

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÖLÇÜMÜ OLMAYAN AKARSU HAVZALARINDA
AKIM TAHMİNLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Mustafa Utku YILMAZ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

MAYIS 2020

**ÖLÇÜMÜ OLMAYAN AKARSU HAVZALARINDA
AKIM TAHMİNLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

**Mustafa Utku YILMAZ
(501142503)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ

MAYIS 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501142503 numaralı Doktora Öğrencisi Mustafa Utku YILMAZ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ÖLÇÜMÜ OLMAYAN AKARSU HAVZALARINDA AKIM TAHMİNLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

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

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kasım KOÇAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Cevza Melek KAZEZYILMAZ ALHAN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Prof. Dr. Necati AĞIRALIOĞLU
Antalya Bilim Üniversitesi

Doç. Dr. Tarkan ERDİK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 27 Mart 2020
Savunma Tarihi : 18 Mayıs 2020





Aileme,



ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bana sabırla yol gösteren, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım tez danışmanım Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ'e, değerli yorum ve önerileriyle çalışmama katkıda bulunan tez izleme jüri üyelerim Prof. Dr. Kasım KOÇAK'a ve Prof. Dr. Cevza Melek KAZEZYILMAZ ALHAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Bu tez çalışmamı destekleyen İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: 40717), çalışmamda gerekli verileri sağladıkları için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ederim. Ayrıca, tez çalışmama destek olan Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR'e, Dr. Öğr. Üyesi Murat Olcay ÖZCAN'a, Dr. Öğr. Üyesi Hakan AKSU'ya, Meteoroloji Mühendisi Ahmed Faruk ÖZTÜRK'e ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim. Son olarak, bana her zaman destek olan aileme, bu zorlu çalışmam süresince bana moral ve güç veren sevgili eşim Öğr. Gör. Hülya YILMAZ'a sonsuz teşekkür ederim. Tez çalışmamın, konu ile ilgilenen herkese yararlı olmasını dilerim.

Mart 2020

Mustafa Utku YILMAZ
(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xxi
ÖZET	xxvii
SUMMARY	xxix
1. GİRİŞ	1
1.1 Konunun Anlam ve Önemi	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.3 Özgün Değer	3
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1 Akım Tahmin Yöntemleri	5
2.2 Kaynak İstasyonların Seçilmesi	10
2.3 Veri Ön İşleme	12
2.3.1 Eksik verilerin tamamlanması	12
2.3.2 Verilerin yumuşatılması (smoothing)	13
2.4 Güven Aralıklarının Belirlenmesi	15
3. YÖNTEM	17
3.1 İstatistiksel Akım Transfer Yöntemleri	17
3.1.1 Drenaj alanı oranı (DAR)	17
3.1.2 Çoklu kaynak istasyona dayalı drenaj alanı oranı (MDAR)	18
3.1.3 Ters mesafe ağırlıklı (IDW)	19
3.1.4 Ters benzerlik ağırlıklı (ISW)	20
3.1.5 Ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM)	21
3.1.6 Ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS)	21
3.2 Bölgesel İstatistiksel Parametrelerin Hesaplanması	22
3.3 Performans Ağırlıklı Topluluk (Ensemble) Yöntemleri	23
3.4 Yöntemlerin Performansının Değerlendirilmesi	27
3.5 Kaynak İstasyonların Seçilmesi	30
3.6 Veri Ön İşleme	31
3.6.1 Eksik verilerin tamamlanması	31
3.6.2 Verilerin yumuşatılması (smoothing)	31
3.7 Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi	32
3.8 Güven Aralıklarının Belirlenmesi	33
4. ÇALIŞMA ALANLARI VE KULLANILAN VERİ	35
4.1 Çalışma Alanları	35
4.1.1 Porsuk Çayı Havzası	35
4.1.2 Fırat-Dicle Havzası	36

4.2 Kullanılan Veri	37
4.2.1 Porsuk Çayı Havzası	37
4.2.2 Fırat-Dicle Havzası	39
5. UYGULAMA.....	45
5.1 Porsuk Çayı Havzası.....	45
5.1.1 Eksik verilerin tamamlanması.....	46
5.1.2 İstatistiksel akım transfer yöntemleri	50
5.1.3 Performans ağırlıklı topluluk (ensemble) yöntemleri	55
5.1.4 Bölgesel istatistiksel parametrelerin hesaplanması	61
5.1.5 Debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi	65
5.2 Fırat-Dicle Havzası.....	69
5.2.1 Orta Fırat Havzası	72
5.2.1.1 İstatistiksel akım transfer yöntemleri	72
5.2.1.2 Performans ağırlıklı topluluk (ensemble) yöntemleri	92
5.2.1.3 Bölgesel istatistiksel parametrelerin hesaplanması	116
5.2.1.4 Debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi ve güven aralıkları	119
5.2.2 Yukarı Fırat Havzası	128
5.2.2.1 İstatistiksel akım transfer yöntemleri	128
5.2.2.2 Performans ağırlıklı topluluk (ensemble) yöntemleri	147
5.2.2.3 Bölgesel istatistiksel parametrelerin hesaplanması	169
5.2.2.4 Debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi ve güven aralıkları	172
5.2.3 Verilerin yumuşatılması (smoothing).....	181
6. SONUÇLAR	185
KAYNAKLAR.....	191
EKLER	201
ÖZGEÇMİŞ.....	223

KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DAR	: Drainage Area Ratio
DSE	: Debi Süreklilik Eğrisi
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
IDW	: Inverse Distance Weighted
ISW	: Inverse Similarity Weighted
MA	: Moving Average
MDAR	: Multiple Source Sites Based DAR
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NSE	: Nash-Sutcliffe Efficiency
PBIAS	: Percent Bias
PUB	: Predictions in Ungauged Basins
RE	: Relative Error
REG	: Regresyon
RMSE	: Root Mean Square Error
RSR	: RMSE-Observations Standard Deviation Ratio
SM	: Standardization with Mean
SMS	: Standardization with Mean and Standard Deviation



SEMBOLLER

a, b	: Bağlı performansa dayalı ağırlıklar
A	: Drenaj alanı (km ²)
A_{hedef}	: Hedef istasyonun drenaj alanı (km ²)
A_{kaynak}	: Kaynak istasyonun drenaj alanı (km ²)
A_{kaynak_i}	: <i>i</i> . kaynak istasyonunun drenaj alanı (km ²)
d	: İki istasyon arasındaki mesafe (km)
d_i	: Hedef istasyon ile <i>i</i> . kaynak istasyon arasındaki benzerlik mesafesi
d_m	: <i>m</i> . yöntemin performans değeri ile mükemmel performans değeri arasındaki öklid mesafesi
e_t^m	: <i>t</i> gün için <i>m</i> . tekli yöntemden elde edilen tahminin mutlak hatası
lat₁	: 1. istasyonun enlemi (radyan)
lat₂	: 2. istasyonun enlemi (radyan)
lon₁	: 1. istasyonun boylamı (radyan)
lon₂	: 2. istasyonun boylamı (radyan)
M	: Tekli yöntem sayısı
maks(X_i)	: <i>i</i> . havza karakteristiğinin maksimum değeri
min(X_i)	: <i>i</i> . havza karakteristiğinin minimum değeri
p	: Güç parametresi
P_i	: <i>Q_i</i> akımının aşılma olasılığı
r	: Pearson korelasyon katsayısı
R²	: Belirleme (determinasyon) katsayısı
s	: Fiziksel benzerlik katsayısı
q_{hedef}	: Hedef istasyondaki alan ile standartlaştırılmış akım (m ³ /s/km ²)
q_{kaynak_i}	: <i>i</i> . kaynak istasyondaki alan ile standartlaştırılmış akım (m ³ /s/km ²)
Q_{hedef}	: Hedef istasyondaki akım değeri (m ³ /s)
Q_{kaynak}	: Kaynak istasyondaki akım değeri (m ³ /s)
Q_i	: <i>P_i</i> aşılma olasılığına karşılık gelen akım değeri (m ³ /s)
Q_t^{topluluk}	: <i>t</i> gün için <i>M</i> adet tekli yöntemden elde edilen tahminlerin ağırlıklı ortalaması (topluluk tahmini) (m ³ /s)

Q_t^m	: $m = 1, 2, \dots, M$ adet tekli yöntemden $t = 1, 2, \dots, T$ gün için tahmin edilen akım değeri (m^3/s)
$\hat{Q}$	: İlgili yöntem ile tahmin edilen akım değeri (m^3/s)
$\hat{Q}_{topluluk}$	: Topluluk yöntemi ile tahmin edilen akım değeri (m^3/s)
$\hat{Q}_{kaynak_i}$	: i . kaynak istasyondan elde edilen akım tahmini (m^3/s)
$X_i^{gözlem}$	: i . gözlemlenen akım (m^3/s)
X_i^{hedef}	: Hedef istasyon için i . havza karakteristiği değeri
X_i^{kaynak}	: Kaynak istasyon için i . havza karakteristiği değeri
X_i^{tahmin}	: i . tahmin edilen akım (m^3/s)
x_t^*	: t zamanında yumuşatılmış akım değeri (m^3/s)
$\bar{X}^{gözlem}$	: Gözlemlenen akım değerlerinin ortalaması (m^3/s)
$\bar{X}^{tahmin}$	: Tahmin edilen akım değerlerinin ortalaması (m^3/s)
μ	: Ortalama
$\mu_{Q_{hedef}}$	: Hedef istasyonun akımlarının ortalaması (m^3/s)
$\mu_{Q_{kaynak}}$	: Kaynak istasyonun akımlarının ortalaması (m^3/s)
σ	: Standart sapma
$\sigma_{Q_{hedef}}$	: Hedef istasyonun akımlarının standart sapması (m^3/s)
$\sigma_{Q_{kaynak}}$	: Kaynak istasyonun akımlarının standart sapması (m^3/s)
w	: 0 ile 1 arasında sınırlı bir ağırlık
w_i	: i . kaynak istasyonun hedef istasyondaki ağırlığı
w_m	: m . yöntemin ağırlığı
w_t^m	: t gün için m . tekli yöntemle atanan ağırlık
α, β	: Regresyon katsayısı
θ	: Akımların ortalaması ya da standart sapması

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	: Aylık akımlar için NSE, RSR ve PBIAS değerlerine göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi (Moriasi ve diğ, 2007).	29
Çizelge 3.2	: Günlük akımlar için NSE ve PBIAS değerlerine göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi (Kalin ve diğ, 2010).	29
Çizelge 4.1	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarının özellikleri.	39
Çizelge 4.2	: Orta Fırat Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarının özellikleri.	41
Çizelge 4.3	: Yukarı Fırat Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarının özellikleri.	42
Çizelge 4.4	: Orta Fırat Havzası'ndaki fiziksel özelliklerin istatistikleri.	43
Çizelge 4.5	: Yukarı Fırat Havzası'ndaki fiziksel özelliklerin istatistikleri.	43
Çizelge 5.1	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki korelasyon katsayıları (temin edilen akım verileriyle hesaplanan).	47
Çizelge 5.2	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki matematiksel ilişkiler ve tamamlanan yıllar.	48
Çizelge 5.3	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar için eksik verilerin tamamlanmadan önceki ve sonraki uzun dönem istatistiksel parametreleri.	49
Çizelge 5.4	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki korelasyon katsayıları (tamamlanmış akım verileriyle hesaplanan).	50
Çizelge 5.5	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki mesafeler (km). ..	51
Çizelge 5.6	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki en yakın ve en korelasyonlu istasyonlar.	51
Çizelge 5.7	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranları.	51
Çizelge 5.8	: Porsuk Çayı Havzası'nda DAR, SM, SMS, MDAR ve IDW için NSE değerleri.	52
Çizelge 5.9	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki her bir istasyon için en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.	55
Çizelge 5.10	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki her bir istasyon için en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	56
Çizelge 5.11	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki her bir istasyon için en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	57
Çizelge 5.12	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki yıllık ortalamalar için oluşturulan regresyon denklemleri.	63
Çizelge 5.13	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki yıllık standart sapmalar için oluşturulan regresyon denklemleri.	63
Çizelge 5.14	: Porsuk Çayı Havzası için akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.	67
Çizelge 5.15	: Orta Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki mesafeler (km).	73
Çizelge 5.16	: Orta Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki benzerlik katsayıları.	73

Çizelge 5.17 : Orta Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki korelasyon katsayıları.....	73
Çizelge 5.18 : Orta Fırat Havzası'ndaki coğrafi en yakın, en korelasyonlu ve fiziksel en benzer istasyonlar.....	74
Çizelge 5.19 : Orta Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranları.....	74
Çizelge 5.20 : Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için coğrafi en yakın kaynak istasyonlar.....	75
Çizelge 5.21 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.....	75
Çizelge 5.22 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.....	76
Çizelge 5.23 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre IDW yöntemi için NSE değerleri.....	77
Çizelge 5.24 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.....	77
Çizelge 5.25 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.....	78
Çizelge 5.26 : Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için fiziksel en benzer kaynak istasyonlar.....	78
Çizelge 5.27 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.....	79
Çizelge 5.28 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.....	80
Çizelge 5.29 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre ISW yöntemi için NSE değerleri.....	81
Çizelge 5.30 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.....	81
Çizelge 5.31 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.....	82
Çizelge 5.32 : Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için en korelasyonlu kaynak istasyonlar.....	82
Çizelge 5.33 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.....	83
Çizelge 5.34 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.....	84
Çizelge 5.35 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre IDW yöntemi için NSE değerleri.....	84
Çizelge 5.36 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.....	85
Çizelge 5.37 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.....	85
Çizelge 5.38 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SM12 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	93

Çizelge 5.39 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	94
Çizelge 5.40 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	94
Çizelge 5.41 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	95
Çizelge 5.42 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SM12-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	95
Çizelge 5.43 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SMS12-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	96
Çizelge 5.44 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	97
Çizelge 5.45 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SM12 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	100
Çizelge 5.46 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	101
Çizelge 5.47 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre MDAR-ISW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	101
Çizelge 5.48 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	101
Çizelge 5.49 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SM12-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	103
Çizelge 5.50 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS12-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	103
Çizelge 5.51 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	104
Çizelge 5.52 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SM12 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	107
Çizelge 5.53 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	108
Çizelge 5.54 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	108
Çizelge 5.55 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	108
Çizelge 5.56 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SM12-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	110
Çizelge 5.57 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SMS12-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	110
Çizelge 5.58 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	111
Çizelge 5.59 : Orta Fırat Havzası'nda E21A058 istasyonu için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre MDAR-ISW1 2'li birleşim topluluk yöntemin farklı ağırlıklı yaklaşımlarının performansının değerlendirilmesi.	115
Çizelge 5.60 : Orta Fırat Havzası'nda E21A058 istasyonu için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS12-ISW1 3'lü birleşim topluluk yönteminin farklı ağırlıklı yaklaşımlarının performansının değerlendirilmesi.	116
Çizelge 5.61 : Orta Fırat Havzası için yıllık uzun dönem ortalama tahmini.	116
Çizelge 5.62 : Orta Fırat Havzası için yıllık uzun dönem standart sapma tahmini.	116
Çizelge 5.63 : Orta Fırat Havzası için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.....	121

