

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TABAN AKIŞI AYRIMI İÇİN OPTİMİZASYON
ALGORİTMALARININ KULLANILMASI VE TRENDLERİN
BELİRLENMESİ**

Ramazan ACAR

**Danışman
Doç. Dr. Kemal SAPLIOĞLU**

**DOKTORA TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA- 2023**



© 2023 [Ramazan ACAR]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri.....	10
3.1.2. Çalışmada kullanılan veriler	12
3.2. Yöntem	14
3.2.1. Taban akışı	15
3.2.1.1. Lyne ve Hollick yöntemi.....	15
3.2.1.2. Chapman yöntemi	16
3.2.1.3. Chapman ve Maxwell yöntemi	17
3.2.1.4. Boughton ve Chapman yöntemi.....	17
3.2.1.5. Önerilen yöntem.....	17
3.2.2. Parçacık sürü optimizasyonu (PSO)	18
3.2.2.1. Parçacık sürü optimizasyonu algoritması.....	19
3.2.3. Genetik algoritma (GA)	21
3.2.3.1. Genetik algoritma akış şeması	23
3.2.3.2. Genetik algoritma operatörleri	24
3.2.3.2.1. Seçim operatörü.....	24
3.2.3.2.2. Çaprazlama operatörü.....	25
3.2.3.2.3. Mutasyon operatörü.....	25
3.2.4. Gri kurt optimizasyonu algoritması (GKO).....	26
3.2.4.1. Sosyal hiyerarşi	27
3.2.4.2. Avı çevreleme	27
3.2.4.3. Avlanma	27
3.2.4.4. Ava saldırma	28
3.2.5. Diferansiyel evrim algoritması (DE)	29
3.2.5.1. Başlangıç popülasyonunun oluşturulması.....	29
3.2.5.2. Mutasyon işlemi	30
3.2.5.3. Çaprazlama işlemi.....	30
3.2.5.4. Seçim işlemi	31
3.2.6. Simbiyotik organizmalar arama algoritması (SOA)	31
3.2.6.1. Karşılıklılık evresi (mutualizm)	32
3.2.6.2. Ortakçılık evresi (kommensalizm).....	33
3.2.6.3. Asalaklık evresi (parasitizm).....	33
3.2.7. Mann-Kendall Trend Testi.....	36
3.2.8. Şen Trend Testi (ITA).....	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	38
4.1. Taban Akışı Ayırma Yöntemlerinin Optimizasyonu	38
4.1.1. PSO algoritması ile taban akışı ayırma yöntemlerinin kalibrasyonu.....	39

4.1.2. GA algoritması ile taban akışı ayırma yöntemlerinin kalibrasyonu	55
4.1.3. GKO algoritması ile taban akışı ayırma yöntemlerinin kalibrasyonu	70
4.1.4. SOA algoritması ile taban akışı ayırma yöntemlerinin kalibrasyonu	85
4.1.5. DE algoritması ile taban akışı ayırma yöntemlerinin kalibrasyonu.....	100
4.2. Optimizasyon Yöntemleri Kullanılarak Elde Edilen Taban Akışı Oranları..	115
4.3. Tespit Edilen Taban Akışı Miktarı ve Oranlarının Trend Analizi Sonuçları	133
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	139
KAYNAKLAR	142
ÖZGEÇMİŞ	149



ÖZET

Doktora Tezi

TABAN AKIŞI AYRIMI İÇİN OPTİMİZASYON ALGORİTMALARININ KULLANILMASI VE TRENDLERİN BELİRLENMESİ

Ramazan ACAR

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Kemal SAPLIOĞLU

Günümüzde insanoğlunun suya olan talebi hızlı bir artış göstermektedir. Bu da baraj, bağlama, sulama göleti gibi su kaynaklarının planlanması, inşa edilmesi ve işletilmesi gibi hususların öneminin gün geçtikçe artmasına sebep olmaktadır. Bu gibi durumlarda en önemli husus var olan veya gelecekte meydana gelebilecek su potansiyelinin tespit edilmesidir. Su kaynaklarındaki su potansiyelinin tespit edilmesinde yağışın olmadığı kurak dönemlerde akarsu akımının önemli bir kısmını meydana getiren taban akışının tespit edilmesi çok önemli bir konu haline gelmektedir.

Hidrografın büyük bir bölümünü oluşturan taban akışının tespiti oldukça karmaşık bir konudur. Taban akışının tespitinde kullanılan yöntemler ve bu yöntemlere ait katsayılar havzadan havzaya, akarsudan akarsuya hatta yıldan yıla değişmektedir. Bu çalışmada taban akışının otomatik olarak tespit edilebilmesi için özellikle meta-sezgisel optimizasyon algoritmalarının kullanılabileceği düşünülmüş ve meta-sezgisel optimizasyon yöntemlerinden olan Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması (PSO), Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması (SOA), Genetik Algoritma (GA), Gri Kurt Optimizasyonu Algoritması (GKO) ve Diferansiyel Evrim Algoritması (DE) seçilmiştir. Seçilen bu algoritmalar ile literatürde mevcut Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntem birlikte kullanılmış ve kısıt-maliyet fonksiyonlarının tanımlandığı bir bilgisayar yazılımı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yazılım, Fırat Havzası'nda Ayvalı Tohma Suyu, Göynük Çayı Çayağzı, Munzur Suyu Melekbahçe istasyonları ve Yeşilirmak Havzası'nda bulunan Kale istasyonuna ait veriler kullanılarak taban akışı tespiti üzerine uygulanmıştır.

Çalışmanın asıl amacı bu algoritmaların taban akışı belirlemedeki önemini göstermektir. Bunun için Fırat Havzası istasyonları için Tohma suyu 1979-2006, Göynük Çayı 1970-2014 ve Melekbahçe 1969-2009 yılları arası, Yeşilirmak Havzası Kale istasyonu için 1951-2015 yılları arasındaki yıllar için taban akışı katsayısı belirlenmiştir. Çizilen hidrograflara ve taban akışı ayırma çizgisine bakıldığında elde edilen katsayıların kıstas fonksiyonlarını optimum şekilde karşıladığı görülmüştür. Bu nedenle taban akışı ayırma çalışmalarında özellikle katsayı kalibresinde meta-sezgisel yöntemlerin kullanılmasının hız ve doğruluk açısından oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmada, taban akışı ayırımına ek olarak bu istasyonların hidrografı, taban akışı ve taban akışının akıma oranı (yüzdesi) Mann-Kendall ve Innovative trend testi (ITA) ile test edilerek trendleri belirlenmiştir. Her iki yöntem için Tohma Suyu istasyonunda tüm analizlerde akım verileri için azalan bir trend olduğu tespit edilmiştir. Diğer istasyonlar için verilerin çoğunluklu olduğu duruma göre tüm analizlerde akım verileri için herhangi bir trend olmadığı tespit edilmiştir. Her iki yöntem için Tohma Suyu istasyonunda tüm analizlerde taban akışı verileri için azalan bir trend olduğu tespit edilmiştir. Diğer istasyonlar için verilerin çoğunluklu olduğu duruma göre tüm analizlerde akım verileri için herhangi bir trend olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca taban akışının akım değerlerine paralel olarak azaldığı tespit edilmiştir. Hidrografın pik değerlerinin yüksek olduğu yıllarda da taban akışı oranlarının düşük olduğu ayrı bir tespittir.

Anahtar Kelimeler: Taban Akışı, Optimizasyon, Trend, Mann-Kendall, Şen Testi, Parçacık Sürü Optimizasyonu,

2023, 150 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

USING OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR BASE FLOW SEPARATION AND DETERMINING TRENDS

Ramazan ACAR

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Kemal SAPLIOĞLU

Today, human demand for water is increasing rapidly. As a result, issues such as the design, construction and operation of water resources such as dams, moorings and irrigation ponds are becoming more important by the day. In such cases, it is most important to determine the existing or future water potential. In determining the water potential of water resources, it is very important to determine the base flow, which is a significant part of the water flow during periods of low precipitation.

Determining base flow, which is a large part of the hydrograph, is a very complex matter. The methods used to determine baseflow and the coefficients of those methods change from basin to basin, from stream to stream, and even from year to year. In this study, it was assumed that meta-heuristic optimization algorithms could be used to determine the base flow automatically, and the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm, Symbiotic Organism Search (SOA) algorithm, Genetic Algorithm (GA), Gray Wolf Optimization algorithm, which are meta-heuristic optimization methods. (GWO) and Differential Evolution Algorithm (DE) were chosen. with these selected algorithms, the methods available in the literature by Lyne and Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell and our proposed method were used together and a computer software was created in which the constraint cost functions were defined. This software was created based on the data from the Ayvalı Tohma Suyu, Göynük Stream Çayağzı, Munzur Suyu Melekbağçe stations in the Euphrates Basin and Kale station in the Yeşilırmak Basin.

The main objective of the study is to show the importance of these algorithms in determining the base flow. For this purpose, the base flow coefficient was determined for the years between Tohma Water 1979-2006, Göynük Stream 1970-2014 and Melekbağçe 1969-2009 for the stations in the Euphrates basin and 1951-2015 for the Kale station in the Yeşilırmak basin. Examination of the plotted hydrographs and the baseflow separation curve shows that the determined coefficients satisfy the criterion functions optimally. For this reason, it is considered that the use of metaheuristic methods, especially in the coefficient calculation, is very important in terms of speed and accuracy in base flow separation studies.

In this study, in addition to the baseflow separation, the hydrographs of these stations, the baseflow, and the ratio (percentage) of baseflow to flow were tested using the

Mann-Kendall and innovative trend tests (ITA) and their trends were determined. It was found that there was a decreasing trend in flow data for all analyzes at the Tohma Suyu station for both methods. It was found that there is no trend for the flow data in all analyzes, corresponding to the case where the data for other stations are the majority. It was found that there is a decreasing trend for the lower flow data for Tohma Suyu station for both methods in all analyzes. It was found that there is no trend for the flow data in all analyzes, corresponding to the case where the data for other stations are the majority. In addition, the base flow was found to be decreasing in parallel with the current values. Separately, it was found that base flows are low in years when peak hydrograph values are high.

Keywords: Baseflow, Optimization, Trend, Mann-Kendall, Şen Test, Particle Swarm Optimization

2023, 150 pages



TEŞEKKÜR

Bu çalışmam için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan, benden her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Kemal SAPLIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Akademik hayata atılmam konusunda beni cesaretlendiren, bu yolda bana ışık tutan saygı değer Dr. Öğr. Üyesi Meltem SAPLIOĞLU ve Dr. Öğr. Üyesi İlyas Devran ÇELİK hocalarıma en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında **2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı** ile beni maddi açıdan destekleyen **TÜBİTAK-BİDEB**'e teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ramazan ACAR
ISPARTA, 2023

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Fırat Havzası haritası	11
Şekil 3.2. Yeşilirmak Havzası haritası	12
Şekil 3.3. Fırat Havzası akım gözlem istasyonlarının yer bulduru haritası	14
Şekil 3.4. Yeşilirmak Havzası akım gözlem istasyonunun yer bulduru haritası.....	14
Şekil 3.5. PSO akış şeması.....	21
Şekil 3.6. GA akış şeması	24
Şekil 3.7. Çaprazlama operatörü yöntemleri.....	25
Şekil 3.8. Mutasyon çeşitleri.....	26
Şekil 3.9. GKO liderlik hiyerarşisi	26
Şekil 3.10. SOA algoritması pseude kod	34
Şekil 3.11. Şen trend testinde artan yönde ve azalan yönde eğilimlerin saçılım grafiği	37
Şekil 4.1. 1990 yılı Kale istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman.....	43
Şekil 4.2. 1990 yılı Kale istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	44
Şekil 4.3. 1990 yılı Melekbahçe istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	45
Şekil 4.4. 1990 yılı Melekbahçe istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem).....	46
Şekil 4.5. 1990 yılı Tohma Suyu istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman.....	47
Şekil 4.6. 1990 yılı Tohma Suyu istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem).....	48
Şekil 4.7. 1990 yılı Göynük Çayı istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman.....	49
Şekil 4.8. 1990 yılı Göynük Çayı istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem).....	50
Şekil 4.9. 1987 yılı Kale istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman.....	58
Şekil 4.10. 1987 yılı Kale istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem).....	59
Şekil 4.11. 1987 yılı Melekbahçe istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman.....	60
Şekil 4.12. 1987 yılı Melekbahçe istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem).....	61
Şekil 4.13. 1987 yılı Tohma Suyu istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman.....	62
Şekil 4.14. 1987 yılı Tohma Suyu istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem).....	63

Şekil 4.15. 1987 yılı Göynük Çayı istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	64
Şekil 4.16. 1987 yılı Göynük Çayı istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	65
Şekil 4.17. 1979 yılı Kale istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	73
Şekil 4.18. 1979 yılı Kale istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	74
Şekil 4.19. 1979 yılı Melekbahçe istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	75
Şekil 4.20. 1979 yılı Melekbahçe istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	76
Şekil 4.21. 1979 yılı Tohma Suyu istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	77
Şekil 4.22. 1979 yılı Tohma Suyu istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	78
Şekil 4.23. 1979 yılı Göynük Çayı istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	79
Şekil 4.24. 1979 yılı Göynük Çayı istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	80
Şekil 4.25. 1981 yılı Kale istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	88
Şekil 4.26. 1981 yılı Kale istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	89
Şekil 4.27. 1981 yılı Melekbahçe istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	90
Şekil 4.28. 1981 yılı Melekbahçe istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	91
Şekil 4.29. 1981 yılı Tohma Suyu istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	92
Şekil 4.30. 1981 yılı Tohma Suyu istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	93
Şekil 4.31. 1981 yılı Göynük Çayı istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	94
Şekil 4.32. 1981 yılı Göynük Çayı istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	95
Şekil 4.33. 2005 yılı Kale istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	103
Şekil 4.34. 2005 yılı Kale istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	104

Şekil 4.35. 2005 yılı Melekbahçe istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	105
Şekil 4.36. 2005 yılı Melekbahçe istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	106
Şekil 4.37. 2005 yılı Tohma Suyu istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	107
Şekil 4.38. 2005 yılı Tohma Suyu istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	108
Şekil 4.39. 2005 yılı Göynük Çayı istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman	109
Şekil 4.40. 2005 yılı Göynük Çayı istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)	110
Şekil 4.41. İstasyonlara ait taban akışı oranları grafiği (A) Kale; (B) Melekbahçe; (C) Tohma Suyu; (D) Göynük Çayı	120
Şekil 4.42. İstasyonlara ait taban akışı oranları grafiği (A) Kale; (B) Melekbahçe; (C) Tohma Suyu; (D) Göynük Çayı	123
Şekil 4.43. İstasyonlara ait taban akışı oranları grafiği (A) Kale; (B) Melekbahçe; (C) Tohma Suyu; (D) Göynük Çayı	126
Şekil 4.44. İstasyonlara ait taban akışı oranları grafiği (A) Kale; (B) Melekbahçe; (C) Tohma Suyu; (D) Göynük Çayı	129
Şekil 4.45. İstasyonlara ait taban akışı oranları grafiği (A) Kale; (B) Melekbahçe; (C) Tohma Suyu; (D) Göynük Çayı	132
Şekil 4.46. İstasyonlara ait yıllık bazda Şen testi sonuçları	137
Şekil 4.47. İstasyonlara ait yıllık bazda Şen testi sonuçları	138

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Seçilen akım gözlem istasyonlarına ait genel bilgiler.....	13
Çizelge 3.2. İstasyonlardan alınan verilerin istatistiksel analizi	13
Çizelge 4.1. PSO ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları.....	51
Çizelge 4.2. PSO ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları.....	53
Çizelge 4.3. GA ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları.....	66
Çizelge 4.4. GA ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları.....	68
Çizelge 4.5. GKO ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları.....	81
Çizelge 4.6. GKO ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları.....	83
Çizelge 4.7. SOA ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları.....	96
Çizelge 4.8. SOA ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları.....	98
Çizelge 4.9. DE ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları.....	111
Çizelge 4.10. DE ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları.....	113
Çizelge 4.11. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Lyne-Hollick sonuçları)	118
Çizelge 4.12. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Chapman sonuçları).....	121
Çizelge 4.13. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Chapman-Maxwell sonuçları)	124
Çizelge 4.14. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Boughton-Chapman sonuçları)	127
Çizelge 4.15. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Önerilen yöntem sonuçları).....	130
Çizelge 4.16. İstasyonlara ait Mann-Kendall test istatistiği sonuçları	135
Çizelge 4.17. İstasyonlara ait Run testi istatistiği sonuçları.....	136

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Drenaj alanı (km ²)
A	Vektör katsayısı
a	2'den 0'a doğru doğrusal birşekilde düşen katsayı
ABIT	Otomatik taban akışı tanımlama tekniği
AGİ	Akım gözlem istasyonu
ANN	Yapay sinir ağları
b	Taban akışı
BC	Boughton-Chapman yöntemi
b _k	Taban akışı
BFI	Taban akışı indeksi
BFLOW	Tek parametrelili bir filtreleme yöntemi
C	Vektör katsayısı
c _i	[0,1] arasındaki rastgele bir sayı
c ₁ – c ₂	Ölçeklendirme faktörleri
CM	Chapman-Maxwell yöntemi
CMB	İletkenlik kütle dengesi
D	Gri kurdun yeni konumu
DFY	Dijital Filtreleme Yöntemi
DE	Diferansiyel evrim algoritması
EC	Elektrik iletkenliği
EWMA	Üstel ağırlıklı hareketli ortalama
F _j	j'inci bireyin ölçeklendirme faktörü
f ₁	Durgunluk sabiti
f ₂	Sabit parametre
GA	Genetik algoritma
g _{best}	Global en iyi değer
GKO	Gri kurt optimizasyonu algoritması
GM	Küresel model
GW	Yeraltı suyu
HYSEP	Üç ayırma yöntemine sahip bilgisayar programı
ITA	Şen trend testi
i	Zaman adımı (gün sayısı)
LH	Lyne-Hollick yöntemi
MBF	Kütle denge filtresi
MK	Mann-Kendall
MM	Modüler model
MOO	Çok amaçlı optimizasyon
N	Gün sayısı
NSE	Nasch-Sutcliffe verimliliği
P _{best}	Yerel en iyi değer
PART	Taban akışı ayırma yöntemi
PSO	Parçacık sürü optimizasyonu
rand	[0,1] aralığında düzgün dağılıma uyan rastgele bir sayı
r ₁ ve r ₂	[0,1] aralığında rastgele bir sayı
RDF	Özyinelemeli dijital filtre
SAG	Güney Atlantik körfezi
SARR	Yağmur kayıtlı kayan ortalama yöntemi
SOA	Simbiyotik organizmalar arama algoritması

STA	Kısa süreli otokorelasyon
SW	Yüzey suyu
SWAT	Su değerlendirme aracı
t	İterasyon sayısı
UKIH	İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi
v_{id}	Hız değeri
$V_{j,k}$	j'inci bireyin k iterasyon sayısındaki mutasyon vektörü
W	Atalet ağırlık değeri
WHAT	Web tabanlı hidrograf analiz aracı
y	Sabit bir akış
$X_{best,k}$	k iterasyon sayısındaki en iyi birey
x_{id}	Pozisyon
x_i^{low}	i'inci bileşenin alt sınırını
x_i^{up}	i'inci bileşenin üst sınırı
$x_{j,i,0}$	j bireyselinin i'inci bileşeninin başlangıç değeri
X_p	Avın mevcut konumu
$X_{(t)}$	Gri kurdun konumu
$X_{(t+1)}$	Avın yeni konumu
$X_t^i - X_t^{i+1}$	Çaprazlamadan önce bir çift birey
$X_{t+1}^i - X_t^{i+1}$	Çaprazlamadan sonraki çift birey
X_α	Alfa gri kurdunun pozisyonu
X_β	Beta gri kurdunun pozisyonu
X_δ	Delta gri kurdunun pozisyonu
Q_b	Taban akışı
Q_q	Yüzey akışı
α	Filtre parametresi (Durgunluk sabiti)
α	Alfa kurt
β	Beta kurt
δ	Delta kurt
ω	Omega kurt

1. GİRİŞ

Su geçmişten günümüze kadar olan süreç boyunca insanoğlunun ve meydana getirdikleri medeniyetlerin şimdiki seviyesine ulaşmasında kilit rol almıştır. Çünkü su, insanoğlunun hayatını idame edebilmesi için mutlaka olması gereken maddelerin başında gelir. Günümüzde meydana gelen iklim değişiklikleri, sanayileşme konusunda meydana gelen artışlar, nüfus artışı ve küresel ısınma gibi olaylar suyun önemini arttırmaktadır. En önemli su kaynaklarından birisi de akarsulardır. Akarsularla ilgili trendlerin belirlenmesi, eksik akım verilerinin tamamlanması, su kalitesinin belirlenmesi gibi pek çok konuda çalışmalar yapılmıştır. Kurak dönemlerde akarsu akımının büyük bir bölümünü oluşturan taban akışının belirlenmesi ve bu taban akışının trendinin tespit edilmesi ise akarsu modellemelerinde çok önemli bir yer tutmaktadır.

Yeraltı suyu ve yüzey suyu sistemlerinin iklim değişikliğine nasıl tepki verdiğini belgelemek, özellikle büyük sıcaklık ve yağış değişikliklerinin gözlemlendiği bölgelerde su kaynaklarını yorumlayabilmek çok önemlidir (Hagedorn and Meadows, 2021). Bu doğrultuda araştırmacılar akarsular ile ilgili yapmış oldukları çalışmalarda toplam akışı, akışın davranışı ve akışın bileşenleri şeklinde ayrı ayrı göz önünde bulundurarak incelemelerde bulunmuşlardır. Bunun sonucunda akışı dolaysız akış ve dolaylı akış (taban akışı) şeklinde iki kısma ayırarak incelemeler yapmışlardır. Dolaysız (doğrudan) akış, yüzeysel akış ile yüzey altı akışının gecikmesiz kısmı (zemin içerisine süzöldükten kısa bir süre sonra akarsuya varan); taban (dolaylı) akışı ise yeraltı akışı ve yüzey altı akışının gecikmeli yani akarsu ile uzunca bir süre sonunda birleşen kısmı şeklinde tanımlanmaktadır (ERİŞ, 2017).

Günümüzde insanoğlunun suya olan talebi hızlı bir artış göstermektedir. Bu da su kaynaklarının (baraj, bağlama, sulama göleti vb.) planlanması, inşa edilmesi ve işletilmesi gibi hususların öneminin gün geçtikçe artmasına sebep olmuştur. Bu gibi durumlarda en önemli husus var olan veya gelecekte meydana gelebilecek su potansiyelinin tespit edilmesidir. Su kaynaklarının (akarsu, göl vb.) su potansiyellerinin tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Su kaynaklarındaki su potansiyelinin tespit edilmesinde yağışın olmadığı dönemlerde akarsu akımının önemli bir kısmını meydana getiren dolaylı akışın (taban akışı) tespit edilmesi çok önemli bir husus olmaktadır (Saplıoğlu and Çimen, 2010). Bu konuda Sayısal

Filtreleme (Lyne ve Hollick, Chapman, Eckhardt vb.), İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi (UKIH), HYSEP methods, PART, BFLOW, Kille yöntemi ve taban akışı indeksi (BFI) gibi pek çok yöntem kullanılmıştır.

Ayrıca hidrolojik verilerin analizi dışında trendlerinin belirlenmesi de oldukça önemlidir. Trend belirlemek için pek çok yöntem belirlenmiştir ve belirlenen bu yöntemler pek çok çalışmada kullanılmıştır. Bu yöntemler içerisinde en çok kullanılan Mann Kendall testi birçok çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca günümüzde yenilikçi yaklaşımlarla trend testi daha kolay yorumlanabilir şekle gelmiştir. Bunların başında da İnovative Şen Grafik Testi gelmektedir. Bu analizde pek çok çalışmada kullanılmıştır. Hidrolojik değişkenlerden olan yağış, akış, sıcaklık, buharlaşma, su kalitesi ve askıda katı madde miktarının trendlerinin (eğilimlerinin) belirlenmesinin yanı sıra taban akışı trendlerinin tespiti de su kaynaklarının planlanması, inşa edilmesi ve yönetilmesi hususlarında önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, Fırat Havzası'nda bulunan 21162 numaralı Ayvalı Tohma Suyu, 2164 numaralı Göynük Çayı Çayağzı, 2133 numaralı Munzur Suyu Melekbahçe ve Yeşilirmak Havzası'nda bulunan 1402 numaralı Kale akım gözlem istasyonlarından (AGİ) temin edilen günlük akım verileri kullanılarak taban akışı ayrılması amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada literatürde mevcut Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Chapman yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntem kullanılmıştır. Ayrıca bu yöntemlerdeki katsayıları kalibre edebilmek için Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması (PSO), Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması (SOA), Genetik Algoritma (GA), Gri Kurt Optimizasyonu Algoritması (GKO) ve Diferansiyel Evrim Algoritması (DE) ile birleştirilerek hibrit bir yöntem teklif edilmiştir. Birleştirilmiş yöntemin kolay ve hızlı kullanılabilmesi amaçlı bir yazılım kodu oluşturulmuştur. Fırat Havzası istasyonları için Tohma suyu 1979-2006, Göynük Çayı 1970-2014 ve Melekbahçe 1969-2009 yılları arası, Yeşilirmak Havzası Kale istasyonu için 1951-2015 yılları arasındaki hidrograflar için ayrı ayrı Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntemin katsayıları bulunmuştur. Böylelikle havzaya ve zamana özgün katsayılar tespit edilmiş ve taban akışları ayrılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında bu istasyona ait akım verileri, taban akışı değerleri ve taban akışı oranı (yüzdesi) değerlerinin MK ve ITA ile trendleri belirlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Eckhardt (2008), yaptığı çalışmada Kuzey Amerikadaki 65 havza için kendi önerdiği yöntem (Eckhardt) ile altı farklı taban akışı ayırma yöntemi (HYSEP1, HYSEP2, HYSEP3, PART, BFLOW, UKIH) ile hesaplanan taban akışı endekslerini karşılaştırmıştır. Bu çalışmada gerçek taban akışı değerlerinin bilinmemesi nedeniyle en iyi tahmini veren modelin bilinmeyeceğini belirtmekle beraber kendi önerdiği yöntemin hidrolojik yönden diğer yöntemlere göre daha uygun olduğunu belirtmiştir. Önerdiği yöntem tek bir sabit katsayı ile taban akışını belirleyebildiği için kullanışlı olduğunu belirtmiştir.

Zhang vd. (2020), Avustralya genelinde 596 havza için taban akışı ayırma indeksini (BFI) üç farklı yaklaşımla elde etmeye çalışmışlardır. HYDROLOG modelinin basitleştirilmiş versiyonu olan SIMHYD, Xinanjiang ve klasik liner regresyonu kıyaslamıştır. Bu 3 yaklaşımı değerlendirmek için taban akışı ayırma yöntemlerinden olan Birleşik Krallık Hidroloji Enstitüsü (UKIH) yöntemi ve üç dijital filtreleme yöntemi: Chapman-Maxwell, Lyne-Hollick ve Eckhardt yöntemlerini kullanmışlardır. Nash–Sutcliffe Verimliliği (NSE) ile kıyaslamaya yapmıştır. Bu kıyaslamaya göre çok seviyeli regresyon modellerinin yaklaşım olarak iyi sonuç (NSE=0) verdiği klasik liner regresyon modelinin orta düzeyde sonuç (NSE=0.57) SIMHYD modelinin ise zayıf performans (NSE=-8.44) gösterdiğini söylemişlerdir.

Zhang vd. (2017), yapmış oldukları çalışmada 5 Doğu Avustralya havzası için izleyici tabanlı hidrograf ayırma yöntemine karşı yaygın olarak kullanılan 4 izleyicisiz taban akışı ayırma yöntemini (Birleşik Krallık Hidroloji Enstitüsü (UKIH) yöntemi ve üç dijital filtreleme yöntemi: Chapman-Maxwell, Lyne-Hollick ve Eckhardt yöntemleri) kapsamlı bir şekilde değerlendirmişlerdir. Durgunluk sabitinin tahmini için Otomatik Taban Akışı Tanımlama Tekniği (ABIT)'ni kullanmışlardır. Sonuç olarak dijital filtreleme yöntemlerini uygulamadan önce uygun parametre (ler)i elde etmenin önemli olduğunu söylemişlerdir.

Kissel ve Schmalz (2020), Almanya'daki Fischbach havzasındaki taban akışını tahmin etmek ve bu bölge için uygun olabilecek taban akışı tahmin yöntemlerini belirlemek için çalışma yapmışlardır. Dijital filtreler, bir kütle denge filtresi (MBF) ve sürekli

olmayan tahmin yöntemleri dahil olmak üzere birkaç farklı taban akışı ayırma yöntemini uygulamışlardır ve taban akışının tahmininde karşılaştırma yapmışlardır. MBF yöntemini elektrik iletkenliğini (EC) kullanarak hazirandan eylül ayına ve kasımdan mayıs ayına kadar sırasıyla taban akışı ve akım bileşeninin EC'sini tahmin etmek için uygun bulmuşlardır. Taban akışı indeksini (BFI) 0.4-0.5 aralığında tahmin etmişlerdir. Sonuç olarak; Chapman ve Maxwell, Kille yöntemi ve Q90/Q50 oranının MBF'ye benzer sonuçlar verdiğini ve bu bölge için taban akışı tahmininde kullanılabileceklerini söylemişlerdir.

Hagedorn ve Meadows (2021), yapmış oldukları çalışmada çok amaçlı optimizasyon (MOO) ve kısa süreli otokorelasyon (STA) için geliştirilmiş Mann-Kendall (MK) testlerini kullanarak Michigan'daki 10 havza için taban akışı ve taban akışı indeksi (BFI) trend analizlerini sunmuşlardır. Sonuç olarak, daha düşük bir STA duyarlılığı nedeniyle kısa vadeli (<50 yıl) hidrolojik trend analizi için nesnel olarak kısıtlanmış bir BFI parametresinin değerini vurgulamışlardır.

Sing vd. (2019), yapmış oldukları çalışmada Yeni Zellanda'daki tüm akarsu kolları için taban akışı indeksini (BFI) belirlemişlerdir. Taban akışı ve toplam akım verileri için ölçüm yapılan her sahada uzun vadeli BFI ve BFI'nın mevsimsel değerlerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak, BFI değerinin 0.20-0.96 arasında değiştiğini ve ortalama değerinin 0.53 olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca Yeni Zellanda'daki uzun vadeli akarsu akışının %53'ünün yeraltı suyu ve diğer gecikmeli kaynaklardan oluştuğunu ortaya koymuşlardır.

Lee vd. (2019), yapmış oldukları çalışmada dik eğimli bir havzada taban akışını tahmin etmek amacıyla toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) modelini kullanmışlardır. Çalışmalarını iki hedef doğrultusunda yürütmüşlerdir. Birincisi, farklı eğim büyüklüğünde ve eğim uzunlukları için SWAT kullanarak akarsu akımı tahminlerini değerlendirmektir. İkincisi ise taban akışı ayırma yöntemi aracılığıyla akarsu akışına taban akışının katkısını analiz etmektir. Bu hedeflere ulaşmak amacıyla Güney Kore'deki Hae-an-myeon havzasında çeşitli eğim büyüklükleri ve eğim uzunlukları değerlerini içeren 5 senaryo için SWAT modelini ve Web Tabanlı Hidrograf Analiz Aracı (WHAT) modelini kullanmışlardır. Sonuç olarak, uygun eğim büyüklüğü ve

uygun eğim uzunluğu karakterizasyonunun SWAT modelinin tahmin yeteneğini önemli ölçüde geliştireceğini söylemişlerdir.

Bastola vd. (2018), yapmış oldukları çalışmada Nepal’de taban akışının akarsu akışına aylık ve yıllık katkılarını belirlemeye çalışmışlardır. İki havzada taban akışını akarsu akışından ayırmak için WHAT, BFLOW ve HYSEP tekniklerini kullanmışlardır. Sonuç olarak, muson sonrası (Ekim-Kasım) ve kış mevsiminde (Aralık-Şubat) taban akışının akarsu akışına katkısının yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Taban akışı indeksi nin (BFI) muson öncesi (Mart-Mayıs) değer olarak biraz düştüğünü, muson mevsiminde (Haziran-Eylül) ise BFI’nın değer aralığının en düşük seviyede olduğunu söylemişlerdir. Taban akışının katkı yüzdesinin tüm mevsimlerde %45’i geçtiğini belirtmişler ve bundan ötürü akarsu ekolojisinin verimli yönetimi için taban akışının uygun şekilde değerlendirilmesini çok önemli olduğunu söylemişlerdir.

Li vd. (2014), literatürde bir dizi fiziksel havza özellikleri ve hidrolojik girdilere bağlı yaygın bir şekilde kullanılan üç özyinelemeli dijital filtreler yöntemlerini (Lyne ve Hollick-Boughton-Eckhardt) kullanmışlardır. Yapmış oldukları çalışmalarında en uygun parametreleri elde etmek için tam entegre yüzey suyu/yeraltı suyu (SW/GW) modellerinin çıktısını kullanmışlardır. Sonuç olarak, Lyne ve Hollick (LH) yönteminin Boughton ve Eckhardt yöntemlerinden daha iyi bir performans gösterdiğini söylemişlerdir.

Padiyedath vd. (2017), yapmış oldukları çalışmada Hindistan’daki Baitarani Nehri’nin tropikal yağışlı ve kurak bir iklim bölgesinde taban akışını ayırmayı amaçlamışlardır. Taban akışını ayırmak için Eckhardt ve Lyne Hollick yöntemlerini kullanmışlardır. Ayrıca iki yöntemi yağışlı ve kurak mevsimler için Taban Akışı İndeksi (BFI) değerinin tahmininde de kullanmışlardır. Sonuç olarak, Eckhardt yönteminin Lyne ve Hollick yöntemine kıyasla taban akış için daha iyi tahminler ürettiğini söylemişlerdir.

Baharudin vd. (2014), yapmış oldukları çalışmada Tanjung Malim’deki Sungai Bernam’da taban akışını ayırmak için günlük akış verilerini Lyne ve Hollick filtre yöntemi ile analiz ederek tespit etmeye çalışmışlardır. Akım verilerini bir aylık, bir yıllık ve 5 yıllık gibi farklı süreçlere göre analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, Taban Akışı

İndeksi (BFI) için sabit bir değer (kalıp) olmadığını belirtmişlerdir. Tüm değerlerin 0.6-0.8 arasında değiştiğini ve bu değerın iklim, topoğrafya ve jeolojik özelliklere bağılı olarak zamana bağılı değiştiğini belirtmişlerdir.

Li vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada farklı özellikteki kumlu topraklara sahip su toplama havzaları için yaygın olarak kullanılan Lyne ve Hollick yönteminin taban akış ayırımındaki performansını araştırmışlardır. Lyne ve Hollick filtresini kullanarak elde ettikleri taban akışı hidrograflarını HydroGeoSphere modeli ile 3 boyutlu bir havzadan simüle edilmiş taban akışı ile karşılaştırma yapmışlardır. Sonuç olarak, Lyne ve Hollick filtre performansının toprak özelliklerine göre önemli ölçüde değiştiğini söylemişlerdir. Aynı zamanda Lyne ve Hollick filtre parametrelerinin toprak özelliklerine göre ayarlanmasıyla önemli ölçüde iyileştirilebileceğini sonuçlar doğrultusunda bildirmişlerdir.

Zare Bidaki vd. (2015), yapmış oldukları çalışmada taban akışı tahmini için Tire Lorestan Nehri üzerindeki Tireh Dorood hidrometre istasyonunun 30 yıllık günlük akım verilerini kullanmışlardır. 1982-2011 yılları arasındaki günlük veriler için taban akış indeksi (BFI), özyinelemeli dijital filtre yöntemi ve HYSEP yöntemlerini kullanarak taban akışını hesaplamışlardır. Sonuç olarak, taban akışının akarsu akışının %74-%78'ini oluşturduğunu söylemişlerdir. Ayrıca 0.9 filtre indeksli Lyne Hollick yönteminin uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Chen ve Teengavarapu (2019), yapmış oldukları çalışmada iletkenlik kütle dengesi (CMB) yöntemi ile dört farklı taban akışı ayırma yöntemini (HYSEP, WHAT, BFLOW ve PART) kullanarak taban akışını tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma bölgesi olarak Güney Atlantik-Körfez (SAG) bölgesini tercih etmişlerdir. Bu bölgede 1970-2013 yılları arasında 75 akım gözlem istasyonundan alınan günlük akım verileri ile taban akışı indeksini (BFI) tahmin etmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak, PART ve HYSEP yöntemlerinin sırasıyla 0.62 ve 0.52 değerleri ile en yüksek ve en düşük ortalama BFI değerlerini sağladıklarını söylemişlerdir.

Hu vd. (2021), yapmış oldukları çalışmada Yellow Nehri Havzası'nda bulunan dört havzada dört tek parametrelili dijital filtreleme, yinelemeli dijital filtreleme ve HYSEP

(Akım Hidrografi Ayırma) yöntemlerinin uygulanabilirliğini değerlendirmişlerdir. Ayrıca taban akışı verilerinin hem yıllık hem de aylık değişimlerini incelemişlerdir. Özyinelemeli dijital filtreleme yöntemiyle taban akışı indeksinin standart sapmasının ve varyasyon katsayısının nispeten küçük olduğunu tespit etmişlerdir. Yelllow Nehri taban akışı ayırımı için en iyi performansı özyinelemeli dijital filtreleme yönteminin verdiğini belirtmişlerdir. Havzaların tahmini taban akışı indeksi değerinin 0.354-0.502 arasında olduğunu söylemişlerdir.

Lim vd. (2005), yapmış oldukları çalışmada taban akışı ayırma konusunda iki dijital filtreleme yöntemi, BFLOW, Eckhardt yöntemi, Web Tabanlı Hidrograf Analiz Aracı (WHAT) yöntemini kullanmışlardır. Eckhardt yönteminden elde edilen sonuçları bu çalışma için ölçülmüş taban akışı verileri mevcut olmadığından daha önce doğrulanmış olan BFLOW filtre yönteminin sonuçları ile karşılaştırmışlardır. İki dijital filtre yöntemi için Nash-Sutcliffe katsayısı değerlerinin 50 ölçüm istasyonu için 0.91 değerinin üzerinde olduğunu söylemişlerdir. Taban akışının akarsu akımından manuel olarak ayrılması sonuçlarda tutarsızlığa neden olabileceğini ancak WHAT yönteminin bir dakikadan daha kısa sürede tutarlı sonuçlar sağladığını söylemişlerdir.

Sawaske ve Freyberg (2014), yapmış oldukları çalışmada yıllık düşük akım koşullarını ve taban akışı durgunluk formunu temsil eden endeksleri tanımlamayı ve hesaplamayı amaçlamışlardır. Ayrıca Pasifik kıyı sıradağlarının yağmur ağırlıklı akarsuları için zamanla bu endekslerdeki eğilimleri değerlendirmişlerdir. İki farklı taban akışı durgunluk analizi tekniğini kullanmışlardır. Sonuç olarak, son 40-80 yıl boyunca bölge genelinde artan taban akışı durgunluk oranları ve azalan yıllık düşük akım koşulları gibi eğilimlerin olduğunu söylemişlerdir.

Novita ve Wahyuningsih (2016), yapmış oldukları çalışmada taban akışı indeksini ve taban akışı ayırımı için uygun yöntemi belirlemeyi amaçlamışlardır. Yedi özyinelemeli dijital filtre (RDF) ve iki grafik yöntemi kullanmışlardır. Yöntemleri test etmek için 8 havzadan alınan akım verilerini kullanmışlardır. İlk olarak her bir yöntemi taban akışını ayırmak amacıyla her yıl için günlük akım verilerini kullanarak kalibre etmişlerdir. Daha sonra yıllık değerlerin ortalaması alınarak optimum parametre değerlerini elde etmişlerdir. Sonuç olarak bu bölgedeki taban akışını ayırmak için tüm

yöntemlerin kullanılabileceğini söylemişlerdir. Ayrıca Lyne-Hollick, EWMA ve Yerel Minimum yöntemlerinin diğer altı yönteme göre daha iyi performans gösterdiğini söylemişlerdir.

Latuamury vd. (2022), yapmış oldukları çalışmada Maluku Eyaleti'nin Ambon Şehri'ndeki Küçük Ada havzasının hidrolojik özellikleri için grafik yöntemlerini analiz etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada tek parametrelili algoritma, iki parametrelili algoritma, Lyne-Hollick, Chapman ve Eckhardt gibi beş özyinelemeli dijital filtreleme (RDF) yöntemlerini kullanmışlardır. Sonuç olarak Eckhardt filtre yönteminin diğer kullanılan yöntemlere nazaran daha iyi performans sergilediğini söylemişlerdir.

Indarto vd. (2021), yapmış oldukları çalışmada Doğu Java'daki üç küçük havzadaki (Surabaya-Perning, Lamong-Simoanggrok ve Bangsal-Kedunguneng) kurak dönemler için taban akışı katkısını tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada altı özyinelemeli dijital filtre (RDF) yöntemini kullanmışlar ve Temmuz-Eylül dönemini kurak mevsiminin zirvesi olarak kabul etmişlerdir. Ayrıca algoritmaları kalibre etmek için 1996-2005 yılları arasındaki verileri kullanmışlardır. Sonuç olarak kullanılan tüm yöntemlerin bölgedeki taban akışı tahmini için uygulanabileceğini söylemişlerdir. Ayrıca yöntemler arasından en iyi performansı Lyne-Hollick ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) yöntemlerinin sergilediğini söylemişlerdir.

Koskelo vd. (2012), yapmış oldukları çalışmada Yağmur Kayıtlı Kayan Ortalama (SARR) yöntemini Delmarya Yarımadası'nın Choptank havzasında (ABD Orta Atlantik Bölgesi) test etmişlerdir. Sonuçları yıllık ölçekte Birleşik Krallık Hidroloji Enstitüsü (UKIH) yöntemi ve hidrokimyasal yöntemi ile karşılaştırmışlardır. SARR yönteminin UKIH yöntemine nazaran yıllık olarak %10 daha yüksek bir taban akışı indeksini hesapladığını söylemişlerdir. Buna ek olarak SARR yönteminin hidrokimyasal yöntemden daha az taban akışı hesapladığını söylemişlerdir.

Xie vd. (2020), yapmış oldukları çalışmada taban akışını akarsu akışından ayırmak için çeşitli yöntemler geliştirildiğini söylemişlerdir. Hangi taban akışı ayırma yönteminin en iyi doğruluğa sahip olduğunu nicel olarak belirlemek için çalışmalarında sadece ölçülmüş akarsu akımına dayanan güvenilir bir değerlendirme kriteri oluşturmuşlardır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 1815 havzaya uygulamak

için dört grafik yöntemi ve beş dijital filtreleme yöntemi dahil olmak üzere dokuz taban akışı ayırma yöntemini kullanmışlardır. Sonuç olarak Eckhardt yönteminin diğer yöntemlere nazaran en iyi performansı sergilediğini söylemişlerdir.

Taormina vd. (2015), yapmış oldukları çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeyindeki dokuz farklı ölçüm istasyonu için Modüler modellerin (MM) performansını küresel modellerle (GM) karşılaştırmışlardır. Filtre parametrelerinin ve model yapısının tanımlanması için ikili kodlu sürü optimizasyonu kullanılırken, deneyleri gerçekleştirmek için gereken büyük hesaplama sürelerini önemli ölçüde azaltmak için yapay sinir ağları (ANN) yerine Ekstrem Öğrenme Makineleri yöntemini kullanmışlardır. Sonuç olarak, toplam akımı tahmin etmek için MM'nin GM'den daha iyi performans gösterdiğine dair hiçbir kanıt olmadığını söylemişlerdir.

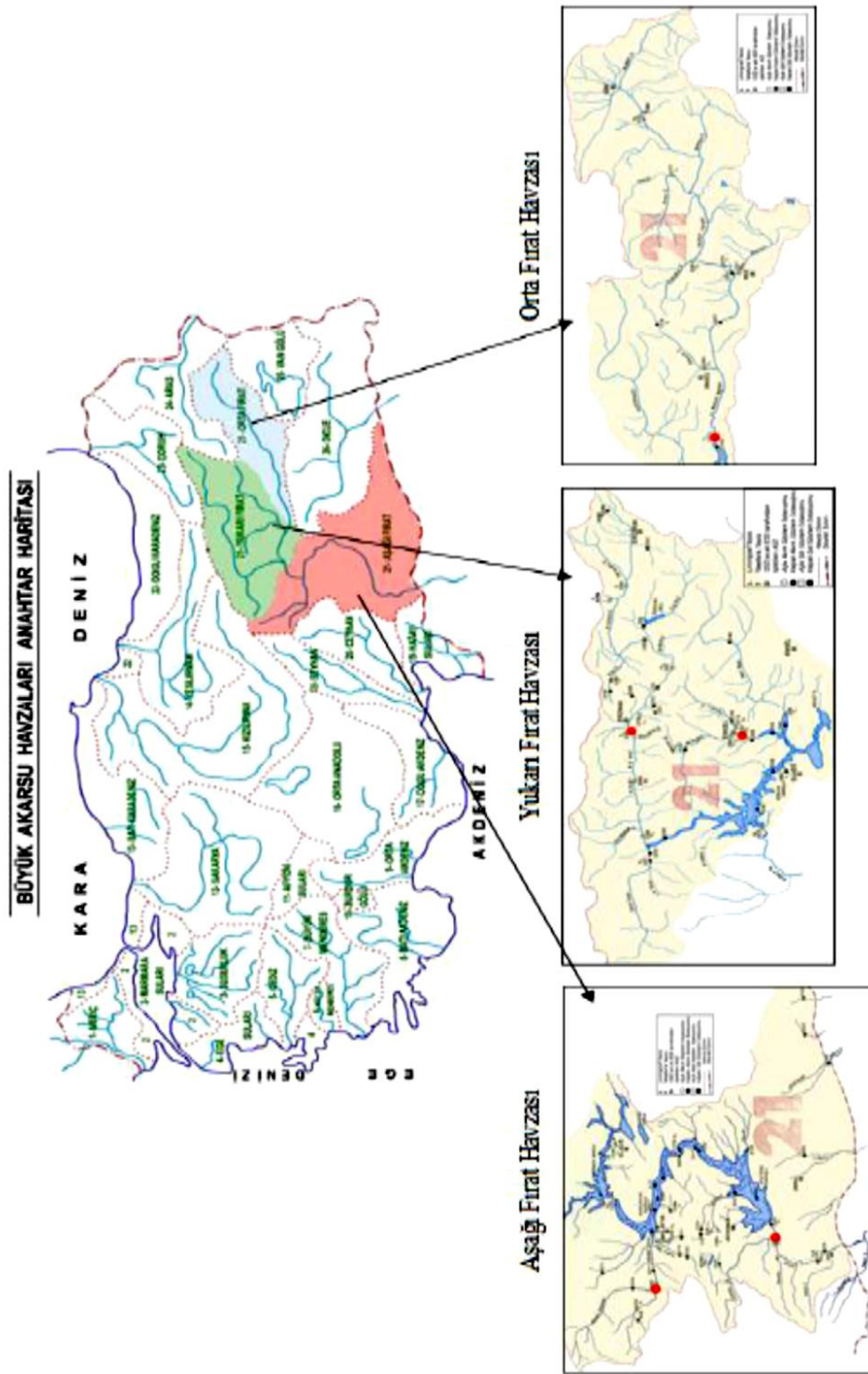
Corza ve Solomatine (2007), yapmış oldukları çalışmada çeşitli akım rejimlerinin varlığını hesaba katan modüler bir mimarinin kullanımı yoluyla hidrolojik bilginin modelleme sürecine dahil edilmesi sorununu ele almışlardır. Kümelemeye dayalı otomatik sınıflandırma, uyarlanmış bir temel akış ayırma tekniğine dayalı hidrografın zamansal bölümlendirmesi ve optimize edilmiş bir temel akış ayırma filtresi gibi üç farklı bölümlendirme şemasını kullanmışlardır. Üç farklı model performans ölçümü analizi yapmışlardır. Sonuç olarak, hidrolojik bilgiyi içeren modüler modellerin, geleneksel YSA tabanlı modellerden daha doğru olduğu görüşünü ileri sürmüşlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri

Bu tez çalışmasında, Fırat Havzası ve Yeşilırmak Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Fırat ve Yeşilırmak Havzaları, Türkiye’de bulunan 25 adet hidrolojik havzadan ikisidir. Fırat Nehri hem Güneybatı Asya’nın ve hem de Türkiye’nin en geniş drenaj sahasına sahip bir akarsudur. Doğu Anadolu Bölgesindeki kaynağının üç bin metre yükseltisi vardır. Fırat Nehri Türkiye’de birkaç ilin sınırını belirler. Bunlar Erzincan, Elâzığ, Malatya, Tunceli, Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep ve Şanlıurfa illeridir. Türkiye’de bu illerin sınırlarından sonra Suriye, daha sonra Irak topraklarına girer. Fırat Nehri iki ana kol (Murat-Karasu) ile birlikte onlarca yan koldan beslenir. Murat Nehri bu kollar arasında en önemli yeri kapsamaktadır. Ağrı Dağı eteklerinden doğan Murat Nehri, güneybatıya doğru yaklaşık olarak 500 km akış gösterir ve daha sonra kuzeyden gelen Karasu Nehri ile Keban Barajı’nın yaklaşık olarak 10 km kuzeyinde birleşir (Yıldırım, 2006). Fırat Havzası; Aşağı Fırat, Orta Fırat ve Yukarı Fırat olmak üzere kendi içerisinde üçe ayrılmıştır (Şekil 3.1). Fırat Nehri’nin toplam uzunluğu 2800 km’dir. Türkiye sınırları içerisinde bulunan bölümünün uzunluğu ise 1263 km’dir. Ayrıca 720 000 km² su toplama havzasına sahiptir. Fırat Nehri’nin ortalama yıllık akımı ise 30 milyar m³ civarındadır. Bu akımın %80’i Keban barajının kuzeyindeki havzadan kaynaklanır. Kışın debi 200 m³/sn, ilkbaharda ise debi 2000 m³/sn’dir. Kışın debinin az olmasının sebebi; yağışların kar şeklinde olmasıdır. İlkbaharda yağmurlar ve karın da erimesi sebebiyle debi hızlı bir şekilde yükselme göstermektedir. Yazın temmuz ayından itibaren azalmaya başlayan su en düşük seviyeye Eylül-Ekim aylarında ulaşır (Yıldırım, 2006). Fırat Havzası hem 127 304 km²’lik yüzölçümü hem de 1009.87 m’lik ortalama yüksekliği ile Türkiye’nin en büyük su havzasıdır (Eİİ, 2000).



Şekil 3.1. Fırat Havzası haritası (Gümüş, 2006)

Yeşilırmak Havzası, 36114 km² drenaj alanına sahip bir havzadır. Amasya, Samsun, Tokat, Çorum, Yozgat, Sivas, Giresun, Gümüşhane, Bayburt, Ordu ve Erzincan gibi 11 adet ilin sınırlarının tamamı veya bir bölümü havza sınırları içerisinde bulunmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre yıllık 646 mm yağış yüksekliği bulunan Yeşilırmak Havzası Türkiye yüz ölçümünün yaklaşık %5'ine

sahiptir (Murat, 2018). Yeşilırmak Havzası'na ait yer bulduru haritası ile sayısal yükseklik modeli Şekil 3.2'de verilmiştir. Seçilen bölgede havza boyunca birçok akım gözlem istasyonu (AGİ) inşa edilmiştir.



Şekil 3.2. Yeşilırmak Havzası haritası (Murat, 2018)

3.1.2. Çalışmada kullanılan veriler

Bu tez çalışmasında, Fırat Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarından üç adet ve Yeşilırmak Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarından ise bir adet istasyon seçilmiştir. Fırat Havzası'ndan seçilen istasyonlar; 21162 numaralı Ayvalı Tohma Suyu, 2164 numaralı Göynük Çayı Çayağzı, 2133 numaralı Munzur Suyu Melekbahçe istasyonlarıdır. Yeşilırmak Havzası'ndan ise 1402 numaralı Kale akım gözlem istasyonu seçilmiştir. Seçilen bu istasyonlara ait detaylı bilgiler Çizelge 3.1'de verilmiştir ve bu istasyonlara ait yer bulduru haritaları Şekil 3.3'te ve Şekil 3.4'te verilmiştir. Ayrıca istasyonlardan temin edilen veriler ile ilgili istatistikler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

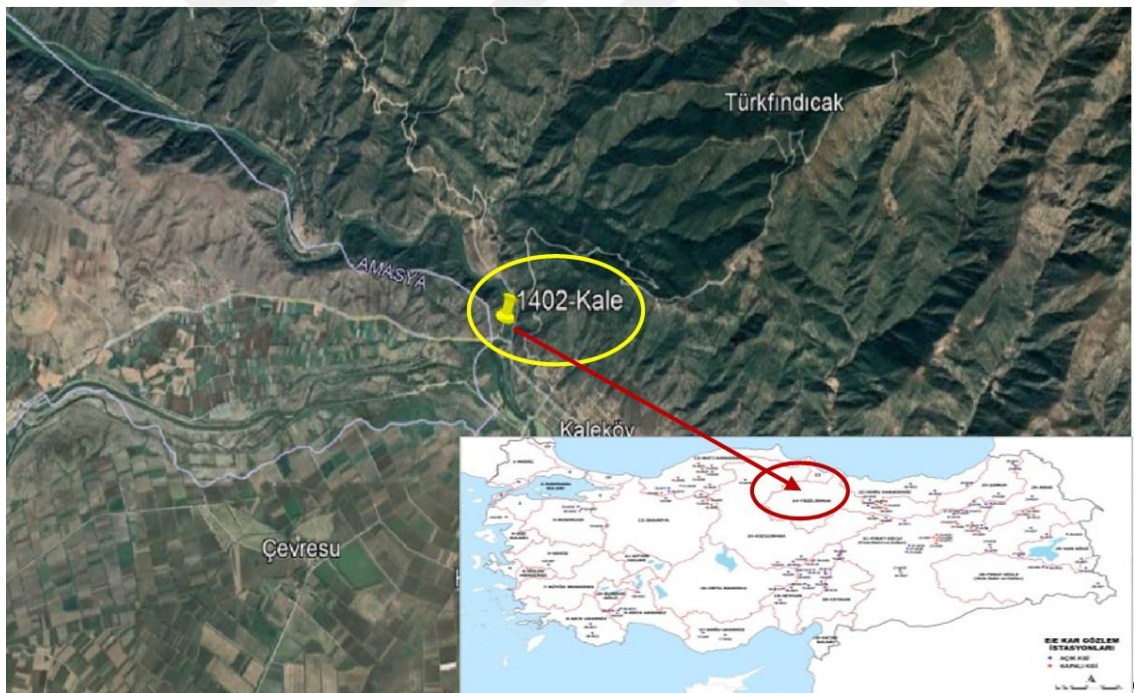
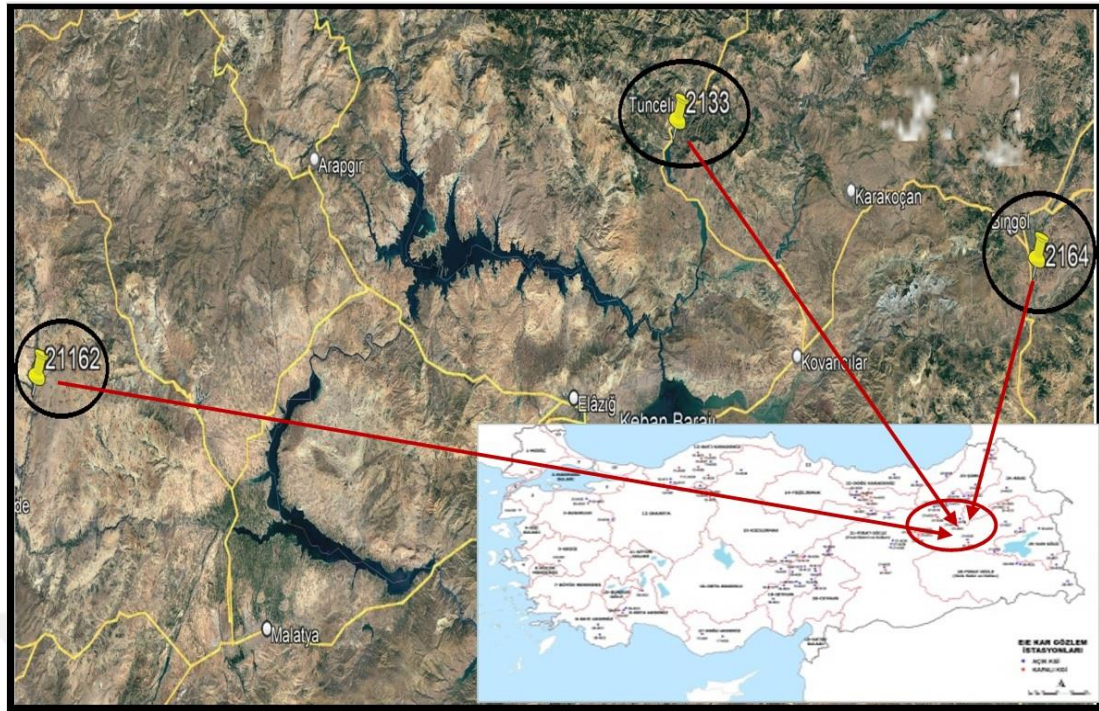
Çizelge 3.1. Seçilen akım gözlem istasyonlarına ait genel bilgiler

İstasyon No	İstasyon Adı	Rasat Yılları	Enlem-Boylam	Yükseklik (m)
D21A162	Ayvalı Tohma Suyu	1979-2006	38°42'24''K 37°39'59''D	1160
E21A064	Göynük Çayı Çayağzı	1979-2006	38°48'31''K 40°33'17''D	990
E21A033	Munzur Suyu Melekbahçe	1979-2006	39°02'45''K 39°31'34''D	875
1402	Kale	1980-2015	40°46'04''K 36°30'37''D	240

Çizelge 3.2. İstasyonlardan alınan verilerin istatistiksel analizi

	Göynük Çayı	Kale	Melekbahçe	Tohma Suyu
Ortalama	32,33	143,19	86,65	8,52
Standart Hata	0,43	0,87	0,66	0,05
Ortanca	10,00	99,50	52,20	6,83
Standart Sapma	55,15	133,61	80,93	5,08
En Büyük	0,45	4,42	17,70	1,82
En Küçük	639,00	1525,00	986,00	61,60
Toplam	531373,94	3399267,15	1297561,00	87081,39
Say	16435,00	23740,00	14975,00	10225,00
Güvenirlilik Düzeyi (95,0%)	0,84	1,70	1,30	0,10

Bu çalışmada, bu dört istasyondan alınan günlük akım verileri değerlendirilmiştir. Bu veriler kullanılarak taban akışının ayrılması konusunda sayısal filtreleme yöntemlerinden Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Chapman yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntem kullanılmıştır. Daha sonra bu bölgelerdeki istasyonların taban akışı miktarı tespit edilmeye çalışılmıştır.



3.2. Yöntem

Çalışmanın bu bölümünde literatürde sıkça kullanılan taban akışı ayırma yöntemlerinden Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell ve Boughton-

Chapman yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntem; meta-sezgisel optimizasyon yöntemlerinden parçacık sürü optimizasyonu algoritması (PSO), Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması (SOA), Genetik Algoritma (GA), Gri Kurt Optimizasyonu Algoritması (GKO), ve Diferansiyel Evrim Algoritması (DE); son olarak literatürde sıkça kullanılan trend analiz yöntemlerinden Mann-Kendall ve Şen trend testi (Innovative trend test) yöntemleri ile ilgili temel ve teorik bilgiler verilmiştir.

3.2.1. Taban akışı

Taban akışı, akarsu akımının önemli bir bileşenidir. Taban akışı yavaş değişkenlik gösteren ve genel olarak yeraltı suyu akımı şeklinde sulak alanlarının (nehir, göl vd.) beslenmesinde rol alan toplam akımın önemli bir bileşenidir. Özellikle kurak dönemlerde akarsu yatağındaki akımın büyük kısmını taban akışı karşılamaktadır. Temel olarak taban akışı kurak dönemlerdeki akış veya akımın yeraltı suları kısmından gelen akış şeklinde tanımlanabilir. Bu nedenle, taban akışının varlığı ve akarsu akımına katkısı su kaynaklarının uygun bir şekilde planlanması ve yönetimi için kritik bir öneme sahiptir (Santhi vd., 2008; Ahiablame vd., 2013; Ahiablame vd., 2017).

3.2.1.1. Lyne ve Hollick yöntemi

Lyne ve Hollick filtresi sinyal analizine ve işlemeye dayanır. Toplam akışı taban akışı (Q_b) ve yüzey akışı (Q_q) olmak üzere iki bileşene ayırır. Yüzey akışını öncelikle şu şekilde tahmin eder (Denklem 3.1):

$$Q_{q(i)} = \alpha * Q_{q(i-1)} + \frac{1+\alpha}{2} * (Q_i - Q_{i-1}) \quad (3.1)$$

Burada; Q toplam akışı, Q_q yüzeysel akışı, i zaman adımını (gün) ve α ise filtre parametresini (durgunluk sabiti) temsil etmektedir. Daha sonra taban akışı (Q_b) şu şekilde hesaplanır (Denklem 3.2):

$$Q_{b(i)} = Q_i - Q_{q(i)} \quad (3.2)$$

Bu yöntem, filtre parametresi α 'yı 0.925'e ayarlayarak yaygın bir şekilde kullanılır (Nathan ve McMahon, 1990). Ancak, eğim ve şekil gibi bölgesel ölçek faktörleri ile kontrol edilen bazı küçük havzalarda 0.925 olarak alınan filtre parametresinin taban akışı indeksi (BFI) için zayıf tahminler verdiği bulunmuştur (Post ve Jakeman, 1996; Ladson vd., 2013; Zhang vd., 2017).

3.2.1.2. Chapman yöntemi

Chapman (1991) Lyne-Hollick algoritmasının hatalı olduğunu, yüzey akışı sona erdiğinde sırasıyla sabit bir akış “y” veya taban akışı “b” sağladığını belirtmiştir ve bu nedenle Denklem 3.3'te verilen yeni algoritmayı geliştirmiştir (Eckhardt, 2005).

$$b_k = \frac{3\alpha - 1}{3 - \alpha} * b_{k-1} + \frac{1 - \alpha}{3 - \alpha} * (y_k + y_{k-1}) \quad (3.3)$$

$b_k \leq y_k$ 'ye tabidir. Burada, α filtre parametresidir. b_k taban akışını temsil etmektedir ve b_{k-1} bir gün önceki taban akışı değerini temsil etmektedir. Denklem 3.4'ün eşdeğeri Denklem 3.4'teki gibidir:

$$b_k = \alpha * b_{k-1} + \frac{1-\alpha}{2} * (f_k + f_{k-1}) \quad (3.4)$$

Yüzey akışı sona erdiğinde, filtre parametresi denklemde bulunan durgunluk sabiti α 'nın hidrolojik değerini alır (Denklem 3.5):

$$b_k = \alpha * b_{k-1} \quad (3.5)$$

Daha çok yeraltı suyu beslenmesi olmayan yağışsız dönemlerde taban akışı durgunluğunu tanımlamak için kullanılır. Bu nedenle, filtre parametresi α artık bir durgunluk analizi ile nesnel olarak türetilbilir (Eckhardt, 2005).

3.2.1.3. Chapman ve Maxwell yöntemi

Chapman ve Maxwell 1996 yılında taban akışını aynı andaki yüzey akışının ve bir önceki andaki taban akışının ağırlıklı ortalaması olarak kabul etmişlerdir ve CM yöntemini Denklem 3.6'daki gibi önermişlerdir (Chapman, 1999; Hu vd., 2021).

$$Q_{b(t)} = \frac{f_1}{2-f_1} * Q_{b(t-1)} + \frac{1-f_1}{2-f_1} * Q_t \quad (3.6)$$

Burada; f_1 durgunluk sabitidir.

3.2.1.4. Boughton ve Chapman yöntemi

Taban akışını daha düzgün hale getirmek için 1993 yılında Boughton BC yöntemini Denklem 3.7'deki gibi önermiştir (Eckhardt, 2005; Hu vd., 2021).

$$Q_{b(t)} = \frac{f_1}{1+f_2} * Q_{b(t-1)} + \frac{f_2}{1+f_2} * Q_t \quad (3.7)$$

Burada; f_1 durgunluk sabitidir, f_2 sabit bir parametredir.

