2.5'ten %0'a inmesi durumunda hazne kapasitesinin %25-30 arttığı görülmüştür. Bu nedenle hazne hacminin belirlenirken haznenin bulunduğu coğrafya özelliklerine, ekonomik ömrüne, haznenin önemine vs. gibi birçok etkenin göz önünde bulundurularak düzenleme oranının ve ihtiyacı karşılayamama olasılığının (riskin) doğru belirlenmesinin çok önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Takal vd (2017), Eklenik Akımlar (Rippl) yöntemini kullanarak Afganistan'ın Yukarı Helmand Havzasındaki Gizab Barajı'nın kapasitesini hesaplayıp maksimum hidroelektrik enerji üretimini incelemişlerdir.

Alrayess vd (2017), Batı Akdeniz Havzası Dalaman Nehri üzerine kurulu Sami Soydam Sandalcık Barajı'na ait EİE-811 Suçatı akım gözlem istasyonunun 52 yıllık (1962-2013) akım gözlem verilerini kullanarak kapasite-verim-risk ilişkisini incelemişlerdir. Söz konusu çalışmada %60 ve %80 düzenleme oranları ve %0, %5 ve %10 ihtiyacı karşılayamama olasılıkları dikkate alınarak; Eklenik Akımlar (Rippl), Eklenik Farklar, Minimum Akımlar,

Hardison ve Moran Olasılık Matris yöntemleri kullanılmıştır. Farklı yöntemlerden elde edilen bulgular karşılaştırılıp irdelenmiştir. Veri serisine uygun dağılıma sahip yöntem seçiminin, sonuçların riskini azaltacağına değinilmiştir.

Topçu (2017), yüksek lisans tezi çalışmasında Müteferrik Orta Akdeniz Sularında yer alan 902 nolu Köprüçay nehri Beşkonak akım gözlem istasyonu, 911 nolu Manavgat Çayı Şahapköprü akım gözlem istasyonu, 912 nolu Manavgat Çayı Sinanhoca akım gözlem istasyonu, 919 nolu Köprüçay Bolasan akım gözlem istasyonu, 921 nolu Köprüçay Kasımlar AGİ ve 922 nolu Alara Çayı Narağacı AGİ'lerinde gözlenmiş çeşitli uzunluklardaki aylık akım verilerini kullanarak %67, % 75 ve %90 düzenleme oranlarına göre farklı yöntemler (Rippl, Minimum Akımlar, Eklenik Farklar ve Yapay Arı Kolonisinin kullanıldığı optimizasyon yöntemi) ile hazne kapasitesi hesaplamıştır. Optimizasyon yöntemi ile elde edilen hazne hacminin diğer yöntemlerde elde edilen hazne hacmine nazaran daha güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Uygulama Havzası

Türkiye'nin 25 havzasından biri olan Fırat Havzası; Yukarı Fırat Alt Havzası, Aşağı Fırat Alt Havzası ve Orta Fırat Alt Havzası'ndan oluşur. Türkiye yüz ölçümünün alansal büyüklük olarak en büyük havzası olup Türkiye'nin yaklaşık % 15,6'sini kapsayan Fırat Havzası 121.447,6 km² yağış alanına sahiptir. Havzanın bölgedeki konumu Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Yukarı Fırat Havzası (Şorman, 2019).

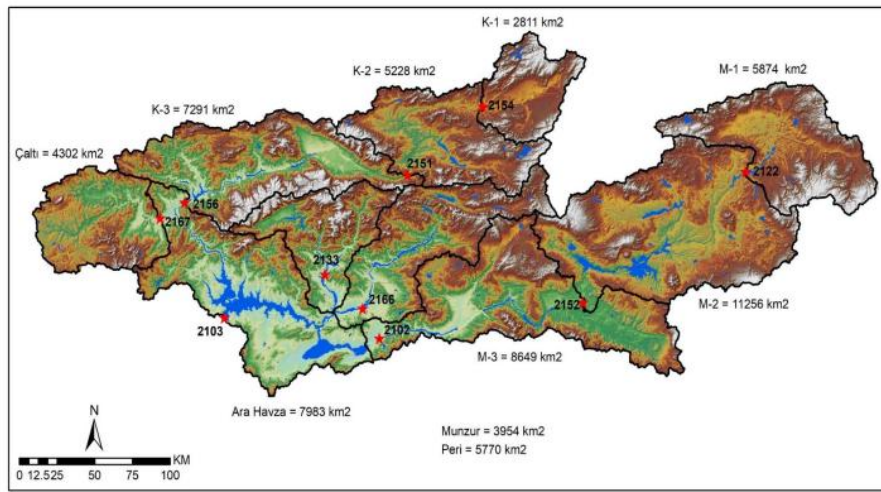
Fırat Havzası ülkemizin en büyük hacimli biriktirme haznelerini barındırır. Bu haznelerden bazıları Keban Barajı (Elazığ), Karakaya Barajı (Malatya-Elazığ), Birecik Barajı (Birecik)dir. Türkiye'nin en fazla enerji üreten barajı olan Atatürk Barajı (Adıyaman-Şanlıurfa) yine bu havzada yer almaktadır.

Kuzeyinde Yeşilırmak, Çoruh ve Aras Havzaları doğusunda Van Kapalı Havzası ve Dicle Alt Havzası batısında Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan ve Asi Havzaları; Güneyinde Suriye bulunan Fırat Havzası yüksekliği 380 metre ile 4.050 metre arasında değişmektedir. Fırat ve Dicle Nehirlerinin birleştiği nehir Şatt-ül Arap olarak bilinmektedir. Toplamda yaklaşık

440.000 km² olan havza alanının Türkiye üzerinde %40'lık bir kısmı bulunmaktadır (Şorman 2019).

Çalışmada kullandığımız Yukarı Fırat Alt Havzası alansal büyüklüğü ile Türkiye yüzölçümünün %8,1'ini kapsamaktadır. Yağış alanı 63.118,0 km², yüksekliği 835 m –4.050 m arasında değişen Yukarı Fırat Havzasının kuzeyinde Yeşilirmak, Çoruh ve Aras Havzaları; doğusunda Van Kapalı Havzası, güneydoğusunda Dicle Alt Havzası, güneyinde Aşağı Fırat Havzası ve Batısında Kızılırmak Havzası bulunur.

Yukarı Fırat Havzası; Murat Çayı Alt Havzası, Çaltı Suyu Alt Havzası, Peri Suyu Alt Havzası ve Karasu Alt Havzasından oluşur (Şekil 3).

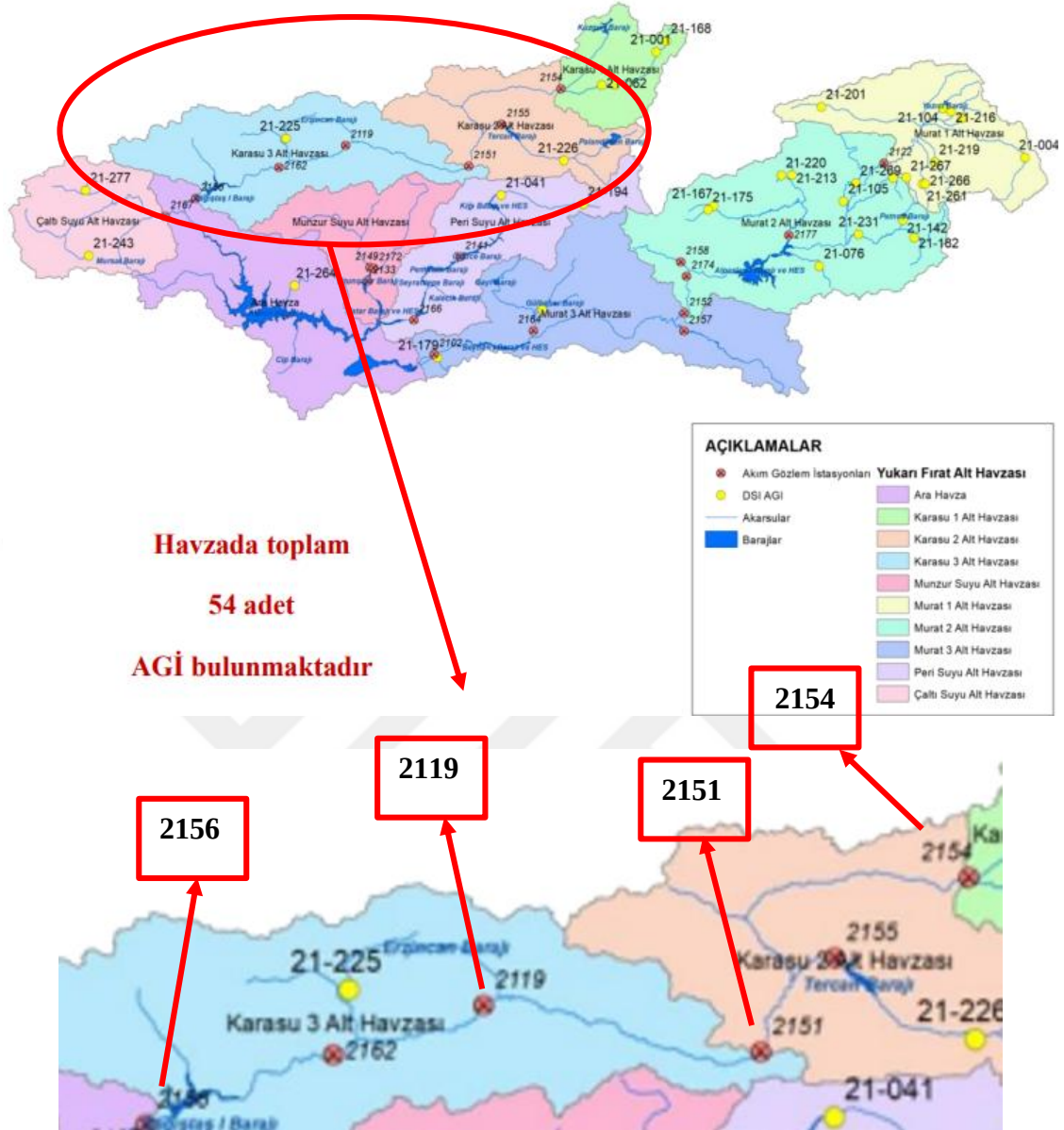


Şekil 3. Yukarı Fırat Havzası alt havzaları (Şorman, 2019).

Murat Çayı Alt Havzası'nın yağış alanı 25.779,0 km², akarsu boyu 607 km ve yüksekliği 840 m-4045 m arasındadır.

Çalışmada kullandığımız Fırat Nehrinin önemli kollarından biri olan Karasu Çayı Alt Havzası'nın yağış alanı ise 37.339,0 km², akarsu boyu 527 km ve yüksekliği 814 m-3.539 m arasında değişir. Karasu Havzası geometrik olarak 39°7'39'' – 41°34'21'' enlemleri ve 39°27'1.50'' – 40°19'38'' boylamları arasında bulunur (Şorman 2019).

Yukarı Fırat Havzasındaki AGİ'ler Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Yukarı Fırat Havzası AGİ’leri (Şorman, 2019).

Çalışmada kullandığımız AGİ’lerin akım verileri EİE ve DSI Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir ve çalışmada kullandığımız AGİ’ler Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Akım Gözlem İstasyonları

AGİ numarası	Bulunduğu il	Bulunduğu ilçe	Enlem	Boylam	Veri aralığı (yıl)
2119	Erzincan	Merkez	39,6982	39,5321	1954-2008
2151	Erzincan	Üzümlü	39,578611	40,17	1964-2008
2154	Erzurum	Aşkale	39,938889	40,759722	1969-2010
2156	Sivas	Divriği	39,434722	38,451111	1969-2011

Rippl Yöntemi (Eklenik Akımlar Yöntemi)

1983 yılında Avusturyalı Mühendis W.Rippl tarafından hazne kapasitesinin hesaplanması için geliştirilen en eski metotlardan biridir (Loucks *et al.* 1981).

Hazneye giren sularla, hazneden çekilen sular ve depolama gereksinimleri arasındaki bağıntının hesaplanmasını sağlayan metodu bir çok su kaynakları planlayıcısı günümüzde bile kullanmaktadır (Akkaya ve Tanrıverdi 1992). Yalnızca zamansal akış verilerine dayanan bu metot hazne kapasitesinin tayini, işletme süreci, taşkın yönetimi gibi birçok faydalı uygulamaya sahiptir (Bharali 2015; Alrayes *et al.* 2017).

Hazneden çekilmek istenen su miktarının hazneye giren su miktarına oranını ifade eden düzenleme oranı; haznenin bulunduğu coğrafya özelliklerine, haznenin ekonomik ömrüne, haznenin önemine, coğrafyada yaşayan canlı popülasyonuna vb. gibi birçok etkene bağlıdır (Bayazıt 1997).

Metodun uygulanmasında öncelikle havzanın aylık veya yıllık akış verileri eklenik olarak toplanarak akım-zaman grafiğine çizilir. Daha sonra düzenleme oranına göre çekilmek istenen su ihtiyacı da eklenik olarak aynı grafiğe eklenir. İhtiyaç debisine paraleller; toplam akım eğrisinin tepe ve çukur noktalarına teğetler çizilir. Bu yolla belirlenen hazne hacimlerinden en büyüğü hazne kapasitesini, çizilen teğetin başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki süre ise kritik dönem uzunluğunu temsil eder (McMahon and Mein 1986).

Haznenin toplam süre içerisinde bir kez yetersiz kalma olasılığı, N toplam veri uzunluğu olmak üzere, $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından hesaplanabilir (McMahon and Mein 1986).

Yöntemi formüle etmek gerekirse aktif hazne kapasitesi Denklem 1 ile gösterilir.

$$K_a = \text{maksimum} \left(\sum_{t=i}^j (R_t - Q_t) \right) \quad (1)$$

$$1 \leq i \leq j \leq t$$

Burada;

Q_t =Gözlenmiş Akımları

R_t = Verdiyi (İhtiyaç debisini)

K_a = maksimum farkı (yani hazne kapasitesini) temsil etmektedir.

Eklenik Farklar Yöntemi

Eklenik Akımlar yönteminin grafik ölçek olarak daha uygun biçimidir ancak Eklenik Akımlar yönteminden daha karışık bir yöntemdir. Hazne hacmi her bir akım verisinden ve çekim değerinden ortalama akımlar çıkartılarak elde edilen farkların çizilen eklenik değerleri arasındaki maksimum ölçümdür (McMahon and Mein 1986; Bayazıt 1997; Halden ve Özkul 2004).

Ardışık Tepeler Yöntemi

Eklenik akımlar ve çekim akımlarının farklarına dayanan bu yöntem, Thomas (1963) tarafından geliştirilmiştir. Eklenik Akımlar yönteminin matematiksel versiyonu olarak düşünülebilir. Eklenik Akımlar yöntemine göre daha uzun veri setlerinin kullanılmasında uygundur (Bayazıt 1997).

Yöntemin uygulanmasında (0,2t) zaman aralığı göz önüne alınıp $Z(t) = V(t) - D(t)$ serisi belirlenir. Eklenik akım ve çekim değerlerinden en büyük ilk değer P_1 ondan sonraki en büyük ikinci değer P_2 ve aradaki en küçük değer T_1 olarak işaretlenip, P-T farkları bulunur ve maksimum fark hazne hacmini temsil eder (McMahon and Mein 1986; Halden ve Özkul 2004). Bayazıt (1981) tarafından Denklem 2' de gösterildiği şekilde formüle edilmiştir.

$$C = \max(P_s - T_s) \quad (2)$$

Burada ;

C =Hazne kapasitesi

$P(s)$ =maximum değerler

$T(s)$ =minimum değerleri göstermektedir.

Minimum Akımlar Yöntemi

En küçük n, 2n, 3n, 4n... aylık toplam akımların zamansal grafiğe çizilip grafiğe eklenen sabit çekim eğrisiyle arasındaki maksimum farkın hazne kapasitesi olarak kabul edildiği yöntem ilk kez Waitt (1965) tarafından bulunmuştur. Maksimum farkın oluştuğu zaman kritik periyodu vermektedir (McMahon and Mein 1986).

İlk kez Waitt'in (1965) bulduğu bu yöntemde, en küçük n , $2n$, $3n$, $4n$... aylık toplam akımlar belirlenerek minimum akımlar eğrisi zamansal grafiğe eklenir, daha sonra düzenleme oranına göre belirlenen ihtiyaç debisi grafiğe doğrusal olarak eklenir. Minimum akımlar eğrisi ile çekim eğrisi (ihtiyaç debisi) arasındaki maksimum fark hazne kapasitesini verirken maksimum farkın bulunduğu zaman kritik periyodu vermektedir (McMahon and Mein 1986; Bayazit 1997; Halden ve Özkul 2004; Bacanlı ve Baran 2006).

Alexander Yöntemi

Alexander'in (1962) çeşitli akarsuların minimum akımlarını alıp farklı yineleme aralıkları, kritik dönem uzunlukları ve düzenleme oranları için oluşturduğu abaklardan yararlanarak oluşturduğu yöntem, Minimum Akımlar yönteminin farklı bir uygulaması olarak düşünülmektedir. Alexander yıllık akım verilerinin otokorelasyonsuz (birbirinden bağımsız) ve gama dağılımına uyduğu varsayımını yapmıştır. Buharlaşma kaybının ihmal edildiği yöntemin bir diğer varsayımı ise düzenleme oranını sabit kabul etmektir (Alexander 1962; Halden ve Özkul 2004; Bacanlı ve Baran 2006).

Yöntem uygulanırken öncelikle yıllık akımların parametreleri (α , şekil parametresi) hesaplanır. Daha sonra Şekil 5' de verilen Alexander'ın abağından yararlanarak kritik dönem uzunluğu (CP_1) ve hazne hacmi (τ_1) belirlenir. Şekil 5' de verilen abak $\alpha=1$ için oluşturulmuştur o nedenle Denklem 3 ve 4 yardımıyla yıllık akımların şekil parametresi hesaba katılarak gerekli düzenlemeler yapılır.

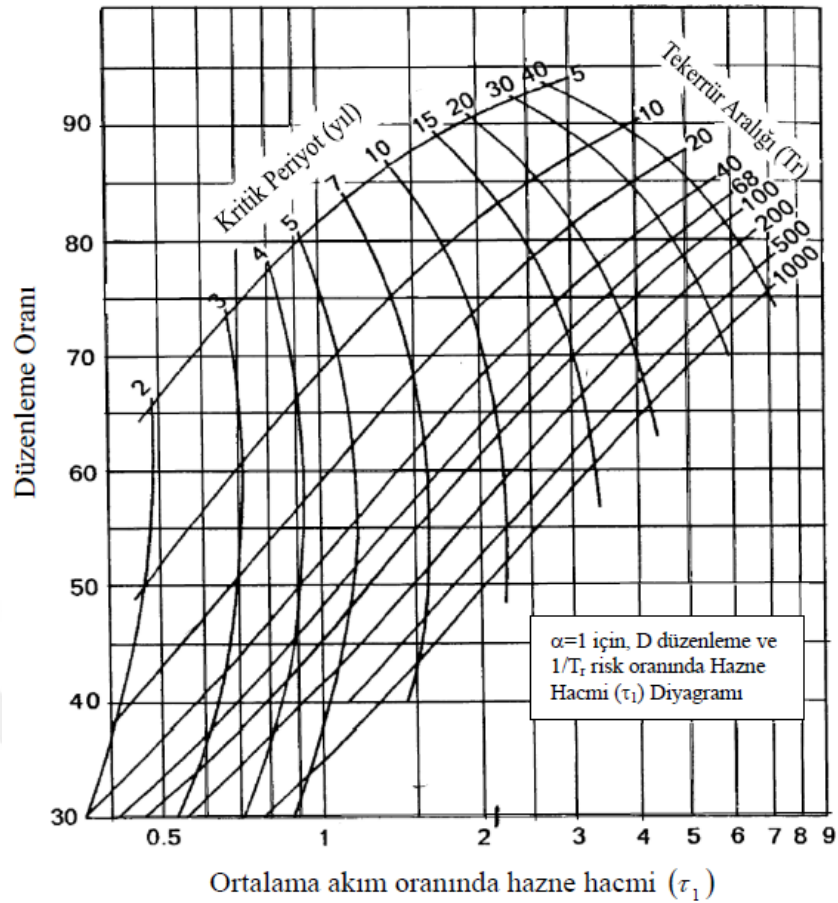
Hazne hacmi;

$$C = (\tau_1 / \alpha) * \mu \quad (3)$$

Kritik dönem uzunluğu;

$$CP = CP_1 / \alpha \quad (4)$$

Kolay ve hızlıca uygulanabilen yöntem ile Gamma dağılımlı verilerin kullanılması durumunda güvenilir bulgular elde edilmektedir (McMahon and Mein 1986; Halden ve Özkul 2004; Bacanlı ve Baran 2006).



Şekil 5. Alexander abağı (McMahon and Mein, 1986).