Çizelge 5.64 : Orta Fırat Havzası için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.....	124
Çizelge 5.65 : Orta Fırat Havzası için korelasyon yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.....	127
Çizelge 5.66 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki mesafeler (km).	128
Çizelge 5.67 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki benzerlik katsayıları.....	129
Çizelge 5.68 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki korelasyon katsayıları.....	129
Çizelge 5.69 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki coğrafi en yakın, en korelasyonlu ve fiziksel en benzer istasyonlar.....	130
Çizelge 5.70 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranları.....	130
Çizelge 5.71 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için coğrafi en yakın kaynak istasyonlar.....	131
Çizelge 5.72 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.....	131
Çizelge 5.73 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.....	132
Çizelge 5.74 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre IDW yöntemi için NSE değerleri.....	133
Çizelge 5.75 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.....	133
Çizelge 5.76 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.....	134
Çizelge 5.77 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için fiziksel en benzer kaynak istasyonlar.....	134
Çizelge 5.78 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.....	135
Çizelge 5.79 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.....	135
Çizelge 5.80 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre ISW yöntemi için NSE değerleri.....	136
Çizelge 5.81 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.....	136
Çizelge 5.82 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.....	137
Çizelge 5.83 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için en korelasyonlu kaynak istasyonlar.....	137
Çizelge 5.84 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.....	138
Çizelge 5.85 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.....	139
Çizelge 5.86 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre IDW yöntemi için NSE değerleri.....	139

Çizelge 5.87 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.	140
Çizelge 5.88 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.	140
Çizelge 5.89 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	148
Çizelge 5.90 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	148
Çizelge 5.91 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	149
Çizelge 5.92 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	149
Çizelge 5.93 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SM1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	150
Çizelge 5.94 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SMS1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	151
Çizelge 5.95 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	151
Çizelge 5.96 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	154
Çizelge 5.97 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	155
Çizelge 5.98 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre MDAR-ISW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	155
Çizelge 5.99 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	156
Çizelge 5.100: Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SM1-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	156
Çizelge 5.101: Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS1-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	157
Çizelge 5.102: Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	157
Çizelge 5.103: Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.	160
Çizelge 5.104: Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	161
Çizelge 5.105: Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	162
Çizelge 5.106: Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	162
Çizelge 5.107: Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SM1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	163
Çizelge 5.108: Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SMS1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.....	163
Çizelge 5.109: Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.	164

Çizelge 5.110: Yukarı Fırat Havzası'nda E21A051 istasyonu için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yönteminin farklı ağırlıklı yaklaşımlarının performansının değerlendirilmesi.....	168
Çizelge 5.111: Yukarı Fırat Havzası'nda E21A051 istasyonu için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS1-ISW1 3'lü birleşim topluluk yönteminin farklı ağırlıklı yaklaşımlarının performansının değerlendirilmesi.....	169
Çizelge 5.112: Yukarı Fırat Havzası için yıllık uzun dönem ortalama tahmini.	169
Çizelge 5.113: Yukarı Fırat Havzası için yıllık uzun dönem standart sapma tahmini.	169
Çizelge 5.114: Yukarı Fırat Havzası için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.....	174
Çizelge 5.115: Yukarı Fırat Havzası için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.....	177
Çizelge 5.116: Yukarı Fırat Havzası için korelasyon yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.....	180



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1	: Topluluk yöntemleri.	23
Şekil 3.2	: Tekli yöntemler için ağırlıkların hesaplanması.	25
Şekil 4.1	: Türkiye'nin akarsu havzaları.....	35
Şekil 4.2	: Porsuk Çayı Havzası.....	36
Şekil 4.3	: Fırat-Dicle Havzası.....	37
Şekil 4.4	: Porsuk Çayı Havzası'nda seçilen akım gözlem istasyonlarının konumu.	38
Şekil 4.5	: Porsuk Çayı ana kolu ve yan kolları üzerindeki akım gözlem istasyonları.	38
Şekil 4.6	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki akım verilerinin zamana bağlı durumu. .	39
Şekil 4.7	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki aylık ortalama akımlar (1990-2010).	39
Şekil 4.8	: Fırat Havzası'nda seçilen akım gözlem istasyonlarının konumu.	40
Şekil 4.9	: Fırat Nehri ana kolu ve yan kolları üzerindeki akım gözlem istasyonları.	41
Şekil 4.10	: Orta Fırat Havzası'ndaki aylık ortalama akımlar (1986-2009).	41
Şekil 4.11	: Yukarı Fırat Havzası'ndaki aylık ortalama akımlar (1986-2009).	42
Şekil 4.12	: Fırat Havzası'ndaki meteoroloji istasyonları ve Thiessen poligonları.	43
Şekil 5.1	: Porsuk Çayı Havzası uygulaması için önerilen iş akış şeması.	45
Şekil 5.2	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonların eksik verilerinin tamamlanması için yöntemlerin performansının karşılaştırılması.	46
Şekil 5.3	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki D12A181 ile E12A003 istasyonları arasında elde edilen ilişkiler.	48
Şekil 5.4	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki D12A181 istasyonunun gözlemlenen ve tahmin edilen akım verileri.	49
Şekil 5.5	: Porsuk Çayı Havzası için tekli yöntemlerin NSE performansının istatistiksel özeti.....	53
Şekil 5.6	: Porsuk Çayı Havzası için tekli yöntemlere göre NSE karşılaştırılması.	54
Şekil 5.7	: Porsuk Çayı Havzası'na uygulanan topluluk yöntemleri.	56
Şekil 5.8	: Porsuk Çayı Havzası'nda en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.	57
Şekil 5.9	: Porsuk Çayı Havzası için 2'li birleşim topluluk yöntemlerinin NSE değerlerinin kutu grafiği.	58
Şekil 5.10	: Porsuk Çayı Havzası için en iyi 2'li birleşim topluluk yöntemleri ve bu topluluk yöntemlerini oluşturan tekli yöntemlerin karşılaştırılması.	58
Şekil 5.11	: Porsuk Çayı Havzası için 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinin NSE değerlerinin kutu grafiği.	59
Şekil 5.12	: Porsuk Çayı Havzası için en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri ve bu topluluk yöntemlerini oluşturan tekli yöntemlerin karşılaştırılması.	59

Şekil 5.13	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri. ...	60
Şekil 5.14	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki her bir istasyon için yıllık ortalamalar ve drenaj alanları arasındaki ilişki.	61
Şekil 5.15	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki her bir istasyon için yıllık standart sapmalar ve drenaj alanları arasındaki ilişki.	62
Şekil 5.16	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem ortalama tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.	64
Şekil 5.17	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.	65
Şekil 5.18	: Porsuk Çayı Havzası'ndaki D12A181 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.....	66
Şekil 5.19	: Fırat-Dicle Havzası'ndaki bir hedef istasyondaki akım tahmini için önerilen akış şemaları.	69
Şekil 5.20	: Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzalarına uygulanan topluluk yöntemleri.	71
Şekil 5.21	: Orta Fırat Havzası'nda E21A058 istasyonu için tekli yöntemlerden tahmin edilen akımların gözlemlenen (orijinal) akımlar ile karşılaştırılması: (a)DAR; (b)MDAR; (c)SM; (d)SMS; (e)IDW; (f)ISW.	90
Şekil 5.22	: Orta Fırat Havzası'nda E21A058 istasyonu için tekli yöntemlerden tahmin edilen akımların gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) akımlar ile karşılaştırılması: (a)DAR-MA; (b)MDAR-MA; (c)SM-MA; (d)SMS-MA; (e)IDW-MA; (f)ISW-MA.....	91
Şekil 5.23	: Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.	97
Şekil 5.24	: Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.	99
Şekil 5.25	: Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.	104
Şekil 5.26	: Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.	106
Şekil 5.27	: Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.	112
Şekil 5.28	: Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.	113
Şekil 5.29	: Orta Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem ortalama tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.	117
Şekil 5.30	: Orta Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.	118

Şekil 5.31	: Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre E21A058 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri. .	120
Şekil 5.32	: Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre E21A058 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri. .	123
Şekil 5.33	: Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre E21A077 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	126
Şekil 5.34	: Yukarı Fırat Havzası'nda E21A051 istasyonu için tekli yöntemlerden tahmin edilen akımların gözlemlenen (orijinal) akımlar ile karşılaştırılması: (a)DAR; (b)MDAR; (c)SM; (d)SMS; (e)IDW; (f)ISW.	145
Şekil 5.35	: Yukarı Fırat Havzası'nda E21A051 istasyonu için tekli yöntemlerden tahmin edilen akımların gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) akımlar ile karşılaştırılması: (a)DAR-MA; (b)MDAR-MA; (c)SM-MA; (d)SMS-MA; (e)IDW-MA; (f)ISW-MA.	146
Şekil 5.36	: Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.	152
Şekil 5.37	: Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.	153
Şekil 5.38	: Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.	158
Şekil 5.39	: Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.	159
Şekil 5.40	: Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.	165
Şekil 5.41	: Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.	166
Şekil 5.42	: Yukarı Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem ortalama tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.	170
Şekil 5.43	: Yukarı Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.	171
Şekil 5.44	: Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre E21A051 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	173

Şekil 5.45	: Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre E21A054 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	176
Şekil 5.46	: Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre E21A054 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	179
Şekil 5.47	: Orta Fırat Havzası'ndaki E21A058 istasyonunda orijinal ve yumuşatılmış akım değerleri.	182
Şekil 5.48	: Yukarı Fırat Havzası'ndaki E21A051 istasyonunda orijinal ve yumuşatılmış akım değerleri.	182
Şekil A.1	: Porsuk Çayı Havzası D12A033 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	202
Şekil A.2	: Porsuk Çayı Havzası D12A055 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	203
Şekil A.3	: Porsuk Çayı Havzası D12A063 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	204
Şekil A.4	: Porsuk Çayı Havzası D12A093 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	205
Şekil A.5	: Porsuk Çayı Havzası D12A181 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	206
Şekil A.6	: Porsuk Çayı Havzası E12A003 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	207
Şekil B.1	: Orta Fırat Havzası D21A167 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	208
Şekil B.2	: Orta Fırat Havzası D21A169 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	209
Şekil B.3	: Orta Fırat Havzası D21A213 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.	210

Şekil B.4	: Orta Fırat Havzası E21A002 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	211
Şekil B.5	: Orta Fırat Havzası E21A022 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	212
Şekil B.6	: Orta Fırat Havzası E21A058 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	213
Şekil B.7	: Orta Fırat Havzası E21A064 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR yöntemi; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	214
Şekil B.8	: Orta Fırat Havzası E21A077 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	215
Şekil C.1	: Yukarı Fırat Havzası D21A001 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	216
Şekil C.2	: Yukarı Fırat Havzası D21A193 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	217
Şekil C.3	: Yukarı Fırat Havzası E21A033 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR yöntemi; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	218
Şekil C.4	: Yukarı Fırat Havzası E21A051 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	219
Şekil C.5	: Yukarı Fırat Havzası E21A054 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR yöntemi; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	220
Şekil C.6	: Yukarı Fırat Havzası E21A056 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR yöntemi; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	221
Şekil C.7	: Yukarı Fırat Havzası E21A066 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.....	222



ÖLÇÜMÜ OLMAYAN AKARSU HAVZALARINDA AKIM TAHMİNLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Su, tüm canlılar için yaşamsal öneme sahip doğal bir kaynaktır. Artan nüfus ve buna bağlı olarak gelişen ihtiyaçlar su kaynaklarının geliştirilmesi konusunda haklı bir baskı oluşturmaktadır. Mevcut su varlığının bilinmesi, su kaynaklarının geliştirilmesi kapsamında en önemli unsurlardan biridir. Bu nedenle, akarsu havzasındaki suyun hidrolojik çevrim içerisinde hareketinin belirlenmesi konusu oldukça önem kazanmıştır. Hidrolojik çevrimin önemli bir bileşeni akarsu akımıdır. Akarsudaki akımın miktarı, akarsuyun belirli noktalarında kurulan akım gözlem istasyonları ile ölçülmektedir. Su kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması ve geliştirilmesi için bu ölçümlerin eksiksiz, uzun süreli ve güvenilir olması gerekmektedir. Ancak, bazı akarsularda mevcut akım ölçümlerinin yetersiz ve eksik olması su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmalarında karşılaşılan en önemli sorundur. Dolayısıyla coğrafyanın her yerinde tesis edilemeyen akım gözlem istasyonları yüzünden, hidrolojik çalışmalar bilimsellikten ve ekonomiklikten uzak olma tehlikesiyle karşı karşıya kalabilmektedir. Gelecekte daha küçük su kaynaklarının değerlendirileceği düşünüldüğünde, akım tahmini sorununun artacağı açıktır. Bu sorunu gidermek için akımların doğru ve güvenilir tahminlerinin yapılması önem taşımaktadır.

Eksik veriyi tamamlayabilmek ya da ölçümü olmayan akarsu havzalarında akım tahmini yapabilmek için literatürde geliştirilmiş birçok yöntem vardır. Özellikle son on yılda araştırmacılar, ölçümü olmayan akarsu havzalarında akım tahmini için ölçümü olan kaynak (donör) havzadan, ölçümü olmayan (hedef) havzaya hidrolojik bilgi transferi gerektiren çeşitli istatistiksel yöntemler benimsemişlerdir. Bu yöntemler genellikle bölgesel yöntemler olarak adlandırılır. Bu çalışmada, günlük akımları tahmin etmek için, regresyon analizi (REG) yöntemi, drenaj alanı oranı (DAR) yöntemi, çoklu kaynak istasyona dayalı DAR (MDAR) yöntemi, ters mesafe ağırlıklı (IDW) yöntemi, ters benzerlik ağırlıklı (ISW) yöntemi, ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM) yöntemi, ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS) yöntemi ve bu tekli yöntemlerin çeşitli varyasyonları çalışma alanlarına uygulanmıştır. Tekli yöntemlerin ağırlıklı tahminlerinin uygulanabilirliğini araştırmak için çeşitli topluluk (ensemble) yöntemleri denenmiştir. Akım gözlemlerinin seyrek olduğu Porsuk Çayı Havzası'nda ve Türkiye'nin yüzey suyu açısından en zengin havzası olan Fırat-Dicle Havzası'nda iki ayrı uygulama çalışması yapılmıştır. Yöntemlerin performansının değerlendirilmesinde, Nash-Sutcliffe Etkinliği (NSE), kök ortalama kare hata (RMSE), RMSE-gözlem standart sapma oranı (RSR), belirleme (determinasyon) katsayısı (R^2), yüzde eğilim (PBIAS) ve bağıl hata (RE) ölçütleri kullanılmıştır.