3.2.1.5. Önerilen yöntem

Denklem 3.3'te b_k değerinin başındaki α 'ya bağlı katsayı ile $(y_k + y_{k-1})$ 'in başındaki α değerine bağlı katsayı birbiri ile ilişkili olup sabit sayılarla işleme tabi tutulduğu için ayrılmaları imkansızdır. Bu nedenle tezde bu katsayıların yerine α_1 ve α_2 katsayılarının kullanılması önerilmiştir (Denklem 3.8). Önerilen yöntem ile katsayıların belirlenmesi amacıyla PSO, SOA, GA, GKO, DE yöntemleri kullanılarak optimizasyon yapılması amaçlanmıştır. Bu aşamada taban akışının yüzeysel akışını geçmesine neden olan herhangi bir katsayının tespit edilmesi durumunda bu katsayının optimizasyon aşamasından silinmesi birinci kısıt fonksiyonu olarak kabul edilmiştir. Ayrıca optimize edilen katsayı değerlerinde kurak mevsimlerde yüzeysel akış ile taban akışının örtüşmesi Denklem 3.9'daki gibi düşünülmüştür (Saphioğlu ve Ramazan, 2021).

$$b_k = \alpha_1 * b_{k-1} + \alpha_2 * (y_k + y_{k-1}) \quad (3.8)$$

$$c_f = \min(y_k - b_k) \quad (3.9)$$

3.2.2. Parçacık sürü optimizasyonu (PSO)

Parçacık sürü optimizasyonu (PSO) ilk olarak Reeves'in 1993 yılında Lucas adlı bir film projesinde çalışması esnasında bulut, patlama vb. herhangi bir bulanık objenin meydana getirilmesini sağlamak amacıyla beraber çalışabilen çok sayıda bireyi kullanan bir parçacık sistemini uygulamasıyla oluşmuştur (Parsopoulos ve Vrahatis, 2010).

Reynolds, Reeves (1983)'in tanımlamış olduğu parçacık sistemine oryantasyon ile iç-cisim bildirimini eklemiştir. Reynolds'un bu çalışması ile birlikte parçacıklar sürünün bazı basit kurallarını uygulayabilir duruma gelmişlerdir. Sezgisel yöntemlerden biri olan parçacık sürü optimizasyonu, doğada bulunan sürü davranışlarından bazılarının eklenmesiyle gelişmiş olan bir algoritmadır. Parçacık sürü optimizasyonu algoritması, popülasyon tabanlıdır ve kuşların, balıkların ve arıların davranışları gözlenerek meydana gelir (Reynolds, 1987).

Bilim adamları, hayvan sürüleri ile ilgili birçok araştırma yapmışlardır. Bu araştırmalarda sürüde bulunan bir bireyin çevresindekilerle ve diğer bireylerle olan davranışlarını incelemişlerdir. Bunun sonucunda bireyin bir sorunun çözümü için çevresiyle ve diğer bireylerle etkileşimde olduklarını fark etmişlerdir. Örneğin; kuş sürüsünde yiyecek arayışında bulunan bir kuş yiyecek bulduğu zaman sürüde bulunan diğer kuşlarla iletişime geçerek yiyeceğe ulaşmalarına yardımcı olur. Bir balık sürüsünde bulunan herhangi bir balık tehlikeli bir durum olduğunu fark ettiğinde sürüyü tehlikeden haberdar ederek sürüdeki diğer balıkların güvenliğine yardımcı olur. Arı sürüsünde de kuş sürülerine benzer bir iletişim söz konusudur; yiyecek bulan bir arı kolonide bulunan diğer arıları bu durumdan haberdar eder. Karınca sürüsünde ise yiyeceğe giden yollar arasından en kısa yolu bulurken bu yol üzerinde kimyasal bir madde salgılar ve sürüde bulunan diğer karıncalar bu yolu takip ederek en kısa yoldan yiyeceğe ulaşırlar (Dorigo vd., 1991; Kennedy ve Eberhart, 1995; Karaboğa, 2005). Mühendislikte, hayvanların sahip olduğu bu sürü zekâsından faydalanılarak problemlerin çözümü için algoritmalar geliştirilmiştir. Sürüde bulunan bir birey

sürüdeki diğer bireylerle iletişim halindedir. Bu sebeple bir bireyin herhangi bir hareketi sürüdeki diğer bireyleri de etkilemektedir. Sürüde merkezi bir yönetim yoktur. Bireyler kendi kontrollerini kendileri yapmaktadırlar. Parçacık sürü optimizasyonu (PSO) da sürü tabanlı bir optimizasyon yöntemidir. PSO diğer optimizasyon yöntemlerine göre daha kolay uygulanabilirlik sağlamaktadır. Çünkü PSO'da parametre sayısı daha azdır ve türev bilgisine ihtiyaç duyulmaz. Buna ek olarak parçacıklar, kendi konumlarıyla birlikte sürüdeki en iyi konum değerlerini de hatırladıkları için iyi bir hafızaya sahiptirler (Zhao vd., 2005; Juang ve Lu, 2006).

PSO'da sürünün yiyecek araması, bir problemin optimum çözümünü bulmaya benzetilmiştir. Sürüdeki her bir birey PSO' da bulunan bir parçacığı temsil etmektedir. Parçacıkların oluşturduğu popülasyona da sürü (swarm) denilmektedir. Sürüde bulunan her bir parçacık arama uzayındaki olası bir çözümdür. İlk hareketleri rastgele başlatılmış olan parçacıklar arama uzayında optimum parçacığı takip ederek hareket eder. Parçacığın hafızasında hızı, koordinatları, kendi optimum değeri ve sürüdeki optimum değeri saklanır (Arumugam vd., 2008). Kuşun yani parçacığın yer değiştirme miktarı o parçacığın hızıdır. Parçacık harekete başlarken kendi en iyi koordinat değeri ile birlikte sürüdeki en iyi koordinat değerini dikkate alır (Ratnaweera vd., 2004). Parçacığın yapmış olduğu her hareketinin sonunda yeni koordinatları uygunluk fonksiyonuna gönderilir. Böylece parçacığın uygunluk fonksiyonu değeri yeniden belirlenir. Sürünün hareketi parçacıklardan birinin optimuma ulaşmasına veya iterasyon sayısına bağlıdır. PSO' da sürüde bulunan herhangi bir parçacığın optimum değere ulaşması yeterlidir (Zhang, vd., 2007; Ghoshal, 2004).

3.2.2.1. Parçacık sürü optimizasyonu algoritması

PSO, canlıların hareketlerinden esinlenilerek oluşturulan bir optimizasyon tekniğidir. Grup halinde seyahat eden organizmalar, rastgele hareketlerle hedeflerine daha kolay ulaşabilir. Sürüdeki her canlı hem kendisinin hem de diğer bireylerin deneyimlerinden yararlanır. PSO'da problemin türüne göre parametreler belirlenir. Her parametre için başlangıç konumları (Denklem 3.10) ve hızlar (Denklem 3.11) belirlenir. Tüm parçacıkların sınır değerleri arasındaki uyum değerleri hesaplanır (Denklem 3.12). Yerel en iyi (p_{best}) değerleri, her yinelemenin sonunda hesaplanır. Ayrıca global en iyi (g_{best}) mevcut değerler dahilinde belirlenir. Tüm parçacıkların hızı güncellenir

(Denklem 3.13). Bu işlem sırasında p_{best} ve g_{best} değerleri hızın belirlenmesinde etkilidir. Önceki parçacık pozisyonu, elde edilen hız (Denklem 3.14) ile toplanarak güncellenir. Yazılacak kodlarda hız ve konum sınırların ötesine geçmemelidir (Şekil 3.5) (Saplioglu vd., 2020).

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

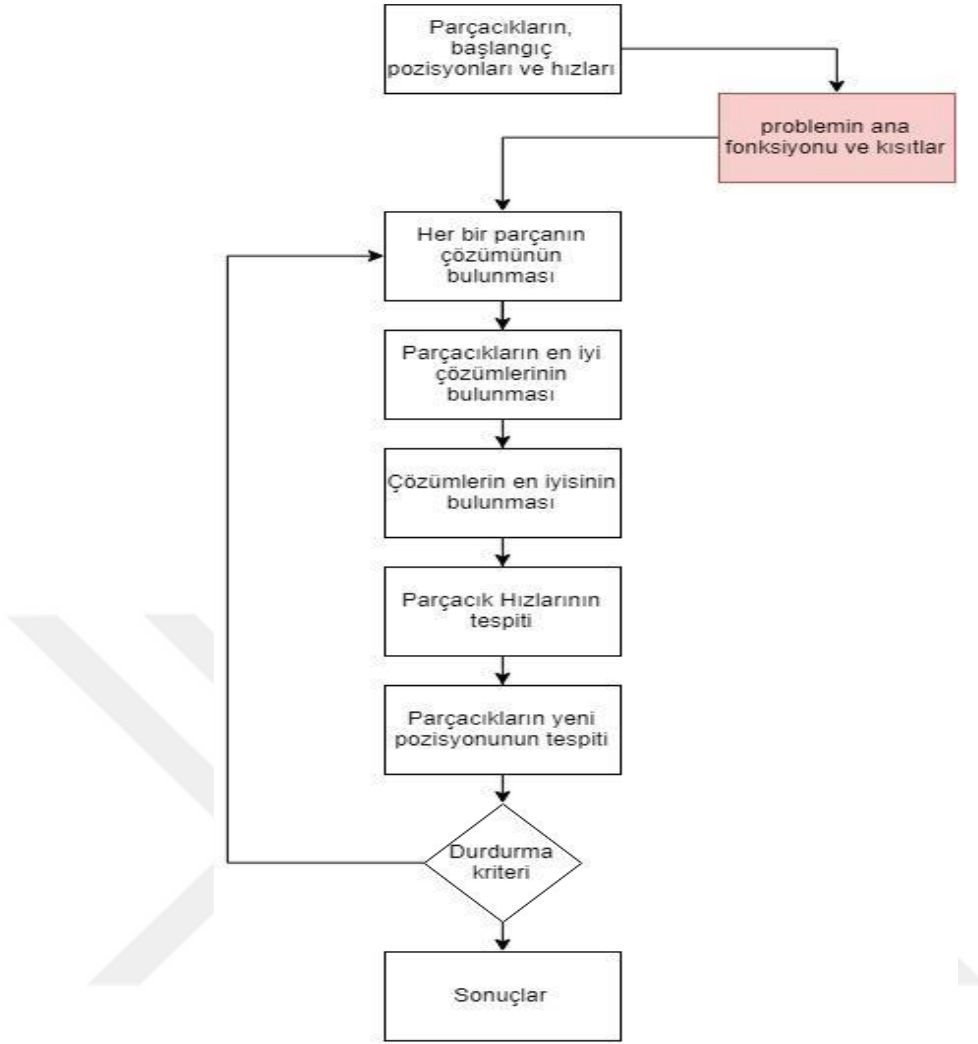
$$\begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

$$\begin{bmatrix} f(1) = f(x_{11}, x_{12} \dots x_{1n}) \\ \vdots \\ f(m) = f(x_{m1}, x_{m2} \dots x_{mn}) \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

$$V_{id} = W * V_{id} + c_1 * rand * (pbest_{id} - X_{id}) + c_2 * rand * (gbest - X_{id}) \quad (3.13)$$

$$X_{id} = X_{id} + V_{id} \quad (3.14)$$

Burada; X_{id} pozisyon, V_{id} hız değeri, W atalet ağırlık değeri, c_1 ve c_2 ölçeklendirme faktörleridir (Saplioglu vd., 2020).



Şekil 3.5. PSO akış şeması (Uzundurukan ve Saplıoğlu, 2020)

3.2.3. Genetik algoritma (GA)

Son yıllarda bilgisayar teknolojisi alanındaki gelişmelerden dolayı karmaşık problemlerin çözülmesi süreci kolaylaştırılmıştır. Bu nedenle optimizasyon ve algoritmalar araştırmaların her alanında kullanılmaktadır. Genetik algoritma da karmaşık problemleri çözme yöntemlerinden biridir.

GA, ilk olarak 1960 yılında John Holland'ın öncülüğünde keşfedilmiş olan bir algoritmadır (Akbari vd., 2020). GA, büyük bir evrimsel algoritma sınıfına ait olan ve Darwin'in doğal teorisine dayanan genel bir sezgisel arama algoritmasıdır (Zhang vd., 2020). GA'nın temel fikri, en uygun bireylerin hayatta kaldığı ve yeni nesil üretmek amacıyla doğal seçim sürecini yansıtır. Seçim süreci, ilk popülasyondan başlar ve

popülasyonu değerlendirmek için bir uygunluk işlevi kullanır. En uygun olan bireyler öne çıkacak ve yavruları meydana getirmek için ebeveyn gibi davranacaklardır. Yavrular daha fazla uygunluk değerlendirmesi için bir sonraki nesile eklenir. Bu süreç en uygun kişiler bulunana kadar tekrar etmeye yani yinelemeye devam edecektir (Liang vd., 2020).

GA, değişkenler vasıtasıyla çalışan geleneksel optimizasyon yöntemlerinden farklı olarak, tek bir tasarım değişkenini geliştirmek yerine kodlanmış bir dizi değişkenle çalışır ve bir tasarım değişkeni popülasyonundan arama yapar. Objektif fonksiyon bilgilerini kullanır ve GA'yı gradyan tabanlı yöntemlerden daha genel yapan kısıtlama fonksiyonlarının gradyanlarına ihtiyaç duymaz. Hem popülasyonu hem de bir dizi tasarım değişkenini kodlamakla başlar (Feng vd., 2020).

Popülasyonlar, her gen noktası için sadece 0 veya 1 ile gen sınıfında ifade edilir. Herhangi bir yinelemede ebeveyn olarak en iyi uygunluğu sağlayan birkaç çift aday seçildikten sonra yavruları gen çaprazlaması yoluyla üretilecektir. Her ebeveyn çifti için genlerden rastgele bir gen çaprazlama noktası seçilir. Yavrular, çaprazlama noktasına ulaşıncaya ebeveynlerin genlerinin kendi aralarında değiş tokuş edilmesiyle oluşturulur. Ayrıca, üretilen yavruların bir kısmı için genlerin bir kısmı doğal evrimdeki gibi düşük olasılıkla bir mutasyona maruz kalacaktır. Bu, bit dizisinde bulunan yavruları temsil eden bitlerin bir kısmının 0'dan 1'e veya tersi yönde çevrilebileceğini gösterir. Gen çaprazlaması ve mutasyon yoluyla üretilen yeni yavrular bir sonraki yineleme için hazırlanan popülasyona eklenecektir (Liang vd., 2020). Çaprazlama ve mutasyon işlemleri sırasıyla Denklem 3.15 ve Denklem 3.16'de verilmiştir.

$$\begin{cases} X_{t+1}^i = c_i X_t^i + (1-c_i) X_t^{i+1} \\ X_{t+1}^i = (1-c_i) X_t^i + c_i X_t^{i+1} \end{cases} \quad (3.15)$$

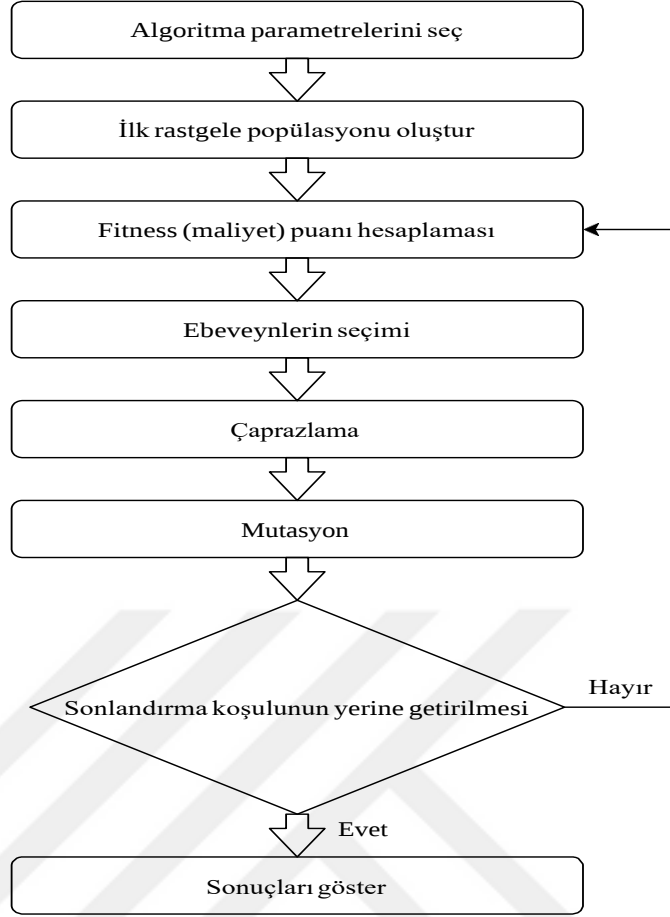
$$X_{t+1}^i = X_t^i + c_i \quad (3.16)$$

X_t^i ve X_t^{i+1} çaprazlamadan önce bir çift birey, X_{t+1}^i ve X_t^{i+1} çaprazlamadan sonraki bireylerdir. c_i ise $[0, 1]$ arasındaki rastgele bir sayıdır (Akbari vd., 2020).

3.2.3.1. Genetik algoritma akış şeması

Genetik algoritma uygulamasında izlenmesi gereken belirli adımlar vardır. GA algoritmasının adımları aşağıdaki gibidir:

- **İlk adım**, dışsal parametrelerin seçimidir. Dışsal parametreler, popülasyon boyutu ve mutasyon oranı gibi algoritma ile ilgili global parametrelerdir.
- **İkinci adım**, ilk popülasyonun dışsal parametrelere göre rastgele üretilmesidir. Birinci ve ikinci adımlar yalnızca bir kez gerçekleştirilir.
- **Üçüncü adım**, fitness hesaplamasıdır (maliyet). Bu adımda her bireyin verilen problem için başarısı uygunluk fonksiyonu kullanılarak hesaplanır. Daha sonra gerekirse fenotip haritalaması yapılır. Fenotip eşlemesi, problem değişkenlerini kromozomlara kodlamak amacıyla kullanılır. Mevcut tasarım parametrelerinin ikili kodlamanın içine kodlanması bir fenotip eşleme örneğidir.
- **Dördüncü adım**, gelecek nesli oluşturacak ebeveynlerin seçilmesidir. Ebeveynleri seçmenin çok sayıda yolu vardır. En iyi fitness (maliyet) puanına sahip olan bireyler seçim için en yüksek olasılığa sahiplerdir. Beşinci adımdan sonra üçüncü adım ve dördüncü adım bir sonlandırma koşulu sağlanana kadar bir döngü içinde tekrarlanır.
- **Beşinci adım**, seçilen ebeveynler arasındaki çaprazlama aşamasıdır. Çaprazlama, popülasyondaki çeşitliliğin anahtar adımlarından biridir.
- **Altıncı adım**, mutasyon aşamasıdır. Mutasyon, genetik çeşitliliğin üretimi için de kritik bir aşamadır. İlk popülasyonda bulunmayan genler bu operatör tarafından elde edilebilir.
- **Son adım**, sonlandırma aşamasıdır. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı adımlar her nesil ve her birey için bir döngüde tekrarlanır. Bir süre sonra zaman sınırı veya döngü sınırı gibi önceden belirlenmiş bir sonlandırma durumuna ulaşılır. Genetik algoritma akış şeması en basit haliyle Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. GA akış şeması (Balcı, 2019)

3.2.3.2. Genetik algoritma operatörleri

Genetik algoritma operatörleri, genetik algoritma problemlerinin değerlendirme aşamasında ve oluşturulma evresinde kullanılan araçlardır. Bir önceki bölümde operatörlerin işlevleri yüzeysel olarak anlatılmıştır. Bu bölümde operatörler daha kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır.

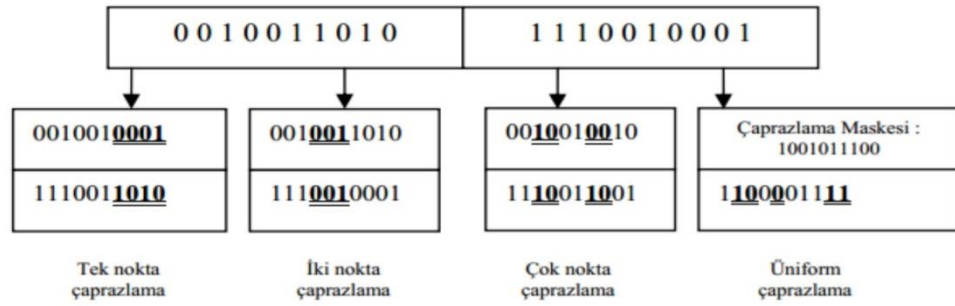
3.2.3.2.1. Seçim operatörü

Bu operatör yeni oluşan topluluk içinde uygunluk açısından yüksek seviyede olan bireylerin var olmasını sağlamaktadır. Bahsi geçen uygunluk değeri, GA ile tespit edilen problemin sonucunu göstermektedir. Burada uygunluk değerleri dikkate alınarak seçim işlemi yapılır. Topluluk içinde var olan uygunluk değerleri düşük bireyler elenip, elenen bireylerin yerine uygunluk değerleri yüksek olan yeni bireylerin kopyasını oluşturarak seçim işlemi tamamlanmaktadır (Turgut ve Arslan, 2001).

Genetik algoritmada seçim işleminin gerçekleştirilebilmesi amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar; rulet tekerleği seçimi, rank seçimi, kararlı hal durumu, turnuva seçimi ve elitizm vb. yöntemleridir.

3.2.3.2.2. Çaprazlama operatörü

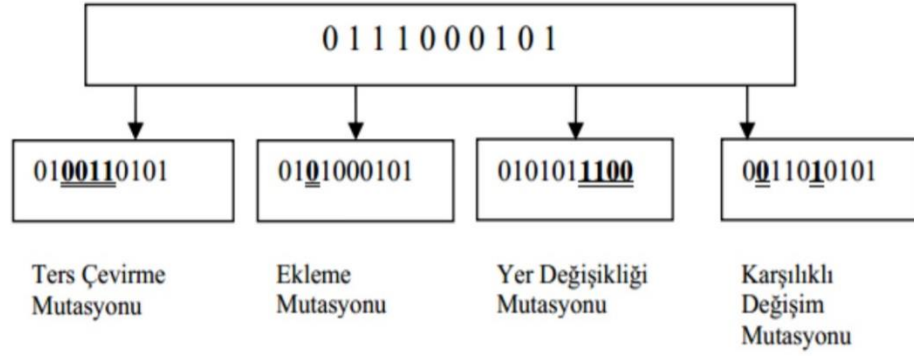
Çaprazlama, herhangi bir bireyin kendi içerisindeki değişim anlamına gelir. Ancak burada toplulukta bulunan bireyler arasındaki birbirine benzeyen alt kromozomların değiş tokuşu anlamına gelmektedir. GA’da çaprazlama işlemi, iki adet kromozomun birleşerek genetik bilgileri aralarında değiştirmesidir. Çaprazlama operatörünün; tek nokta çaprazlama, iki nokta çaprazlama, çok nokta çaprazlama ve üniform çaprazlama vb. gibi çeşitleri vardır (Şekil 4.7) (Turgut ve Arslan, 2001).



Şekil 3.7. Çaprazlama operatörü yöntemleri (İnceyol, 2014)

3.2.3.2.3. Mutasyon operatörü

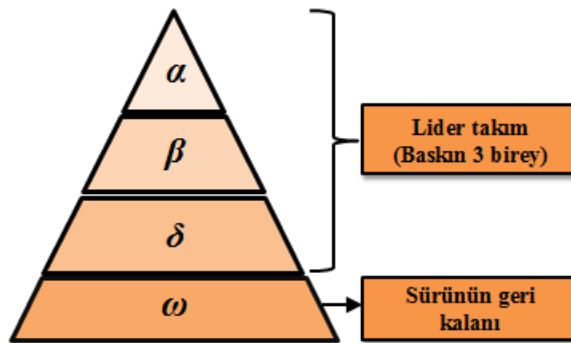
Mutasyon operatörü GA’larda var olan operasyonda karar verici olarak çaprazlama operatöründen sonra ikinci sırada rol oynar. Buradaki amaç, mevcut kromozomun sahip olduğu genleri arasından birinin veya birkaç tanesinin konumlarının değiştirilerek yeni kromozom oluşturmaktır. Sürekli olarak yeni nesil üretilmesi işleminden ötürü zamanla var olan nesildeki kromozomlar birbirini tekrar etme durumuna gelebilir ve bundan dolayı farklı özellikteki kromozom üretimi durabilir ya da büyük miktarda azalabilir. Bundan ötürü nesilde var olan kromozomların çeşitlilik açısından sayılarını arttırabilmek için kromozomlar arasından bazıları mutasyon işlemine uğratılır (İşçi ve Korukoğlu, 2003). Mutasyon operatörünün; ters çevirme, ekleme, yer değişikliği ve karşılıklı değişim vb. gibi çeşitleri vardır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Mutasyon çeşitleri (İnceyol, 2014)

3.2.4. Gri kurt optimizasyonu algoritması (GKO)

GKO algoritması Mirjalili vd. (2014), tarafından önerilmiştir. Bu algoritma, gri kurtların hiyerarşisini ve sosyal avlarını taklit edilerek geliştirilen bir algoritmadır. Gri kurtlar, besin zincirinin tepesinde oldukları anlamına gelen tepe avcıları olarak kabul edilmiştir. Gri kurtlar çoğunlukla sürü halinde yaşamayı tercih eder. Grup büyüklüğü ortalama olarak 5-12'dir. Genellikle kurt sürüsü dört gruba ayrılır; Alfa (α), Beta (β), Delta (δ) ve kurtların geri kalanı ise Omega'dır (ω). En baskın kurt Alfa'dır ve sürünün lideri olarak kabul edilebilir. Beta, alınan kararlar için Alfa'ya yardım eden ikinci kurt grubudur. Bir sonraki grup ise izci, nöbetçi, avcı vb. rolleri üstlenen Delta grubudur. Gri kurtları en alt katmanda temsil eden ise Omega grubudur. Alfa'dan Omega'ya baskınlık seviyesi düşüşü Şekil 3.9'da gösterilmiştir. GKO mekanizması, verilen optimizasyon problemine yönelik bir dizi çözümü dört gruba bölerek (sosyal hiyerarşi-avlanma-arama-saldırma) gerçekleştirir (Dehghani vd.,2019; Tikhamarine vd., 2020; Karakoyun, 2021).



Şekil 3.9. GKO liderlik hiyerarşisi (Karakoyun, 2021)

3.2.4.1. Sosyal hiyerarşi

GKO tasarlanırken kurtların sosyal hiyerarşisini matematiksel olarak modellemek için en uygun çözümü Alfa (α) olarak kabul edilir. İkinci ve üçüncü en iyi çözümler sırasıyla Beta (β) ve Delta (δ) olarak adlandırılır. Aday çözümlerinin geri kalanının Omega (ω) olduğu varsayılır. GKO algoritmasında av; α , β ve δ tarafından yönlendirilir. ω kurtları ise bu üç kurdu takip eder (Mirjalili vd., 2014).

3.2.4.2. Avı çevreleme

Gri kurtlar av sırasında avın etrafını sarar. Bu kuşatma davranışını matematiksel olarak modellemek için aşağıdaki denklemler (Denklem 3.17 ve Denklem 3.18) önerilmiştir:

$$\vec{D} = \left| \vec{C} \cdot \vec{X}_{p(t)} - \vec{X}_{(t)} \right| \quad (3.17)$$

$$\vec{X}_{(t+1)} = \vec{X}_{p(t)} - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (3.18)$$

Burada, t anlık yineleme sayısını (iterasyon), X_p avın mevcut konumunu, $X_{(t)}$ gri kurdun konumunu, D gri kurdun yeni konumunu belirten vektörü, A ve C ise vektör katsayılarını temsil etmektedir. A ve C vektör katsayıları sırasıyla Denklem 3.19 ve Denklem 3.20’de gösterildiği şekilde elde edilmektedirler.

$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r}_1 - \vec{a} \quad (3.19)$$

$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r}_2 \quad (3.20)$$

Burada, a değeri 2’den 0’a doğru (iterasyona bağlı olarak) doğrusal bir şekilde düşen katsayıyı, r_1 ve r_2 ise [0-1] aralığında rastgele sayıyı temsil etmektedir (Mirjalili vd., 2014; Şenel vd., 2018).

3.2.4.3. Avlanma

Gri kurtlar avın yerini tanıma ve onları kuşatma yeteneğine sahiptir. Av genellikle alfa kurt tarafından koordine edilir. Beta ve delta kurtları da gerektiğinde avlanma işlemine

katılabilirler. Gri kurtların avlanma davranışını matematiksel olarak simüle etmek için alfa (en iyi aday çözüm), beta ve deltanın potansiyel av yeri hakkında daha iyi bilgiye sahip oldukları kabul edilir. Bu nedenle üç pozisyon için de şu ana kadar elde edilen en uygun çözümler kaydedilir. Sonuç olarak, kurtların geri kalanı en iyi arama türlerini takip ederek pozisyonlarını buna göre güncelleyecektir. Bu bağlamda Denklem 3.21-...-Denklem 3.27 kullanılabilir (Tripathi vd., 2018; Dehghani vd., 2019).

$$\vec{D}_\alpha = |\vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\alpha - \vec{X}| \quad (3.21)$$

$$\vec{D}_\beta = |\vec{C}_2 \cdot \vec{X}_\beta - \vec{X}| \quad (3.22)$$

$$\vec{D}_\delta = |\vec{C}_3 \cdot \vec{X}_\delta - \vec{X}| \quad (3.23)$$

Burada, X_α , X_β ve X_δ sırasıyla alfa, beta ve delta gri kurtlarının pozisyonunu ifade etmektedir.

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 \cdot (\vec{D}_\alpha) \quad (3.24)$$

$$\vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 \cdot (\vec{D}_\beta) \quad (3.25)$$

$$\vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 \cdot (\vec{D}_\delta) \quad (3.26)$$

$$\vec{X}_{(t+1)} = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (3.27)$$

Burada, $X_{(t+1)}$ avın yeni konumunu temsil etmektedir.

3.2.4.4. Ava saldırma

Gri kurtlar, av hareket etmeyi durdurduğunda avlarına saldırma aşamasına geçerler. Denklem 3.19’da verilmiş olan A değeri, α değeri iterasyona bağlı olarak 2’den 0’a doğru r_1 rastgele değişkenine bağlı olarak doğrusal bir şekilde azalır. Buna göre A değişkeni değeri $[-2\alpha, 2\alpha]$ aralığında değerler alır. A değerine bakıldığında eğer $A < 1$ ise gri kurtlar ava saldırma zorlanır, eğer $A > 1$ ise gri kurtlar avdan uzaklaşarak daha uygun av arayışına başlarlar (Dehghani vd., 2019).

3.2.5. Diferansiyel evrim algoritması (DE)

DE algoritması, ilk olarak Storn ve Price (1997) tarafından geliştirilmiş bir sezgisel optimizasyon tekniğidir. DE algoritması, genetik algoritma (GA) ile benzer operatörleri (çaprazlama, mutasyon ve seçim) kullanan popülasyon tabanlı bir algoritmadır. DE algoritması GA'dan farklı olarak mutasyon işlemini daha etkili ve gelişmiş bir şekilde kullanmaktadır. (Vesterstrom ve Thomsen, 2004; Özsağlam ve Çunkaş, 2008; Erhan vd., 2020).

DE algoritmasının ana fikri, aynı popülasyondaki iki farklı bireysel vektör arasında ayırım yapmak ve bunları ölçeklendirmektir. Ayrıca belirli bir olasılıkla ana bireysel vektör ile çaprazlanan bir mutasyon bireysel vektörü elde etmek için bu popülasyona üçüncü bir bireysel vektör ekleyerek denenmiş bir bireysel vektör oluşturmak hedeflenmektedir. Son olarak denenmiş olan bireysel vektör ile ana bireysel vektör arasından daha iyi olan bireysel vektör seçilerek bir sonraki nesle kaydedilir. DE algoritmasının temel evrim süreçleri aşağıda açıklanmıştır (Deng vd., 2021).

3.2.5.1. Başlangıç popülasyonunun oluşturulması

DE algoritmasının başlangıcında belirli bir yöntem kullanılarak bir başlangıç popülasyonu oluşturulur. DE doğrusal olmayan problemlerin çözümüne odaklanmaktadır. Bu problemler için en sık kullanılan başlatma yöntemi aşağıdaki formül (Denklem 3.28) kullanılarak ifade edilir:

$$x_{j,i,0} = x_i^{low} + (x_i^{up} - x_i^{low}) \times \text{rand} \quad \forall i \in 1, \dots, D; \forall j \in 1, \dots, N \quad (3.28)$$

Burada, $x_{j,i,0}$ j bireyselinin i'inci bileşeninin başlangıç değerini temsil etmektedir. x_i^{low} i'inci bileşenin alt sınırını, x_i^{up} i'inci bileşenin üst sınırını ve rand [0,1] aralığında düzgün dağılıma uyan rastgele bir sayıdır (Zeng vd., 2021).

3.2.5.2. Mutasyon işlemi

Her tekrar sırasında mutasyon işlemi tarafından bir mutasyon vektörü üretilir. Mutasyon işleminin DE algoritmasının performansı üzerinde oldukça önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle çok sayıda araştırmacı mutasyon işlemi üzerine araştırmalar yapmışlardır. DE algoritması ilk önerildiğinden beri çok sayıda mutasyon operatörü önerilmiştir. Denklem 3.29-...-Denklem 4.32’te klasik mutasyon operatörleri verilmiştir.

(1) DE/rand/1:

$$V_{j,k} = X_{r1,k} + F_j \times (X_{r2,k} - X_{r3,k}) \quad (3.29)$$

(2) DE/best/1:

$$V_{j,k} = X_{best,k} + F_j \times (X_{r1,k} - X_{r2,k}) \quad (3.30)$$

(3) DE/current-to-best/1:

$$V_{j,k} = X_{j,k} + F_j \times (X_{best,k} - X_{j,k}) + F_j \times (X_{r1,k} - X_{r2,k}) \quad (3.31)$$

(4) DE/current-to-pbest/1:

$$V_{j,k} = X_{j,k} + F_j \times (X_{pbest,k} - X_{j,k}) + F_j \times (X_{r1,k} - X_{r2,k}) \quad (3.32)$$

Burada; $V_{j,k}$ j’inci bireyin k iterasyon sayısındaki mutasyon vektörüdür, r_1 , r_2 ve r_3 $\{1,2,...N\}$ aralığında rastgele seçilir ve j’ye eşit değildir. F_j j’inci bireyin ölçeklendirme faktörüdür, yani her bireyin farklı bir ölçeklendirme faktörü vardır. $X_{best,k}$ k iterasyon sayısındaki en iyi bireydir (Zeng vd., 2021).

3.2.5.3. Çaprazlama işlemi

Mutasyon vektörü elde edildikten sonra deneme vektörünü elde etmek için çaprazlama operatörü ana vektöre ve mutasyon vektörüne uygulanır. Çaprazlama operatörü genellikle aşağıdaki formül (Denklem 3.33) kullanılarak ifade edilir:

$$U_{j,i,k} = \begin{cases} V_{j,i,k} & \text{eğer } \text{rand} < CR_j \text{ ve } i = i_{\text{rand}} \\ X_{j,i,k} & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (3.33)$$

Burada, $U_{j,i,k}$ k iterasyon sayısında j'inci bireyin deneme vektörünün i'inci bileşenidir. CR_j j'inci bireyin çaprazlama oranıdır. i_{rand} (1, 2,...,D) aralığından rastgele seçilir (Zeng vd., 2021).

3.2.5.4. Seçim işlemi

Mevcut DE algoritması ile deneme vektörü elde edildikten sonra bir seçim operatörü tarafından bir sonraki nesle hayatta kalacak olan ana ve deneme vektörlerinden daha iyi olanı seçilir. Seçim operatörü aşağıdaki formül (Denklem 3.34) kullanılarak ifade edilir:

$$X_{j,k+1} = \begin{cases} U_{j,k} & \text{eğer } f(U_{j,k}) < f(X_{j,k}) \\ X_{j,k} & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (3.34)$$

Burada, $f(U_{j,k})$ deneme vektörünün amaç fonksiyonunun değeridir ve $f(X_{j,k})$ ana vektörün amaç fonksiyonu değeridir (Zeng vd., 2021).

3.2.6. Simbiyotik organizmalar arama algoritması (SOA)

Mevcut meta-sezgisel algoritmalar doğal olaylarını (fenomenleri) taklit eder. Örneğin; yapay arı kolonisi bal arısı sürülerinin yiyecek arama davranışını simüle eder, parçacık sürü optimizasyonu (PSO) hayvan sürüsü davranışını simüle eder ve genetik algoritma doğal evrim sürecini simüle eder. SOA ise en uygun aramak için kullanılan bir eşleştirilmiş organizma ilişkisi içerisindeki Simbiyotik etkileşimleri simüle eder (Cheng ve Prayogo, 2014).

Meta-sezgisel yöntemlerden biri olan SOA, 2014 yılında Cheng ve Prayogo tarafından tanıtılmıştır. Diğer birçok meta-sezgisel algoritma gibi, SOA da popülasyon tabanlıdır, doğadan ilham alır ve belli bir dereceye kadar rastgelelikten faydalanır. Algoritmada, doğadaki organizmaların ekosistemde hayatta kalması için bir ihtiyaç olan ortak yaşam olarak bilinen güvene dayalı etkileşim olgusundan yararlanır. Herhangi iki farklı organizma arasında zorunlu veya isteğe bağlı olmak üzere iki tür simbiyotik ilişki

olabilir. İlk durumda, iki türün hayatta kalması birbirine bağlıdır. İkinci durumda ise iki tür de zorunlu olmayacak bir şekilde karşılıklı yarar sağlayan bir ilişki içerisinde birlikte yaşayabilir.

Simbiyotik organizmalar arama algoritmasında (SOA) arama işlemi rastgele bir N organizma popülasyonu tarafından başlatılır. Daha sonra karşılıklı fayda birlikteliği (mutualizm), tek taraflı birliktelik (kommensalizm) ve asalaklık (parasitizm) olmak üzere üç gerçekçi simbiyotik evre kullanılarak popülasyon üyeleri geliştirilir. SOA'nın yinelemesi devam ederken yukarıdaki üç aşama, uygunluk değeri etkileşim öncesi uygunluğundan daha iyi ise her etkileşimden üretilen çözümün koşulsuz olarak kabul edildiği ve aksi takdirde reddedildiği yerde yürütülür (Çelik, 2020).

3.2.6.1. Karşılıklılık evresi (mutualizm)

Karşılıklılık evresinde her bir X_i organizması için ekosistemden rastgele bir X_j organizması seçilir ve karşılıklı bir ilişki kurulması temelinde X_i (burada $X_i \neq X_j$) ile etkileşime geçer. Bununla birlikte X_i ve X_j arasındaki ilişki ekosistem içerisindeki iki organizmanın karşılıklı hayatta kalma oranını artırmaktadır. Yeni aday çözümler $X_{i(yeni)}$ ve $X_{j(yeni)}$ sırasıyla Denklem 3.36 ve Denklem 3.37 kullanılarak üretilir ve X_{mutual} Denklem 3.38'de verilen ifade kullanılarak elde edilir.

$$X_{i(yeni)} = x_i + \text{rand}(0,1) * (x_{best} - x_{mutual} * BF_1) \quad (3.36)$$

$$X_{j(yeni)} = x_j + \text{rand}(0,1) * (x_{best} - x_{mutual} * BF_2) \quad (3.37)$$

$$X_{mutual} = \frac{x_i + x_j}{2} \quad (3.38)$$

Rand (0,1) işlevi 0 ile 1 aralığında düzgün dağılmış rastgele sayıların bir vektörüdür. X_{best} ekosistemdeki adaptasyon derecesi açısından en iyi amaç veya uygunluk fonksiyonu değerine sahip organizma, X_{mutual} ise hayatta kalma avantajlarını artırmak için iki organizma arasında sergilenen karşılıklı bir özelliği ifade eder. Fayda faktörleri olan BF_1 ve BF_2 değerleri Denklem 3.39 ve Denklem 3.40 kullanılarak rastgele belirlenir. Bu faktörler her organizma için etkileşimden yararlanma düzeyini temsil eder (Ezugwu vd., 2017).

$$BF_1 = (1 + \text{round}(\text{rand}(0,1))), | \text{rand} \in [0,1] \quad (3.39)$$

$$BF_2 = (1 + \text{round}(\text{rand}(0,1))), | \text{rand} \in [0,1] \quad (3.40)$$

3.2.6.2. Ortakçılık evresi (kommensalizm)

Karşılıklılık evresine benzer bir şekilde ekosistem popülasyonundan rastgele bir organizma X_j seçilir ve X_i organizması ile etkileşime girmesi sağlanır. İlişki etkileşimi, etkileşimden yalnızca bir organizmanın yararlanacağı şekildedir.

Örneğin, X_i 'nin yürüttüğü organizma, X_j ile etkileşimden yarar sağlarken X_j etkileşimin bir sonucu olarak ne fayda sağlar ne de zarar görür (Denklem 3.41).

$$x_i (\text{yeni}) = x_i + \text{rand}(-1,1) * (x_{\text{best}} - x_j) \quad (3.41)$$

Burada, $(X_{\text{best}} - X_j)$ terimi X_j organizması tarafından ekosistemdeki hayatta kalma avantajı düzeyini arttırmada X_i 'ye yardımcı olmak için sağlanan faydayı temsil eder (Ezugwu ve Adewumi, 2017).

3.2.6.3. Asalaklık evresi (parasitizm)

Bu evrede, X_{pv} ile gösterilen yapay bir parazit vektörü X_i organizmasını mutasyona uğratarak ve daha sonra rastgele ve daha sonra rastgele bir sayı kullanarak rastgele seçilen boyutlarını değiştirerek problem arama uzayında yaratılır. $X_{j|i} \neq j$ organizması, X_{pv} 'ye ev sahibi olarak hizmet etmek için ekosistem popülasyonundan rastgele seçilir. Eğer X_{pv} 'nin uygunluk değeri X_j organizmasınınkinden daha iyi ise X_{pv} popülasyondaki X_j 'nin yerini alır. X_j 'nin uygunluk değeri daha iyi ise X_j X_{pv} 'ye karşı bağışıklık oluşturacak ve ardından X_{pv} popülasyondan kaldırılacaktır (Ezugwu ve Adewumi, 2017). Şekil 3.10'da Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması (SOA) verilmiştir.

Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması

```
1: Başlangıç ekosistemini rasgele olarak belirle
2: while Durdurma kriteri? do
3:   for  $i \leftarrow 1$  to  $eko_{boyut}$  do
4:     for  $i \leftarrow 1$  to  $eko_{boyut}$  do
5:        $f(X_i)$   $\triangleright$  Organizmaların uygunluk değerlerini hesapla
6:     end for
7:      $X_{eniye}$ 'yi belirle
8:     //Mutualizm aşaması
9:      $X_i$  organizmasından farklı  $X_j$  organizmasını rasgele seç
10:     $[X'_i, X'_j] = mutualizm(X_i, X_j, X_{eniye})$   $\triangleright$  Adayları oluştur
11:    if  $f(X'_i) < f(X_i)$  then
12:       $X_i = X'_i$ 
13:    end if
14:    if  $f(X'_j) < f(X_j)$  then
15:       $X_j = X'_j$ 
16:    end if
17:    //Kommensalizm aşaması
18:     $X_i$  organizmasından farklı  $X_j$  organizmasını rasgele seç
19:     $X'_i = kommensalizm(X_i, X_j, X_{eniye})$   $\triangleright$  Adayı oluştur
20:    if  $f(X'_i) < f(X_i)$  then
21:       $X_i = X'_i$ 
22:    end if
23:    //Parazitizm aşaması
24:     $X_i$  organizmasından farklı  $X_j$  organizmasını rasgele seç
25:     $X_i$  organizmasının parazitini ( $P_{X_i}$ ) oluştur
26:    if  $f(P_{X_i}) < f(X_j)$  then
27:       $X_j = P_{X_i}$ 
28:    end if
29:  end for
30: end while
```

Şekil 3.10. SOA algoritması pseude kod (Saplıoğlu vd., 2020)

-Optimizasyon probleminin sezgisel optimizasyon yöntemleri ile birleştirilmesi, kısıt fonksiyonları ve maliyet fonksiyonları:

Tezde yukarıda anlatılan taban akışı ayırma yöntemlerinin optimizasyon yöntemleri ile birleştirilmesi işlemi yapılmıştır. Burada her bir yöntemin kısıt fonksiyonu ve maliyet fonksiyonu içeren bir program yazılmıştır. Bu programın detayları şu şekildedir:

- Kısıt fonksiyonu olarak birinci öncelik oluşturulacak taban akışı değeri hiçbir şekilde hidrografın üzerinde olmamasıdır.
- Diğer kısıt fonksiyonu taban akışının hiçbir zaman eksi(-) değer almamasıdır.
- Maliyet fonksiyonu ise son 3 aylık periyotta (kurak dönemlerde) taban akışının mümkün olduğu kadar hidrografa yakın olması gerekmektedir. Bundan dolayı da fonksiyon olarak son 90 günün hidrograf değerlerinden bulunan taban akışı değeri çıkartılmış ve bulunan tüm değerler toplanmıştır.

Oluşturulan bu fonksiyon her bir taban akışı yöntemi için yöntemin özelliklerini barındıracak şekilde değiştirilmiş ancak kısıt ve maliyet fonksiyonları sabit tutulmuştur. Ayrıca bu fonksiyon 5 ayrı optimizasyon yöntemine ayrı ayrı bağlanmış ve sonuçların her bir yöntem için elde edilmesi sağlanmıştır.

Çalışmada optimizasyon yönteminin doğruya yaklaşımını kendi içerisinde ölçebilmek için 30’ar defa çalıştırılması için (t testi için) kod yazılmıştır. Ayrıca ortalamayı, küçük değeri, standart sapmayı bulan ve bulduklarını depo eden bir yazılım kodu da ana kod içerisine eklenmiştir (Denklem 3.42 , Denklem 3.43, Denklem 3.44).

$$\text{Kısıt 1: } Q_b < Q \quad (3.42)$$

$$\text{Kısıt 2: } Q_b > 0 \quad (3.43)$$

$$\text{Maliyet fonksiyonu: eğer } t > 275 \quad \rightarrow \quad \sum hata = Q_{(t)} - Q_{b(t)} \quad (3.44)$$

3.2.7. Mann-Kendall Trend Testi

Mann-Kendall trend testi genel olarak zaman serilerini içeren dataları analiz etmek amacıyla kullanılır. Mann-Kendall, parametrik olmayan ve verilerin belirli bir dağılıma uygunluğunu gerektirmeyen bir testtir (Agbo vd., 2021). Hidrolojik, meteorolojik ve iklim verileri (yağış, akarsu akışı ve su kalitesi vb.) gibi verilerin eğilimlerini analiz etmek amacıyla yaygın olarak kullanılabilen bir trend testidir (Kampata vd., 2008; Mallick vd., 2021).

Trendin yani eğilimin varlığı, zaman serileri kullanılarak oluşturulan sıfır hipotezi; “ H_0 : eğilim yok” ile kontrol edilmektedir. Testin uygulanacağı $x_1, x_2, \dots, x_n$ de x_i ve x_j zaman serisi çiftleri iki grup olarak bölünürler. Daha sonra geçilecek olan aşamada ise $i < j$ için $x_i < x_j$ şartına uyum sağlayan seri içerisindeki toplam data sayısı P ve $x_i > x_j$ şartına uyum sağlayan seri içerisindeki toplam data sayısı ise M olarak sınıflandırılırsa test istatistiği olan S (Denklem 3.45);

$$S = P - M \quad (3.45)$$

$n > 10$ olması durumunda Kendall korelasyon katsayısı:

$$\mu_S = 0 \text{ ve } \sigma_S = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad (3.46)$$

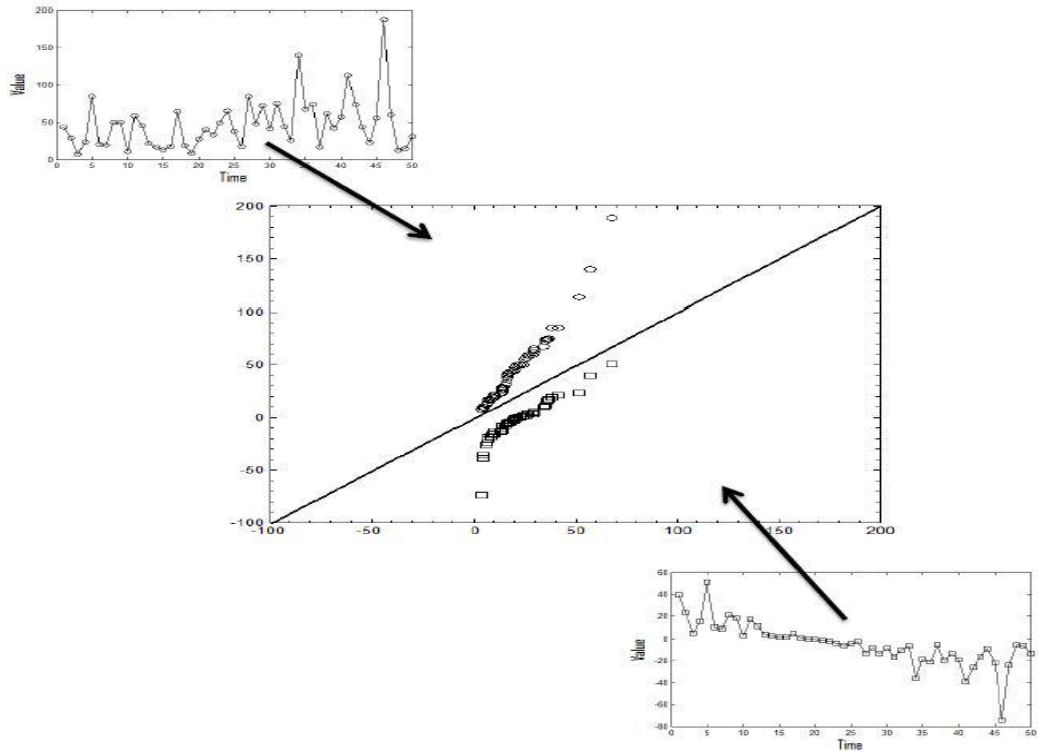
$$z = \begin{cases} \frac{(s-1)}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{(s+1)}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & s < 0 \end{cases} \quad (3.47)$$

Denklem 3.47’de gösterildiği gibi hesaplanan z değeri istenilen (α) önem derecesine karşı gelen normal dağılımın $z/2$ değerinden küçük olursa sıfır hipotezi (H_0) olduğu kabul edilir. Ayrıca incelenen zaman serisindeki verilerin bir trendlerinin yani eğilimlerinin olmadığı görülür. Ancak z değeri istenilen (α) önem derecesine karşı gelen normal dağılımın $z/2$ değerinden büyük olursa hipotez reddedilir. Bununla birlikte incelenen zaman serisindeki verilerin bir trendlerinin yani eğilimlerinin de

olduğu kabul edilir ve Denklem 3.45'ten elde edilen S değerinin pozitif olduğu durumlarda artan yönde eğilim olduğu, negatif olduğu durumlarda ise azalan yönde eğilim olduğu sonucuna varılmaktadır (Mondal vd., 2012; Saplıoğlu, 2015).

3.2.8. Şen Trend Testi (ITA)

Şen (2012; 2014), Mann-Kendall ve Spearman'ın RHO testlerinin kısıtlayıcı varsayımlarından bağımsız olma avantajlarına sahip trend yani eğilim için yeni bir grafiksel yöntem sunmuştur. Yöntem, zaman serilerini dizi adı verilen eşit uzunlukta iki alt bölüme ayırmaya dayanmaktadır. Her iki dizi de ilk başta artan sırada sıralanır. Daha sonra birinci ve ikinci serilerin sırasıyla x ve y eksenlerinin örnekleri olarak kabul edilmesi için saçılım diyagramı oluşturulur. Son olarak, 1:1 (45°) düz çizgisi verilen değişkenin varyasyon alanı tarafından tanımlanan kare alandan geçirilir. Böyle bir saçılım grafiğinde, trendin mevcut olmadığı alt kümeler 1:1 çizgisi boyunca sıralanır. Artış olan trendler 1:1 çizgisinin üst üçgen alanını kaplar, azalış olan trendler ise 1:1 çizgisinin alt üçgen alanını kaplar (Şekil 3.11) (Nourani vd., 2018).



Şekil 3.11. Şen trend testinde artan yönde ve azalan yönde eğilimlerin saçılım grafiği (Saplıoğlu ve Çoban, 2013)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışma üç kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda; Denklem 3.1 ile gösterilen Lyne ve Hollick yöntemindeki α katsayısı, Denklem 3.3 ile gösterilen Chapman yöntemine ait α katsayısı, Denklem 3.6 ile gösterilen Chapman ve Maxwell yöntemindeki f_1 durgunluk sabiti, Denklem 3.7 ile gösterilen Boughton ve Chapman yöntemindeki f_1 ve f_2 katsayıları ve Denklem 3.8 ile gösterilen önerilen yöntemdeki α_1 ve α_2 katsayıları kalibre edilmiştir. Kalibre için PSO, SOA, GA, GKO, DE optimizasyon yöntemleri kullanılmış ve bu yöntemler de kendi içinde kıyaslanmıştır.

İkinci kısımda, kalibre edilmiş denklemler ile elde edilen taban akışı grafikleri çizilmiş ve her yıl için toplam taban akışı miktarları tespit edilmiştir. Ayrıca yıllık toplam akış miktarına oranlanarak belirlenen istasyonlardaki taban akışının toplam akıma oranları belirlenmiş ve tablo-grafikler halinde verilmiştir.

Üçüncü kısımda, tezde kullanılan ve kalibre edilen yöntemler yardımıyla elde edilen taban akışı hacimleri ve taban akışı oranlarının yanı sıra yıllık toplam akış miktarlarının trend analizi yapılmıştır. Bunun için Mann Kendall test istatistiği ile Yenilikçi Şen Testi kullanılmış ve bu iki test de birbiri ile kıyaslanmıştır.

4.1. Taban Akışı Ayırma Yöntemlerinin Optimizasyonu

Çalışmanın bu kısmında Lyne ve Hollick yöntemindeki α katsayısı, Chapman yöntemine ait α katsayısı, Chapman ve Maxwell yöntemindeki f_1 durgunluk sabiti, Boughton ve Chapman yöntemindeki f_1 ve f_2 katsayıları ve önerilen yöntemdeki α_1 ve α_2 katsayıları literatürde mevcut olan PSO, SOA, GA, GKO ve DE algoritmaları ile optimize edilmeye çalışılmıştır. Bu işlem yapılırken bazı kısıt fonksiyonları kullanılmıştır. Birinci kısıt fonksiyonu taban akışının hiçbir şekilde hidrografi kesmemesidir. İkinci kısıt fonksiyonu ise kurak dönemlerde başlayan hidrografın kurak dönemlerde sona erdiği düşünülürse bu kısımlarda taban akışının mümkün olduğu kadar hidrografa yakın olmasıdır. Bu kıstas için yapılan toplama işleminin minimum değere yakın olduğu katsayılar kalibre edilmiş katsayılar olarak karşımıza çıkmıştır. Sezgisel optimizasyon yöntemleri tam olarak doğruyu tespit edemese de yakın sonuçları verdiğini taahhüt eder. Bu nedenle tek sefer çalışmış olan bir

optimizasyon yazılımı her zaman en iyi sonucu vermez. Bu çalışmada da her bir optimizasyon yöntemi 30'ar defa çalıştırılmış ve bunlar arasında en iyi sonuçlar kullanılmıştır. Hatta elde edilen tüm sonuçların standart sapmasına bakılarak sonuçların güvenilirliği test edilmiştir.

4.1.1. PSO algoritması ile taban akışı ayırma yöntemlerinin kalibrasyonu

Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntemin katsayılarının kalibrasyonu için daha önce bahsedilen kısıt fonksiyonlarının bağlı olduğu bir yazılım PSO ile birleştirilerek çalıştırılmıştır. Bu çalıştırmalarda; Fırat Havzası istasyonları için Tohma suyu 1979-2006, Göynük Çayı 1970-2014 ve Melekbahçe 1969-2009 yılları arası, Yeşilirmak Havzası Kale istasyonu için 1951-2015 yılları arasındaki yıllar için taban akışı katsayısı belirlenmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Yıllara göre Kale istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.2681-0.4082, Chapman katsayısı (α) 0.2954-1.0012, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.2171-1.0012, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.2546-0.9224)-(0.1419-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.8057)-(0.0596-0.4490); Melekbahçe istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3800-0.4104, Chapman katsayısı (α) 0.8189-0.9919, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.8189-0.9919, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.7921-0.9919)-(0.0074-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9835)-(0.0039-0.4204); Tohma Suyu istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3628-0.4102, Chapman katsayısı (α) 0.5817-0.9995, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.7504-0.9995, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.6394-0.9994)-(0.0000-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9994)-(0.0000-0.4596); Göynük Çayı istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3057-0.3935, Chapman katsayısı (α) 0.0966-1.0001, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.3487-1.0002, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.3781-0.9399)-(0.0730-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9994)-(0.0000-0.4161) arasında değişen değerler almıştır. Burada bulunan değerlerin her biri sadece kendi su yılında kullanılabildiği için yöntemin elle kalibrasyonu oldukça zordur. Oluşturulan bilgisayar modeli ile çok kısa sürede bu kalibrasyon yapılabilir. Çalışmada PSO için 100 adet parçacık 500 iterasyon ile çalıştırılmış ve bu işlem her bir su yılı için 30'ar kere tekrar edilmiştir. Bu 30 çalıştırma sonucunda Kale istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick yönteminde

65 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. Chapman yönteminde 1961-1962-1972 yıllarında sırasıyla 0,0206-0,0352-0,0235 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Chapman-Maxwell yönteminde ise yönteminde 1961-1962-1972 yıllarında sırasıyla 0,0241-0,0372-0,0232 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Diğer yılların tamamında ise standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1951-2015 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0025 ve α_2 verileri için ortalama 0,0082 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1951-2015 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0223 ve α_2 verileri için ortalama 0,0085 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

Melekbahçe istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick, Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde 41 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1969-2009 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0299 ve α_2 verileri için ortalama 0,1084 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1969-2009 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,2090 ve α_2 verileri için ortalama 0,0804 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

Tohma Suyu istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick, Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde 28 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1979-2006 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0050 ve α_2 verileri için ortalama 0,0166 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1979-2006 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0411 ve α_2 verileri için ortalama 0,0153 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

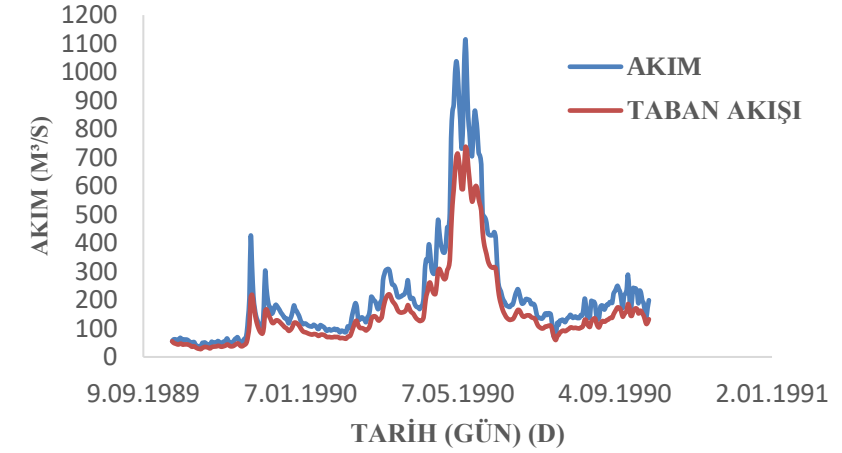
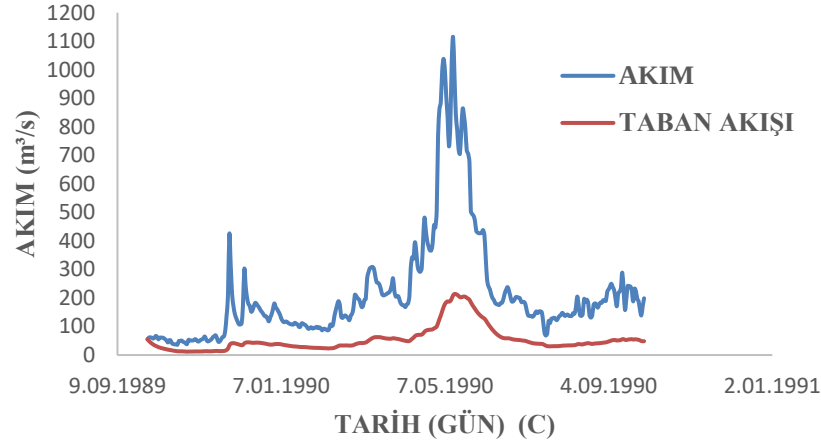
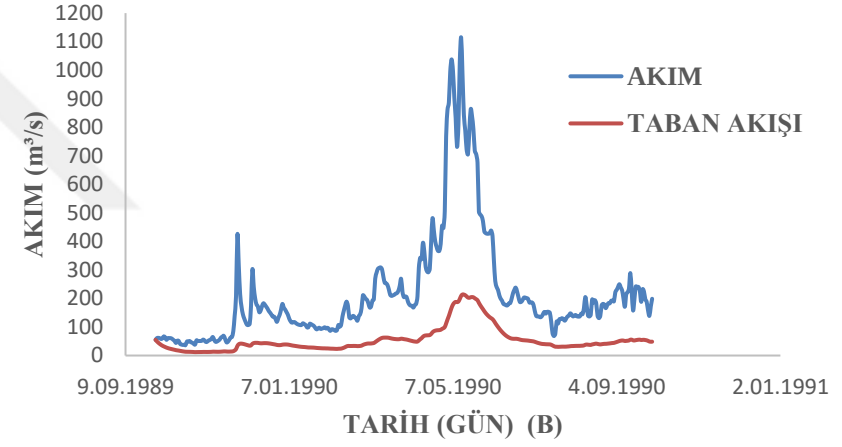
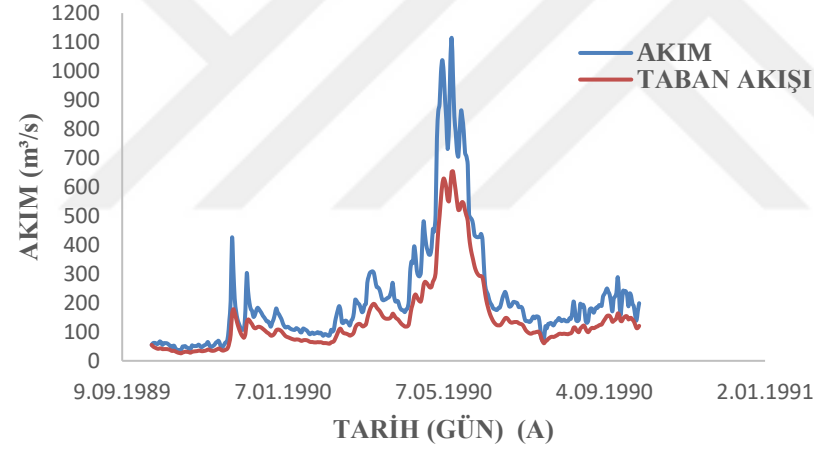
Göynük Çayı istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick yönteminde 45 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. Chapman yönteminde 1979-1982-1984-1990-2003-2005 yıllarında sırasıyla 0,0837-0,0402-0,1640-0,1692-0,0549-0,0407 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Chapman-Maxwell yönteminde ise yönteminde 1981-1982-2003-2004-2005 yıllarında sırasıyla 0,0469-0,0332-0,0527-0,0328-0,0773 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Diğer yılların tamamında ise standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-

Chapman yönteminde 1970-2014 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0264 ve α_2 verileri için ortalama 0,0382 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1970-2014 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,1245 ve α_2 verileri için ortalama 0,0357 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

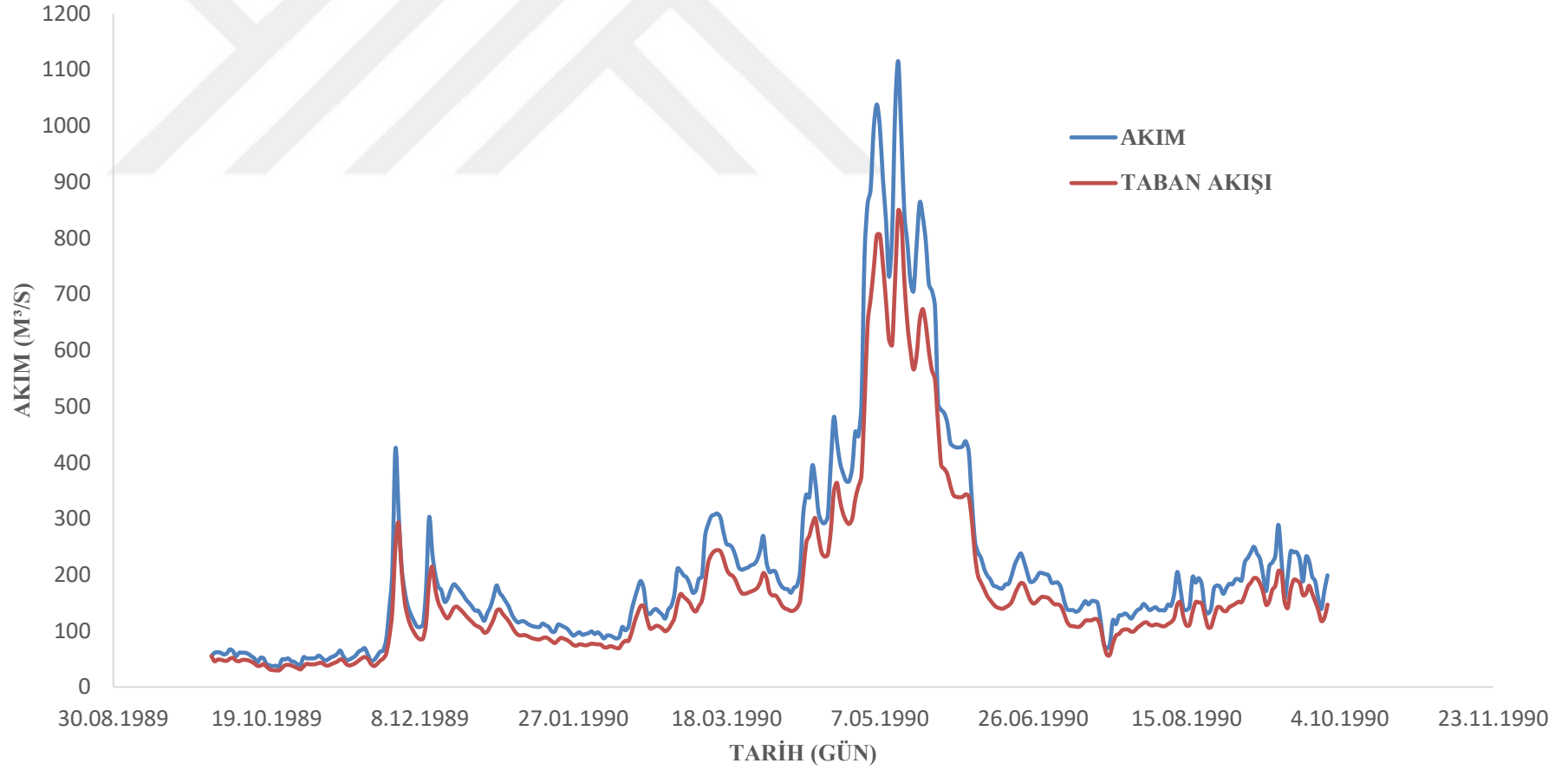
Şekil 4.1’de 1990 yılı Kale istasyonunun PSO ile kalibre edilmiş dört yöntemine ait taban akışı ayırma grafikleri verilmiştir. Bunlarda Lyne Hollick ve Boughton-Chapman yöntemlerinde taban akışının yüzey akışının büyük çoğunluğunu temsil ettiği gibi bir sonuç bulunmuşken Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde taban akışı miktarı oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. Yine Şekil 4.1’deki A ve D grafiklerinde kurak dönemlerde taban akışıyla yüzeysel akış örtüşürken aynı şeklin B ve C grafiklerinde bu durum söz konusu değildir. Ancak bu uyumsuzluğun yöntemden mi yoksa kalibrasyondan mı olduğunu söylemek oldukça zordur. Bizim önerdiğimiz yöntemde ise Şekil 4.2’deki A ve D grafiklerine benzediği görülmektedir. Ancak tek bir istasyona ait tek bir su yılı ile bu benzerlik ispatlanamaz. Bu nedenle bu bölümde diğer istasyonlara ait aynı su yılının farklı grafikleri de sunulmuştur. Melekbahçe istasyonuna ait veriler incelendiğinde (Şekil 4.3-Şekil 4.4) bu uyumun sadece Lyne Hollick yöntemi ile olduğu diğerlerinde ise birbirine daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu grafiklerde Chapman-Maxwell ve Boughton-Chapman yöntemlerinin kalibrasyonunun ise oldukça başarılı olduğu kurak dönemlerde taban akışı ile yüzeysel akışın örtüşmesinden anlaşılmaktadır. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da Tohma Suyu istasyonu verileri incelendiğinde ise aykırı bir taban akışı ayırma grafiği görülmektedir. Bunun sebebi olarak akımın diğer istasyonlara göre az olması ve bu su yılı içerisinde yüzeysel akışta çok fazla dalgalanma olması söylenebilir. Yine bu grafiklere bakılacak olursa Şekil 4.5 C ve D grafiklerinin taban akışını temsil etmekten çok uzak olduğu görülebilir. Tek bir grafiğe bakılarak böyle bir yorum yapılmasının sağlıklı olduğu düşünüldüğünden tüm grafikler çizdirilmiş ve incelenmiştir. Ancak bunların tamamının çalışmada verilmesi fiziksel olarak mümkün olmadığından bu grafik örnek olarak seçilmiştir. Diğer grafiklerde de aynı durum söz konusudur. Tohma Suyu özelinde değerlendirme yapılacak olursa yıllık ortalama akım değerinin düşük olduğu ve maksimum-minimum akım değerlerinin bu değere yakın değerler aldığı durumlarda Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinin kalibre edilseler dahi kullanılmaması gerektiği düşünülmüştür. Göynük Çayı 1990 su yılı (Şekil 4.7-Şekil4.8) grafikleri

incelendiğinde tüm yöntemlerin kalibrasyonunun kurak dönemler için oldukça başarılı olduğu taban akışı ile yüzeysel akış uyumu ile söylenebilir. Ancak yağışlı dönemlerde Chapman yöntemindeki katsayının kalibrasyonu yapılamamıştır. Ancak bu her su yılında tekrarlanan bir durum değildir. Burada örnek olarak bu şekil verilmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi 1961-1962-1984-1990-2003-yıllarında da aynı durum söz konusudur.