Dinçer Yöntemi

Dinçer tarafından geliştirilen formüllere dayanan yöntem Alexander yöntemine benzemektedir. Her iki yöntemde de düzenleme oranı sabit kabul edilip yıllık akımların içsel bağımlılığının olmadığı kabulü yapılmaktadır. Yalnız Dinçer yönteminde yıllık akım verilerinin normal dağıldığı varsayımı yapılmaktadır.

Hazne hacmi (C) ve kritik dönem uzunluğu (CP) sırayla (5) ve (6) Denklemleriyle hesaplanmaktadır.

$$C = \mu (z_p^2 / 4 (1-D)) C_v^2 \quad (5)$$

$$CP = (z_p^2 / 4 (1-D)^2) C_v^2 \quad (6)$$

(5) ve (6) bağıntılarında;

C_v : değişkenlik katsayısı,

z_p : % p olasılıklı standart normal değişken,

D: düzenleme oranı ve

μ : ortalama akımdır (McMahon and Mein 1986; Halden ve Özkul 2004; Bacanlı ve Baran 2006).

Gözlenmiş yıllık akım serisinin uzunluğu arttıkça verilerin normal dağılıma yaklaştığı bilinmektedir. Bu nedenle veri sayısının fazla olduğu akım gözlemlerinde daha doğru sonuçlara ulaşılabilirken veri sayısının az olduğu gözlemlerde hazne kapasitesi gerekenden daha büyük tahmin edilebilmektedir (McMahon and Mein 1986).

Gould Gamma Yöntemi

Gould tarafından normal dağılım parametrelerinin kolay hesaplanabilirliği ve yıllık akımların gamma dağılımına daha çok uyması özellikleri birleştirilmiştir (Gould 1964; Halden ve Özkul 2004; Bacanlı ve Baran 2006). Bu yönüyle Alexander ve Dinçer yöntemlerinin beraber uygulanması biçiminde tanımlanabilir.

Hesaplamalarda normal dağılım parametreleri kullanılmaktadır. Daha sonra Gamma dağılımına uygunluğu sağlamak için hazne kapasitesi Denklem 7'den hesaplanmaktadır.

$$\tau = (z_p^2 / (4 (1-D)) - d) C_v^2$$

$$C = \mu \tau \quad (7)$$

Burada;

C: hazne hacmi,

C_v : değişkenlik katsayısı,

z_p : % p olasılıklı standart normal değişken,

D: düzenleme oranı,

μ : ortalama akım ve

d: Gould tarafından önerilen düzeltme faktörü (Tablo 2)

Tablo 2. Gould Düzeltme Faktörü (Gould, 1964)

%p	Z_p	d
0,5	3,3	-
1	2,33	1,5
2	2,05	1,1
3	1,88	0,9
4	1,75	0,8
5	1,64	0,6

McMahon Yöntemi

McMahon'ın, Gould'un olasılık matris yöntemini kullanarak Avusturalya'daki 156 akarsuya ait yıllık akım verilerinden ampirik bir denklem (Denklem 8) elde etmesiyle bulduğu yöntemdir. Elde edilen denklem değişkenlik katsayısına ve kendi geliştirdiği a ve b katsayılarına bağlı basit bir denklemdir (McMahon and Mein 1986).

$$C = (a C_v^b) \mu \quad (8)$$

Burada;

C, hazne kapasitesini;

C_v, değişkenlik katsayısını;

a ve b ampirik olarak elde edilmiş katsayıları (Tablo 3'te verilmektedir);

μ, ortalama yıllık akımı ifade etmektedir.

Hazne kapasitesi, formülden de görüldüğü gibi C_v, değişkenlik katsayısının fonksiyonudur (McMahon and Mein 1986). Yöntemin sakıncaları; diğer yöntemler gibi yıllık akım verilerini bağımsız kabul etmesi ve Avusturalya'daki akarsu verilerinin göz önüne alınarak oluşturulmasıdır (Bacanlı vd 2003; Alrayess vd 2017).

Tablo 3. McMahon Düzenleme Katsayıları (McMahon and Mein, 1986).

Düzenleme oranı (%)	Katsayılar	Risk (%)		
		2,5	5	10
90	a	7,5	5,08	3,08
	b	1,86	1,81	1,82
70	a	2,51	1,81	1,21
	b	1,53	1,79	1,74
50	a	0,98	0,75	0,51
	b	1,91	1,93	1,83
30	a	0,28	0,22	0,15
	b	1,53	1,49	1,79

Gould'un Sentetik Veri Yöntemi

Gould tarafından birbirinden bağımsız 10000 yıllık bağımsız akış değeri içeren, 3 parametrelili log-normal dağılıma uyan 240 adet sentetik veri seti oluşturulmuş ve bu veriler kullanılarak farklı çekimler (D), farklı olasılıklar (p) ve farklı çarpıklık değerleri (Cs) içeren abaklar Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu abaklar %0.5, %2 ve %5 risk değerleri için eğriler içermektedir.

Yöntem uygulanırken ilk olarak Şekil 6'daki abaktan akım verisinin çarpıklık katsayısına ve risk oranına göre k_1 ve k_2 katsayıları okunur. Daha sonra okunan k_1 ve k_2 katsayıları Denklem 9 ve 10'da yerine yazılıp hazne kapasitesi hesaplanır.

Bu abaklardan Denklem 9 ve 10 elde edilmiştir.

$$k_1 = (\text{ortalama akım} - \text{çekim}) / \text{standart sapma} \quad (9)$$

$$k_2 = \text{hazne kapasitesi} / \text{standart sapma} \quad (10)$$

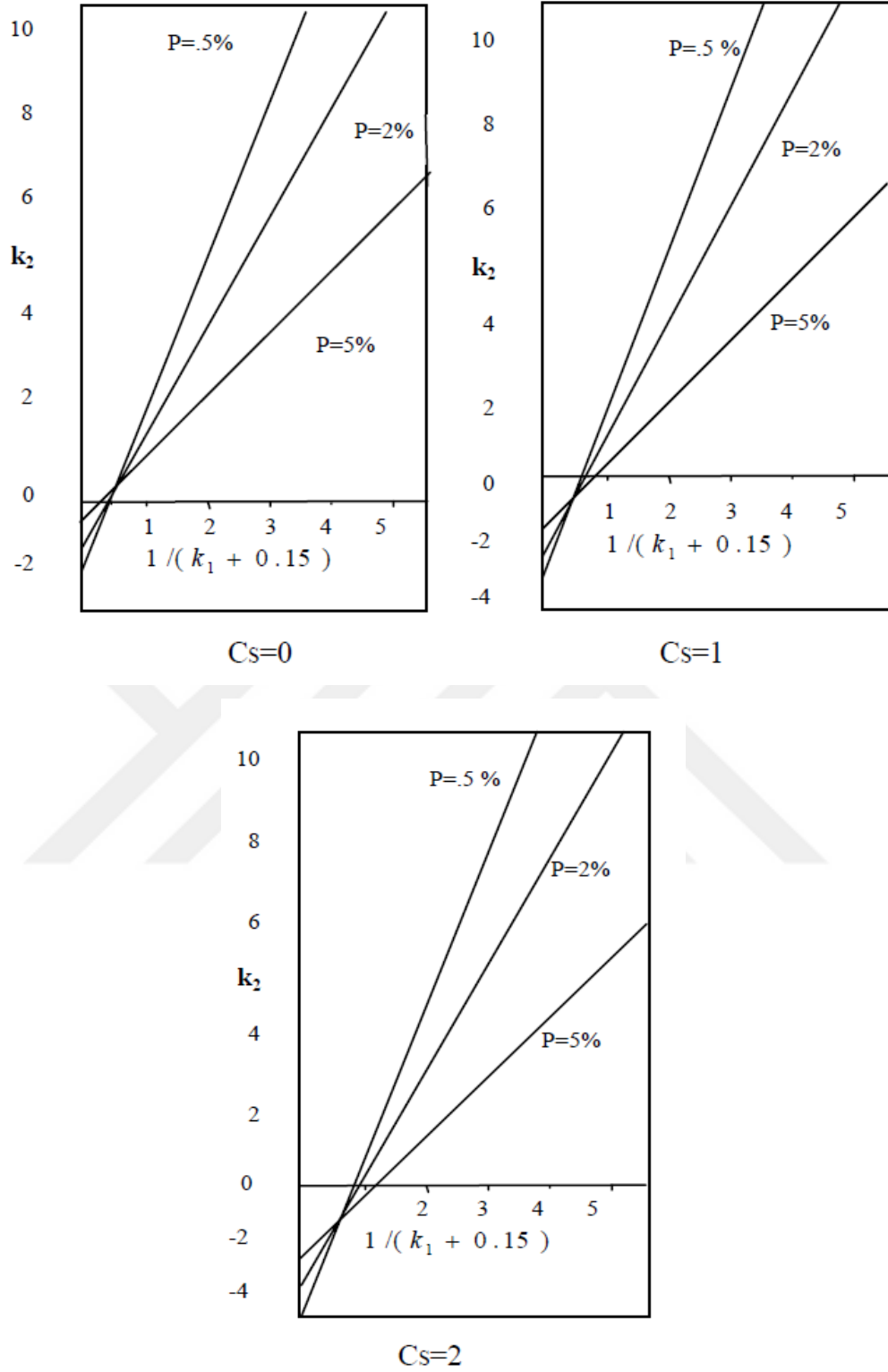
Yıllık akım dizisinde içsel bağımlılık olması durumunda tasarım olasılığı Denklem 11 yardımıyla düzeltilir.

$$p = (p' - 12r) / (1.7r + 1) \quad (11)$$

Burada;

r , otokorelasyon katsayısını;

p' , olasılık değerini göstermektedir (McMahon and Mein 1986; Bacanlı vd 2003).



Şekil 6. Gould sentetik seri abakları (Gould, 1964).

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

2119 Nolu Akım Gözlem İstasyonu Uygulamaları

2119 nolu istasyonun istatistiksel özellikleri

2119 nolu istasyona ait akım verilerinin istatistiksel özellikleri Tablo 4’de verilmiştir. Çarpıklık katsayısının sıfırdan büyük olduğu ve hem aylık hem de yıllık akım verilerinin %95 güven aralığında normal dağılıma uymadığı belirlenmiştir.

Tablo 4. 2119 Nolu AGİ İstatistiksel Verileri

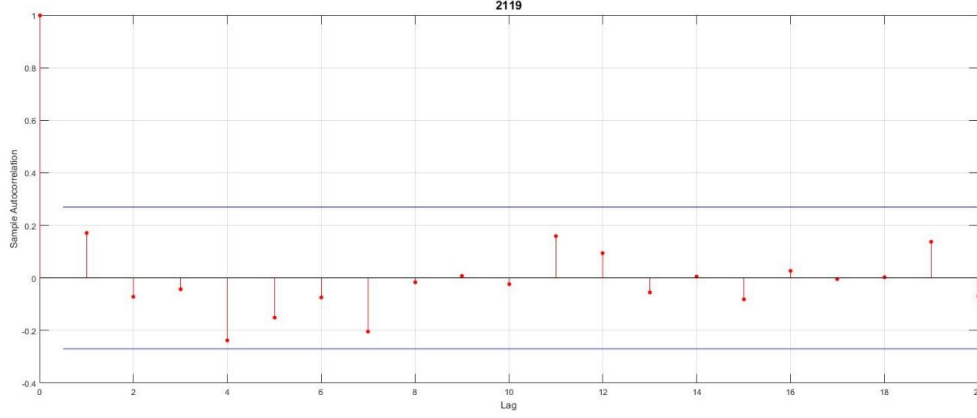
İSTATİSTİK	AYLIK AKIMLAR		YILLIK AKIMLAR		Toplam Akış Hacmi*
	Ortalama Akış Hacmi*	Ortalama Akım (m ³ /s)	Ortalama Akış Hacmi*	Ortalama Akım (m ³ /s)	
Ortalama	82,01	2,73	81,14	2,70	973,66
Standart Sapma	84,56	2,82	21,79	0,72	261,52
Değişkenlik Katsayısı	1,03		0,27		
Çarpıklık Katsayısı (Cs)	2,27		0,46		
Sivrilik Katsayısı (Ck)	5,46	8,45	0,46	3,46	

*(milyon m³)

Matlab programından yıllık akım verileri için yapılan sample autocorrelation analizi ile akım verilerinin içsel bağımlılığının olmadığı saptanmıştır (Şekil 7).

Akaike's Information Criterion ve Bayesian Information Criterion uygunluk bilgisi kriterleri ile 2119 nolu AGİ’ye ait yıllık akım verileri kullanılarak R programı ile olasılık dağılım fonksiyonları Tablo 5’teki gibi hesaplanmıştır.

Bu verilere göre yıllık akım verilerinin Gama dağılımına uyduğu belirlenmiştir.



Şekil 7. Sample Autocorelation analizi

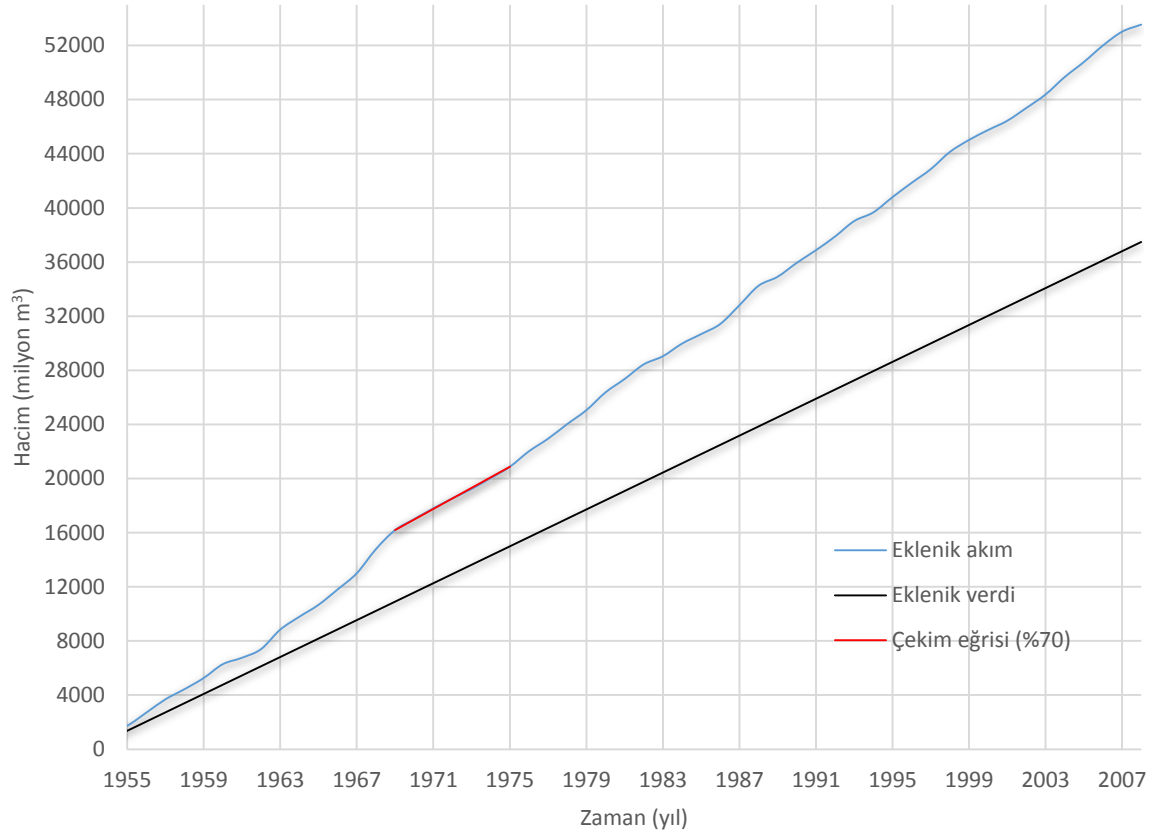
Tablo 5. Uygunluk Bilgisi Kriterleri

	1-mle weibull	2-mle lnorm	3-mle- gamma	4-mle-logis	5-mle-norm
Akaike's					
Information	774,1214	771,2047	770,2309	772,7906	772,4008
Criterion					
Bayesian					
Information	778,136	775,2194	774,3355	776,8053	776,4155
Criterion					

Rippl (eklenik akımlar yöntemi)

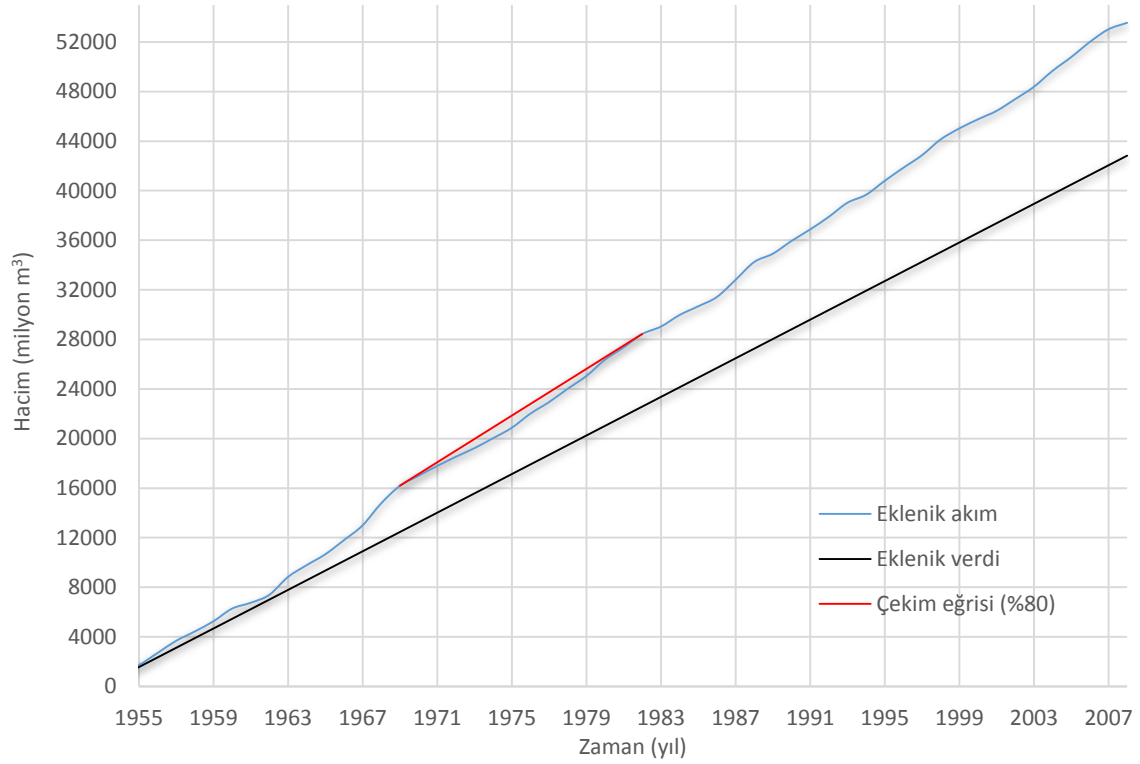
2119 nolu akım gözlem istasyonuna 1954-2008 tarihleri arasına ait 55 yıl süreli yıllık akış hacimleri kullanılarak %70 ve %80 düzenleme oranları için elde edilen eklenik akım ve çekim eğrileri Şekil 8 ve Şekil 9’da sunulmaktadır.