Porsuk Çayı Havzası uygulamasında, ilk olarak, seçilen akım gözlem istasyonlarında çeşitli nedenlerle çoğu zaman ölçülememiş ve eksik kalan günlük akım verilerini tamamlamak için REG, DAR, SM ve SMS yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler

karşılaştırılarak en uygun yöntem ve verileri mevcut olan kaynak istasyonla eksik veriler tamamlanmıştır. İkinci olarak, her bir istasyon sırayla ölçümü olmadığı varsayılarak DAR, MDAR, IDW, SM ve SMS yöntemleri günlük akımı tahmin etmek için kullanılmıştır. SM ve SMS yöntemlerinde kullanılan ölçümü olmadığı varsayılan istasyonların uzun dönem istatistiksel parametrelerini (akımların ortalaması ve standart sapması) elde etmek için regresyon denklemleri önerilmiştir. Bu regresyon denklemleri istatistiksel parametreler ve drenaj alanı arasındaki logaritmik ilişkilere dayalı olarak hesaplanmıştır. Daha anlamlı tahminler elde etmek ve belirsizlikleri azaltmak için tekli yöntemler, NSE performansına göre ağırlıklandırılmış ve daha sonra topluluk tahminleri elde etmek için birleştirilmiştir. Her bir istasyon için iki ve üç yöntemi birleştiren topluluk yöntemlerinin tahmin performansı, tekli yöntemlerin tahmin performansı ile karşılaştırılmıştır. Çeşitli topluluk yöntemlerin test edilmesiyle akım tahminlerinin iyileştirilmesinde umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, gözlemlenen ve tahmin edilen verilerin debi süreklilik eğrilerinin farklı hidrolojik durumlar için seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, ölçümü yetersiz böyle bir havzada elde edilen başarılı sonuçların, akım tahmin literatürüne katkıda bulunması beklenmektedir.

Fırat-Dicle Havzası uygulamasında, günlük akımları tahmin etmek için, DAR, MDAR, IDW, ISW, SM ve SMS yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemlerin uygulaması için, eksiksiz ve uzun yıllara dayanan akım verilerine sahip Orta Fırat Havzası'ndan 8 ve Yukarı Fırat Havzası'ndan 7 akım gözlem istasyonu seçilmiştir. Her bir havza kendi içinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir. IDW ve ISW yöntemlerinin üç farklı güç parametresi (1, 2 ve 3), günlük akım değerlerini tahmin etmek için doğruluk ve uygunluklarını belirlemek amacıyla karşılaştırılmıştır. SM ve SMS yöntemlerinde kullanılacak uzun dönem akım istatistiklerini tahmin etmek için bölgesel çok değişkenli aşamalı regresyon yöntemi kullanılmıştır. Akımların yıllık ve aylık bazda ortalama ve standart sapma değerleri çeşitli hidrometeorolojik ve hidromorfolojik değişkenlere bağlı olarak hesaplanmıştır. Kaynak istasyonlar, her bir hedef istasyon için coğrafi yakınlığa, fiziksel benzerliğe ve korelasyona bağlı olarak belirlenmiştir. Kaynak ve hedef istasyonlar arasındaki fiziksel benzerliği belirlemek için coğrafi, topografik ve iklim değişkenleri gibi temel özellikler göz önünde bulundurulmuştur. Performans ağırlıklı topluluk yöntemleri için mutlak hata, NSE, RSR ve PBIAS değerlerine dayalı tekli yöntem ağırlıklandırma sistemi geliştirilmiştir. 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinin tahmin performansı, tekli yöntemlerin tahmin performansı ile karşılaştırılmıştır. Ek olarak, günlük akım verileri gürültüyü azaltmak için ön işleme tabi tutulmuştur. Simetrik iki taraflı hareketli ortalama (MA), günlük akım verilerinin yumuşatılması (smoothing) için kullanılmıştır. İstatistiksel yöntemlerin tahmin performansı, gözlemlenen ve yumuşatılmış günlük akım verileri kullanılarak test edilmiş ve karşılaştırılmıştır. MA ile yumuşatılan günlük akım verilerini kullanan, DAR-MA, MDAR-MA, IDW-MA, ISW-MA, SM-MA, SMS-MA olarak adlandırılan istatistiksel yöntemler önerilmiştir. Yöntemlerin güvenilirliğini test etmek amacıyla blok bootstrap simülasyonu yöntemi kullanılmıştır. Her bir istasyon için elde edilen 1000 adet blok bootstrap verileri kullanılarak debi süreklilik eğrilerinin farklı hidrolojik durumlar için seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımları hesaplanmıştır ve %95 güven düzeyinde güven aralıkları belirlenmiştir. DAR, MDAR, IDW, ISW, SM, SMS, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemler ile elde edilen tahminlerin debi süreklilik eğrilerinin seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım değerlerinin bu aralıklar içinde kalıp kalmadığı test edilmiştir. Sonuç olarak, çalışmada kullanılan yöntemlerin, veri temininde güçlük çekilen su kaynakları projelerinde karar verme ve tasarım için kolaylıkla uygulanabilirliği gösterilmiştir.

IMPROVEMENT OF STREAMFLOW ESTIMATION IN UNGAUGED BASINS

SUMMARY

Water is a natural source of vital importance for all living things. The growing population and the resulting needs put pressure on the development of water resources. Knowing the amount of water available is one of the most important elements in the development of water resources. Therefore, the determination of the water movement in the hydrological cycle has gained importance. An important component of the hydrological cycle is the streamflow. Streamflow is measured by the gauging stations which are established at particular points of the river. For efficient use and development of water resources, these measurements must be complete, long-term and reliable. However, the lack of measurements in some rivers is the most important problem encountered in the development of water resources. Therefore, hydrological studies may be in the danger of being unscientific and uneconomic due to gauging stations that cannot be placed everywhere. Considering that smaller water resources will be utilized in the future, it is clear that streamflow estimation problem will increase. In order to solve this problem, it is important to make accurate and reliable streamflow estimates.

In the literature, there are many methods advanced for completing missing data or for estimating streamflow in ungauged basins. Especially in the last decade, researchers have adopted a variety of statistical methods that require the transfer of hydrological information from a gauged source (donor) basin to an ungauged (target) basin for streamflow estimation in ungauged basins. These methods are usually referred to as regional methods. In order to estimate daily streamflows, regression analysis (REG) method, drainage area ratio (DAR) method, multiple source stations based DAR (MDAR) method, inverse distance weighted (IDW) method, inverse similarity weighted (ISW) method, standardization with mean (SM) method, standardization with mean and standard deviation (SMS) method and various variations of these individual methods were applied to the study basins. Various ensemble methods were tried to investigate the applicability of weighted estimates of individual methods. Two separate studies were conducted, one in the Porsuk River Basin, which has sparse streamflow observations, and another in the Euphrates-Tigris Basin which is the richest basin of Turkey in terms of surface water. Nash-Sutcliffe efficiency (NSE), root mean square error (RMSE), RMSE-observations standard deviation ratio (RSR), determination of coefficient (R^2), percent bias (PBIAS) and relative error (RE) were used to evaluate the performance of each method.

Drainage area ratio (DAR) method is one of the oldest information transfer methods for obtaining streamflow values at the target station from the source station. This method is straightforward to apply and is in widespread use by hydrologists because it requires no additional information other than the streamflow values at the target station and the drainage areas of the source and target stations. In the traditional application

of this method, area normalized streamflow values are transferred from only single source station to the target station. In addition to the drainage area, there are some other factors that have a significant influence on unique streamflow characteristics of a station. Because the DAR method is used with only single source station, systematic errors can be encountered in the estimation of a target station. When more streamflow gauging stations are used to estimate streamflow for the target station, this method is referred to as the multiple source stations based drainage area ratio (MDAR) method. The MDAR method assumes that the streamflow estimates at the target station can be computed as the weighted average of the estimates of the multiple source stations selected.

The inverse distance weighted (IDW) method is one of the most widely used interpolation methods based on the geographical distance between the source and the target stations. This method can be considered as a variant of the DAR method. In the IDW method used in this study, area normalized streamflow values are directly transferred to a target station from multiple source stations. The IDW method estimates the streamflow value for the target station by taking the geographical distance between the source station and the target station as the weight. The closer the geographical distance between the source station and the target station is, the larger the influence on the target station will be. That is, when the distance decreases, the weight coefficient increases. The IDW method, also called an inverse distance to a power, is a weighted average interpolator and the main factor affecting the accuracy of the IDW method is the value of the power parameter. As the power parameter increases, more influence is given to the source stations close to the target station. In the literature, the value of the power parameter is commonly chosen as 2, which is known as the inverse distance square weighted. Alternatively, the inverse similarity weighted (ISW) method, which is similar to the IDW method, can be applied on the basis of multiple source stations. Unlike the IDW method, the ISW method uses the physical similarity distance instead of the geographical distance between the target and the source station.

Standardization with mean (SM) and standardization with mean and standard deviation (SMS) are common transfer methods for streamflows. SM method takes into account the ratio of streamflow to the mean streamflow. In this study, the SM method applied with annual (SM1) and monthly (SM12) variations. SM1 standardizes the daily time series with the annual mean streamflow, while SM12 standardizes the daily time series with monthly mean streamflow. Whereas, the SMS method is based on the assumption that the standardized streamflows at both a target and a source station are approximately equal. In this study, the SMS method applied with annual (SMS1) and monthly (SMS12) variations. The distinction between these variations of the SMS method is similar to the distinction between SM1 and SM12.

In the application of the Porsuk River Basin, firstly, REG, DAR, SM and SMS methods were used to complete the missing data at the target station. the most appropriate completing method was selected for each station. Missing data at each target station were completed using the source station whose data was available. Secondly, assuming that each station in turn is an ungauged basin, DAR, MDAR, IDW, SM and SMS methods were used to estimate daily streamflow. Statistical parameters (mean and standard deviation of the streamflow) used in the SM and SMS methods were calculated by suggested regression equations based on logarithmic relationships between statistical parameters and drainage area. In order to get more consistent estimation and reduce the uncertainties in the individual methods, the estimates from two or three of the individual methods were weighted according to their relative

performance and then combined to obtain the recommended ensemble estimates for each station. The performance of these ensemble methods was compared with that of the individual methods. Promising estimation results from ensemble methods were obtained for each station. In addition, selected percentiles for different hydrological conditions of the flow duration curves of the observed and the estimated data were compared. As a result, obtained successful results in such a poorly gauged basin are expected to contribute to the streamflow estimation literature.

In the application of the Euphrates-Tigris Basin, DAR, MDAR, IDW, ISW, SM and SMS methods were used to estimate daily streamflows. For the application of the methods, 8 streamflow gauging stations from the Middle Euphrates Basin and 7 streamflow gauging stations from the Upper Euphrates Basin, which have complete and long-term data were selected. Each basin has been evaluated separately. Three different power parameters (1, 2 and 3) of the IDW and ISW methods were compared to determine their accuracy and suitability for estimating daily streamflow values. The Regional multivariate stepwise regression method was used to estimate long-term streamflow statistics for use in SM and SMS methods. The mean and standard deviation values of the streamflows on an annual and monthly basis were calculated based on the various hydrometeorological and hydromorphological variables. The source stations were identified for each target station based on their geographical proximity, physical similarity, and correlation. Basin characteristics such as geographical, topographical, and climate variables were considered for determining the physical similarity between the source and target stations. The individual method weighting system based on absolute error, NSE, RSR and PBIAS values has been developed for performance-weighted ensemble methods. The estimation performance of various pairwise and triple combinations of the individual methods (ensemble methods) was compared with that of individual methods. In addition, the daily streamflow data were smoothed with the symmetric two-sided moving average (MA) filtering in order to reduce noise. The estimation performance of the statistical methods was tested and compared by using daily streamflow data with preprocessing and without preprocessing. The statistical methods using smoothed daily streamflow data by the MA, which are referred to as DAR-MA, MDAR-MA, IDW-MA, ISW-MA, SM-MA, SMS-MA were proposed. Block Bootstrap simulation method was used to test the reliability of the methods. By using 1000 block bootstrap data obtained for each station, the percentiles of the flow duration curves (values having exceedance probability) were calculated for different hydrological conditions and the 95% confidence interval was determined. It was tested whether the percentiles of the flow duration curves of the estimations obtained by DAR, MDAR, IDW, ISW, SM, SMS, and ensemble methods remain within these intervals. As a result, the methods used in the study have been shown to be easily applicable for decision making and design in water resources projects that have difficulty in obtaining data.



1. GİRİŞ

1.1 Konunun Anlam ve Önemi

Son yıllarda iklim değişikliği, küresel ısınma, kuraklık, nüfus artışı ve sanayileşme gibi birçok faktör su talebinde hızlı bir artışa neden olmuştur. Bundan dolayı, su kaynaklarının planlanması ve geliştirilmesi amacıyla yapılacak projelerin teknik ve ekonomik yapılabilirliği için hidrolojik çalışmalar önem kazanmıştır. Su ile ilgili her projede (havza yönetimi, baraj, gölet, regülatör vb. su yapılarının projelendirmesi, hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi, balıkların ve doğal hayatın korunması, çevresel etki değerlendirilmesi vb.) proje sahası için akarsudaki akımın miktarı, bilinmesi gereken en önemli parametredir. Akımı belirlemenin en güvenilir yolu akarsularda yapılan ölçümlerdir. Ancak, akarsuyun her noktasında akımı ölçmek mümkün değildir. Çünkü akım gözlem istasyonlarının kurulum ve işletme zorlukları, ekip yetersizlikleri, iklim ve ulaşım problemleri, kesit bozulmaları ve müdahaleleri gibi çözülmesi zor olan problemlerle karşılaşmaktadır. Ayrıca bazı akım gözlem istasyonlarında büyük miktarda eksik veri bulunmaktadır. Bu eksik veri, su kaynaklarının doğru planlaması açısından önemli sorunlar yaratmaktadır. Dünyanın birçok yerinde drenaj havzalarının ölçümü olmadığından veya yetersiz olduğundan, Uluslararası Hidroloji Bilimleri Birliği (IAHS), 2003-2012 yılları arasında “Ölçümü Olmayan Havzalarda Tahminler (PUB)” konusunda bilimsel bir on yıl başlatmıştır (Sivapalan ve diğ., 2003). Bu bilimsel etkinlik, ölçümü olmayan havzalar için akım tahminlerini iyileştirme çabasıdır. O zamandan beri, bölgeselleştirme yöntemlerinin geliştirilmesinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bununla birlikte, belirli bir bölge veya havza için evrensel bir yöntem yoktur. İhtiyaç duyulan yerlerde akım kayıtlarının bulunması her zaman mümkün olmadığından, ilgili bölgeye en uygun olanı belirlemek için çeşitli bölgeselleştirme yöntemlerinin test edilmesi gereklidir.

Bölgeselleştirme, ölçümü olmayan havzalarda akımın tahmin edilmesini amaçlayan istatistiksel bir süreçtir. Bölgeselleştirme yöntemleri, ölçümü olan kaynak (donör) istasyonların akımları kullanılarak ihtiyaç duyulan yerlerdeki (hedef) akımların tahmin

edilmesine yardımcı olur. Ölçümü olmayan havzadaki akım tahminleri kaynak istasyondan doğrudan etkilenir. Bu nedenle kaynak istasyonunun seçimi ölçümü olmayan havzadaki akımın tahmin edilmesinde çok önemlidir. Pratik uygulamalarda, kaynak istasyon genellikle ölçümü olmayan havzaya coğrafi olarak en yakın istasyon olarak seçilir. Ancak, coğrafi mesafe kaynak istasyonların seçimi için her zaman doğru olmayabilir. Bu nedenle coğrafi yakınlık yaklaşımının yanında alternatif yaklaşımların kullanılması ölçümü olmayan havzalarda akım tahminlerini iyileştirilebilir. Bu bakımdan mevcut verilerle uygulanabilir, aynı zamanda güvenilir ve karmaşık olmayan yöntemlerin hidrolojik çalışmalarda denenmesi faydalı olacaktır.