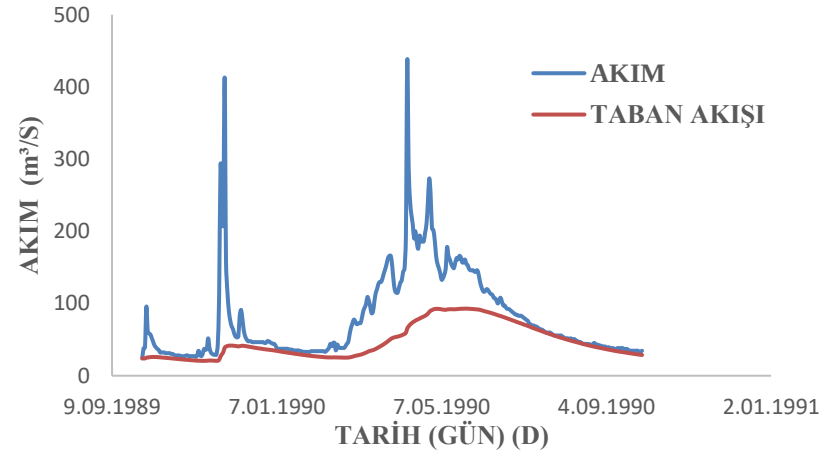
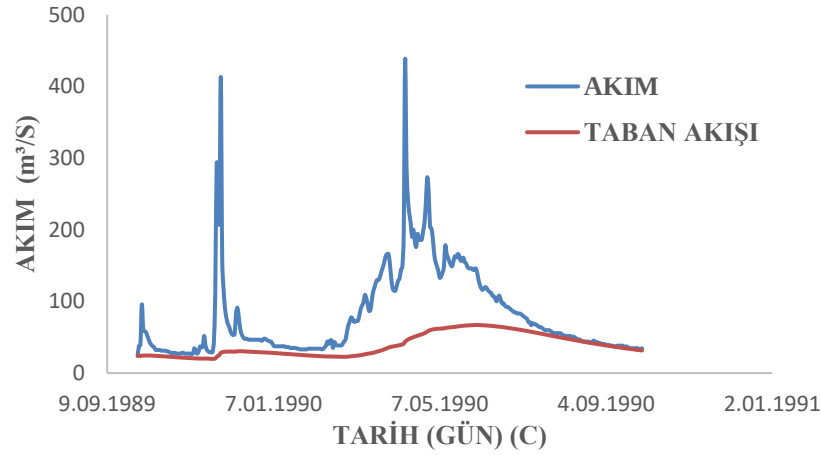
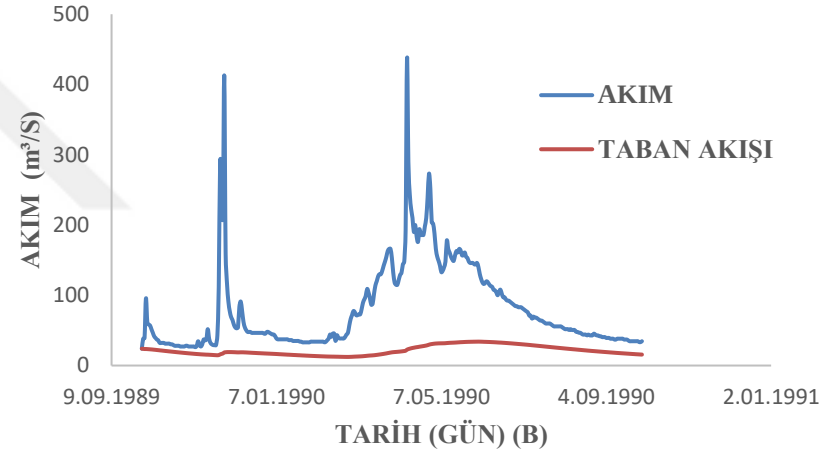
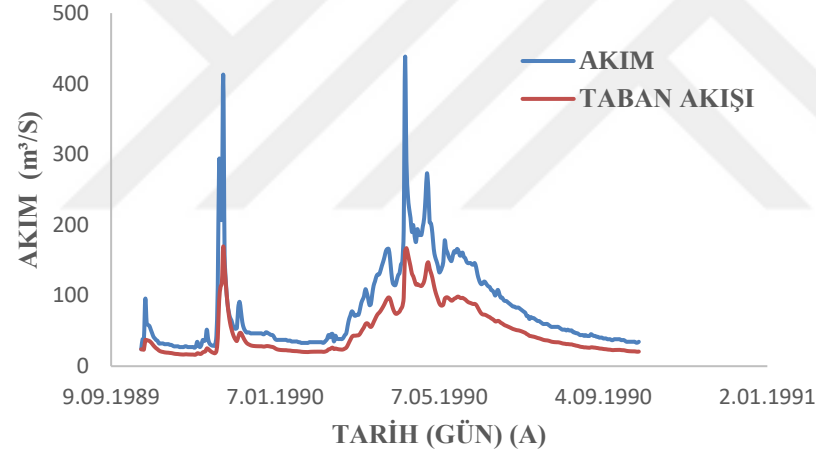




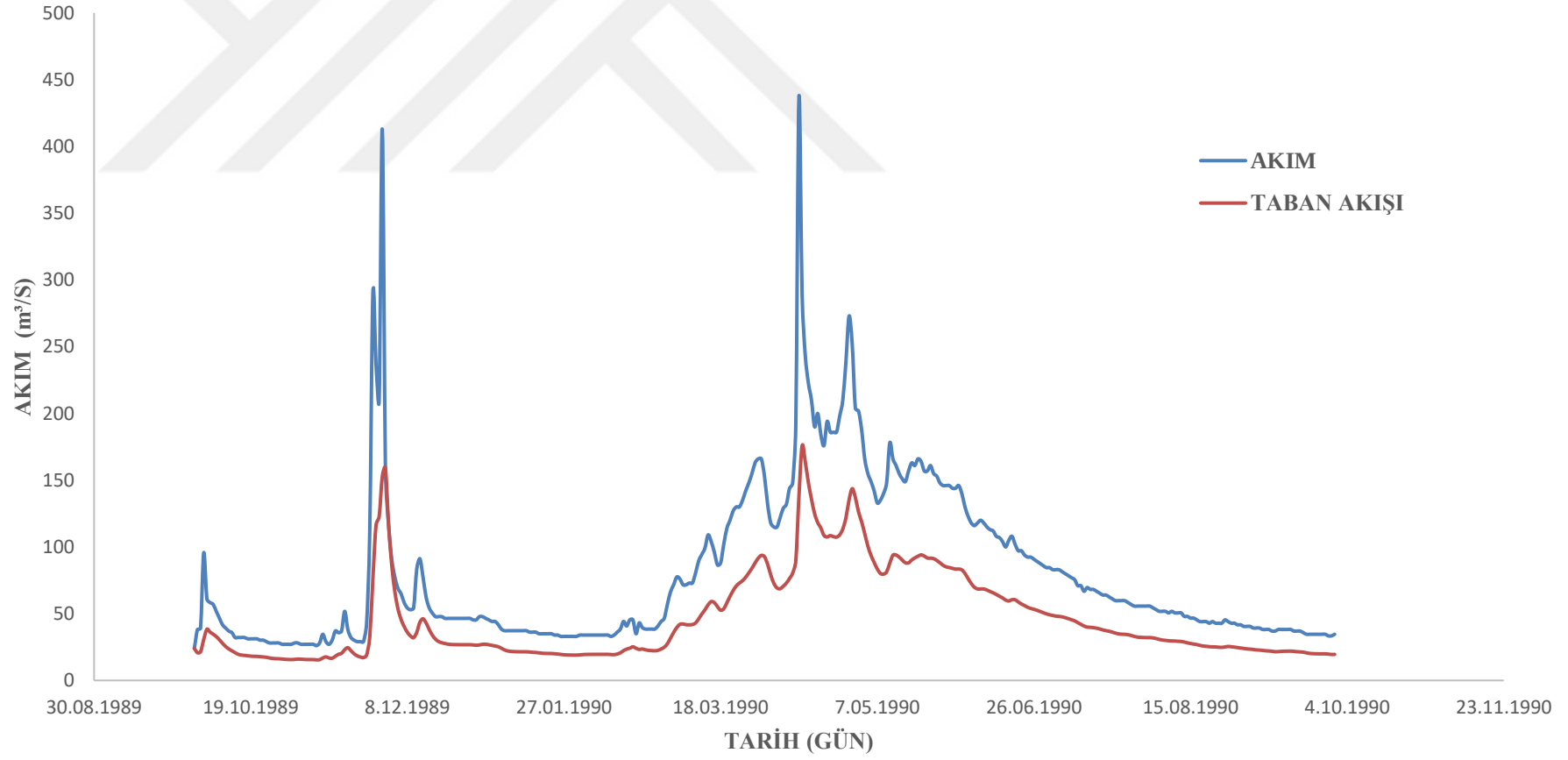
Şekil 4.1. 1990 yılı Kale istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



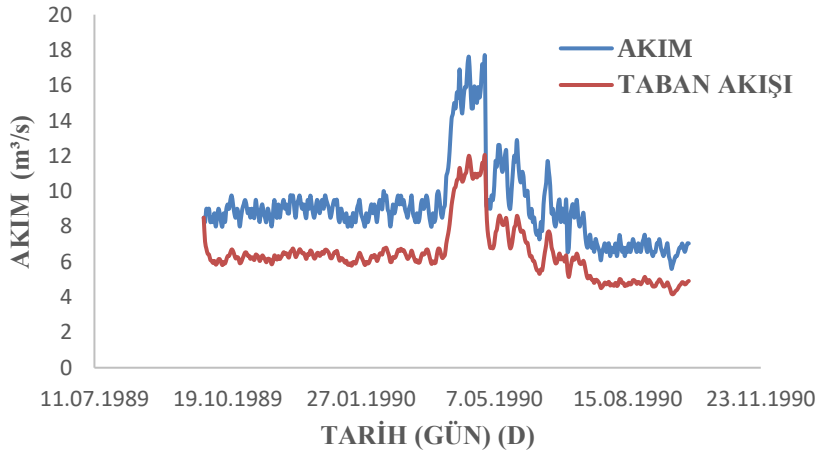
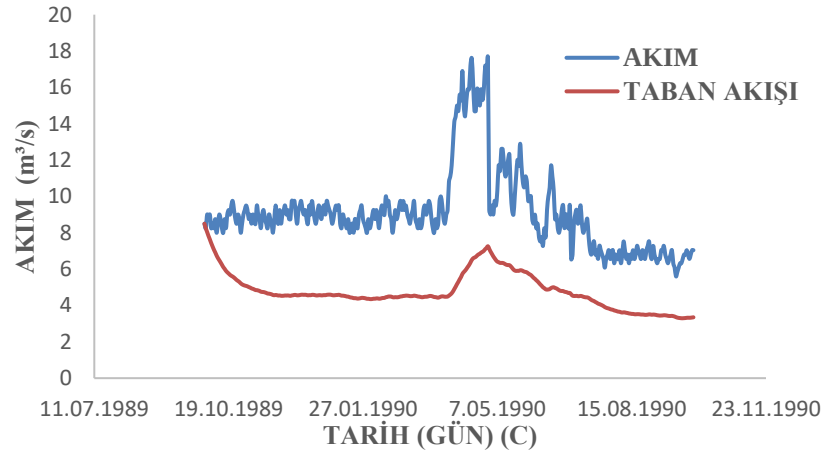
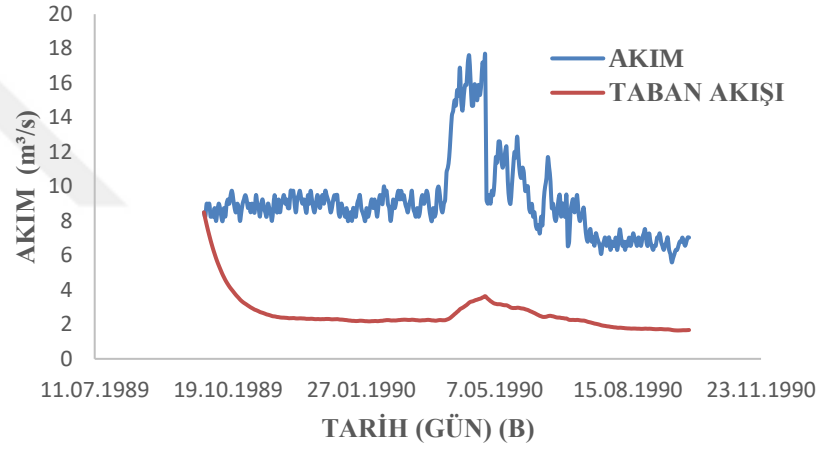
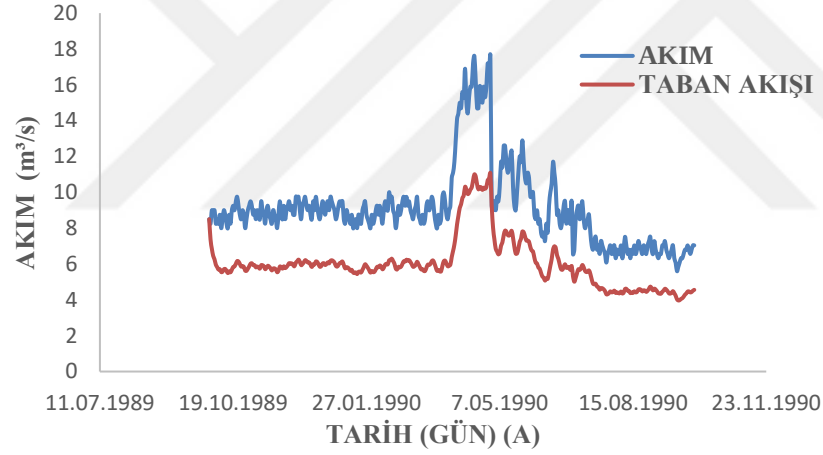
Şekil 4.2. 1990 yılı Kale istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



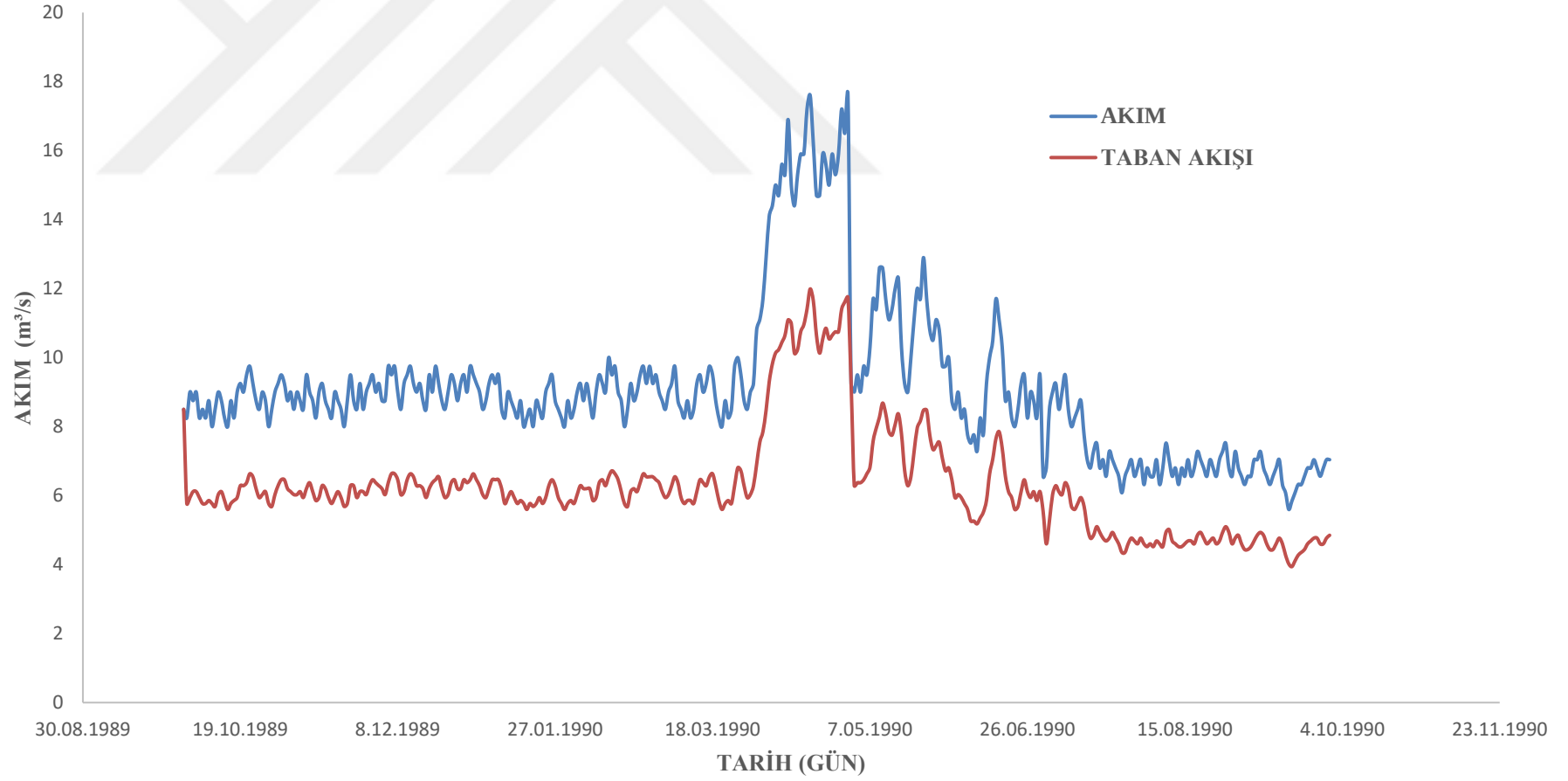
Şekil 4.3. 1990 yılı Melekbağçe istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



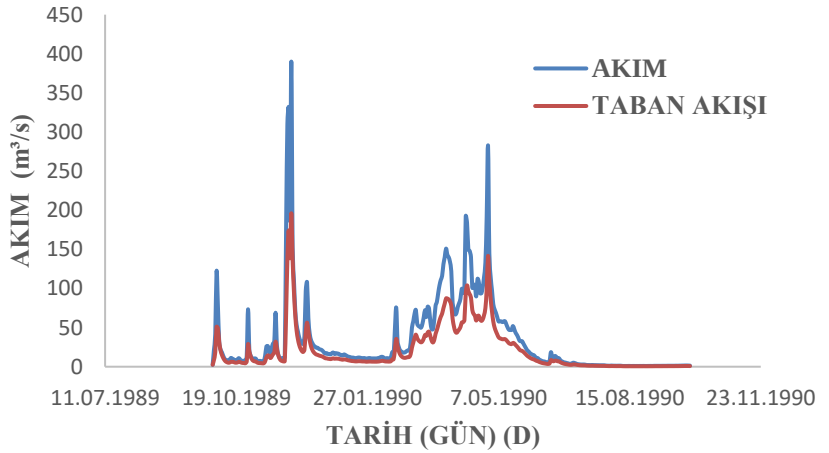
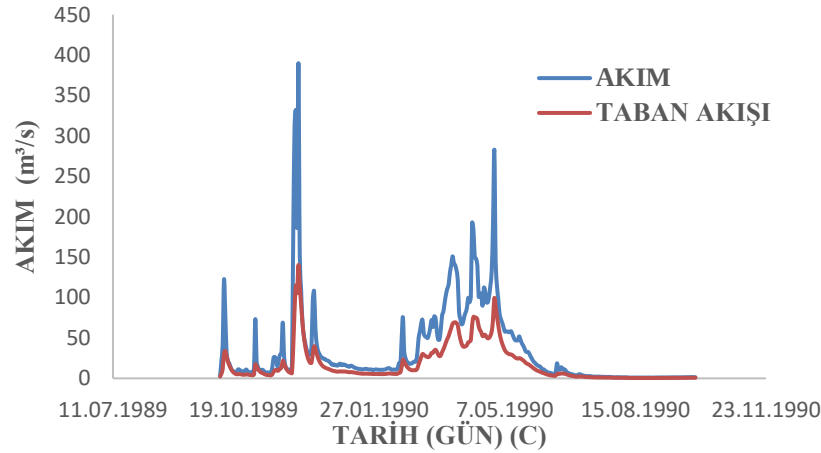
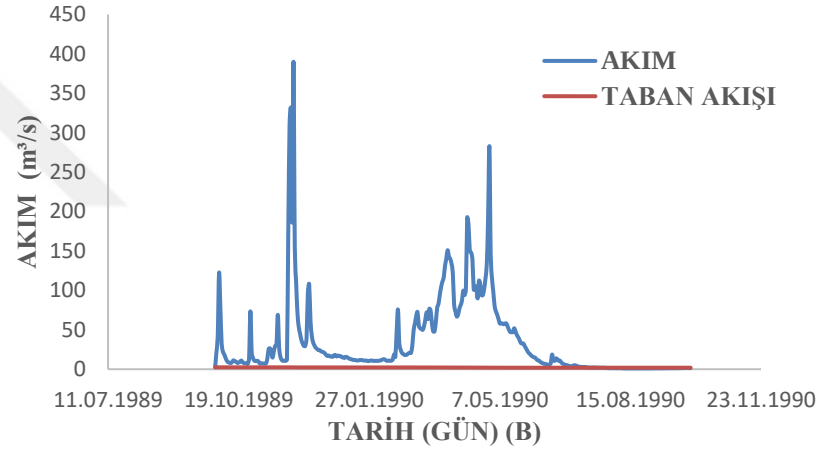
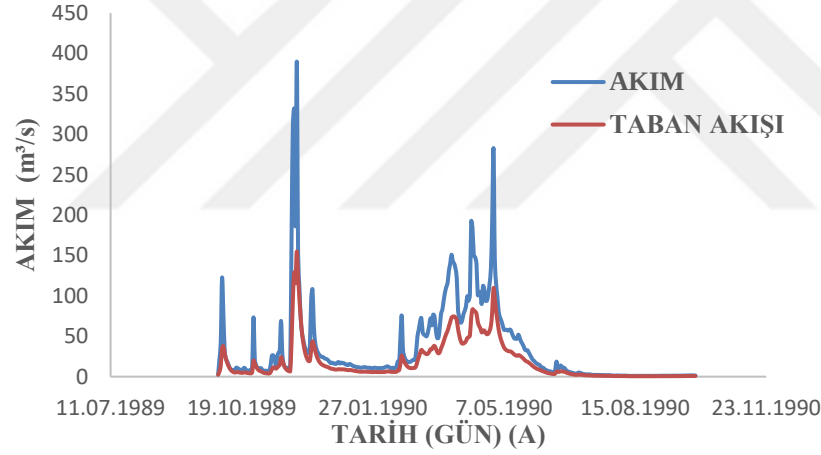
Şekil 4.4. 1990 yılı Melekbağçe istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



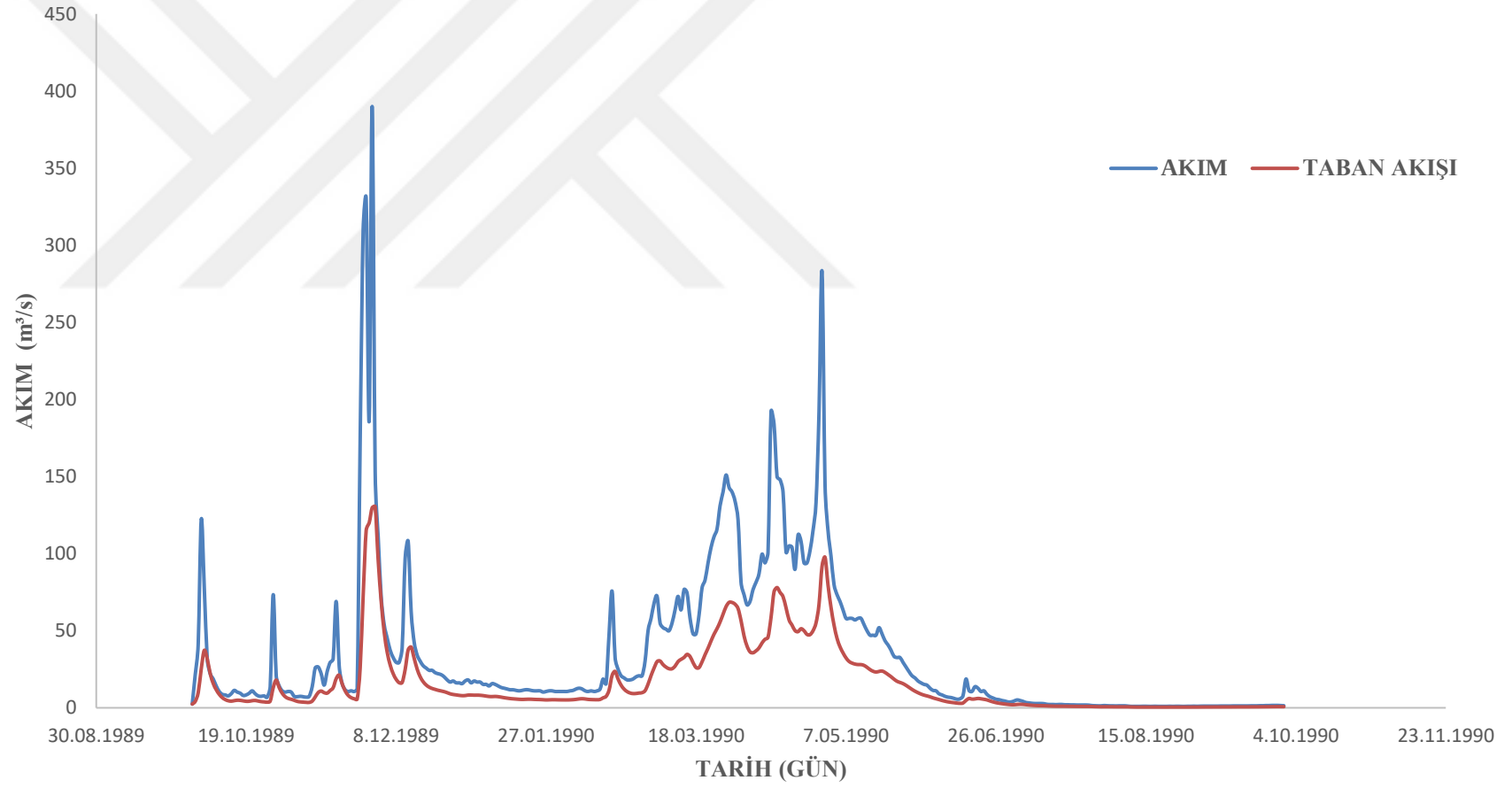
Şekil 4.5. 1990 yılı Tohma Suyu istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



Şekil 4.6. 1990 yılı Tohma Suyu istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



Şekil 4.7. 1990 yılı Göynük Çayı istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



Şekil 4.8. 1990 yılı Göynük Çayı istasyonu PSO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)

Çizelge 4.1. PSO ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları

KALE				Melekbağçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)
1951	0,4057	0,9527	0,9535	1969	0,3938	0,9872	0,9874	1979	0,4023	0,9857	0,9857	1970	0,3785	0,9255	0,9293
1952	0,4043	0,9700	0,9703	1970	0,4088	0,9915	0,9915	1980	0,3985	0,9843	0,9843	1971	0,3861	0,8916	0,9001
1953	0,4034	0,9298	0,9319	1971	0,3942	0,9713	0,9713	1981	0,4004	0,9975	0,9975	1972	0,3676	0,7075	0,7890
1954	0,2681	1,0006	0,2171	1972	0,4010	0,9919	0,9919	1982	0,4034	0,9990	0,9990	1973	0,3831	0,9088	0,9116
1955	0,4019	0,9404	0,9417	1973	0,4099	0,9863	0,9863	1983	0,3965	0,9995	0,9995	1974	0,3846	0,9267	0,9280
1956	0,4003	0,9515	0,9528	1974	0,3952	0,9892	0,9894	1984	0,3929	0,9578	0,9603	1975	0,3935	0,9087	0,9111
1957	0,3974	0,9666	0,9668	1975	0,4058	0,9900	0,9902	1985	0,3897	0,9978	0,9978	1976	0,3909	0,9223	0,9245
1958	0,4072	0,9504	0,9511	1976	0,4057	0,9824	0,9827	1986	0,4011	0,9992	0,9992	1977	0,3309	0,3033	0,5150
1959	0,3983	0,9334	0,9350	1977	0,4036	0,9854	0,9854	1987	0,4036	0,9922	0,9923	1978	0,3562	0,9418	0,9425
1960	0,3999	0,9314	0,9343	1978	0,4104	0,9870	0,9870	1988	0,3986	0,9204	0,9204	1979	0,3430	1,0001	0,9191
1961	0,3998	1,0001	1,0001	1979	0,3964	0,9825	0,9825	1989	0,3977	0,9689	0,9714	1980	0,3684	0,6136	0,7894
1962	0,3988	1,0000	1,0000	1980	0,3948	0,9890	0,9891	1990	0,3882	0,9706	0,9706	1981	0,3561	0,3798	1,0002
1963	0,3988	0,9465	0,9466	1981	0,4087	0,9751	0,9751	1991	0,3974	0,9313	0,9377	1982	0,3925	1,0000	1,0000
1964	0,4082	0,9667	0,9672	1982	0,4045	0,9748	0,9748	1992	0,3879	0,9716	0,9725	1983	0,3880	0,8551	0,8617
1965	0,3974	0,9453	0,9455	1983	0,4104	0,9870	0,9870	1993	0,3804	0,8907	0,9095	1984	0,3209	1,0001	0,3487
1966	0,3971	0,9519	0,9528	1984	0,3901	0,9821	0,9821	1994	0,4051	0,9933	0,9934	1985	0,3873	0,8996	0,9030
1967	0,4012	0,9663	0,9668	1985	0,4086	0,9905	0,9906	1995	0,3628	0,5817	0,7504	1986	0,3881	0,9040	0,9074
1968	0,4011	0,9500	0,9518	1986	0,4070	0,9666	0,9666	1996	0,4086	0,9877	0,9879	1987	0,3804	0,9190	0,9210
1969	0,4014	0,9681	0,9686	1987	0,4075	0,9848	0,9849	1997	0,4086	0,9937	0,9937	1988	0,3732	0,7681	0,8274
1970	0,3988	0,9176	0,9218	1988	0,4024	0,9869	0,9870	1998	0,4035	0,9926	0,9927	1989	0,3721	0,5769	0,8141
1971	0,4041	0,9580	0,9580	1989	0,3995	0,9755	0,9755	1999	0,3994	0,9909	0,9909	1990	0,3667	1,0001	0,7619
1972	0,3865	1,0012	1,0012	1990	0,3800	0,9917	0,9919	2000	0,4058	0,9956	0,9956	1991	0,3057	0,1994	0,3848
1973	0,3970	0,9350	0,9371	1991	0,4067	0,9563	0,9653	2001	0,4102	0,9751	0,9751	1992	0,3712	0,8799	0,8868
1974	0,3977	0,9400	0,9433	1992	0,3965	0,9893	0,9894	2002	0,3995	0,9789	0,9793	1993	0,3855	0,9077	0,9099
1975	0,4023	0,9231	0,9232	1993	0,4047	0,9676	0,9676	2003	0,3945	0,9961	0,9961	1994	0,3798	0,8127	0,8298
1976	0,3997	0,9321	0,9349	1994	0,4102	0,9907	0,9908	2004	0,4029	0,9920	0,9922	1995	0,3865	0,9274	0,9290
1977	0,3966	0,9187	0,9285	1995	0,3946	0,9886	0,9887	2005	0,4101	0,9913	0,9914	1996	0,3826	0,9063	0,9082
1978	0,4019	0,9343	0,9343	1996	0,3926	0,9862	0,9862	2006	0,4097	0,9547	0,9547	1997	0,3804	0,9190	0,9210
1979	0,3911	0,9356	0,9357	1997	0,4020	0,9909	0,9910	-	-	-	-	1998	0,3736	0,7738	0,7852
1980	0,3804	0,8541	0,8549	1998	0,3969	0,9058	0,9078	-	-	-	-	1999	0,3766	0,9288	0,9305
1981	0,4010	0,9631	0,9636	1999	0,3905	0,9856	0,9856	-	-	-	-	2000	0,3875	0,8972	0,9012
1982	0,4013	0,9333	0,9354	2000	0,4065	0,9789	0,9789	-	-	-	-	2001	0,3689	0,8827	0,8860
1983	0,3911	0,9239	0,9265	2001	0,4047	0,9603	0,9603	-	-	-	-	2002	0,3715	0,9363	0,9371
1984	0,3950	0,9272	0,9326	2002	0,4013	0,9631	0,9631	-	-	-	-	2003	0,3935	1,0001	1,0001
1985	0,3983	0,9304	0,9304	2003	0,4094	0,9855	0,9856	-	-	-	-	2004	0,3686	0,5255	1,0002
1986	0,3854	0,8643	0,8854	2004	0,3904	0,9887	0,9888	-	-	-	-	2005	0,3742	1,0001	1,0001

Çizelge 4.1. PSO ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları (devamı)

KALE				Melekbağçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)
1987	0,4028	0,9350	0,9375	2005	0,3985	0,9864	0,9865	-	-	-	-	2006	0,3691	0,6924	0,8139
1988	0,3850	0,9483	0,9499	2006	0,4019	0,9826	0,9826	-	-	-	-	2007	0,3482	0,4137	0,5975
1989	0,3876	0,8630	0,9379	2007	0,3922	0,9900	0,9900	-	-	-	-	2008	0,3847	0,8855	0,8859
1990	0,3894	0,9310	0,9378	2008	0,3917	0,9885	0,9886	-	-	-	-	2009	0,3674	0,7122	0,7782
1991	0,3779	0,8990	0,8998	2009	0,3843	0,8189	0,8189	-	-	-	-	2010	0,3613	0,0966	0,7405
1992	0,3797	0,8503	0,8880	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	0,3904	0,8967	0,8967
1993	0,3755	0,7887	0,8295	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	0,3742	0,9345	0,9367
1994	0,3773	0,7776	0,8041	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	0,3666	0,9480	0,9497
1995	0,3577	0,6250	0,7058	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	0,3917	0,8723	0,8776
1996	0,3782	0,8322	0,8652	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	0,3758	0,6610	0,8334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0,3863	0,8518	0,8585	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,3810	0,7550	0,8971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	0,3660	0,6451	0,7805	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	0,3708	0,6886	0,8077	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0,3752	0,6702	0,8930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,3696	0,6115	0,7875	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,3533	0,6955	0,6955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,3563	0,6299	0,6976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,3414	0,4968	0,5984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0,3465	0,2954	0,5974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,3667	0,6453	0,7910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0,3749	0,7835	0,8324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,3813	0,8378	0,8669	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,3763	0,7975	0,8431	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	0,3757	0,8024	0,8624	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0,3774	0,8053	0,8380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	0,3409	0,4241	0,5943	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0,3498	0,5058	0,6487	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.2. PSO ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları

KALE					Melekbahçe					Tohma Suyu					Göynük Çayı				
Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen	
	(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)
1951	0,8968	0,5500	0,0722	0,4028	1969	0,9912	0,0078	0,9835	0,0039	1979	0,8751	0,5500	0,0000	0,4105	1970	0,7515	0,5183	0,4950	0,1465
1952	0,8875	0,5500	0,0589	0,3878	1970	0,9894	0,0146	0,9751	0,0072	1980	0,9474	0,1756	0,8059	0,0727	1971	0,7741	0,5500	0,2071	0,2698
1953	0,8917	0,5500	0,5461	0,1807	1971	0,9713	0,0629	0,9139	0,0291	1981	0,8631	0,5500	0,0000	0,4189	1972	0,6905	0,5500	0,0000	0,3547
1954	0,2546	0,5500	0,0000	0,0989	1972	0,8721	0,5500	0,9761	0,0066	1982	0,8915	0,4300	0,0000	0,3770	1973	0,7396	0,5500	0,0000	0,3576
1955	0,8717	0,5500	0,2739	0,3029	1973	0,9490	0,2900	0,9591	0,0137	1983	0,8269	0,5500	0,0000	0,3770	1974	0,7610	0,5500	0,0000	0,3787
1956	0,8544	0,5500	0,0000	0,4041	1974	0,9919	0,0074	0,9318	0,0250	1984	0,8139	0,5500	0,0000	0,3933	1975	0,7902	0,5500	0,6578	0,1106
1957	0,8637	0,5500	0,0877	0,3992	1975	0,8756	0,5500	0,2393	0,3060	1985	0,9994	0,0000	0,9994	0,0000	1976	0,9020	0,2391	0,7279	0,0915
1958	0,9224	0,3506	0,0000	0,4490	1976	0,9515	0,1966	0,9725	0,0064	1986	0,8482	0,5500	0,0000	0,4085	1977	0,4987	0,5500	0,0000	0,2413
1959	0,8552	0,5500	0,4413	0,2129	1977	0,8748	0,5500	0,9568	0,0143	1987	0,8800	0,5500	0,1535	0,3648	1978	0,9399	0,0730	0,0000	0,3123
1960	0,8554	0,5500	0,0000	0,4169	1978	0,9326	0,4461	0,6449	0,1489	1988	0,8295	0,5500	0,2027	0,2964	1979	0,9170	0,0876	0,9994	0,0000
1961	0,8513	0,5500	0,0000	0,4341	1979	0,9823	0,0469	0,9382	0,0222	1989	0,8338	0,5500	0,0000	0,3976	1980	0,6568	0,5500	0,9953	0,0001
1962	0,8724	0,5500	0,3368	0,2765	1980	0,9890	0,0110	0,1826	0,2949	1990	0,7699	0,5500	0,0000	0,3445	1981	0,9001	0,1068	0,9985	0,0000
1963	0,8436	0,5500	0,0000	0,4000	1981	0,9161	0,5237	0,0820	0,3882	1991	0,8610	0,5500	0,0000	0,4106	1982	0,8351	0,4599	0,5740	0,1427
1964	0,9077	0,5500	0,0000	0,4460	1982	0,8742	0,5500	0,9107	0,0325	1992	0,7721	0,5500	0,0000	0,3491	1983	0,8177	0,5500	0,0000	0,4043
1965	0,8573	0,5500	0,1430	0,3637	1983	0,9326	0,4461	0,6449	0,1489	1993	0,7213	0,5500	0,0000	0,3007	1984	0,3781	0,5500	0,9956	0,0001
1966	0,8501	0,5500	0,2076	0,3286	1984	0,8133	0,5500	0,3763	0,2273	1994	0,8914	0,5500	0,0000	0,4257	1985	0,7656	0,5500	0,0772	0,3306
1967	0,8577	0,5500	0,4531	0,2074	1985	0,9556	0,2252	0,0522	0,4169	1995	0,6394	0,5500	0,0000	0,3011	1986	0,8797	0,2358	0,7119	0,0893
1968	0,8769	0,5500	0,4770	0,2090	1986	0,8930	0,5500	0,0000	0,4132	1996	0,9165	0,5500	0,0000	0,4474	1987	0,7322	0,5500	0,1582	0,2785
1969	0,8742	0,5500	0,0000	0,4340	1987	0,9576	0,1727	0,9599	0,0114	1997	0,9563	0,2267	0,7796	0,0904	1988	0,7221	0,5500	0,8834	0,0277
1970	0,8736	0,5500	0,0790	0,4036	1988	0,9838	0,0273	0,9576	0,0132	1998	0,8726	0,5500	0,3417	0,2587	1989	0,6507	0,5500	0,0000	0,3038
1971	0,8851	0,5500	0,0000	0,4361	1989	0,9013	0,2984	0,7705	0,0821	1999	0,8469	0,5500	0,0000	0,4125	1990	0,6459	0,5500	0,4837	0,1246
1972	0,9200	0,1419	0,8057	0,0596	1990	0,9883	0,0175	0,4720	0,1520	2000	0,8884	0,5500	0,2153	0,3230	1991	0,3973	0,5500	0,9978	0,0001
1973	0,8395	0,5500	0,2249	0,3177	1991	0,9285	0,3118	0,1583	0,3449	2001	0,9234	0,5500	0,0000	0,4478	1992	0,8698	0,1841	0,9933	0,0002
1974	0,8526	0,5500	0,0000	0,4260	1992	0,9866	0,0187	0,9685	0,0091	2002	0,8597	0,5500	0,2384	0,2981	1993	0,7867	0,5500	0,4606	0,1772
1975	0,8645	0,5500	0,0000	0,4333	1993	0,9676	0,1433	0,3728	0,2505	2003	0,8302	0,5500	0,0000	0,4204	1994	0,7512	0,5500	0,0000	0,3608
1976	0,8704	0,5500	0,0000	0,4341	1994	0,9878	0,0209	0,7880	0,0888	2004	0,8585	0,5500	0,6443	0,1331	1995	0,7540	0,5500	0,0000	0,3710
1977	0,8607	0,5500	0,0000	0,4275	1995	0,8149	0,5500	0,9652	0,0103	2005	0,9233	0,5500	0,0000	0,4596	1996	0,7299	0,5500	0,2454	0,2394
1978	0,8686	0,5500	0,3954	0,2380	1996	0,9392	0,1815	0,7949	0,0744	2006	0,9491	0,3002	0,7300	0,1124	1997	0,7322	0,5500	0,1582	0,2785
1979	0,8041	0,5500	0,0000	0,3798	1997	0,8758	0,5416	0,5681	0,1640	-	-	-	-	-	1998	0,7498	0,5500	0,0000	0,3270
1980	0,7497	0,5500	0,0000	0,3748	1998	0,8501	0,5500	0,0126	0,3943	-	-	-	-	-	1999	0,6947	0,5500	0,0000	0,3066
1981	0,8780	0,5500	0,1689	0,3680	1999	0,9853	0,0242	0,1564	0,3046	-	-	-	-	-	2000	0,8014	0,5500	0,0000	0,3900
1982	0,9085	0,3002	0,0000	0,3907	2000	0,9539	0,2095	0,0412	0,4204	-	-	-	-	-	2001	0,6534	0,5500	0,0000	0,2830
1983	0,8151	0,5500	0,0000	0,3984	2001	0,8755	0,5500	0,2874	0,2841	-	-	-	-	-	2002	0,6680	0,5500	0,8063	0,0538
1984	0,8644	0,3354	0,6473	0,1164	2002	0,9631	0,1095	0,8680	0,0484	-	-	-	-	-	2003	0,7913	0,5500	0,3030	0,2313
1985	0,8525	0,5500	0,1015	0,3801	2003	0,9842	0,0193	0,4037	0,2494	-	-	-	-	-	2004	0,6378	0,5500	0,0505	0,2708
1986	0,7994	0,5500	0,0000	0,4110	2004	0,9862	0,0207	0,9662	0,0101	-	-	-	-	-	2005	0,6631	0,5500	0,2007	0,2231

Çizelge 4.2. PSO ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları (devamı)

KALE					Melekbahçe					Tohma Suyu					Göynük Çayı				
Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen	
	(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)
1987	0,8750	0,5500	0,5090	0,1892	2005	0,9827	0,0352	0,9493	0,0169	-	-	-	-	-	2006	0,6768	0,5500	0,0000	0,3261
1988	0,7615	0,5500	0,0000	0,3885	2006	0,9815	0,0466	0,9378	0,0220	-	-	-	-	-	2007	0,5477	0,5500	0,0897	0,2286
1989	0,7826	0,5500	0,0000	0,3963	2007	0,7921	0,5500	0,2545	0,2508	-	-	-	-	-	2008	0,7336	0,5500	0,5962	0,1173
1990	0,7934	0,5500	0,0000	0,3959	2008	0,9857	0,0299	0,9570	0,0144	-	-	-	-	-	2009	0,6935	0,5500	0,3722	0,1783
1991	0,7102	0,5500	0,0000	0,3086	2009	0,8189	0,5500	0,0000	0,4171	-	-	-	-	-	2010	0,6067	0,5500	0,0000	0,2342
1992	0,7483	0,5500	0,0000	0,3786	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	0,7908	0,5500	0,0000	0,3873
1993	0,7380	0,5500	0,0000	0,3535	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	0,6890	0,5500	0,0000	0,3257
1994	0,7611	0,5500	0,0000	0,3651	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	0,9334	0,0946	0,9869	0,0013
1995	0,6442	0,5500	0,0000	0,3077	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	0,8342	0,5500	0,0000	0,4161
1996	0,7326	0,5500	0,0000	0,3333	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	0,7347	0,5500	0,0000	0,3667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0,7841	0,5500	0,4375	0,1829	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,7397	0,5500	0,0000	0,3647	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	0,6604	0,5500	0,0000	0,2918	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	0,6735	0,5500	0,0000	0,3068	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0,7087	0,5500	0,0000	0,3267	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,6605	0,5500	0,0000	0,2808	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,6955	0,5500	0,0000	0,3456	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,6454	0,5500	0,0000	0,3005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,5653	0,5500	0,0000	0,2866	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0,5484	0,5500	0,0000	0,2436	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,6609	0,5500	0,0000	0,3132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0,7349	0,5500	0,0000	0,3910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,7737	0,5500	0,0000	0,3672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,7316	0,5500	0,0000	0,3613	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	0,7125	0,5500	0,0000	0,3371	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0,7068	0,5500	0,0000	0,3207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	0,5589	0,5500	0,0000	0,2707	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0,5949	0,5500	0,0826	0,2536	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.2. GA algoritması ile taban akışı ayırma yöntemlerinin kalibrasyonu

Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntemin katsayılarının kalibrasyonu için daha önce bahsedilen kısıt fonksiyonlarının bağlı olduğu bir yazılım GA ile birleştirilerek çalıştırılmıştır. Bu çalıştırmalarda; Fırat Havzası istasyonları için Tohma suyu 1979-2006, Göynük Çayı 1970-2014 ve Melekbahçe 1969-2009 yılları arası, Yeşilırmak Havzası Kale istasyonu için 1951-2015 yılları arasındaki yıllar için taban akışı katsayısı belirlenmiştir (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4). Yıllara göre Kale istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.2681-0.4082, Chapman katsayısı (α) 0.2954-1.0012, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.2171-1.0012, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.2550-0.9220)-(0.1417-0.5499) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0023-0.8036)-(0.0601-0.4473); Melekbahçe istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3800-0.4104, Chapman katsayısı (α) 0.8189-0,9919, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.8189-0,9919, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.8184-0.9923)-(0.0068-0.5489) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0019-0.9746)-(0.0072-0.4202); Tohma Suyu istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3628-0.4102, Chapman katsayısı (α) 0.5817-0,9995, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.7504-0,9995, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.6401-0.9980)-(0.0015-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0036-0.9344)-(0.0209-0.4542); Göynük Çayı istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3057-0.3935, Chapman katsayısı (α) 0.0966-1.0002, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.5150-1.0002, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.3977-0.9949)-(0.0003-0.5498) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0036-0.9740)-(0.0013-0.4125) arasında değişen değerler almıştır. Burada bulunan değerlerin her biri sadece kendi su yılında kullanılabildiği için yöntemin elle kalibresi oldukça zordur. Oluşturulan bilgisayar modeli ile çok kısa sürede bu kalibrasyon yapılabilmektedir. Çalışmada GA için 100 adet birey 500 iterasyon ile çalıştırılmış ve bu işlem her bir su yılı için 30’ar kere tekrar edilmiştir. Bu 30 çalıştırma sonucunda Kale istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick yönteminde 65 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. Chapman yönteminde 1961-1962-1972 yıllarında sırasıyla 0,0405-0,0143-0,0385 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Chapman-Maxwell yönteminde ise yönteminde 1961-1972 yıllarında sırasıyla 0,0368-0,0373 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Diğer yılların tamamında ise standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-

Chapman yönteminde 1951-2015 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0014 ve α_2 verileri için ortalama 0,0088 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1951-2015 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0345 ve α_2 verileri için ortalama 0,0149 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

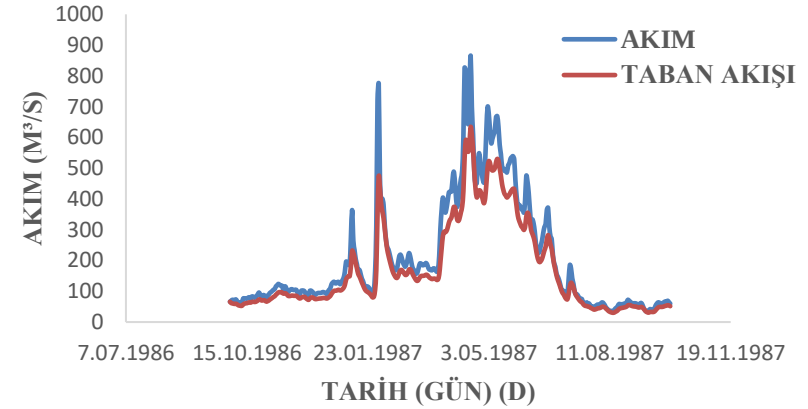
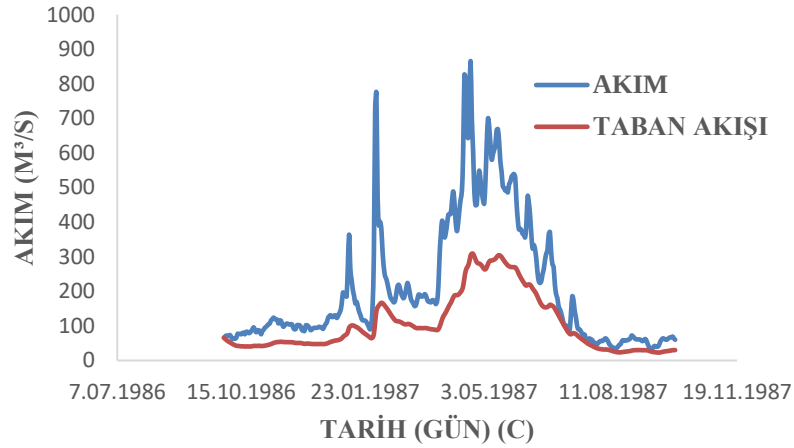
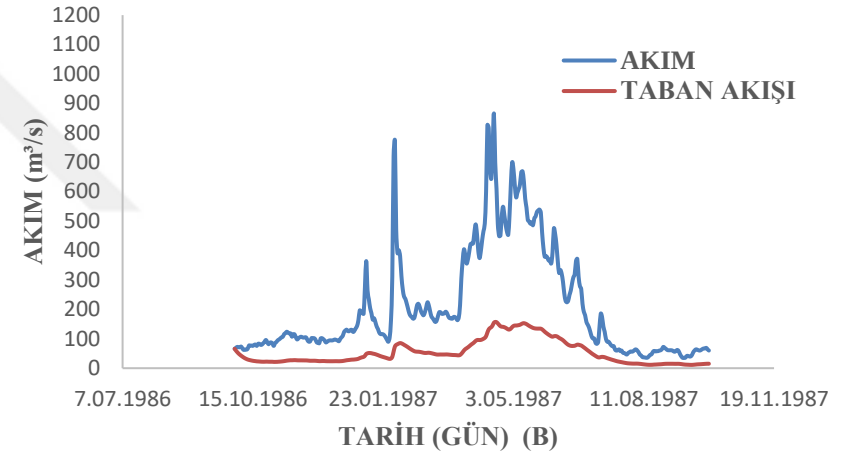
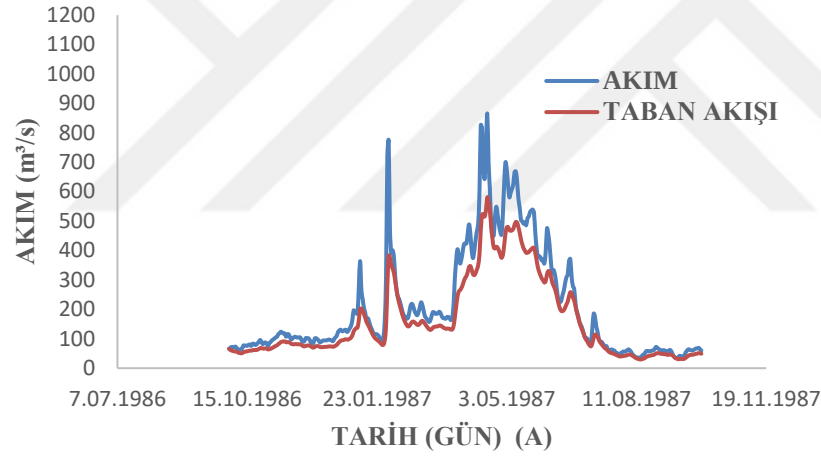
Melekbahçe istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick, Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde 41 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1969-2009 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0137 ve α_2 verileri için ortalama 0,0636 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1969-2009 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,1905 ve α_2 verileri için ortalama 0,0737 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

Tohma Suyu istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick, Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde 28 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1979-2006 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0079 ve α_2 verileri için ortalama 0,0320 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1979-2006 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0546 ve α_2 verileri için ortalama 0,0223 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

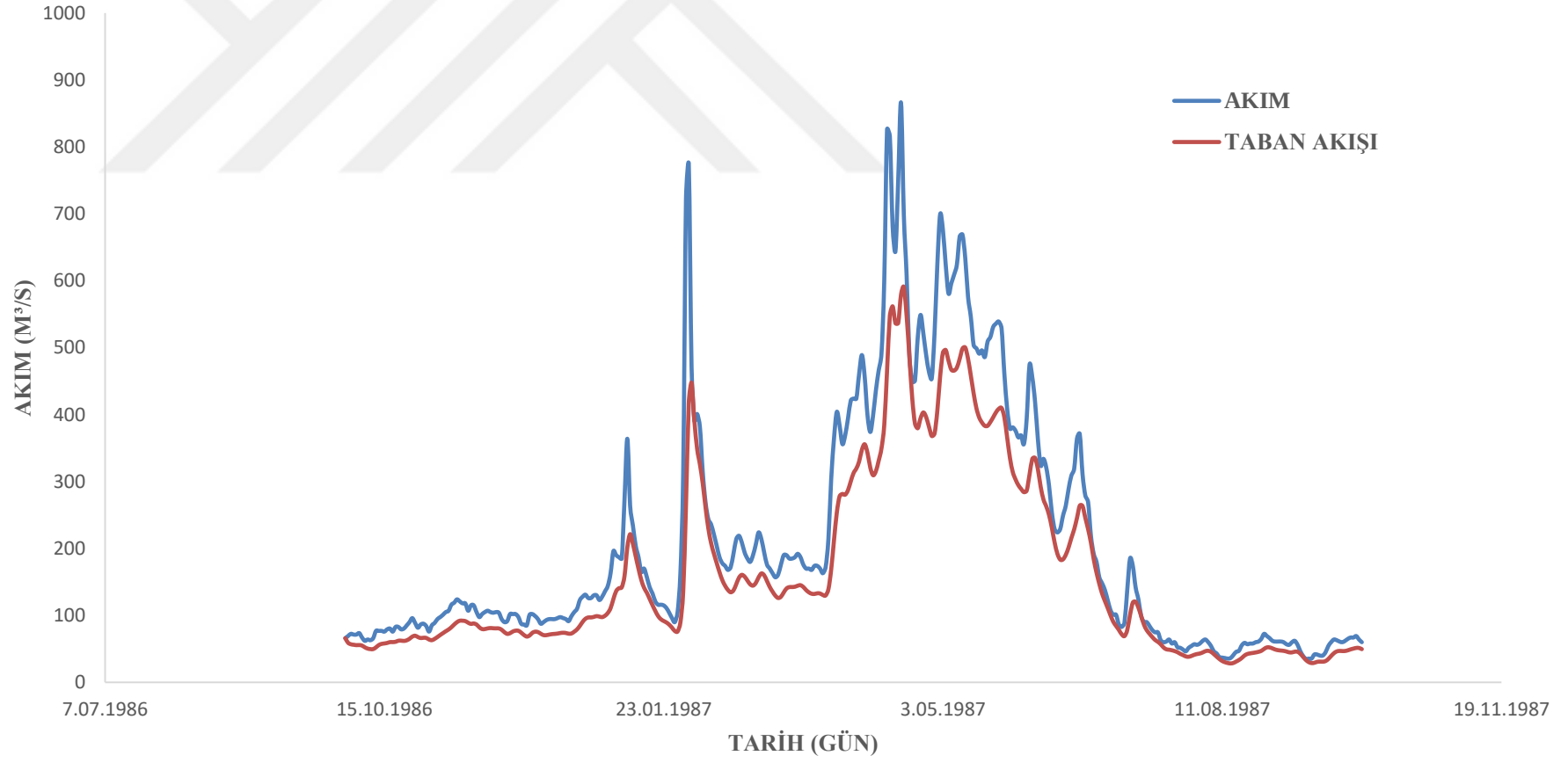
Göynük Çayı istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick yönteminde 45 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. Chapman yönteminde 1981-1982-1986-1991-1995-2003-2004 yıllarında sırasıyla 0,1574-0,0417-0,0293-0,2768-0,0184-0,0408-0,2365 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Chapman-Maxwell yönteminde ise yönteminde 1981-1982-1984-1986-1990-1991-1995-2003-2004 yıllarında sırasıyla 0,0170-0,0377-0,2469-0,0320-0,1071-0,1561-0,0180-0,0391-0,0881 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Diğer yılların tamamında ise standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1970-2014 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0312 ve α_2 verileri için ortalama 0,0503 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1970-2014 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0960 ve α_2 verileri için ortalama 0,0294 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

Şekil 4.9’da 1987 yılına ait Kale istasyonunun taban akışı değerleri analiz edildiğinden A ve D grafiklerinde kalibrasyon sonucu elde edilen değerler yüzeysel akışa yakın değerler alırken B ve C grafiklerinde daha düşük değerler aldığı görülmüştür. Buradaki yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarına bakıldığında B ve C grafiklerinde taban akışının başlangıçta ani olarak düşüşü bir dezavantaj olarak karşımıza çıkarken A ve D grafiklerindeki yüzeysel akışa bire bir uyum ise bu yöntemlerin dezavantajını göstermektedir. Önerilen yöntemde ise Şekil 4.9’daki Lyne ve Hollick, Boughton-Chapman yöntemlerindeki dezavantaj kısmen giderilmiş olmasına rağmen yeterli olduğu söylenemez. Ayrıca Chapman, Chapman-Maxwell yöntemlerinin ani düşüş dezavantajı da kısmen ortadan kaldırılmıştır (Şekil 4.10).