%70 düzenleme oranı için, hazne kapasitesi 379 milyon m³, kritik dönem uzunluğu 72 ay olarak belirlenmiştir. Haznenin 55 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı ise $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,1 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8. Rippl %70 düzenleme oranı

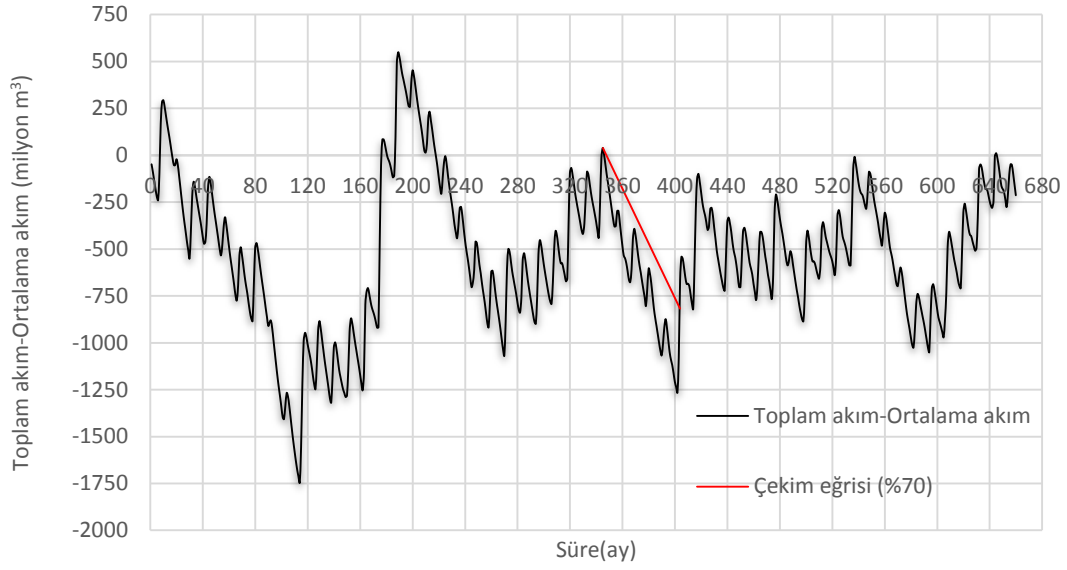
%80 düzenleme oranı için, hazne kapasitesi 629 milyon m³, kritik dönem uzunluğu 72 ay olarak belirlenmiştir. Haznenin 55 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı ise $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,1 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 9. Rippl %80 düzenleme oranı

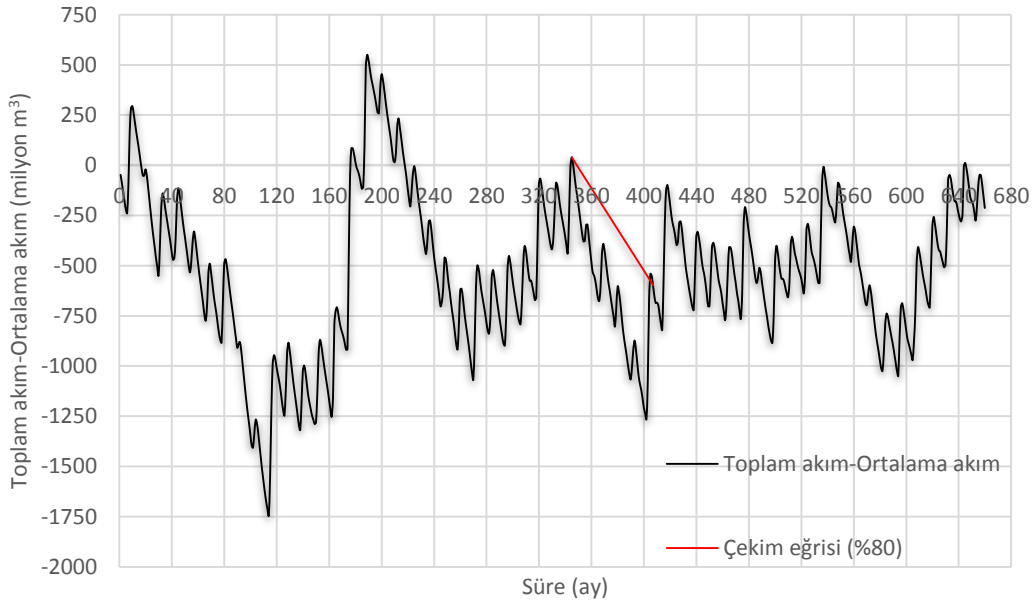
Eklenik farklar yöntemi

%70 düzenleme oranına göre, 2119 nolu akım gözlem istasyonu aylık akım verileri için eklenik fark ve çekim ($973,66 \text{ milyon m}^3/\text{ay} - 681,56 \text{ milyon m}^3/\text{ay} = 292,09 \text{ milyon m}^3/\text{ay}$) eğrileri Şekil 10’da sunulmaktadır. Düzenleme oranı %70 için, hazne kapasitesi 436 milyon m^3 , kritik dönem uzunluğu 18 ay ve yetersiz kalma olasılığı da %1,08 olarak belirlenmiştir. Kritik aylar 378-396 (1987 Nisan-1988 Ekim) arası aylardır.



Şekil 10. Eklenik farklar %70 düzenleme oranı

%80 düzenleme oranına göre, 2119 nolu akım gözlem istasyonu aylık akım verileri için eklenik fark ve çekim ($973,66 \text{ milyon m}^3/\text{ay} - 778,93 \text{ milyon m}^3/\text{ay} = 194,73 \text{ milyon m}^3/\text{ay}$) eğrileri Şekil 11’de sunulmaktadır. Düzenleme oranı %80 için, hazne kapasitesi 674 milyon m^3 , kritik dönem uzunluğu 28 ay ve yetersiz kalma olasılığı da %1,08 olarak belirlenmiştir. Kritik aylar 379-407 (1987 Mayıs-1989 Eylül) arası aylardır.



Şekil 11. Eklenik farklar %80 düzenleme oranı

Ardışık tepeler yöntemi

2119 nolu akım gözlem istasyonu yıllık akım verileri kullanılarak %70 düzenleme oranı için hazne kapasitesi 248,92 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%80 Düzenleme oranı için ise hazne kapasitesi 443,66 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Her iki düzenleme oranı için de haznenin 55 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,05 olarak hesaplanmıştır.

Minimum akımlar yöntemi

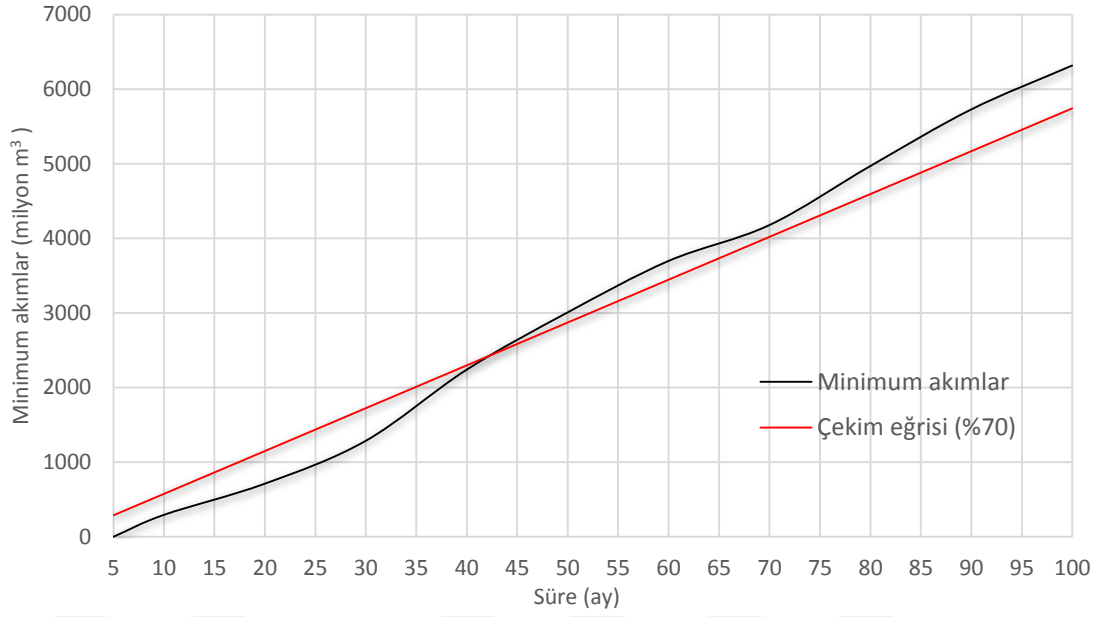
2119 nolu AGİ'na ait 1954-2008 yılları arasındaki en düşük 5,10,20.....,100 aylık toplam akımlar elde edilip %70 ve % 80 düzenleme oranlarına göre gerekli hazne kapasitesi ve kritik dönem uzunlukları belirlenmiştir (Tablo 6). Toplam akımların maksimum değeri hazne kapasitesi olarak kabul edilirken bu değere karşılık gelen dönem (ay) ise kritik dönem uzunluğu olarak kabul edilmektedir.

%70 düzenleme oranına göre gerekli hazne kapasitesi 437,11 milyon m³ olarak bulunurken kritik dönem uzunluğu ise 20 ay olarak hesaplanmıştır (Şekil 12).

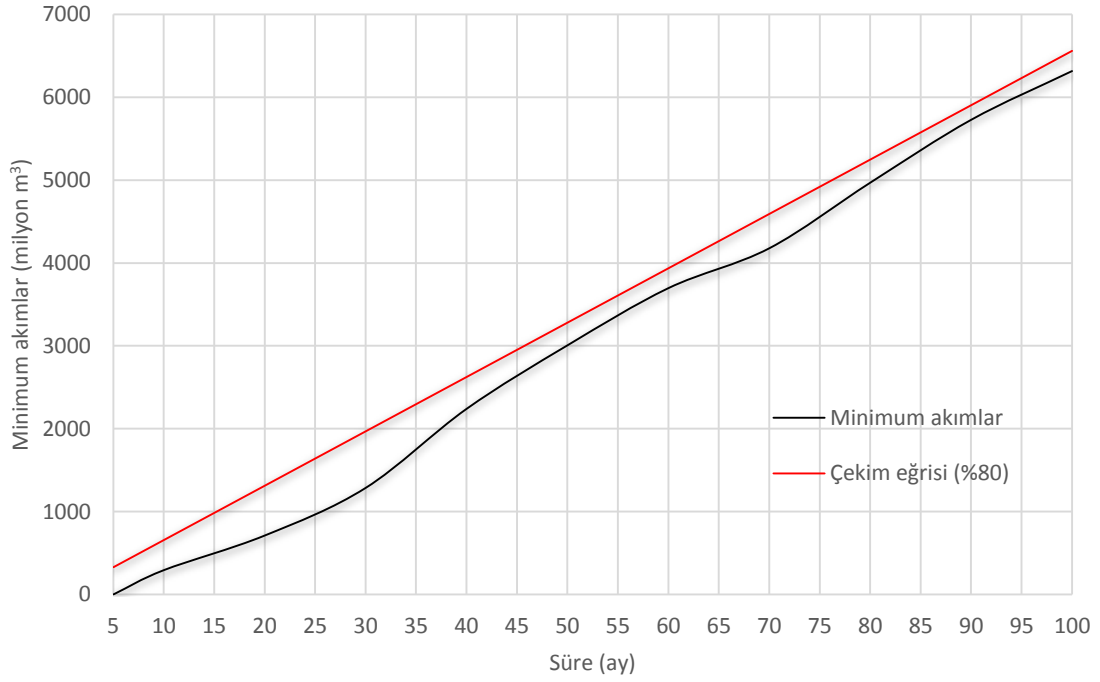
%80 düzenleme oranına göre gerekli hazne kapasitesi 682,4 milyon m³ olarak bulunurken kritik dönem uzunluğu ise 30 ay olarak hesaplanmıştır (Şekil 13).

Tablo 6. 2119 Nolu AGİ Minimum Akımlar Uygulaması

Aylar	Minimum Akımlar	Çekim (%70)	Hazne kapasitesi (milyon m ³)	Çekim (%80)	Hazne kapasitesi (milyon m ³)
5	0	287,02	287,02	328,03	328,03
10	293,3	574,05	280,75	656,06	362,76
20	711	1148,11	437,11(Max)	1312,13	601,13
30	1285,8	1722,17	436,37	1968,20	682,40(Max)
40	2239,4	2296,23	56,83	2624,26	384,86
50	3006,2	2870,29	-135,90	3280,33	274,13
60	3695,9	3444,35	-251,54	3936,40	240,50
70	4177,2	4018,41	-158,78	4592,47	415,26
80	4968,5	4592,47	-376,03	5248,53	280,03
90	5727,16	5166,52	-560,63	5904,60	177,44
100	6315,56	5740,58	-574,97	6560,67	245,11



Şekil 12. Minimum akımlar %70 düzenleme oranı



Şekil 13. Minimum akımlar %80 düzenleme oranı

Alexander yöntemi

2119 nolu akım gözlem istasyonu yıllık toplam akım verilerinin Gamma dağılımlı olduğu varsayımı yapılarak α (Gamma dağılımı şekil parametresi) hesaplanmıştır. Düzenleme

oranı %70 için $T = 20$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek için Şekil 5 (Alexander'ın abağı)'den $CP_1 = 8$ ve $\tau_1 = 1.65$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %70 için $Tr = 33,3$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'den $CP_1 = 9$ ve $\tau_1 = 2.1$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %80 için $Tr = 20$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'ten $CP_1 = 18$ ve $\tau_1 = 2,7$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %80 için $Tr = 33,3$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'ten $CP_1 = 20$ ve $\tau_1 = 3,3$ değerleri okunmuştur. Bulunan değerler $\alpha = 1$ içindir. Daha sonra bulunan değerler akım verilerinin istatistik özelliklerine (şekil parametresine) göre düzenlenmiştir.

Denklem 3 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 117,34 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 149,35 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 192,02 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 234,68 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

Denklem 4 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 ve %3 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 8 ay olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 16 ay, %3 olasılığa göre ise 18 ay olarak hesaplanmıştır.

2119 nolu akım gözlem istasyonu gözlenmiş yıllık akım verilerinin olasılık dağılım sınamasında, %5 ve %3 anlamlılık seviyesinde %70 ve %80 düzenleme oranları için hesaplanan değerler Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Alexander Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılamama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	Hazne Hacmi (τ_1)	Hesaplanan Hazne Hacmi*	Kritik Dönem Uzunluğu (yıl)	Kritik Dönem Uzunluğu (ay)
70	5	20	973,6	1,65	117,34	0,6	8
	3	33,3	973,6	2,1	149,35	0,65	8
80	5	20	973,6	2,7	192,02	1,3	16
	3	33,3	973,6	3,3	234,68	1,46	18

* milyon m^3

Dinçer yöntemi

Yöntemin uygulanmasında kullanılan verilerin normal dağılıma uyduğu varsayımı yapılır. Düzenleme oranı %70 ve %80 için farklı yineleme aralıklarına göre hazne hacimleri hesaplanmıştır. %5 ve %3 anlamlılık düzeyleri için normal dağılım tablosundan sırasıyla $z_p=1,645$ ve $z_p=1,882$ olarak bulunmuştur.

Denklem 5 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 158,4 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 207,3 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 237,6 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 310,9 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

Denklem 6 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 7 ay, %3 olasılığa göre ise 9 ay olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 16 ay, %3 olasılığa göre ise 20 ay olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. Dinçer Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları

Düzenle me Oranı (%)	İhtiyacı Karşıla mama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	z_p	Cv	Hesapla nan Hazne Hacmi*	Kritik Dönem Uzunluğu (yıl)	Kritik Dönem Uzunluğ u (ay)
70	5	20	973,6	1,645	0,268	158,4	0,6	7
	3	33,3	973,6	1,882	0,268	207,3	0,7	9
80	5	20	973,6	1,645	0,268	237,6	1,3	16
	3	33,3	973,6	1,882	0,268	310,9	1,6	20

* milyon m^3

McMahon yöntemi

McMahon Yöntemi ile 2119 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Denklem 8’den %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 167,54 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 288,37 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 314,73 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 479,51 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için hesaplanan değerler Tablo 9'da sunulmaktadır.

Tablo 9. McMahon Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	a	Cv	b	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	973,6	1,81	0,268	1,79	167,54
	3	33,3	973,6	2,37	0,268	1,582	288,37
80	5	20	973,6	3,45	0,268	1,8	314,73
	3	33,3	973,6	4,70	0,268	1,716	479,51

* milyon m³

Gould gama yöntemi

Gould'un Gama Yöntemi ile 2119 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Denklem 7'den %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 116,24 milyon m³ , %3 olasılığa göre ise 144,09 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 195,43 milyon m³ , %3 olasılığa göre ise 247,75 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için hesaplanan değerler Tablo 10'da sunulmaktadır.

Tablo 10. Gould Gama Yöntemi ile, Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	zp	d	Cv	Hazne hacmi (τ)	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	973,6	1,645	0,6	0,268	0,25	116,24
	3	33,3	973,6	1,882	0,9	0,268	0,15	144,09
80	5	20	973,6	1,645	0,6	0,268	0,2	195,43
	3	33,3	973,6	1,882	0,9	0,268	0,12	247,75

* milyon m³

Gould sentetik veri yöntemi

Gould'un Sentetik Veri Yöntemi ile 2119 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Şekil 6'da çarpıklık katsayısı değerinin sıfır olduğu abaktan okunan k_1 ve k_2 katsayılarının Denklem 9 ve 10'da yerine konmasıyla elde edilen hazne hacimleri %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre 235,36 milyon m³, %2 olasılığa göre ise 362,21 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 276,67 milyon m³, %2 olasılığa göre ise 536,12 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için Gould'un geliştirdiği abaklardan yararlanarak hesaplanan değerler Tablo 11'de sunulmaktadır.

Tablo 11. Gould Sentetik Veri Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	Çekim*	k_1	k_2	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	973,6	681,52	0,745	2,05	235,36
	2	33,3	973,6	681,52	1,117	1,385	362,21
80	5	20	973,6	778,88	0,745	1,1	276,67
	2	33,3	973,6	778,88	1,117	0,9	536,12

* milyon m³

2151 Nolu Akım Gözlem İstasyonu Uygulamaları

2151 nolu istasyonun istatistiksel özellikleri

2151 nolu istasyona ait akım verilerinin istatistiksel özellikleri Tablo 12’de verilmiştir. Çarpıklık katsayısının sıfırdan büyük olduğu ve hem aylık hem de yıllık akım verilerinin %95 güven aralığında normal dağılıma uymadığı belirlenmiştir.

Tablo 12. 2151 Nolu AGİ İstatistiksel Verileri

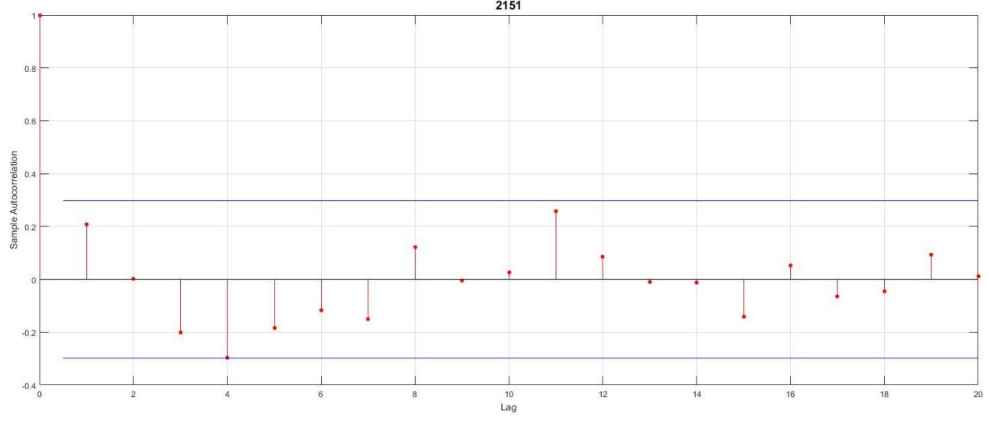
İSTATİSTİK	AYLIK AKIMLAR		YILLIK AKIMLAR		Toplam Akış Hacmi*
	Ortalama Akış Hacmi*	Ortalama Akım (m^3/s)	Ortalama Akış Hacmi*	Ortalama Akım (m^3/s)	
Ortalama	60,53	2,02	60,52	2,02	726,32
Standart Sapma	72,43	2,41	15,42	0,51	185,10
Değişkenlik Katsayısı	1,19		0,25		
Çarpıklık Katsayısı (Cs)	2,30		0,56		
Sivrilik Katsayısı (Ck)	5,60	8,60	0,84	3,84	

*(milyon m^3)

Matlab programından yıllık akım verileri için yapılan sample autocorrelation analizi ile akım verilerinin içsel bağımlılığının olmadığı saptanmıştır (Şekil 14).

Akaike's Information Criterion ve Bayesian Information Criterion uygunluk bilgisi kriterleri ile 2151 nolu AGİ’ye ait yıllık akım verileri kullanılarak R programı ile olasılık dağılım fonksiyonları Tablo 13’teki gibi hesaplanmıştır.

Bu verilere göre yıllık akım verilerinin Gama dağılımına uyduğu belirlenmiştir.