Sonuç olarak akım verilerinin doğru ve uzun süreli ölçülmesine, analiz edilmesine ve güvenilir akım tahminlerine ihtiyaç vardır. Çünkü uygulamacılar için su kaynaklarının planlanması ve geliştirilmesi aşamasında güvenilir akımlarla çalışılması kadar, karar vericiler için de işletme aşamasında güvenilir akım tahminlerinin yapılması büyük önem taşımaktadır. Gerek dünyada gerekse Türkiye’de ölçümü olmayan veya yetersiz olan akarsu havzalarında akım tahminlerinin iyileştirilmesi, su kaynaklarının etkili planlanması ve sürdürülebilir yönetimi açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın temel amaçları: (1) Türkiye’de ölçümü olmayan veya yetersiz olan akarsu havzaları için günlük akımların tahmin edilmesinde kullanılan istatistiksel transfer yöntemlerinin uygulanabilirliğini araştırmak; (2) en uygun kaynak istasyonları belirleyerek yöntemlerin tahmin performansını iyileştirmek; (3) tekli yöntemlerin performans ağırlıklı tahminlerinin uygulanabilirliğini araştırmak için çeşitli topluluk (ensemble) yöntemleri denemek; (4) veri ön işlemenin (eksik verilerin tamamlanması ve verilerin yumuşatılması) tahminlere etkisini araştırmak; (5) tahminler için güven aralıklarının belirlenmesinde, simülasyonu etkin bir araç olarak kullanmak olarak sıralanabilir. Bunun için, Porsuk Çayı Havzası ve Fırat-Dicle Havzası olmak üzere iki ayrı çalışma alanı seçilmiştir. Regresyon analizi (REG) yöntemi, drenaj alanı oranı (DAR) yöntemi, çoklu kaynak istasyona dayalı DAR (MDAR) yöntemi, ters mesafe ağırlıklı (IDW) yöntemi, ters benzerlik ağırlıklı (ISW) yöntemi, ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM) yöntemi, ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS) yöntemi ve performans ağırlıklı topluluk yöntemleri günlük akımları tahmin etmek için uygulanmıştır.

Yöntemlerin tahmin performanslarını değerlendirmek için Nash-Sutcliffe etkinliği (NSE), kök ortalama kare hata (RMSE), RMSE-gözlem standart sapma oranı (RSR), belirleme (determinasyon) katsayısı (R^2), yüzde eğilim (PBIAS) ve bağıl hata (RE) değerleri kullanılmıştır. Verilerin yumuşatılması için merkezi (simetrik iki taraflı) hareketli ortalama (MA) yöntemi ve güven aralıklarının belirlenmesi için bootstrap yöntemi kullanılmıştır. Türkiye’de bu kapsamda bir çalışma ilk kez yapılmıştır.

1.3 Özgün Değer

Bu çalışma, akım tahminlerinde istatistiksel yöntemlerin başarısının artırılması ve daha iyi akım tahminlerinin elde edilmesi konusunda Türkiye'deki ilk kapsamlı araştırmadır. Ölçümü olan bir havzada mevcut olan akımların bilgisini yalnızca morfolojik ve meteorolojik özelliklerin mevcut olduğu havzaya transfer etmek için, literatürde kullanılan istatistiksel yöntemler farklı varyasyonlarıyla Türkiye’de çeşitli akarsu havzalarına uygulanmıştır. IDW yöntemine alternatif olarak hedef ve kaynak istasyon arasındaki coğrafi mesafe yerine fiziksel benzerliğe dayanan ISW yöntemi günlük akımları tahmin etmek için kullanılmıştır. Ayrıca IDW ve ISW yöntemleri için farklı güç parametrelerine (1, 2 ve 3) göre tahminler elde edilerek güç parametresi seçiminin tahmin sonuçlarına etkisi araştırılmıştır. SM ve SMS yöntemlerinde kullanılan hedef istasyonların uzun dönem istatistiksel parametrelerini elde etmek için regresyon denklemleri önerilmiştir. Daha anlamlı ve tutarlı tahminler elde etmek için, iki ve üç tekli yöntemi farklı şekillerde birleştiren performans ağırlıklı topluluk (ensemble) yöntemleri önerilmiştir. Performans ağırlıklı topluluk yöntemleri için mutlak hata, NSE, RSR ve PBIAS değerlerine dayalı tekli yöntem ağırlıklandırma sistemi geliştirilmiştir. Kaynak istasyonların çok kriterli seçiminin ve hareketli ortalama (MA) ile veri ön işlemenin akım tahminlerine etkisi araştırılmıştır. Kaynak istasyon seçiminde geleneksel olarak uygulanan coğrafi yakınlık yaklaşımının yanında fiziksel benzerlik ve korelasyon yaklaşımları da uygulanmıştır. Simülasyon ile türetilen akım verileri kullanılarak elde edilen debi süreklilik eğrilerinin farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımların güven aralıkları belirlenmiştir ve tahminlerin bu güven aralıkları içinde kalıp kalmadığı incelenmiştir. Çalışma bu kapsamıyla, Türkiye’de ölçümü olmayan veya yetersiz olan akarsu havzalarında yapılacak hidrolojik çalışmalara önemli bir kaynak oluşturacaktır.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmanın her bir aşaması için ayrı ayrı başlıklar altında ayrıntılı bir literatür araştırması verilmiştir. Bu başlıklar sırasıyla, akım tahmin yöntemleri, kaynak istasyonların seçilmesi, veri ön işleme (eksik verilerin tamamlanması ve verilerin yumuşatılması) ve güven aralıklarının belirlenmesi ile ilgili genellikle son on yılda yapılan çalışmaları içermektedir.

2.1 Akım Tahmin Yöntemleri

Drenaj alanı oranı yöntemi, Kuzey Dakota ve Minnesota bölgelerinde aylık akımı tahmin etmek için birçok çalışmada (Wiche ve diğ, 1989; Guenther ve diğ, 1990; Emerson ve Dressler, 2002) yaygın olarak kullanılmıştır. Yöntemin kullanımı kolaydır ve az veri gerektirir. Bu nedenle, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) tarafından, drenaj alanı oranı yönteminin geçerliliğini değerlendirmek amacıyla Kuzey Dakota ve Minnesota eyaletlerindeki Kuzey Havzasının Red Nehri'nde bir araştırma çalışması yapılmıştır. Araştırmada, 27 adet akım gözlem istasyonunun 1971-2000 yılları arasında gözlemlenen aylık verileri kullanılmıştır. Aylık akımın tahmini için drenaj alanının, ana kanal eğiminin ve yağışın önemli değişkenler olup olmadığını belirlemek için çoklu regresyon yöntemi uygulanmıştır. Her üç mevsim, kış (Ocak, Şubat, Kasım ve Aralık), ilkbahar (Mart, Nisan ve Mayıs) ve yaz (Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim) için ayrı bir regresyon analizi yapılmıştır. Potansiyel açıklayıcı değişkenler olarak drenaj alanı, ana kanal eğimi, kış / ilkbahar yağışları ve yaz yağışları kullanılmıştır. Kış ve yaz akımları için regresyon analizlerinin sonuçları, bahar akımı için regresyon analiz sonuçlarına benzer bulunmuştur. Drenaj alanının, hem kış hem de yaz akımları için en önemli değişken olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, regresyon denklemleri genel olarak Kuzey Dakota istasyonları için akımları yüksek tahmin ederken, Minnesota istasyonları için akımları düşük tahmin etmiştir. Bu nedenle, drenaj alanı oranı için üstel ve düzeltme katsayıları kullanılarak bu hata oranı minimize edilmiştir. Drenaj alanı oranının üstel katsayısı, akım ve drenaj alanı arasındaki bir regresyon denklemi

ile hesaplanmıştır. Drenaj alanı oranının üstel katsayıları kış mevsimi için 0.85, ilkbahar mevsimi için 0.91 ve yaz mevsimi için 1.02 olarak bulunmuştur. Düzeltme katsayıları ise, kış, ilkbahar ve yaz denklemleri için sırasıyla 1.24, 1.02 ve 1.06 olarak bulunmuştur (Emerson ve diğ, 2005). USGS'nin, Teksas eyaletindeki araştırma çalışmasında da günlük akımları tahmin etmek için drenaj alanı oranının üstel ve düzeltme katsayıları sunulmuştur (Asquith ve diğ, 2006). Ancak genel olarak literatürde bazı yetersizlik ve belirsizliklerden dolayı drenaj alanı oranının üstel ve düzeltme katsayılarının 1 olduğu kabul edilir (Hirsch, 1979; Ries ve Friez, 2000; Perry ve diğ, 2002; Wurbs, 2005; Asquith ve diğ, 2006).

Farmer ve Vogel (2013), ölçümü olmayan bölgelerde aylık akım tahmini için tüm ABD'de yaklaşık 1300 ölçüm istasyonunda çalışma yapmışlardır. Çalışmada, üç akım transfer yöntemi kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla, drenaj alanına göre akımların standartlaştırılması (DAR), ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM), ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS) yöntemleridir. Akım transfer yöntemlerinde kullanılan akım istatistiklerini tahmin etmek için aşamalı bölgesel regresyon kullanılmıştır. Drenaj alanı, yağış, sıcaklık, evapotranspirasyon ve kuraklık indeksi (yağışın potansiyel evapotranspirasyona oranı olarak tanımlanmış) gibi parametreler kullanılarak bölgesel hidrolojik regresyon yöntemleri geliştirilmiştir. Bu regresyonlarla SM ve SMS yöntemlerinde, ölçümü olmayan bölgelerde akımların ortalama ve standart sapması tahmin edilmiştir. Yöntemlerden elde edilen sonuçlara dayanarak tahminlerin iyileştirilmesi için harmanlanmış performans ağırlıklı bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen bu harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşım iki yöntemin (DAR ve SM veya SMS) ağırlıklı ortalamasıdır. Böyle bir harmanlanmış tahmin edicinin, her bir yöntemin avantajlarını arttırarak ve dezavantajlarını en aza indirerek iki yöntemin uygun bir ağırlığını sağladığı ifade edilmiştir. Yöntemlerin performansının değerlendirilmesinde Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), yüzde hata istatistiği (PBIAS) kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, DAR yönteminin oldukça iyi performans gösterdiği ancak bölgelerin %42'sinde SM ve SMS yöntemlerinin DAR'a göre daha üstün olduğu gözlemlenmiştir. SM ve SMS yöntemlerinin DAR'a göre bağıl performansının genellikle bölgedeki kuraklık oranı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. NSE ölçütüne göre yaklaşık 1300 ölçüm istasyonunun %60'ında, harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımın tahmin performansı, DAR yönteminin tahmin performansından daha iyi bulunmuştur.

Waseem ve diğ. (2015), nehir akımı kayıtlarının sınırlı olduğu Pakistan’da ölçümü olmayan bölgelerde belirli aşılma olasılığına sahip akımlar için geliştirdikleri yeni bir ensemble hidrolojik tahmin (EHP) kavramını önermişlerdir. Ensemble hidrolojik tahmin yöntemi, harmanlanmış bir hidrolojik tahmin edicidir. Kavramın arkasındaki temel fikir, drenaj alanı oranı (DAR), ters mesafe ağırlıklı (IDW) ve bölgesel regresyon analizi (RRA) olmak üzere iyi bilinen üç bölgesel yöntemin, bağıl performans ağırlıklarını kullanmak ve ölçümü olmayan bölgelerde daha iyi bir son tahmin (FP) elde etmektir. Böylece bölgesel transfer yöntemlerinin dezavantajlarının en aza indirilmesi sağlanmıştır. Çalışma alanı, Pakistan’ın kuzey kesiminde sekiz havzadan oluşmaktadır. Elde edilen genel sonuçlar, önerilen EHP yönteminin, bölgesel transfer yöntemlerinin her birine kıyasla ölçümü olmayan bölgelerde seçilen 15 aşılma olasılığına karşılık gelen akımları ($Q_{0.1}$, $Q_{0.5}$, Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{40} , Q_{45} , Q_{50} , Q_{55} , Q_{60} , Q_{75} , Q_{80} , Q_{85} , Q_{90} , Q_{99}) tahmin etmek için daha iyi olduğunu göstermiştir. Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), yüzde hata istatistiği (PBIAS) ve bağıl hata (RE) performans ölçütlerine göre, EHP’nin ölçümü olmayan havzaların hidrolojik tahmini için yapıcı bir alternatif olduğu sonucuna varılmıştır.

Razavi ve Coulibaly (2016), Kanada’nın Ontario eyaletinde ölçümü olmayan akarsu havzalarında günlük akımı tahmin etmek için iki veri odaklı (IDW-PS ve MLP-IDW) ve iki hidrolojik (SAC-IDW ve MAC-IDW) olmak üzere dört bölgesel yöntem geliştirmişlerdir. Ters mesafe ağırlıklı ve fiziksel benzerlik (IDW-PS), IDW-PS ile birleştirilmiş çok tabakalı algılayıcı (MLP-IDW), MAC-IDW, SAC-IDW ve topluluk yöntemi, hidrolojik açıdan homojen dört havza kümesine uygulanmıştır. MAC-IDW yönteminde, yöntem parametreleri IDW-PS yaklaşımı kullanılarak aktarılırken, nehir akımı zaman serileri MAC-HBV yöntemi (Samuel ve diğ, 2011) kullanılarak üretilir. SAC-IDW yönteminde ise, yöntem parametreleri IDW-PS yaklaşımı kullanılarak aktarılırken, nehir akımı zaman serileri SAC-SMA yöntemi (Burnash ve diğ, 1973) kullanılarak üretilir. Bölgesel yöntemlerin belirsizlik aralığını ortaya koymak için topluluk (ensemble) yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, MLP-IDW yönteminin genelde düşük performansa sahip olmasına ve IDW-PS yönteminin havzaların çoğunda diğer yöntemlerden daha iyi performans göstermesine rağmen, tek başına dört yöntemin hiçbiri, seçilen 90 havzanın tamamında iyi performans göstermemiştir. Dört yöntemin bir birleşimi (topluluk yöntemi), günlük akımın tahmin performansını önemli ölçüde arttırabilmiştir. Dört yöntemin birleşimi, tekli

yöntemlerin başarısız olduğu geniş kuzey havzaları da dahil olmak üzere, havzaların çoğunda daha güvenilir bir performans göstermiştir. Sürekli sıralı olasılık sayılarına (CRPS) göre, topluluk yöntemleri tekli yöntemlerden daha iyi performans göstermiştir.

Li ve diğ. (2019), Çin'in doğusundaki bir göl havzasında, parametre transferi (PT) olarak adlandırılan model parametresine dayalı yöntemi ve drenaj alanı oranı (DAR) yöntemini ölçümü olmayan havzalarda akım tahmini için test etmişlerdir. Çalışmada, kaynak ve hedef istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranı 0.46 ile 1.41 arasında değişmektedir ve DAR yönteminin bu çalışma alanı için uygun olduğu gösterilmiştir. PT ve DAR yöntemlerinden elde edilen günlük ve aylık akım tahminleri karşılaştırılmıştır. PT ve DAR yöntemlerinin performansları karşılaştırıldığında, NSE ve R^2 değerlerine göre kaynak ve hedef istasyonları belirlemek için havza fiziksel ve iklim özelliklerini kullanan PT yöntemi, DAR yönteminden daha iyi bulunmuştur. PT yöntemi DAR yöntemi ile birleştirildiğinde, ölçümü olmayan havzalarda günlük ve aylık akım tahminleri iyileşmiştir. Topluluk yönteminin NSE ile ağırlıklandırılmış versiyonu en iyi performansı sergilemiştir ve hedef istasyonların %75'i için geliştirilmiş tahminler vermiştir.