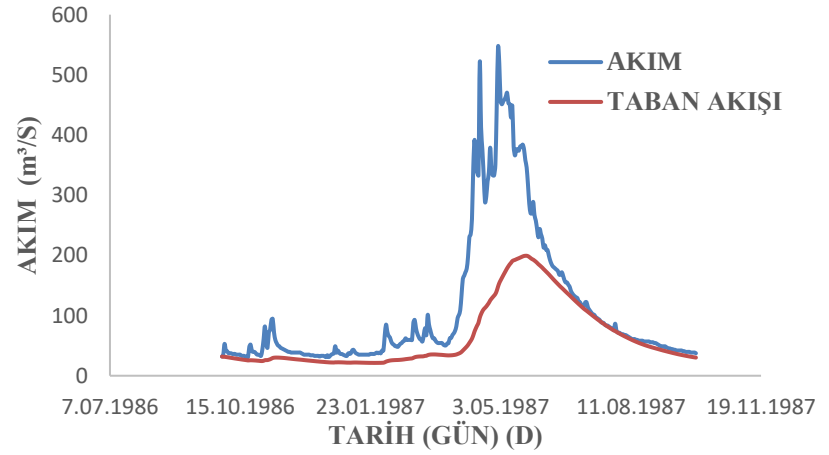
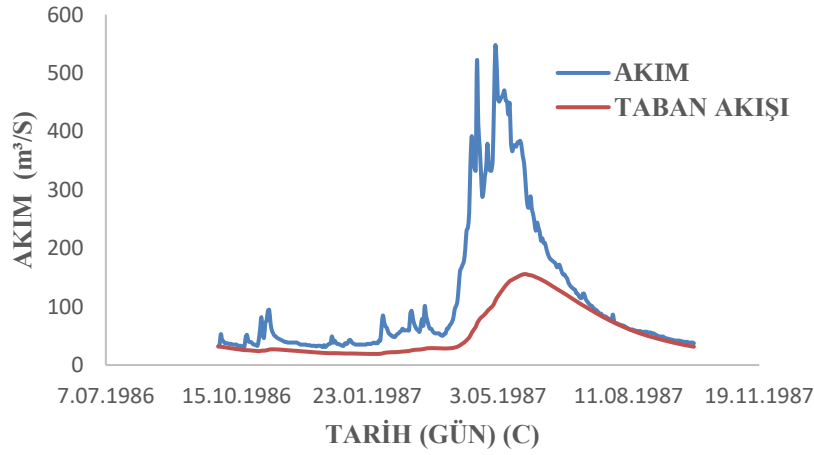
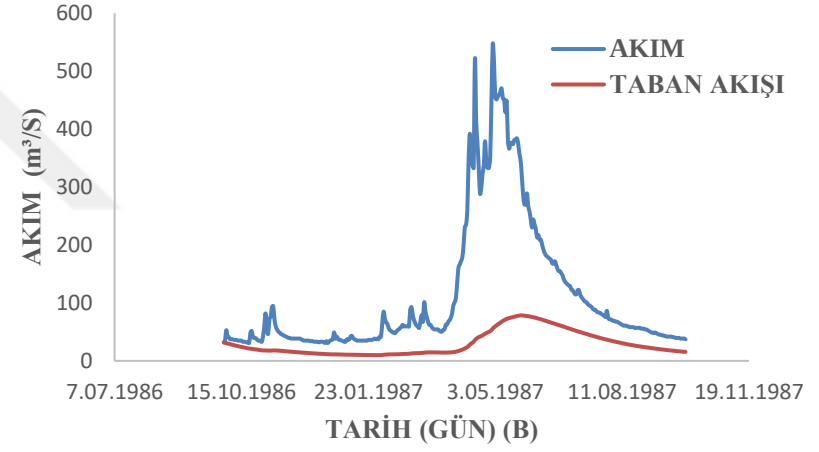
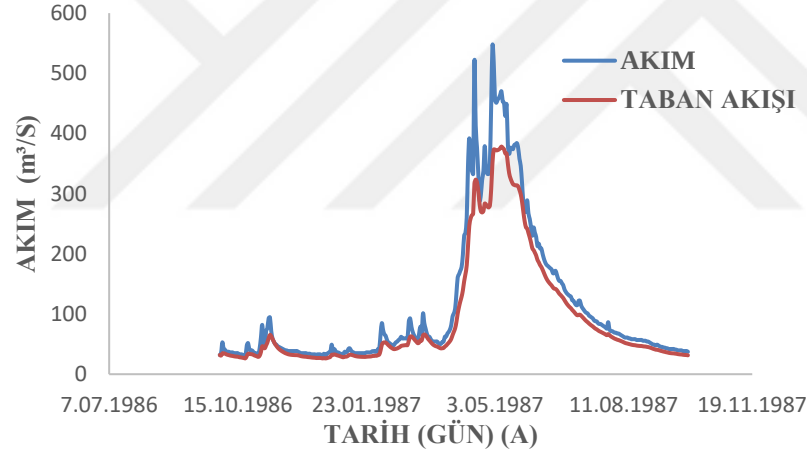
Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 incelendiğinde Kale istasyonundaki taban akışı ile yüzeysel akışın birbirine çok yakın olması sorunu Lyne ve Hollick yöntemi dışında diğer tüm yöntemlerde düzeldiği görülmektedir. Ani düşüş problemi ise hiçbir yöntemde görülmemiştir. Bu durum yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının sürekli olmadığı, istasyondan istasyona ve hatta yıldan yıla değişiklik gösterebileceğinin bir kanıtıdır. Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da buna birer örnektir.



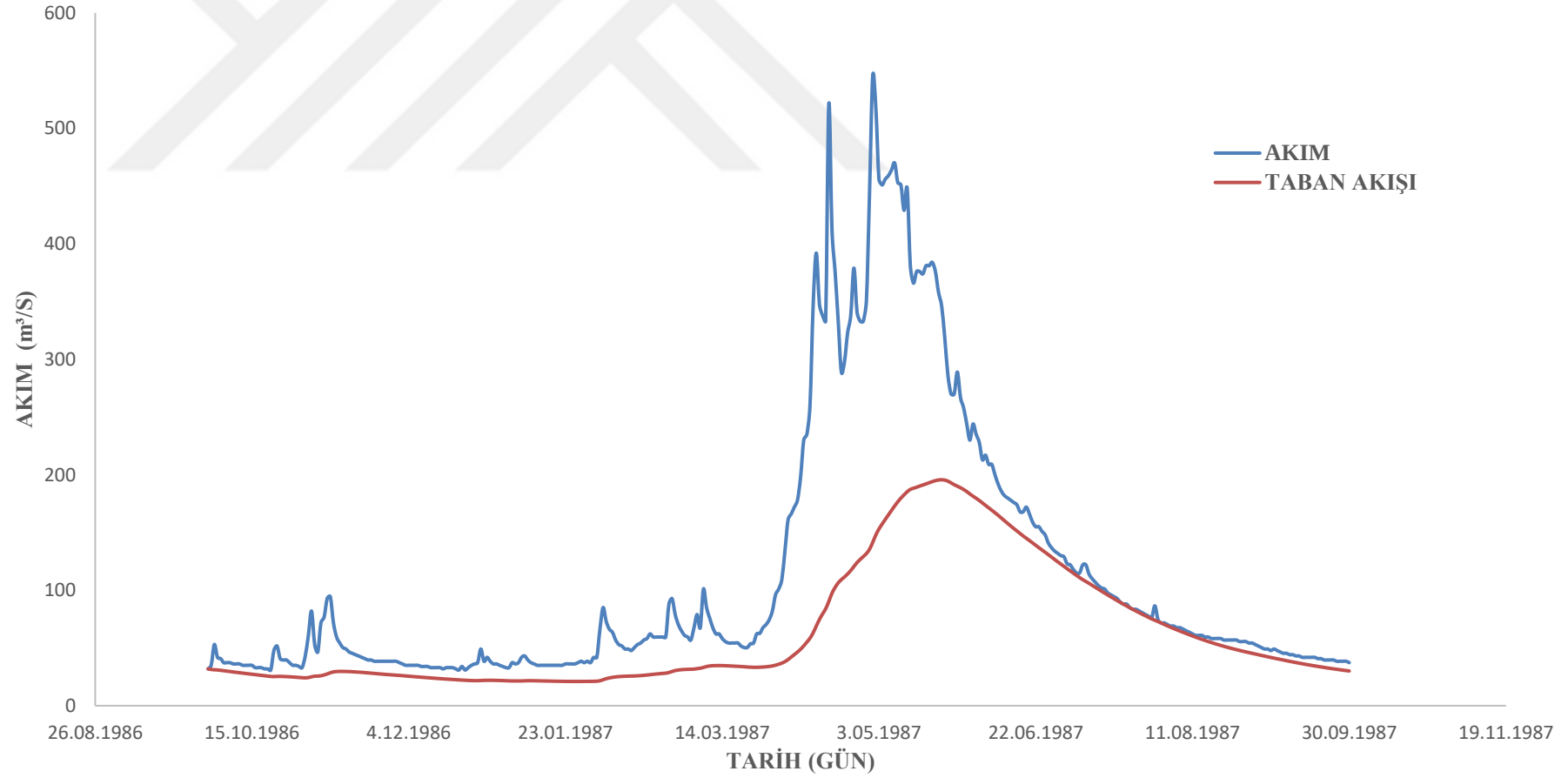
Şekil 4.9. 1987 yılı Kale istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



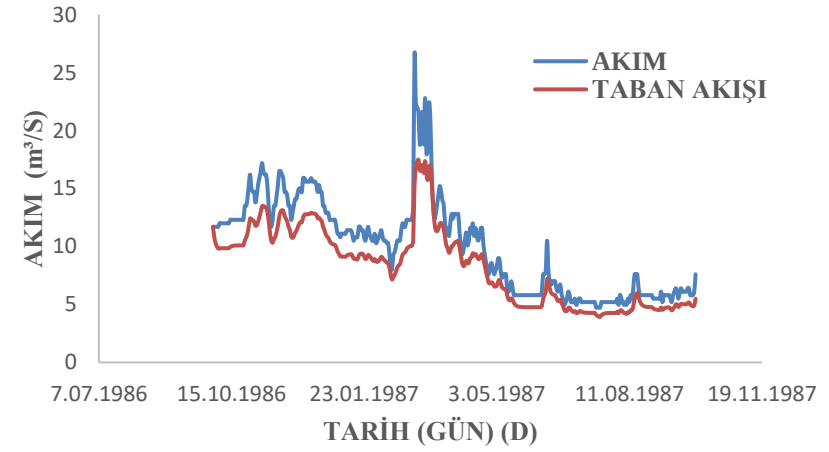
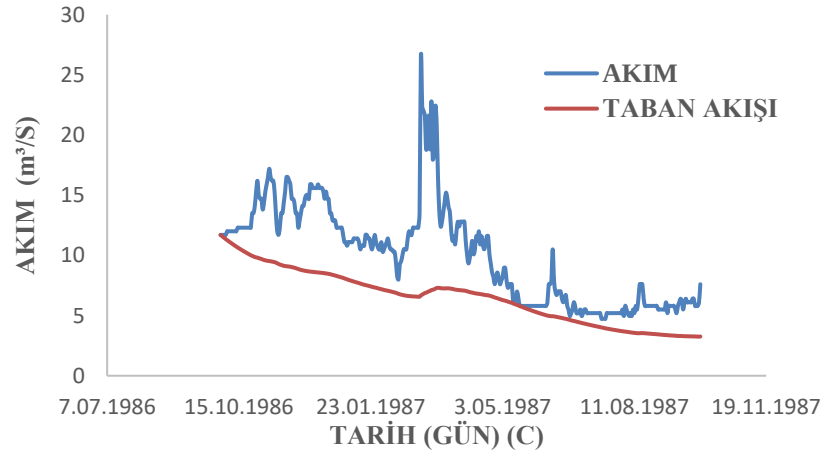
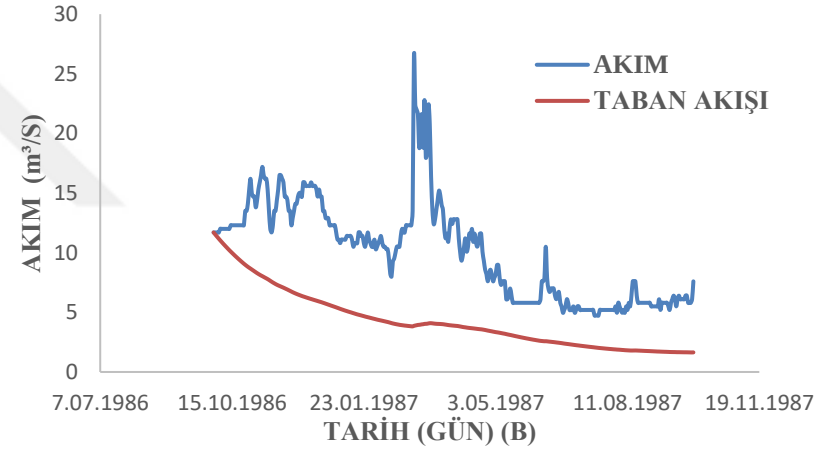
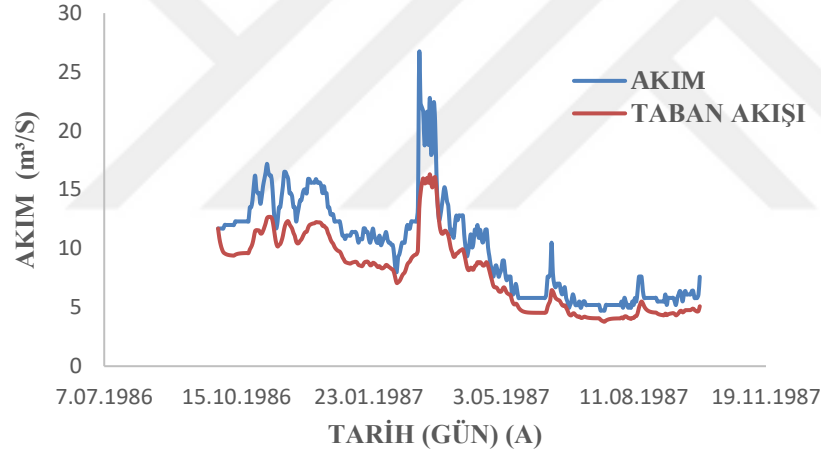
Şekil 4.10. 1987 yılı Kale istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



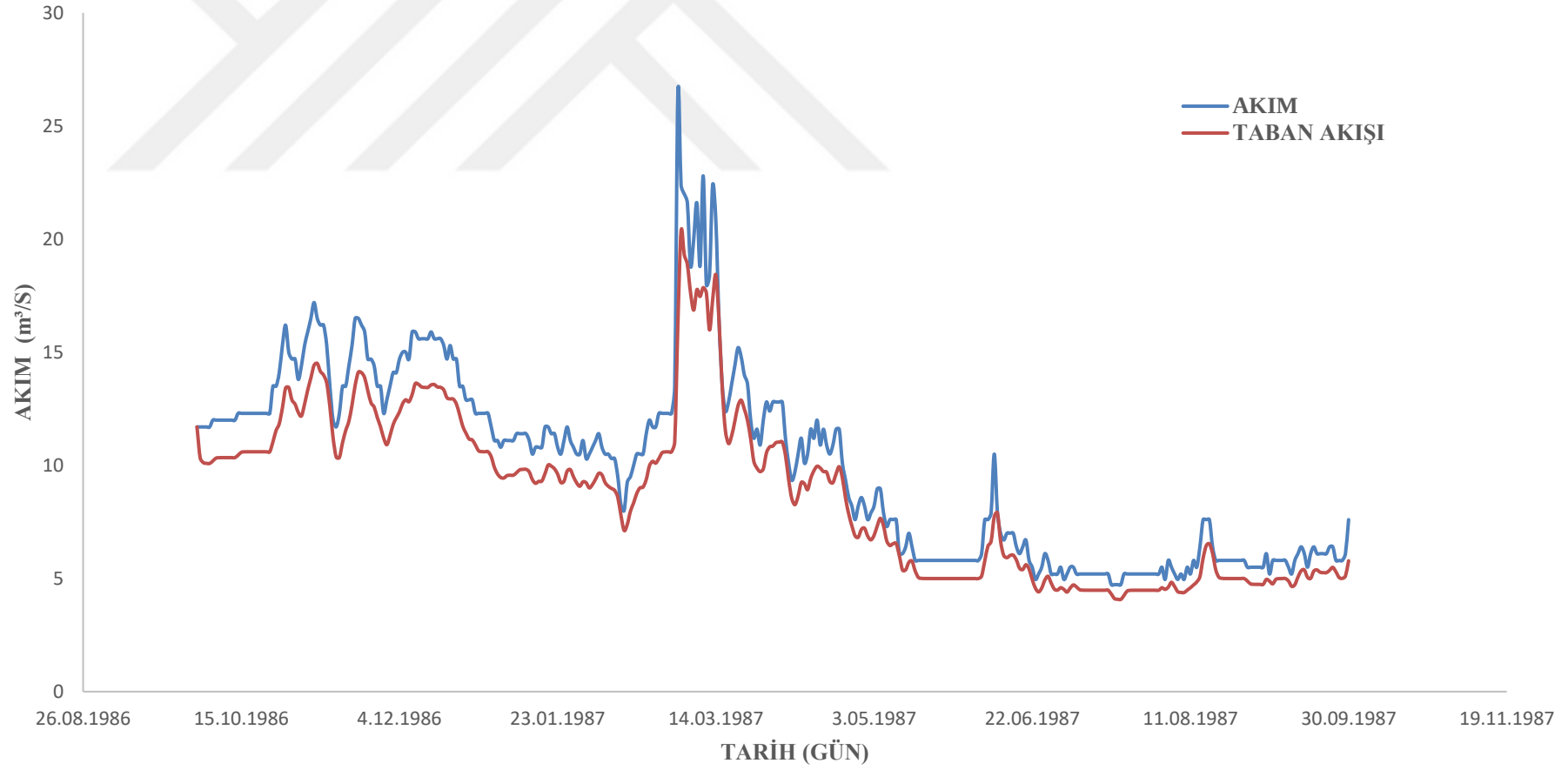
Şekil 4.11. 1987 yılı Melekbahçe istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



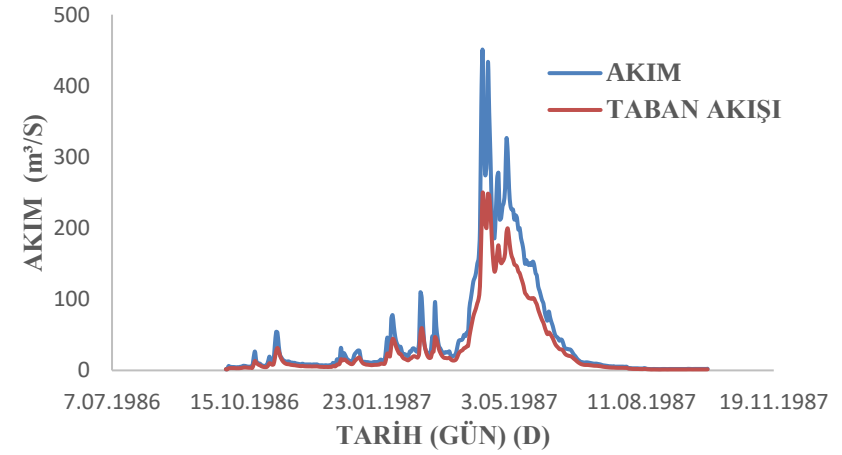
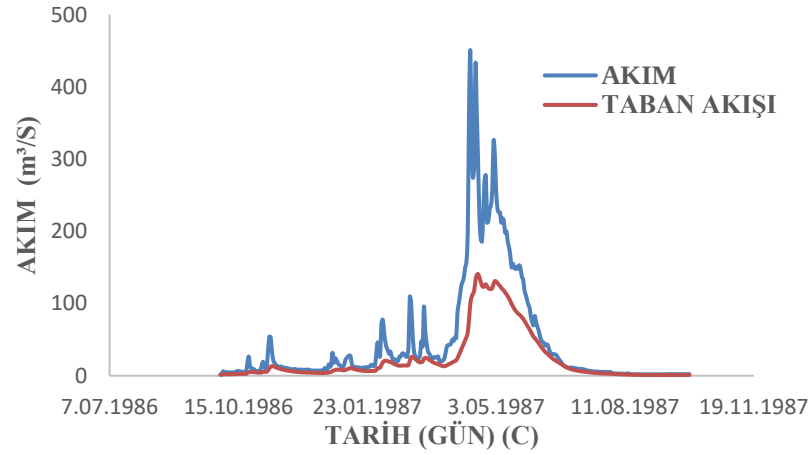
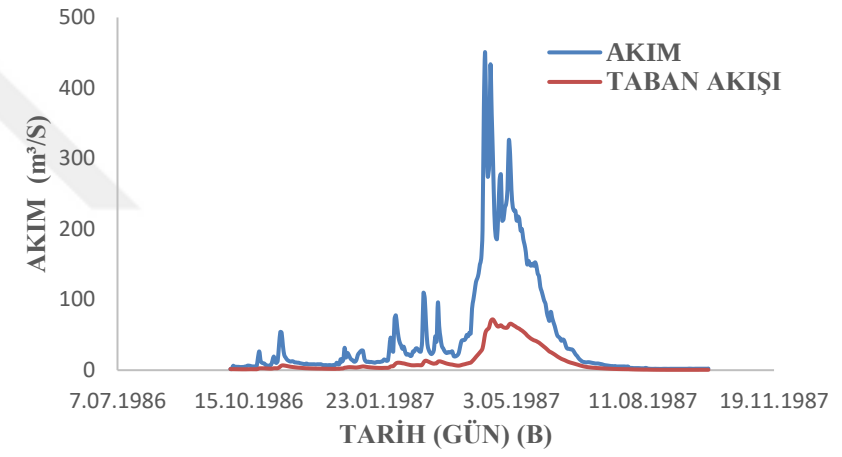
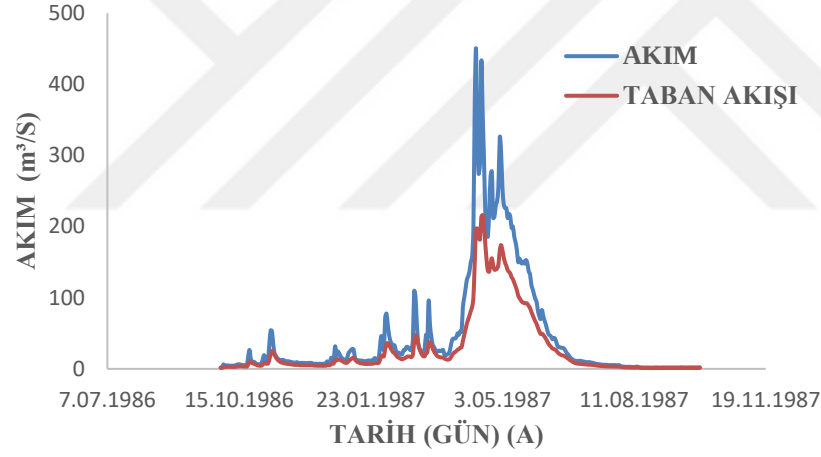
Şekil 4.12. 1987 yılı Melekbahçe istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



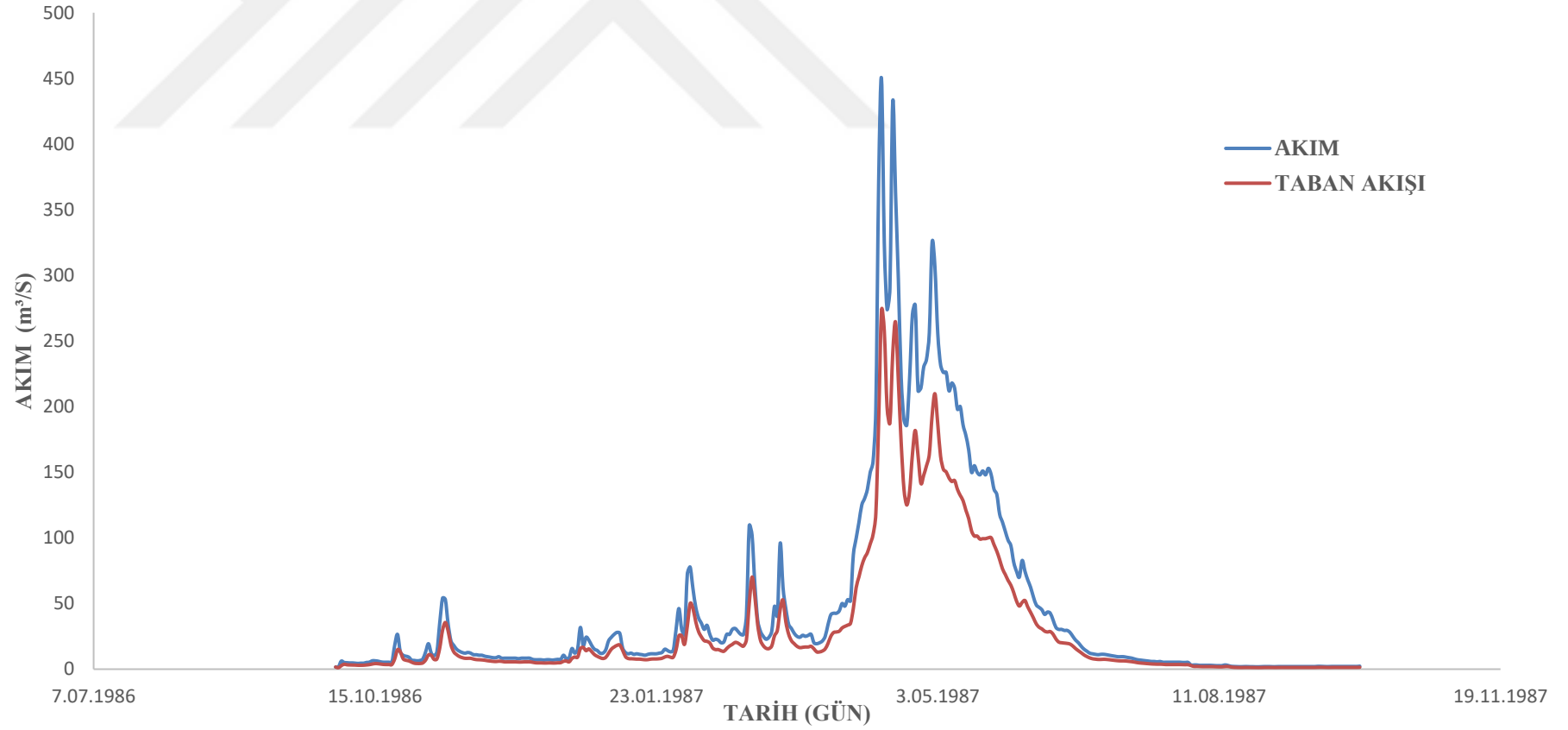
Şekil 4.13. 1987 yılı Tohma Suyu istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



Şekil 4.14. 1987 yılı Tohma Suyu istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



Şekil 4.15. 1987 yılı Göynük Çayı istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



Şekil 4.16. 1987 yılı Göynük Çayı istasyonu GA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)

Çizelge 4.3. GA ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları

KALE				Melekbağçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)
1951	0,4057	0,9527	0,9535	1969	0,3938	0,9872	0,9874	1979	0,4023	0,9857	0,9857	1970	0,3785	0,9255	0,9293
1952	0,4043	0,9700	0,9703	1970	0,4088	0,9915	0,9915	1980	0,3985	0,9843	0,9843	1971	0,3861	0,8916	0,9001
1953	0,4034	0,9298	0,9319	1971	0,3942	0,9713	0,9713	1981	0,4004	0,9975	0,9975	1972	0,3676	0,7075	0,7890
1954	0,2681	1,0006	0,2171	1972	0,4010	0,9919	0,9919	1982	0,4034	0,9990	0,9990	1973	0,3831	0,9088	0,9116
1955	0,4019	0,9404	0,9417	1973	0,4099	0,9863	0,9863	1983	0,3965	0,9995	0,9995	1974	0,3846	0,9267	0,9280
1956	0,4003	0,9515	0,9528	1974	0,3952	0,9892	0,9894	1984	0,3929	0,9578	0,9603	1975	0,3935	0,9087	0,9111
1957	0,3974	0,9666	0,9668	1975	0,4058	0,9900	0,9902	1985	0,3897	0,9978	0,9978	1976	0,3909	0,9223	0,9245
1958	0,4072	0,9504	0,9511	1976	0,4057	0,9824	0,9827	1986	0,4011	0,9992	0,9992	1977	0,3309	0,3033	0,5150
1959	0,3983	0,9334	0,9350	1977	0,4036	0,9854	0,9854	1987	0,4036	0,9922	0,9923	1978	0,3562	0,9418	0,9425
1960	0,3999	0,9314	0,9343	1978	0,4104	0,9870	0,9870	1988	0,3986	0,9204	0,9204	1979	0,3430	1,0001	0,9191
1961	0,3998	1,0001	1,0001	1979	0,3964	0,9825	0,9825	1989	0,3977	0,9689	0,9714	1980	0,3684	0,6136	0,7894
1962	0,3988	1,0000	1,0000	1980	0,3948	0,9890	0,9891	1990	0,3882	0,9706	0,9706	1981	0,3561	0,3798	1,0002
1963	0,3988	0,9465	0,9466	1981	0,4087	0,9751	0,9751	1991	0,3974	0,9313	0,9377	1982	0,3925	1,0000	1,0000
1964	0,4082	0,9667	0,9672	1982	0,4045	0,9748	0,9748	1992	0,3879	0,9716	0,9725	1983	0,3880	0,8551	0,8617
1965	0,3974	0,9453	0,9455	1983	0,4104	0,9870	0,9870	1993	0,3804	0,8907	0,9095	1984	0,3209	1,0001	1,0001
1966	0,3971	0,9519	0,9528	1984	0,3901	0,9821	0,9821	1994	0,4051	0,9933	0,9934	1985	0,3873	0,8996	0,9030
1967	0,4012	0,9663	0,9668	1985	0,4086	0,9905	0,9906	1995	0,3628	0,5817	0,7504	1986	0,3881	1,0000	1,0000
1968	0,4011	0,9500	0,9518	1986	0,4070	0,9666	0,9666	1996	0,4086	0,9877	0,9879	1987	0,3804	0,9190	0,9210
1969	0,4014	0,9681	0,9686	1987	0,4075	0,9848	0,9849	1997	0,4086	0,9937	0,9937	1988	0,3732	0,7681	0,8274
1970	0,3988	0,9176	0,9218	1988	0,4024	0,9869	0,9870	1998	0,4035	0,9926	0,9927	1989	0,3721	0,5769	0,8141
1971	0,4041	0,9580	0,9580	1989	0,3995	0,9755	0,9755	1999	0,3994	0,9909	0,9909	1990	0,3667	1,0001	1,0001
1972	0,3865	1,0012	1,0012	1990	0,3800	0,9917	0,9919	2000	0,4058	0,9956	0,9956	1991	0,3057	1,0000	1,0000
1973	0,3970	0,9350	0,9371	1991	0,4067	0,9563	0,9653	2001	0,4102	0,9751	0,9751	1992	0,3712	0,8799	0,8868
1974	0,3977	0,9400	0,9433	1992	0,3965	0,9893	0,9894	2002	0,3995	0,9789	0,9793	1993	0,3855	0,9077	0,9099
1975	0,4023	0,9231	0,9232	1993	0,4047	0,9676	0,9676	2003	0,3945	0,9961	0,9961	1994	0,3798	0,8127	0,8298
1976	0,3997	0,9321	0,9349	1994	0,4102	0,9907	0,9908	2004	0,4029	0,9920	0,9922	1995	0,3865	1,0000	1,0000
1977	0,3966	0,9187	0,9285	1995	0,3946	0,9886	0,9887	2005	0,4101	0,9913	0,9914	1996	0,3826	0,9063	0,9082
1978	0,4019	0,9343	0,9343	1996	0,3926	0,9862	0,9862	2006	0,4097	0,9547	0,9547	1997	0,3804	0,9190	0,9210
1979	0,3911	0,9356	0,9357	1997	0,4020	0,9909	0,9910	-	-	-	-	1998	0,3736	0,7738	0,7852
1980	0,3804	0,8541	0,8549	1998	0,3969	0,9058	0,9078	-	-	-	-	1999	0,3766	0,9288	0,9305
1981	0,4010	0,9631	0,9636	1999	0,3905	0,9856	0,9856	-	-	-	-	2000	0,3875	0,8972	0,9012
1982	0,4013	0,9333	0,9354	2000	0,4065	0,9789	0,9789	-	-	-	-	2001	0,3689	0,8827	0,8860
1983	0,3911	0,9239	0,9265	2001	0,4047	0,9603	0,9603	-	-	-	-	2002	0,3715	0,9363	0,9371
1984	0,3950	0,9272	0,9326	2002	0,4013	0,9631	0,9631	-	-	-	-	2003	0,3935	1,0001	1,0001
1985	0,3983	0,9304	0,9304	2003	0,4094	0,9855	0,9856	-	-	-	-	2004	0,3686	1,0002	1,0002
1986	0,3854	0,8643	0,8854	2004	0,3904	0,9887	0,9888	-	-	-	-	2005	0,3742	1,0001	1,0001

Çizelge 4.3. GA ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları (devamı)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)
1987	0,4028	0,9350	0,9375	2005	0,3985	0,9864	0,9865	-	-	-	-	2006	0,3691	0,6924	0,8139
1988	0,3850	0,9483	0,9499	2006	0,4019	0,9826	0,9826	-	-	-	-	2007	0,3482	0,4137	0,5975
1989	0,3876	0,8630	0,9379	2007	0,3922	0,9900	0,9900	-	-	-	-	2008	0,3847	0,8855	0,8859
1990	0,3894	0,9310	0,9378	2008	0,3917	0,9885	0,9886	-	-	-	-	2009	0,3674	0,7122	0,7782
1991	0,3779	0,8990	0,8998	2009	0,3843	0,8189	0,8189	-	-	-	-	2010	0,3613	0,0966	0,7405
1992	0,3797	0,8503	0,8880	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	0,3904	0,8967	0,8967
1993	0,3755	0,7887	0,8295	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	0,3742	0,9345	0,9367
1994	0,3773	0,7776	0,8041	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	0,3666	0,9480	0,9497
1995	0,3577	0,6250	0,7058	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	0,3917	0,8723	0,8776
1996	0,3782	0,8322	0,8652	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	0,3758	0,6610	0,8334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0,3863	0,8518	0,8585	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,3810	0,7550	0,8971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	0,3660	0,6451	0,7805	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	0,3708	0,6886	0,8077	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0,3752	0,6702	0,8930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,3696	0,6115	0,7875	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,3533	0,6955	0,6955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,3563	0,6299	0,6976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,3414	0,4968	0,5984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0,3465	0,2954	0,5974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,3667	0,6453	0,7910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0,3749	0,7835	0,8324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,3813	0,8378	0,8669	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,3763	0,7975	0,8431	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	0,3757	0,8024	0,8624	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0,3774	0,8053	0,8380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	0,3409	0,4241	0,5943	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0,3498	0,5058	0,6487	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.4. GA ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları

KALE					Melekbahçe					Tohma Suyu					Göynük Çayı				
Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen	
	(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)
1951	0,8969	0,5487	0,0720	0,4028	1969	0,9855	0,0163	0,9643	0,0097	1979	0,8750	0,5500	0,0066	0,4073	1970	0,7515	0,5173	0,4948	0,1464
1952	0,8880	0,5420	0,0585	0,3879	1970	0,9881	0,0196	0,9572	0,0146	1980	0,9475	0,1748	0,8059	0,0727	1971	0,7745	0,5475	0,2073	0,2697
1953	0,8919	0,5454	0,5471	0,1802	1971	0,9705	0,0643	0,9125	0,0295	1981	0,8637	0,5442	0,0073	0,4153	1972	0,6909	0,5468	0,0115	0,3489
1954	0,2550	0,5483	0,0137	0,0962	1972	0,9885	0,0143	0,9518	0,0156	1982	0,8907	0,4322	0,6302	0,1389	1973	0,7409	0,5429	0,0093	0,3527
1955	0,8719	0,5464	0,2739	0,3028	1973	0,9838	0,0479	0,9590	0,0135	1983	0,9980	0,0015	0,0089	0,3728	1974	0,7615	0,5455	0,0038	0,3762
1956	0,8546	0,5479	0,0051	0,4017	1974	0,9923	0,0068	0,9276	0,0267	1984	0,8135	0,5483	0,0278	0,3793	1975	0,7907	0,5473	0,6581	0,1104
1957	0,8632	0,5473	0,0880	0,3991	1975	0,9866	0,0192	0,9441	0,0181	1985	0,9884	0,0139	0,9344	0,0209	1976	0,9019	0,2391	0,7268	0,0917
1958	0,9220	0,3527	0,0031	0,4473	1976	0,9827	0,0173	0,9650	0,0086	1986	0,9927	0,0091	0,0090	0,4041	1977	0,9807	0,0021	0,0122	0,2353
1959	0,8558	0,5409	0,4444	0,2116	1977	0,9852	0,0283	0,9087	0,0341	1987	0,8803	0,5462	0,1519	0,3655	1978	0,9750	0,0043	0,9670	0,0027
1960	0,8557	0,5464	0,0171	0,4091	1978	0,9325	0,4457	0,2517	0,3179	1988	0,8294	0,5473	0,1956	0,2988	1979	0,9663	0,0082	0,8464	0,0373
1961	0,8519	0,5437	0,0133	0,4266	1979	0,9821	0,0478	0,9345	0,0238	1989	0,8356	0,5389	0,0241	0,3856	1980	0,9887	0,0007	0,9709	0,0013
1962	0,8725	0,5459	0,3363	0,2767	1980	0,9863	0,0172	0,9470	0,0168	1990	0,7696	0,5493	0,0095	0,3404	1981	0,9949	0,0003	0,9091	0,0173
1963	0,8433	0,5487	0,0145	0,3926	1981	0,9135	0,5420	0,0798	0,3889	1991	0,8610	0,5484	0,0472	0,3889	1982	0,8350	0,4597	0,5737	0,1428
1964	0,9076	0,5477	0,0050	0,4436	1982	0,9745	0,0706	0,0131	0,3941	1992	0,7724	0,5474	0,0120	0,3436	1983	0,8176	0,5472	0,2134	0,3173
1965	0,8576	0,5429	0,1430	0,3637	1983	0,9859	0,0200	0,2524	0,3176	1993	0,7223	0,5457	0,0036	0,2987	1984	0,9798	0,0027	0,9691	0,0020
1966	0,8506	0,5438	0,2080	0,3283	1984	0,9807	0,0341	0,9493	0,0158	1994	0,8919	0,5435	0,0061	0,4227	1985	0,7667	0,5429	0,0776	0,3303
1967	0,8571	0,5499	0,4493	0,2088	1985	0,9868	0,0167	0,0506	0,4175	1995	0,6401	0,5468	0,0089	0,2967	1986	0,8784	0,2388	0,7123	0,0891
1968	0,8768	0,5457	0,4772	0,2089	1986	0,8947	0,5386	0,3085	0,2840	1996	0,9171	0,5399	0,0205	0,4371	1987	0,9620	0,0080	0,9536	0,0037
1969	0,8746	0,5451	0,0059	0,4307	1987	0,9825	0,0235	0,9325	0,0231	1997	0,9555	0,2293	0,7763	0,0915	1988	0,9377	0,0571	0,8797	0,0273
1970	0,8738	0,5409	0,0722	0,4065	1988	0,9828	0,0315	0,9471	0,0173	1998	0,8735	0,5427	0,3409	0,2589	1989	0,6513	0,5477	0,0036	0,3017
1971	0,8859	0,5394	0,0070	0,4327	1989	0,9744	0,0599	0,7703	0,0821	1999	0,8474	0,5456	0,0131	0,4058	1990	0,9669	0,0050	0,4851	0,1242
1972	0,9200	0,1417	0,8036	0,0601	1990	0,9871	0,0195	0,9625	0,0118	2000	0,8897	0,5380	0,2157	0,3228	1991	0,3977	0,5473	0,0114	0,1936
1973	0,8405	0,5397	0,2251	0,3175	1991	0,8898	0,5097	0,1553	0,3460	2001	0,9236	0,5441	0,0521	0,4225	1992	0,8696	0,1841	0,7346	0,0723
1974	0,8532	0,5419	0,0319	0,4098	1992	0,9867	0,0178	0,9326	0,0241	2002	0,9936	0,0047	0,2380	0,2982	1993	0,7869	0,5477	0,4620	0,1766
1975	0,8650	0,5446	0,0268	0,4189	1993	0,9674	0,1413	0,8338	0,0657	2003	0,8303	0,5481	0,0038	0,4179	1994	0,7518	0,5448	0,0157	0,3513
1976	0,8708	0,5414	0,0073	0,4303	1994	0,9874	0,0208	0,8981	0,0404	2004	0,8604	0,5393	0,6485	0,1312	1995	0,7546	0,5471	0,0080	0,3665
1977	0,8607	0,5493	0,0068	0,4242	1995	0,9856	0,0214	0,9509	0,0160	2005	0,9236	0,5409	0,0108	0,4542	1996	0,7313	0,5443	0,2408	0,2407
1978	0,8694	0,5422	0,3936	0,2386	1996	0,9839	0,0223	0,9628	0,0101	2006	0,9489	0,3006	0,7298	0,1124	1997	0,9592	0,0093	0,1586	0,2781
1979	0,8037	0,5491	0,0206	0,3697	1997	0,9878	0,0181	0,5673	0,1643	-	-	-	-	-	1998	0,7497	0,5487	0,0180	0,3203
1980	0,7500	0,5475	0,0076	0,3701	1998	0,8504	0,5465	0,0381	0,3833	-	-	-	-	-	1999	0,6942	0,5498	0,0053	0,3046
1981	0,8777	0,5481	0,1692	0,3678	1999	0,9846	0,0280	0,9355	0,0219	-	-	-	-	-	2000	0,8022	0,5398	0,0266	0,3786
1982	0,9081	0,3009	0,0105	0,3853	2000	0,9779	0,0723	0,0416	0,4202	-	-	-	-	-	2001	0,6555	0,5413	0,0094	0,2787
1983	0,8154	0,5454	0,0043	0,3962	2001	0,8750	0,5482	0,2854	0,2847	-	-	-	-	-	2002	0,6686	0,5480	0,8063	0,0537
1984	0,8642	0,3356	0,2819	0,2412	2002	0,9499	0,1756	0,8637	0,0499	-	-	-	-	-	2003	0,7940	0,5405	0,3033	0,2311
1985	0,8524	0,5469	0,1003	0,3807	2003	0,9829	0,0240	0,9073	0,0344	-	-	-	-	-	2004	0,9756	0,0046	0,9740	0,0017
1986	0,7995	0,5468	0,0381	0,3937	2004	0,9828	0,0414	0,9596	0,0127	-	-	-	-	-	2005	0,6652	0,5429	0,2009	0,2229

Çizelge 4.4. GA ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları (devamı)

KALE					Melekbahçe					Tohma Suyu					Göynük Çayı				
Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen	
	(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)
1987	0,8761	0,5403	0,5116	0,1880	2005	0,9828	0,0330	0,9437	0,0192	-	-	-	-	-	2006	0,6772	0,5478	0,0085	0,3219
1988	0,7625	0,5444	0,0343	0,3721	2006	0,9816	0,0437	0,9177	0,0312	-	-	-	-	-	2007	0,5484	0,5471	0,0895	0,2287
1989	0,7825	0,5492	0,0138	0,3896	2007	0,9891	0,0148	0,9746	0,0072	-	-	-	-	-	2008	0,7357	0,5438	0,5945	0,1178
1990	0,7936	0,5484	0,0059	0,3924	2008	0,9851	0,0308	0,9519	0,0161	-	-	-	-	-	2009	0,6937	0,5471	0,3722	0,1783
1991	0,7108	0,5469	0,0070	0,3057	2009	0,8184	0,5489	0,0019	0,4160	-	-	-	-	-	2010	0,6080	0,5457	0,8517	0,0351
1992	0,7491	0,5440	0,0028	0,3768	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	0,7905	0,5493	0,0048	0,3848
1993	0,7381	0,5471	0,0087	0,3492	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	0,6894	0,5480	0,0040	0,3234
1994	0,7618	0,5424	0,0234	0,3540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	0,9335	0,0944	0,8532	0,0415
1995	0,6439	0,5461	0,0052	0,3056	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	0,8343	0,5456	0,0060	0,4125
1996	0,7328	0,5479	0,0077	0,3301	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	0,7354	0,5444	0,0230	0,3556	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0,7853	0,5424	0,4399	0,1819	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,7398	0,5487	0,0133	0,3586	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	0,6618	0,5438	0,0184	0,2839	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	0,6745	0,5447	0,0175	0,2989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0,7096	0,5452	0,0036	0,3252	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,6617	0,5461	0,0023	0,2799	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,6950	0,5452	0,0148	0,3392	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,6459	0,5462	0,0150	0,2938	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,5653	0,5497	0,0095	0,2828	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0,5486	0,5488	0,0164	0,2372	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,6609	0,5496	0,0206	0,3044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0,7346	0,5498	0,0069	0,3876	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,7738	0,5482	0,0140	0,3603	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,7321	0,5465	0,0137	0,3540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	0,7123	0,5487	0,0262	0,3247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0,7075	0,5472	0,0094	0,3161	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	0,5596	0,5465	0,0096	0,2662	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0,5960	0,5447	0,0816	0,2539	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.3. GKO algoritması ile taban akışı ayırma yöntemlerinin kalibrasyonu

Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntemin katsayılarının kalibrasyonu için daha önce bahsedilen kısıt fonksiyonlarının bağlı olduğu bir yazılım GKO ile birleştirilerek çalıştırılmıştır. Bu çalıştırmalarda; Fırat Havzası istasyonları için Tohma suyu 1979-2006, Göynük Çayı 1970-2014 ve Melekbahçe 1969-2009 yılları arası, Yeşilirmak Havzası Kale istasyonu için 1951-2015 yılları arasındaki yıllar için taban akışı katsayısı belirlenmiştir (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6). Yıllara göre Kale istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.2680-0.4082, Chapman katsayısı (α) 0.2953-1.0006, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.2171-0.9703, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.2546-0.9222)-(0.1419-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.8057)-(0.0595-0.4489); Melekbahçe istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3800-0.4104, Chapman katsayısı (α) 0.8189-0,9918, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.8189-0,9919, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.7920-0.9920)-(0.0073-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9762)-(0.0066-0.4247); Tohma Suyu istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3627-0.4102, Chapman katsayısı (α) 0.5816-0,9994, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.7503-0,9994, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.6394-1.0000)-(0.0000-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9987)-(0.0000-0.4596); Göynük Çayı istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3057-0.3935, Chapman katsayısı (α) 0.0965-1.0002, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.5149-1.0001, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.3781-0.9994)-(0.0000-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-1.0003)-(0.0000-0.4160) arasında değişen değerler almıştır. Burada bulunan değerlerin her biri sadece kendi su yılında kullanılabildiği için yöntemin elle kalibrasyonu oldukça zordur. Oluşturulan bilgisayar modeli ile çok kısa sürede bu kalibrasyon yapılabilir. Çalışmada GKO için 100 adet kurt 500 iterasyon ile çalıştırılmış ve bu işlem her bir su yılı için 30'ar kere tekrar edilmiştir. Bu 30 çalıştırma sonucunda Kale istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick, Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde 65 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1951-2015 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0004 ve α_2 verileri için ortalama 0,0014 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1951-

2015 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0283 ve α_2 verileri için ortalama 0,0101 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

Melekbahçe istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick, Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde 41 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1969-2009 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0321 ve α_2 verileri için ortalama 0,1244 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1969-2009 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,1536 ve α_2 verileri için ortalama 0,0574 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

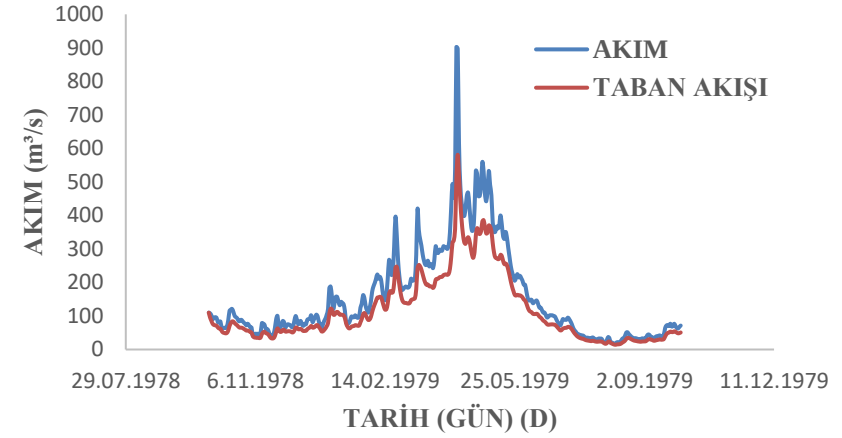
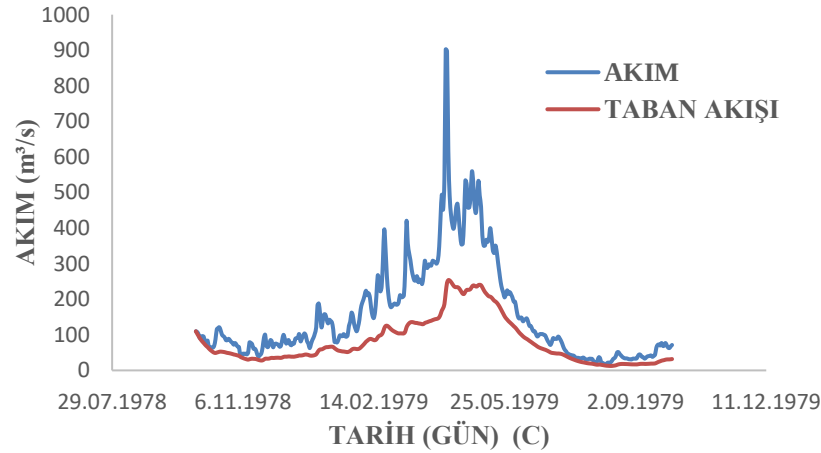
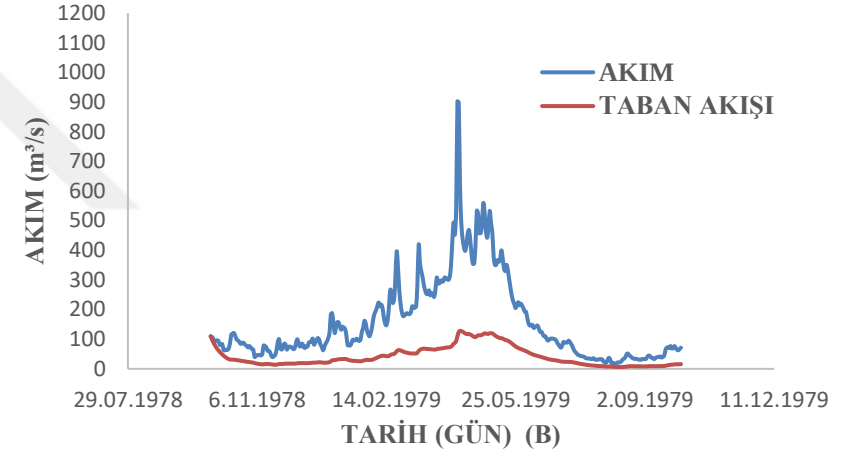
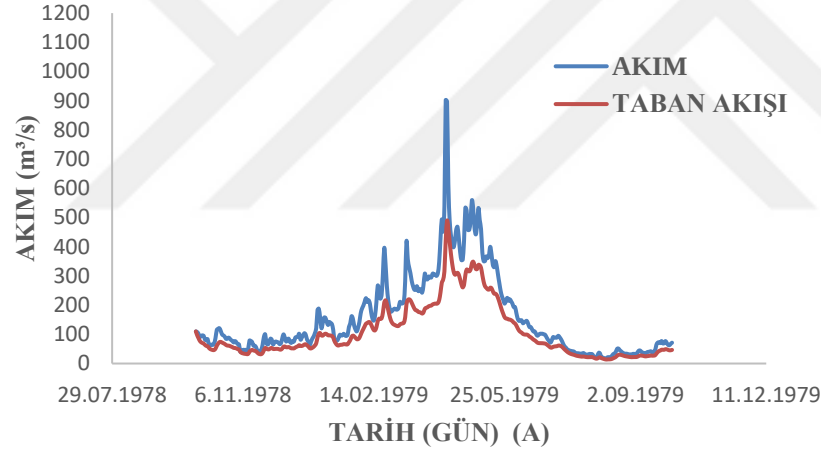
Tohma Suyu istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick, Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde 28 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1979-2006 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0097 ve α_2 verileri için ortalama 0,0361 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1979-2006 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0424 ve α_2 verileri için ortalama 0,0137 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

Göynük Çayı istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick yönteminde 45 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. Chapman yönteminde 2005 yılında 0,0566 değerinde standart sapma tespit edilmiştir. Chapman-Maxwell yönteminde ise yönteminde 1984-1991-2014 yıllarında sırasıyla 0,1189-0,1123-0,3327 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Diğer yılların tamamında ise standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1970-2014 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0197 ve α_2 verileri için ortalama 0,0285 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1970-2014 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0992 ve α_2 verileri için ortalama 0,0247 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

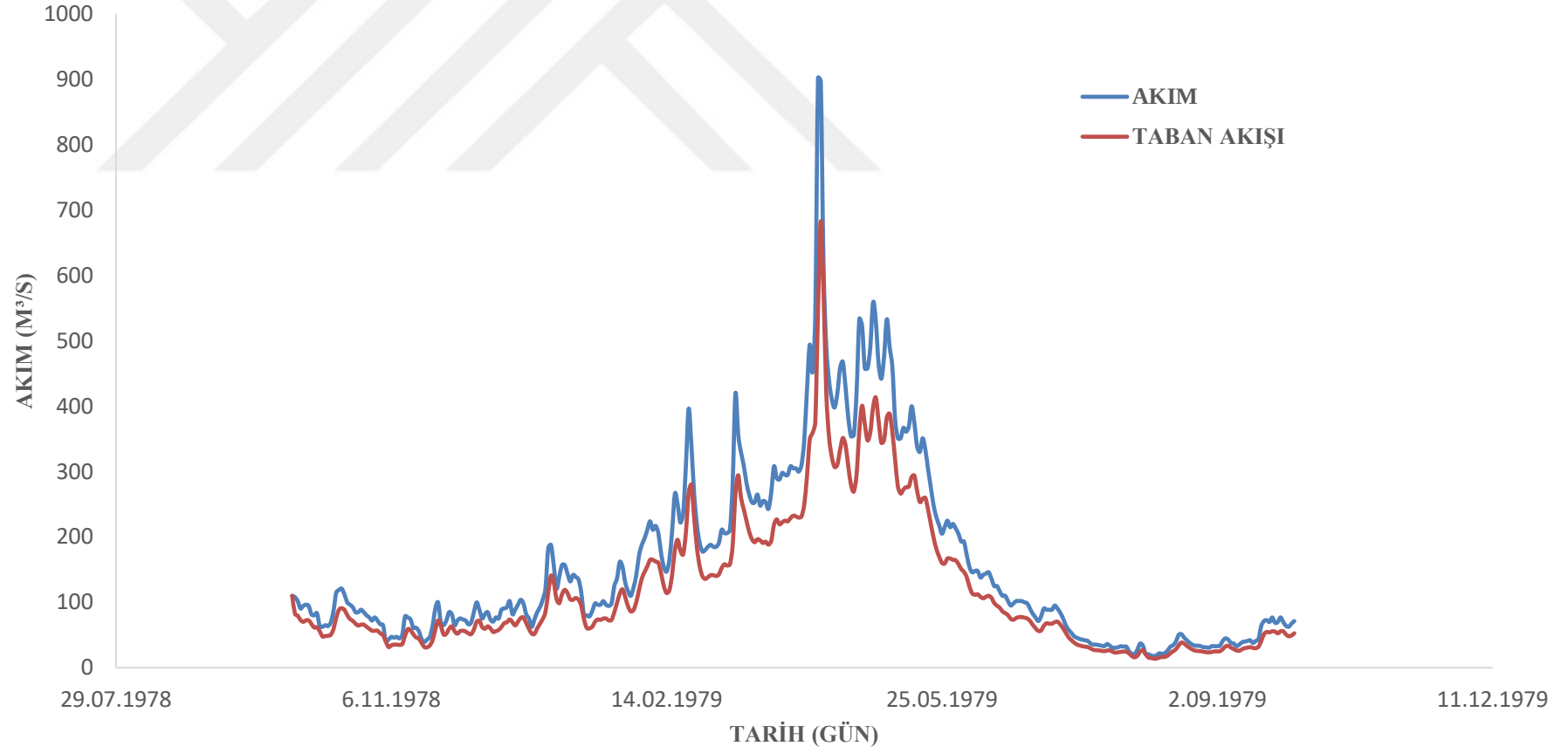
Şekil 4.17’de 1979 yılına ait Kale istasyonunun taban akışı değerleri analiz edildiğinde Lyne ve Hollick, Boughton-Chapman grafiklerinde kalibrasyon sonucu elde edilen değerler yüzeysel akışa yakın değerler alırken Chapman, Chapman-Maxwell yöntemleri grafiklerinde daha düşük değerler aldığı görülmüştür. Buradaki

yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarına bakıldığında B ve C grafiklerinde taban akışının başlangıçta ani olarak düşüşü bir dezavantaj olarak karşımıza çıkarken A ve D grafiklerindeki yüzeysel akışa birebir uyum ise bu yöntemlerin dezavantajını göstermektedir. Şekil 4.18’de ise Şekil 4.17’deki Lyne ve Hollick, Boughton-Chapman yöntemlerindeki dezavantaj olan yüzeysel akışa birebir uyum önerilen yöntemin de bir dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır.

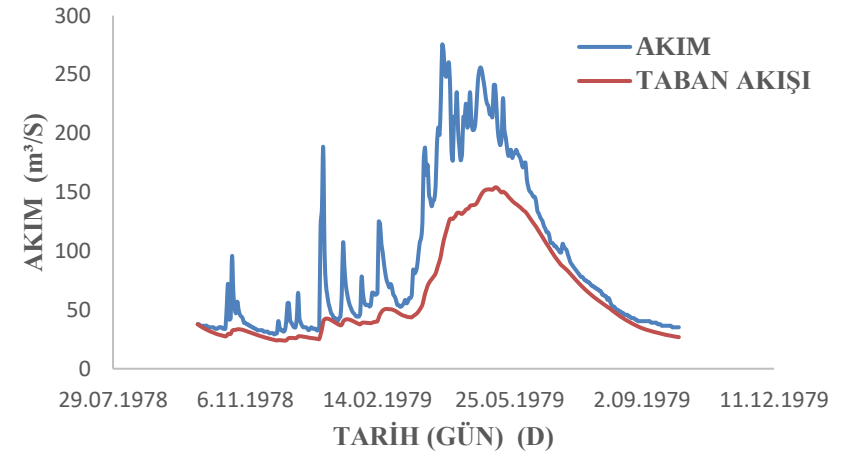
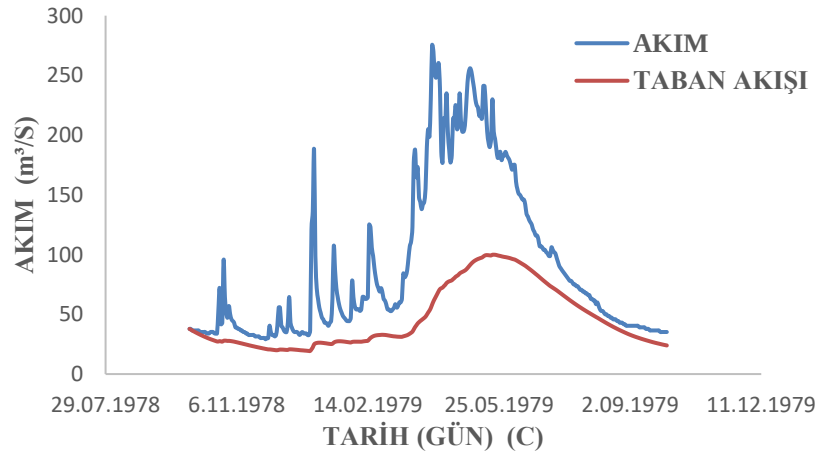
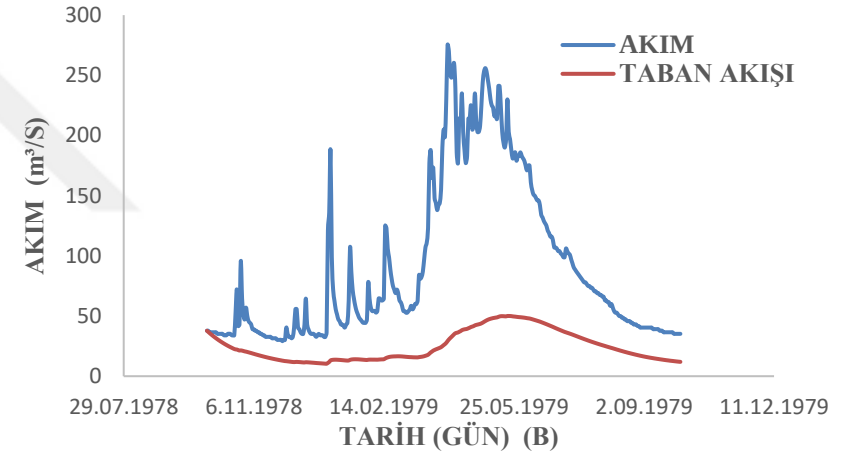
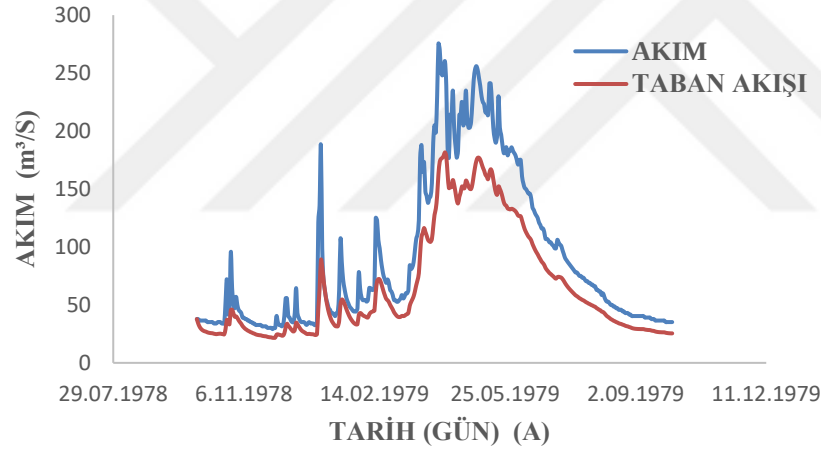
Şekil 4.19 ve Şekil 4.20 incelendiğinde Kale istasyonundaki taban akışı ile yüzeysel akışın birbirine çok yakın olması sorunu Lyne ve Hollick yöntemi dışında diğer tüm yöntemlerde düzeldiği görülmektedir. Ani düşüş problemi ise B ve C yöntemlerinde görülmüştür. Bu durum yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının tüm yöntemler için sürekli olmadığı, istasyondan istasyona, yöntemden yönteme hatta yıldan yıla değişiklik gösterebileceğinin bir kanıtıdır. Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24’te buna birer örnektir.