Şekil 14. Sample Autocorelation analizi

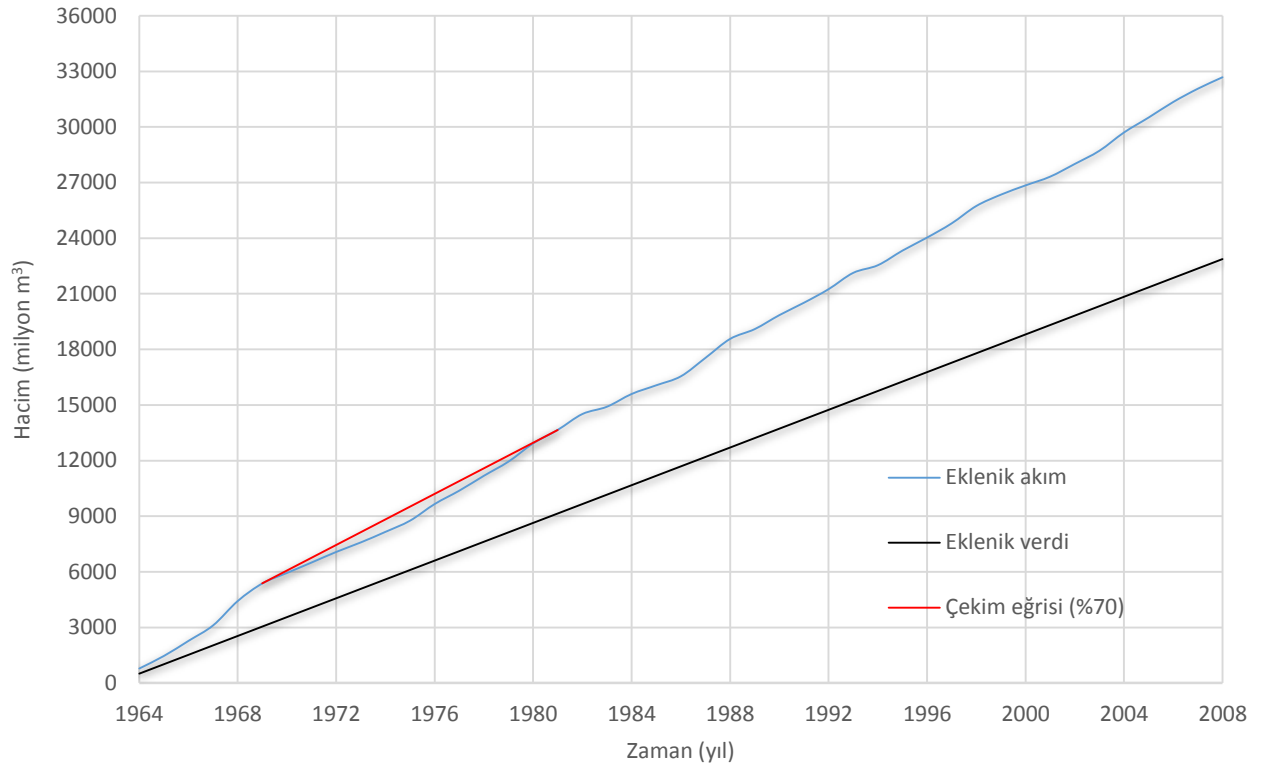
Tablo.13.Uygunluk Bilgisi Kriterleri

	1-mle weibull	2-mle lnorm	3-mle- gamma	4-mle-logis	5-mle-norm
Akaike's					
Information	603,797	599,666	599,379	601,582	601,587
Criterion					
Bayesian					
Information	607,410	603,280	602,992	605,195	605,200
Criterion					

Rippl (eklenik akımlar) yöntemi

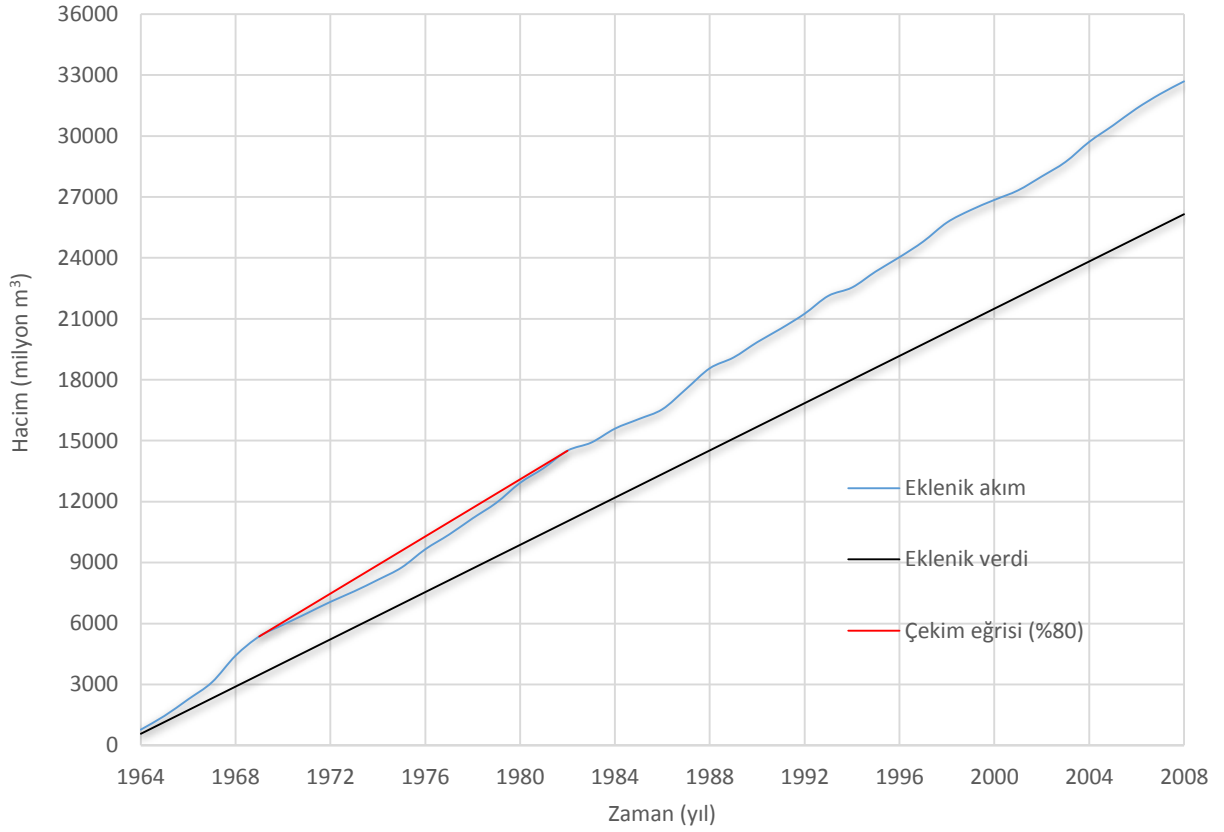
2151 nolu akım gözlem istasyonuna ait 1964-2008 tarihleri arası 45 yıl süreli yıllık akış hacimleri kullanılarak %70 ve %80 düzenleme oranları için elde edilen eklenik akım ve çekim eğrileri Şekil 15 ve Şekil 16’da sunulmaktadır.

%70 düzenleme oranı için, hazne kapasitesi 265 milyon m³, kritik dönem uzunluğu 72 ay olarak belirlenmiştir. Haznenin 45 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı ise $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,32 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 15. Rippl %70 düzenleme oranı

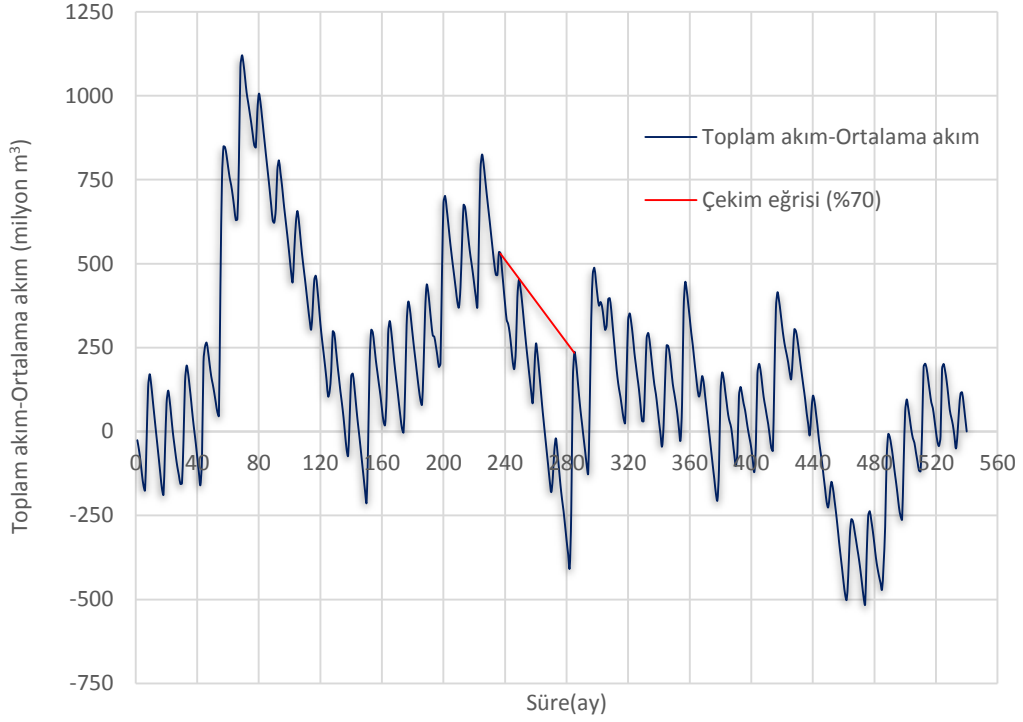
%80 düzenleme oranı için, hazne kapasitesi 445 milyon m³, kritik dönem uzunluğu 72 ay olarak belirlenmiştir. Haznenin 45 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı ise $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,32 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 16. Rippl %80 düzenleme oranı

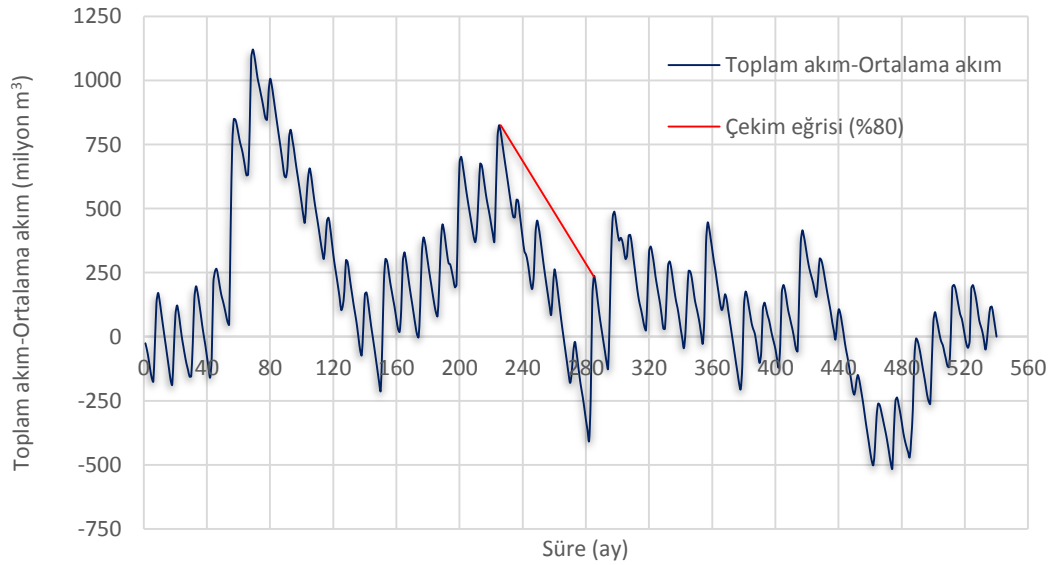
Eklenik farklar yöntemi

%70 düzenleme oranına göre, 2151 nolu akım gözlem istasyonu aylık akım verileri için eklenik fark ve çekim ($727,36 \text{ milyon m}^3/\text{ay} - 509,15 \text{ milyon m}^3/\text{ay} = 218,21 \text{ milyon m}^3/\text{ay}$) eğrileri Şekil 17’de sunulmaktadır. Düzenleme oranı %70 için, hazne kapasitesi 294 milyon m^3 , kritik dönem uzunluğu 37 ay ve yetersiz kalma olasılığı da %1,27 olarak belirlenmiştir. Kritik aylar 237-274 (1984 Temmuz-1987 Ağustos) arası aylardır.



Şekil 17. Eklenik farklar %70 düzenleme oranı

%80 düzenleme oranına göre, 2151 nolu akım gözlem istasyonu aylık akım verileri için eklenik fark ve çekim ($727,36$ milyon m^3 /ay - $581,8$ milyon m^3 /ay = $145,56$ milyon m^3 /ay) eğrileri Şekil 18’de sunulmaktadır. Düzenleme oranı %80 için, hazne kapasitesi 430 milyon m^3 , kritik dönem uzunluğu 32 ay ve yetersiz kalma olasılığı da %1,27 olarak belirlenmiştir. Kritik aylar 226-258 (1983 Ağustos-1986 Nisan) arası aylardır.



Şekil 18. Eklenik farklar %80 düzenleme oranı

Ardışık tepeler yöntemi

2151 nolu akım gözlem istasyonu yıllık akım verileri kullanılarak %70 düzenleme oranı için hazne kapasitesi 148,92 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%80 Düzenleme oranı için ise hazne kapasitesi 288,82 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Her iki düzenleme oranı için de haznenin 45 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,27 olarak hesaplanmıştır.

Minimum akımlar

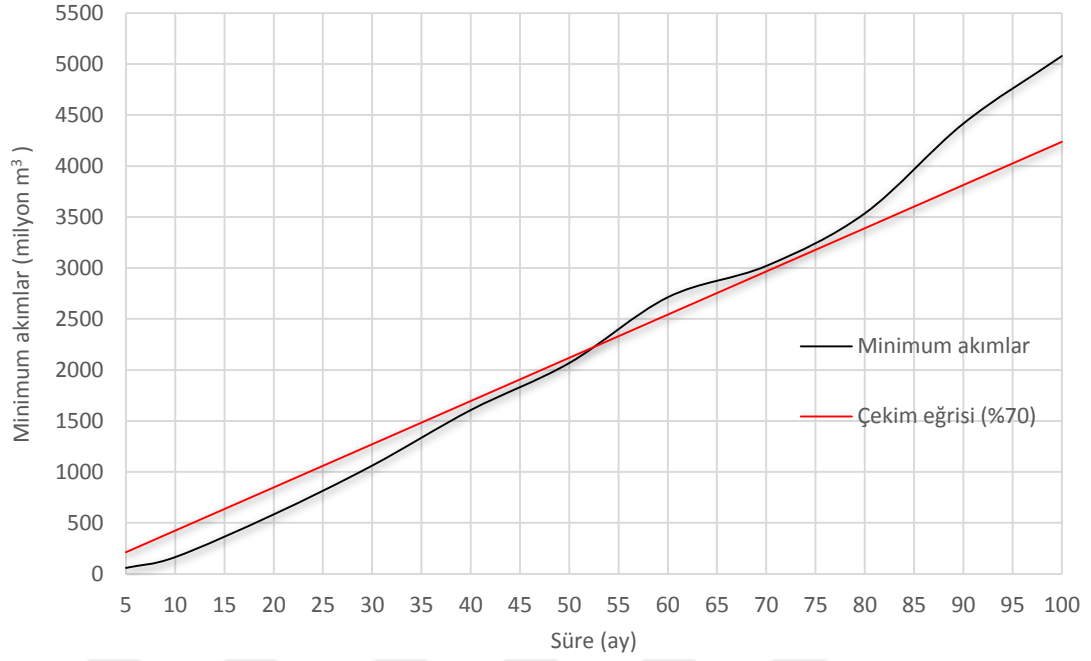
2151 nolu AGİ'na ait 1964-2008 yılları arasındaki en düşük 5,10,20,...,100 aylık toplam akımlar elde edilip %70 ve %80 düzenleme oranlarına göre gerekli hazne kapasitesi ve kritik dönem uzunlukları belirlenmiştir (Tablo 14). Toplam akımların maksimum değeri hazne kapasitesi olarak kabul edilirken bu değere karşılık gelen dönem (ay) ise kritik dönem uzunluğu olarak kabul edilmektedir.

%70 düzenleme oranına göre gerekli hazne kapasitesi 264,38 milyon m³ olarak bulunurken kritik dönem uzunluğu ise 20 ay olarak hesaplanmıştır (Şekil 19).

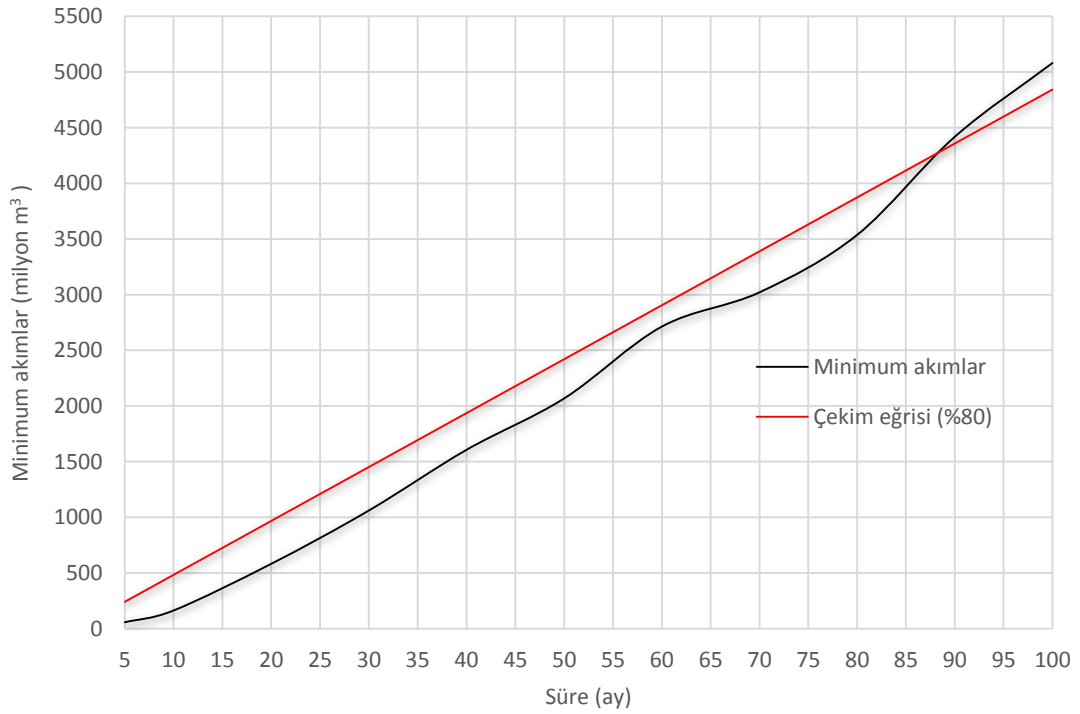
%80 düzenleme oranına göre gerekli hazne kapasitesi 390,69 milyon m³ olarak bulunurken kritik dönem uzunluğu ise 30 ay olarak hesaplanmıştır (Şekil 20).

Tablo 14. 2151 Nolu AGİ Minimum Akımlar Uygulaması

Aylar	Minimum Akımlar	Çekim (%70)	Hazne kapasitesi (milyon m ³)	Çekim (%80)	Hazne kapasitesi (milyon m ³)
5	57,96	211,84	153,88	242,10	184,14
10	163,76	423,69	259,93	484,21	320,45
20	583	847,38	264,38 (Max)	968,43	385,43
30	1061,96	1271,07	209,11	1452,65	390,69 (Max)
40	1606,82	1694,76	87,94	1936,87	330,05
50	2068,52	2118,45	49,93	2421,09	352,57
60	2713,49	2542,14	-171,34	2905,30	191,81
70	3020,99	2965,83	-55,15	3389,52	368,53
80	3536,89	3389,52	-147,36	3873,74	336,854
90	4418,09	3813,21	-604,87	4357,96	-60,12
100	5080,49	4236,90	-843,58	4842,18	-238,30



Şekil 19. Minimum akımlar %70 düzenleme oranı



Şekil 20. Minimum akımlar %80 düzenleme oranı

Alexander yöntemi

2151 nolu akım gözlem istasyonu yıllık toplam akım verilerinin Gamma dağılımlı olduğu varsayımı yapılarak α (Gamma dağılımı şekil parametresi) hesaplanmıştır. Düzenleme

oranı %70 için $T = 20$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek için Şekil 5 (Alexander'ın abası)'den $CP_1 = 8$ ve $\tau_1 = 1.65$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %70 için $Tr = 33,3$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'den $CP_1 = 9$ ve $\tau_1 = 2.1$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %80 için $Tr = 20$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'ten $CP_1 = 18$ ve $\tau_1 = 2,7$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %80 için $Tr = 33,3$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'ten $CP_1 = 20$ ve $\tau_1 = 3,3$ değerleri okunmuştur. Bulunan değerler $\alpha = 1$ içindir. Daha sonra bulunan değerler akım verilerinin istatistik özelliklerine (şekil parametresine) göre düzenlenmiştir.

Denklem 3 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 77,42 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 98,5 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 126,69 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 154,85 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

Denklem 4 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 7 ay, %3 olasılığa göre ise 8 ay olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 14 ay, %3 olasılığa göre ise 16 ay olarak hesaplanmıştır.

2151 nolu akım gözlem istasyonu gözlenmiş yıllık akım verilerinin olasılık dağılım sınamasında, %5 ve %3 anlamlılık seviyesinde %70 ve %80 düzenleme oranları için hesaplanan değerler Tablo 15'te sunulmuştur.