Akım ölçümü olmayan veya yetersiz olan havzalar konusunda Türkiye’de yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Şentürk (2008), akım gözlem istasyonu olmayan bir akarsu en kesitindeki su potansiyelini tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen Çoruh havzasında en uygun bölgesel debi süreklilik modeli belirlenerek seçilen test istasyonlarının debi süreklilik eğrileri başarıyla tahmin edilmiştir. Çalışmada debi süreklilik eğrilerini elde etmek için aylık akımlarla çalışılmıştır. Bu yöntemin hidroelektrik enerji potansiyeli bulunan fakat akım gözlem istasyonu bulunmayan havzalarda su potansiyelinin belirlenmesinde yararlı bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen “Akım Ölçümü Olmayan Havzalarda Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi” adlı araştırma projesi kapsamında Türkiye’nin en çok yağış alan Doğu Karadeniz Bölgesi ya da bir bölümü için hidrolojik modelleme çalışmaları yapılmıştır. Agiralioglu ve diğ. (2017), bu bölgede planlanan küçük hidroelektrik santrallerin hidroelektrik potansiyelini belirlemek için, yağış-yükseklik, havza ortalama yağış ve ortalama havza yüksekliği yöntemlerini kullanarak aylık akımları tahmin etmiştir. Bu

proje kapsamında yapılan bir diğer çalışmada ise uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile belirlenen topografik parametreler ve eş yağış eğrilerinden elde edilen ortalama alansal yağış bilgileri çoklu regresyon analizleri elde edilen akım denkleminde kullanılarak istasyon noktalarına ait akım değerleri hesaplanmıştır (Algancı ve diğ, 2010). Bu proje kapsamında desteklenen bir yüksek lisans çalışmasında, ölçümü olmayan veya yetersiz olan akarsu havzalarında akım değerlerini tahmin etmek için hem çoklu regresyon analizi kullanılarak hem de debi süreklilik eğrisi üzerinde çalışılarak hidrolojik modelleme yapılmıştır. Debi süreklilik bağıntılarının geliştirilmesinde %5, %50 ve %95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlar kullanılmıştır (Beşiktaş, 2010). Eris ve Agiralioglu (2018), Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesimi için akımın mekansal dağılımını belirlemek amacıyla akım haritaları oluşturmuştur. Çalışma alanındaki yıllık ortalama akım derinliği, jeostatistiksel enterpolasyon yöntemleri olarak ordinary ve universal kriging yöntemleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Kriging yöntemleri, akım verileri ve havza alanı arasındaki basit regresyon ile karşılaştırılmıştır. Kriging modellerinin performansı, regresyon modelinden daha üstün bulunmuştur. Akım derinliği haritasının Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ölçümü olmayan yerlerde akım tahmini için yararlı bir araç olabileceği belirtilmiştir.

Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) tarafından desteklenen “Ölçümü Olmayan Havzalarda Hidroistatistiksel Akım Tahmini Modelinin Oluşturulması” adlı araştırma projesi kapsamında İyidere, Murat, Göksu ve Çoruh havzaları örnek uygulama bölgeleri seçilerek aylık akımları tahmin etmek için bir uygulama yazılımı geliştirilmiştir (Selek ve diğ, 2017a; Selek ve diğ, 2017b; Selek ve diğ, 2019a; Selek ve diğ, 2019b). Proje kapsamında, uygulamada kullanılan akım taşıma yöntemleri, geleneksel olarak kullanılan drenaj alanı oranı ile akımların standartlaştırılması (DAR) yönteminin yanı sıra ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM), ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS) ve bu yöntemlerle DAR yönteminin harmanlandığı performans ağırlıklı yöntemler ile aylık akım tahminleri gerçekleştirilmiştir. Hidroistatistiksel modellerde ihtiyaç duyulan bölgesel regresyon için kolaylıkla temin edilebilecek hidroklimatolojik ve hidromorfolojik veriler girdi olarak kullanılmıştır. Geliştirilen yazılım girilen veriler ile akım taşıma yöntemleri için aylık akım tahminlerini oluşturmakta ve sonuçlar ise Nash-Sutcliffe Etkinliği (NSE) ile uygunluğu değerlendirilmektedir. Akım ölçümü olmadığı varsayılan istasyondaki

akımlar havzadaki diğer istasyonlar kaynak kabul edilerek hesaplanmakta ve NSE değerlerine göre en başarılı kaynak ve yöntem seçilebilmektedir. Bu sonuçlardan yararlanarak akım ölçümü olmayan bir proje yeri için aylık akımlar tahmin edilebilmektedir.

2.2 Kaynak İstasyonların Seçilmesi

Ölçümü olmayan akarsu havzalarında akımları tahmin etmek için yöntemler, genellikle ölçümü olmayan istasyona akım verilerini aktaran kaynak istasyona gereksinim duyar. Bu nedenle uygun kaynak istasyonun seçilmesi, ölçümü olmayan havzalarda akım tahmini ile ilgili temel zorluklardan biridir. Uzun süreli ve kesintisiz akım kayıtlarına sahip bir kaynak istasyon seçmek, eksik verileri tahmin etmek için transfer yöntemlerinin seçilmesinden daha önemlidir (Hirsch, 1979). Kaynak istasyon genellikle hedef istasyona coğrafi olarak en yakın istasyon olarak seçilir (Smakthin ve Weregala, 2005; Emerson ve diğ, 2005; Asquith ve diğ, 2006; Mohamoud ve Parmar, 2009; Esralew ve Smith, 2009; Archfield ve Vogel, 2010; Patil ve Stieglitz, 2012). Kaynak istasyon olarak en yakın akım istasyonunu seçmek yaygın uygulamada tercih edilmekle birlikte, birincil kaynak istasyon seçim kriteri olarak coğrafi mesafenin kabul edilmesi her zaman doğru olmayabilir. Hedef istasyon için uygun kaynak istasyonu seçerken, kaynak ve hedef istasyon arasındaki drenaj alanı, kot, yağış, sıcaklık, enlem ve boylam gibi fiziksel benzerlikler de dikkate alınmalıdır (Oudin ve diğ, 2008; Arsenault ve Brissette, 2014). Hedef istasyona en yakın fiziksel benzerliğe sahip olan istasyon hedef istasyonun kaynak istasyonu olarak kullanılabilir (Burn ve Boorman, 1993; Young, 2006; Bardossy, 2006; Parajka ve diğ, 2007; Oudin ve diğ, 2008; Arsenault ve Brissette, 2014; Yang ve diğ, 2017; Poissant ve diğ, 2017). Hedef istasyonda bazı akım verileri mevcut olduğunda, istasyonların akım verileri arasındaki korelasyon da dikkate alınmalıdır. En korelasyonlu istasyon, hedef istasyondaki akım değerlerini tahmin etmek için kaynak istasyon olarak kullanılabilir. Coğrafi olarak en yakın istasyon yerine en korelasyonlu istasyonu kaynak istasyonu olarak kullanmak, hedef istasyon için daha iyi tahmin sonuçları sağlayabilir (Archfield ve Vogel, 2010; Ergen ve Kentel, 2016). Ancak akım korelasyonunun hesaplanamadığı durumlar için fiziksel benzerlik gibi çeşitli alternatif yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Öte yandan, tek bir kaynak istasyon kullanmak yerine birden fazla kaynak istasyonu kullanmak daha

başarılı bir akım tahmini sağlanabilir (Hughes ve Smakhtin, 1996; Shu ve Ouarda, 2012).

Zhang ve Chiew (2009), Avustralya'nın güneydoğusunda 210 havzada yaptıkları çalışmada, ölçümü olmayan havzalarda akım tahminlerinde kaynak havzaların akıllı seçiminin yararlı olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Kaynak havzaların seçimi için yaygın olarak kullanılan yaklaşımlar arasındaki farkın az olduğu ve mekansal yakınlık yaklaşımının (coğrafi en yakın havza, kaynak havza olarak kullanılır) fiziksel benzerlik yaklaşımından (en benzer özellikli havza, kaynak havza olarak kullanılır) daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir. Mekansal yakınlık ve fiziksel benzerlik yaklaşımlarının bir arada kullanıldığı birleşik yaklaşımın ise mekansal yakınlık yaklaşımından çok daha iyi performans sergilediği gösterilmiştir.

Archfield ve Vogel (2010), ölçümü olmayan istasyona en yakın istasyonu kaynak istasyon olarak seçmenin tutarlı olmadığını göstermişlerdir. Kaynak akım gözlem istasyonunu belirlemek için harita korelasyon yöntemi (MCM) adı verilen yeni bir yöntem önerilmiştir. Harita korelasyon yöntemi, ölçümü olan istasyonlar arasından ölçümü olmayan istasyon ile en iyi korelasyona sahip olanı kaynak istasyon olarak seçmeyi hedeflemektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeydoğusunda Yeni İngiltere (New England) olarak adlandırılan bölgenin güneyinde bulunan 28 akım gözlem istasyonunda günlük akımların tahmininde harita korelasyon yöntemi ile seçilen kaynak istasyonla yapılan tahminler, en yakın kaynak istasyonla yapılan tahminlerden genellikle daha iyi bulunmuştur.

Patil ve Stieglitz (2012) Amerika Birleşik Devletleri (ABD) sınırları içerisinde çeşitli iklim, jeolojik ve topografik koşullarda 756 adet havzanın verilerini kullanarak kaynak ve hedef istasyonlar arasında coğrafi yakınlığa dayanan hidrolojik benzerliğin tanımlanmasının, ölçümü olmayan havzalarda tahmin için uygun olup olmadığını incelemişlerdir. Yakındaki havzalar arasındaki benzerlik, ters mesafe ağırlıklı (IDW) enterpolasyon kullanılarak ölçülmüştür. Bu yöntemin akım benzerliğini tanımlamakta kıtasal ABD ölçeğinde son derece etkili olduğu gösterilmiştir. ABD'de çeşitli coğrafi bölgelerde ölçümü olmayan havzalarda günlük akımların geçmişe yönelik tahmini için yakın havzalardan akım değerlerini aktarmanın yararlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Giustarini ve diğ. (2016), hidrolojik akım zaman serilerindeki eksiklikleri tamamlamak için “gapIt” adını verdikleri yazılımı, Lüksemburg ölçüm ağının 24

istasyonuna ait 2007-2013 yılları arasında 7 yıllık günlük akım zaman serilerindeki eksikliklere uygulamışlardır. Bu yazılım, eksik verileri tahmin etmek için kullanılan kaynak istasyonları otomatik olarak seçmek için çeşitli seçenekler sunmaktadır. Bu seçenekler, coğrafi olarak en yakın istasyon, en yakın zaman serisine sahip istasyon, memba veya mansap istasyondur. Zaman serileri arasındaki benzerlik, geleneksel öklid uzaklık ölçüsünden farklı bir uzaklık ölçüsü yöntemi olan dinamik zaman bükmesi (DTW) (Berndt ve Clifford, 1994) kullanılarak hesaplanmıştır. Daha önce genellikle konuşma tanıma alanında kullanılan DTW uzaklık ölçüsü hidrolojide kullanılmıştır (Ouyang ve diğ, 2010). Hem coğrafi olarak en yakın istasyonun hem de en yakın zaman dizisine sahip olan istasyonun, hedef istasyonla aynı havzaya ait olmayabileceği vurgulanmıştır. Buna ek olarak, kaynak istasyonların farklı birleşimlerinin duruma bağlı olarak uygulanabileceği belirtilmiştir. Örneğin algoritma ve/veya kullanıcı, mansap istasyonu kullanabilir ve coğrafi olarak en yakın istasyonu görmezden gelebilir. Uygulamada, sınırlı bir alanda çalışıldığından hedef ve kaynak istasyon arasındaki mesafe için herhangi bir sınır belirlenmemiştir. Ancak daha büyük bölgelerde çalışırken, kaynak istasyonları aramada, mekansal sınırların uygulanması öngörülmüştür.

Razavi ve Coulibaly (2016), ölçümü olmayan havzalarda günlük akım tahmini çalışmalarında, ters mesafe ağırlıklı ve fiziksel benzerlik (IDW-PS) yöntemini kullanmışlardır. IDW-PS yöntemi, ölçümü olmayan olarak kabul edilen dört kümenin tüm havzalarına uygulanmıştır. Akım tahmini gücü yüksek yedi havza özelliği olarak enlem, boylam, ortalama eğim, ortalama yükselme, köklenme derinliği 150 cm'den büyük bitki örtüsü ile kaplanan alan, orman alanı ve buzul akarsu yatakları alanı seçilmiştir (Samuel ve diğ, 2011). IDW-PS yöntemi ile bir küme içerisinde fiziksel olarak benzer ve coğrafi olarak en yakın olan 3 kaynak havza belirlenmiştir.

2.3 Veri Ön İşleme

2.3.1 Eksik verilerin tamamlanması

Hidrolojide kaynak istasyondan gelen verileri kullanarak hedef istasyondaki eksik verileri tahmin etmek için çeşitli yöntemler kullanılır. Eksik verileri tahmin etmede literatürde en sık kullanılan yöntemler, tekli ve çoklu regresyon analizi (Tencaliec ve diğ. 2015), kriging ve ters mesafe ağırlıklı (IDW) gibi enterpolasyon yöntemleri (Patil ve Stieglitz, 2012), zaman serileri analizi (Elshorbagy ve diğ, 2000; Panu ve diğ,

2000), yapay sinir ağıları (Elshorbagy ve diğ, 2002; Dastorani ve diğ, 2010) ve istatistiksel akım transfer yöntemleridir (Yılmaz, 2014; Yılmaz ve Onoz, 2019; Yılmaz ve Onoz, 2020). Debi gidiş çizgisinden faydalanarak, debinin belli bir değere eşit veya ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanır ve akımlar düşey ekseninde, zaman yüzdeleri yatay ekseninde gösterilerek çizilen debi süreklilik eğrileri, eksik verileri tahmin etmek için de kullanılabilir (Hughes ve Smakhtin, 1996; Mohamoud, 2008; Saka ve Yüksek, 2017). Ayrıca, istatistiksel yazılım paketlerinde beklenti maksimizasyonu ve en yakın komşular gibi algoritmalar eksik verileri tahmin etmek için kullanılabilir (Giustarini ve diğ, 2016). Ayrıca, hedef istasyondaki eksik veri, ortalama değer atanması yöntemi (hedef istasyonun kayıtlı verilerinin ortalaması) kullanarak kolayca değiştirilebilir. Açıkçası, bu yöntem iyi bir temsil sunmayabilir (Gill ve diğ, 2007). Tek bir yöntemle bağlı kalmadan, eksik verileri olabildiğince çok farklı yöntemle tahmin etmek ve diğerleriyle kıyaslayarak en iyi yöntemi kullanmak büyük önem taşımaktadır (Bakış ve Göncü, 2015).