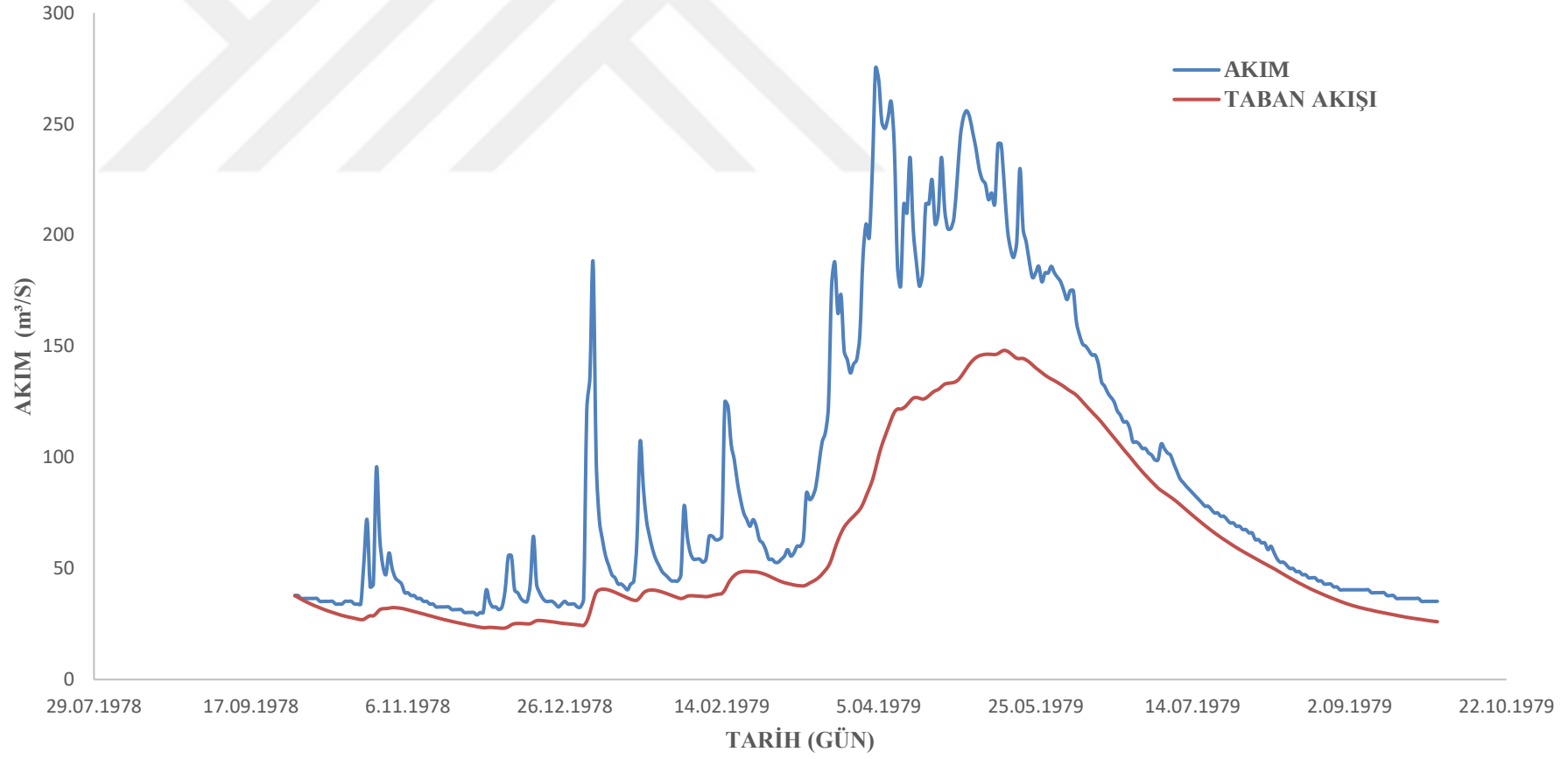
Şekil 4.17. 1979 yılı Kale istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



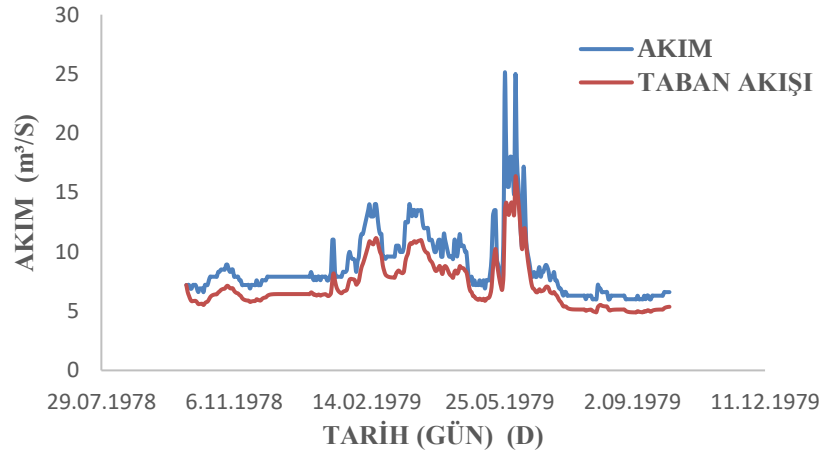
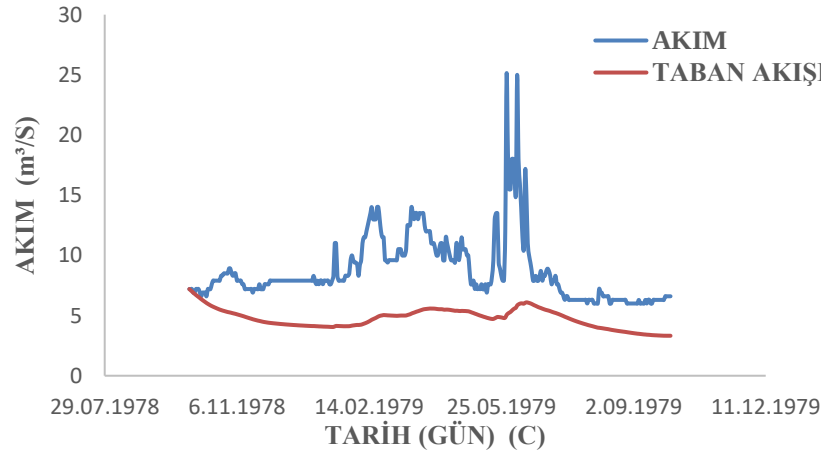
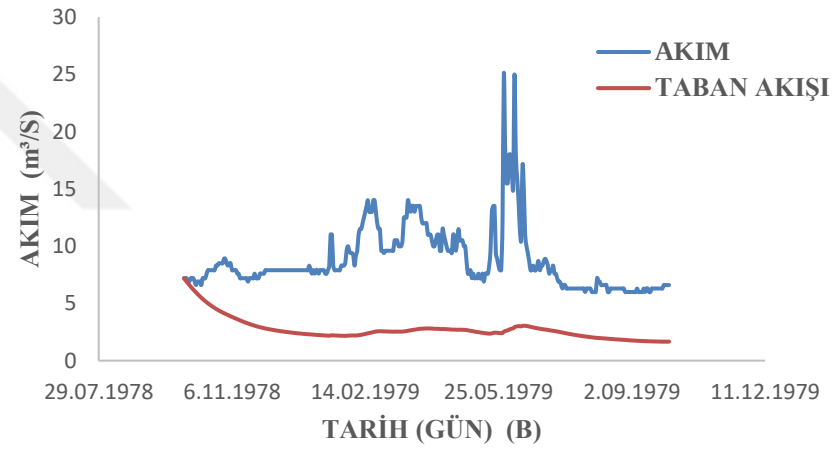
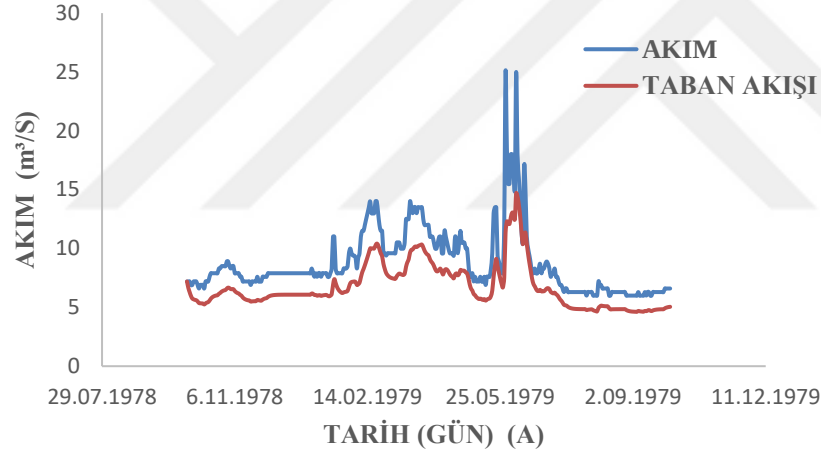
Şekil 4.18. 1979 yılı Kale istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



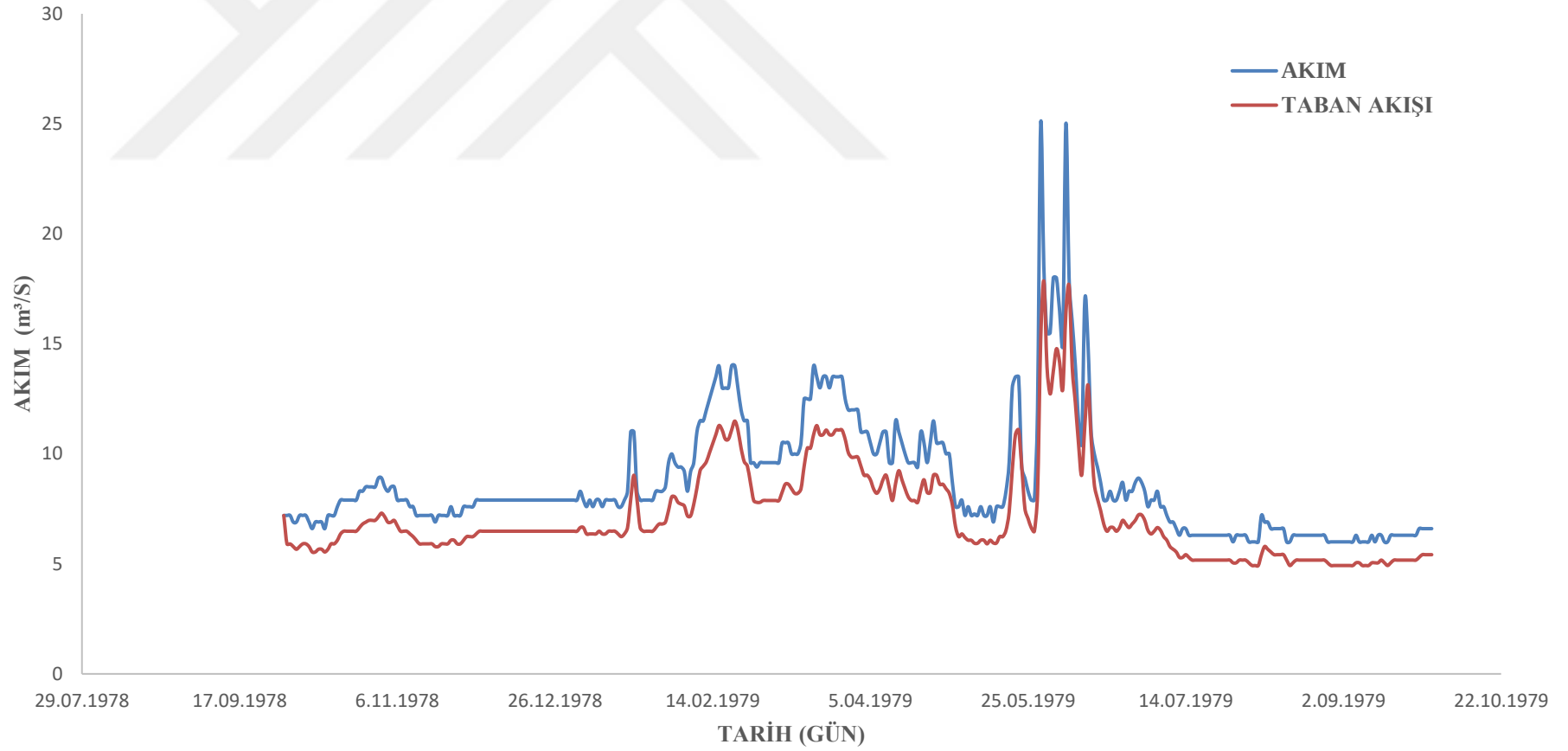
Şekil 4.19. 1979 yılı Melekbağçe istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



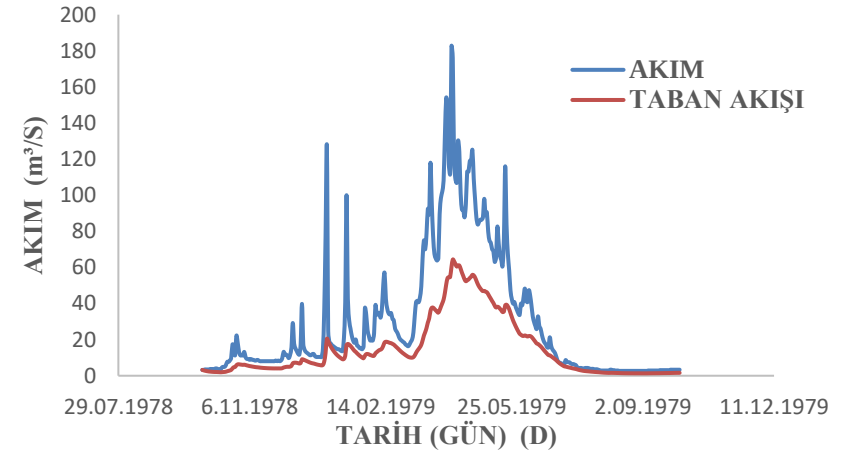
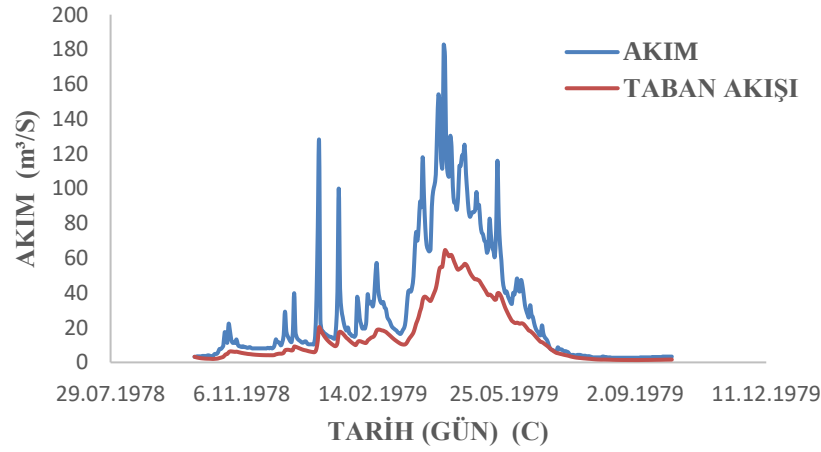
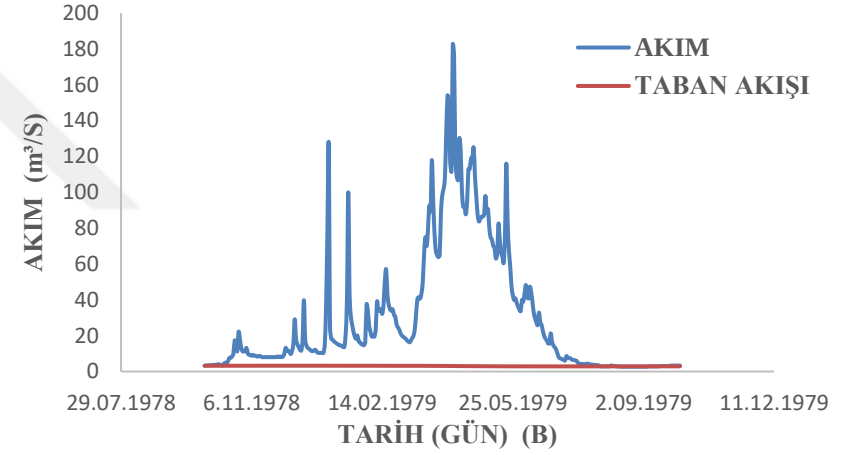
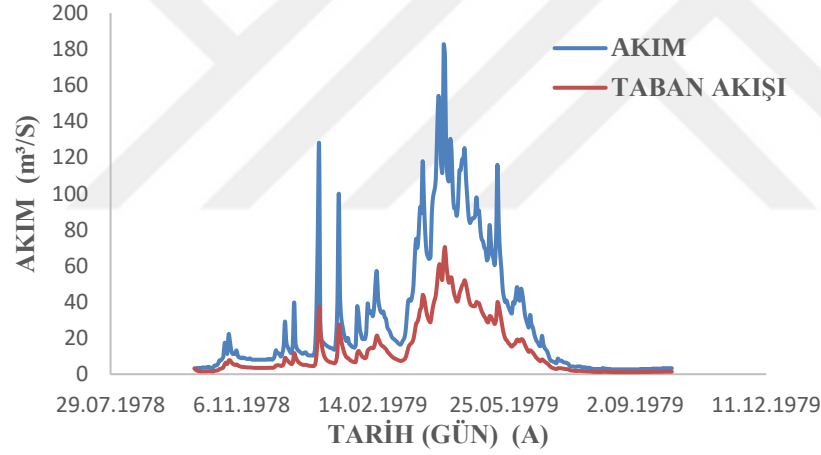
Şekil 4.20. 1979 yılı Melekbahçe istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



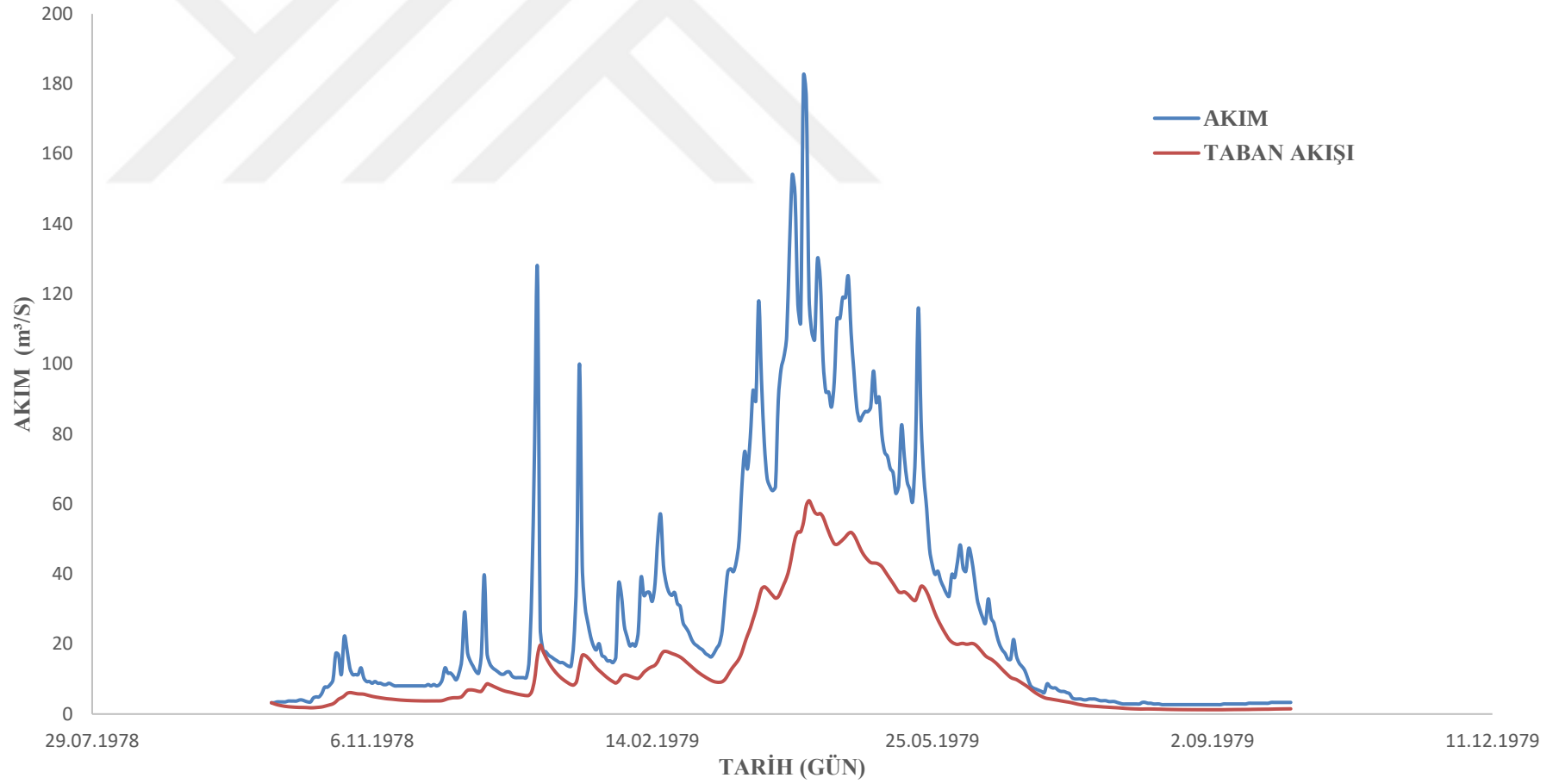
Şekil 4.21. 1979 yılı Tohma Suyu istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



Şekil 4.22. 1979 yılı Tohma Suyu istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



Şekil 4.23. 1979 yılı Göynük Çayı istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



Şekil 4.24. 1979 yılı Göynük Çayı istasyonu GKO ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)

Çizelge 4.5. GKO ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları

KALE				Melekbağçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)
1951	0,4057	0,9526	0,9535	1969	0,3938	0,9871	0,9874	1979	0,4023	0,9857	0,9857	1970	0,3785	0,9254	0,9292
1952	0,4042	0,9699	0,9703	1970	0,4088	0,9914	0,9915	1980	0,3984	0,9842	0,9842	1971	0,3861	0,8915	0,9000
1953	0,4033	0,9298	0,9318	1971	0,3941	0,9713	0,9713	1981	0,4003	0,9975	0,9975	1972	0,3675	0,7075	0,7890
1954	0,2680	1,0006	0,2171	1972	0,4009	0,9918	0,9919	1982	0,4033	0,9990	0,9990	1973	0,3830	0,9087	0,9115
1955	0,4019	0,9403	0,9417	1973	0,4099	0,9863	0,9863	1983	0,3964	0,9994	0,9994	1974	0,3845	0,9266	0,9280
1956	0,4002	0,9515	0,9527	1974	0,3952	0,9892	0,9894	1984	0,3928	0,9577	0,9602	1975	0,3935	0,9087	0,9110
1957	0,3973	0,9665	0,9667	1975	0,4058	0,9900	0,9901	1985	0,3896	0,9978	0,9978	1976	0,3908	0,9223	0,9245
1958	0,4072	0,9504	0,9511	1976	0,4056	0,9823	0,9826	1986	0,4011	0,9992	0,9992	1977	0,3309	0,3032	0,5149
1959	0,3983	0,9333	0,9349	1977	0,4036	0,9853	0,9853	1987	0,4036	0,9922	0,9923	1978	0,3561	0,9417	0,9425
1960	0,3998	0,9314	0,9343	1978	0,4104	0,9869	0,9869	1988	0,3985	0,9203	0,9203	1979	0,3430	1,0001	0,9191
1961	0,3997	0,9189	0,9211	1979	0,3963	0,9825	0,9825	1989	0,3976	0,9688	0,9714	1980	0,3683	0,6136	0,7893
1962	0,3988	0,9218	0,9252	1980	0,3947	0,9889	0,9891	1990	0,3882	0,9705	0,9705	1981	0,3560	0,3798	0,9071
1963	0,3988	0,9465	0,9465	1981	0,4087	0,9751	0,9751	1991	0,3973	0,9313	0,9377	1982	0,3925	1,0000	1,0000
1964	0,4082	0,9667	0,9672	1982	0,4045	0,9748	0,9748	1992	0,3879	0,9716	0,9724	1983	0,3880	0,8551	0,8616
1965	0,3973	0,9452	0,9455	1983	0,4104	0,9869	0,9869	1993	0,3803	0,8906	0,9095	1984	0,3209	1,0001	1,0001
1966	0,3970	0,9518	0,9527	1984	0,3901	0,9821	0,9821	1994	0,4050	0,9932	0,9933	1985	0,3873	0,8995	0,9029
1967	0,4011	0,9662	0,9667	1985	0,4086	0,9905	0,9906	1995	0,3627	0,5816	0,7503	1986	0,3880	0,9040	0,9074
1968	0,4010	0,9500	0,9518	1986	0,4070	0,9665	0,9665	1996	0,4086	0,9877	0,9879	1987	0,3804	0,9190	0,9210
1969	0,4013	0,9681	0,9685	1987	0,4074	0,9847	0,9849	1997	0,4085	0,9937	0,9937	1988	0,3732	0,7680	0,8273
1970	0,3987	0,9175	0,9217	1988	0,4023	0,9868	0,9870	1998	0,4035	0,9926	0,9927	1989	0,3720	0,5769	0,8141
1971	0,4040	0,9580	0,9580	1989	0,3995	0,9755	0,9755	1999	0,3994	0,9908	0,9909	1990	0,3667	1,0002	0,7618
1972	0,3865	0,9240	0,9250	1990	0,3800	0,9917	0,9918	2000	0,4058	0,9956	0,9956	1991	0,3057	0,1994	1,0000
1973	0,3969	0,9349	0,9371	1991	0,4066	0,9563	0,9653	2001	0,4102	0,9750	0,9750	1992	0,3712	0,8798	0,8868
1974	0,3976	0,9399	0,9432	1992	0,3964	0,9893	0,9894	2002	0,3994	0,9788	0,9793	1993	0,3855	0,9077	0,9098
1975	0,4022	0,9231	0,9231	1993	0,4047	0,9675	0,9675	2003	0,3944	0,9961	0,9961	1994	0,3798	0,8126	0,8297
1976	0,3996	0,9320	0,9349	1994	0,4102	0,9906	0,9907	2004	0,4028	0,9919	0,9921	1995	0,3864	0,9273	0,9290
1977	0,3965	0,9187	0,9284	1995	0,3945	0,9885	0,9886	2005	0,4101	0,9912	0,9913	1996	0,3826	0,9063	0,9081
1978	0,4018	0,9342	0,9342	1996	0,3926	0,9862	0,9862	2006	0,4097	0,9547	0,9547	1997	0,3804	0,9190	0,9210
1979	0,3910	0,9355	0,9357	1997	0,4019	0,9908	0,9909	-	-	-	-	1998	0,3736	0,7737	0,7852
1980	0,3804	0,8541	0,8548	1998	0,3968	0,9058	0,9077	-	-	-	-	1999	0,3766	0,9288	0,9305
1981	0,4009	0,9630	0,9635	1999	0,3905	0,9855	0,9855	-	-	-	-	2000	0,3875	0,8972	0,9012
1982	0,4013	0,9332	0,9353	2000	0,4065	0,9788	0,9789	-	-	-	-	2001	0,3688	0,8826	0,8859
1983	0,3910	0,9238	0,9265	2001	0,4047	0,9602	0,9602	-	-	-	-	2002	0,3714	0,9362	0,9371
1984	0,3949	0,9272	0,9326	2002	0,4013	0,9630	0,9630	-	-	-	-	2003	0,3935	1,0001	1,0001
1985	0,3983	0,9303	0,9303	2003	0,4094	0,9855	0,9856	-	-	-	-	2004	0,3686	0,5255	0,8204
1986	0,3853	0,8642	0,8854	2004	0,3904	0,9887	0,9888	-	-	-	-	2005	0,3742	1,0001	1,0001

Çizelge 4.5. GKO ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları (devamı)

KALE				Melekbağçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)
1987	0,4027	0,9350	0,9375	2005	0,3984	0,9864	0,9864	-	-	-	-	2006	0,3691	0,6924	0,8138
1988	0,3849	0,9483	0,9498	2006	0,4019	0,9826	0,9826	-	-	-	-	2007	0,3481	0,4137	0,5975
1989	0,3875	0,8630	0,9379	2007	0,3921	0,9900	0,9900	-	-	-	-	2008	0,3847	0,8854	0,8858
1990	0,3894	0,9310	0,9378	2008	0,3917	0,9884	0,9885	-	-	-	-	2009	0,3674	0,7121	0,7781
1991	0,3778	0,8989	0,8997	2009	0,3842	0,8189	0,8189	-	-	-	-	2010	0,3612	0,0965	0,7404
1992	0,3797	0,8503	0,8879	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	0,3903	0,8967	0,8967
1993	0,3754	0,7887	0,8295	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	0,3742	0,9345	0,9366
1994	0,3772	0,7776	0,8040	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	0,3666	0,9479	0,9497
1995	0,3576	0,6250	0,7058	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	0,3917	0,8723	0,8776
1996	0,3781	0,8321	0,8652	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	0,3757	0,6610	0,8334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0,3862	0,8517	0,8585	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,3810	0,7550	0,8970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	0,3660	0,6451	0,7805	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	0,3708	0,6885	0,8077	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0,3751	0,6702	0,8930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,3696	0,6114	0,7875	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,3532	0,6954	0,6954	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,3562	0,6298	0,6976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,3413	0,4967	0,5983	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0,3464	0,2953	0,5973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,3667	0,6453	0,7910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0,3748	0,7834	0,8324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,3812	0,8377	0,8669	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,3763	0,7975	0,8431	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	0,3756	0,8023	0,8624	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0,3774	0,8053	0,8380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	0,3409	0,4241	0,5942	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0,3498	0,5057	0,6487	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.6. GKO ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları

KALE					Melekbahçe					Tohma Suyu					Göynük Çayı				
Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen	
	(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)
1951	0,8969	0,5493	0,0717	0,4030	1969	0,9913	0,0076	0,2935	0,2432	1979	0,8751	0,5500	0,0003	0,4103	1970	0,9973	0,0000	0,9970	0,0000
1952	0,8875	0,5500	0,0588	0,3878	1970	0,9893	0,0149	0,0000	0,4247	1980	0,9474	0,1756	0,8060	0,0726	1971	0,7741	0,5500	0,2072	0,2697
1953	0,8917	0,5496	0,5461	0,1807	1971	0,9713	0,0627	0,9139	0,0291	1981	0,9992	0,0000	0,0000	0,4189	1972	0,6905	0,5500	0,0000	0,3547
1954	0,2546	0,5500	0,0000	0,0989	1972	0,9893	0,0135	0,9762	0,0066	1982	0,8914	0,4302	0,0003	0,3769	1973	0,7396	0,5500	0,0000	0,3576
1955	0,8717	0,5500	0,2736	0,3030	1973	0,9856	0,0329	0,1918	0,3436	1983	0,9925	0,0089	0,0001	0,3770	1974	0,7610	0,5500	0,0001	0,3786
1956	0,8544	0,5500	0,0003	0,4040	1974	0,9920	0,0073	0,1119	0,3442	1984	0,8139	0,5500	0,0003	0,3931	1975	0,7902	0,5499	0,6575	0,1107
1957	0,8637	0,5497	0,0877	0,3992	1975	0,9870	0,0187	0,2394	0,3060	1985	0,9978	0,0022	0,9987	0,0002	1976	0,9019	0,2391	0,7279	0,0915
1958	0,9222	0,3516	0,0000	0,4489	1976	0,9515	0,1967	0,1297	0,3638	1986	0,9955	0,0054	0,0001	0,4084	1977	0,4987	0,5500	0,0000	0,2413
1959	0,8552	0,5496	0,4416	0,2128	1977	0,9852	0,0298	0,9566	0,0144	1987	0,8800	0,5499	0,1531	0,3650	1978	0,9399	0,0729	0,0001	0,3122
1960	0,8554	0,5500	0,0000	0,4169	1978	0,9326	0,4461	0,2527	0,3175	1988	0,8295	0,5500	0,2026	0,2964	1979	0,9994	0,0000	0,9945	0,0002
1961	0,8513	0,5498	0,0000	0,4341	1979	0,9822	0,0472	0,9380	0,0223	1989	0,8338	0,5500	0,0001	0,3975	1980	0,6568	0,5499	0,0001	0,2949
1962	0,8724	0,5500	0,3367	0,2765	1980	0,9891	0,0109	0,1826	0,2949	1990	0,7699	0,5500	0,0000	0,3445	1981	0,9002	0,0963	0,0000	0,2679
1963	0,8436	0,5497	0,0000	0,4000	1981	0,9160	0,5244	0,0818	0,3882	1991	0,8610	0,5500	0,0001	0,4105	1982	0,8351	0,4596	0,5739	0,1427
1964	0,9077	0,5495	0,0012	0,4454	1982	0,8742	0,5499	0,0001	0,4009	1992	0,7721	0,5499	0,0000	0,3491	1983	0,8177	0,5499	0,0008	0,4039
1965	0,8573	0,5499	0,1427	0,3638	1983	0,9326	0,4461	0,6450	0,1488	1993	0,7213	0,5498	0,0005	0,3005	1984	0,3781	0,5500	0,9940	0,0002
1966	0,8501	0,5500	0,2076	0,3286	1984	0,8133	0,5498	0,3763	0,2273	1994	0,8914	0,5500	0,0003	0,4256	1985	0,7656	0,5499	0,0771	0,3306
1967	0,8577	0,5496	0,4531	0,2074	1985	0,9881	0,0127	0,0520	0,4170	1995	0,6394	0,5500	0,0001	0,3010	1986	0,8795	0,2362	0,7123	0,0891
1968	0,8768	0,5500	0,4770	0,2090	1986	0,8931	0,5495	0,0001	0,4131	1996	0,9995	0,0000	0,0005	0,4471	1987	0,7322	0,5498	0,0005	0,3323
1969	0,8742	0,5500	0,0000	0,4340	1987	0,9824	0,0240	0,9599	0,0114	1997	0,9563	0,2268	0,7799	0,0902	1988	0,9352	0,0620	0,8836	0,0276
1970	0,8736	0,5500	0,0784	0,4038	1988	0,9838	0,0271	0,9578	0,0131	1998	0,8726	0,5499	0,3416	0,2587	1989	0,6507	0,5499	0,0001	0,3037
1971	0,8851	0,5500	0,0000	0,4361	1989	0,9755	0,0582	0,9217	0,0272	1999	0,8469	0,5499	0,0000	0,4125	1990	0,6459	0,5500	0,4838	0,1246
1972	0,9200	0,1419	0,8057	0,0595	1990	0,9884	0,0171	0,4720	0,1520	2000	1,0000	0,0013	0,2154	0,3229	1991	0,3973	0,5500	1,0003	0,0000
1973	0,8395	0,5500	0,2246	0,3178	1991	0,9285	0,3114	0,1580	0,3450	2001	0,9234	0,5493	0,0000	0,4478	1992	0,8697	0,1841	0,9995	0,0000
1974	0,8526	0,5498	0,0000	0,4260	1992	0,9866	0,0186	0,0000	0,3756	2002	0,8597	0,5500	0,2387	0,2980	1993	0,7867	0,5498	0,4606	0,1772
1975	0,8645	0,5496	0,0000	0,4333	1993	0,9675	0,1434	0,8643	0,0616	2003	0,8302	0,5497	0,0001	0,4203	1994	0,7512	0,5500	0,0000	0,3608
1976	0,8704	0,5496	0,0000	0,4341	1994	0,9878	0,0208	0,9675	0,0102	2004	0,8585	0,5497	0,6441	0,1332	1995	0,7540	0,5500	0,0000	0,3710
1977	0,8607	0,5500	0,0009	0,4271	1995	0,9856	0,0213	0,1094	0,3344	2005	0,9233	0,5499	0,0000	0,4596	1996	0,7299	0,5500	0,2451	0,2395
1978	0,8686	0,5500	0,3954	0,2380	1996	0,9855	0,0205	0,9661	0,0098	2006	0,9491	0,3002	0,0001	0,4085	1997	0,7322	0,5498	0,1582	0,2785
1979	0,8041	0,5500	0,0000	0,3798	1997	0,9874	0,0202	0,5679	0,1641	-	-	-	-	-	1998	0,7498	0,5500	0,0001	0,3270
1980	0,7497	0,5500	0,0000	0,3748	1998	0,8501	0,5500	0,0135	0,3939	-	-	-	-	-	1999	0,6947	0,5499	0,0000	0,3066
1981	0,8780	0,5497	0,1687	0,3681	1999	0,9850	0,0260	0,1563	0,3046	-	-	-	-	-	2000	0,8014	0,5499	0,0006	0,3897
1982	0,9076	0,3015	0,0000	0,3907	2000	0,9779	0,0732	0,0412	0,4204	-	-	-	-	-	2001	0,6534	0,5499	0,0001	0,2829
1983	0,8151	0,5497	0,0001	0,3983	2001	0,8755	0,5499	0,2872	0,2841	-	-	-	-	-	2002	0,6680	0,5499	0,8063	0,0538
1984	0,8643	0,3355	0,2824	0,2410	2002	0,9630	0,1099	0,8678	0,0485	-	-	-	-	-	2003	0,7913	0,5499	0,3031	0,2312
1985	0,8525	0,5500	0,1011	0,3803	2003	0,9843	0,0190	0,9597	0,0117	-	-	-	-	-	2004	0,6378	0,5500	0,0504	0,2708
1986	0,7993	0,5500	0,0014	0,4104	2004	0,9862	0,0205	0,9668	0,0098	-	-	-	-	-	2005	0,6631	0,5500	0,9986	0,0000

Çizelge 4.6. GKO ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları (devamı)

KALE					Melekbahçe					Tohma Suyu					Göynük Çayı				
Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen	
	(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)
1987	0,8750	0,5500	0,5091	0,1891	2005	0,9827	0,0352	0,9494	0,0168	-	-	-	-	-	2006	0,6768	0,5499	0,0000	0,3261
1988	0,7615	0,5500	0,0006	0,3882	2006	0,9815	0,0460	0,9383	0,0218	-	-	-	-	-	2007	0,5477	0,5500	0,0897	0,2286
1989	0,7826	0,5500	0,0001	0,3962	2007	0,7920	0,5500	0,2544	0,2508	-	-	-	-	-	2008	0,7336	0,5500	0,5959	0,1174
1990	0,7934	0,5500	0,0000	0,3959	2008	0,9857	0,0297	0,9575	0,0142	-	-	-	-	-	2009	0,6935	0,5500	0,3722	0,1783
1991	0,7102	0,5500	0,0000	0,3086	2009	0,8189	0,5500	0,0000	0,4171	-	-	-	-	-	2010	0,6067	0,5499	0,0003	0,2341
1992	0,7482	0,5500	0,0001	0,3785	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	0,7908	0,5500	0,0000	0,3873
1993	0,7380	0,5500	0,0000	0,3535	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	0,6889	0,5500	0,0001	0,3256
1994	0,7610	0,5500	0,0002	0,3650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	0,9892	0,0023	0,8528	0,0417
1995	0,6441	0,5500	0,0002	0,3076	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	0,8341	0,5500	0,0001	0,4160
1996	0,7326	0,5500	0,0003	0,3332	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	0,7347	0,5500	0,0000	0,3667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0,7841	0,5500	0,4368	0,1831	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,7397	0,5499	0,0001	0,3646	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	0,6604	0,5499	0,0001	0,2917	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	0,6734	0,5500	0,0000	0,3068	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0,7087	0,5500	0,0000	0,3267	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,6605	0,5499	0,0001	0,2808	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,6954	0,5500	0,0000	0,3456	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,6454	0,5499	0,0001	0,3004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,5653	0,5500	0,0001	0,2865	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0,5484	0,5499	0,0000	0,2436	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,6608	0,5500	0,0004	0,3130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0,7349	0,5500	0,0000	0,3910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,7737	0,5500	0,0003	0,3671	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,7316	0,5500	0,0000	0,3613	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	0,7125	0,5498	0,0001	0,3370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0,7068	0,5498	0,0001	0,3206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	0,5589	0,5500	0,0000	0,2707	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0,5949	0,5500	0,0823	0,2537	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.4. SOA algoritması ile taban akışı ayırma yöntemlerinin kalibrasyonu

Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntemin katsayılarının kalibrasyonu için daha önce bahsedilen kısıt fonksiyonlarının bağlı olduğu bir yazılım SOA ile birleştirilerek çalıştırılmıştır. Bu çalıştırmalarda; Fırat Havzası istasyonları için Tohma suyu 1979-2006, Göynük Çayı 1970-2014 ve Melekbahçe 1969-2009 yılları arası, Yeşilirmak Havzası Kale istasyonu için 1951-2015 yılları arasındaki yıllar için taban akışı katsayısı belirlenmiştir (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8). Yıllara göre Kale istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.2680-0.4082, Chapman katsayısı (α) 0.2954-1.0007, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.2171-0.9703, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.2545-0.9174)-(0.1414-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.7772)-(0.0666-0.4488); Melekbahçe istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3800-0.4104, Chapman katsayısı (α) 0.8189-0.9919, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.8189-0.9919, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.7914-0.9850)-(0.0177-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9762)-(0.0063-0.4309); Tohma Suyu istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3628-0.4102, Chapman katsayısı (α) 0.5816-0.9994, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.7503-0.9994, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.6387-1.0000)-(0.0013-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9997)-(0.0000-0.4583); Göynük Çayı istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3057-0.3935, Chapman katsayısı (α) 0.0965-1.0003, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.3487-1.0001, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.3781-1.0000)-(0.0000-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9992)-(0.0000-0.4160) arasında değişen değerler almıştır. Burada bulunan değerlerin her biri sadece kendi su yılında kullanılabildiği için yöntemin elle kalibresi oldukça zordur. Oluşturulan bilgisayar modeli ile çok kısa sürede bu kalibrasyon yapılabilir. Çalışmada SOA için 100 adet simbiyotik organizma 500 iterasyon ile çalıştırılmış ve bu işlem her bir su yılı için 30'ar kere tekrar edilmiştir. Bu 30 çalıştırma sonucunda Kale istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick yönteminde 65 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. Chapman yönteminde 1951-2015 yılları arasında α verisi için ortalama 0,0017 standart sapma değeri tespit edilmiştir. Chapman-Maxwell yönteminde 1951-2015 yılları arasında α verisi için ortalama 0,0009 standart sapma değeri tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1951-2015 yılları arasında α_1 verileri için ortalama

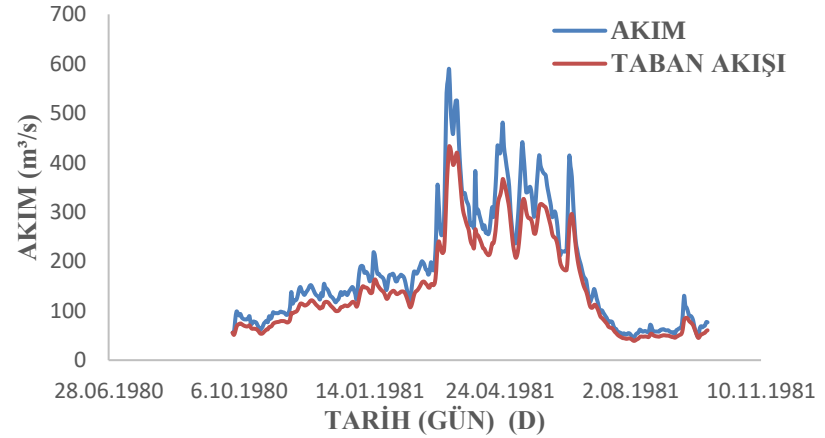
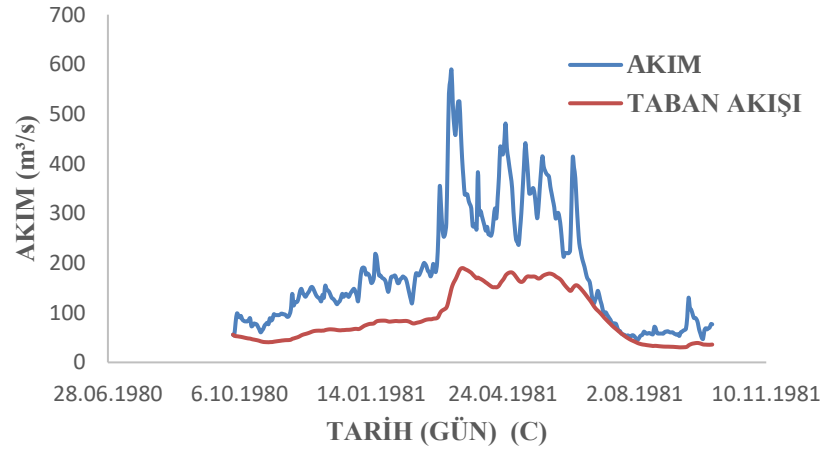
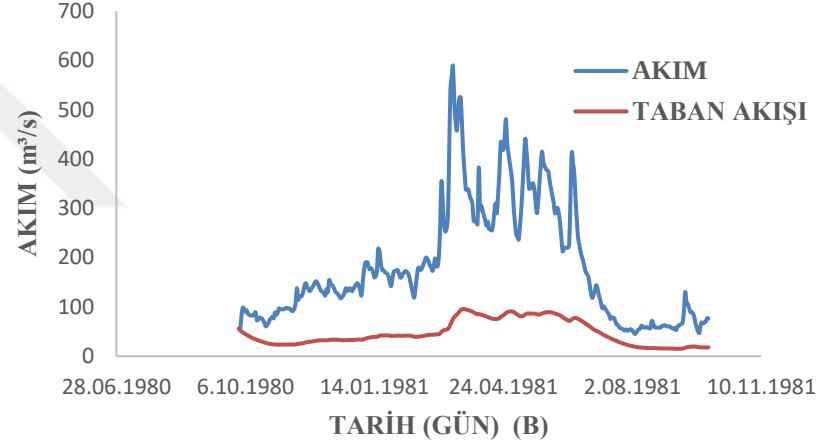
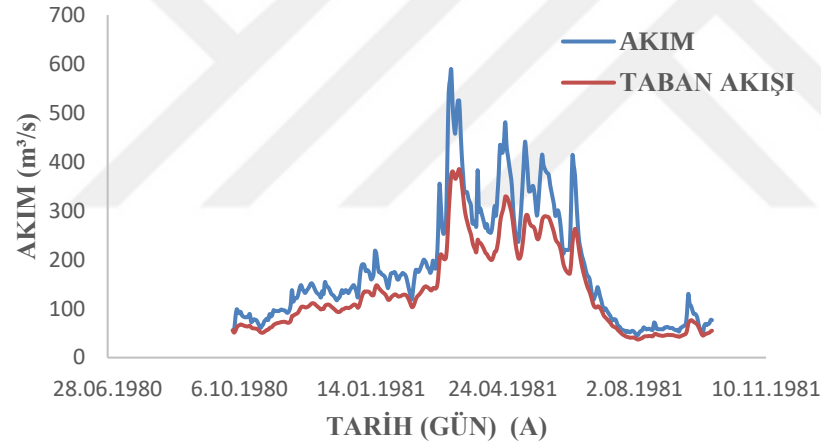
0,0049 ve α_2 verileri için ortalama 0,0152 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1951-2015 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0625 ve α_2 verileri için ortalama 0,0262 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

Melekbahçe istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick, Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde 41 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1969-2009 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0346 ve α_2 verileri için ortalama 0,1270 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1969-2009 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,1925 ve α_2 verileri için ortalama 0,0718 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

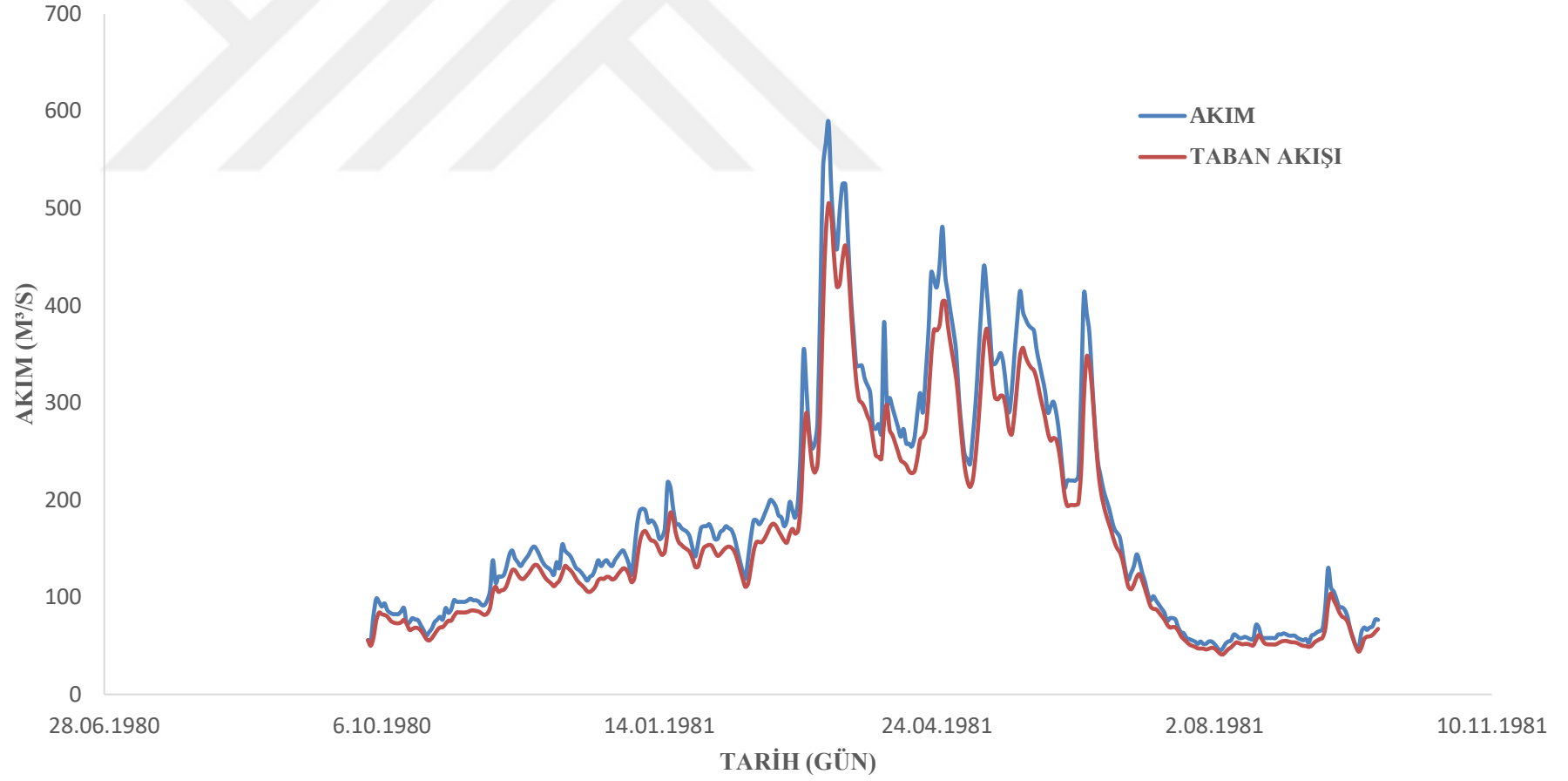
Tohma Suyu istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick yönteminde 1979-2006 yılları arasında α verisi için ortalama 0,0010 standart sapma değeri tespit edilmiştir. Chapman yönteminde 1979-2006 yılları arasında α verisi için ortalama 0,0018 standart sapma değeri tespit edilmiştir. Chapman-Maxwell yönteminde 1979-2006 yılları arasında α verisi için ortalama 0,0015 standart sapma değeri tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1979-2006 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0131 ve α_2 verileri için ortalama 0,0410 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1979-2006 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,1133 ve α_2 verileri için ortalama 0,0455 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

Göynük Çayı istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick yönteminde 1970-2014 yılları arasında α verisi için ortalama 0,0009 standart sapma değeri tespit edilmiştir. Chapman yönteminde 1970-2014 yılları arasında α verisi için ortalama 0,0018 standart sapma değeri tespit edilmiştir. Chapman-Maxwell yönteminde ise 1970-2014 yılları arasında α verisi için ortalama 0,0054 standart sapma değeri tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1970-2014 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0293 ve α_2 verileri için ortalama 0,0402 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1970-2014 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,1301 ve α_2 verileri için ortalama 0,0377 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

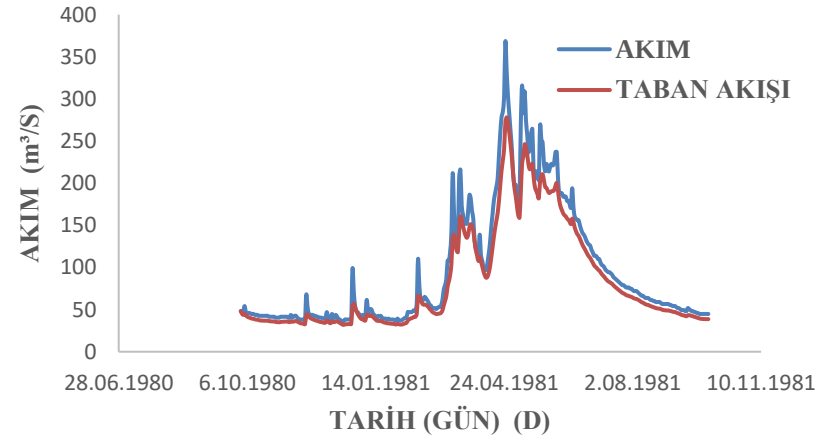
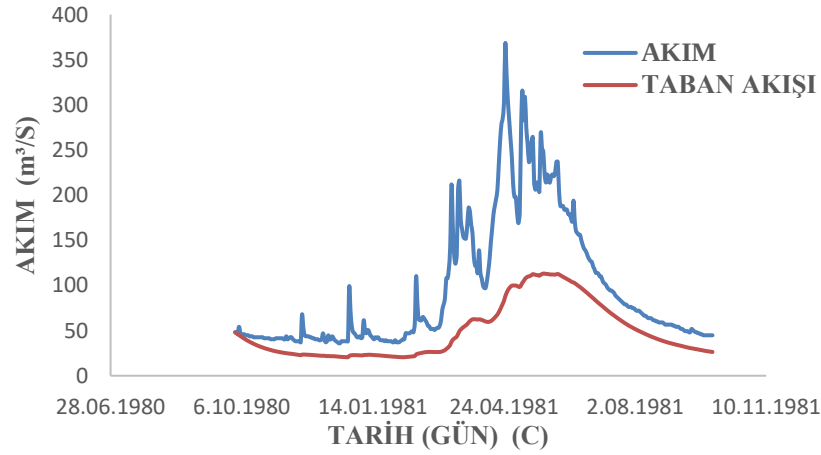
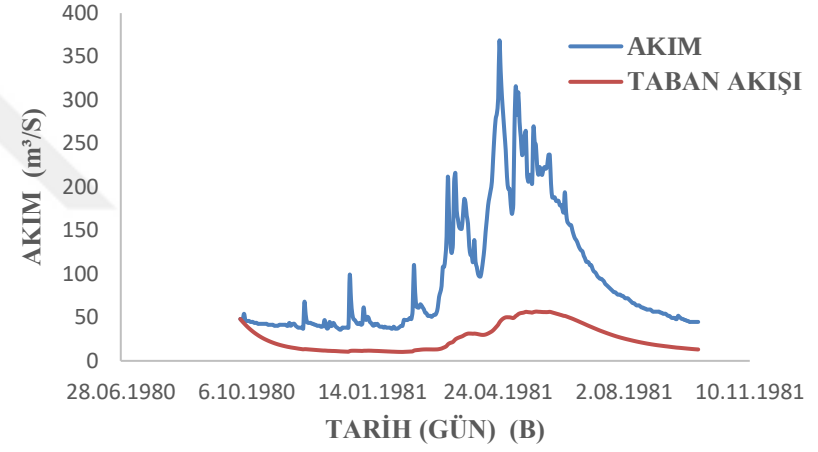
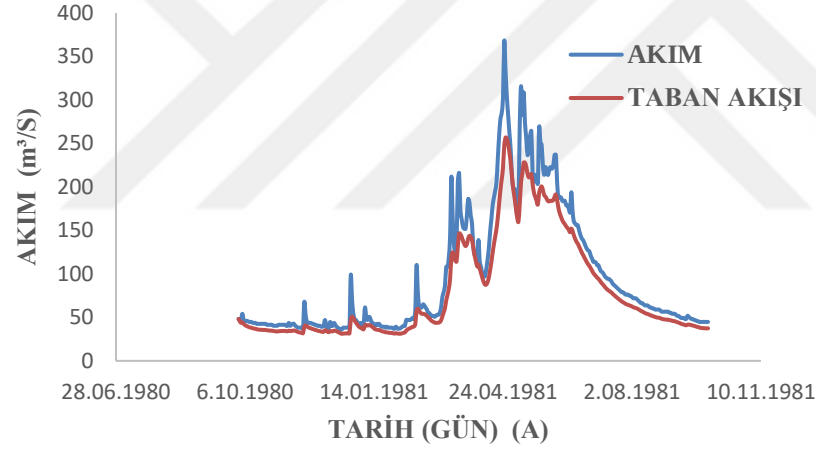
Şekil 4.25'te 1981 yılına ait Kale istasyonunun taban akışı değerleri analiz edildiğinde Lyne Hollick ve Boughton-Chapman yöntemlerinde taban akışının yüzey akışının büyük çoğunluğunu temsil ettiği gibi bir sonuç bulunmuşken Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde taban akışı miktarı oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. Yine Şekil 4.25'teki A ve D grafiklerinde kurak dönemlerde taban akışıyla yüzeysel akış örtüşürken aynı şeklin B ve C grafiklerinde bu durum söz konusu değildir. Ancak bu uyumsuzluğun yöntemden dolayı veya kalibrasyondan dolayı olup olmadığını söylemek oldukça zordur. Şekil 4.26'da önerdiğimiz yöntemde ise A ve D grafiklerine benzediği görülmektedir. Şekil 4.27 ve Şekil 4.28 incelendiğinde bu uyumun Lyne Hollick, Boughton-Chapman ve önerilen yöntem ile olduğu görülmüştür. Bu grafiklerde Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinin kalibrasyonunun ise başarılı olmadığı kurak dönemlerde taban akışı ile yüzeysel akışın örtüşmemesinden anlaşılmaktadır. Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da Tohma Suyu istasyonu verileri incelendiğinde ise 1981 yılı için Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinin kalibrasyonunun başarılı sonuç vermediği görülmektedir. Göynük Çayı 1981 su yılı (Şekil 4.31-Şekil4.32) grafikleri incelendiğinde tüm yöntemlerin kalibrasyonunun kurak dönemler için oldukça başarılı olduğu taban akışı ile yüzeysel akış uyumu ile söylenebilir. Ancak yağışlı dönemlerde Chapman, Chapman-Maxwell ve Boughton-Chapman yöntemlerindeki katsayının kalibrasyonu yapılamamıştır. Ancak bu her su yılında tekrarlanan bir durum değildir.



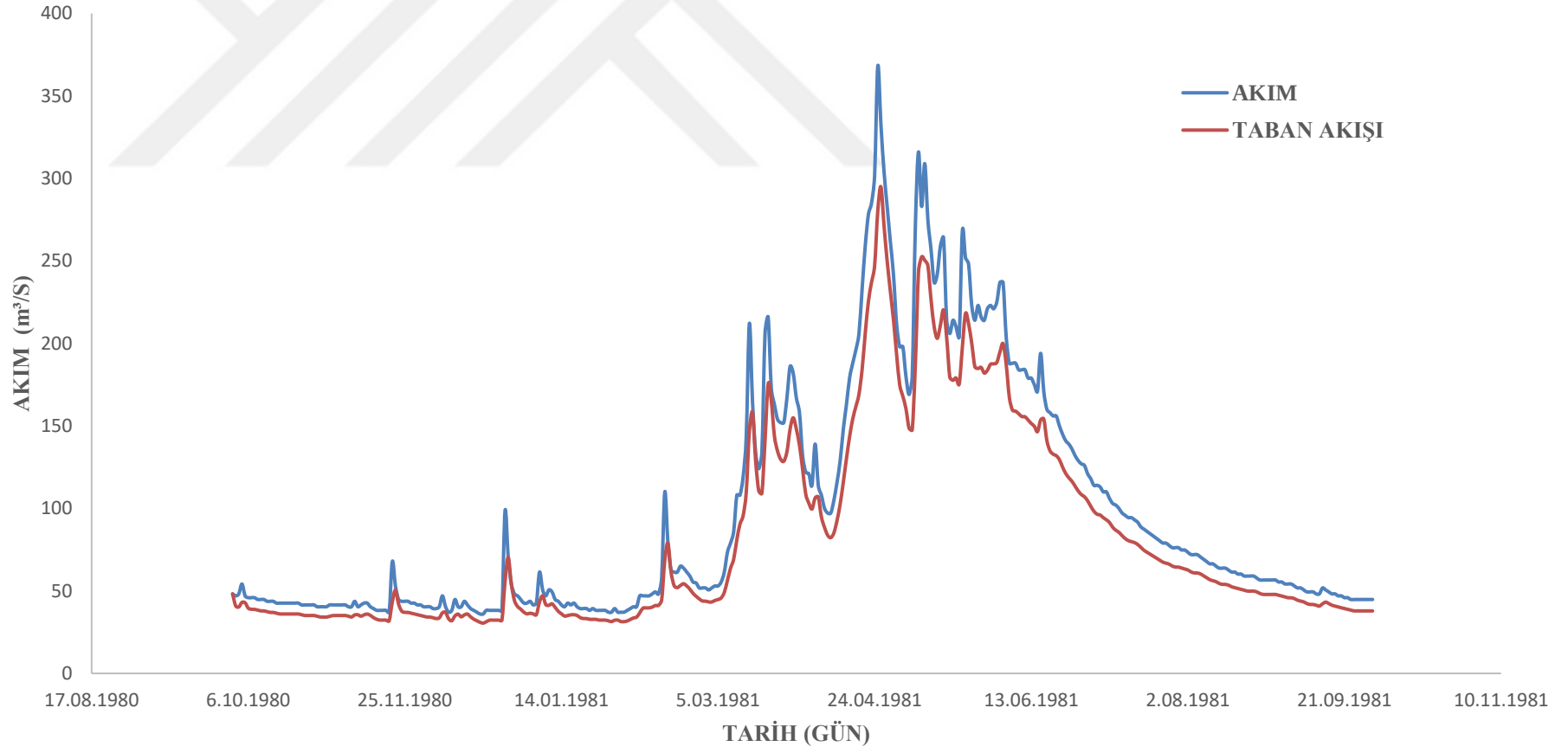
Şekil 4.25. 1981 yılı Kale istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



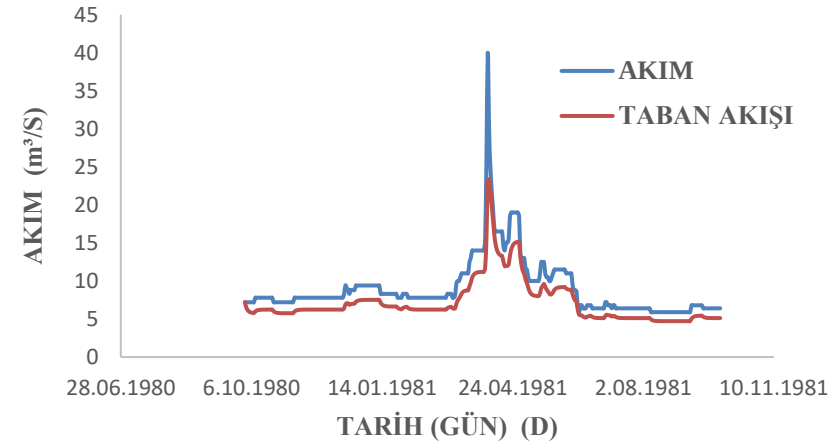
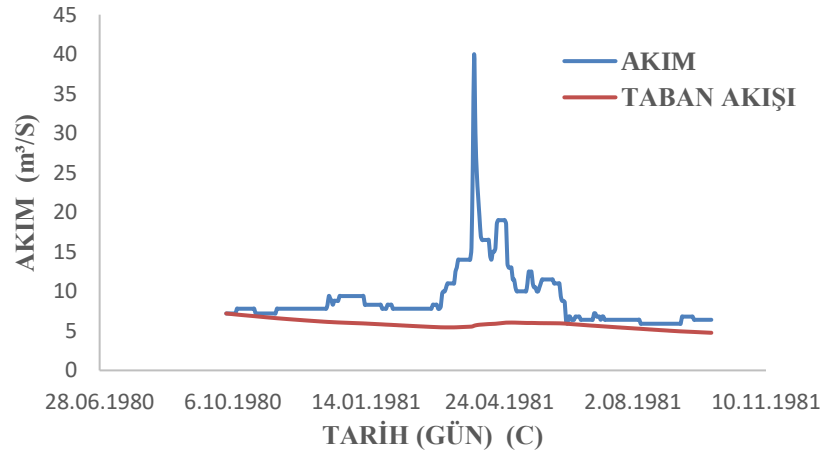
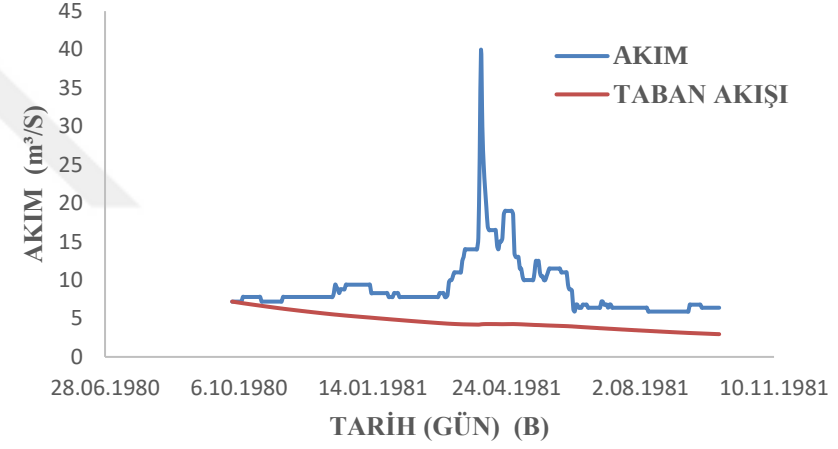
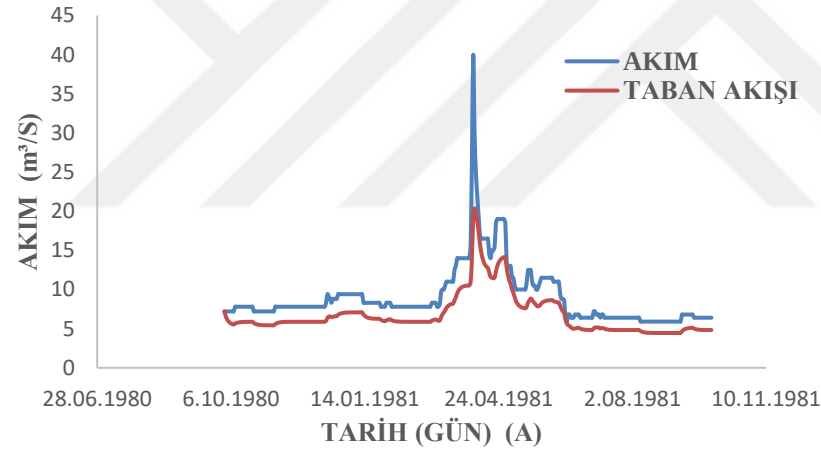
Şekil 4.26. 1981 yılı Kale istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



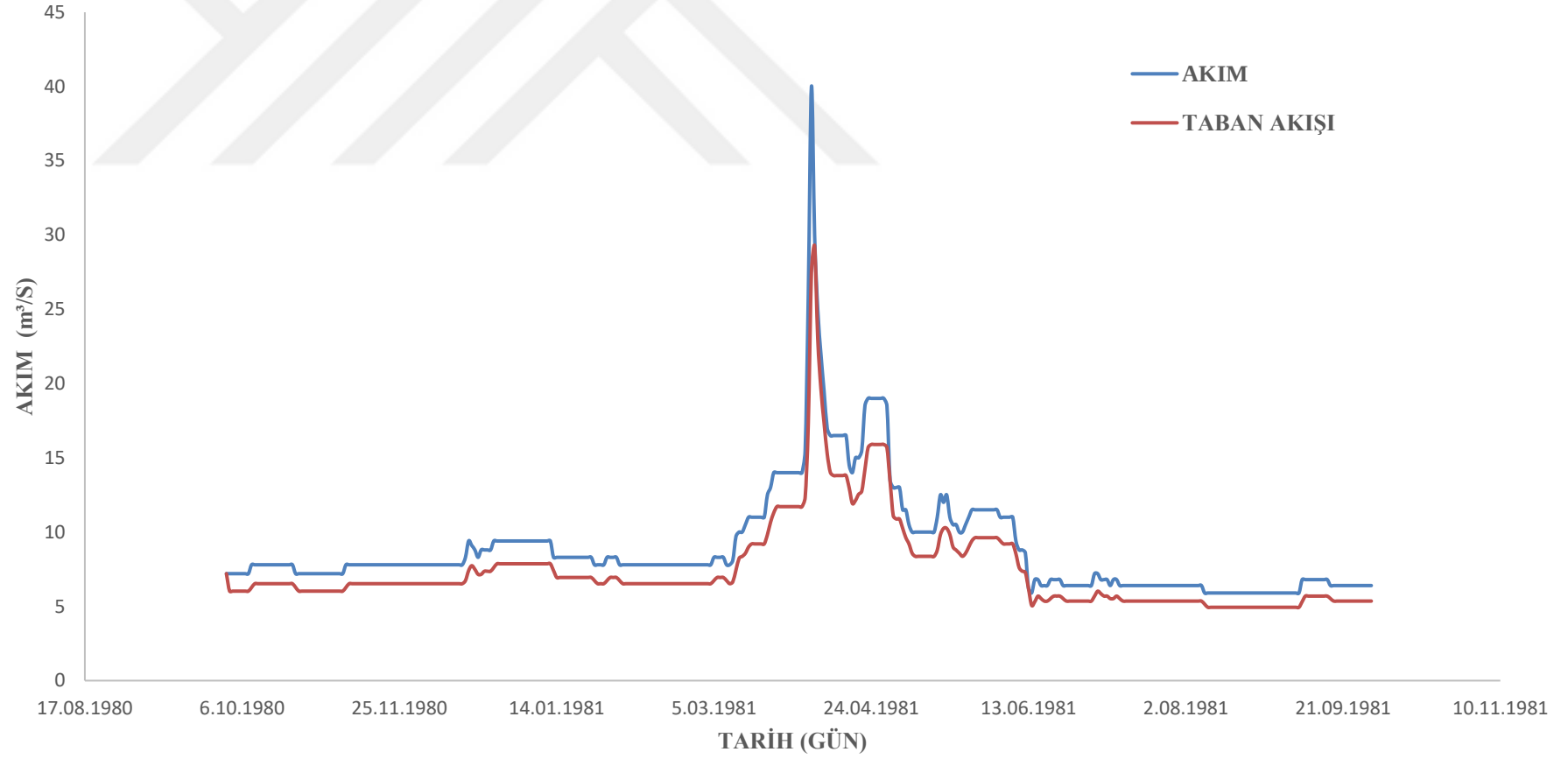
Şekil 4.27. 1981 yılı Melekbahçe istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