Tablo 15. Alexander Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama ma Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	Hazne Hacmi (τ_1)	Hesaplanan Hazne Hacmi*	Kritik Dönem Uzunluğu (yıl)	Kritik Dönem Uzunluğu (ay)
70	5	20	726,32	1,65	77,42	0,55	7
	3	33,3	726,32	2,1	98,5	0,6	8
80	5	20	726,32	2,7	126,69	1,16	14
	3	33,3	726,32	3,3	154,85	1,3	16

*milyon m^3

Dinçer yöntemi

Yöntemin uygulanmasında kullanılan verilerin normal dağılıma uyduğu varsayımı yapılır. Düzenleme oranı %70 ve %80 için farklı yineleme aralıklarına göre hazne hacimleri hesaplanmıştır. %5 ve %3 anlamlılık düzeyleri için normal dağılım tablosundan sırasıyla $z_p=1,645$ ve $z_p=1,882$ olarak bulunmuştur.

Denklem 5 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 106,38 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 139,24 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 159,56 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 208,86 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

Denklem 6 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 6 ay, %3 olasılığa göre ise 8 ay olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 14 ay, %3 olasılığa göre ise 18 ay olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları Tablo 16’da sunulmuştur.

Tablo 16. Dinçer Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları

Düzenle me Oranı (%)	İhtiyacı Karşıla mama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	z_p	Cv	Hesapla nan Hazne Hacmi*	Kritik Dönem Uzunluğ u (yıl)	Kritik Dönem Uzunluğ u (ay)
70	5	20	726,32	1,645	0,254	106,38	0,5	6
	3	33,3	726,32	1,882	0,254	139,24	0,7	8
80	5	20	726,32	1,645	0,254	159,56	1,1	14
	3	33,3	726,32	1,882	0,254	208,86	1,5	18

*milyon m^3

McMahon yöntemi

McMahon Yöntemi ile 2151 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Denklem 8’den %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 113,78 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 197,98 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme

oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 213,62 milyon m³ , %3 olasılığa göre ise 326,89 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için hesaplanan değerler Tablo 17’de sunulmaktadır.

Tablo 17. McMahon Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	a	Cv	b	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	726,32	1,81	0,26859	1,79	113,78
	3	33,3	726,32	2,37	0,26859	1,582	197,98
80	5	20	726,32	3,445	0,26859	1,8	213,62
	3	33,3	726,32	4,7	0,26859	1,716	326,89

* milyon m³

Gould gama yöntemi

Gould’un Gama Yöntemi ile 2151 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Denklem 7’den %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 78,07 milyon m³ , %3 olasılığa göre ise 96,78 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 131,26 milyon m³ , %3 olasılığa göre ise 166,4 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için hesaplanan değerler Tablo 18’de sunulmaktadır.

Tablo 18. Gould Gama Yöntemi ile, Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	zp	d	Cv	Hazne hacmi (τ)	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	726,32	1,645	0,6	0,254	0,11	78,07
	3	33,3	726,32	1,882	0,9	0,254	0,13	96,78
80	5	20	726,32	1,645	0,6	0,254	0,18	131,26
	3	33,3	726,32	1,882	0,9	0,254	0,23	166,40

* milyon m³

Gould sentetik veri yöntemi

Gould'un Sentetik Veri Yöntemi ile 2151 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Şekil 6'dan çarpıklık katsayısı değerinin 0 olduğu abaktan okunan k_1 ve k_2 katsayılarının Denklem 9 ve 10'da yerine konmasıyla elde edilen hazne hacimleri %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre 115,69 milyon m³, %2 olasılığa göre ise 154,56 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 157,34 milyon m³, %2 olasılığa göre ise 240,63 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için Gould'un geliştirdiği abaklardan yararlanarak hesaplanan değerler Tablo 19'da sunulmaktadır.

Tablo 19. Gould Sentetik Veri Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	Çekim*	k_1	k_2	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	726,32	508,43	1,177	0,625	115,69
	2	33,3	726,32	508,43	1,177	0,835	154,56
80	5	20	726,32	581,06	0,784	0,85	157,34
	2	33,3	726,32	581,06	0,784	1,3	240,63

* milyon m³

2154 Nolu Akım Gözlem İstasyonu Uygulamaları

2154 nolu istasyonun istatistiksel özellikleri

2154 nolu akım gözlem istasyonuna ait akım verilerinin istatistiksel özellikleri Tablo 20’de verilmiştir. Çarpıklık katsayısının sıfırdan büyük olduğu ve hem aylık hem de yıllık akım verilerinin %95 güven aralığında normal dağılıma uymadığı belirlenmiştir.

Tablo 20. 2154 Nolu AGİ İstatistiksel Verileri

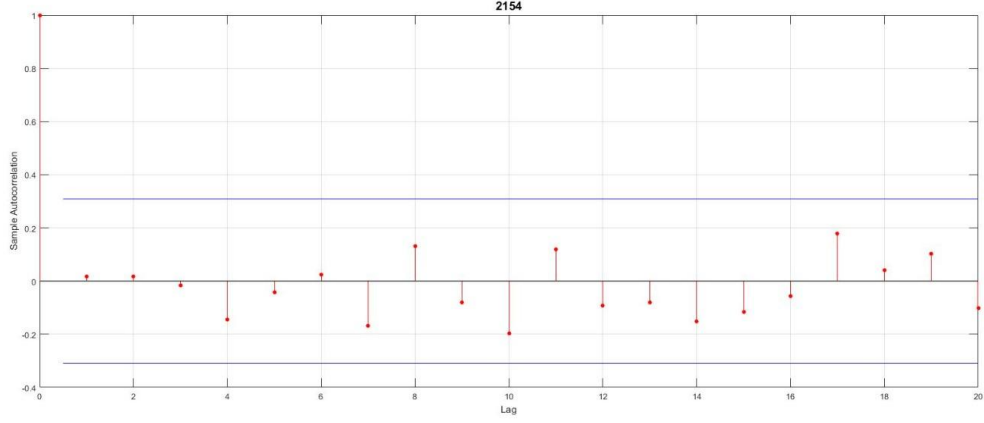
İSTATİSTİK	AYLIK AKIMLAR		YILLIK AKIMLAR		Toplam Akış Hacmi*
	Ortalama Akış Hacmi*	Ortalama Akım (m ³ /s)	Ortalama Akış Hacmi*	Ortalama Akım (m ³ /s)	
Ortalama	19,69	0,66	19,69	0,66	236,39
Standart Sapma	24,15	0,80	4,43	0,15	53,19
Değişkenlik Katsayısı	1,23		0,225		
Çarpıklık Katsayısı (Cs)	2,14		0,66		
Sivrilik Katsayısı (Ck)	4,54	7,54	0,63	3,63	

*milyon m³

Matlab programından yıllık akım verileri için yapılan sample autocorrelation analizi ile akım verilerinin içsel bağımlılığının olmadığı saptanmıştır (Şekil 21).

Akaike's Information Criterion ve Bayesian Information Criterion uygunluk bilgisi kriterleri ile 2154 nolu AGİ’ye ait yıllık akım verileri kullanılarak R programı ile olasılık dağılım fonksiyonları Tablo 21’deki gibi hesaplanmıştır.

Bu verilere göre yıllık akım verilerinin Gama dağılımına uyduğu belirlenmiştir.



Şekil 21.Sample Autocorelation analizi

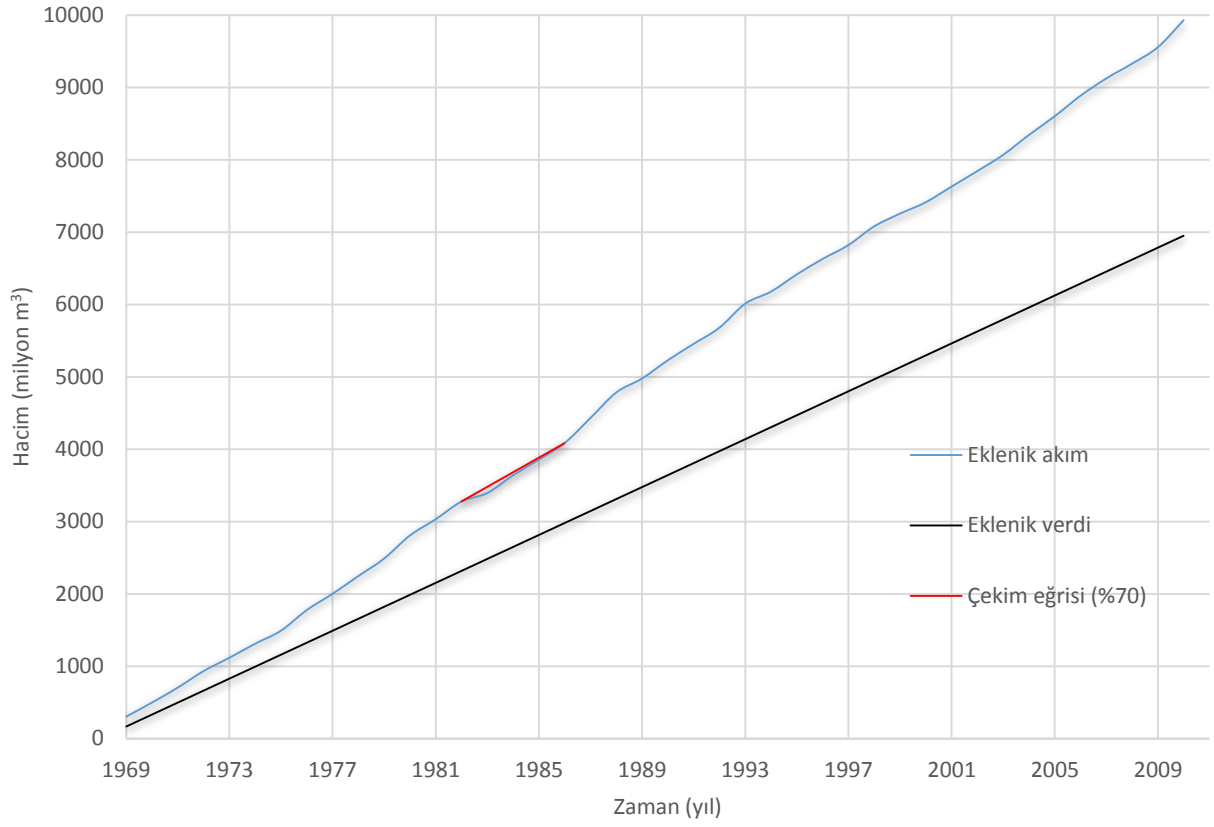
Tablo 21. Uygunluk Bilgisi Kriterleri

	1-mle weibull	2-mle lnorm	3-mle- gamma	4-mle-logis	5-mle-norm
Akaike's					
Information	460,346	454,701	454,661	455,751	456,995
Criterion					
Bayesian					
Information	463,821	458,185	458,136	459,226	460,470
Criterion					

Rippl (eklenik akımlar) yöntemi

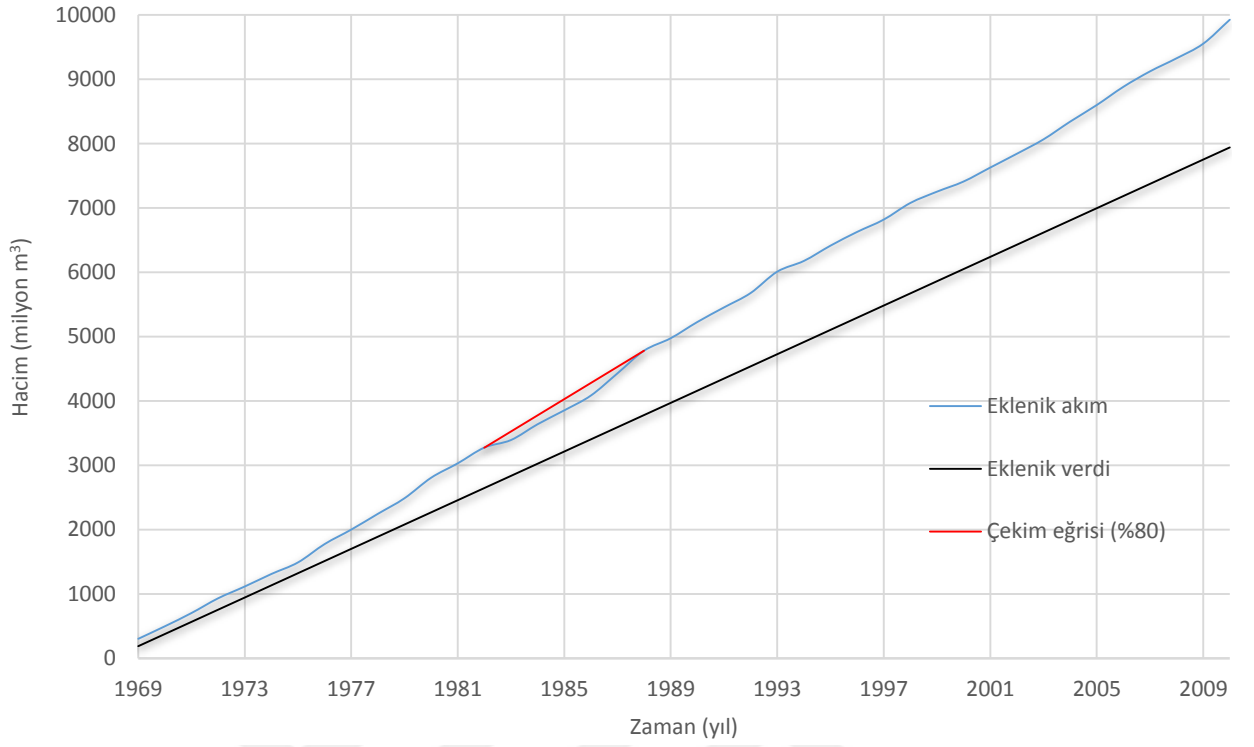
2154 nolu akım gözlem istasyonuna ait 1969-2010 tarihleri arası 42 yıl süreli yıllık akış hacimleri kullanılarak %70 ve %80 düzenleme oranları için elde edilen eklenik akım ve çekim eğrileri Şekil 22 ve Şekil 23'te sunulmaktadır.

%70 düzenleme oranı için, hazne kapasitesi 108,6 milyon m³, kritik dönem uzunluğu 36 ay olarak belirlenmiştir. Haznenin 42 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı ise $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,45 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 22. Rippl %70 düzenleme oranı

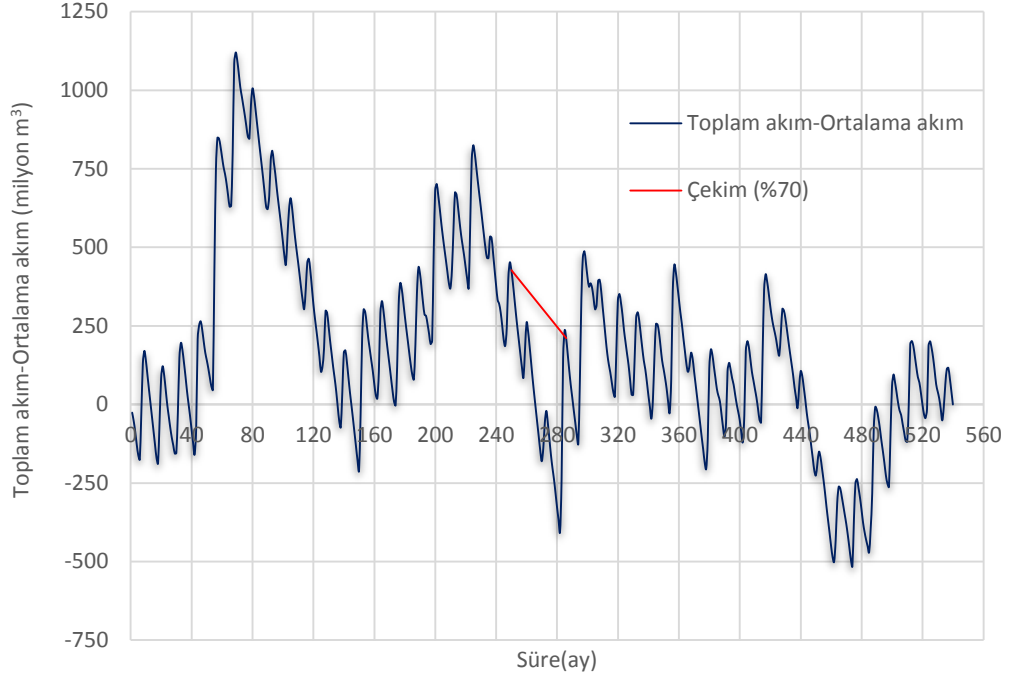
%80 düzenleme oranı için, hazne kapasitesi 141 milyon m³, kritik dönem uzunluğu 72 ay olarak belirlenmiştir. Haznenin 42 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı ise $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,45 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 23. Rippl %80 düzenleme oranı

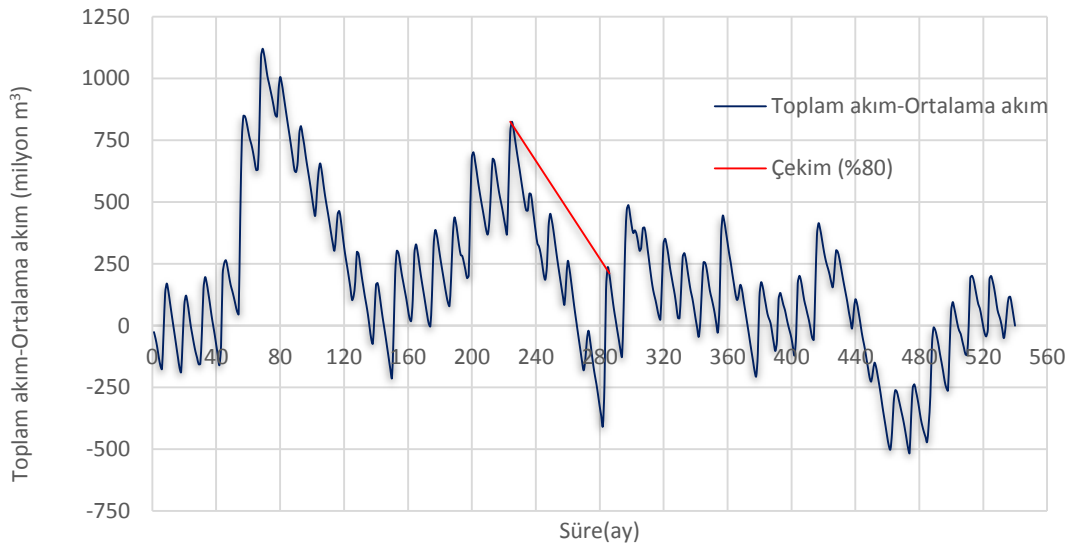
Eklenik farklar yöntemi

%70 düzenleme oranına göre, 2154 nolu akım gözlem istasyonu aylık akım verileri için eklenik fark ve çekim ($236,39 \text{ milyon m}^3/\text{ay} - 165,47 \text{ milyon m}^3/\text{ay} = 70,92 \text{ milyon m}^3/\text{ay}$) eğrileri Şekil 24'te sunulmaktadır. Düzenleme oranı %70 için, hazne kapasitesi 98 milyon m^3 , kritik dönem uzunluğu 12 ay ve yetersiz kalma olasılığı da %1,36 olarak belirlenmiştir. Kritik aylar 250-262 (1990 Ağustos-1991 Ağustos) arası aylardır.



Şekil 24. Eklenik farklar %70 düzenleme oranı

%80 düzenleme oranına göre, 2154 nolu akım gözlem istasyonu aylık akım verileri için eklenik fark ve çekim ($236,39 \text{ milyon m}^3/\text{ay} - 189,1 \text{ milyon m}^3/\text{ay} = 47,78 \text{ milyon m}^3/\text{ay}$) eğrileri Şekil 25'te sunulmaktadır. Düzenleme oranı %80 için, hazne kapasitesi 167 milyon m^3 , kritik dönem uzunluğu 25 ay ve yetersiz kalma olasılığı da %1,36 olarak belirlenmiştir. Kritik aylar 236-261 (1989 Nisan-1991 Mayıs) arası aylardır.



Şekil 25. Eklenik farklar %80 düzenleme oranı

Ardışık tepeler yöntemi

2154 nolu akım gözlem istasyonu yıllık akım verileri kullanılarak %70 düzenleme oranı için hazne kapasitesi 71,29 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%80 düzenleme oranı için ise hazne kapasitesi 104,82 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Her iki düzenleme oranı için de haznenin 42 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,36 olarak hesaplanmıştır.