2.3.2 Verilerin yumuşatılması (smoothing)

Wu ve diğ. (2009), hareketli ortalama (MA), tekil spektrum analizi (SSA) ve dalgacık çoklu çözünürlük analizi (WMRA) veri ön işleme yöntemlerini, günlük akımların tahminini iyileştirmek için yapay sinir ağı (ANN) ile birleştirmişlerdir. Orijinal ANN modeli ve veri ön işleme yöntemleri ile birleştirilen ANN modelleri kurulmuş ve değerlendirilmiştir. Çin'deki iki farklı havzadaki günlük akım serisi kullanılmıştır. Her üç veri ön işleme yöntemi ANN performansını arttırmıştır. MA ile birleştirilen ANN modeli olarak adlandırılan ANN-MA, tüm altı model arasında en iyi performansı göstermiştir.

Wu ve diğ. (2010), Hindistan ve Çin'den dört yağış verisi (aylık iki veri, günlük iki veri) tahminlerini iyileştirmek için veri ön işleme yöntemleriyle birleştirilmiş modüler yapay sinir ağının (MANN) kullanılmasını önermiştir. Doğrusal regresyon (LR), k-en yakın komşular (K-NN) ve yapay sinir ağı (ANN) yöntemlerinin her biri sırasıyla hareketli ortalama (MA), temel bileşen analizi (PCA) ve tekil spektrum analizi (SSA) dahil olmak üzere üç veri ön işleme yöntemi ile birleştirilmiştir. Sonuçlar, SSA ile birleştirilen yöntemlerin performansında kayda değer bir iyileşme olduğunu, MA veya PCA ile birleştirilen yöntemlerin performansında iyileşmenin çok az olduğunu ve

önerilen MANN ile SSA birleştğinde, MANN'ın diğer modellere göre avantajlarının oldukça fazla olduğunu göstermiştir.

Wu ve diğ. (2013), veri ön işleme yöntemleriyle birleştirilmiş modüler modellerin yağış tahmininin doğruluğunu arttırmadaki etkisini araştırmışlardır. Çin ve Hindistan'daki farklı bölgelerden aylık iki yağış verisi ve günlük iki yağış verisinden oluşan dört yağış verisi, modüler modelin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Modüler modeller, destek vektör regresyonunu (SVR) ve yapay sinir ağlarını (ANN) içermektedir. Hareketli ortalama (MA) ve tekil spektrum analizi (SSA) olmak üzere iki veri ön işleme yöntemini kullanmışlardır. Sonuçlar, MA'nın ANN ile birleştğinde SSA'dan daha üstün olduğunu göstermiştir. Ancak model, düşük şiddetli yağışları çoğunlukla iyi tahmin etmesine rağmen, yüksek şiddetli yağışları düşük tahmin etmiştir.

Nhita ve diğ. (2015), Endonezya'da Bandung Regency bölgesinden elde edilen yağış verisini dört tip hareketli ortalama (MA) algoritması (basit MA, merkezi MA, çift MA ve ağırlıklı MA) kullanarak analiz etmişlerdir. Veri ön işleme tabi tutulduktan sonra, bu yağış verilerini gelişen sinir ağı (ENN) sınıflandırıcısında kullanarak, bir aylık yağış tahmini yapmışlardır. Bir aylık yağış tahminini, merkezi MA kullanarak ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değerine göre %84.34 doğrulukta elde etmişlerdir.

Mehr ve Kahya (2017), tek bir istasyonun akım tahmini için parsimoni (doğru ve basit) bir model geliştirmek amacıyla bir Pareto-optimum hareketli ortalama genetik programlama (MA-MGGP) yaklaşımını önermişlerdir. Bu yaklaşım, Türkiye'de Senoz Deresi'ndeki bir istasyonun günlük akım kayıtları kullanılarak test edilmiştir. Veri ön işleme, önerilen MA-MGGP günlük akım tahmin modelinin ilk aşamasıdır. Bu aşamada, gecikmeli akım serilerinin her biri, düşük uzunluktaki veri ön işleme ile yavaş değişen akım sinyaline dönüştürülmüştür. Gecikmeli akım serisini yumuşatmak için hareketli ortalama (MA), 3, 5 ve 7 gün uzunluğunda uygulanmıştır. Önerilen model, hem tahmin doğruluğu hem de basitlik açısından genetik programlama (GP), multi-gen genetik programlama (MGGP) ve çok değişkenli doğrusal regresyon (MLR)'den daha üstün bulunmuştur.

Zhou ve diğ. (2018), Çin'de aylık akım tahmini için geliştirdikleri yapay sinir ağları (ANN) modellerini oluşturmada önce, akım serisinin salınımlarını ortadan kaldırmak

için ampirik dalgacık dönüşümü (EWT) veri ön işleme yöntemini kullanmışlardır. Aylık akım zaman serilerinin salınımlarını bir dereceye kadar gidermişlerdir. Sonuçlar, EWT ile birleştirilmiş modellerin daha başarılı olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, EWT'yi, aylık akım tahmini için etkili bir veri ön işleme yöntemi olarak önermişlerdir.

2.4 Güven Aralıklarının Belirlenmesi

Son yıllarda, hidrolojideki belirsizliğin değerlendirilmesine ve hidrolojik modelleme ve tahmin üzerindeki olası etkilerinin analiz edilmesine artan ilgi vardır (Montanari ve Brath, 2004; Montanari ve Grossi, 2008). Tahmin belirsizliğini ölçmek ve azaltmak, su yönetiminin planlanması, geliştirilmesi ve karar verme için gereklidir (Butts ve diğ., 2004; Liu ve Gupta, 2007). Belirsizlik analizi hidrolojik modelleme sürecinin çok önemli bir parçasıdır (Schoups ve Vrugt, 2010). Çoğu durumda, tahminlerin belirsizliğini temsil etmek için güven aralıkları oluşturulur (Chen ve diğ., 2016). Örneğin, %95 güven aralığı, ihtimal oranının gerçek değerini %95 oranında kapsayacağından emin olunan aralıktır. %95 güven aralığı, modelle ilgili tahminlerin aralığı hakkındaki diğer istatistiksel değerlerden daha fazla bilgi sağlar (Noori ve diğ., 2010).

Literatürde, model belirsizliğini tahmin etmek için bazı yöntemler önerilmiştir. Shrestha ve Solomatine (2008), belirsizlik yöntemlerini geniş bir şekilde altı kategoride sınıflandırmıştır: (1) analitik yöntemler (Tung, 1996); (2) yaklaşım yöntemleri, örneğin birinci dereceden ikinci moment yöntemi (Melching, 1992); (3) simülasyon ve örneklemeyle dayalı (Monte Carlo) yöntemler (Kuczera ve Parent, 1998); (4) Bayes yöntemleri, örneğin Bayes yönteminin bir çeşidi olan genelleştirilmiş olabilirlik belirsizlik tahmini (GLUE) (Beven ve Binley, 1992); (5) model hatalarının analizine dayanan yöntemler (Montanari ve Brath, 2004); (6) bulanık küme teorisine dayanan yöntemler (Maskey ve diğ., 2004). Bu sınıflandırma aynı zamanda literatürde bulunan sınıflandırma ile de uyumludur (Shrestha ve Solomatine, 2006; Montanari, 2007).

Güven aralıkları genellikle yeniden örnekleme yöntemi kullanılarak elde edilir (Chen ve diğ., 2016). Yeniden örnekleme yöntemi olarak, bootstrap yöntemi (Efron, 1979; Efron ve Tibshirani, 1993), uygulamadaki kolaylığı nedeniyle, hidrolojide belirsizlik analizi için yaygın olarak uygulanmıştır. Örneğin, bazı çalışmalarda bölgesel taşkın

frekans analizinde bootstrap yöntemi kullanılmıştır (Burn, 2003; Panagoulia ve diğ., 2014). Hall ve diğ. (2004), bootstrap yöntemleri kullanarak frekans analizi için güven aralıkları oluşturmuşlar ve bootstrap yönteminin pratikte makul sonuçlar verebileceği sonucuna varmışlardır. Zhang ve diğ. (2014), toprak ve su değerlendirme aracı (SWAT) modelindeki parametrelerin belirsizliğini analiz etmek için iki bootstrap yöntemi (model tabanlı bootstrap ve blok bootstrap) kullanmışlardır. Overeem ve diğ. (2008), yağış derinlik-süre-frekans (DDF) eğrilerinin belirsizliğini analiz etmek için bootstrap yöntemini uygulamışlar ve DDF eğrilerinin %95 güven aralıklarını elde etmişlerdir. Tiwari ve Chatterjee (2010), taşkın tahminlerinin belirsizliğini araştırmak için bootstrap tabanlı yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Hu ve diğ. (2013), örnekleme belirsizliğinin hidrolojik frekans analizi sonuçları üzerindeki etkisini analiz etmek için bootstrap yönteminden yararlanmışlardır.

3. YÖNTEM

3.1 İstatistiksel Akım Transfer Yöntemleri

Akım ölçümü olmayan istasyondaki akım tahmini, bir istasyonda mevcut olan hidrolojik bilgilerin yalnızca morfolojik ve meteorolojik özelliklerin mevcut olduğu istasyona transferini gerektirir (Patil ve Stieglitz, 2012). Akım verileri tahmin edilen istasyon “hedef istasyon”, verileri tahmin etmek için kullanılan istasyon “kaynak istasyon” olarak adlandırılmıştır. Her yöntem aşağıda açıklanmaktadır ve her yöntemin çeşitli varyasyonları tanıtılmıştır.

3.1.1 Drenaj alanı oranı (DAR)

Drenaj alanı oranı “drainage area ratio (DAR)” yöntemi, tek bir kaynak istasyon kullanılarak hedef istasyonun akımını tahmin etmek için en yaygın ve belki de en eski akım transfer yöntemidir (Hirsch, 1979; Wiche ve diğ, 1989; Emerson ve diğ, 2005; Asquith ve diğ, 2006; Archfield ve Vogel, 2010; Farmer ve Vogel, 2013). Hem akla uygun hem de basit uygulaması nedeniyle yaygınlık kazanmıştır. DAR yönteminin kullanımı, kaynak istasyonun drenaj alanı, hedef istasyonun drenaj alanı ve kaynak istasyonun akımlarından başka ek bir bilgi gerektirmemektedir. DAR yöntemi, hedef ve kaynak istasyonlarda birim alan başına akımın eşit olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu yöntemin geleneksel uygulamasında, denklem 3.1’de açıklandığı şekilde, verilen bir ay veya bir gün için, alan ile standartlaştırılmış akım değerleri sadece tek bir kaynak istasyondan hedef istasyona aktarılır.

$$Q_{hedef} = \frac{A_{hedef}}{A_{kaynak}} Q_{kaynak} \quad (3.1)$$

Denklem 3.1’de Q_{hedef} ve Q_{kaynak} sırasıyla, hedef ve kaynak istasyonlardaki akım değerini (m^3/s); A_{hedef} ve A_{kaynak} sırasıyla, hedef ve kaynak istasyonların drenaj alanını (km^2) ifade eder.

Drenaj alanı oranı (DAR) yönteminin geleneksel uygulaması, akım ile drenaj alanı arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu varsayımına dayanır. Yani, istasyonun drenaj

alanı arttıkça, birim alan başına akım sabit bir oranda artmaktadır. Bu durum, birim alan başına akımın, hem hedef istasyon hem de kaynak istasyonda aynı olduğu anlamına gelmektedir. İstasyonlar aynı akarsu üzerine bulunduğunda, hedef istasyon ile kaynak istasyonun drenaj alanları arasındaki oran (A_{hedef}/A_{kaynak}) 0.5 ve 1.5 arasında olduğu zaman bu yöntemi kullanmak oldukça yaygın bir uygulamadır (Hortness, 2006; Mohamoud, 2008). Bu oran, taşkın frekans analizleri için Montana'da (Parrett ve Johnson, 2004) ve Idaho'da (Kjelstrom, 1998; Berenbrock, 2002) yapılan çalışmalarda doğrulanmıştır. Belli alanlardaki belirli analizlere dayanarak, bazı araştırmacılar bu aralığın azaltılması veya genişletilmesi gerektiğini bulmuşlardır. Koltun ve Schwartz (1987), Ohio'daki düşük akım istatistiklerinin tahminleri için kaynak istasyon alanının 0.85 ile 1.15 katı aralığını önermiştir. Ries ve Friesz (2000), Massachusetts'te düşük akım istatistikleri için 0.3 ile 1.5 arasındaki aralığın uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

3.1.2 Çoklu kaynak istasyona dayalı drenaj alanı oranı (MDAR)

Drenaj alanına ek olarak, bir istasyonun akım özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olan başka faktörler de vardır. DAR yöntemi yalnızca tek kaynak istasyonla kullanıldığından, hedef istasyonun tahmininde sistematik hatalarla karşılaşılabilir (Shu ve Ouarda, 2012). Çoklu kaynak istasyona dayalı DAR “multiple source sites based DAR (MDAR)” yöntemi, Shu ve Ouarda (2012) tarafından geliştirilmiştir. MDAR yöntemi, daha fazla kaynak istasyondan DAR yöntemiyle elde edilen tahminlerin ağırlıklı ortalaması olarak bir hedef istasyon için akım tahminleri üretir. Hedef istasyondaki akım, denklem 3.2 kullanılarak verilen bir ay veya bir gün için hesaplanabilir.

$$Q_{hedef} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \hat{Q}_{kaynak_i}}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2’de w_i , i . kaynak istasyonun hedef istasyondaki ağırlığı (i . kaynak istasyona atanan ağırlık), $\hat{Q}_{kaynak_i}$, i . kaynak istasyondan elde edilen akım tahminidir ve n , kaynak istasyonların toplam sayısıdır.

Denklem 3.2’de verilen ağırlıklar, hedef ve kaynak istasyonlar arasındaki benzerliği temsil eder ve denklem 3.3 ile hesaplanabilir (Shu ve Ouarda, 2012).

$$w_i = \frac{\frac{1}{d_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}} \quad (3.3)$$

Denklem 3.3'te d_i , hedef istasyon ile kaynak istasyon arasındaki benzerlik mesafesidir.

Birçok hidrolojik bölgeselleştirme çalışmasında drenaj alanı (A) yaygın olarak kullanılan havza tanımlayıcılarından biri olduğu için, benzerlik mesafesi olarak kullanılabilir (Emerson ve diğ, 2005; Asquith ve diğ, 2006; He ve diğ, 2011). Ayrıca, drenaj alanı DAR yönteminde hedef istasyonlarda akım tahmini için kullanılan tek ölçeklendirme faktörüdür. Bu nedenle bu çalışmada benzerlik mesafesi olarak kullanılmıştır. Bu benzerlik mesafesi, denklem 3.4 ile hesaplanabilir.

$$d_i = \sqrt{(A_{hedef} - A_{kaynak_i})^2} \quad (3.4)$$

Denklem 3.4'te A_{kaynak_i} i. kaynak istasyonunun drenaj alanıdır, A_{hedef} hedef istasyonun drenaj alanıdır.

3.1.3 Ters mesafe ağırlıklı (IDW)

Ters mesafe ağırlıklı “inverse distance weighted (IDW)” yöntemi, coğrafi olarak en yakın istasyonlar arasında akım değerlerinin benzer olup olmadığını belirlemek için kullanılan en basit yöntemlerden biridir. Hidrolojide eksik verilerin tahmini için yaygın olarak kullanılır (Patil ve Stieglitz, 2012; Chen ve diğ, 2017). IDW yöntemi, DAR yönteminin bir başka biçimidir (Hirsch, 1979; Wiche ve diğ, 1989). DAR yönteminde, akım değerleri tek bir kaynak istasyondan hedef istasyona doğrudan aktarılırken, IDW yönteminde ise akım değerleri birden fazla kaynak istasyondan hedef istasyona doğrudan aktarılır.