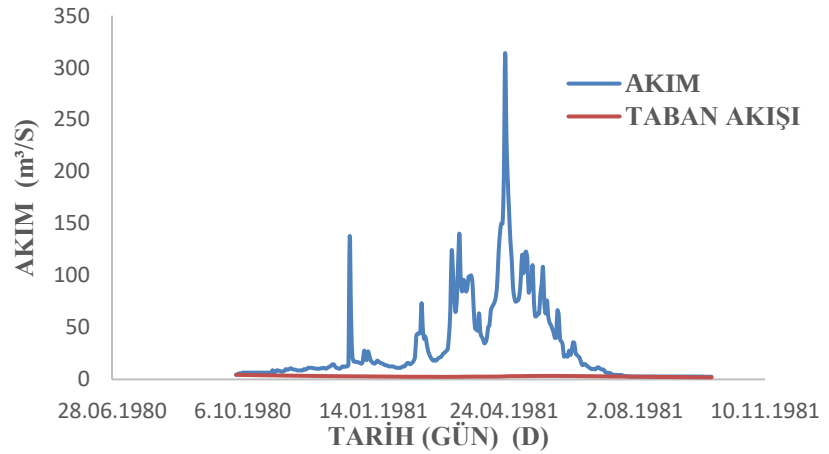
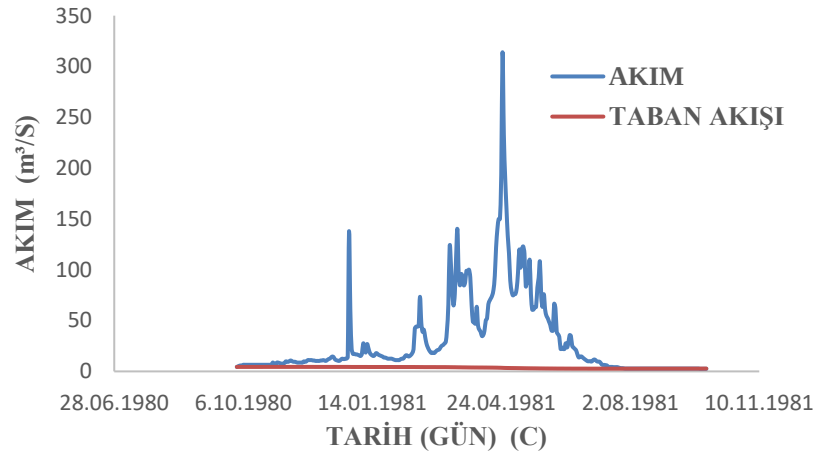
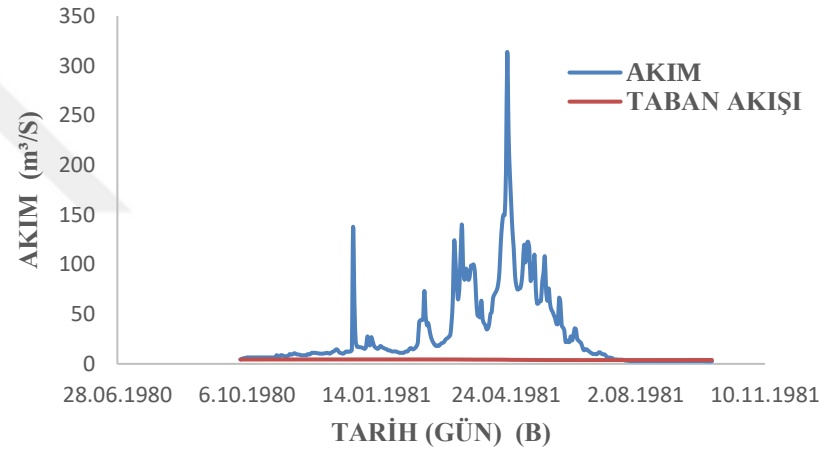
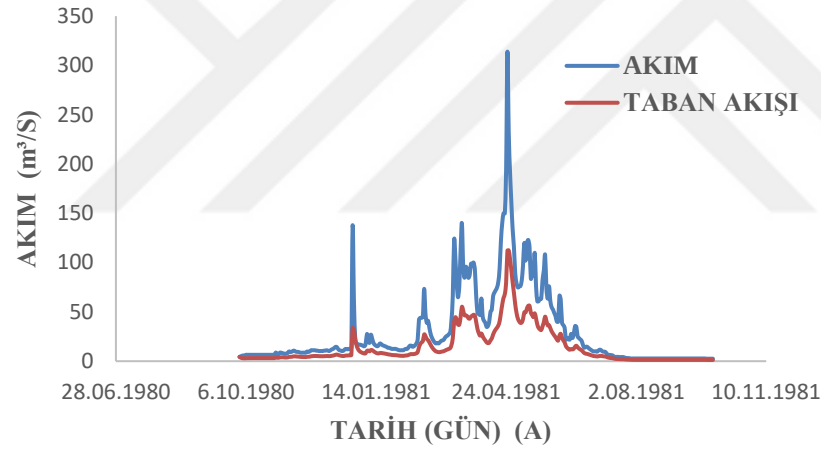
Şekil 4.28. 1981 yılı Melekbahçe istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



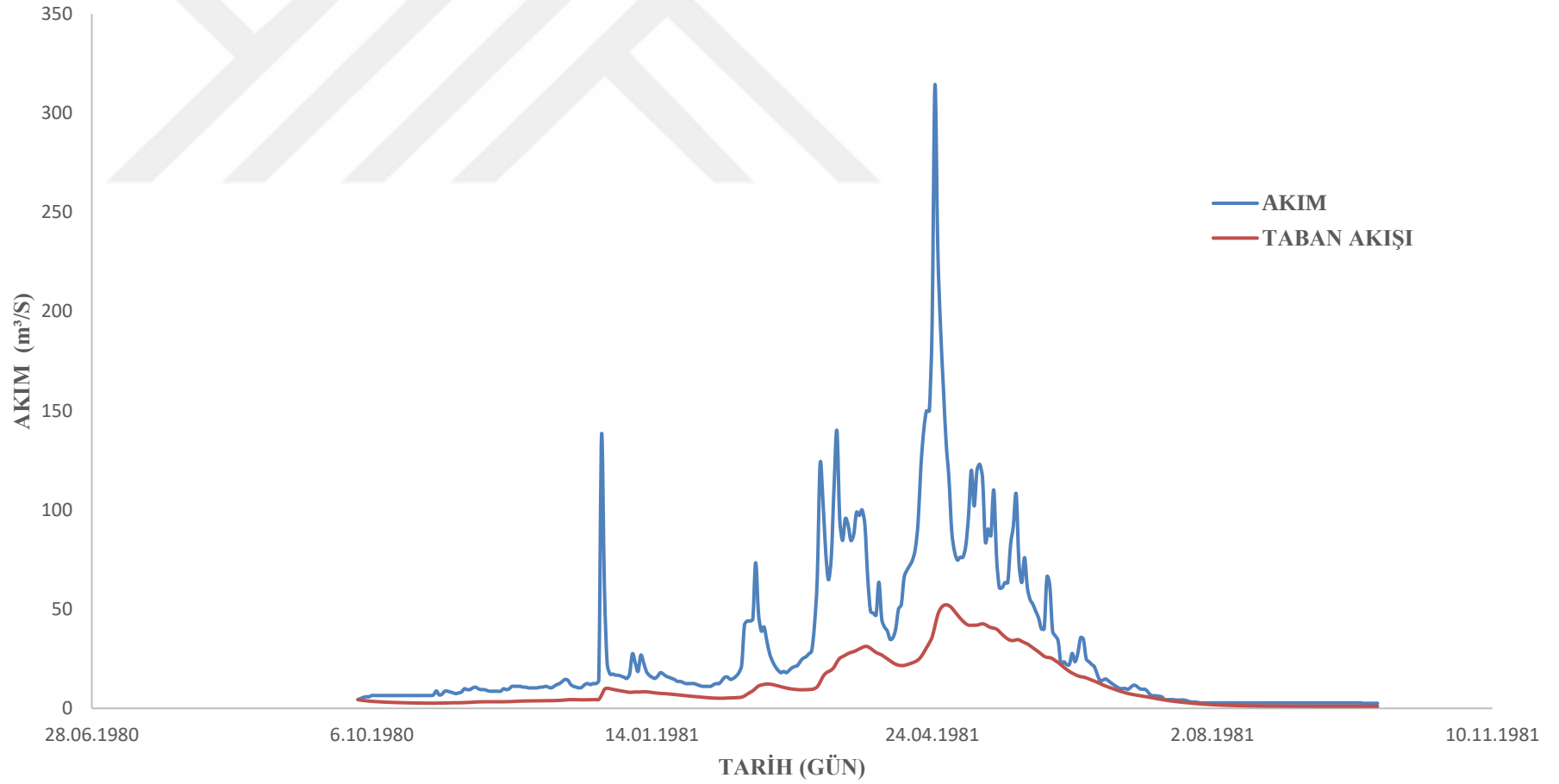
Şekil 4.29. 1981 yılı Tohma Suyu istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



Şekil 4.30. 1981 yılı Tohma Suyu istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



Şekil 4.31. 1981 yılı Göynük Çayı istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



Şekil 4.32. 1981 yılı Göynük Çayı istasyonu SOA ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)

Çizelge 4.7. SOA ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları

KALE				Melekbağçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)
1951	0,4057	0,9526	0,9535	1969	0,3938	0,9872	0,9874	1979	0,4022	0,9857	0,9857	1970	0,3784	0,9253	0,9292
1952	0,4043	0,9699	0,9703	1970	0,4088	0,9915	0,9915	1980	0,3985	0,9843	0,9843	1971	0,3861	0,8915	0,9000
1953	0,4034	0,9298	0,9318	1971	0,3942	0,9713	0,9713	1981	0,4002	0,9975	0,9975	1972	0,3676	0,7075	0,7888
1954	0,2680	1,0007	0,2171	1972	0,4009	0,9919	0,9919	1982	0,4033	0,9990	0,9989	1973	0,3830	0,9088	0,9116
1955	0,4019	0,9403	0,9417	1973	0,4099	0,9863	0,9863	1983	0,3965	0,9994	0,9994	1974	0,3846	0,9266	0,9280
1956	0,4002	0,9514	0,9527	1974	0,3952	0,9892	0,9894	1984	0,3929	0,9576	0,9603	1975	0,3935	0,9087	0,9109
1957	0,3973	0,9665	0,9668	1975	0,4058	0,9899	0,9901	1985	0,3897	0,9978	0,9978	1976	0,3909	0,9222	0,9245
1958	0,4071	0,9504	0,9511	1976	0,4057	0,9823	0,9827	1986	0,4010	0,9992	0,9992	1977	0,3309	0,3032	0,5150
1959	0,3983	0,9334	0,9350	1977	0,4036	0,9854	0,9854	1987	0,4035	0,9922	0,9923	1978	0,3561	0,9417	0,9423
1960	0,3999	0,9313	0,9343	1978	0,4104	0,9869	0,9869	1988	0,3986	0,9203	0,9203	1979	0,3430	1,0001	0,9191
1961	0,3997	0,9189	0,9211	1979	0,3964	0,9825	0,9825	1989	0,3976	0,9687	0,9714	1980	0,3683	0,6136	0,7894
1962	0,3987	1,0000	0,9252	1980	0,3948	0,9889	0,9891	1990	0,3882	0,9706	0,9706	1981	0,3560	0,3797	0,9072
1963	0,3987	0,9465	0,9465	1981	0,4087	0,9751	0,9751	1991	0,3974	0,9313	0,9377	1982	0,3925	1,0000	1,0000
1964	0,4082	0,9667	0,9671	1982	0,4045	0,9748	0,9748	1992	0,3879	0,9716	0,9725	1983	0,3880	0,8551	0,8616
1965	0,3973	0,9453	0,9455	1983	0,4104	0,9869	0,9869	1993	0,3803	0,8906	0,9093	1984	0,3209	1,0003	0,3487
1966	0,3970	0,9519	0,9527	1984	0,3901	0,9820	0,9820	1994	0,4050	0,9932	0,9933	1985	0,3873	0,8996	0,9029
1967	0,4011	0,9662	0,9667	1985	0,4086	0,9905	0,9905	1995	0,3628	0,5816	0,7503	1986	0,3880	0,9040	0,9074
1968	0,4011	0,9500	0,9518	1986	0,4070	0,9665	0,9665	1996	0,4086	0,9877	0,9879	1987	0,3803	0,9189	0,9210
1969	0,4014	0,9681	0,9686	1987	0,4075	0,9847	0,9849	1997	0,4085	0,9937	0,9937	1988	0,3732	0,7680	0,8274
1970	0,3988	0,9176	0,9218	1988	0,4023	0,9869	0,9870	1998	0,4035	0,9926	0,9927	1989	0,3721	0,5769	0,8140
1971	0,4039	0,9580	0,9580	1989	0,3995	0,9755	0,9755	1999	0,3994	0,9907	0,9909	1990	0,3667	1,0003	1,0001
1972	0,3865	0,9240	0,9250	1990	0,3800	0,9917	0,9919	2000	0,4058	0,9956	0,9956	1991	0,3057	0,1994	0,3847
1973	0,3969	0,9349	0,9371	1991	0,4067	0,9563	0,9653	2001	0,4102	0,9750	0,9750	1992	0,3712	0,8799	0,8868
1974	0,3976	0,9399	0,9433	1992	0,3964	0,9893	0,9894	2002	0,3995	0,9789	0,9793	1993	0,3855	0,9077	0,9098
1975	0,4023	0,9231	0,9232	1993	0,4047	0,9676	0,9676	2003	0,3945	0,9961	0,9961	1994	0,3798	0,8126	0,8298
1976	0,3996	0,9320	0,9349	1994	0,4102	0,9907	0,9908	2004	0,4028	0,9919	0,9921	1995	0,3865	0,9272	0,9290
1977	0,3964	0,9187	0,9285	1995	0,3946	0,9886	0,9886	2005	0,4100	0,9912	0,9913	1996	0,3826	0,9063	0,9081
1978	0,4019	0,9342	0,9342	1996	0,3926	0,9862	0,9862	2006	0,4097	0,9547	0,9547	1997	0,3804	0,9190	0,9210
1979	0,3911	0,9356	0,9356	1997	0,4020	0,9908	0,9909	-	-	-	-	1998	0,3736	0,7738	0,7852
1980	0,3804	0,8541	0,8548	1998	0,3968	0,9057	0,9077	-	-	-	-	1999	0,3765	0,9288	0,9305
1981	0,4009	0,9631	0,9635	1999	0,3905	0,9856	0,9856	-	-	-	-	2000	0,3875	0,8972	0,9012
1982	0,4013	0,9333	0,9353	2000	0,4065	0,9789	0,9789	-	-	-	-	2001	0,3688	0,8826	0,8859
1983	0,3910	0,9239	0,9265	2001	0,4047	0,9602	0,9602	-	-	-	-	2002	0,3715	0,9363	0,9371
1984	0,3949	0,9272	0,9326	2002	0,4012	0,9630	0,9630	-	-	-	-	2003	0,3935	1,0001	0,8870
1985	0,3983	0,9303	0,9303	2003	0,4094	0,9854	0,9856	-	-	-	-	2004	0,3686	0,5255	0,8204
1986	0,3854	0,8643	0,8854	2004	0,3904	0,9886	0,9888	-	-	-	-	2005	0,3742	1,0001	1,0001

Çizelge 4.7. SOA ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları (devamı)

KALE				Melekbağçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)
1987	0,4028	0,9350	0,9375	2005	0,3984	0,9864	0,9864	-	-	-	-	2006	0,3691	0,6924	0,8139
1988	0,3850	0,9483	0,9498	2006	0,4018	0,9825	0,9825	-	-	-	-	2007	0,3481	0,4137	0,5975
1989	0,3875	0,8630	0,9379	2007	0,3922	0,9900	0,9900	-	-	-	-	2008	0,3847	0,8854	0,8859
1990	0,3893	0,9310	0,9378	2008	0,3917	0,9885	0,9886	-	-	-	-	2009	0,3674	0,7121	0,7781
1991	0,3778	0,8989	0,8998	2009	0,3843	0,8189	0,8189	-	-	-	-	2010	0,3613	0,0965	0,7404
1992	0,3797	0,8503	0,8880	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	0,3903	0,8967	0,8967
1993	0,3754	0,7887	0,8294	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	0,3742	0,9345	0,9366
1994	0,3773	0,7776	0,8040	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	0,3665	0,9480	0,9497
1995	0,3576	0,6250	0,7058	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	0,3916	0,8723	0,8776
1996	0,3782	0,8321	0,8652	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	0,3758	0,6611	0,8334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0,3862	0,8517	0,8585	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,3809	0,7550	0,8970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	0,3660	0,6451	0,7805	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	0,3708	0,6886	0,8077	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0,3752	0,6702	0,8930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,3696	0,6115	0,7874	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,3532	0,6954	0,6954	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,3562	0,6298	0,6976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,3414	0,4968	0,5984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0,3464	0,2954	0,5973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,3667	0,6453	0,7909	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0,3748	0,7835	0,8324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,3813	0,8377	0,8668	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,3762	0,7974	0,8430	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	0,3757	0,8023	0,8624	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0,3774	0,8053	0,8379	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	0,3409	0,4241	0,5942	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0,3498	0,5058	0,6487	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.8. SOA ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları

KALE					Melekbahçe					Tohma Suyu					Göynük Çayı				
Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen	
	(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)
1951	0,8967	0,5500	0,0526	0,4109	1969	0,9736	0,0397	0,9006	0,0308	1979	0,8749	0,5500	0,0000	0,4104	1970	0,7516	0,5163	0,5003	0,1435
1952	0,8872	0,5500	0,0795	0,3751	1970	0,9090	0,5435	0,0000	0,4231	1980	0,9458	0,1781	0,8200	0,0660	1971	0,7740	0,5500	0,2118	0,2671
1953	0,8916	0,5500	0,5835	0,1599	1971	0,9657	0,0677	0,9209	0,0252	1981	0,8627	0,5500	0,0002	0,4181	1972	0,6904	0,5500	0,0000	0,3546
1954	0,2545	0,5500	0,0000	0,0989	1972	0,9756	0,0524	0,9762	0,0063	1982	0,8846	0,4513	0,0000	0,3770	1973	0,7396	0,5500	0,0000	0,3572
1955	0,8716	0,5500	0,2676	0,3053	1973	0,9823	0,0559	0,9304	0,0250	1983	0,8267	0,5500	0,9997	0,0000	1974	0,7606	0,5500	0,0000	0,3785
1956	0,8544	0,5500	0,0000	0,4034	1974	0,9843	0,0265	0,1266	0,3365	1984	0,8138	0,5500	0,0000	0,3929	1975	0,7899	0,5500	0,6339	0,1167
1957	0,8636	0,5500	0,0867	0,3981	1975	0,9828	0,0309	0,2583	0,2970	1985	0,9650	0,0634	0,9988	0,0000	1976	0,9020	0,2261	0,6881	0,1002
1958	0,9133	0,4027	0,0000	0,4488	1976	0,9818	0,0189	0,1011	0,3748	1986	0,8476	0,5500	0,0000	0,4083	1977	0,4986	0,5500	0,0000	0,2411
1959	0,8545	0,5500	0,0000	0,3861	1977	0,9745	0,0705	0,4450	0,2138	1987	0,8799	0,5500	0,1531	0,3631	1978	0,9397	0,0723	0,0000	0,3119
1960	0,8551	0,5500	0,0000	0,4169	1978	0,9323	0,4454	0,2672	0,3095	1988	0,8292	0,5500	0,2009	0,2965	1979	0,9140	0,0835	0,8240	0,0403
1961	0,8512	0,5500	0,0000	0,4341	1979	0,9786	0,0487	0,9349	0,0218	1989	0,8338	0,5500	0,0000	0,3975	1980	0,6566	0,5500	0,0000	0,2942
1962	0,8722	0,5500	0,3223	0,2813	1980	0,9820	0,0264	0,1745	0,2953	1990	0,7694	0,5500	0,0000	0,3439	1981	0,9121	0,0809	0,9976	0,0000
1963	0,8434	0,5500	0,0000	0,3998	1981	0,9135	0,5398	0,1169	0,3684	1991	0,8606	0,5500	0,0000	0,4099	1982	0,8268	0,4768	0,5405	0,1487
1964	0,9101	0,5218	0,0147	0,4382	1982	0,8740	0,5500	0,0000	0,4010	1992	0,7714	0,5500	0,0000	0,3490	1983	0,8172	0,5500	0,0000	0,4042
1965	0,8569	0,5500	0,1312	0,3674	1983	0,9317	0,4509	0,2561	0,3157	1993	0,7206	0,5500	0,0000	0,3006	1984	0,3781	0,5500	0,9984	0,0000
1966	0,8487	0,5500	0,2037	0,3291	1984	0,9744	0,0459	0,0006	0,3654	1994	0,8914	0,5500	0,0014	0,4247	1985	0,7654	0,5500	0,9991	0,0000
1967	0,8573	0,5500	0,4579	0,2051	1985	0,9012	0,5500	0,0132	0,4309	1995	0,6387	0,5500	0,0000	0,3011	1986	0,8693	0,2589	0,0000	0,3157
1968	0,8753	0,5500	0,4368	0,2229	1986	0,8921	0,5500	0,0000	0,4129	1996	0,9162	0,5500	0,0057	0,4441	1987	0,7313	0,5500	0,0000	0,3324
1969	0,8733	0,5500	0,0000	0,4340	1987	0,9832	0,0177	0,8567	0,0530	1997	0,9565	0,2210	0,7460	0,1024	1988	0,7217	0,5500	0,0000	0,3012
1970	0,8735	0,5500	0,0490	0,4160	1988	0,9756	0,0552	0,8428	0,0546	1998	0,8714	0,5500	0,3603	0,2484	1989	0,6507	0,5500	0,0000	0,3037
1971	0,8844	0,5500	0,0000	0,4360	1989	0,9736	0,0591	0,7309	0,0951	1999	0,8466	0,5476	0,0000	0,4122	1990	0,6458	0,5500	0,9966	0,0000
1972	0,9174	0,1414	0,7772	0,0666	1990	0,9844	0,0248	0,9696	0,0075	2000	1,0000	0,0013	0,2455	0,3089	1991	1,0000	0,0000	0,0000	0,1995
1973	0,8391	0,5500	0,2275	0,3161	1991	0,8896	0,5069	0,0000	0,4085	2001	0,9233	0,5500	0,0000	0,4474	1992	0,6478	0,5500	0,7565	0,0629
1974	0,8525	0,5500	0,0000	0,4258	1992	0,9850	0,0225	0,9469	0,0157	2002	0,8588	0,5500	0,2714	0,2828	1993	0,7867	0,5500	0,2989	0,2296
1975	0,8633	0,5500	0,0000	0,4331	1993	0,9664	0,1456	0,7902	0,0802	2003	0,8299	0,5500	0,0000	0,4198	1994	0,7508	0,5500	0,9981	0,0000
1976	0,8701	0,5500	0,0000	0,4337	1994	0,9828	0,0514	0,7737	0,0948	2004	0,8576	0,5500	0,9896	0,0022	1995	0,7537	0,5500	0,0000	0,3709
1977	0,8603	0,5500	0,0000	0,4264	1995	0,9818	0,0298	0,9696	0,0084	2005	0,9232	0,5500	0,0000	0,4583	1996	0,7294	0,5500	0,9979	0,0000
1978	0,8682	0,5500	0,3885	0,2396	1996	0,9371	0,1778	0,9692	0,0075	2006	0,9498	0,2838	0,7693	0,0939	1997	0,7318	0,5500	0,0000	0,3323
1979	0,8041	0,5500	0,0000	0,3795	1997	0,9780	0,0482	0,3639	0,2395	-	-	-	-	-	1998	0,7496	0,5500	0,0000	0,3269
1980	0,7497	0,5498	0,0000	0,3746	1998	0,8497	0,5500	0,0000	0,3990	-	-	-	-	-	1999	0,6946	0,5500	0,0000	0,3064
1981	0,8778	0,5500	0,1277	0,3843	1999	0,9766	0,0534	0,0000	0,3596	-	-	-	-	-	2000	0,8014	0,5500	0,0027	0,3878
1982	0,8359	0,5500	0,0000	0,3904	2000	0,9781	0,0442	0,0411	0,4196	-	-	-	-	-	2001	0,6531	0,5500	0,0000	0,2826
1983	0,8149	0,5500	0,0000	0,3980	2001	0,8751	0,5500	0,2507	0,2957	-	-	-	-	-	2002	0,6679	0,5500	0,8575	0,0363
1984	0,7849	0,5500	0,2969	0,2326	2002	0,9527	0,1576	0,8600	0,0504	-	-	-	-	-	2003	0,7919	0,5474	0,3168	0,2236
1985	0,8522	0,5500	0,0000	0,4239	2003	0,9787	0,0508	0,4426	0,2314	-	-	-	-	-	2004	0,6379	0,5493	0,0000	0,2845
1986	0,7993	0,5500	0,0000	0,4104	2004	0,9835	0,0299	0,9358	0,0202	-	-	-	-	-	2005	0,6630	0,5500	0,9992	0,0000

Çizelge 4.8. SOA ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları (devamı)

KALE					Melekbahçe					Tohma Suyu					Göynük Çayı				
Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen	
	(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)
1987	0,8748	0,5500	0,5427	0,1742	2005	0,9799	0,0541	0,9582	0,0123	-	-	-	-	-	2006	0,6762	0,5500	0,0000	0,3258
1988	0,7614	0,5500	0,0000	0,3882	2006	0,9785	0,0593	0,8910	0,0384	-	-	-	-	-	2007	0,5470	0,5500	0,0544	0,2361
1989	0,7825	0,5500	0,0000	0,3960	2007	0,7914	0,5500	0,2529	0,2487	-	-	-	-	-	2008	0,7335	0,5500	0,5884	0,1188
1990	0,7933	0,5500	0,0000	0,3954	2008	0,9851	0,0293	0,9732	0,0066	-	-	-	-	-	2009	0,6929	0,5500	0,3656	0,1780
1991	0,7102	0,5500	0,0000	0,3085	2009	0,8183	0,5500	0,0000	0,4169	-	-	-	-	-	2010	0,6065	0,5500	0,7951	0,0451
1992	0,7480	0,5500	0,0000	0,3782	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	0,7904	0,5500	0,0000	0,3869
1993	0,7373	0,5500	0,0000	0,3534	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	0,6887	0,5500	0,0000	0,3243
1994	0,7606	0,5500	0,0000	0,3647	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	0,9262	0,1007	0,8614	0,0388
1995	0,6435	0,5500	0,0001	0,3076	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	0,8339	0,5500	0,0000	0,4160
1996	0,7325	0,5500	0,0002	0,3329	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	0,7345	0,5500	0,0000	0,3665	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0,7840	0,5500	0,3938	0,1955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,7394	0,5500	0,0000	0,3642	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	0,6599	0,5500	0,0000	0,2917	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	0,6719	0,5500	0,0000	0,3067	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0,7084	0,5500	0,0000	0,3262	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,6603	0,5500	0,0000	0,2806	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,6954	0,5500	0,0000	0,3450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,6453	0,5500	0,0000	0,3004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,5651	0,5500	0,0000	0,2860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0,5479	0,5500	0,0000	0,2433	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,6598	0,5500	0,0000	0,3132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0,7346	0,5500	0,0000	0,3903	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,7723	0,5500	0,0000	0,3669	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,7314	0,5500	0,0000	0,3611	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	0,7111	0,5500	0,0000	0,3363	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0,7056	0,5500	0,0000	0,3204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	0,5588	0,5500	0,0000	0,2707	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0,5949	0,5500	0,0770	0,2547	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.5. DE algoritması ile taban akışı ayırma yöntemlerinin kalibrasyonu

Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntemin katsayılarının kalibrasyonu için daha önce bahsedilen kısıt fonksiyonlarının bağlı olduğu bir yazılım DE ile birleştirilerek çalıştırılmıştır. Bu çalıştırmalarda; Fırat Havzası istasyonları için Tohma suyu 1979-2006, Göynük Çayı 1970-2014 ve Melekbahçe 1969-2009 yılları arası, Yeşilırmak Havzası Kale istasyonu için 1951-2015 yılları arasındaki yıllar için taban akışı katsayısı belirlenmiştir (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10). Yıllara göre Kale istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.2681-0.4082, Chapman katsayısı (α) 0.2954-1.0012, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.2171-1.0012, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.2546-0.9224)-(0.1419-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9958)-(0.0000-0.4490); Melekbahçe istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3800-0.4104, Chapman katsayısı (α) 0.8189-0,9919, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.8189-0,9919, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.7376-0.9919)-(0.0074-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9846)-(0.0037-0.4204); Tohma Suyu istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3628-0.4102, Chapman katsayısı (α) 0.5817-0,9995, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.7504-0,9995, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.6394-0.9994)-(0.0000-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9994)-(0.0000-0.4596); Göynük Çayı istasyonu için Lyne ve Hollick katsayısı (α) 0.3057-0.3935, Chapman katsayısı (α) 0.0966-1.0002, Chapman-Maxwell katsayısı (α) 0.3487-0.9497, Boughton-Chapman katsayıları (α_1)-(α_2) (0.4987-1.0000)-(0.0000-0.5500) ve önerilen yöntem katsayıları (α_1)-(α_2) (0.0000-0.9996)-(0.0000-0.4161) arasında değişen değerler almıştır. Burada bulunan değerlerin her biri sadece kendi su yılında kullanılabildiği için yöntemin elle kalibresi oldukça zordur. Oluşturulan bilgisayar modeli ile çok kısa sürede bu kalibrasyon yapılabilmektedir. Çalışmada DE için 100 adet birey 500 iterasyon ile çalıştırılmış ve bu işlem her bir su yılı için 30'ar kere tekrar edilmiştir. Bu 30 çalıştırma sonucunda Kale istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick yönteminde 65 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. Chapman yönteminde 1954-1962-1972 yıllarında sırasıyla 0,0294-0,0143-0,0141 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Chapman-Maxwell yönteminde ise yönteminde 1962-1972 yıllarında sırasıyla 0,0190-0,0139 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Diğer yılların tamamında ise standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-

Chapman yönteminde 1951-2015 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0014 ve α_2 verileri için ortalama 0,0036 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1951-2015 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0065 ve α_2 verileri için ortalama 0,0006 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

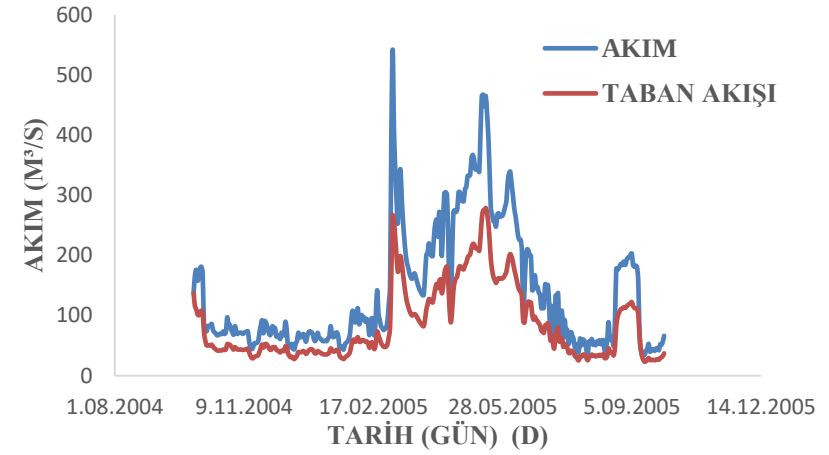
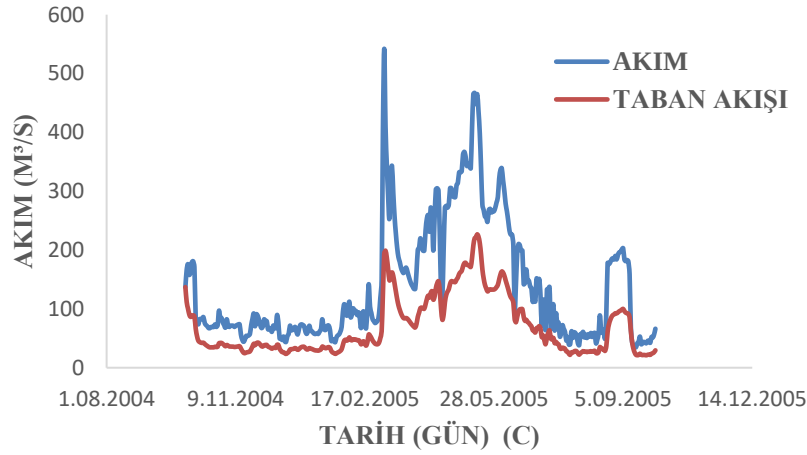
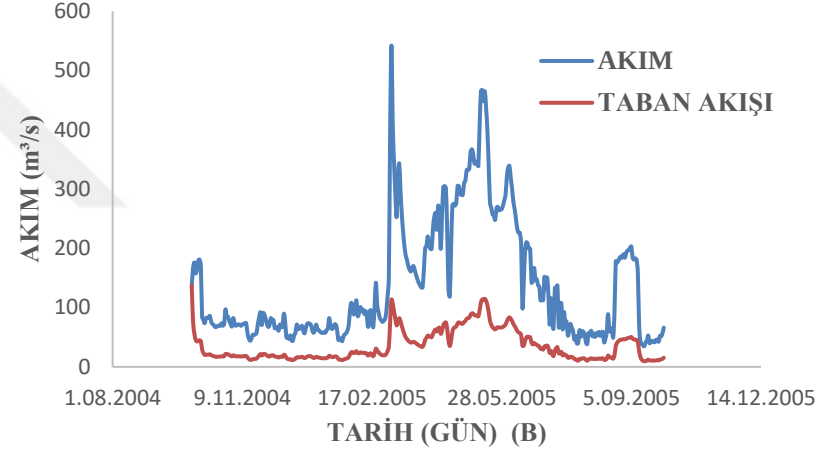
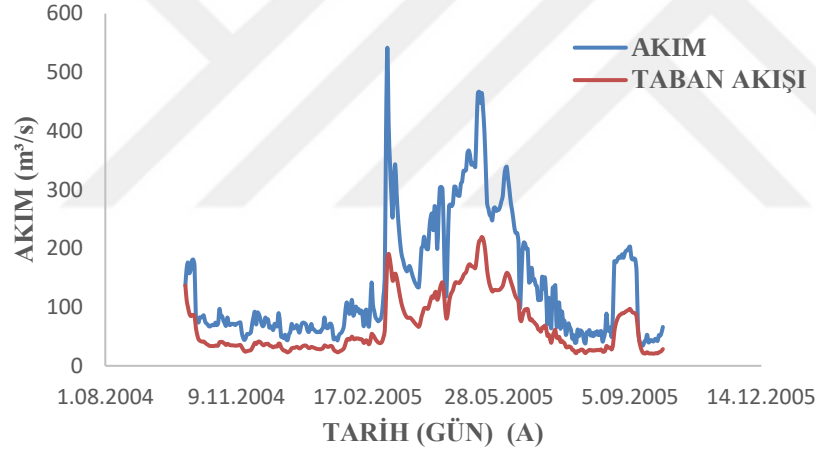
Melekbahçe istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick, Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde 41 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1969-2009 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0345 ve α_2 verileri için ortalama 0,1277 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1969-2009 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,1596 ve α_2 verileri için ortalama 0,0611 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

Tohma Suyu istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick, Chapman ve Chapman-Maxwell yöntemlerinde 28 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1979-2006 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0040 ve α_2 verileri için ortalama 0,0117 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1979-2006 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0355 ve α_2 verileri için ortalama 0,0140 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

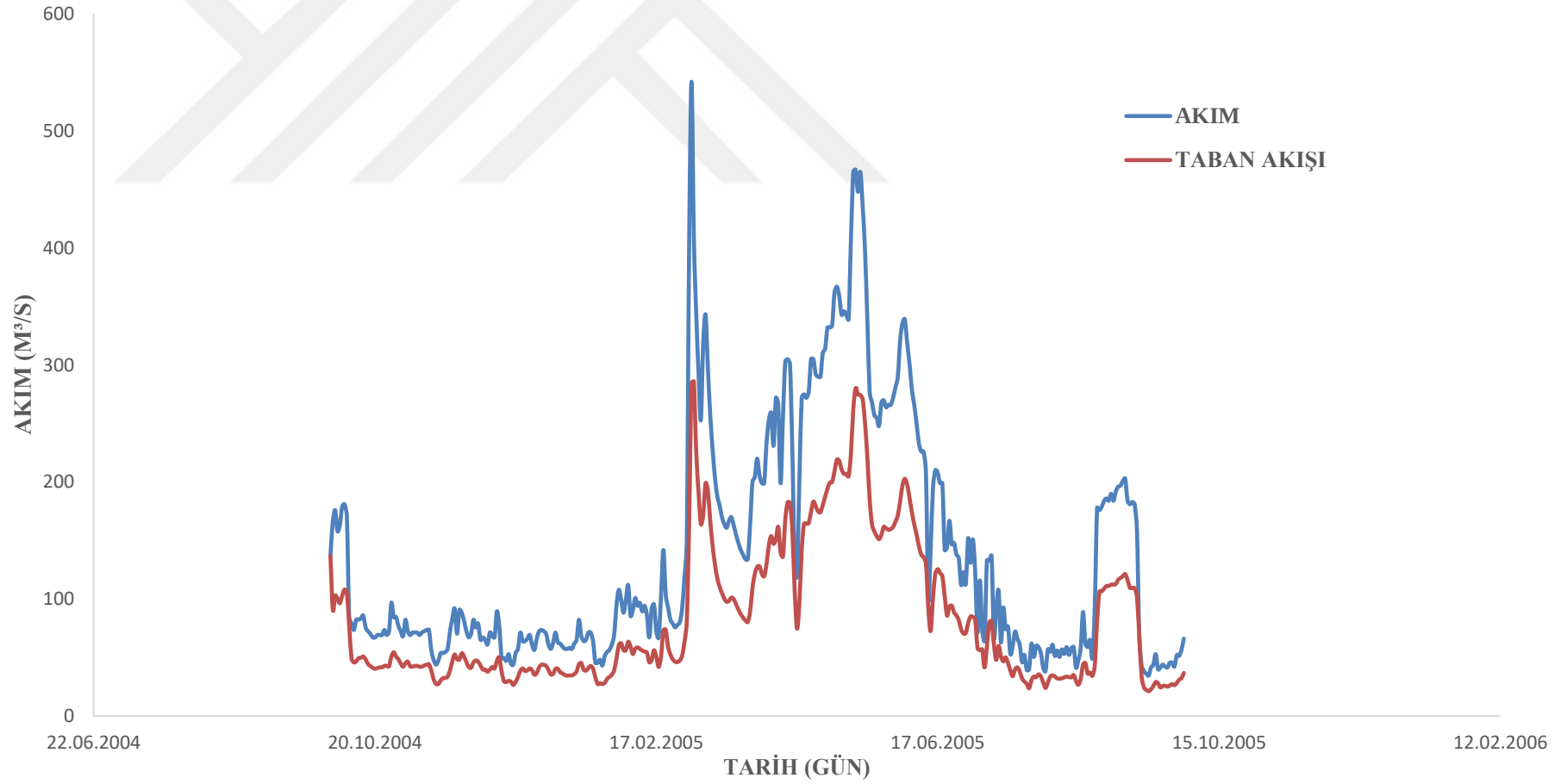
Göynük Çayı istasyonu için tek parametrelili Lyne ve Hollick yönteminde 45 yıllık veriler için standart sapma sıfır (0) tespit edilmiştir. Chapman yönteminde 1978-1979-1981-1982-1984-1985-1990-2001-2014 yıllarında sırasıyla 0,0690-0,1581-0,1133-0,0163-0,1513-0,0267-0,1692-0,0899-0,1645 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. Chapman-Maxwell yönteminde ise 1979-2014 yıllarında sırasıyla 0,2156-0,2225 değerlerinde standart sapma tespit edilmiştir. İki parametrelili Boughton-Chapman yönteminde 1970-2014 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0301 ve α_2 verileri için ortalama 0,0359 standart sapma değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki parametrelili önermiş olduğumuz yöntemde 1970-2014 yılları arasında α_1 verileri için ortalama 0,0914 ve α_2 verileri için ortalama 0,0257 standart sapma değerleri tespit edilmiştir.

Şekil 4.33'te 2005 yılına ait Kale istasyonunun taban akışı değerleri analiz edildiğinden A, C ve D grafiklerinde kalibrasyon sonucu elde edilen değerler yüzeysel akışa yakın değerler alırken B grafiğinde daha düşük değerler aldığı görülmüştür. Buradaki yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarına bakıldığında B grafiğinde taban akışının başlangıçta ani olarak düşüşü bir dezavantaj olarak karşımıza çıkarken A, C ve D grafiklerindeki yüzeysel akışa birebir uyum ise bu yöntemlerin dezavantajını göstermektedir. Önerilen yöntemde ise Şekil 4.33'teki Lyne ve Hollick, Chapman-Maxwell ve Boughton-Chapman yöntemlerindeki dezavantaj kısmen giderilmiş olmasına rağmen yeterli olduğu söylenemez. Ayrıca Chapman yönteminin ani düşüş dezavantajı da kısmen ortadan kaldırılmıştır (Şekil 4.34).

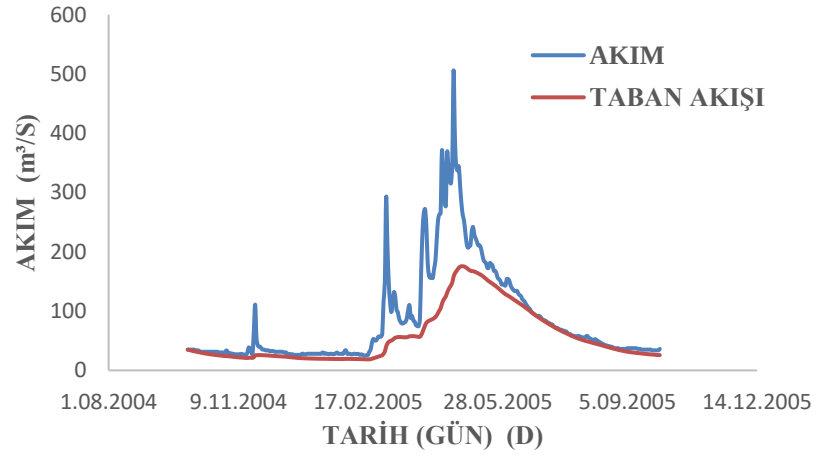
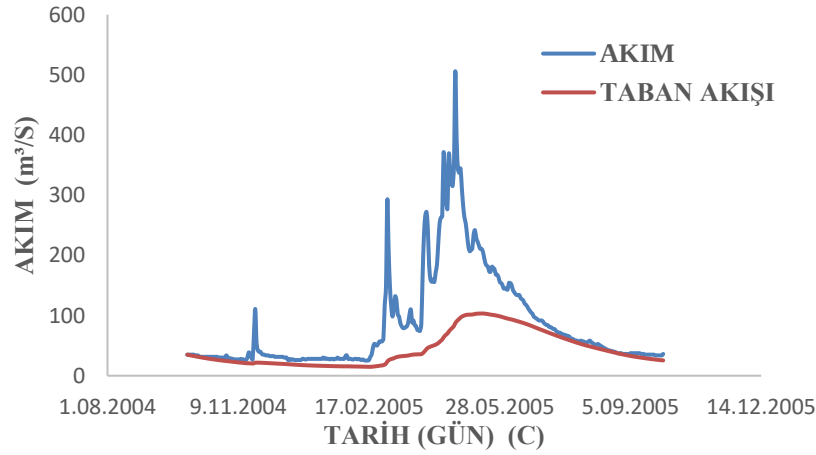
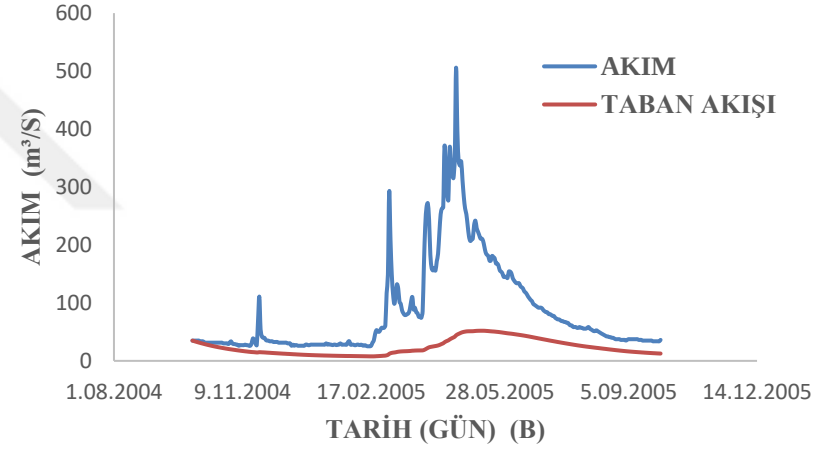
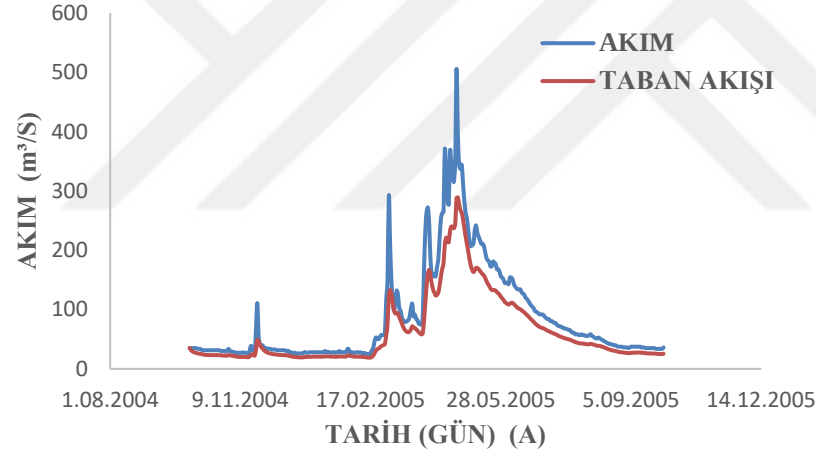
Şekil 4.35 ve Şekil 4.36 incelendiğinde Kale istasyonundaki taban akışı ile yüzeysel akışın birbirine çok yakın olması sorunu Lyne ve Hollick yöntemi dışında diğer tüm yöntemlerde düzeldiği görülmektedir. Ani düşüş problemi ise hiçbir yöntemde görülmemiştir. Bu durum yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarının sürekli olmadığı, istasyondan istasyona ve hatta yıldan yıla değişiklik gösterebileceğinin bir kanıtıdır. Şekil 4.37, Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'ta buna birer örnektir.



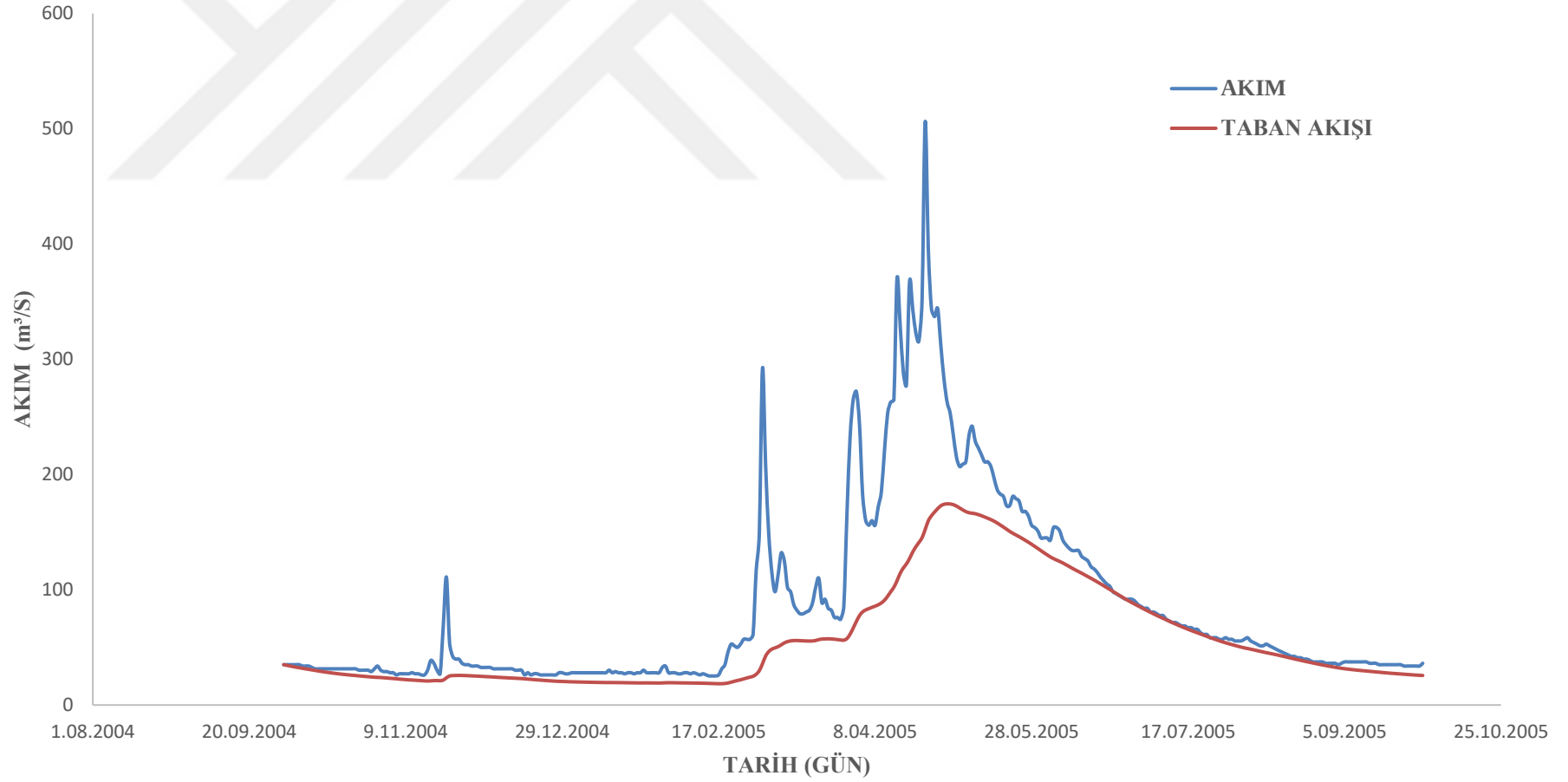
Şekil 4.33. 2005 yılı Kale istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



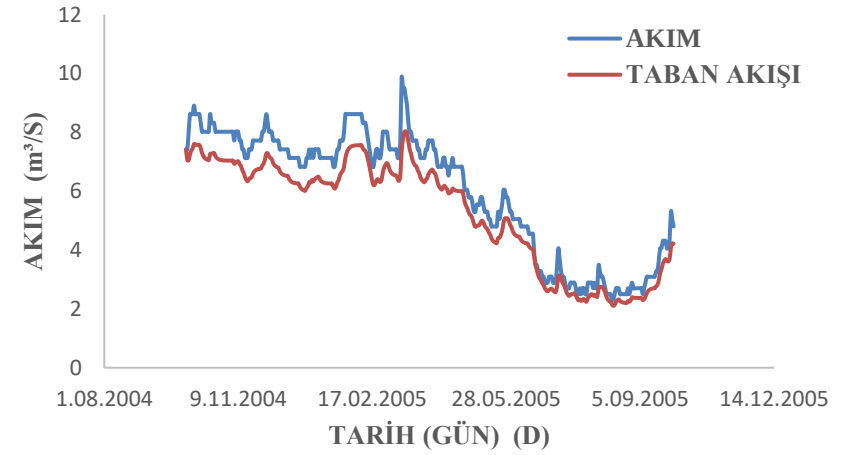
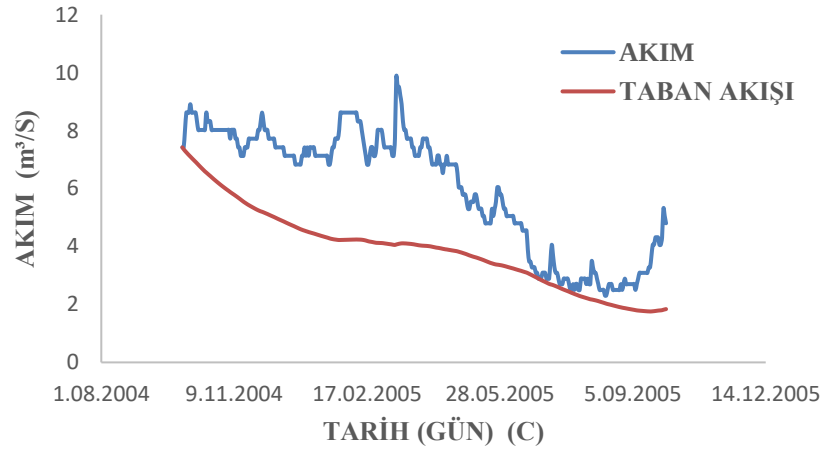
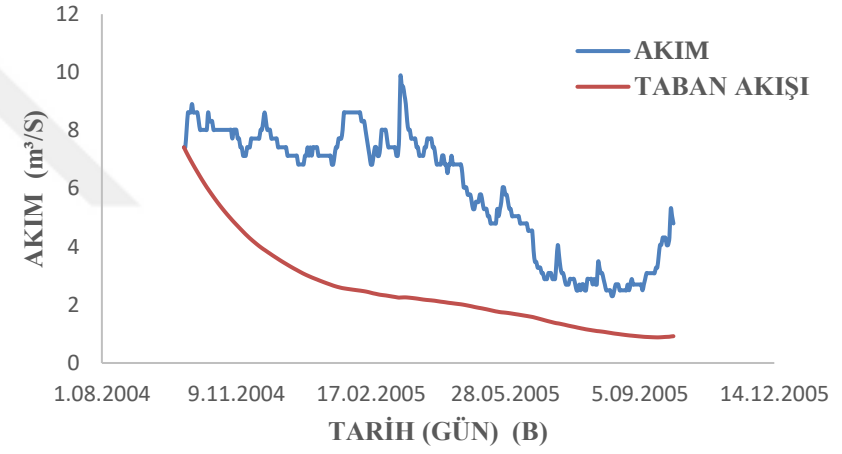
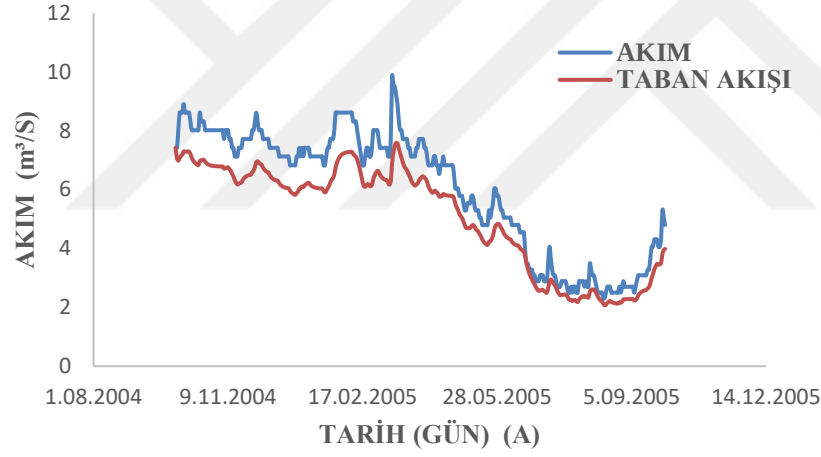
Şekil 4.34. 2005 yılı Kale istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



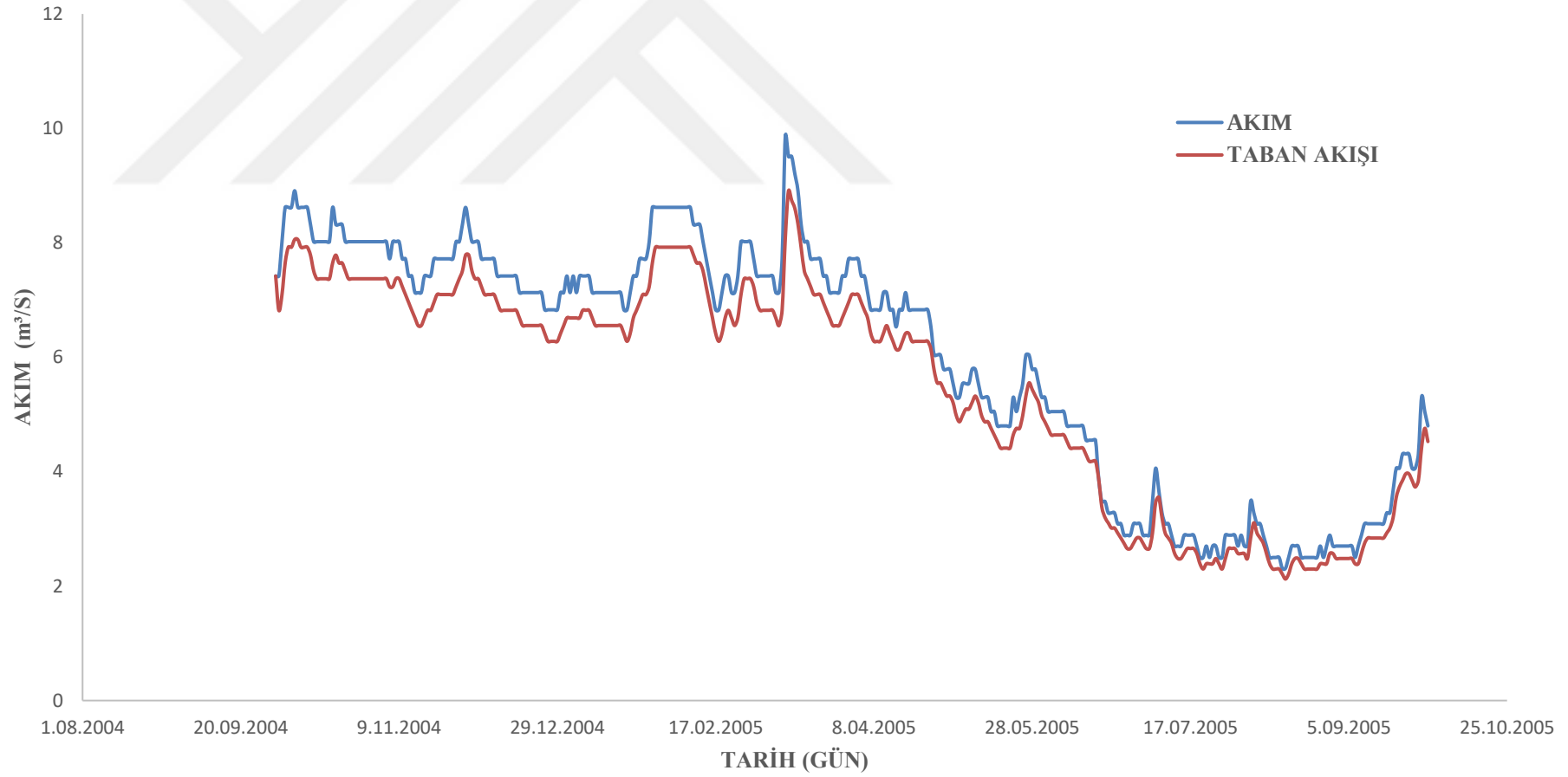
Şekil 4.35. 2005 yılı Melekbahçe istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



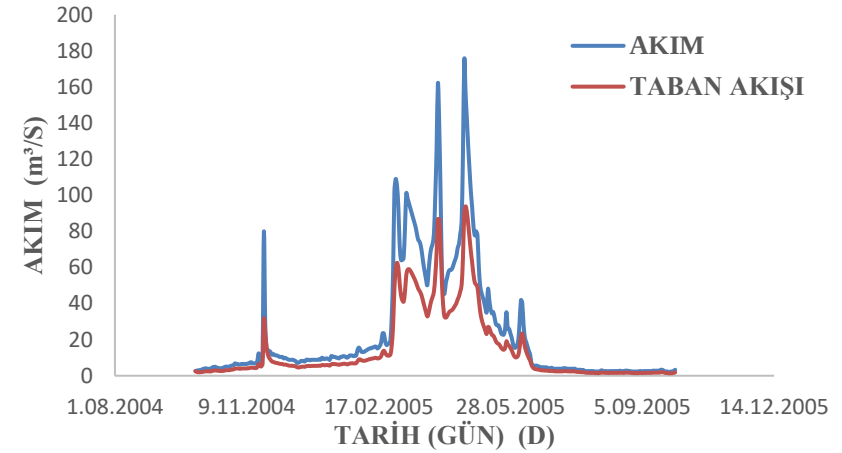
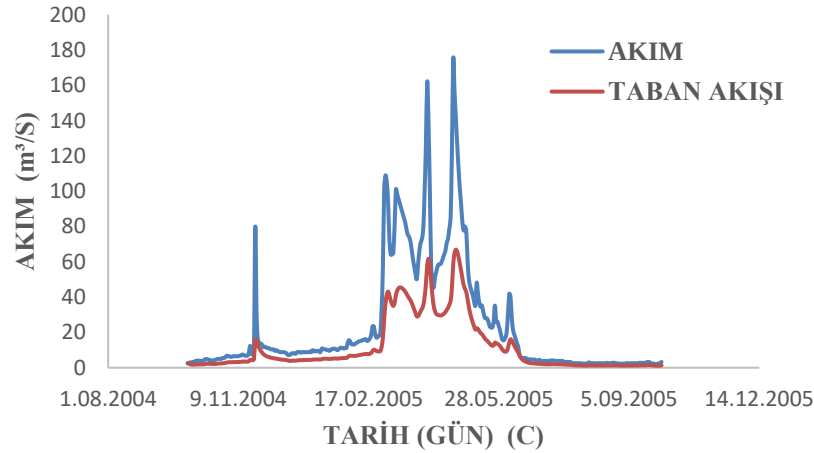
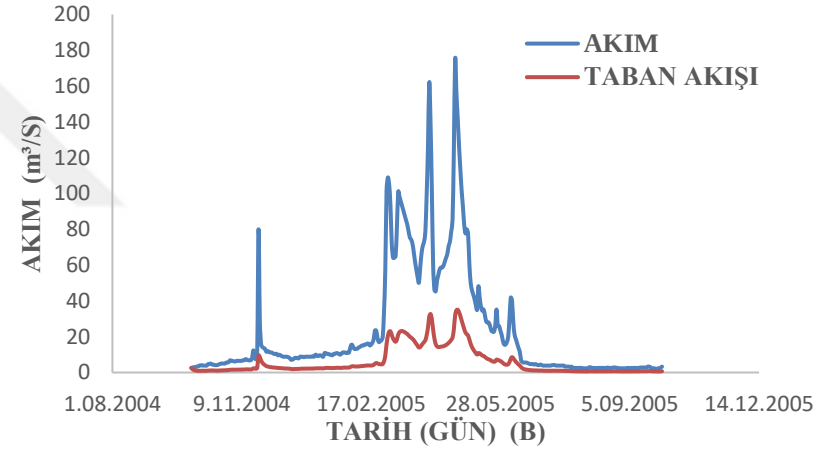
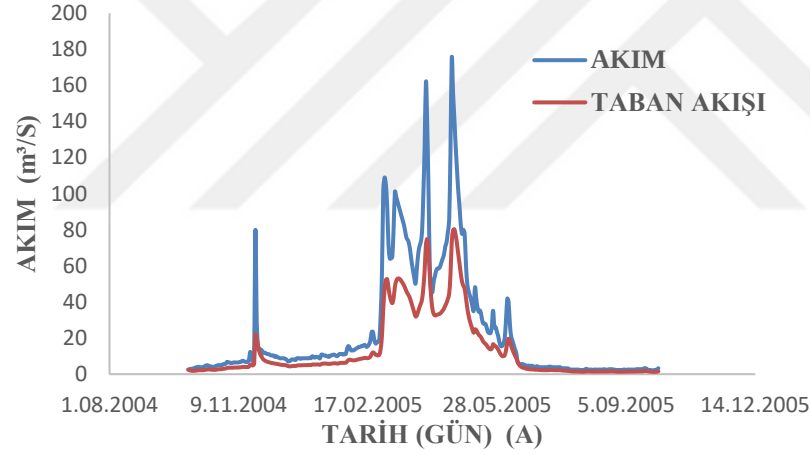
Şekil 4.36. 2005 yılı Melekbağçe istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