Minimum akımlar

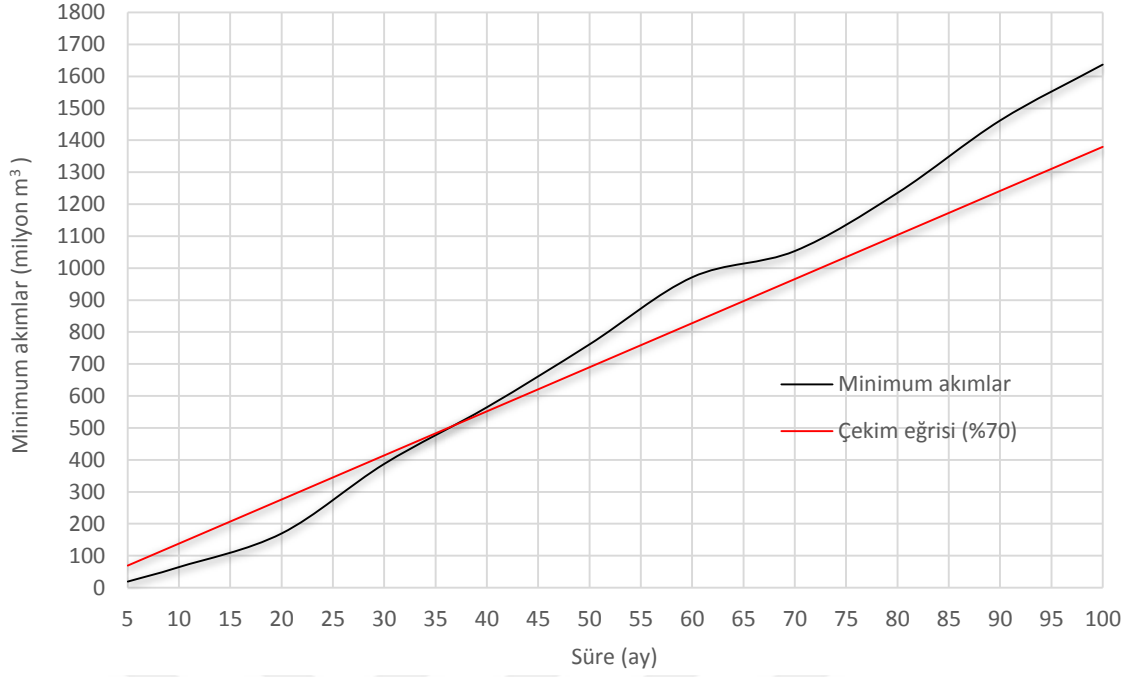
2154 nolu AGİ'na ait 1969-2010 yılları arasındaki en düşük 5,10,20,...,100 aylık toplam akımlar elde edilip %70 ve %80 düzenleme oranlarına göre gerekli hazne kapasitesi ve kritik dönem uzunlukları belirlenmiştir (Tablo 22). Toplam akımların maksimum değeri hazne kapasitesi olarak kabul edilirken bu değere karşılık gelen dönem (ay) ise kritik dönem uzunluğu olarak kabul edilmektedir.

%70 düzenleme oranına göre gerekli hazne kapasitesi 105,59 milyon m³ olarak bulunurken kritik dönem uzunluğu ise 20 ay olarak hesaplanmıştır (Şekil 26).

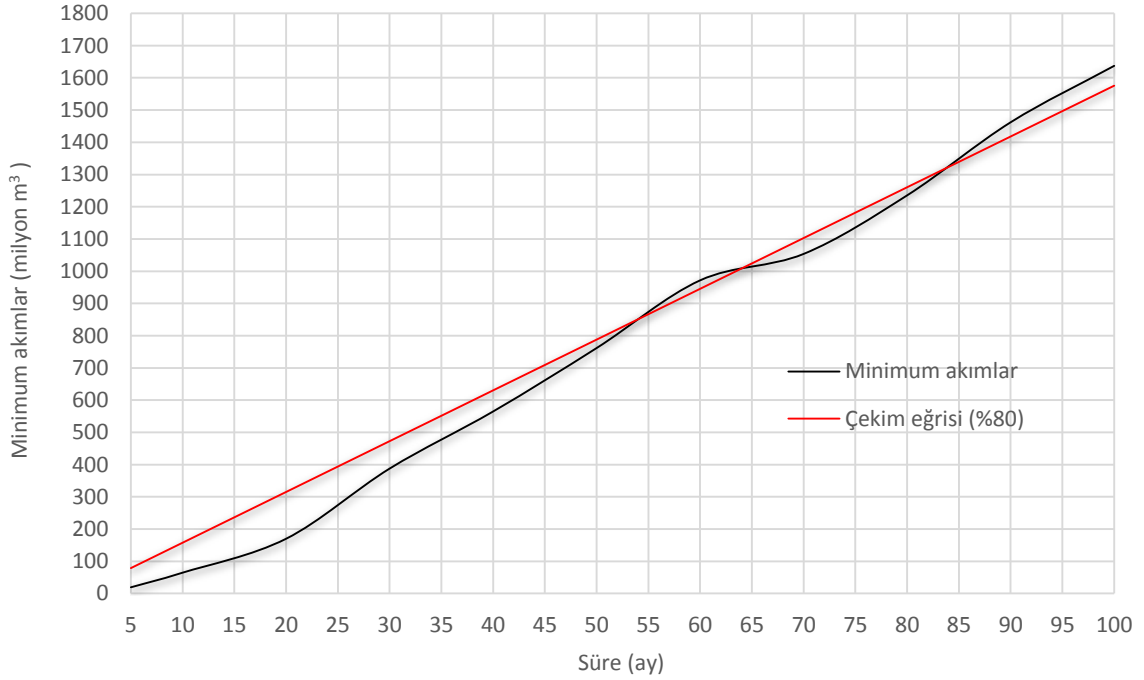
%80 düzenleme oranına göre gerekli hazne kapasitesi 145 milyon m³ olarak bulunurken kritik dönem uzunluğu ise 20 ay olarak hesaplanmıştır (Şekil 27).

Tablo 22. 2154 Nolu AGİ Minimum Akımlar Uygulaması

Aylar	Minimum Akımlar	Çekim (%70)	Hazne kapasitesi (milyon m ³)	Çekim (%80)	Hazne kapasitesi (milyon m ³)
5	19,51	68,94	49,431	78,79	59,28
10	64,92	137,89	72,97	157,59	92,67
20	170,19	275,78	105,59 (Max)	315,18	145 (Max)
30	387,85	413,68	25,83	472,78	84,93
40	564,99	551,57	-13,41	630,37	65,38
50	761,82	689,47	-72,34	787,96	26,14
60	971,73	827,36	-144,36	945,56	-26,16
70	1053,75	965,26	-88,48	1103,15	49,40
80	1235,46	1103,15	-132,30	1260,75	25,29
90	1462,08	1241,05	-221,02	1418,34	-43,73
100	1637,14	1378,94	-258,19	1575,93	-61,20



Şekil 26. Minimum akımlar %70 düzenleme oranı



Şekil 27. Minimum akımlar %80 düzenleme oranı

Alexander yöntemi

2154 nolu akım gözlem istasyonu yıllık toplam akım verilerinin Gamma dağılımlı olduğu varsayımı yapılarak α (Gamma dağılımı şekil parametresi) hesaplanmıştır. Düzenleme

oranı %70 için $T = 20$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek için Şekil 5 (Alexander'ın abağı)'den $CP_1 = 8$ ve $\tau_1 = 1.65$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %70 için $Tr = 33,3$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'den $CP_1 = 9$ ve $\tau_1 = 2.1$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %80 için $Tr = 20$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'ten $CP_1 = 18$ ve $\tau_1 = 2,7$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %80 için $Tr = 33,3$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'ten $CP_1 = 20$ ve $\tau_1 = 3,3$ değerleri okunmuştur. Bulunan değerler $\alpha = 1$ içindir. Daha sonra bulunan değerler akım verilerinin istatistik özelliklerine (şekil parametresine) göre düzenlenmiştir.

Denklem 3 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 19,31 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 24,58 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 31,6 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 38,63 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

Denklem 4 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 ve %3 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 6 ay olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 11 ay, %3 olasılığa göre ise 12 ay olarak hesaplanmıştır.

2154 nolu akım gözlem istasyonu gözlenmiş yıllık akım verilerinin olasılık dağılım sınamasında, %5 ve %3 anlamlılık seviyesinde %70 ve %80 düzenleme oranları için hesaplanan değerler Tablo 23'te sunulmuştur.

Tablo 23. Alexander Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	Hazne Hacmi (τ_1)	Hesaplanan Hazne Hacmi*	Kritik Dönem Uzunluğu (yıl)	Kritik Dönem Uzunluğu (ay)
70	5	20	236,39	1,65	19,31	0,4	6
	3	33,3	236,39	2,1	24,58	0,45	6
80	5	20	236,39	2,7	31,60	0,9	11
	3	33,3	236,39	3,3	38,63	1	12

* milyon m^3

Dinçer yöntemi

Yöntemin uygulanmasında kullanılan verilerin normal dağılıma uyduğu varsayımı yapılır. Düzenleme oranı %70 ve %80 için farklı yineleme aralıklarına göre hazne hacimleri hesaplanmıştır. %5 ve %3 anlamlılık düzeyleri için normal dağılım tablosundan sırasıyla $z_p=1,645$ ve $z_p=1,882$ olarak bulunmuştur.

Denklem 5 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 26,98 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 35,32 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 40,48 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 52,98 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

Denklem 6 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 5 ay, %3 olasılığa göre ise 7 ay olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 12 ay, %3 olasılığa göre ise 14 ay olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları Tablo 24'te sunulmuştur.

Tablo 24. Dinçer Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları

Düzenle me Oranı (%)	İhtiyacı Karşıla mama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	z_p	Cv	Hesapla nan Hazne Hacmi*	Kritik Dönem Uzunluğ u (yıl)	Kritik Dönem Uzunluğ u (ay)
70	5	20	236,39	1,645	0,225	26,98	0,4	5
	3	33,3	236,39	1,882	0,225	35,32	0,5	7
80	5	20	236,39	1,645	0,225	40,48	0,9	12
	3	33,3	236,39	1,882	0,225	52,98	1,2	14

*milyon m^3

McMahon yöntemi

McMahon Yöntemi ile 2154 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Denklem 8'den %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 29,63 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 52,91 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 55,56 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 85,91 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için hesaplanan değerler Tablo 25'te sunulmaktadır.

Tablo 25. McMahon Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	a	Cv	b	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	236,39	1,81	0,225	1,79	29,63
	3	33,3	236,39	2,37	0,225	1,582	52,91
80	5	20	236,39	3,445	0,225	1,8	55,56
	3	33,3	236,39	4,7	0,225	1,716	85,91

* milyon m³

Gould gama yöntemi

Gould'un Gama Yöntemi ile 2154 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Denklem 7'den %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 19,81 milyon m³, %3 olasılığa göre ise 24,55 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 33,3 milyon m³, %3 olasılığa göre ise 42,21 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için hesaplanan değerler Tablo 26'da sunulmaktadır.

Tablo 26. Gould Gama Yöntemi ile, Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	zp	d	Cv	Hazne hacmi (τ)	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	236,39	1,645	0,6	0,225	0,08	19,81
	3	33,3	236,39	1,882	0,9	0,225	0,10	24,55
80	5	20	236,39	1,645	0,6	0,225	0,14	33,30
	3	33,3	236,39	1,882	0,9	0,225	0,18	42,21

* milyon m³

Gould sentetik veri yöntemi

Gould'un Sentetik Veri Yöntemi ile 2154 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Şekil 6'dan çarpıklık katsayısı değerinin 1 olduğu abaktan okunan k_1 ve k_2 katsayılarının Denklem 9 ve 10'da yerine konmasıyla elde edilen hazne hacimleri %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre 25,53 milyon m^3 , %2 olasılığa göre ise 41,48 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 38,29 milyon m^3 , %2 olasılığa göre ise 66,48 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için Gould'un geliştirdiği abaklardan yararlanarak hesaplanan değerler Tablo 27'de sunulmaktadır.

Tablo 27. Gould Sentetik Veri Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	Çekim*	k_1	k_2	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	236,39	165,47	1,333	0,48	25,53
	2	33,3	236,39	165,47	1,333	0,78	41,48
80	5	20	236,39	189,11	0,888	0,72	38,29
	2	33,3	236,39	189,11	0,888	1,25	66,48

* milyon m^3

2156 Nolu Akım Gözlem İstasyonu Uygulamaları

2156 nolu istasyonun istatistiksel özellikleri

2156 nolu akım gözlem istasyonuna ait akım verilerinin istatistiksel özellikleri Tablo 28’de verilmiştir. Çarpıklık katsayısının sıfırdan büyük olduğu ve hem aylık hem de yıllık akım verilerinin %95 güven aralığında normal dağılıma uymadığı belirlenmiştir.

Tablo 28. 2156 Nolu AGİ İstatistiksel Verileri

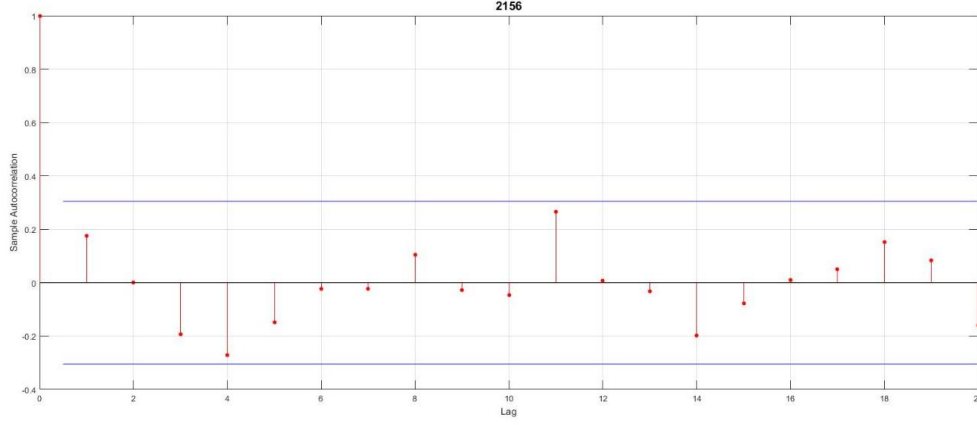
İSTATİSTİK	AYLIK AKIMLAR		YILLIK AKIMLAR		Toplam
	Ortalama Akış Hacmi*	Ortalama Akım (m ³ /s)	Ortalama Akış Hacmi*	Ortalama Akım (m ³ /s)	
Ortalama	150,31	5,01	150,31	5,01	1803,72
Standart Sapma	107,56	3,51	27,13	0,90	325,57
Değişkenlik Katsayısı	0,72		0,18		
Çarpıklık Katsayısı (Cs)	2,02		0,17		
Sivrilik Katsayısı (Ck)	4,01	7,01	-0,47	2,52	

* milyon m³

Matlab programından yıllık akım verileri için yapılan sample autocorrelation analizi ile akım verilerinin içsel bağımlılığının olmadığı saptanmıştır (Şekil 28).

Akaike's Information Criterion ve Bayesian Information Criterion uygunluk bilgisi kriterleri ile 2156 nolu AGİ’ye ait yıllık akım verileri kullanılarak R programı ile olasılık dağılım fonksiyonları Tablo29’daki gibi hesaplanmıştır.

Bu verilere göre yıllık akım verilerinin Gama dağılımına uyduğu belirlenmiştir.



Şekil 28. Sample Autocorelation analizi

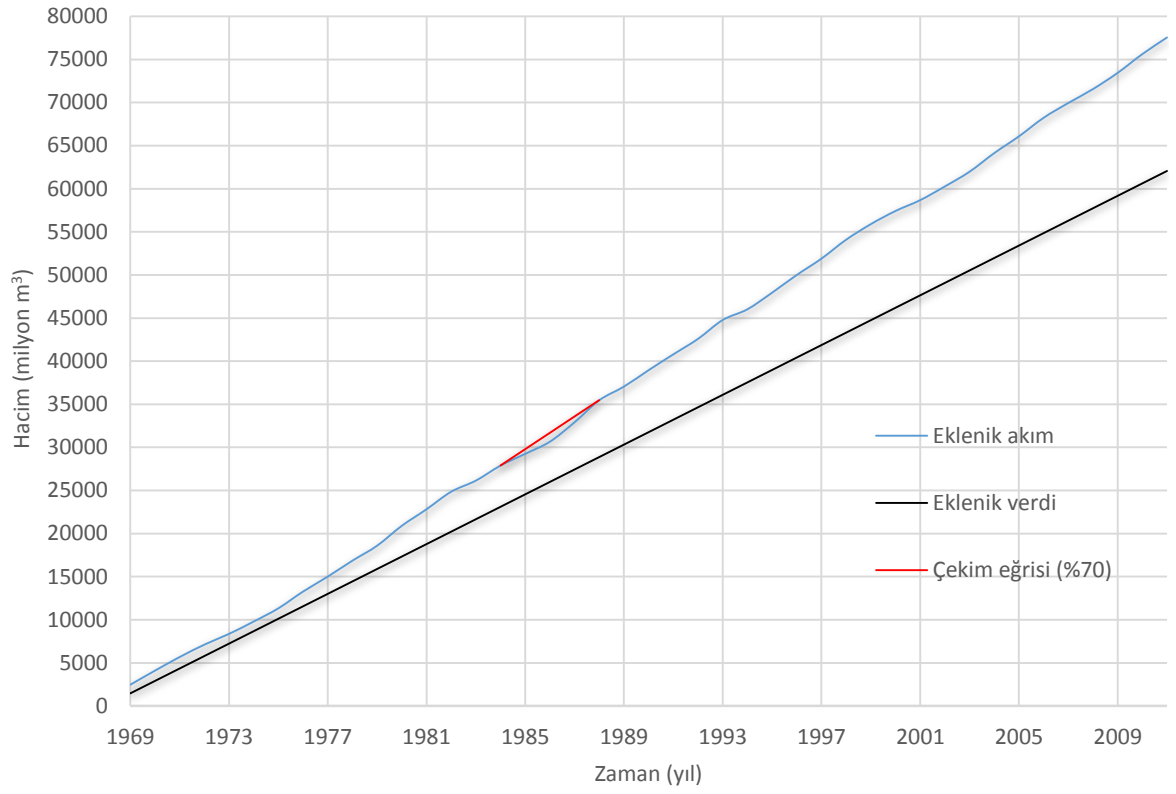
Tablo 29. Uygunluk Bilgisi Kriterleri

	1-mle weibull	2-mle lnorm	3-mle- gamma	4-mle-logis	5-mle-norm
Akaike's					
Information	625,441	623,642	623,248	625,539	623,588
Criterion					
Bayesian					
Information	628,964	627,164	626,770	629,062	627,110
Criterion					

Rippl (eklenik akımlar) yöntemi

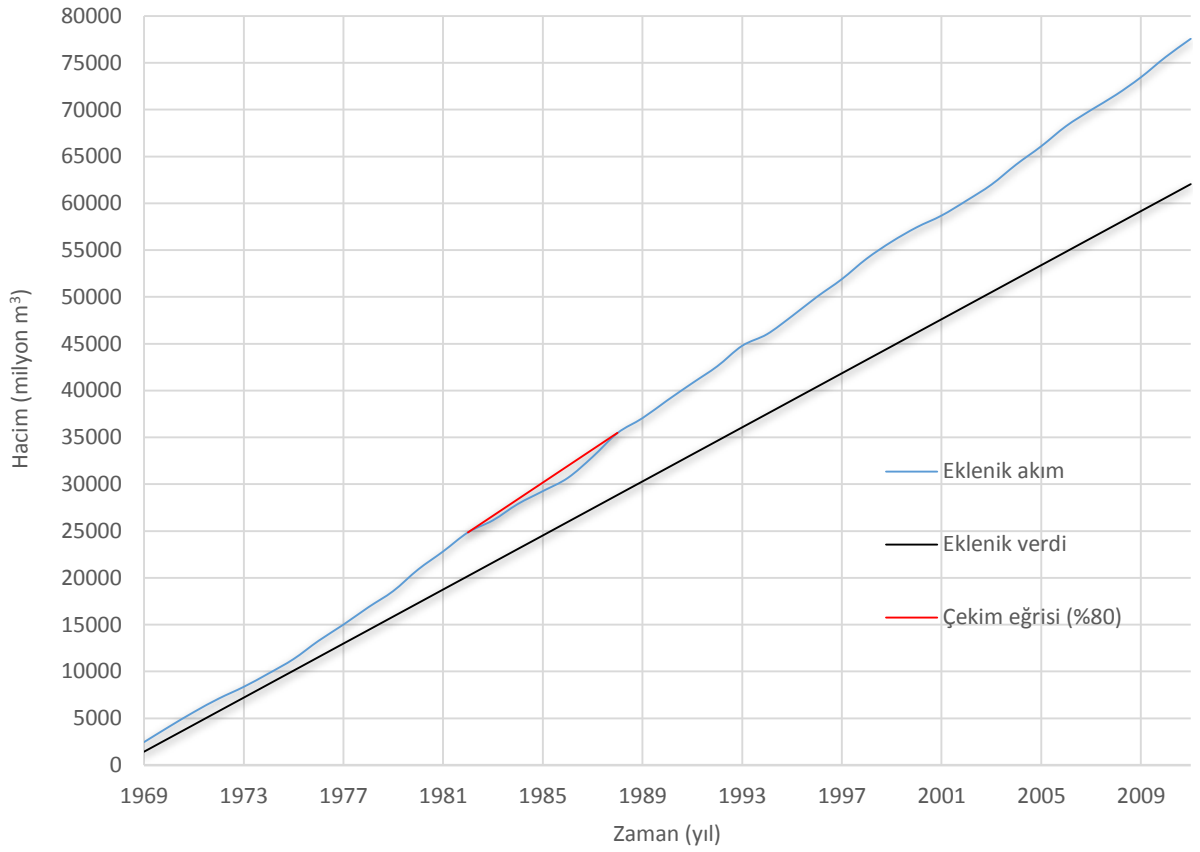
2156 nolu akım gözlem istasyonuna ait 1969-2011 tarihleri arası 43 yıl süreli yıllık akış hacimleri kullanılarak %70 ve %80 düzenleme oranları için elde edilen eklenik akım ve çekim eğrileri Şekil 29 ve Şekil 30’da sunulmaktadır.