IDW yöntemi (Shepard, 1968) ile istasyonların birbirine olan mesafeleri ağırlık hesabında kullanılarak hedef istasyondaki akım tahmin edilir. Ağırlıklar, hedef istasyona olan uzaklık gücüyle ters orantılıdır. IDW yönteminin matematiksel ifadesi denklem 3.5'te verilmiştir.

$$q_{hedef} = \sum_{i=1}^n w_i q_{kaynak_i} \quad ve \quad Q_{hedef} = q_{hedef} A_{hedef} \quad (3.5)$$

Denklem 3.5'te q_{hedef} ve q_{kaynak_i} sırasıyla hedef istasyondaki ve i . kaynak istasyondaki alan ile standartlaştırılmış akım değeri ($m^3/s/km^2$) ve n , kaynak istasyonların toplam sayısıdır.

Ağırlıklar (w_i), tüm kaynak istasyonlar için denklem 3.6 kullanılarak hesaplanır. Her bir kaynak istasyona atanan ağırlıkların toplamı 1'e eşittir.

$$w_i = \frac{\frac{1}{d_i^p}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad ve \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3.6)$$

Denklem 3.6'da d_i , hedef istasyon ile i . kaynak istasyon arasındaki coğrafi mesafedir ve p üssü, güç parametresi ($p>0$) olarak adlandırılır. İki istasyon arasındaki mesafe d , her bir n kaynak istasyonu için, denklem 3.7'de verilen Haversine formülünün (Sinnott, 1984) bir varyasyonunu kullanarak ayrı ayrı hesaplanabilir.

$$d = arccos(\sin(lat_1) \times \sin(lat_2) + \cos(lat_1) \times \cos(lat_2) \times \cos(lon_2 - lon_1)) \times r \quad (3.7)$$

Denklem 3.7'de, lat_1 ve lon_1 , sırasıyla radyan cinsinden istasyon 1'in enlem ve boylamını belirtirken, lat_2 ve lon_2 sırasıyla istasyon 2'nin enlem ve boylamını radyan cinsinden gösterir. Dünyanın yarıçapı, r , yaklaşık 6378,1 km'dir.

Kaynak istasyon ile hedef istasyon arasındaki coğrafi mesafe ne kadar yakınsa, hedef istasyon üzerindeki etkisi o kadar büyük olacaktır. Yani mesafe düştüğünde ağırlık katsayısı artar. IDW yönteminin doğruluğunu etkileyen ana faktör, p güç parametresinin değeridir. Güç parametresi arttıkça, hedef istasyona yakın kaynak istasyonlarına daha fazla etki verilir. Literatürde, güç parametresinin değeri yaygın olarak 2 olarak seçilir. Bu şekilde uygulanan yöntem, ters kare mesafe ağırlıklı yöntem olarak bilinir (Patil ve Stieglitz, 2012).

3.1.4 Ters benzerlik ağırlıklı (ISW)

Ters benzerlik ağırlıklı “inverse similarity weighted (ISW)” yöntemi, denklem 3.6'daki kaynak istasyon ile hedef istasyon arasındaki coğrafi mesafe yerine fiziksel benzerlik katsayısını kullanır. Denklem 3.8'deki fiziksel benzerlik katsayısı s , hedef istasyon ile kaynak istasyon arasındaki fiziksel benzerliği tanımlamak için kullanılabilir (Burn ve Boorman, 1993; Yılmaz ve Onoz, 2020). Fiziksel benzerlik,

drenaj alanı, kot, yağış, sıcaklık, enlem ve boylam gibi bazı fiziksel özellikleri açısından hangi istasyonların en benzer olduğunu tanımlar.

$$s = \sum_{i=1}^k \frac{|X_i^{kaynak} - X_i^{hedef}|}{maks(X_i) - min(X_i)} \quad (3.8)$$

Denklem 3.8’de i , seçili toplam k havza karakteristiklerinden birini belirtmektedir. X_i^{kaynak} ve X_i^{hedef} , sırasıyla kaynak istasyon ve hedef istasyon için i . havza karakteristiği değerleridir ve $maks(X_i)$ ve $min(X_i)$ sırasıyla i . havza karakteristiğinin maksimum ve minimum değerleridir.

3.1.5 Ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM)

Ortalama akım ile akımların standartlaştırılması “standardizing flows by mean streamflows (SM) (Farmer ve Vogel, 2013)” hidrolojide yaygın kullanım alanına sahip bir yöntemdir. Örneğin, taşkın frekansı analizinde bazen indeks taşkın yöntemi olarak adlandırılır (Stedinger ve diğ., 1993). Bu yöntem, akımın ortalama akıma oranını dikkate alır. Matematiksel olarak denklem 3.9 ile ifade edilir.

$$Q_{hedef} = \frac{\mu_{Q_{hedef}}}{\mu_{Q_{kaynak}}} Q_{kaynak} \quad (3.9)$$

Denklem 3.9’da Q_{hedef} ve Q_{kaynak} sırasıyla, hedef ve kaynak istasyonlardaki akım değerini (m^3/s) ve $\mu_{Q_{hedef}}$ ve $\mu_{Q_{kaynak}}$ sırasıyla, hedef ve kaynak istasyonlardaki akımların uzun dönem ortalamasını (m^3/s) ifade eder.

SM yöntemi yıllık (SM1) ve aylık (SM12) varyasyonlarla uygulanabilir. SM1 akım zaman serilerini yıllık ortalama akımla (uzun dönem ortalama akım) standartlaştırırken, SM12 akım zaman serilerini aylık ortalama akımla (Ocak ayı akımları uzun dönem ortalama Ocak ayı akımları ile ve diğer aylar da aynı şekilde) standartlaştırır.

3.1.6 Ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS)

Ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması “standardizing flows by mean and standard deviation (SMS)” olarak adlandırılan Hirsch (1979) tarafından önerilen yaygın bir akım transfer yöntemidir. Bu yöntem, hedef ve kaynak istasyonda standartlaştırılmış akımların yaklaşık olarak eşit olduğu varsayımına dayanır ve denklem 3.10’daki gibi ifade edilebilir.

$$Q_{hedef} = \mu_{Q_{hedef}} + \sigma_{Q_{hedef}} \left(\frac{Q_{kaynak} - \mu_{Q_{kaynak}}}{\sigma_{Q_{kaynak}}} \right) \quad (3.10)$$

Denklem 3.10’da μ ve σ sırasıyla ilgili istasyonun akımlarının ortalaması ve standart sapmasıdır.

SMS yöntemi yıllık (SMS1) ve aylık (SMS12) varyasyonlarla uygulanabilir. SMS yöntemi varyasyonları arasındaki ayrım, SM1 ve SM12 arasındaki ayrım ile aynıdır. Hedef istasyondaki akım istatistiklerinin belirlenmesinde kullanılan regresyon denklemleri havzadaki çeşitli hidrolojik özelliklere dayanmaktadır (Hirsch, 1979). Emerson ve diğ. (2005), ölçümü olmayan bölgelerdeki mevsimsel ortalama akımların, ölçümü olan bölgelerdeki mevsimsel ortalama akımlar ve drenaj alanı arasındaki doğrusal regresyon denklemi ile tahmin edilebileceğini göstermiştir.

3.2 Bölgesel İstatistiksel Parametrelerin Hesaplanması

SM ve SMS yöntemlerinde her bir hedef istasyonun akım istatistiklerinin tahmin edilmesi gereklidir. SM ve SMS yöntemlerinde hedef istasyondaki akım istatistiklerini (uzun dönem akımların ortalaması ve standart sapması) tahmin etmek için aşamalı bölgesel regresyon analizi kullanılabilir. Aşamalı regresyon analizinde amaç, bağımsız değişken sayısını azaltarak en önemli tahminleyicileri belirlemektir. Yıllık ya da aylık akımların ortalama ya da standart sapması havza ya da iklim değişkenleri ile önemli ölçüde ilişkilidir. Ağırlıklı en küçük kareler regresyonu kullanılarak ve tüm değişkenlerin logaritmaları alınarak denklem 3.11 ile ifade edilen çok değişkenli üstel bir regresyon yöntemi önerilmiştir (Farmer ve Vogel, 2013).

$$\ln \theta = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 \dots + \beta_n \ln X_n \quad (3.11)$$

Denklem 3.11’de θ , akımların ortalaması ya da standart sapması; $X_1, X_2, \dots, X_n$ havza karakteristikleri; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ regresyon katsayılarıdır.

Ayrıca, SM ve SMS yöntemlerinde hedef istasyondaki akım istatistiklerini (ortalama ve standart sapma) tahmin etmek için doğrusal regresyon denklemleri önerilmiştir (Yılmaz ve Onoz, 2019). Akım verilerinin ortalama ve standart sapması, istatistiksel durağanlık nedeniyle drenaj alanı ile yüksek derecede ilişkili olmalıdır. Bu varsayım dikkate alınarak önerilen denklemler, istatistiksel parametreler ve drenaj alanı

arasındaki logaritmik ilişkilerden türetilmiştir. 10 tabanındaki logaritmik denklemler, bazı cebirsel dönüşümlerden sonra, denklem 3.12 ile ifade edilmiştir.

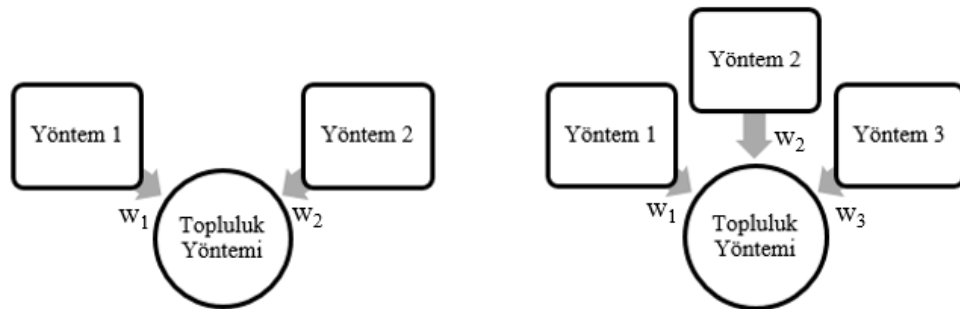
$$\theta = 10^{\beta} A^{\alpha} \quad (3.12)$$

Denklem 3.12’de θ , akımların ortalaması ya da standart sapmasıdır ve A , drenaj alanı, α ve β regresyon katsayılarıdır.

Akım tahmini hesaplanmasında yıllık yöntemlerde (SM1 ve SMS1) tek bir regresyon denklemi gerekiyken, aylık yöntemlerde (SM12 ve SMS12) her ay için bir regresyon denklemi gereklidir.

3.3 Performans Ağırlıklı Topluluk (Ensemble) Yöntemleri

Ölçümü olmayan akarsu havzalarında akım tahmini yapabilmek için hidroloji konusunda çalışan araştırmacılar yaygın olarak belirli bir hidrolojik yöntemi tercih ederek analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Mevcut çalışmalar içerisinde herhangi bir yöntemin diğer yöntemlerden her zaman çok daha iyi sonuç verebileceği iddia edilmemiştir (Duan ve diğ, 2007). Çünkü bu sonuçlar havzanın büyüklüğüne, iklim ve diğer fiziki coğrafya özelliklerine, toplanan verilerin kalitesine ve gözlem uzunluğu gibi etkenlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Ayrıca bir hidrolojik yöntem referans alınarak yapılan analizler belirsizlik ögeleri taşıyabilir ve yöntemden üretilen tahminler yeterli güvenilirlikte olmayabilir. Son zamanlarda literatürde, ölçümü olmayan havzalarda hidrolojik tahminlerin belirsizliğini azaltmak için, tekli yöntemlerin birleşimi olan topluluk (ensemble) yöntemleri araştırılmıştır (Farmer ve Vogel, 2013; Cibir ve diğ, 2014; Waseem ve diğ, 2015). Bu topluluk yöntemleri, her bir tekli yöntemin dezavantajlarını en aza indirirken, avantajlarını en üst düzeye çıkaran iki ya da üç tekli yöntemin uygun bir şekilde ağırlıklandırılmasını sağlayabilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Topluluk yöntemleri.

Farmer ve Vogel (2013) tarafından tahminlerin iyileştirilmesi için yöntemlerden elde edilen sonuçlara dayanarak ağırlıklı bir topluluk yöntemi önerilmiştir. Böyle bir tahmin edicinin, her bir yöntemin avantajlarını artırarak ve dezavantajlarını en aza indirerek iki yöntemin uygun bir ağırlığını sağladığı ifade edilmiştir. Önerilen performans ağırlıklı topluluk yöntemi denklem 3.13 ile ifade edilmiştir.

$$\hat{Q}_{topluluk} = w\hat{Q}_{yöntem_1} + (1 - w)\hat{Q}_{yöntem_2} \quad (3.13)$$

Denklem 3.13'te, $\hat{Q}$ ilgili yöntem ile tahmin edilen akım değeri (m^3/s), w ise 0 ile 1 arasında sınırlı bir ağırlıktır. Bu ağırlık denklem 3.14 ile verilen r oranı ile orantılıdır.

$$r = \frac{(NSE_{yöntem_2} - 1)^2}{(NSE_{yöntem_1} - 1)^2} \quad (3.14)$$

Ancak r , 0 ile 1 arasında sınırlı değildir. Bu r oranı, Langmuir denklemi uygulanarak, 0 ile 1 arasında sınırlı bir ağırlığa denklem 3.15 ile dönüştürülebilir.

$$w = \frac{r}{1 + r} \quad (3.15)$$

Waseem ve diğ. (2015) tarafından üç yöntemin birleşim etkisine dayanan yeni bir performans ağırlıklı topluluk yöntemi uygulanmıştır. Bu tahmin edicinin matematiksel ifadesi denklem 3.16'da verilmiştir.

$$\hat{Q}_{topluluk} = a.b(\hat{Q}_{NSE>>>} - \hat{Q}_{NSE>>}) + b(\hat{Q}_{NSE>>} - \hat{Q}_{NSE>}) + \hat{Q}_{NSE>} \quad (3.16)$$

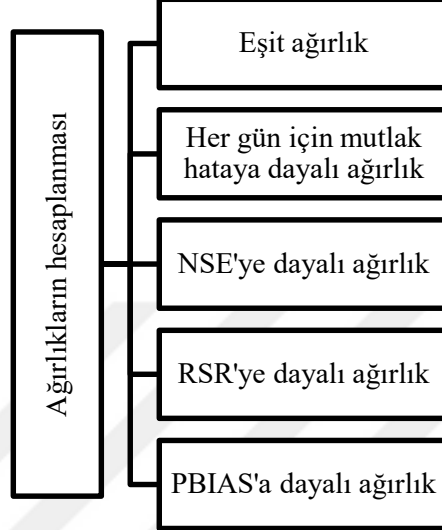
Denklem 3.16'da a ve b , herhangi iki yöntemden kaynaklanan bağıl performansa dayalı ağırlıklardır (ağırlıklar 0 ile 1 arasında değişmektedir). $\hat{Q}_{NSE>>>}$, $\hat{Q}_{NSE>>}$ ve $\hat{Q}_{NSE>}$ sırasıyla belirli bir istasyon için yüksek, orta ve düşük NSE performanslarına sahip yöntemlerden tahmin edilen günlük akım değeridir.