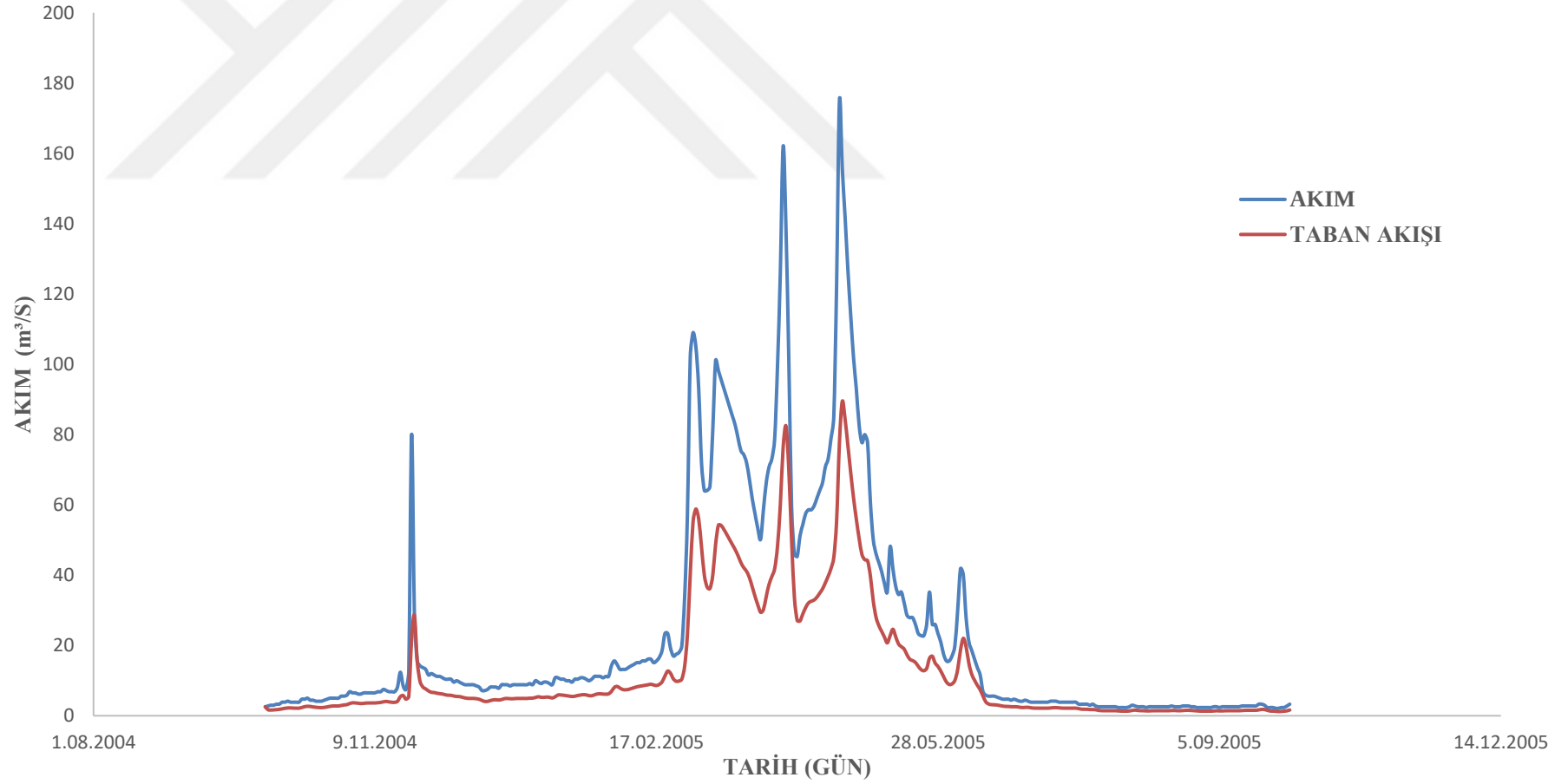
Şekil 4.37. 2005 yılı Tohma Suyu istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



Şekil 4.38. 2005 yılı Tohma Suyu istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)



Şekil 4.39. 2005 yılı Göynük Çayı istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (A) Lyne ve Hollick; (B) Chapman; (C) Chapman-Maxwell; (D) Boughton-Chapman



Şekil 4.40. 2005 yılı Göynük Çayı istasyonu DE ile kalibre edilmiş katsayı uygulanan taban akışı ayırma örnekleri (Önerilen yöntem)

Çizelge 4.9. DE ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları

KALE				Melekbağçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)
1951	0,4057	0,9527	0,9535	1969	0,3938	0,9872	0,9874	1979	0,4023	0,9857	0,9857	1970	0,3785	0,9255	0,9293
1952	0,4043	0,9700	0,9703	1970	0,4088	0,9915	0,9915	1980	0,3985	0,9843	0,9843	1971	0,3861	0,8916	0,9001
1953	0,4034	0,9298	0,9319	1971	0,3942	0,9713	0,9713	1981	0,4004	0,9975	0,9975	1972	0,3676	0,7075	0,7890
1954	0,2681	1,0006	0,2171	1972	0,4010	0,9919	0,9919	1982	0,4034	0,9990	0,9990	1973	0,3831	0,9088	0,9116
1955	0,4019	0,9404	0,9417	1973	0,4099	0,9863	0,9863	1983	0,3965	0,9995	0,9995	1974	0,3846	0,9267	0,9280
1956	0,4003	0,9515	0,9528	1974	0,3952	0,9892	0,9894	1984	0,3929	0,9578	0,9603	1975	0,3935	0,9087	0,9111
1957	0,3974	0,9666	0,9668	1975	0,4058	0,9900	0,9902	1985	0,3897	0,9978	0,9978	1976	0,3909	0,9223	0,9245
1958	0,4072	0,9504	0,9511	1976	0,4057	0,9824	0,9827	1986	0,4011	0,9992	0,9992	1977	0,3309	0,3033	0,5150
1959	0,3983	0,9334	0,9350	1977	0,4036	0,9854	0,9854	1987	0,4036	0,9922	0,9923	1978	0,3562	0,9418	0,9425
1960	0,3999	0,9314	0,9343	1978	0,4104	0,9870	0,9870	1988	0,3986	0,9204	0,9204	1979	0,3430	0,9154	0,9191
1961	0,3998	0,9189	0,9211	1979	0,3964	0,9825	0,9825	1989	0,3977	0,9689	0,9714	1980	0,3684	0,6136	0,7894
1962	0,3988	1,0000	1,0000	1980	0,3948	0,9890	0,9891	1990	0,3882	0,9706	0,9706	1981	0,3561	1,0002	0,9072
1963	0,3988	0,9465	0,9466	1981	0,4087	0,9751	0,9751	1991	0,3974	0,9313	0,9377	1982	0,3925	1,0000	0,9123
1964	0,4082	0,9667	0,9672	1982	0,4045	0,9748	0,9748	1992	0,3879	0,9716	0,9725	1983	0,3880	0,8551	0,8617
1965	0,3974	0,9453	0,9455	1983	0,4104	0,9870	0,9870	1993	0,3804	0,8907	0,9095	1984	0,3209	1,0001	0,3487
1966	0,3971	0,9519	0,9528	1984	0,3901	0,9821	0,9821	1994	0,4051	0,9933	0,9934	1985	0,3873	0,8996	0,9030
1967	0,4012	0,9663	0,9668	1985	0,4086	0,9905	0,9906	1995	0,3628	0,5817	0,7504	1986	0,3881	0,9040	0,9074
1968	0,4011	0,9500	0,9518	1986	0,4070	0,9666	0,9666	1996	0,4086	0,9877	0,9879	1987	0,3804	0,9190	0,9210
1969	0,4014	0,9681	0,9686	1987	0,4075	0,9848	0,9849	1997	0,4086	0,9937	0,9937	1988	0,3732	0,7681	0,8274
1970	0,3988	0,9176	0,9218	1988	0,4024	0,9869	0,9870	1998	0,4035	0,9926	0,9927	1989	0,3721	0,5769	0,8141
1971	0,4041	0,9580	0,9580	1989	0,3995	0,9755	0,9755	1999	0,3994	0,9909	0,9909	1990	0,3667	1,0001	0,7619
1972	0,3865	1,0012	1,0012	1990	0,3800	0,9917	0,9919	2000	0,4058	0,9956	0,9956	1991	0,3057	0,1994	0,3848
1973	0,3970	0,9350	0,9371	1991	0,4067	0,9563	0,9653	2001	0,4102	0,9751	0,9751	1992	0,3712	0,8799	0,8868
1974	0,3977	0,9400	0,9433	1992	0,3965	0,9893	0,9894	2002	0,3995	0,9789	0,9793	1993	0,3855	0,9077	0,9099
1975	0,4023	0,9231	0,9232	1993	0,4047	0,9676	0,9676	2003	0,3945	0,9961	0,9961	1994	0,3798	0,8127	0,8298
1976	0,3997	0,9321	0,9349	1994	0,4102	0,9907	0,9908	2004	0,4029	0,9920	0,9922	1995	0,3865	0,9274	0,9290
1977	0,3966	0,9187	0,9285	1995	0,3946	0,9886	0,9887	2005	0,4101	0,9913	0,9914	1996	0,3826	0,9063	0,9082
1978	0,4019	0,9343	0,9343	1996	0,3926	0,9862	0,9862	2006	0,4097	0,9547	0,9547	1997	0,3804	0,9190	0,9210
1979	0,3911	0,9356	0,9357	1997	0,4020	0,9909	0,9910	-	-	-	-	1998	0,3736	0,7738	0,7852
1980	0,3804	0,8541	0,8549	1998	0,3969	0,9058	0,9078	-	-	-	-	1999	0,3766	0,9288	0,9305
1981	0,4010	0,9631	0,9636	1999	0,3905	0,9856	0,9856	-	-	-	-	2000	0,3875	0,8972	0,9012
1982	0,4013	0,9333	0,9354	2000	0,4065	0,9789	0,9789	-	-	-	-	2001	0,3689	0,8827	0,8860
1983	0,3911	0,9239	0,9265	2001	0,4047	0,9603	0,9603	-	-	-	-	2002	0,3715	0,9363	0,9371
1984	0,3950	0,9272	0,9326	2002	0,4013	0,9631	0,9631	-	-	-	-	2003	0,3935	0,8822	0,8871
1985	0,3983	0,9304	0,9304	2003	0,4094	0,9855	0,9856	-	-	-	-	2004	0,3686	0,5255	0,8204
1986	0,3854	0,8643	0,8854	2004	0,3904	0,9887	0,9888	-	-	-	-	2005	0,3742	0,7771	0,8102

Çizelge 4.9. DE ile kalibre edilmiş tek katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları (devamı)

KALE				Melekbağçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)	Su Yılı	L-H (α)	Chapman (α)	C-M (α)
1987	0,4028	0,9350	0,9375	2005	0,3985	0,9864	0,9865	-	-	-	-	2006	0,3691	0,6924	0,8139
1988	0,3850	0,9483	0,9499	2006	0,4019	0,9826	0,9826	-	-	-	-	2007	0,3482	0,4137	0,5975
1989	0,3876	0,8630	0,9379	2007	0,3922	0,9900	0,9900	-	-	-	-	2008	0,3847	0,8855	0,8859
1990	0,3894	0,9310	0,9378	2008	0,3917	0,9885	0,9886	-	-	-	-	2009	0,3674	0,7122	0,7782
1991	0,3779	0,8990	0,8998	2009	0,3843	0,8189	0,8189	-	-	-	-	2010	0,3613	0,0966	0,7405
1992	0,3797	0,8503	0,8880	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	0,3904	0,8967	0,8967
1993	0,3755	0,7887	0,8295	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	0,3742	0,9345	0,9367
1994	0,3773	0,7776	0,8041	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	0,3666	0,9480	0,9497
1995	0,3577	0,6250	0,7058	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	0,3917	0,8723	0,8776
1996	0,3782	0,8322	0,8652	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	0,3758	0,6610	0,8334	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0,3863	0,8518	0,8585	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,3810	0,7550	0,8971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	0,3660	0,6451	0,7805	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	0,3708	0,6886	0,8077	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0,3752	0,6702	0,8930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,3696	0,6115	0,7875	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,3533	0,6955	0,6955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,3563	0,6299	0,6976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,3414	0,4968	0,5984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0,3465	0,2954	0,5974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,3667	0,6453	0,7910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0,3749	0,7835	0,8324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,3813	0,8378	0,8669	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,3763	0,7975	0,8431	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	0,3757	0,8024	0,8624	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0,3774	0,8053	0,8380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	0,3409	0,4241	0,5943	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0,3498	0,5058	0,6487	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.10. DE ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları

KALE					Melekbahçe					Tohma Suyu					Göynük Çayı				
Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen		Su Yılı	B-C		Önerilen	
	(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)
1951	0,8968	0,5500	0,0722	0,4028	1969	0,9912	0,0078	0,9835	0,0039	1979	0,8751	0,5500	0,0000	0,4105	1970	0,7515	0,5183	0,4950	0,1465
1952	0,8875	0,5500	0,0589	0,3878	1970	0,9082	0,5500	0,9751	0,0072	1980	0,9474	0,1756	0,8059	0,0727	1971	0,7741	0,5500	0,2071	0,2698
1953	0,8917	0,5500	0,5461	0,1807	1971	0,9713	0,0629	0,9139	0,0291	1981	0,8631	0,5500	0,9992	0,0000	1972	0,6905	0,5500	0,0000	0,3547
1954	0,2546	0,5500	0,9958	0,0000	1972	0,9891	0,0139	0,9757	0,0068	1982	0,8915	0,4300	0,0000	0,3770	1973	0,7396	0,5500	0,0000	0,3576
1955	0,8717	0,5500	0,2739	0,3029	1973	0,9863	0,0282	0,9592	0,0136	1983	0,8269	0,5500	0,9974	0,0007	1974	0,7610	0,5500	0,0000	0,3787
1956	0,8544	0,5500	0,0000	0,4041	1974	0,9919	0,0074	0,9846	0,0037	1984	0,8139	0,5500	0,0000	0,3933	1975	0,7902	0,5500	0,6578	0,1106
1957	0,8637	0,5500	0,0877	0,3992	1975	0,8756	0,5500	0,2393	0,3060	1985	0,9994	0,0000	0,9994	0,0000	1976	0,9020	0,2391	0,7279	0,0915
1958	0,9224	0,3506	0,0000	0,4490	1976	0,9852	0,0131	0,1300	0,3637	1986	0,8482	0,5500	0,0000	0,4085	1977	0,4987	0,5500	0,0000	0,2413
1959	0,8552	0,5500	0,4413	0,2129	1977	0,9773	0,0708	0,9568	0,0143	1987	0,8800	0,5500	0,1535	0,3648	1978	0,9399	0,0730	0,0000	0,3123
1960	0,8554	0,5500	0,0000	0,4169	1978	0,9326	0,4461	0,6449	0,1489	1988	0,8295	0,5500	0,2027	0,2964	1979	0,9170	0,0876	0,9947	0,0002
1961	0,8513	0,5500	0,0000	0,4341	1979	0,9823	0,0469	0,9382	0,0222	1989	0,8338	0,5500	0,0000	0,3976	1980	0,6568	0,5500	0,9991	0,0000
1962	0,8724	0,5500	0,3368	0,2765	1980	0,9890	0,0110	0,9783	0,0054	1990	0,7699	0,5500	0,0000	0,3445	1981	0,9985	0,0000	0,9985	0,0000
1963	0,8436	0,5500	0,0000	0,4000	1981	0,9154	0,5291	0,9066	0,0347	1991	0,8610	0,5500	0,0000	0,4106	1982	0,8351	0,4599	0,5740	0,1427
1964	0,9077	0,5500	0,0000	0,4460	1982	0,8742	0,5500	0,0000	0,4010	1992	0,7721	0,5500	0,0000	0,3491	1983	0,8177	0,5500	0,0000	0,4043
1965	0,8573	0,5500	0,1430	0,3637	1983	0,9326	0,4461	0,2528	0,3175	1993	0,7213	0,5500	0,0000	0,3007	1984	0,9962	0,0002	0,9955	0,0001
1966	0,8501	0,5500	0,2076	0,3286	1984	0,8133	0,5500	0,9514	0,0154	1994	0,8914	0,5500	0,0000	0,4257	1985	0,7656	0,5500	0,9996	0,0000
1967	0,8577	0,5500	0,4531	0,2074	1985	0,9556	0,2252	0,0522	0,4169	1995	0,6394	0,5500	0,0000	0,3011	1986	0,8797	0,2358	0,7119	0,0893
1968	0,8769	0,5500	0,4770	0,2090	1986	0,8930	0,5500	0,0000	0,4132	1996	0,9165	0,5500	0,0000	0,4474	1987	0,7322	0,5500	0,1582	0,2785
1969	0,8742	0,5500	0,0000	0,4340	1987	0,9825	0,0236	0,9599	0,0114	1997	0,9563	0,2267	0,7796	0,0904	1988	0,7221	0,5500	0,8834	0,0277
1970	0,8736	0,5500	0,0790	0,4036	1988	0,9838	0,0273	0,9576	0,0132	1998	0,8726	0,5500	0,9976	0,0000	1989	0,6507	0,5500	0,0000	0,3038
1971	0,8851	0,5500	0,0000	0,4361	1989	0,9755	0,0576	0,9219	0,0272	1999	0,8469	0,5500	0,0000	0,4125	1990	0,6459	0,5500	0,9970	0,0000
1972	0,9200	0,1419	0,8057	0,0596	1990	0,7376	0,5500	0,9713	0,0086	2000	0,8884	0,5500	0,2153	0,3230	1991	1,0000	0,0000	0,9993	0,0000
1973	0,8395	0,5500	0,2249	0,3177	1991	0,8898	0,5097	0,1583	0,3449	2001	0,9234	0,5500	0,0000	0,4478	1992	0,9995	0,0000	0,9933	0,0002
1974	0,8526	0,5500	0,0000	0,4260	1992	0,9866	0,0187	0,9685	0,0091	2002	0,8597	0,5500	0,2384	0,2981	1993	0,7867	0,5500	0,4606	0,1772
1975	0,8645	0,5500	0,0000	0,4333	1993	0,9676	0,1433	0,8463	0,0616	2003	0,8302	0,5500	0,0000	0,4204	1994	0,7512	0,5500	0,0000	0,3608
1976	0,8704	0,5500	0,0000	0,4341	1994	0,9878	0,0209	0,9675	0,0102	2004	0,8585	0,5500	0,9932	0,0016	1995	0,7540	0,5500	0,0000	0,3710
1977	0,8607	0,5500	0,0000	0,4275	1995	0,9856	0,0212	0,9652	0,0103	2005	0,9233	0,5500	0,0000	0,4596	1996	0,7299	0,5500	0,9973	0,0000
1978	0,8686	0,5500	0,3954	0,2380	1996	0,9855	0,0205	0,7949	0,0744	2006	0,9491	0,3002	0,7300	0,1124	1997	0,7322	0,5500	0,1582	0,2785
1979	0,8041	0,5500	0,0000	0,3798	1997	0,9874	0,0201	0,9679	0,0098	-	-	-	-	-	1998	0,7498	0,5500	0,0000	0,3270
1980	0,7497	0,5500	0,0000	0,3748	1998	0,8501	0,5500	0,0126	0,3943	-	-	-	-	-	1999	0,6947	0,5500	0,0000	0,3066
1981	0,8780	0,5500	0,1689	0,3680	1999	0,9853	0,0242	0,9619	0,0117	-	-	-	-	-	2000	0,8014	0,5500	0,0000	0,3900
1982	0,8364	0,5500	0,0000	0,3907	2000	0,9754	0,0818	0,0412	0,4204	-	-	-	-	-	2001	0,6534	0,5500	0,9882	0,0004
1983	0,8151	0,5500	0,0000	0,3984	2001	0,8755	0,5500	0,2874	0,2841	-	-	-	-	-	2002	0,6680	0,5500	0,8063	0,0538
1984	0,8644	0,3354	0,6473	0,1164	2002	0,9631	0,1095	0,8680	0,0484	-	-	-	-	-	2003	0,7913	0,5500	0,3030	0,2313
1985	0,8525	0,5500	0,1015	0,3801	2003	0,9787	0,0622	0,9656	0,0094	-	-	-	-	-	2004	0,6378	0,5500	0,9702	0,0025
1986	0,7994	0,5500	0,0000	0,4110	2004	0,9862	0,0207	0,9662	0,0101	-	-	-	-	-	2005	0,6631	0,5500	0,2007	0,2231

Çizelge 4.10. DE ile kalibre edilmiş iki katsayılı taban akışı yöntemleri sonuçları (devamı)

KALE					Melekbahçe					Tohma Suyu					Göynük Çayı				
Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen		Su Yılı	C-B		Önerilen	
	(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)		(a ₁)	(a ₂)	(a ₁)	(a ₂)
1987	0,8750	0,5500	0,5090	0,1892	2005	0,9827	0,0352	0,9493	0,0169	-	-	-	-	-	2006	0,6768	0,5500	0,0000	0,3261
1988	0,7615	0,5500	0,0000	0,3885	2006	0,9815	0,0466	0,9378	0,0220	-	-	-	-	-	2007	0,5477	0,5500	0,0897	0,2286
1989	0,7826	0,5500	0,0000	0,3963	2007	0,9899	0,0130	0,9772	0,0064	-	-	-	-	-	2008	0,7336	0,5500	0,5962	0,1173
1990	0,7934	0,5500	0,0000	0,3959	2008	0,9857	0,0299	0,9570	0,0144	-	-	-	-	-	2009	0,6935	0,5500	0,3722	0,1783
1991	0,7102	0,5500	0,0000	0,3086	2009	0,8189	0,5500	0,0000	0,4171	-	-	-	-	-	2010	0,6067	0,5500	0,8711	0,0305
1992	0,7483	0,5500	0,0000	0,3786	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	0,7908	0,5500	0,0000	0,3873
1993	0,7380	0,5500	0,0000	0,3535	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	0,6890	0,5500	0,0000	0,3257
1994	0,7611	0,5500	0,0000	0,3651	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	0,9334	0,0946	0,9869	0,0013
1995	0,6442	0,5500	0,0000	0,3077	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	0,8342	0,5500	0,0000	0,4161
1996	0,7326	0,5500	0,0000	0,3333	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	0,7347	0,5500	0,0000	0,3667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	0,7841	0,5500	0,4375	0,1829	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	0,7397	0,5500	0,0000	0,3647	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	0,6604	0,5500	0,0000	0,2918	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	0,6735	0,5500	0,0000	0,3068	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	0,7087	0,5500	0,0000	0,3267	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	0,6605	0,5500	0,0000	0,2808	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	0,6955	0,5500	0,0000	0,3456	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	0,6454	0,5500	0,0000	0,3005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	0,5653	0,5500	0,0000	0,2866	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0,5484	0,5500	0,0000	0,2436	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	0,6609	0,5500	0,0000	0,3132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	0,7349	0,5500	0,0000	0,3910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0,7737	0,5500	0,0000	0,3672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	0,7316	0,5500	0,0000	0,3613	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	0,7125	0,5500	0,0000	0,3371	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0,7068	0,5500	0,0000	0,3207	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	0,5589	0,5500	0,0000	0,2707	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	0,5949	0,5500	0,0826	0,2536	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2. Optimizasyon Yöntemleri Kullanılarak Elde Edilen Taban Akışı Oranları

İkinci kısımda; Denklem 3.2, Denklem 3.3, Denklem 3.6, Denklem 3.7 ve Denklem 3.8 kullanılarak tespit edilen taban akışı miktarı ve elde edilen taban akışı değerlerinin her yıl için ayrı ayrı taban akışı oranları belirlenmiştir. Lyne Hollick yöntemi için belirlenen sonuçlar Çizelge 4.10'da detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Taban akışının maksimum orana sahip olduğu yıl Kale istasyonu için 1964 yılı, Melekbahçe istasyonu için 1978 ve 1983 yılları, Tohma Suyu istasyonu için 2005 yılı ve Göynük istasyonu için 1975 yılı olarak gözlemlenmiştir. Buna ek olarak çalışmada akarsu akımları, taban akışları ve taban akışı oranlarının standart sapmaları tespit edilmiştir. Çizelge 4.10'daki standart sapma oranlarına bakıldığında tüm istasyonlarda ortalama değerin yaklaşık %6,94-12 aralığında bir sapma olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla yıllar içinde taban akışı oranının çok fazla değişmediği görülmüştür. Bu standart sapma değerinin ortalama değere oranı Kale istasyonu için akarsu akımında %30, taban akışında %36; Melekbahçe istasyonu için akarsu akımında %24, taban akışında %22; Tohma Suyu istasyonu için akarsu akımında %23, taban akışında %24; Göynük Çayı istasyonu için akarsu akımında %30, taban akışında %34 olduğu tespit edilmiştir. Bu üç oran karşılaştırıldığında bulunan taban akışı oranlarının buradaki ortalamalarda kaldığı söylenebilir. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranı grafiği Şekil 4.41'de gösterilmiştir. Bu grafiklerde yıllara bağlı taban akışlarının yanı sıra ortalama ve standart sapmaya bağlı maksimum ve minimum aralıklar da gösterilmiştir.

Chapman yöntemi için belirlenen sonuçlar Çizelge 4.11'de detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Taban akışının maksimum orana sahip olduğu yıl Kale istasyonu için 1972 yılı, Melekbahçe istasyonu için 1971 yılı, Tohma Suyu istasyonu için 1982 yılı ve Göynük istasyonu için 2014 yılı olarak gözlemlenmiştir. Buna ek olarak çalışmada akarsu akımları, taban akışları ve taban akışı oranlarının standart sapmaları tespit edilmiştir. Çizelge 4.11'deki standart sapma oranlarına bakıldığında tüm istasyonlarda ortalama değerin yaklaşık %2,95-16 aralığında bir sapma olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla yıllar içinde taban akışı oranının çok fazla değişmediği görülmüştür. Bu standart sapma değerinin ortalama değere oranı Kale istasyonu için akarsu akımında %30, taban akışında %31; Melekbahçe istasyonu için akarsu akımında %24, taban akışında %45; Tohma Suyu istasyonu için akarsu akımında %23, taban akışında %40; Göynük Çayı istasyonu için akarsu akımında %30, taban akışında %41 olduğu tespit

edilmiştir. Bu üç oran karşılaştırıldığında bulunan taban akışı oranlarının buradaki ortalamalarda kaldığı söylenebilir. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranı grafiği Şekil 4.42’de gösterilmiştir. Bu grafiklerde yıllara bağlı taban akışlarının yanı sıra ortalama ve standart sapmaya bağlı maksimum ve minimum aralıklar da gösterilmiştir.

Chapman-Maxwell yöntemi için belirlenen sonuçlar Çizelge 4.12’de detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Taban akışının maksimum orana sahip olduğu yıl Kale istasyonu için 1974 yılı, Melekbahçe istasyonu için 1994 yılı, Tohma Suyu istasyonu için 1981-2005 yıllarında ve Göynük istasyonu için 2014 yılı olarak gözlemlenmiştir. Buna ek olarak çalışmada akarsu akımları, taban akışları ve taban akışı oranlarının standart sapmaları tespit edilmiştir. Çizelge 4.12’deki standart sapma oranlarına bakıldığında tüm istasyonlarda ortalama değerin yaklaşık %1,70-13,10 aralığında bir sapma olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla yıllar içinde taban akışı oranının çok fazla değişmediği görülmüştür. Bu standart sapma değerinin ortalama değere oranı Kale istasyonu için akarsu akımında %30, taban akışında %33; Melekbahçe istasyonu için akarsu akımında %24, taban akışında %22; Tohma Suyu istasyonu için akarsu akımında %23, taban akışında %24; Göynük Çayı istasyonu için akarsu akımında %30, taban akışında %43 olduğu tespit edilmiştir. Bu üç oran karşılaştırıldığında bulunan taban akışı oranlarının buradaki ortalamalarda kaldığı söylenebilir. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranı grafiği Şekil 4.43’te gösterilmiştir. Bu grafiklerde yıllara bağlı taban akışlarının yanı sıra ortalama ve standart sapmaya bağlı maksimum ve minimum aralıklar da gösterilmiştir.

Boughton-Chapman yöntemi için belirlenen sonuçlar Çizelge 4.13’te detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Taban akışının maksimum orana sahip olduğu yıl Kale istasyonu için 1964 yılı, Melekbahçe istasyonu için 1978-1983 yıllarında, Tohma Suyu istasyonu için 2005 yıllarında ve Göynük istasyonu için 2014 yılı olarak gözlemlenmiştir. Buna ek olarak çalışmada akarsu akımları, taban akışları ve taban akışı oranlarının standart sapmaları tespit edilmiştir. Çizelge 4.13’teki standart sapma oranlarına bakıldığında tüm istasyonlarda ortalama değerin yaklaşık %6,54-11,22 aralığında bir sapma olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla yıllar içinde taban akışı oranının çok fazla değişmediği görülmüştür. Bu standart sapma değerinin ortalama değere oranı Kale istasyonu için akarsu akımında %30, taban akışında %33; Melekbahçe istasyonu için akarsu

akımında %24, taban akışında %24; Tohma Suyu istasyonu için akarsu akımında %23, taban akışında %23; Göynük Çayı istasyonu için akarsu akımında %30, taban akışında %33 olduğu tespit edilmiştir. Bu üç oran karşılaştırıldığında bulunan taban akışı oranlarının buradaki ortalamalarda kaldığı söylenebilir. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranı grafiği Şekil 4.44'te gösterilmiştir. Bu grafiklerde yıllara bağlı taban akışlarının yanı sıra ortalama ve standart sapmaya bağlı maksimum ve minimum aralıklar da gösterilmiştir.

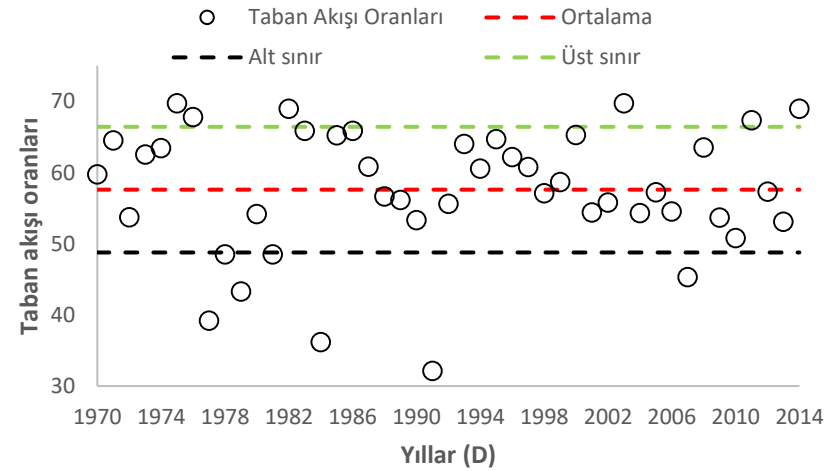
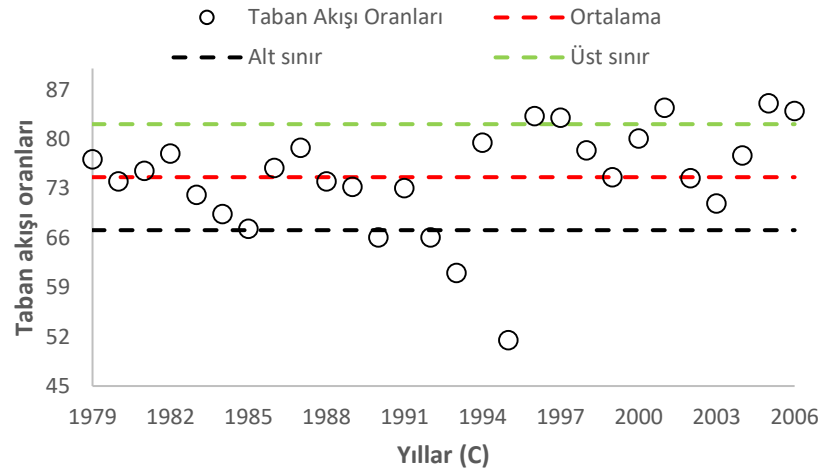
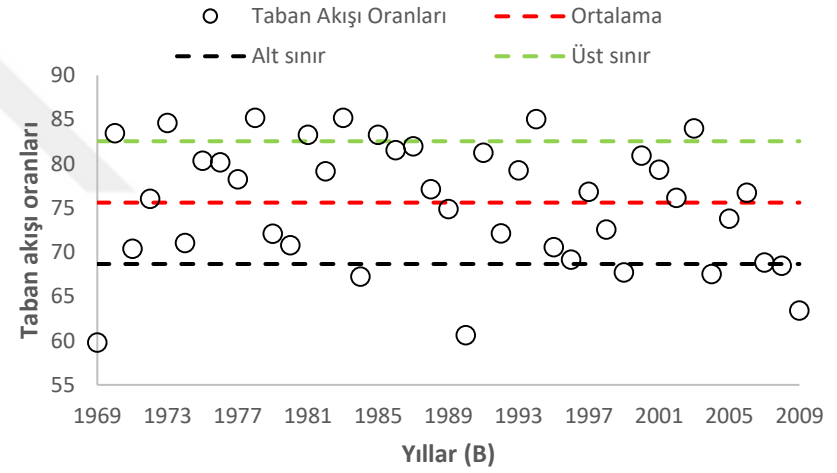
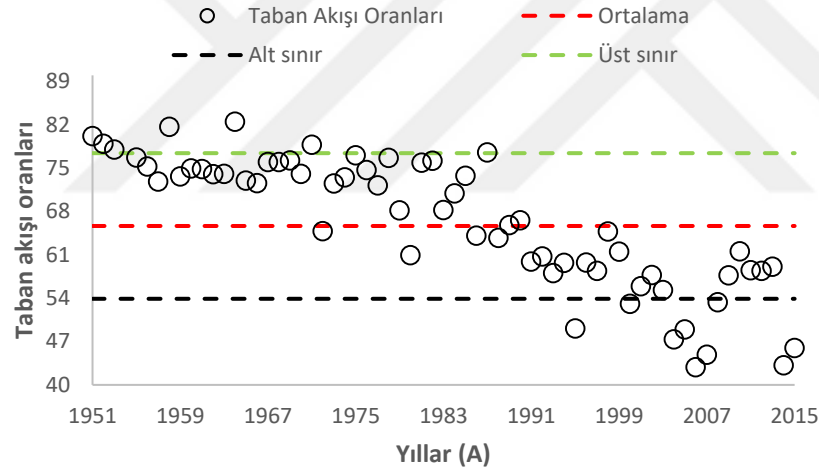
Önerilen yöntem için belirlenen sonuçlar Çizelge 4.14'te detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Taban akışının maksimum orana sahip olduğu yıl Kale istasyonu için 1958 yılı, Melekbahçe istasyonu için 1985 yılında, Tohma Suyu istasyonu için 2005 yıllarında ve Göynük istasyonu için 2014 yılı olarak gözlemlenmiştir. Buna ek olarak çalışmada akarsu akımları, taban akışları ve taban akışı oranlarının standart sapmaları tespit edilmiştir. Çizelge 4.14'teki standart sapma oranlarına bakıldığında tüm istasyonlarda ortalama değerin yaklaşık %7,95-21,67 aralığında bir sapma olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla yıllar içinde taban akışı oranının çok fazla değişmediği görülmüştür. Bu standart sapma değerinin ortalama değere oranı Kale istasyonu için akarsu akımında %30, taban akışında %35; Melekbahçe istasyonu için akarsu akımında %24, taban akışında %23; Tohma Suyu istasyonu için akarsu akımında %23, taban akışında %23; Göynük Çayı istasyonu için akarsu akımında %30, taban akışında %49 olduğu tespit edilmiştir. Bu üç oran karşılaştırıldığında bulunan taban akışı oranlarının buradaki ortalamalarda kaldığı söylenebilir. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranı grafiği Şekil 4.45'te gösterilmiştir. Bu grafiklerde yıllara bağlı taban akışlarının yanı sıra ortalama ve standart sapmaya bağlı maksimum ve minimum aralıklar da gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Lyne-Hollick sonuçları)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)
1951	3715	2979	80,19	1969	4064	2430	59,79	1979	276	213	77,17	1970	803	480	59,78
1952	2959	2336	78,95	1970	2625	2191	83,47	1980	389	288	74,04	1971	739	477	64,55
1953	4578	3572	78,03	1971	2590	1823	70,39	1981	282	213	75,53	1972	949	510	53,74
1954	4283	1049	24,49	1972	1919	1459	76,03	1982	286	223	77,97	1973	612	383	62,58
1955	4122	3162	76,71	1973	1397	1182	84,61	1983	362	261	72,10	1974	933	592	63,45
1956	2382	1793	75,27	1974	2308	1640	71,06	1984	258	179	69,38	1975	810	565	69,75
1957	5420	3948	72,84	1975	2262	1817	80,33	1985	251	169	67,33	1976	1438	975	67,80
1958	4640	3791	81,70	1976	3028	2428	80,18	1986	324	246	75,93	1977	1333	523	39,23
1959	3675	2707	73,66	1977	2859	2237	78,24	1987	316	249	78,80	1978	1292	627	48,53
1960	3948	2959	74,95	1978	1754	1494	85,18	1988	250	185	74,00	1979	942	408	43,31
1961	3458	2589	74,87	1979	2879	2076	72,11	1989	269	197	73,23	1980	1365	740	54,21
1962	3890	2879	74,01	1980	3826	2708	70,78	1990	286	189	66,08	1981	948	460	48,52
1963	3465	2567	74,08	1981	3036	2528	83,27	1991	386	282	73,06	1982	1449	1000	69,01
1964	5822	4805	82,53	1982	3054	2417	79,14	1992	236	156	66,10	1983	648	427	65,90
1965	4007	2926	73,02	1983	1754	1494	85,18	1993	285	174	61,05	1984	1028	372	36,19
1966	3794	2755	72,61	1984	3017	2029	67,25	1994	161	128	79,50	1985	688	449	65,26
1967	4569	3473	76,01	1985	2031	1691	83,26	1995	227	117	51,54	1986	739	487	65,90
1968	6151	4674	75,99	1986	2156	1758	81,54	1996	221	184	83,26	1987	1478	899	60,83
1969	8031	6123	76,24	1987	3537	2899	81,96	1997	230	191	83,04	1988	1802	1021	56,66
1970	5618	4162	74,08	1988	3997	3083	77,13	1998	162	127	78,40	1989	582	327	56,19
1971	3509	2765	78,80	1989	2209	1654	74,88	1999	197	147	74,62	1990	1099	586	53,32
1972	4318	2800	64,84	1990	2522	1529	60,63	2000	206	165	80,10	1991	1001	322	32,17
1973	4408	3197	72,53	1991	2278	1851	81,26	2001	264	223	84,47	1992	1012	563	55,63
1974	2668	1961	73,50	1992	2663	1921	72,14	2002	294	219	74,49	1993	1455	932	64,05
1975	2662	2052	77,08	1993	2903	2301	79,26	2003	275	195	70,91	1994	766	464	60,57
1976	3731	2788	74,73	1994	1705	1450	85,04	2004	345	268	77,68	1995	1383	895	64,71
1977	4526	3268	72,21	1995	3339	2356	70,56	2005	188	160	85,11	1996	968	602	62,19
1978	5417	4152	76,65	1996	3470	2400	69,16	2006	281	236	83,99	1997	972	591	60,80
1979	4951	3377	68,21	1997	2766	2125	76,83	-	-	-	-	1998	1282	732	57,10
1980	5588	3405	60,93	1998	3619	2626	72,56	-	-	-	-	1999	835	490	58,68
1981	5714	4336	75,88	1999	2599	1760	67,72	-	-	-	-	2000	695	454	65,32
1982	5071	3865	76,22	2000	2130	1724	80,94	-	-	-	-	2001	704	383	54,40
1983	4111	2805	68,23	2001	1843	1462	79,33	-	-	-	-	2002	1226	684	55,79
1984	6661	4723	70,91	2002	2957	2252	76,16	-	-	-	-	2003	1183	825	69,74

Çizelge 4.11. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Lyne-Hollick sonuçları) (Devamı)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)
1985	3719	2743	73,76	2003	2737	2299	84,00	-	-	-	-	2004	1316	715	54,33
1986	4921	3154	64,09	2004	2876	1942	67,52	-	-	-	-	2005	737	422	57,26
1987	6591	5110	77,53	2005	2699	1992	73,81	-	-	-	-	2006	1175	641	54,55
1988	7868	5015	63,74	2006	3358	2576	76,71	-	-	-	-	2007	980	444	45,31
1989	5455	3590	65,81	2007	2748	1892	68,85	-	-	-	-	2008	642	408	63,55
1990	6830	4549	66,60	2008	2997	2052	68,47	-	-	-	-	2009	929	499	53,71
1991	4937	2958	59,91	2009	3578	2268	63,39	-	-	-	-	2010	1431	727	50,80
1992	4387	2666	60,77	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	932	628	67,38
1993	7562	4391	58,07	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	1097	629	57,34
1994	3002	1792	59,69	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	337	179	53,12
1995	4600	2260	49,13	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	1152	795	69,01
1996	5256	3140	59,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	4558	2662	58,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	5767	3736	64,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	4244	2611	61,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	4977	2643	53,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	2034	1138	55,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	2915	1684	57,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	2891	1600	55,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	3860	1828	47,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	4380	2144	48,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	4233	1815	42,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	2841	1275	44,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	4283	2286	53,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	4994	2882	57,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	6067	3737	61,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	4885	2860	58,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	3934	2299	58,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	4426	2616	59,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	1781	769	43,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	3608	1659	45,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stapma	1317,90	1070,88	11,76		651,31	435,87	6,94		59,60	46,40	7,51		306,61	197,68	8,83
Ortalama	4517,97	2990,08	65,67		2733,88	2044,29	75,61		268,11	199,43	74,60		1019,71	585,16	57,60



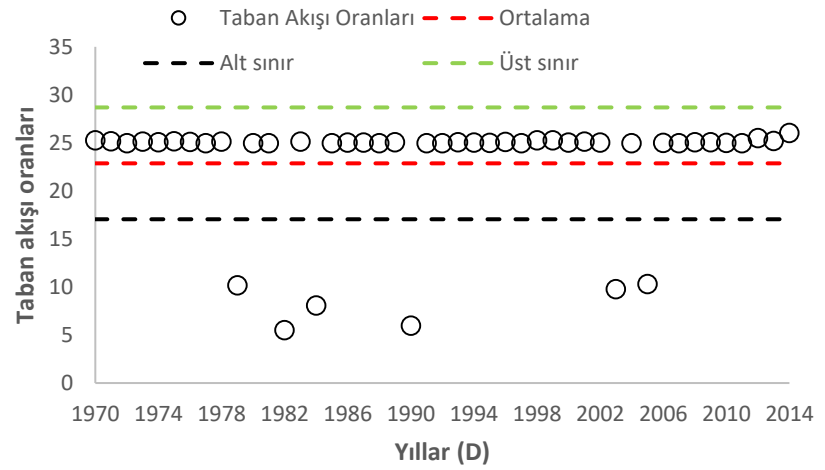
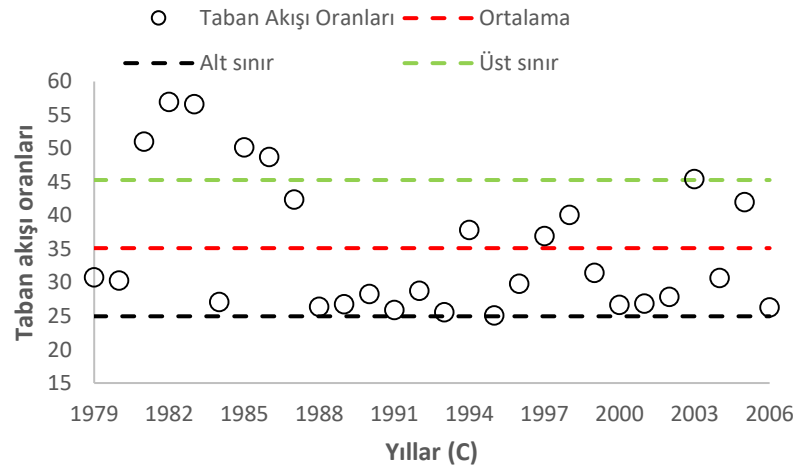
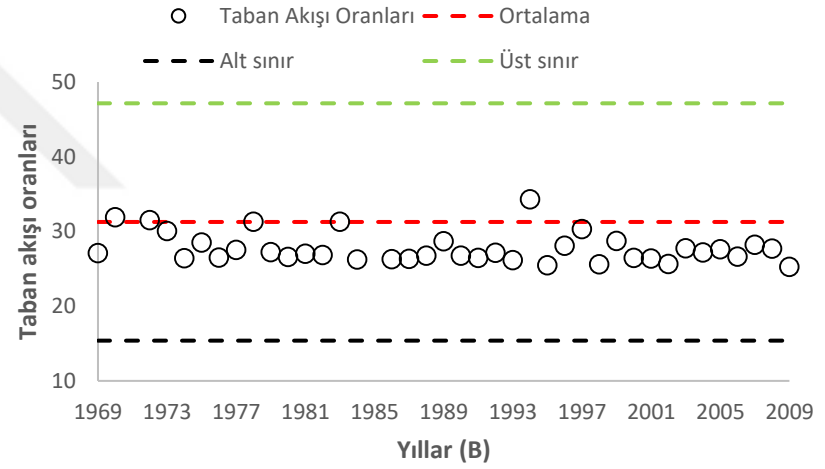
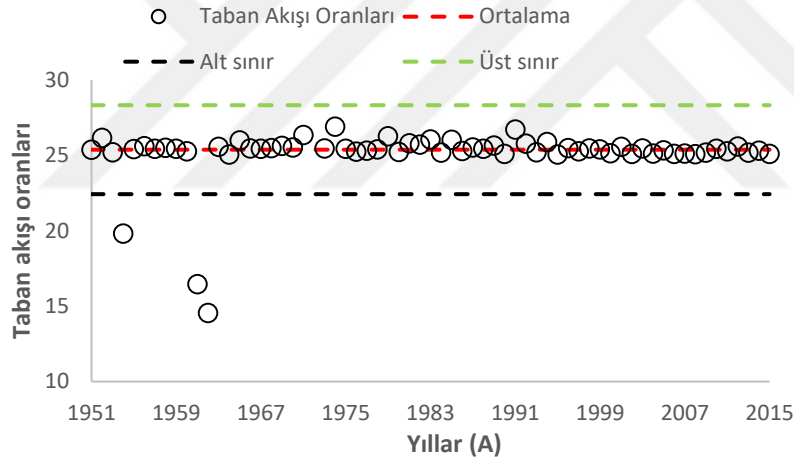
Şekil 4.41. İstasyonlara ait taban akışı oranları grafiği (A) Kale; (B) Melekbahçe; (C) Tohma Suyu; (D) Göynük Çayı

Çizelge 4.12. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Chapman sonuçları)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)
1951	3715	943	25,38	1969	4064	1102	27,12	1979	276	85	30,80	1970	803	203	25,28
1952	2959	774	26,16	1970	2625	837	31,89	1980	389	118	30,33	1971	739	186	25,17
1953	4578	1154	25,21	1971	2590	2590	100,00	1981	282	144	51,06	1972	949	237	24,97
1954	4283	849	19,82	1972	1919	605	31,53	1982	286	163	56,99	1973	612	154	25,16
1955	4122	1048	25,42	1973	1397	420	30,06	1983	362	205	56,63	1974	933	234	25,08
1956	2382	610	25,61	1974	2308	610	26,43	1984	258	70	27,13	1975	810	204	25,19
1957	5420	1379	25,44	1975	2262	645	28,51	1985	251	126	50,20	1976	1438	361	25,10
1958	4640	1183	25,50	1976	3028	803	26,52	1986	324	158	48,77	1977	1333	333	24,98
1959	3675	935	25,44	1977	2859	787	27,53	1987	316	134	42,41	1978	1292	325	25,15
1960	3948	998	25,28	1978	1754	549	31,30	1988	250	66	26,40	1979	942	96	10,19
1961	3458	569	16,45	1979	2879	784	27,23	1989	269	72	26,77	1980	1365	341	24,98
1962	3890	566	14,55	1980	3826	1018	26,61	1990	286	81	28,32	1981	948	237	25,00
1963	3465	886	25,57	1981	3036	820	27,01	1991	386	100	25,91	1982	1449	80	5,52
1964	5822	1459	25,06	1982	3054	820	26,85	1992	236	68	28,81	1983	648	163	25,15
1965	4007	1042	26,00	1983	1754	549	31,30	1993	285	73	25,61	1984	1028	83	8,07
1966	3794	966	25,46	1984	3017	792	26,25	1994	161	61	37,89	1985	688	172	25,00
1967	4569	1162	25,43	1985	2031	2031	100,00	1995	227	57	25,11	1986	739	185	25,03
1968	6151	1567	25,48	1986	2156	567	26,30	1996	221	66	29,86	1987	1478	370	25,03
1969	8031	2059	25,64	1987	3537	931	26,32	1997	230	85	36,96	1988	1802	450	24,97
1970	5618	1434	25,53	1988	3997	1069	26,75	1998	162	65	40,12	1989	582	146	25,09
1971	3509	925	26,36	1989	2209	634	28,70	1999	197	62	31,47	1990	1099	66	6,01
1972	4318	1867	43,24	1990	2522	675	26,76	2000	206	55	26,70	1991	1001	250	24,98
1973	4408	1122	25,45	1991	2278	603	26,47	2001	264	71	26,89	1992	1012	253	25,00
1974	2668	718	26,91	1992	2663	723	27,15	2002	294	82	27,89	1993	1455	365	25,09
1975	2662	677	25,43	1993	2903	759	26,15	2003	275	125	45,45	1994	766	192	25,07
1976	3731	942	25,25	1994	1705	585	34,31	2004	345	106	30,72	1995	1383	346	25,02
1977	4526	1146	25,32	1995	3339	851	25,49	2005	188	79	42,02	1996	968	243	25,10
1978	5417	1376	25,40	1996	3470	974	28,07	2006	281	74	26,33	1997	972	243	25,00
1979	4951	1301	26,28	1997	2766	839	30,33	-	-	-	-	1998	1282	324	25,27
1980	5588	1410	25,23	1998	3619	926	25,59	-	-	-	-	1999	835	211	25,27
1981	5714	1474	25,80	1999	2599	747	28,74	-	-	-	-	2000	695	174	25,04
1982	5071	1304	25,71	2000	2130	564	26,48	-	-	-	-	2001	704	177	25,14
1983	4111	1071	26,05	2001	1843	486	26,37	-	-	-	-	2002	1226	307	25,04
1984	6661	1678	25,19	2002	2957	759	25,67	-	-	-	-	2003	1183	116	9,81

Çizelge 4.12. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Chapman sonuçları) (Devamı)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)
1985	3719	968	26,03	2003	2737	760	27,77	-	-	-	-	2004	1316	329	25,00
1986	4921	1245	25,30	2004	2876	782	27,19	-	-	-	-	2005	737	76	10,31
1987	6591	1682	25,52	2005	2699	746	27,64	-	-	-	-	2006	1175	294	25,02
1988	7868	2001	25,43	2006	3358	894	26,62	-	-	-	-	2007	980	245	25,00
1989	5455	1399	25,65	2007	2748	776	28,24	-	-	-	-	2008	642	161	25,08
1990	6830	1714	25,10	2008	2997	830	27,69	-	-	-	-	2009	929	233	25,08
1991	4937	1319	26,72	2009	3578	904	25,27	-	-	-	-	2010	1431	358	25,02
1992	4387	1131	25,78	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	932	233	25,00
1993	7562	1907	25,22	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	1097	280	25,52
1994	3002	777	25,88	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	337	85	25,22
1995	4600	1153	25,07	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	1152	300	26,04
1996	5256	1340	25,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	4558	1152	25,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	5767	1469	25,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	4244	1078	25,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	4977	1251	25,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	2034	520	25,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	2915	732	25,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	2891	736	25,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	3860	970	25,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	4380	1110	25,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	4233	1063	25,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	2841	714	25,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	4283	1074	25,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	4994	1258	25,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	6067	1543	25,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	4885	1235	25,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	3934	1007	25,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	4426	1115	25,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	1781	451	25,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	3608	906	25,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stsapma	1317,90	359,94	2,95		651,31	377,49	15,88		59,60	38,11	10,17		306,61	93,91	5,82
Ortalama	4517,97	1147,91	25,38		2733,88	832,83	31,27		268,11	94,68	35,13		1019,71	231,58	22,87



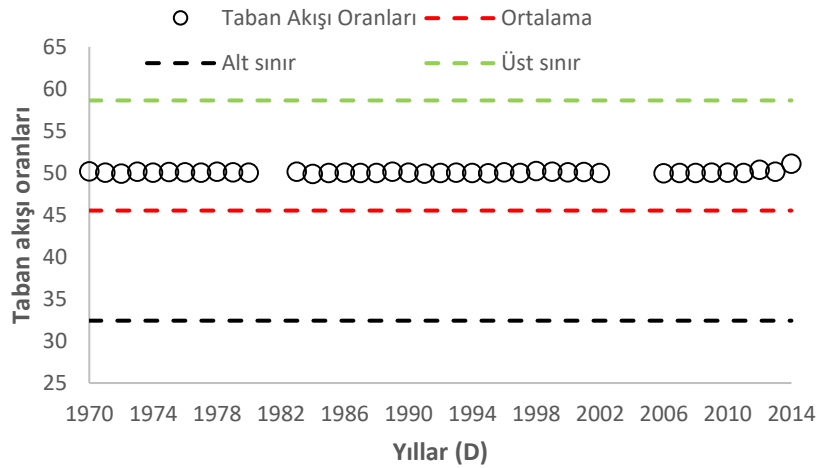
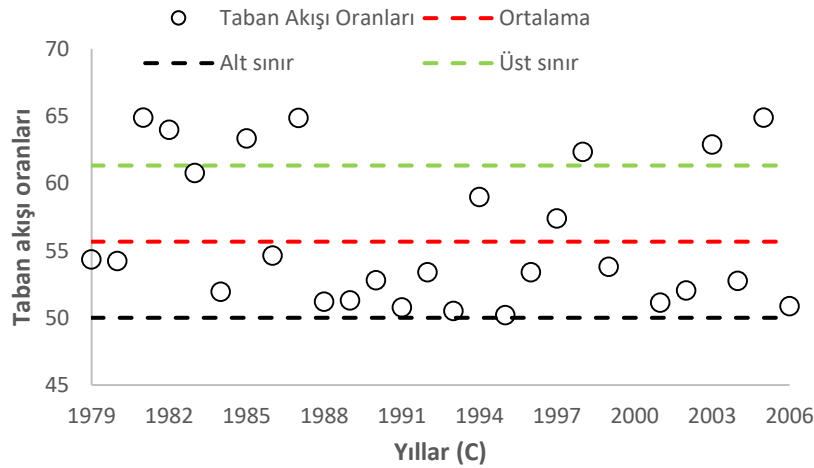
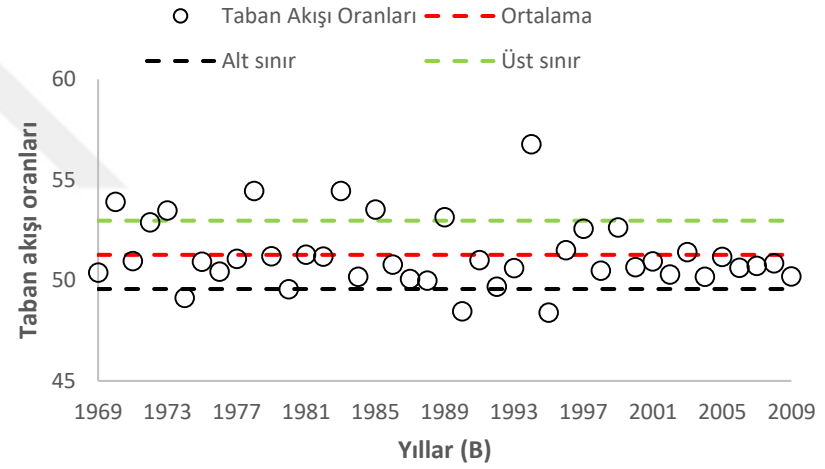
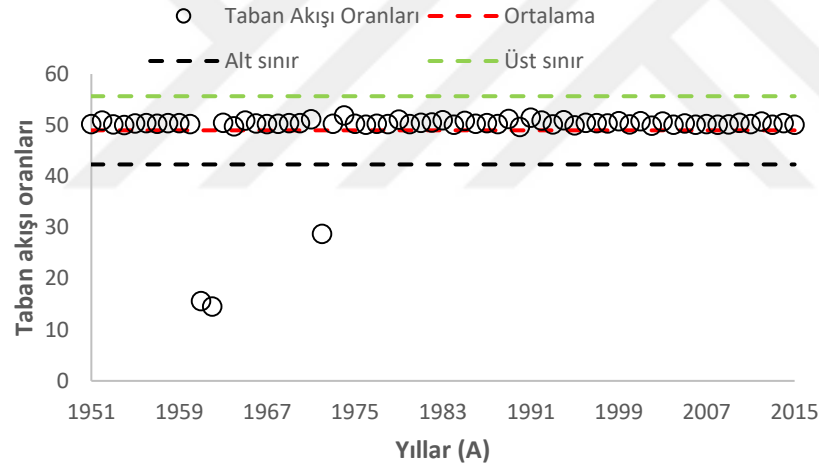
Şekil 4.42. İstasyonlara ait taban akışı oranları grafiği (A) Kale; (B) Melekbahçe; (C) Tohma Suyu; (D) Göynük Çayı

Çizelge 4.13. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Chapman-Maxwell sonuçları)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)
1951	3715	1865	50,20	1969	4064	2048	50,39	1979	276	150	54,35	1970	803	403	50,19
1952	2959	1506	50,90	1970	2625	1415	53,90	1980	389	211	54,24	1971	739	370	50,07
1953	4578	2295	50,13	1971	2590	1320	50,97	1981	282	183	64,89	1972	949	474	49,95
1954	4283	2143	50,04	1972	1919	1015	52,89	1982	286	183	63,99	1973	612	307	50,16
1955	4122	2074	50,32	1973	1397	747	53,47	1983	362	220	60,77	1974	933	467	50,05
1956	2382	1200	50,38	1974	2308	1134	49,13	1984	258	134	51,94	1975	810	406	50,12
1957	5420	2725	50,28	1975	2262	1152	50,93	1985	251	159	63,35	1976	1438	720	50,07
1958	4640	2337	50,37	1976	3028	1527	50,43	1986	324	177	54,63	1977	1333	667	50,04
1959	3675	1851	50,37	1977	2859	1460	51,07	1987	316	205	64,87	1978	1292	648	50,15
1960	3948	1983	50,23	1978	1754	955	54,45	1988	250	128	51,20	1979	942	472	50,11
1961	3458	540	15,62	1979	2879	1474	51,20	1989	269	138	51,30	1980	1365	683	50,04
1962	3890	566	14,55	1980	3826	1896	49,56	1990	286	151	52,80	1981	948	114	12,03
1963	3465	1749	50,48	1981	3036	1557	51,28	1991	386	196	50,78	1982	1449	80	5,52
1964	5822	2897	49,76	1982	3054	1563	51,18	1992	236	126	53,39	1983	648	325	50,15
1965	4007	2040	50,91	1983	1754	955	54,45	1993	285	144	50,53	1984	1028	513	49,90
1966	3794	1909	50,32	1984	3017	1514	50,18	1994	161	95	59,01	1985	688	344	50,00
1967	4569	2293	50,19	1985	2031	1087	53,52	1995	227	114	50,22	1986	739	370	50,07
1968	6151	3093	50,28	1986	2156	1095	50,79	1996	221	118	53,39	1987	1478	739	50,00
1969	8031	4045	50,37	1987	3537	1771	50,07	1997	230	132	57,39	1988	1802	901	50,00
1970	5618	2833	50,43	1988	3997	1998	49,99	1998	162	101	62,35	1989	582	292	50,17
1971	3509	1794	51,13	1989	2209	1174	53,15	1999	197	106	53,81	1990	1099	550	50,05
1972	4318	1240	28,72	1990	2522	1222	48,45	2000	206	92	44,66	1991	1001	500	49,95
1973	4408	2215	50,25	1991	2278	1162	51,01	2001	264	135	51,14	1992	1012	506	50,00
1974	2668	1384	51,87	1992	2663	1323	49,68	2002	294	153	52,04	1993	1455	728	50,03
1975	2662	1339	50,30	1993	2903	1469	50,60	2003	275	173	62,91	1994	766	383	50,00
1976	3731	1869	50,09	1994	1705	968	56,77	2004	345	182	52,75	1995	1383	691	49,96
1977	4526	2274	50,24	1995	3339	1616	48,40	2005	188	122	64,89	1996	968	485	50,10
1978	5417	2720	50,21	1996	3470	1787	51,50	2006	281	143	50,89	1997	972	486	50,00
1979	4951	2529	51,08	1997	2766	1454	52,57	-	-	-	-	1998	1282	644	50,23
1980	5588	2805	50,20	1998	3619	1827	50,48	-	-	-	-	1999	835	419	50,18
1981	5714	2882	50,44	1999	2599	1368	52,64	-	-	-	-	2000	695	348	50,07
1982	5071	2561	50,50	2000	2130	1079	50,66	-	-	-	-	2001	704	353	50,14
1983	4111	2095	50,96	2001	1843	939	50,95	-	-	-	-	2002	1226	613	50,00
1984	6661	3336	50,08	2002	2957	1487	50,29	-	-	-	-	2003	1183	106	8,96

Çizelge 4.13. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Chapman-Maxwell sonuçları) (Devamı)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	Q *10 ⁶ m³	Qb *10 ⁶ m³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m³	Qb *10 ⁶ m³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m³	Qb *10 ⁶ m³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m³	Qb *10 ⁶ m³	Oran (%) (Qb/Q)
1985	3719	1891	50,85	2003	2737	1407	51,41	-	-	-	-	2004	1316	117	8,89
1986	4921	2473	50,25	2004	2876	1443	50,17	-	-	-	-	2005	737	69	9,36
1987	6591	3321	50,39	2005	2699	1381	51,17	-	-	-	-	2006	1175	587	49,96
1988	7868	3949	50,19	2006	3358	1700	50,63	-	-	-	-	2007	980	490	50,00
1989	5455	2795	51,24	2007	2748	1394	50,73	-	-	-	-	2008	642	321	50,00
1990	6830	3389	49,62	2008	2997	1524	50,85	-	-	-	-	2009	929	465	50,05
1991	4937	2542	51,49	2009	3578	1796	50,20	-	-	-	-	2010	1431	716	50,03
1992	4387	2232	50,88	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	932	466	50,00
1993	7562	3794	50,17	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	1097	553	50,41
1994	3002	1529	50,93	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	337	169	50,15
1995	4600	2299	49,98	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	1152	589	51,13
1996	5256	2651	50,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	4558	2298	50,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	5767	2904	50,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	4244	2155	50,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	4977	2496	50,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	2034	1033	50,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	2915	1455	49,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	2891	1466	50,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	3860	1933	50,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	4380	2206	50,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	4233	2121	50,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	2841	1426	50,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	4283	2144	50,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	4994	2503	50,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	6067	3060	50,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	4885	2454	50,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	3934	1994	50,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	4426	2218	50,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	1781	898	50,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	3608	1807	50,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stsapma	1317,90	731,38	6,67		651,31	310,53	1,70		59,60	35,59	5,66		306,61	195,15	13,10
Ortalama	4517,97	2221,89	48,99		2733,88	1395,20	51,27		268,11	148,96	55,66		1019,71	458,87	45,52