%70 düzenleme oranı için, hazne kapasitesi 286,34 milyon m³, kritik dönem uzunluğu 36 ay olarak belirlenmiştir. Haznenin 43 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı ise $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,38 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 29. Rippl %70 düzenleme oranı

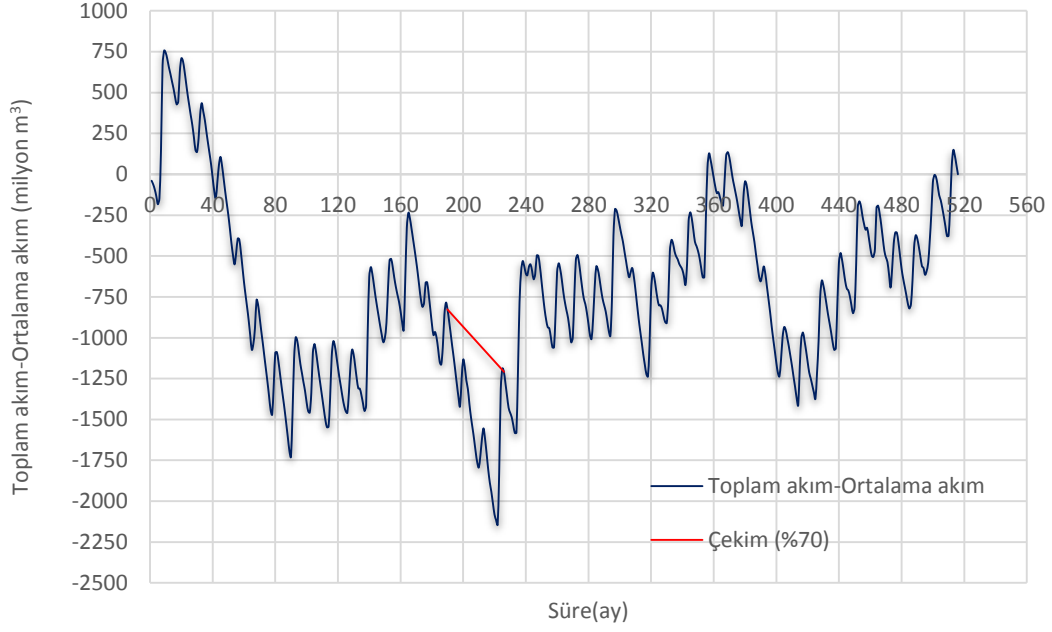
%80 düzenleme oranı için, hazne kapasitesi 585 milyon m³, kritik dönem uzunluğu 48 ay olarak belirlenmiştir. Haznenin 43 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı ise $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,38 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 30. Rippl %80 düzenleme oranı

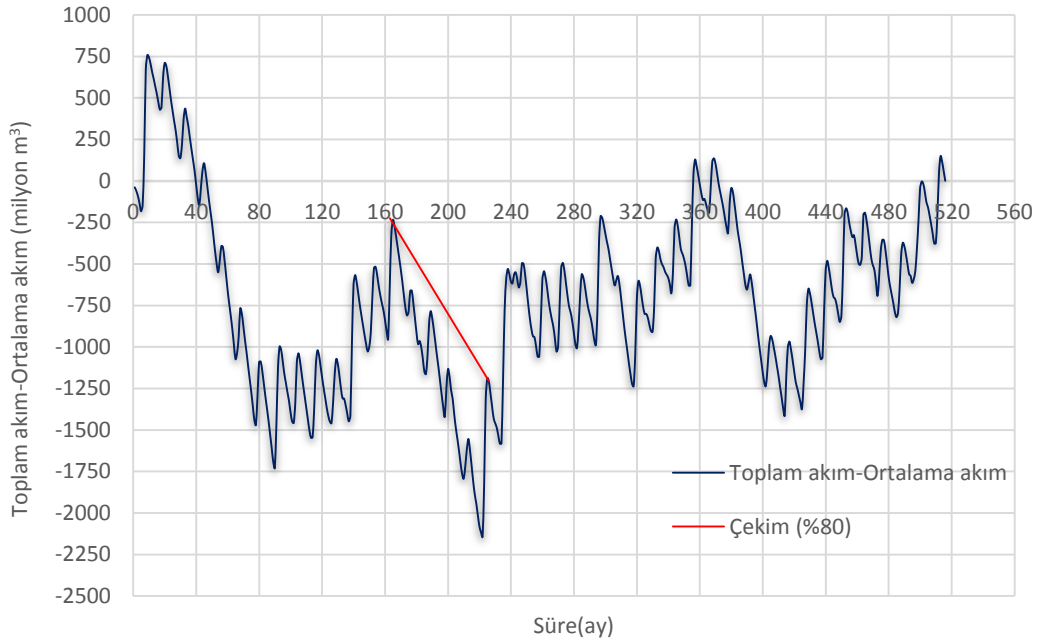
Eklenik farklar yöntemi

%70 düzenleme oranına göre, 2156 nolu akım gözlem istasyonu aylık akım verileri için eklenik fark ve çekim ($1803,72$ milyon m^3/ay - $1262,60$ milyon m^3/ay = $541,11$ milyon m^3/ay) eğrileri Şekil 31’de sunulmaktadır. Düzenleme oranı %70 için, hazne kapasitesi $295,34$ milyon m^3 , kritik dönem uzunluğu 24 ay ve yetersiz kalma olasılığı da %1,38 olarak belirlenmiştir. Kritik aylar 190-214 (1985 Ağustos-1987 Ağustos) arası aylardır.



Şekil 31. Eklenik farklar %70 düzenleme oranı

%80 düzenleme oranına göre, 2156 nolu akım gözlem istasyonu aylık akım verileri için eklenik fark ve çekim ($1803,72$ milyon m^3 /ay - $1442,97$ milyon m^3 /ay = $360,75$ milyon m^3 /ay) eğrileri Şekil 32’de sunulmaktadır. Düzenleme oranı %80 için, hazne kapasitesi 603 milyon m^3 , kritik dönem uzunluğu 36 ay ve yetersiz kalma olasılığı da $\%1,38$ olarak belirlenmiştir. Kritik aylar 162-198 (1983 Nisan-1986 Nisan) arası aylardır.



Şekil 32. Eklenik farklar %80 düzenleme oranı

Ardışık tepeler yöntemi

2156 nolu akım gözlem istasyonu yıllık akım verileri kullanılarak %70 düzenleme oranı için hazne kapasitesi 209,22 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%80 Düzenleme oranı için ise hazne kapasitesi 520,38 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Her iki düzenleme oranı için de haznenin 43 yıl boyunca bir kez boş kalma olasılığı $P=0,6/(N+0,2)$ bağıntısından %1,38 olarak hesaplanmıştır.

Minimum akımlar

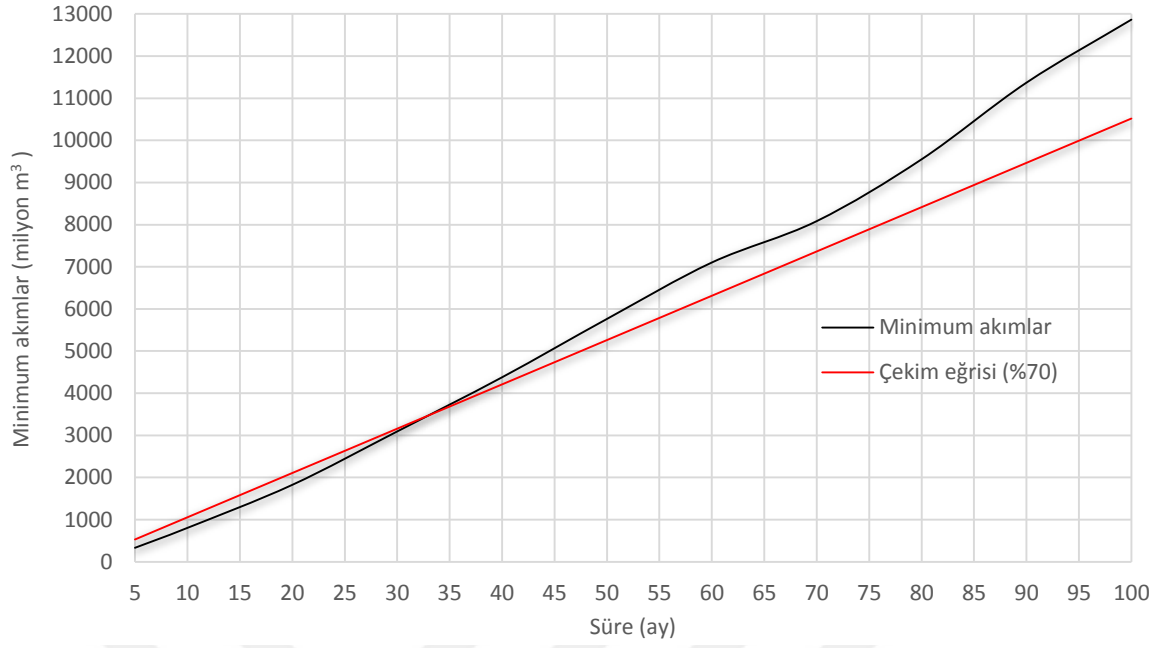
2156 nolu AGİ'na ait 1969-2011 yılları arasındaki en düşük 5,10,20,...,100 aylık toplam akımlar elde edilip %70 ve %80 düzenleme oranlarına göre gerekli hazne kapasitesi ve kritik dönem uzunlukları belirlenmiştir (Tablo 30). Toplam akımların maksimum değeri hazne kapasitesi olarak kabul edilirken bu değere karşılık gelen dönem (ay) ise kritik dönem uzunluğu olarak kabul edilmektedir.

%70 düzenleme oranına göre gerekli hazne kapasitesi 278,44 milyon m³ olarak bulunurken kritik dönem uzunluğu ise 20 ay olarak hesaplanmıştır (Şekil 33).

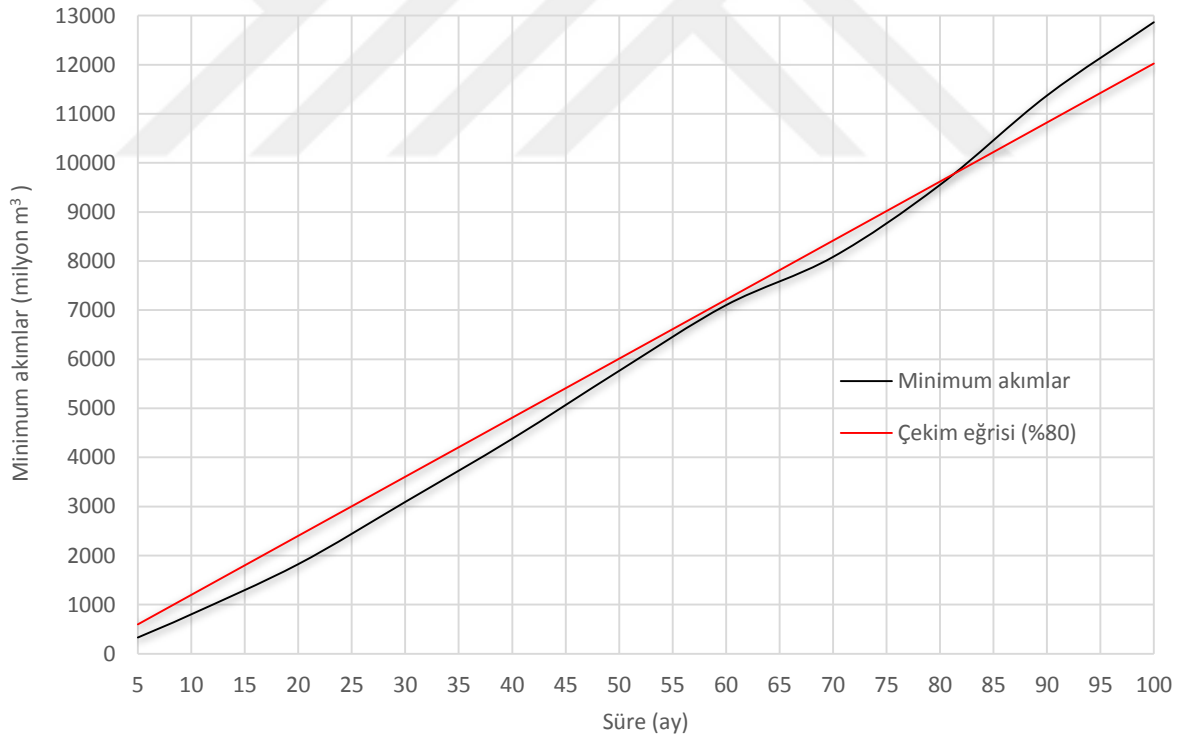
%80 düzenleme oranına göre gerekli hazne kapasitesi 579,05 milyon m³ olarak bulunurken kritik dönem uzunluğu ise 20 ay olarak hesaplanmıştır (Şekil 34).

Tablo 30. 2156 Nolu AGİ Minimum Akımlar Uygulaması

Aylar	Minimum Akımlar	Çekim (%70)	Hazne kapasitesi (milyon m ³)	Çekim (%80)	Hazne kapasitesi (milyon m ³)
5	331,3	526,08	194,78	601,23	269,93
10	804	1052,16	248,16	1202,47	398,47
20	1825,9	2104,33	278,44 (Max)	2404,95	579,05 (Max)
30	3093,3	3156,50	63,207	3607,43	514,13
40	4378,9	4208,67	-170,22	4809,91	431,01
50	5764,1	5260,84	-503,25	6012,39	248,29
60	7103,3	6313,01	-790,28	7214,87	111,57
70	8085,2	7365,18	-720,01	8417,35	332,15
80	9553,1	8417,35	-1135,74	9619,83	66,73
90	11373,1	9469,52	-1903,57	10822,31	-550,78
100	12868,4	10521,69	-2346,70	12024,79	-843,60



Şekil 33. Minimum akımlar %70 düzenleme oranı



Şekil 34. Minimum akımlar %80 düzenleme oranı

Alexander yöntemi

2156 nolu akım gözlem istasyonu yıllık toplam akım verilerinin Gamma dağılımlı olduğu varsayımı yapılarak α (Gamma dağılımı şekil parametresi) hesaplanmıştır. Düzenleme

oranı %70 için $T = 20$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek için Şekil 5 (Alexander'ın abağı)'den $CP_1 = 8$ ve $\tau_1 = 1.65$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %70 için $Tr = 33,3$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'den $CP_1 = 9$ ve $\tau_1 = 2.1$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %80 için $Tr = 20$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'ten $CP_1 = 18$ ve $\tau_1 = 2,7$ değerleri okunmuştur. Düzenleme oranı %80 için $Tr = 33,3$ yıl yinelemeli hazne hacmini belirlemek üzere Şekil 5'ten $CP_1 = 20$ ve $\tau_1 = 3,3$ değerleri okunmuştur. Bulunan değerler $\alpha = 1$ içindir. Daha sonra bulunan değerler akım verilerinin istatistik özelliklerine (şekil parametresine) göre düzenlenmiştir.

Denklem 3 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 98,36 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 125,18 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 160,95 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 196,72 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

Denklem 4 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 ve %3 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 4 ay olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 ve %3 göre, %3 olasılığa göre ise 8 ay olarak hesaplanmıştır.

2156 nolu akım gözlem istasyonu gözlenmiş yıllık akım verilerinin olasılık dağılım sınamasında, %5 ve %3 anlamlılık seviyesinde %70 ve %80 düzenleme oranları için hesaplanan değerler Tablo 31'de sunulmuştur.

Tablo 31. Alexander Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	Hazne Hacmi (τ_1)	Hesaplanan Hazne Hacmi*	Kritik Dönem Uzunluğu (yıl)	Kritik Dönem Uzunluğu (ay)
70	5	20	1803,72	1,65	98,36	0,3	4
	3	33,3	1803,72	2,1	125,18	0,3	4
80	5	20	1803,72	2,7	160,95	0,6	8
	3	33,3	1803,72	3,3	196,72	0,7	8

* milyon m^3

Dinçer yöntemi

Yöntemin uygulanmasında kullanılan verilerin normal dağılıma uyduğu varsayımı yapılır. Düzenleme oranı %70 ve %80 için farklı yineleme aralıklarına göre hazne hacimleri hesaplanmıştır. %5 ve %3 anlamlılık düzeyleri için normal dağılım tablosundan sırasıyla $z_p=1,645$ ve $z_p=1,882$ olarak bulunmuştur.

Denklem 5 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 132,37 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 173,26 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 198,56 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 259,89 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

Denklem 6 kullanılarak %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 3 ay, %3 olasılığa göre ise 4 ay olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre kritik dönem uzunluğu 7 ay, %3 olasılığa göre ise 9 ay olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen hazne hacimleri ve kritik dönem uzunlukları Tablo 32’de sunulmuştur.

Tablo 32. Dinçer Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Hesaplanan Hazne Hacimleri ve Kritik Dönem Uzunlukları

Düzenle me Oranı (%)	İhtiyacı Karşıla mama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	z_p	Cv	Hesapla nan Hazne Hacmi*	Kritik Dönem Uzunluğ u (yıl)	Kritik Dönem Uzunluğ u (ay)
70	5	20	1803,72	1,645	0,180	132,37	0,3	3
	3	33,3	1803,72	1,882	0,180	173,26	0,4	4
80	5	20	1803,72	1,645	0,180	198,56	0,6	7
	3	33,3	1803,72	1,882	0,180	259,89	0,8	9

*milyon m^3

McMahon yöntemi

McMahon Yöntemi ile 2156 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Denklem 8’den %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 152,23 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 284,63 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 284,83 milyon m^3 , %3 olasılığa göre ise 447,72 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için hesaplanan değerler Tablo 33'te sunulmaktadır.

Tablo 33. McMahon Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	a	Cv	b	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	1803,72	1,81	0,180	1,79	152,23
	3	33,3	1803,72	2,37	0,180	1,582	284,63
80	5	20	1803,72	3,445	0,180	1,8	284,83
	3	33,3	1803,72	4,7	0,180	1,716	447,72

*milyon m³

Gould gama yöntemi

Gould'un Gama Yöntemi ile 2156 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Denklem 7'den %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 97,15 milyon m³ , %3 olasılığa göre ise 120,43 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 163,34 milyon m³ , %3 olasılığa göre ise 207,06 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için hesaplanan değerler Tablo 34'te sunulmaktadır.

Tablo 34. Gould Gama Yöntemi ile, Farklı Düzenleme Oranları ve Farklı Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	zp	d	Cv	Hazne hacmi (τ)	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	1803,72	1,645	0,6	0,180	0,05	97,15
	3	33,3	1803,72	1,882	0,9	0,180	0,06	120,43
80	5	20	1803,72	1,645	0,6	0,180	0,09	163,34
	3	33,3	1803,72	1,882	0,9	0,180	0,11	207,06

*milyon m³

Gould sentetik veri yöntemi

Gould'un Sentetik Veri Yöntemi ile 2156 nolu akım gözlem istasyonuna ait yıllık akım verileri kullanılarak, Şekil 6'dan çarpıklık katsayısı değerinin sıfır olduğu abaktan okunan k_1 ve k_2 katsayılarının Denklem 9 ve 10'da yerine konmasıyla elde edilen hazne hacimleri %70 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre 97,67 milyon m^3 , %2 olasılığa göre ise 113,95 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. %80 düzenleme oranı için %5 olasılığa göre hazne hacmi 156,27 milyon m^3 , %2 olasılığa göre ise 221,38 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır.

%70 ve %80 düzenleme oranları ve farklı yinelemeler için Gould'un geliştirdiği abaklardan yararlanarak hesaplanan değerler Tablo 35'te sunulmaktadır.

Tablo 35. Gould Sentetik Veri Yöntemi ile Farklı Düzenleme Oranları ve Yineleme Süreleri İçin Belirlenen Hazne Hacimleri

Düzenleme Oranı (%)	İhtiyacı Karşılama Olasılığı (%)	Yineleme Süreleri (yıl)	Ortalama Yıllık Akım*	Çekim*	k_1	k_2	Hesaplanan Hazne Hacmi*
70	5	20	1803,72	1262,60	1,662	0,3	97,67
	2	33,3	1803,72	1262,60	1,662	0,35	113,95
80	5	20	1803,72	1442,97	1,108	0,48	156,27
	2	33,3	1803,72	1442,97	1,108	0,68	221,38

*milyon m^3

Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması

2119, 2151, 2154 ve 2156 nolu AGİ verileri ile kullanılan yöntemlerden elde edilen tüm sonuçlar %70 ve %80 düzenleme oranları için sırasıyla Tablo 36 ve Tablo 37'de sunulmuştur.

Başlangıçta belli risk oranının ifade edilemediği Rippl (Eklenik Akımlar), Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar yöntemlerinden elde edilen sonuçların, belli bir dağılımın uygunluğunun öngörüldüğü ve riskin de ifade edilebildiği Alexander, Dinçer, McMahon, Gould Gama, Gould Sentetik Veri yöntemlerinden elde edilen sonuçlara kıyasla daha fazla çıktığı görülmektedir (Tablo 36 ve Tablo 37).

Tablo 36 ve Tablo 37 incelendiğinde tüm AGİ (2119, 2151, 2154, 2156) ve tüm yöntemler için düzenleme oranı arttıkça hazne kapasitesinin de arttığı ve olasılık değeri yani risk değerinin düştükçe hazne hacminin arttığı görülmektedir.

Tablo 36. %70 düzenleme oranı için belirlenen hazne hacimleri (milyon m³)

%70 Düzenleme Oranı İçin Hazne Hacimleri (milyon m ³)										
AGİ No	Eklenik Akımlar	Eklenik Farklar	Ardışık Tepeler	Minimum Akımlar	Risk	Alexander	Dinçer	Mac Mahon	Gould Gama	Gould Sentetik Veri
2119	379	436	248,92	437,11	5%	117,34	158,4	167,54	116,24	235,36
					3%	149,35	207,3	288,37	144,09	362,21*
2151	165	218,21	148,92	264,38	5%	77,42	106,38	113,78	78,07	115,69
					3%	98,5	139,24	197,98	96,78	154,56*
2154	108,6	98	71,29	105,59	5%	19,31	26,98	29,63	19,81	25,53
					3%	24,58	35,32	52,91	24,55	41,48*
2156	286,34	295,34	209,22	278,44	5%	98,36	132,37	152,23	97,15	97,67
					3%	125,18	173,26	284,63	120,43	113,95*

*Gould Sentetik Veri %2 risk için hazne kapasitesi

Tablo 37. %80 düzenleme oranı için belirlenen hazne hacimleri (milyon m³)

%80 Düzenleme Oranı İçin Hazne Hacimleri (milyon m ³)										
AGİ No	Eklenik Akımlar	Eklenik Farklar	Ardışık Tepeler	Minimum Akımlar	Risk	Alexander	Dinçer	Mac Mahon	Gould Gama	Gould Sentetik Veri
2119	629	674	443,66	682,4	5%	192,02	237,6	314,73	195,43	276,67
					3%	234,68	310,9	479,51	247,75	536,12*
2151	445	294	288,82	390,69	5%	126,69	159,56	213,62	131,26	157,34
					3%	154,85	208,86	326,89	166,4	240,63*
2154	141	167	104,82	145	5%	31,6	40,48	55,56	33,3	38,29
					3%	38,63	52,98	85,91	42,21	66,48*
2156	585	603	520,38	579,05	5%	160,95	198,56	284,83	163,34	156,27
					3%	196,72	259,89	447,72	207,06	221,38*

*Gould Sentetik Veri %2 risk için hazne kapasitesi

Bu çalışmada 33,3 ve 20 yıl yinleme aralıklı tasarım şartlarına göre hazne kapasitesi hesaplanmış olup, yinleme aralığının artması ile hazne kapasitesinin arttığı görülmektedir (Tablo 36 ve Tablo 37).

Rippl, Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar yöntemleri kendi aralarında kıyaslandığında tüm yöntemlerde küçük farklar dışında benzer sonuçların çıktığı görülmüştür. Küçük farklılıkların ise yöntemlerin hesabındaki grafik okumalarından kaynaklandığı söylenebilir. Rippl, Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar yöntemlerinin belli bir riske göre hesaplama yapmaması hesaplanan hacmin daha fazla çıkmasına neden olmaktadır. Bu da bu yöntemlerin sakıncalarındandır. Buradan Rippl, Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar yöntemlerinde hesaplanan hazne kapasitesinin Alexander, Dinçer, McMahon, Gould Gama, Gould Sentetik Veri yöntemlerinden elde edilen kapasiteden fazla olduğu çıkarımı yapılmıştır (Tablo 36 ve Tablo 37).

Tablo 36 ve Tablo 37'den elde edilen sonuçlara bakıldığında; tüm istasyonlar için Alexander ve Gould Gama yöntemleri arasında benzer sonuçlar olduğu, Alexander ve Dinçer yöntemleri arasındaki farkın ise daha bariz olduğu görülmektedir. Bu Dinçer yönteminin, akım verilerinin normal dağılıma uyduğu varsayımını yapmasından kaynaklanmaktadır. Kullanılan AGİ'lerden en uzun gözlemlili (65 yıllık) 2151 nolu istasyonda %80 düzenleme oranı için Alexander yönteminde 126,29 milyon m³ olarak hesaplanan hazne hacmi, Dinçer yönteminde ise 159,56 milyon m³ olarak hesaplanmaktadır. Alexander ve Dinçer yöntemleri arasındaki farkın oransal olarak diğer istasyonlara (2119, 2154, 2156) nazaran daha yakın olduğu görülmektedir. Bu da veri uzunluğu arttıkça Alexander ve Dinçer yöntemleri ile hesaplanan sonuçların birbirine daha fazla yaklaştığını göstermektedir.

Tablo 36 ve Tablo 37'ye göre, Alexander ve Gould Gama yöntemlerinin verilen AGİ'lerde (2119, 2151, 2154, 2156) benzer sonuçlara ulaşmasının nedeni iki yönteminde akım verilerinin Gama dağılımına uyduğu varsayımını yapmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 36 ve Tablo 37 incelendiğinde, Mc Mahon yönteminin verilen AGİ 'lerde (2119, 2151, 2154, 2156) Alexander, Dinçer, McMahon, Gould Gama, Gould Sentetik Veri yöntemlerinden daha büyük hazne kapasitesi hesapladığı görülmektedir. Bunun ise McMahon yönteminin, Avustralya akarsularına ait verilerden elde edilmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 36 ve Tablo 37'de Gould Sentetik Veri ve Dinçer yöntemlerinin %5 risk için sonuçları incelendiğinde, tüm istasyonlar için (2119, 2151, 2154, 2156) değerlerin birbirine

yakın olduğu gör÷lmektedir. Bunun ise Dinçer yönteminin yıllık akımların normal dağılıma uyduğu varsayımını yaparken Gould Sentetik Veri yönteminin yıllık akımların 3 parametrelili log-normal dağılıma uyduğu varsayımını yapmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Riskin belirlenebildiğı ve belli bir dağılıma uygunluğun öngör÷ldüğü yöntemlerden biri olan Dinçer yöntemi, yıllık akımların normal dağıldığı varsayımını yapmaktadır. Seri sayısı ne kadar fazla olursa akımlar normal dağılıma o kadar yaklaşır. Uzun süreli akımlarda bir nebze daha kabul edilebilir sonuçlar vermektedir. Gould'un Gama yöntemine bakıldığında yıllık akımların gama dağılımına uyduğu varsayımı yapılarak hesaplama yapılır. Hidrolojik verilerin gama dağılımına daha fazla uyması nedeniyle daha kullanılabilir sonuçlar vermektedir. Alexander yöntemi, Dinçer yöntemi, McMahon ve Gould Gama yöntemleri yıllık akımların otokorelasyonsuz olduğu varsayımını yapmaktadır. Bu yaklaşım içsel bağımlılığı olan hidrolojik veriler için uygun olmamaktadır. Bu da söz konusu yöntemlerin en büyük sakıncalarındandır. Alexander ve Gould Gama yöntemlerinden elde edilen çözümlerin yıllık akım değerlerinin gama dağılımına uyduğu göz önüne alındığında kullanılabilecek makul çözümler olduğu sonucuna varılmaktadır. Gould'un Olasılık Matris yöntemi kullanılarak geliştirilen McMahon yönteminin, uygulamada iyi sonuçlar vermesine rağmen Avustralya akarsularına ait verilerden elde edildiğı göz önünde bulundurulmalıdır. Gould'un Sentetik Veri yönteminde yıllık akımların 3 parametrelili log-normal dağılıma uyduğu varsayımının yapıldığı unutulmamalıdır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yukarı Fırat Havzası, Karasu Çayı Alt Havzasında bulunan 2119 nolu AGİ'ye ait 55 yıllık, 2151 nolu AGİ'ye ait 65 yıllık, 2154 nolu AGİ'ye ait 42 yıllık, 2156 nolu AGİ'ye ait EİE'den alınan 43 yıllık aylık ve yıllık akım gözlem verilerinin istatistiksel özellikleri kullanılarak %70 ve %80 düzenleme oranlarına ve %5 ve % 3 risk oranlarına göre biriktirme haznesi tasarımı hesabı yapılmıştır. Gould Sentetik Veri yönteminde ise yöntemin hesaplanmasında kullanılan Şekil 6'daki abaklarda %3 riskin tanımlanmamasından dolayı %5 ve %2 risk oranlarına göre hazne hacmi hesaplanmıştır.

Matlab programı kullanılarak istasyonlara ait yıllık akım verilerinin içsel bağımlılık durumu sample autocorrelation analizi ile belirlenmiş ve verilerin otokorelasyonsuz olduğu gözlenmiştir.

Veri setine olasılık dağılım fonksiyonları arasından en uygun olanını belirlemek için uygulanan Akaike bilgi kriteri ve Bayesian bilgi kriteri kullanılarak istasyonlara ait yıllık akım verilerinin olasılık dağılımları R programı yardımıyla belirlenmiştir. Bunun sonucunda istasyonların yıllık akım verilerinin olasılık dağılım fonksiyonlarından Gama dağılımına uygunluğu gözlenmiştir.

Yaptığımız çalışmanın literatürle paralellik gösterdiği aşağıdaki çalışma sonuçlarından açıkça görülmektedir. Bu çalışmalar;

1. Bacanlı vd (2003), Dicle Havzası Botan Çayı üzerinde yer alan EİE-Billoris (2604/26) akım gözlem istasyonunda belli yöntemleri kullanarak hazne kapasitesi hesapladığı çalışma sonunda büyük depolamalar için akım verisinin istatistiksel dağılımına uygun olarak seçilen Alexander, Dinçer ve Gould Gama yöntemlerinin kullanılmasının daha uygun olacağı sonucu elde edilmiştir.

2. Kandemir (2009), Gediz Havzasında ön tasarım yöntemleri ve yapay sinir ağıları yöntemi ile olası biriktirme haznesi kapasitelerini belirlediği çalışmada, akım verilerinin uyduğu dağılımlara uygun olarak seçilen hazne kapasitesi hesaplama yöntemlerinin daha güvenilir sonuçlar verdiği ve çalışmada kullanılan hidrolojik akım verilerinin Gama dağılımına uyduğu için akım verilerinin normal dağılıma uyduğu kabulünün yapıldığı Dinçer yöntemi ile akım verilerinin log-normal dağılıma uyduğu kabulünün yapıldığı Gould'un Sentetik Seri

yöntemlerinin; Alexander ve Gould'un Gama yöntemlerine nazaran daha az güvenilir olduğu sonucu sunulmuştur.

3. Alrayess vd (2017)'nin Batı Akdeniz Havzası Dalaman Nehri üzerine kurulu Sami Soydam Sandalcık Barajı'na ait EİE-811 Suçatı akım gözlem istasyonunun akım gözlem verilerini kullanarak biriktirme haznesi kapasitesi yaptığı çalışmada, veri serisine uygun dağılıma sahip yöntem seçiminin, sonuçların riskini azaltacağı sonucu analiz edilmiştir.

Sonuç olarak Rippl (Eklenik Akımlar), Eklenik Farklar, Ardışık Tepeler, Minimum Akımlar yöntemlerinin belli riske göre tasarım yapamadığı ve belli riski tanımlayan yöntemlerden McMahon yönteminin Avustralya akarsularına ait verilerden elde edildiği, Gould'un Sentetik Veri yönteminde ise verilerin 3 parametrelili log-normal dağılıma uyduğu kabulü göz önüne alındığında Alexander, Dinçer ve Gould Gama yöntemlerinin daha güvenilir sonuçlar verdiği söylenebilir.

Seçilen istasyonlara ait yıllık akım verilerinin, içsel bağımlılığının bulunmadığı ve gama dağılımına uygun olduğu göz önüne alındığında, veri setinin otokorelasyonsuz olduğu ve gama dağılımına uyduğu varsayımı temel alınarak oluşturulan Alexander ve Gould Gama yöntemlerinin kendi kabullerine uygun verilere uygulandığından dolayı daha güvenilir sonuçlar verdiği söylenebilir.

Risk değerini çok küçük tutmak hazne kapasitesinin gerekenden fazla olmasına neden olmaktadır. Bu da maliyet ve süre açısından kayıp demektir. Risk değerini yüksek tutmak ise hazne kapasitesinin daha az olması durumunu ortaya çıkarıp ileride oluşabilecek taşkın olaylarına sebebiyet verecektir. Bunun da canlı hayatını etkileyeceği unutulmamalıdır. Bu nedenle optimum (kabul edilebilir) riski belirleyebilmek çok önemlidir. Haznenin kullanım amacı, inşa edileceği bölgenin özellikleri vb. gibi etkenler öngörülen yapı ömrünün belirlenmesinde etkilidir. Bu da kabul edilebilir riski belirlemektedir.

Bu çalışma Karasu Çayı Alt Havzası'nda olası gelecekte planlanacak, belli AGİ'lere göre yapılacak biriktirme haznesi inşasında bir ön fikir olması amacıyla yapılmıştır.

Ön tasarım yöntemleri ileride mevcut havzada inşa edilmesi düşünülen biriktirme haznelerinin kapasitelerinin hesabında belli bir fikir vermesi açısından önemlidir. Ama unutulmamalıdır ki diğer tasarım yöntemleri kullanılmadan ön tasarım yöntemlerine göre planlama yapmak riski tanımlayamadığından daha düşük risk ile tasarım yapılacağı için uygulamada maliyet ve süre açısından olumsuzluk meydana getirebilir. Yerli kaynakların hatalı kullanılmasına sebebiyet verebilir.

KAYNAKLAR

- Adeloye, A.J., Lallemand, F., and McMahon, T.A., 2010. Regression models for within-year capacity adjustment in reservoir planning. 539-552.
- Ağralıoğlu, N., 2007. Baraj Planlama ve Tasarımı (Cilt 1). Su Vakfı Yayınları, 255s, İstanbul.
- Akkaya, C. ve Tanrıverdi, M., 1992. Sulama amaçlı barajlarda kısıntılı sulama ve işletme çalışmaları. Planlama Semineri, Adana, 1-32.
- Aksoy, H., 2001. Storage capacity for river reservoirs by wavelet-based generation of sequent-peak algorithm. Water Resources Management, 15 (6), 423-437.
- Alexander, G. N., 1962. The use of the Gamma distribution in estimating regulated output from storages. Civil Engineering Transactions, The Institution of Engineers, 29-34.
- Alrayess, H., Ulke, A. and Gharbia, S., 2017. Comparison of Different Techniques about Reservoir Capacity Calculation at Sami Soydam Sandalcık Dam. Celal Bayar University Journal of Science, 14(1), 23-29.
- Alrayess, H., Zeybekoğlu, U., and Ulke, A., 2017. Different design techniques in determining reservoir capacity. European Water, 60, 107-115.
- Anonim, 2020a. dsi.gov.tr, 2020.
- Apaydın, A., Çınaroğlu, A., İnal, İ., Dilektaşlı, C., ve Çelik, D., 2020. Çorum-Alaca Höyük'te 3260 Yıl Öncesine Dönüş: Antik Hitit Barajının İyileştirilmesi Ve Hitit Yaşamının Canlandırılması, DSİ Teknik Bülteni 135, 18-35.
- Bacanlı, Ü.G. ve Baran, T., 2006. Çine Çayı örneğinde biriktirme haznelerinin tasarımında farklı yöntemlerin değerlendirilmesi. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1), 27-36.
- Bacanlı, Ü.G. ve Koç, A.C., 2006. Moran Olasılık Matris Yöntemiyle Hazne Tasarımı: Yenidere Barajı Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(2), 255-261.
- Bacanlı, Ü. G., Özkul, S. ve Baran, T., 2003. Dicle havzası botan çayı örneğinde farklı yöntemlerle biriktirme haznelerinin tasarımı. I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Gümüşdüz, İzmir, 389-401.
- Bayazıt, M., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, 237s, İstanbul.
- Bayazıt, M., 1997. Biriktirme Haznelerinin Tasarımı ve İşletilmesi. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, 197s, İstanbul.
- Bharali, B., 2015. Estimation of Reservoir Storage Capacity by using Residual Mass Curve. Journal of Civil Engineering and Environmental Technology, 2(10), 15-18.
- Çelik, F., 1999. Hazne Kapasitesi Hesaplama Yöntemleri ve Çoruh Nehri Havzasında Bir Uygulama, Y. Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gould, B. W., 1961. Statistical methods for estimating the design capacity of dams. Journal of the Institution of Engineers, Australia, 33(12), 405-416.
- Gould, B. W., 1964. Statistical methods for reservoir yield estimation. Wat. Res. Foundation of Australia.
- Halden, E. ve Özkul, S., 2004. Kritik dönem yöntemleri ile hazne hacminin belirlenmesi. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(1), 99-113.
- Kandemir, E. Ç., 2009. Biriktirme Hazneler Tasarımı ve Gediz Havzası Model Uygulaması. Y. Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Linsley, R. K. and Franzini, J. B., 1979. Water Resources Engineering. McGraw-Hill Book Co, 688p, New York.
- Loucks, D. P., Stedinger, J. R., Halth, and D. A., 1981. Water resource systems planning and analysis. Prentice-Hall Inc, 559p, Englewood Cliffs, N. J.

- McMahon, T.A. and Mein, R.G., 1986. River ve Reservoir Yield. Water Resources Publication, 361p, USA.
- Montaseri, M. and Adeloye, A., 2002. Effects of integrated planning on capacity-yield-performance functions. Journal of Water Resources Planning and Management, 128(6), 456-461.
- Özgürel, M. ve Kılıç, M., 2004. Barajlarda Aktif Hazne Hacminin Gözlemlenen Yıllık Akış Serilerine Göre Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi, 41(1), 75-86.
- Özkul, S., 2010. Çağlayan barajı aktif hazne hacminin olasılık matris yöntemleriyle irdelenmesi. DSİ Teknik Bülten, 107, 27-38.
- Rao, Z., Moore, I. N., O'Connell, P. E. and Jamieson, D. G., 2001. An interactive management system for operational control of Kirazdere Reservoir (Turkey). Water Resources Management, 15 (4), 223-234.
- Sattari, M.T., Salmasi, F., and Öztürk, F., 2008. Sulama Amaçlı Hazne Kapasitesinin Belirlenmesinde Çeşitli Yöntemlerin Karşılaştırılması, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 14(1), 1-7.
- Sevinç, E., 2013. Türkiye'nin Su Politikası Ve Barajlar: Haznelerin Tasarımında Risk Esaslı Yöntemlerin Kullanımı, Y.Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Şorman, A.A., 2019. Yukarı Fırat havzası kar karakterizasyonu ve iklim değişikliğinin etkileri. İklim Değişikliğinin Etkileri Ve Uyum, Hizmet İçi Eğitimi, İstanbul.
- Taş, E. ve Kilit, M., 2015. Hazne Hacminin Belirlenmesinde Farklı Yöntemlerin Değerlendirilmesi: Afyonkarahisar Sandıklı Kızılca Barajı Örneği, 4. Su Yapıları Sempozyumu, Antalya, 469-478.
- Topçu, F., 2017. Orta Akdeniz Bölgesi Akarsuları İçin Optimum Hazne Kapasitelerinin Belirlenmesi, Y.Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Thomas, H., and Burden, R., 1963. Operations Research in Water Quality Management. Harward Water Resources Group.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Sinan BAZANCİR
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	T.C.
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Bingöl Anadolu Öğretmen Lisesi
Lisans:	Bingöl Üniversitesi-Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği
Yüksek lisans:	
Doktora:	
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	