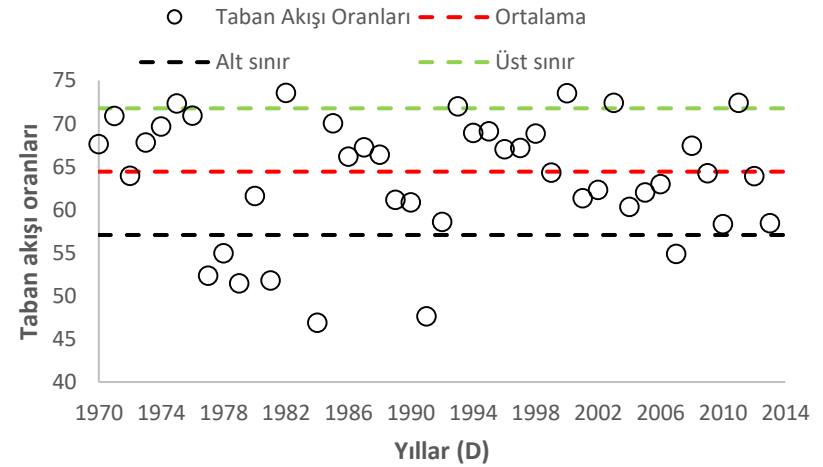
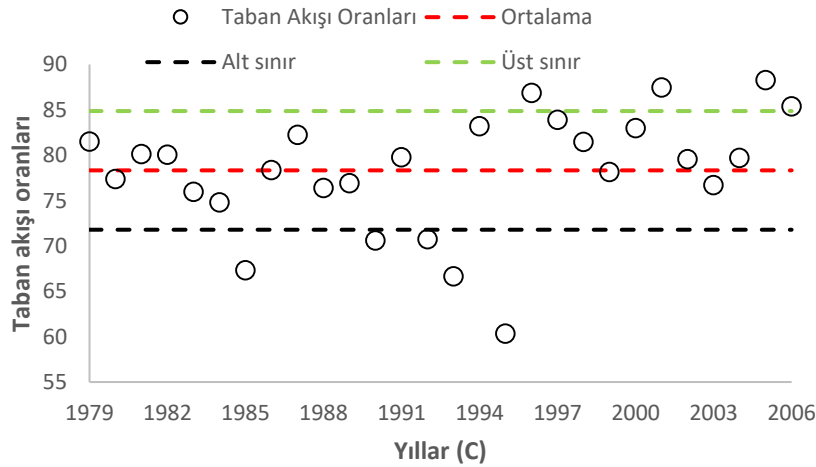
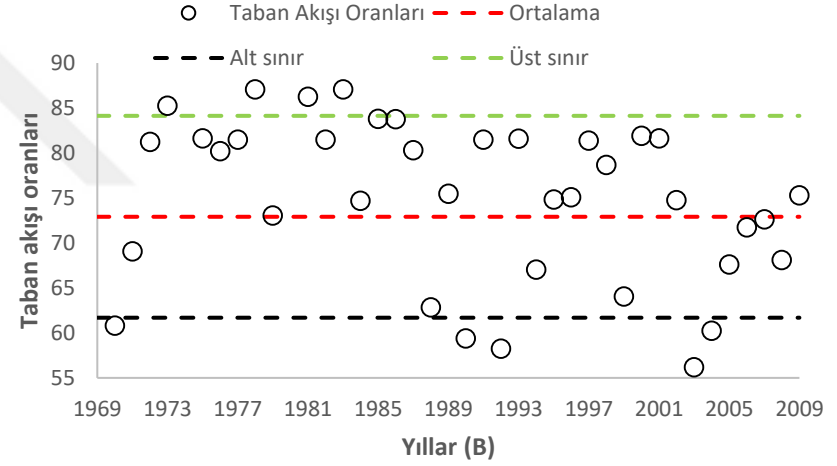
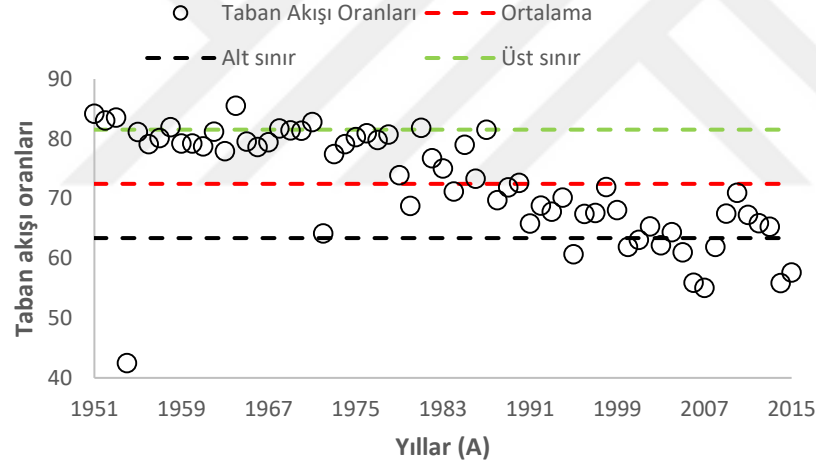
Şekil 4.43. İstasyonlara ait taban akışı oranları grafiği (A) Kale; (B) Melekbahçe; (C) Tohma Suyu; (D) Göynük Çayı

Çizelge 4.14. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Boughton-Chapman sonuçları)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)
1951	3715	3128	84,20	1969	4064	1894	46,60	1979	276	225	81,52	1970	803	543	67,62
1952	2959	2458	83,07	1970	2625	1596	60,80	1980	389	301	77,38	1971	739	524	70,91
1953	4578	3825	83,55	1971	2590	1789	69,07	1981	282	226	80,14	1972	949	607	63,96
1954	4283	1820	42,49	1972	1919	1559	81,24	1982	286	229	80,07	1973	612	415	67,81
1955	4122	3344	81,13	1973	1397	1191	85,25	1983	362	275	75,97	1974	933	650	69,67
1956	2382	1884	79,09	1974	2308	1059	45,88	1984	258	193	74,81	1975	810	586	72,35
1957	5420	4344	80,15	1975	2262	1846	81,61	1985	251	169	67,33	1976	1438	1020	70,93
1958	4640	3801	81,92	1976	3028	2429	80,22	1986	324	254	78,40	1977	1333	698	52,36
1959	3675	2911	79,21	1977	2859	2330	81,50	1987	316	260	82,28	1978	1292	710	54,95
1960	3948	3127	79,20	1978	1754	1527	87,06	1988	250	191	76,40	1979	942	485	51,49
1961	3458	2723	78,74	1979	2879	2103	73,05	1989	269	207	76,95	1980	1365	841	61,61
1962	3890	3158	81,18	1980	3826	1897	49,58	1990	286	202	70,63	1981	948	491	51,79
1963	3465	2700	77,92	1981	3036	2619	86,26	1991	386	308	79,79	1982	1449	1066	73,57
1964	5822	4981	85,55	1982	3054	2488	81,47	1992	236	167	70,76	1983	648	487	75,15
1965	4007	3187	79,54	1983	1754	1527	87,06	1993	285	190	66,67	1984	1028	482	46,89
1966	3794	2982	78,60	1984	3017	2253	74,68	1994	161	134	83,23	1985	688	482	70,06
1967	4569	3629	79,43	1985	2031	1702	83,80	1995	227	137	60,35	1986	739	489	66,17
1968	6151	5027	81,73	1986	2156	1806	83,77	1996	221	192	86,88	1987	1478	994	67,25
1969	8031	6537	81,40	1987	3537	2840	80,29	1997	230	193	83,91	1988	1802	1197	66,43
1970	5618	4572	81,38	1988	3997	2511	62,82	1998	162	132	81,48	1989	582	356	61,17
1971	3509	2905	82,79	1989	2209	1667	75,46	1999	197	154	78,17	1990	1099	669	60,87
1972	4318	2771	64,17	1990	2522	1498	59,40	2000	206	171	83,01	1991	1001	477	47,65
1973	4408	3413	77,43	1991	2278	1856	81,47	2001	264	231	87,50	1992	1012	593	58,60
1974	2668	2111	79,12	1992	2663	1551	58,24	2002	294	234	79,59	1993	1455	1048	72,03
1975	2662	2137	80,28	1993	2903	2368	81,57	2003	275	211	76,73	1994	766	528	68,93
1976	3731	3019	80,92	1994	1705	1143	67,04	2004	345	275	79,71	1995	1383	956	69,13
1977	4526	3612	79,81	1995	3339	2498	74,81	2005	188	166	88,30	1996	968	649	67,05
1978	5417	4371	80,69	1996	3470	2605	75,07	2006	281	240	85,41	1997	972	653	67,18
1979	4951	3659	73,90	1997	2766	2251	81,38	-	-	-	-	1998	1282	883	68,88
1980	5588	3844	68,79	1998	3619	2847	78,67	-	-	-	-	1999	835	537	64,31
1981	5714	4677	81,85	1999	2599	1665	64,06	-	-	-	-	2000	695	511	73,53
1982	5071	3891	76,73	2000	2130	1745	81,92	-	-	-	-	2001	704	432	61,36
1983	4111	3084	75,02	2001	1843	1504	81,61	-	-	-	-	2002	1226	764	62,32
1984	6661	4743	71,21	2002	2957	2211	74,77	-	-	-	-	2003	1183	857	72,44

Çizelge 4.14. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Boughton-Chapman sonuçları) (Devamı)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	Q *10 ⁶ m³	Qb *10 ⁶ m³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m³	Qb *10 ⁶ m³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m³	Qb *10 ⁶ m³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m³	Qb *10 ⁶ m³	Oran (%) (Qb/Q)
1985	3719	2937	78,97	2003	2737	1538	56,19	-	-	-	-	2004	1316	794	60,33
1986	4921	3608	73,32	2004	2876	1733	60,26	-	-	-	-	2005	737	457	62,01
1987	6591	5373	81,52	2005	2699	1825	67,62	-	-	-	-	2006	1175	740	62,98
1988	7868	5488	69,75	2006	3358	2409	71,74	-	-	-	-	2007	980	538	54,90
1989	5455	3920	71,86	2007	2748	1996	72,63	-	-	-	-	2008	642	433	67,45
1990	6830	4959	72,61	2008	2997	2041	68,10	-	-	-	-	2009	929	597	64,26
1991	4937	3250	65,83	2009	3578	2694	75,29	-	-	-	-	2010	1431	835	58,35
1992	4387	3019	68,82	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	932	675	72,42
1993	7562	5126	67,79	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	1097	701	63,90
1994	3002	2106	70,15	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	337	197	58,46
1995	4600	2792	60,70	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	1152	890	77,26
1996	5256	3543	67,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	4558	3082	67,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	5767	4147	71,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	4244	2889	68,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	4977	3081	61,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	2034	1283	63,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	2915	1905	65,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	2891	1797	62,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	3860	2485	64,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	4380	2673	61,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	4233	2368	55,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	2841	1565	55,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	4283	2651	61,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	4994	3371	67,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	6067	4306	70,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	4885	3286	67,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	3934	2592	65,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	4426	2889	65,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	1781	995	55,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	3608	2080	57,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stsapma	1317,90	1086,95	9,07		651,31	467,80	11,22		59,60	48,14	6,54		306,61	214,45	7,35
Ortalama	4517,97	3291,40	72,46		2733,88	1966,12	72,91		268,11	209,54	78,33		1019,71	656,38	64,42



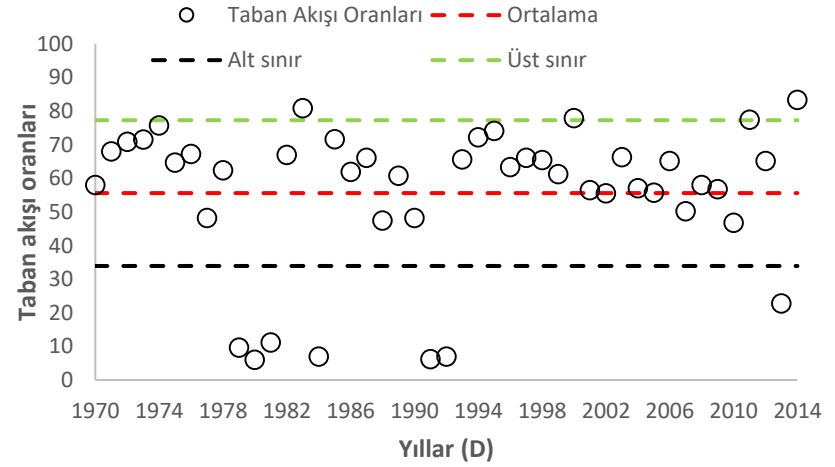
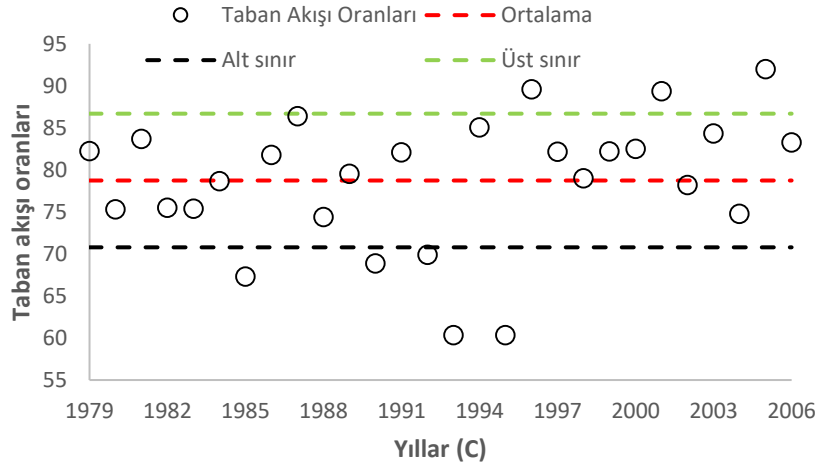
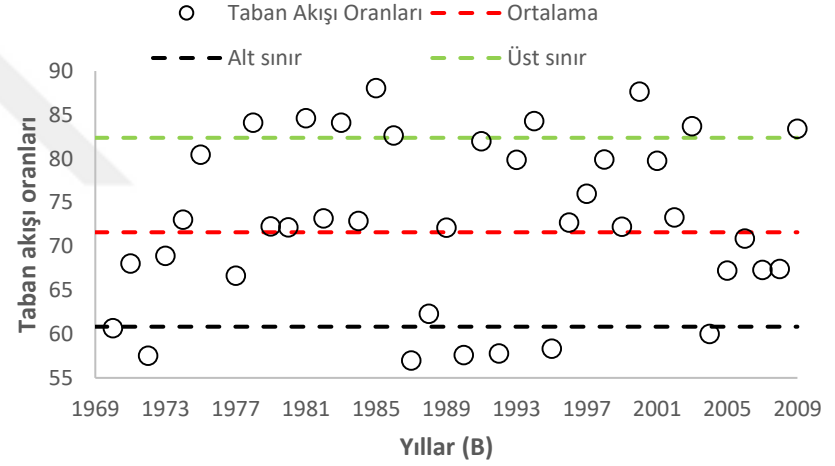
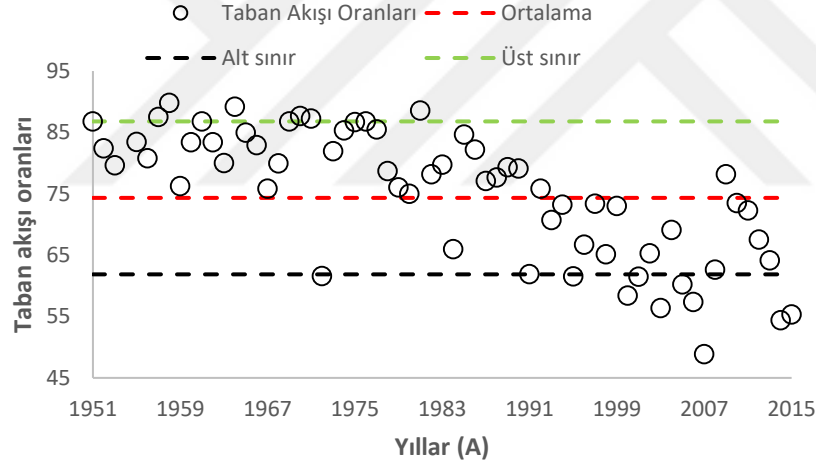
Şekil 4.44. İstasyonlara ait taban akışı oranları grafiği (A) Kale; (B) Melekbahçe; (C) Tohma Suyu; (D) Göynük Çayı

Çizelge 4.15.İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Önerilen yöntem sonuçları)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)
1951	3715	3225	86,81	1969	4064	1903	46,83	1979	276	227	82,25	1970	803	466	58,03
1952	2959	2439	82,43	1970	2625	1593	60,69	1980	389	293	75,32	1971	739	503	68,06
1953	4578	3645	79,62	1971	2590	1762	68,03	1981	282	236	83,69	1972	949	673	70,92
1954	4283	849	19,82	1972	1919	1104	57,53	1982	286	216	75,52	1973	612	438	71,57
1955	4122	3440	83,45	1973	1397	963	68,93	1983	362	273	75,41	1974	933	707	75,78
1956	2382	1925	80,81	1974	2308	1686	73,05	1984	258	203	78,68	1975	810	524	64,69
1957	5420	4743	87,51	1975	2262	1820	80,46	1985	251	169	67,33	1976	1438	967	67,25
1958	4640	4167	89,81	1976	3028	1420	46,90	1986	324	265	81,79	1977	1333	643	48,24
1959	3675	2803	76,27	1977	2859	1906	66,67	1987	316	273	86,39	1978	1292	807	62,46
1960	3948	3292	83,38	1978	1754	1475	84,09	1988	250	186	74,40	1979	942	91	9,66
1961	3458	3002	86,81	1979	2879	2081	72,28	1989	269	214	79,55	1980	1365	83	6,08
1962	3890	3244	83,39	1980	3826	2761	72,16	1990	286	197	68,88	1981	948	106	11,18
1963	3465	2773	80,03	1981	3036	2569	84,62	1991	386	317	82,12	1982	1449	971	67,01
1964	5822	5192	89,18	1982	3054	2235	73,18	1992	236	165	69,92	1983	648	524	80,86
1965	4007	3404	84,95	1983	1754	1475	84,09	1993	285	172	60,35	1984	1028	72	7,00
1966	3794	3147	82,95	1984	3017	2199	72,89	1994	161	137	85,09	1985	688	493	71,66
1967	4569	3464	75,82	1985	2031	1788	88,04	1995	227	137	60,35	1986	739	458	61,98
1968	6151	4917	79,94	1986	2156	1782	82,65	1996	221	198	89,59	1987	1478	978	66,17
1969	8031	6971	86,80	1987	3537	2015	56,97	1997	230	189	82,17	1988	1802	856	47,50
1970	5618	4925	87,66	1988	3997	2491	62,32	1998	162	128	79,01	1989	582	354	60,82
1971	3509	3061	87,23	1989	2209	1593	72,11	1999	197	162	82,23	1990	1099	530	48,23
1972	4318	2660	61,60	1990	2522	1453	57,61	2000	206	170	82,52	1991	1001	63	6,29
1973	4408	3613	81,96	1991	2278	1868	82,00	2001	264	236	89,39	1992	1012	71	7,02
1974	2668	2276	85,31	1992	2663	1539	57,79	2002	294	230	78,23	1993	1455	956	65,70
1975	2662	2307	86,66	1993	2903	2319	79,88	2003	275	232	84,36	1994	766	553	72,19
1976	3731	3239	86,81	1994	1705	1437	84,28	2004	345	258	74,78	1995	1383	1026	74,19
1977	4526	3870	85,51	1995	3339	1948	58,34	2005	188	173	92,02	1996	968	614	63,43
1978	5417	4263	78,70	1996	3470	2523	72,71	2006	281	234	83,27	1997	972	643	66,15
1979	4951	3764	76,03	1997	2766	2102	75,99	-	-	-	-	1998	1282	839	65,44
1980	5588	4190	74,98	1998	3619	2892	79,91	-	-	-	-	1999	835	512	61,32
1981	5714	5060	88,55	1999	2599	1878	72,26	-	-	-	-	2000	695	542	77,99
1982	5071	3964	78,17	2000	2130	1867	87,65	-	-	-	-	2001	704	398	56,53
1983	4111	3279	79,76	2001	1843	1470	79,76	-	-	-	-	2002	1226	681	55,55
1984	6661	4396	66,00	2002	2957	2168	73,32	-	-	-	-	2003	1183	785	66,36

Çizelge 4.15. İstasyonlara ait yıllara bağlı taban akışı oranları (PSO Önerilen yöntem sonuçları) (Devamı)

KALE				Melekbahçe				Tohma Suyu				Göynük Çayı			
Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)	Su Yılı	Q *10 ⁶ m ³	Qb *10 ⁶ m ³	Oran (%) (Qb/Q)
1985	3719	3148	84,65	2003	2737	2291	83,70	-	-	-	-	2004	1316	751	57,07
1986	4921	4046	82,22	2004	2876	1726	60,01	-	-	-	-	2005	737	411	55,77
1987	6591	5082	77,11	2005	2699	1815	67,25	-	-	-	-	2006	1175	766	65,19
1988	7868	6112	77,68	2006	3358	2381	70,91	-	-	-	-	2007	980	492	50,20
1989	5455	4328	79,34	2007	2748	1850	67,32	-	-	-	-	2008	642	373	58,10
1990	6830	5404	79,12	2008	2997	2021	67,43	-	-	-	-	2009	929	528	56,84
1991	4937	3057	61,92	2009	3578	2985	83,43	-	-	-	-	2010	1431	670	46,82
1992	4387	3326	75,81	-	-	-	-	-	-	-	-	2011	932	722	77,47
1993	7562	5348	70,72	-	-	-	-	-	-	-	-	2012	1097	715	65,18
1994	3002	2198	73,22	-	-	-	-	-	-	-	-	2013	337	77	22,85
1995	4600	2830	61,52	-	-	-	-	-	-	-	-	2014	1152	961	83,42
1996	5256	3507	66,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	4558	3346	73,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	5767	3757	65,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	4244	3099	73,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	4977	2907	58,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	2034	1251	61,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	2915	1904	65,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	2891	1630	56,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	3860	2668	69,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	4380	2638	60,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	4233	2428	57,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	2841	1388	48,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	4283	2683	62,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	4994	3905	78,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	6067	4459	73,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	4885	3531	72,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	3934	2657	67,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	4426	2840	64,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	1781	969	54,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	3608	1996	55,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stapma	1317,90	1193,27	12,46		651,31	451,32	10,77		59,60	48,66	7,95		306,61	274,61	21,67
Ortalama	4517,97	3383,86	74,33		2733,88	1930,59	71,61		268,11	210,36	78,74		1019,71	564,29	55,60



Şekil 4.45. İstasyonlara ait taban akışı oranları grafiği (A) Kale; (B) Melekbahçe; (C) Tohma Suyu; (D) Göynük Çayı

4.3. Tespit Edilen Taban Akışı Miktarı ve Oranlarının Trend Analizi Sonuçları

Üçüncü kısımda, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan Fırat Havzası ve Yeşilırmak Havzası akım gözlem istasyonlarından temin edilen akım verilerinin ve PSO, SOA, GA, GKO, DE optimizasyon yöntemleri kullanılarak kalibre edilen Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntem kullanılarak elde edilen Fırat Havzası ve Yeşilırmak Havzası istasyonlarına ait akım, taban akışı verilerinin Run testi kullanılarak homojenliği kontrol edilmiştir ve Mann-Kendall test istatistiği ile Şen grafik testi yöntemleri kullanılarak trendlerine bakılmıştır. Veriler yıllık toplam akım miktarı olarak hesaplanmış ve analizler yapılmıştır. Seçilen havzalarda akım verilerine ve taban akışı verilerine trend analizi testlerini uygulamak için Matlab programında bir yazılım oluşturularak analiz edilmiştir. Elde edilen Mann-Kendall test istatistiği sonuçları Çizelge 4.16'da ve Run testi sonuçları da Çizelge 4.17'de verilmiştir. Akım verileri için sadece Tohma Suyu istasyonunda Z 'nin mutlak değeri seçilen $\alpha=0.05$ düzeyine denk gelen standart normal dağılımın $Z_{\alpha/2}=1.96$ değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " H_0 : trend yok" reddedilmekte ve incelenen zaman serisinde azalan bir trend olduğu sonucuna varılmaktadır. Diğer istasyonlarda Z 'nin mutlak değeri seçilen $\alpha=0.05$ düzeyine denk gelen standart normal dağılımın $Z_{\alpha/2}=1.96$ değerinden küçük olduğu için sıfır hipotezi " H_0 : trend yok" kabul edilmekte ve incelenen zaman serisinde trend olmadığı sonucuna varılmaktadır. Taban akışı verileri için Göynük Çayı istasyonunda Z 'nin mutlak değeri seçilen $\alpha=0.05$ düzeyine denk gelen standart normal dağılımın $Z_{\alpha/2}=1.96$ değerinden küçük olduğu için sıfır hipotezi " H_0 : trend yok" kabul edilmekte ve incelenen zaman serisinde trend olmadığı sonucuna varılmaktadır. Kale istasyonunda ise tüm yöntemler arasından sadece Lyne ve Hollick yönteminde Z 'nin mutlak değeri seçilen $\alpha=0.05$ düzeyine denk gelen standart normal dağılımın $Z_{\alpha/2}=1.96$ değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " H_0 : trend yok" reddedilmekte ve incelenen zaman serisinde azalan bir trend olduğu sonucuna varılmaktadır. Diğer yöntemlerde ise trend olmadığı sonucuna varılmaktadır. Melekbahçe istasyonunda ise PSO entegre edilerek tespit edilen önerilen yöntemde Z 'nin mutlak değeri seçilen $\alpha=0.05$ düzeyine denk gelen standart normal dağılımın $Z_{\alpha/2}=1.96$ değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi " H_0 : trend yok" reddedilmekte ve incelenen zaman serisinde artan bir trend olduğu sonucuna varılmaktadır. Diğer yöntemlerde ise trend olmadığı sonucuna varılmaktadır. Tohma Suyu istasyonunda ise Chapman ve Chapman-

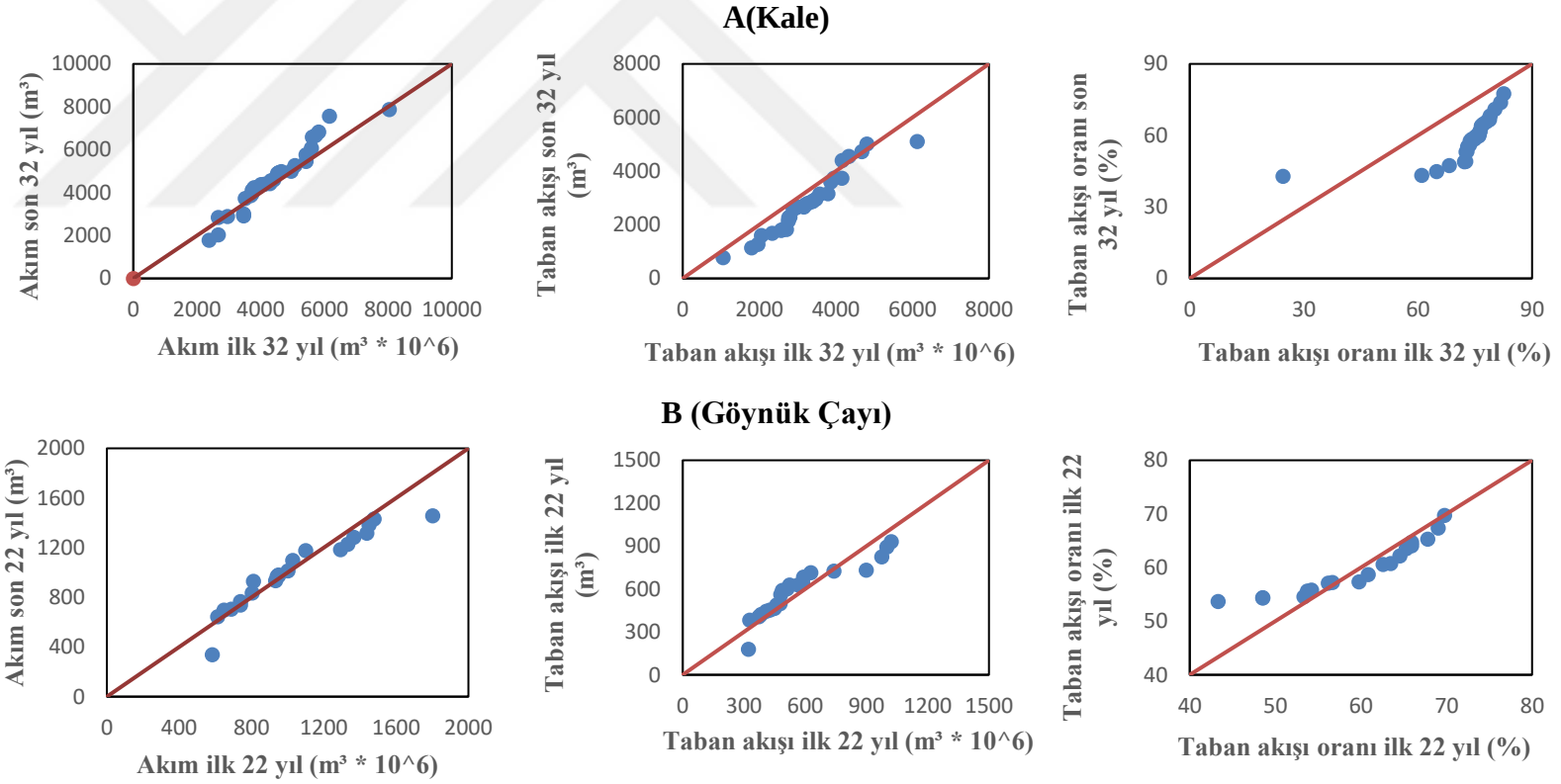
Maxwell yöntemlerine entegre edilen tüm optimizasyon yöntemleri sonuçlarında Z 'nin mutlak değeri seçilen $\alpha=0.05$ düzeyine denk gelen standart normal dağılımın $Z_{\alpha/2}=1.96$ değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi “ H_0 : trend yok” reddedilmekte ve incelenen zaman serisinde azalan bir trend olduğu sonucuna varılmaktadır. Diğer yöntemlerde ise trend olmadığı sonucuna varılmaktadır. Şekil 4.46 ve Şekil 4.47’de istasyonlara ait Şen grafik testi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre Kale istasyonu akım verilerinde çok küçük ve orta büyüklükteki değerlerde bir trend gözlemlenmezken, çok büyük değerlerde artan bir trend olduğundan söz edilebilir. Taban akışı verileri için çok küçük, orta büyüklük ve çok büyük değerlerde herhangi bir trend olmadığı tespit edilmiştir. Taban akışı oranı verilerinin büyük bir bölümünde azalan trend olduğu tespit edilmiştir. Göynük Çayı istasyonu akım verilerinin büyük bir bölümünde herhangi bir trend olmadığı tespit edilmiştir. Taban akışı verileri için çok küçük ve orta büyüklükteki değerlerde herhangi bir trend gözlemlenmezken, çok büyük değerlerde azalan bir trend olduğu tespit edilmiştir. Taban akışı oranı verileri için orta büyüklükte ve çok büyük değerlerde herhangi bir trend gözlemlenmezken çok düşük değerlerde artan bir trend olduğu tespit edilmiştir. Melekbahçe istasyonu akım verileri için çok küçük ve orta büyüklükteki değerlerde herhangi bir trend gözlemlenmezken, çok büyük değerlerde azalan bir trend olduğu tespit edilmiştir. Taban akışı verileri için çok küçük ve orta büyüklükteki değerlerde herhangi bir trend gözlemlenmezken, çok büyük değerlerde azalan bir trend olduğu tespit edilmiştir. Taban akışı oranı verileri için herhangi bir trend olmadığı tespit edilmiştir. Tohma Suyu istasyonu akım ve taban akışı verileri için azalan bir trend olduğu tespit edilmiştir. Taban akışı oranı verileri için çok küçük değerlerde azalan bir trend olduğu, orta büyüklükte ve çok büyük değerlerde artan bir trend olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. İstasyonlara ait Mann-Kendall test istatistiği sonuçları

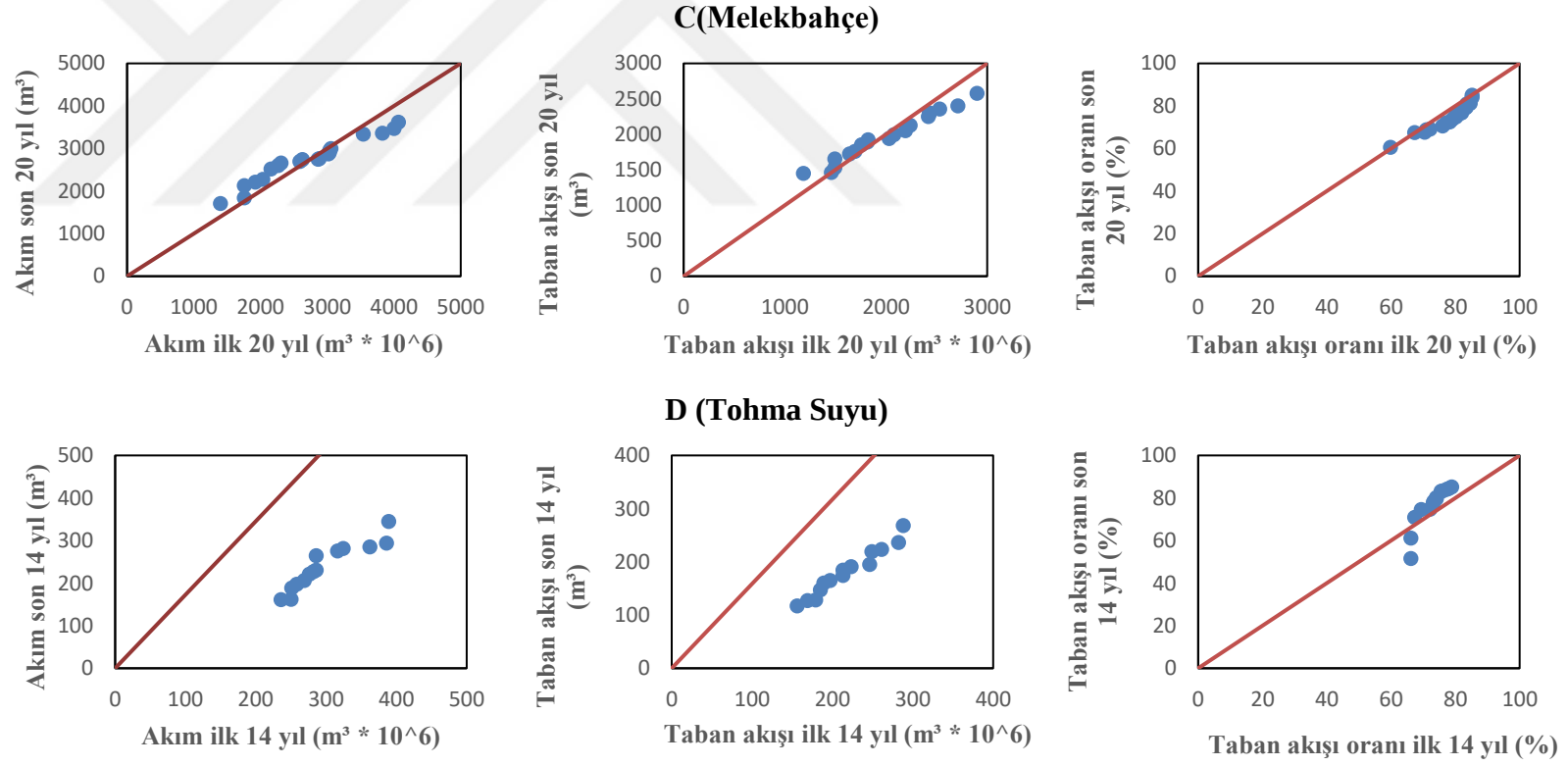
		Akım (Q)		Taban Akışı (Qb)									
				PSO		SOS		GA		GW		DE	
		Z	Trend Z (0,95)	Z	Trend Z (0,95)	Z	Trend Z (0,95)	Z	Trend Z (0,95)	Z	Trend Z (0,95)	Z	Trend Z (0,95)
Göynük çayı	Lyne ve Hollick	0,0196	YOK	0,3619	YOK	0,3619	YOK	0,3717	YOK	0,3717	YOK	0,3619	YOK
	Chapman	0,0196	YOK	0,2935	YOK	0,1467	YOK	0,2837	YOK	0,2935	YOK	0,4109	YOK
	Chapman ve Maxwell	0,0196	YOK	-0,1565	YOK	0,0685	YOK	0,1565	YOK	0,3130	YOK	0,0783	YOK
	Chapman ve Boughton	0,0196	YOK	0,3326	YOK	1,4673	YOK	0,8804	YOK	0,4891	YOK	0,5380	YOK
	Önerilen	0,0196	YOK	0,7337	YOK	1,1054	YOK	0,4402	YOK	0,2739	YOK	0,4109	YOK
Kale	Lyne ve Hollick	0,3170	YOK	-2,4287	AZALAN	-2,4287	AZALAN	-2,4287	AZALAN	-2,4174	AZALAN	-2,4287	AZALAN
	Chapman	0,3170	YOK	0,4020	YOK	0,4020	YOK	0,4812	YOK	0,5605	YOK	0,3680	YOK
	Chapman ve Maxwell	0,3170	YOK	0,6171	YOK	0,6171	YOK	0,3680	YOK	0,3680	YOK	0,5265	YOK
	Chapman ve Boughton	0,3170	YOK	-1,7267	YOK	-1,7324	YOK	-1,7267	YOK	-1,7324	YOK	-1,7267	YOK
	Önerilen	0,3170	YOK	-1,5229	YOK	-1,5229	YOK	-1,5229	YOK	-1,4889	YOK	-1,5229	YOK
Melekbahçe	Lyne ve Hollick	1,2355	YOK	0,7413	YOK	0,7413	YOK	0,7413	YOK	0,7638	YOK	0,7413	YOK
	Chapman	1,2355	YOK	0,1797	YOK	0,8761	YOK	0,8761	YOK	0,8536	YOK	0,8761	YOK
	Chapman ve Maxwell	1,2355	YOK	1,1457	YOK	1,1457	YOK	1,1457	YOK	1,1457	YOK	1,1457	YOK
	Chapman ve Boughton	1,2355	YOK	1,1906	YOK	1,8083	YOK	1,6623	YOK	1,8196	YOK	1,2018	YOK
	Önerilen	1,2355	YOK	2,1004	ARTAN	1,6062	YOK	0,3707	YOK	0,4043	YOK	1,2467	YOK
Tohma suyu	Lyne ve Hollick	-2,0152	AZALAN	-1,2447	YOK	-1,2447	YOK	-1,2447	YOK	-1,2644	YOK	-1,2447	YOK
	Chapman	-2,0152	AZALAN	-2,1535	AZALAN	-2,1535	AZALAN	-2,1535	AZALAN	-2,1535	AZALAN	-2,1535	AZALAN
	Chapman ve Maxwell	-2,0152	AZALAN	-2,3708	AZALAN	-2,3708	AZALAN	-2,3708	AZALAN	-2,3708	AZALAN	-2,3708	AZALAN
	Chapman ve Boughton	-2,0152	AZALAN	-1,1656	YOK	-1,2249	YOK	-0,9878	YOK	-1,3434	YOK	-1,1656	YOK
	Önerilen	-2,0152	AZALAN	-1,3039	YOK	-1,3039	YOK	-1,3830	YOK	-1,7781	YOK	-1,2644	YOK

Çizelge 4.17. İstasyonlara ait Run testi istatistiği sonuçları

		Akım (Q)		Taban Akışı (Qb)									
				PSO		SOS		GA		GW		DE	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
Göynük çayı	Lyne ve Hollick	0,607	0,544	0,003	0,997	0,003	0,997	0,003	0,997	0,003	0,997	0,003	0,997
	Chapman	0,607	0,544	0,607	0,544	-0,902	0,367	0,607	0,544	0,607	0,544	0,003	0,997
	Chapman ve Maxwell	0,607	0,544	-0,298	0,765	-0,902	0,367	0,003	0,997	-0,298	0,765	0,607	0,544
	Chapman ve Boughton	0,607	0,544	0,607	0,544	-0,600	0,548	0,607	0,544	0,003	0,997	0,607	0,544
	Önerilen	0,607	0,544	-0,298	0,765	0,003	0,997	-0,298	0,765	1,210	0,226	-0,273	0,785
Kale	Lyne ve Hollick	-2,124	0,034	-0,373	0,709	-0,373	0,709	-0,373	0,709	-0,373	0,709	-0,373	0,709
	Chapman	-2,124	0,034	-2,624	0,009	-2,624	0,009	-2,124	0,034	-2,124	0,034	-2,624	0,009
	Chapman ve Maxwell	-2,124	0,034	-2,124	0,034	-2,124	0,034	-2,124	0,034	-2,124	0,034	-2,124	0,034
	Chapman ve Boughton	-2,124	0,034	-0,373	0,709	-0,373	0,709	-0,373	0,709	-0,373	0,709	-0,373	0,709
	Önerilen	-2,124	0,034	-2,124	0,034	-2,124	0,034	-2,124	0,034	-2,124	0,034	-2,124	0,034
Melekbahçe	Lyne ve Hollick	-0,629	0,529	-0,629	0,529	-0,629	0,529	-0,629	0,529	-0,629	0,529	-0,629	0,529
	Chapman	-0,629	0,529	-1,262	0,207	-1,895	0,058	-1,895	0,058	-1,187	0,235	-1,895	0,058
	Chapman ve Maxwell	-0,629	0,529	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000
	Chapman ve Boughton	-0,629	0,529	-0,629	0,529	0,320	0,749	0,000	1,000	-1,262	0,207	0,953	0,340
	Önerilen	-0,629	0,529	0,000	1,000	0,000	1,000	-0,629	0,529	0,000	1,000	0,953	0,340
Tohma suyu	Lyne ve Hollick	-1,348	0,178	-1,348	0,178	-1,348	0,178	-1,348	0,178	-1,348	0,178	-1,348	0,178
	Chapman	-1,348	0,178	-1,733	0,083	-1,733	0,083	-1,733	0,083	-1,733	0,083	-1,733	0,083
	Chapman ve Maxwell	-1,348	0,178	-1,733	0,083	-1,733	0,083	-1,733	0,083	-1,733	0,083	-1,733	0,083
	Chapman ve Boughton	-1,348	0,178	-1,348	0,178	-0,553	0,580	-2,118	0,034	-1,348	0,178	-1,348	0,178
	Önerilen	-1,348	0,178	-1,348	0,178	-1,348	0,178	-1,348	0,178	-1,348	0,178	0,000	1,000



Şekil 4.46. İstasyonlara ait yıllık bazda Şen testi sonuçları



Şekil 4.47. İstasyonlara ait yıllık bazda Şen testi sonuçları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Su yapılarının projelendirilmesinde ve işletilmesinde hidrolojik verilerin bilinmesi veya öngörülmesi oldukça önemlidir. Bu amaçla çalışmada literatürde mevcut Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntemin PSO, SOA, GA, GKO ve DE algoritmalarının kalibresi ile Yeşilırmak Havzası'nda bulunan Kale istasyonu ve Fırat Havzası'nda bulunan Göynük Çayı, Melekbahçe ve Tohma Suyu istasyonlarına ait akım verileri kullanılarak taban akışları tespit edilmiştir. Çalışmanın asıl amacı optimizasyon yöntemlerinin katsayı belirlemedeki önemini göstermektir. Çalışmada Fırat Havzası istasyonları için Tohma suyu 1979-2006, Göynük Çayı 1970-2014 ve Melekbahçe 1969-2009 yılları arası, Yeşilırmak Havzası Kale istasyonu için 1951-2015 yılları arasındaki yıllık akım verileri kullanılarak kurak dönemlerde taban akışının yüzeysel akışa en yakın olduğu katsayılar tespit edilmiştir. Kısıt fonksiyonu olarak da taban akışının akım hidrografını geçmemesi kabul edilmiştir. Daha sonra bu taban akışı ayırma yöntemlerinin katsayılarının PSO, SOA, GA, GKO ve DE ile kalibresinden sonra elde edilmiş taban akışı grafikleri incelenmiştir.

Tespit edilmesi zor olan taban akışı için sabit bir ayırma katsayısı bulunması oldukça zordur. Bu katsayılar havzadan havzaya, akarsudan akarsuya hatta yıldan yıla değişmektedir. Bunun tespit edilebilmesi için elle çözüm yapmak oldukça zordur. Çünkü taban akışının hidrografı geçmemesi ve kurak dönemlerde hidrografa çok yakın olması gibi kısıt fonksiyonlarını sağlaması gerekmektedir. Bunun otomatik olarak tespit edilebilmesi için özellikle meta-sezgisel optimizasyon algoritmalarının kullanılabileceği düşünülmüştür. Bu çalışmada da Lyne ve Hollick, Chapman, Chapman-Maxwell, Boughton-Maxwell yöntemleri ve önermiş olduğumuz yöntemin taban akışı ayırma yöntemindeki katsayıları PSO, SOA, GA, GKO ve DE ile her yıl için tespit edilmiştir. Çizilen hidrograflara ve taban akışı ayırma çizgisine bakıldığında elde edilen katsayıların kıstas fonksiyonlarını optimum şekilde karşıladığı görülmüştür. Bu nedenle taban akışı ayırma çalışmalarında özellikle katsayı kalibrelerinde meta-sezgisel yöntemlerin kullanılmasının hız ve doğruluk açısından oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmada; taban akışı ayırımına ek olarak bu istasyonların hidrografi, taban akışı ve taban akışının akıma oranı MK ve İTA ile test edilerek trendleri belirlenmiştir. Her iki yöntem için Tohma Suyu istasyonunda tüm analizlerde akım verileri için azalan bir trend olduğu tespit edilmiştir. Diğer istasyonlar için verilerin çoğunluklu olduğu duruma göre tüm analizlerde akım verileri için herhangi bir trend olmadığı tespit edilmiştir. Her iki yöntem için Tohma Suyu istasyonunda tüm analizlerde taban akışı verileri için azalan bir trend olduğu tespit edilmiştir. Diğer istasyonlar için verilerin çoğunluklu olduğu duruma göre tüm analizlerde akım verileri için herhangi bir trend olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca taban akışının akım değerlerine paralel olarak azaldığı tespit edilmiştir. Hidrografın pik değerlerinin yüksek olduğu yıllarda da taban akışı oranlarının düşük olduğu ayrı bir tespittir.

Çalışmada oluşturulan beş yöntem ve bu beş yöntemi optimize eden beş sezgisel optimizasyon yöntemi ile 25 adet modelleme yapılmış ve bu modellemelerin her biri için ayrı ayrı taban akışı değerleri tespit edilmiştir. Tüm bu modeller incelendiğinde özellikle Chapman-Maxwell yönteminin literatürde yer alan taban akışı kavramına uygun hareket ettiği görülmüştür. Her bir yöntem için uygulanan sezgisel optimizasyon yöntemleri ise genele bakıldığında birbirine yakın sonuçlar verdiği ve tamamının taban akışı ayırma yöntemlerini optimize etmek için kullanılabileceği görülmüştür. Ayrıca tüm modellerde 30’ar tane çalıştırma yapılması sonucunda her bir kalibrasyonda optimizasyon yönteminin davranışı gözlemlenmiştir. Burada elde edilen sonuçlar incelendiğinde standart sapmanın sıfıra (0) yakın olması optimizasyon yöntemlerinin bu tezde kullanılan taban akışı ayırma yöntemlerini kalibre etmek için tek çalıştırmada kullanılabileceğini göstermiştir. Zaman olarak hangi yöntemin daha kısa sürede davranış gösterdiği kapsamlı bir çalışma ile yapılabilecektir. Böyle bir çalışmanın yapılabilmesi için bilgisayar kodları ile ilgili farklı bir kıyaslama mekanizması devreye girmektedir. Bu nedenle gelecekte böyle bir çalışmanın yapılmasının bu tezde yapılanlara daha büyük bir değer katabileceği düşünülmektedir.

Tezin ikinci kısmında elde edilmiş olan taban akışının yüzdesel değerlerinin literatürde yer alan standartlara yakın olduğu ancak bazı yıllarda bu değerin çok yüksek veya çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bunun ise mevsimsel etkiden dolayı mı yoksa modellemedeki eksikliklerden dolayı mı olduğunu söylemek oldukça zordur. Bu kısımda elde edilen taban akışı değerleri ile yüzeysel akışın hacimsel oranları Mann-

Kendall ve Şen testleri ile üçüncü bölümde test edilmiş ve trendlerine bakılmıştır. Sonuçlar irdelendiğinde Tohma Suyu istasyonu dışında diğer istasyonlarda herhangi bir eğilimin olmadığı, Tohma Suyu istasyonunda ise hem taban akışında hem de yüzeysel akışta bir azalmanın olduğu görülmektedir. Ayrıca buradaki kıyaslamalarda taban akışındaki trend oluşumu ile yüzeysel akıştaki trend oluşumunun aynı olması oluşturulan modellerin doğruluğunu da ispat eden başka bir kriter olmaktadır.

Gelecekteki çalışmalarda kuyu verileri alınarak (uzun yıllar) çalışmanın tekrarı halinde modellerin doğruluğunun ispatı yapılarak literatürdeki ve su kaynakları projelerinin oluşturulmasındaki kullanımı güçlendirilebilir.



KAYNAKLAR

- Agbo, E., Ekpo, C., Edet, C., 2021. Analysis of the effects of meteorological parameters on radio refractivity, equivalent potential temperature and field strength via Mann-Kendall test. *Theoretical and Applied Climatology*, 143, 1437-1456.
- Ahiablame, L., Chaubey, I., Engel, B., Cherkauer, K., Merwade, V., 2013. Estimation of annual baseflow at ungauged sites in Indiana USA. *Journal of Hydrology*, 13-27, 476.
- Ahiablame, L., Sheshukov, A., Rahmani, V., Moriasi, D., 2017. Annual baseflow variations as influenced by climate variability and agricultural land use change in the Missouri River Basin. *Journal of hydrology*, 551, 188-202.
- Akbari, R., Hessami-Kermani, M., Shojaei, S., 2020. Flood routing: improving outflow using a new non-linear muskingum model with four variable parameters coupled with PSO-GA algorithm. *Water Resources Management*, 34, 3291-3316.
- Arumugam, V., Ooi, K., Fong, T., 2008. TQM practices and quality management performance: An investigation of their relationship using data from ISO 9001: 2000 firms in Malaysia. *The TQM Journal*.
- Baharudin, F., Iskak, A., Shafiee, A., 2014. Determination of Baseflow Index for Bernam River at Tanjung Malim. In *InCIEC 2013: Proceedings of the International Civil and Infrastructure Engineering Conference 2013*, 303-314.
- Bastola, S., Seong, Y., Lee, D., Youn, I., Oh, S., Jung, Y., Jang, D., 2018. Contribution of baseflow to river streamflow: study on Nepal's Bagmati and Koshi basins. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22, 4710-4718.
- Chapman, T., 1991. Comment on "Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses" by RJ Nathan and TA McMahon. *Water Resources Research*, 27(7), 1783-1784.
- Chapman, T., 1999. A comparison of algorithms for stream flow recession and baseflow separation. *Hydrological Processes*, 13(5), 701-714.
- Chen, H., Teengavarapu, R., 2019. Comparative analysis of four baseflow separation methods in the south Atlantic-Gulf Region of the US. *Water*, 12(1), 120.
- Cheng, M., Prayogo, D., 2014. Symbiotic organisms search: a new metaheuristic optimization algorithm. *Computers & Structures*, 139, 98-112.
- Corza, G., Solomatine, D., 2007. Baseflow separation techniques for modular artificial neural network modelling in flow forecasting. *Hydrological Sciences Journal*, 52(3), 491-507.

- Çelik, E., 2020. A powerful variant of symbiotic organisms search algorithm for global optimization. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 87, 103294.
- Dehghani, M., Riahi-Madvar, H., Hooshyaripor, F., Mosavi, A., Shamshirband, S., Zavadskas, E., Chau, K., 2019. Prediction of hydropower generation using grey wolf optimization adaptive neuro-fuzzy inference system. *Energies*, 12(2), 289.
- Deng, W., Shang, S., Cai, X., Zhao, H., Song, Y., Xu, J., 2021. An improved differential evolution algorithm and its application in optimization problem. *Soft Computing*, 25, 5277-5298.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., Colorni, A., 1991. Positive feedback as a search strategy.
- Eckhardt, K., 2005. How to construct recursive digital filters for baseflow separation. *Hydrological Processes: An International Journal*, 19(2), 507-515.
- Eckhardt, K., 2008. A comparison of baseflow indices, which were calculated with seven different baseflow separation methods. *Journal of Hydrology*, 352(1-2), 168-173.
- İEİİ., 2000. Akım Gözlem Yıllığı.
- Erhan, T., Sadak, D., Ayvaz, M., 2020. Kanalizasyon Sistemlerinin Diferansiyel Evrim Algoritması Kullanılarak Optimum Tasarımı. *Teknik Dergi*, 31(5), 10229-10250.
- Eriş, E., 2017. Karstik Bölge Akarsularında Taban Akışının Ayrılması. *Geological Engineering Journal/Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 41(1).
- Ezugwu, A., Adewumi, A., 2017. Discrete symbiotic organisms search algorithm for travelling salesman problem. *Expert Systems with Applications*, 87, 70-78.
- Ezugwu, A., Adewumi, A., Frincu, M., 2017. Simulated annealing based symbiotic organisms search optimization algorithm for traveling salesman problem. *Expert Systems with Applications*, 77, 189-210.
- Feng, Y., Wang, C., Briseghella, B., Fenu, L., Zordan, T., 2021. Structural optimization of a steel arch bridge with genetic algorithm. *Structural Engineering International*, 31(3), 347-356.
- Ghoshal, S., 2004. Optimizations of PID gains by particle swarm optimizations in fuzzy based automatic generation control. *Electric Power Systems Research*, 72(3), 203-212.
- Gümüş, V., 2006. Fırat Havzası akımlarının trend analizi ile değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hagedorn, B., Meadows, C., 2021. Trend analyses of baseflow and BFI for undisturbed watersheds in Michigan—constraints from multi-objective optimization. *Water*, 13(4), 564.

- Hu, C., Zhao, D., Jian, S., 2021. Baseflow estimation in typical catchments in the Yellow River Basin, China. *Water Supply*, 21(2), 648-667.
- İnceyol, Y., 2014. Arazi düzenleme çalışmalarında genetik algoritma uygulaması. Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Indarto, I., Hardiansyah, M., Sujarwo, M., 2021. Comparing automatic baseflow separation filters on three watersheds in the urbanised area of East Java, Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, 50.
- İşçi, Ö., Korukoğlu, S., 2003. Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Yöneylem. Yönetim ve Ekonomi, Celal Bayar Üniversitesi, Ankara, 10.
- Juang, C., Lu, C., 2006. Load-frequency control by hybrid evolutionary fuzzy PI controller. *IEE Proceedings-generation, transmission and distribution*, 153(2), 196-204.
- Kampata, J., Parida, B., Moalafhi, D., 2008. Trend analysis of rainfall in the headstreams of the Zambezi River Basin in Zambia. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 33(8-13), 621-625.
- Karaboğa, D., 2005. An idea based on honey bee swarm for numerical optimization. Technical report-tr06, Erciyes university, engineering faculty, computer engineering department, 200, 1-10.
- Karakoyun, M., 2021. Çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümü için Kurbağa Sıçrama ve Gri Kurt Optimizasyonu algoritmaları tabanlı hibrit bir yöntemin geliştirilmesi.
- Kennedy, J., Eberhart, R., 1995. Particle swarm optimization. In *Proceedings of ICNN'95-international conference on neural networks*, 4, 1942-1948.
- Kissel, M., Schmalz, B., 2020. Comparison of baseflow separation methods in the German low mountain range. *Water*, 12(6), 1740.
- Koskelo, A., Fisher, T., Utz, R., Jordan, T., 2012. A new precipitation-based method of baseflow separation and event identification for small watersheds (< 50 km²). *Journal of Hydrology*, 450, 267-278.
- Ladson, A., Brown, R., Neal, B., Nathan, R., 2013. A standard approach to baseflow separation using the Lyne and Hollick filter. *Australasian Journal of Water Resources*, 17(1), 25-34.
- Latuamury, B., Osok, R., Puturuhi, F., Imlabla, W., 2022. Baseflow separation using graphic method of recursive digital filter on Wae Batu Gajah Watershed, Ambon City, Maluku. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 989(1), 012028.

- Lee, D., Lee, J., Kim, J., Lim, K., Engel, B., Yang, J., Jung, Y., 2019. Effects of slope magnitude and length on SWAT baseflow estimation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 145(1), 04018037.
- Li, L., Maier, H., Lambert, M., Simmons, C., Partington, D., 2011. Sensitivity of optimal baseflow filter parameter to catchment soil characteristics. 33rd Hydrology and Water Resources Symposium and 10th Conference on Hydraulics in Water Engineering, 1643-1650.
- Li, L., Maier, H., Partington, D., Lambert, M., & Simmons, C., 2014. Performance assessment and improvement of recursive digital baseflow filters for catchments with different physical characteristics and hydrological inputs. *Environmental Modelling & Software*, 54, 39-52.
- Liang, X., Cheng, L., Liu, T., Du, J., 2020. Nonlinear dynamic analysis of the bridge bearing and genetic algorithm-based optimization for seismic mitigation. *Advances in Structural Engineering*, 23(12), 2539-2556.
- Lim, K., Engel, B., Tang, Z., Choi, J., Kim, K., Muthukrishnan, S., Tripathy, D., 2005. Automated web GIS based hydrograph analysis tool, WHAT 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 41(6), 1407-1416.
- Mallick, J., Talukdar, S., Alsubih, M., Salam, R., Ahmed, M., Kahla, N., Shamimuzzaman, M., 2021. Analysing the trend of rainfall in Asir region of Saudi Arabia using the family of Mann-Kendall tests, innovative trend analysis, and detrended fluctuation analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 143, 823-841.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S., Lewis, A., 2014. Grey wolf optimizer. *Advances in engineering software*, 69, 46-61.
- Mondal, A., Kundu, S., Mukhopadhyay, A., 2012. Rainfall trend analysis by Mann-Kendall test: A case study of north-eastern part of Cuttack district, Orissa. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 2(1), 70-78.
- Murat, K., 2018. Yeşilırmak Havzası mekânsal yağış dağılımına ait değişiminin deterministik ve stokastik yöntemlerle belirlenmesi. *Yerbilimleri*, 39(3), 263-276.
- Nathan, R., McMahon, T., 1990. Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. *Water resources research*, 26(7), 1465-1473.
- Nourani, V., Danandeh Mehr, A., Azad, N., 2018. Trend analysis of hydroclimatological variables in Urmia lake basin using hybrid wavelet Mann-Kendall and Şen tests. *Environmental earth sciences*, 77, 1-18.
- Novita, E., Wahyuningsih, S., 2016. Preliminary study on baseflow separation at watersheds in East Java regions. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 538-550.

- Özsağlam, M., Çunkaş, M., 2008. Optimizasyon problemlerinin çözümü için parçaçık sürü optimizasyonu algoritması. *Politeknik Dergisi*, 11(4), 299-305.
- Padiyedath, S., Kawamura, A., Amaguchi, H., Azhikodan, G., 2017. Baseflow estimation for tropical wet and dry climate region using recursive digital filters. *土木学会論文集 G (環境)*, 73(5), I_9-I_16.
- Parsopoulos, K., Vrahatis, M., 2010. Particle swarm optimization and intelligence: advances and applications: advances and applications.
- Post, D., Jakeman, A., 1996. Relationships between catchment attributes and hydrological response characteristics in small Australian mountain ash catchments. *Hydrological Processes*, 10(6), 877-892.
- Ratnaweera, A., Halgamuge, S., Watson, H., 2004. Self-organizing hierarchical particle swarm optimizer with time-varying acceleration coefficients. *IEEE Transactions on evolutionary computation*, 8(3), 240-255.
- Reeves, W., 1983. Particle systems—a technique for modeling a class of fuzzy objects. *ACM Transactions On Graphics (TOG)*, 2(2), 91-108.
- Reynolds, C., 1987. Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model. In *Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, 25-34.
- Santhi, C., Allen, P., Muttiah, R., Arnold, J., Tuppad, P., 2008. Regional estimation of base flow for the conterminous United States by hydrologic landscape regions. *Journal of Hydrology*, 351(1-2), 139-153.
- Saplioglu, K., Ozturk, T., Acar, R., 2020. Optimization of open channels using particle swarm optimization algorithm. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 39(1), 399-405.
- Saplioglu, K., 2015. A New methodology for trend analysis: A case study in Burdur and Isparta, Turkey. *Fresenius environmental Bulletin*, 24, 3344-3351.
- Saplioglu, K., Çimen, M., 2010. Taban Akışı Ayrımı İçin Yeni Bir Yöntem. *Engineering Sciences*, 5(4), 580-589.
- Saplioglu, K., Çoban, E., 2013. Karadeniz bölgesi yağış serilerinin trend analizi. VII. *Ulusal Hidroloji Kongresi Bildirileri*, Isparta, Turkey, 500, 512.
- Saplioglu, K., Ramazan, A., 2021. Taban Akışının Simbiyotik Arama Algoritması ile Tespit Edilmesi: Fırat Havzası Örneği. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology*, 3(2), 169-183.
- Saplioglu, K., Çoban, E., Şenel, F., Uzundurukan, S., 2020. Beton Ağırlıklı Barajların Simbiyotik Arama Algoritması ile Optimizasyonu. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(4), 1734-1744.

- Sawaske, S., Freyberg, D., 2014. An analysis of trends in baseflow recession and low-flows in rain-dominated coastal streams of the pacific coast. *Journal of Hydrology*, 519, 599-610.
- Singh, S., Pahlow, M., Booker, D., Shankar, U., Chamorro, A., 2019. Towards baseflow index characterisation at national scale in New Zealand. *Journal of Hydrology*, 568, 646-657.
- Storn, R., Price, K., 1997. Differential evolution-a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. *Journal of global optimization*, 11(4), 341.
- Şen, Z., 2012. Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046.
- Şen, Z., 2014. Trend identification simulation and application. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 635-642.
- Şenel, F., Yüksel, A., Gökçe, F., Yiğit, T., 2018. Gri kurt optimizasyon algoritması ile iki boyutlu dizilim yazılımının geliştirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 293-306.
- Taormina, R., Chau, K., Sivakumar, B., 2015. Neural network river forecasting through baseflow separation and binary-coded swarm optimization. *Journal of Hydrology*, 529, 1788-1797.
- Tikhamarine, Y., Souag-Gamane, D., Ahmed, A., Kisi, O., El-Shafie, A., 2020. Improving artificial intelligence models accuracy for monthly streamflow forecasting using grey Wolf optimization (GWO) algorithm. *Journal of Hydrology*, 582, 124435.
- Toksarı, M., 2007. Ant colony optimization approach to estimate energy demand of Turkey. *Energy Policy*, 35(8), 3984-3990.
- Tripathi, A., Sharma, K., Bala, M., 2018. A novel clustering method using enhanced grey wolf optimizer and mapreduce. *Big data research*, 14, 93-100.
- Turğut, P., Arslan, A., 2001. Sürekli bir kırıta maksimum momentlerin genetik algoritmalar ile belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(3), 1-9.
- Türkşen, Ö., 2011. Çok Yanıtlı Yüzey Problemlerinin Çözümüne Bulanık ve Sezgisel Yaklaşım. *Ankara Üniversitesi Doktora Tezi*.
- Uzundurukan, S., Saphioğlu, K., 2020. Konsol İstinat Duvarlarında Yükseklik Maliyet İlişkisinin Parçacık Sürü Algoritması İle İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(4), 2544-2554.
- Vesterstrom, J., Thomsen, R., 2004. comparative study of differential evolution, particle swarm optimization, and evolutionary algorithms on numerical

benchmark problems. In Proceedings of the 2004 congress on evolutionary computation, 2, 1980-1987.

Waqar, T., 2015. Fault diagnosis on gears with neural network and ant colony algorithm combination.

Xie, J., Liu, X., Wang, K., Yang, T., Liang, K., Liu, C., 2020. Evaluation of typical methods for baseflow separation in the contiguous United States. *Journal of Hydrology*, 583, 124628.

Yıldırım, A., 2006. Karakaya barajıI ve doğal çevre etkileri. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6, 32-39.

Yılmaz, Ö., 2019. Yapay Arı Kolonisi Algoritması İle Devre Süresi Modellerinin Geliştirilmesi. *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Zaifoğlu, H., 2013. Fırat Akarsu Havzası İçin Topoğrafik ve Hidrometeorolojik Veriye Dayanan Taban Akışı Ayırma Modeli. (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Zare Bidaki, R., Mahdianfard, M., Honarbakhs, A., Zeinivand, H., 2015. Base Flow Estimation in Tireh Dorood River in order to EnvironmentalFlow Assessmen. *Iranian journal of Ecohydrology*, 2(3), 275-287.

Zeng, Z., Zhang, M., Chen, T., Hong, Z., 2021. A new selection operator for differential evolution algorithm. *Knowledge-Based Systems*, 226, 107150.

Zhang, J., Zhang, J., Lok, T., Lyu, M., 2007. A hybrid particle swarm optimization–back-propagation algorithm for feedforward neural network training. *Applied mathematics and computation*, 185(2), 1026-1037.

Zhang, J., Zhang, Y., Song, J., Cheng, L., 2017. Evaluating relative merits of four baseflow separation methods in Eastern Australia. *Journal of hydrology*, 549, 252-263.

Zhang, J., Zhang, Y., Song, J., Cheng, L., Paul, P., Gan, R., Zhao, P., 2020. Large-scale baseflow index prediction using hydrological modelling, linear and multilevel regression approaches. *Journal of Hydrology*, 585, 124780.

Zhang, T., Liu, Y., Rao, Y., Li, X., Zhao, Q., 2020. Optimal design of building environment with hybrid genetic algorithm, artificial neural network, multivariate regression analysis and fuzzy logic controller. *Building and Environment*, 175, 106810.

Zhao, F., Ren, Z., Yu, D., Yang, Y., 2005. Application of an improved particle swarm optimization algorithm for neural network training. In 2005 International Conference on Neural Networks and Brain, 3, 1693-1698.