Bu ağırlıklar, belirli bir istasyon için diğer yöntemlerden daha iyi performans gösteren yöntemi (daha yüksek NSE'ye sahip, yani $NSE>>>$) desteklemek için geliştirilmiştir. Matematiksel olarak a ve b sırasıyla denklem 3.17 ve 3.18 ile hesaplanmıştır.

$$a = \left(\frac{r_1}{r_1 + 1} \right) \quad ve \quad r_1 = \left(\frac{(NSE_{>>} - 1)^2}{(NSE_{>>>} - 1)^2} \right) \quad (3.17)$$

$$b = \left(\frac{r_2}{r_2 + 1} \right) \quad ve \quad r_2 = \left(\frac{(NSE_{>} - 1)^2}{(r_1 - 1)^2} \right) \quad (3.18)$$

Yukarıdaki topluluk tahminlerini elde etmek için tekli yöntemler sadece NSE performansına dayalı olarak ağırlıklandırma yapılarak birleştirilmiştir. Bu çalışmada, NSE performansına dayalı olarak ağırlıklandırmaya ek olarak çeşitli alternatif ağırlıklandırma yaklaşımlarına göre topluluk tahminleri elde edilmiştir. Uygulanan çeşitli ağırlıklandırma yaklaşımları Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2 : Tekli yöntemler için ağırlıkların hesaplanması.

Önerilen topluluk tahmini, $Q_t^{topluluk}$, her bir gün için M adet tekli yöntemden elde edilen tahminlerin ağırlıklı ortalamasıdır ve denklem 3.19, 3.20 ve 3.21 kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q_t^{topluluk} = \sum_{m=1}^M w_t^m Q_t^m \quad (3.19)$$

$$w_t^m = \frac{\frac{1}{e_t^m}}{\sum_{m=1}^M \frac{1}{e_t^m}} \quad (3.20)$$

$$e_t^m = |X_t^{gözlem} - X_t^{tahmin}| \quad (3.21)$$

Denklemlerde Q_t^m , $m = 1, 2, \dots, M$ adet tekli yöntemden $t = 1, 2, \dots, T$ gün için tahmin edilen akım değeridir; e_t^m , t gün için m . tekli yöntemden elde edilen tahminin mutlak hatasıdır; w_t^m , t gün için m . tekli yönteme atanan ağırlıktır. Ağırlıklar eşit alınırsa, topluluk tahmini t gün için denklem 3.22 ile hesaplanabilir.

$$Q_t^{topluluk} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M Q_t^m \quad (3.22)$$

NSE, RSR ve PBIAS performans ölçütlerinin mükemmel performans değerleri sırasıyla 1, 0 ve 0'dır. Denklem 3.23 ile verildiği gibi ağırlıklar, mükemmel performans değerine normalize edilmiş ters kare mesafe kullanılarak hesaplanabilir. Tüm ağırlıkların toplamı, 1'e eşittir.

$$w_m = \frac{\frac{1}{d_m^2}}{\sum_{m=1}^M \frac{1}{d_m^2}} \text{ ve } \sum_{m=1}^M w_m = 1 \quad (3.23)$$

Denklem 3.23'te w_m , m . yöntemin ağırlığıdır ve d_m , m . yöntemin performans değeri ile mükemmel performans değeri arasındaki öklid mesafesidir.

NSE için, $d_m = \sqrt{(NSE_m - 1)^2}$ olmak üzere, örneğin 2 yöntemin birleşimi için NSE'ye dayalı ağırlıklar denklem 3.24 ve 3.25 ile hesaplanabilir.

$$w_1 = \frac{\frac{1}{(NSE_1 - 1)^2}}{\frac{1}{(NSE_1 - 1)^2} + \frac{1}{(NSE_2 - 1)^2}} \quad (3.24)$$

$$w_2 = \frac{\frac{1}{(NSE_2 - 1)^2}}{\frac{1}{(NSE_1 - 1)^2} + \frac{1}{(NSE_2 - 1)^2}} \quad (3.25)$$

RSR için, $d_m = \sqrt{(RSR_m - 0)^2}$ olmak üzere, örneğin 2 yöntemin birleşimi için RSR'ye dayalı ağırlıklar denklem 3.26 ve 3.27 ile hesaplanabilir.

$$w_1 = \frac{\frac{1}{(RSR_1 - 0)^2}}{\frac{1}{(RSR_1 - 0)^2} + \frac{1}{(RSR_2 - 0)^2}} \quad (3.26)$$

$$w_2 = \frac{\frac{1}{(RSR_2 - 0)^2}}{\frac{1}{(RSR_1 - 0)^2} + \frac{1}{(RSR_2 - 0)^2}} \quad (3.27)$$

PBIAS için, $d_m = \sqrt{(PBIAS_m - 0)^2}$ olmak üzere, örneğin 2 yöntemin birleşimi için PBIAS'a dayalı ağırlıklar denklem 3.28 ve 3.29 ile hesaplanabilir.

$$w_1 = \frac{\frac{1}{(PBIAS_1 - 0)^2}}{\frac{1}{(PBIAS_1 - 0)^2} + \frac{1}{(PBIAS_2 - 0)^2}} \quad (3.28)$$

$$w_2 = \frac{\frac{1}{(PBIAS_2 - 0)^2}}{\frac{1}{(PBIAS_1 - 0)^2} + \frac{1}{(PBIAS_2 - 0)^2}} \quad (3.29)$$

Tüm performans ölçütleri, birden fazla boyut için öklid mesafesi kullanılarak bir ağırlıkta birleştirilebilir (bu durumda üç boyut: NSE, RSR ve PBIAS). Bu durumda öklid mesafesi, $d_m = \sqrt{(NSE_m - 1)^2 + (RSR_m - 0)^2 + (PBIAS_m - 0)^2}$ olmak üzere, örneğin 2 yöntemin birleşimi için NSE-RSR-PBIAS’a dayalı ağırlıklar denklem 3.30 ve 3.31 ile hesaplanabilir.

$$w_1 = \frac{\frac{1}{(NSE_1 - 1)^2 + (RSR_1 - 0)^2 + (PBIAS_1 - 0)^2}}{\frac{1}{(NSE_1 - 1)^2 + (RSR_1 - 0)^2 + (PBIAS_1 - 0)^2} + \frac{1}{(NSE_2 - 1)^2 + (RSR_2 - 0)^2 + (PBIAS_2 - 0)^2}} \quad (3.30)$$

$$w_2 = \frac{\frac{1}{(NSE_2 - 1)^2 + (RSR_2 - 0)^2 + (PBIAS_2 - 0)^2}}{\frac{1}{(NSE_1 - 1)^2 + (RSR_1 - 0)^2 + (PBIAS_1 - 0)^2} + \frac{1}{(NSE_2 - 1)^2 + (RSR_2 - 0)^2 + (PBIAS_2 - 0)^2}} \quad (3.31)$$

3.4 Yöntemlerin Performansının Değerlendirilmesi

Yöntemlerin performansını değerlendirmek için Nash-Sutcliffe etkinliği “Nash-Sutcliffe efficiency (NSE)” (Nash ve Sutcliffe, 1970), kök ortalama kare hata “root mean square error (RMSE)”, RMSE-gözlem standart sapma oranı “RMSE-observations standard deviation ratio (RSR)”, belirleme (determinasyon) katsayısı “determination of coefficient (R^2)”, yüzde eğilim “percent bias (PBIAS)” ve bağıl hata “relative error (RE)” kullanılabilir. NSE, RMSE, RSR, R^2 , PBIAS ve RE değerleri sırasıyla denklem 3.32, 3.33, 3.34, 3.35, 3.36 ve 3.37 kullanılarak hesaplanır.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{gözlem} - X_i^{tahmin})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i^{gözlem} - \bar{X}^{gözlem})^2} \quad (3.32)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{gözlem} - X_i^{tahmin})^2}{n}} \quad (3.33)$$

$$RSR = \frac{RMSE}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{gözlem} - \bar{X}^{gözlem})^2}{n}}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i^{gözlem} - X_i^{tahmin})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i^{gözlem} - \bar{X}^{gözlem})^2}} = \sqrt{1 - NSE} \quad (3.34)$$

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{gözlem} - \bar{X}^{gözlem})(X_i^{tahmin} - \bar{X}^{tahmin})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i^{gözlem} - \bar{X}^{gözlem})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i^{tahmin} - \bar{X}^{tahmin})^2}} \right)^2 \quad (3.35)$$

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{gözlem} - X_i^{tahmin})}{\sum_{i=1}^n (X_i^{gözlem})} \times 100 \quad (3.36)$$

$$\%RE = \frac{(X_i^{gözlem} - X_i^{tahmin})}{(X_i^{gözlem})} \times 100 \quad (3.37)$$

Denklemlerde $X_i^{gözlem}$ i. gözlemlenen akımdır, X_i^{tahmin} i. tahmin edilen akımdır, $\bar{X}^{gözlem}$ ve $\bar{X}^{tahmin}$, sırasıyla gözlemlenen ve tahmin edilen akım değerlerinin ortalamasıdır ve n , gözlemlenen akım değerlerinin toplam sayısıdır.

NSE değerleri $-\infty$ ile $+1$ arasında, RMSE değeri 0 ile $+\infty$ arasında değişmektedir. Sırasıyla 1 ve 0 'a yakın olan NSE ve RMSE değerleri, yöntemlerin daha iyi performans gösterdiğini gösterir. NSE, gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki büyük farklılıklara karşı hassastır. Gözlemlenen ve tahmin edilen birkaç değer arasında çok büyük farklar olduğunda, düşük bir NSE değeri elde etmek mümkündür. RSR, gözlemlenen akımların standart sapmasını kullanarak RMSE'yi standartlaştırır ve RMSE'nin gözlemlenen akımların standart sapmasına oranı olarak hesaplanır. RSR değeri ne kadar düşük olursa, RMSE de o kadar düşük olur ve yöntem performansı o kadar iyi olur. Belirleme (determinasyon) katsayısı (R^2), Pearson'a göre korelasyon katsayısının karesidir. R^2 , gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü göstermektedir. R^2 değeri 0 ile 1 arasında değişir ve bu değer 1 'e yakın olması gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki doğrusal ilişkinin güçlü olduğunu, 0 'a yakın olması ise doğrusal ilişkinin zayıf olduğunu gösterir. R^2 değeri 0.5 'ten büyük olduğunda genellikle yeterli kabul edilir (Moriasi ve diğ., 2007). PBIAS, tahmin edilen değerlerin gözlem değerlerinden yüksek ya da düşük olma eğilimlerini ölçer. Negatif değerler yöntemin gözleme göre yüksek, pozitif değerler ise yöntemin gözleme göre düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bağlı hata, tahmin edilen ve gözlemlenen değerlerin karşılaştırılmasında yaygın bir şekilde

kullanılır. Bağıl hata genellikle yüzde olarak ifade edilir. Negatif ve pozitif bağıl hata, sırasıyla gözlemlenen değerin yüksek ve düşük tahmin edildiğini gösterir. Küçük değerler için bağıl hata oldukça büyük olabilir. Örneğin, gözlemlenen akım değeri $0.002 \text{ m}^3/\text{s}$ olan bir istasyon için tahmin edilen akım değeri $0.001 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğunda bağıl hata değeri %100 olarak hesaplanır. Böyle durumlarda bağıl hata, tahminlerin doğruluğunu değerlendirmek için uygun değildir.

Moriasi ve diğ. (2007) tarafından aylık zaman ölçeğinde akım tahmini için Çizelge 3.1’de verildiği gibi NSE, RSR ve PBIAS değerlerine göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi önerilmiştir. Bu değerlendirmeye göre, NSE değeri 0.5’ten büyük olduğunda, RSR değeri 0.7’den düşük olduğunda ve PBIAS değeri $\pm\%25$ ’ten az olduğunda yöntemin performansının yeterli olduğu düşünülmektedir. Ancak günlük akım için 0.5’ten düşük NSE değerleri hala yeterli kabul edilebilir (Christiansen ve diğ, 2017). Bu nedenle, önerilen istatistiklere ilişkin bazı kısıtlamalar günlük akımlar için daha aşağı çekilebilir. Günlük zaman ölçeği için Kalin ve diğ. (2010) tarafından önerilen NSE ve PBIAS değerlerine göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi Çizelge 3.2’de verilmiştir. Bu çalışmada yöntemlerin performansının değerlendirilmesi NSE ve PBIAS değerleri için Kalin ve diğ. (2010)’a göre, RSR değerleri için Moriasi ve diğ. (2007)’ye göre yapılmıştır.

Çizelge 3.1 : Aylık akımlar için NSE, RSR ve PBIAS değerlerine göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi (Moriasi ve diğ, 2007).

Performans Sınıfı	NSE	RSR	PBIAS (%)
Çok İyi	$0.75 < \text{NSE} \leq 1.00$	$0.00 \leq \text{RSR} \leq 0.50$	$\text{PBIAS} < \pm 10$
İyi	$0.65 < \text{NSE} \leq 0.75$	$0.50 < \text{RSR} \leq 0.60$	$\pm 10 \leq \text{PBIAS} < \pm 15$
Yeterli	$0.50 < \text{NSE} \leq 0.65$	$0.60 < \text{RSR} \leq 0.70$	$\pm 15 \leq \text{PBIAS} < \pm 25$
Yetersiz	$\text{NSE} \leq 0.50$	$\text{RSR} > 0.70$	$\text{PBIAS} \geq \pm 25$

Çizelge 3.2 : Günlük akımlar için NSE ve PBIAS değerlerine göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi (Kalin ve diğ, 2010).

Performans Sınıfı	NSE	PBIAS (%)
Çok İyi	$\text{NSE} \geq 0.70$	$\text{PBIAS} \leq \pm 25$
İyi	$0.50 \leq \text{NSE} < 0.70$	$\pm 25 < \text{PBIAS} \leq \pm 50$
Yeterli	$0.30 \leq \text{NSE} < 0.50$	$\pm 50 < \text{PBIAS} \leq \pm 70$
Yetersiz	$\text{NSE} < 0.30$	$\text{PBIAS} > \pm 70$

3.5 Kaynak İstasyonların Seçilmesi

Kaynak, ölçümü olmayan (hedef) istasyonlara akımlarını ya da yöntem parametrelerini aktarmak için kullanılan ölçümü olan istasyonu ifade eder. Kaynak istasyonların seçilmesi, ölçümü olmayan istasyonların akımlarını tahmin etmede en önemli aşamalardan biridir çünkü alınan veriler olmayan değerleri tahmin etmek için kullanılacaktır.

En uygun kaynak seçimi için birçok kriter göz önünde bulundurulabilir. Kaynak istasyonların seçilmesinde, coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon yaklaşımları kullanılabilir. Coğrafi yakınlık ve fiziksel benzerlik yaklaşımları ile kaynak istasyonlar sırasıyla denklem 3.7 ve 3.8 kullanılarak seçilebilir. Coğrafi yakınlık yaklaşımında, hedef istasyona coğrafi olarak en yakın bulunan istasyon, kaynak istasyon olarak kullanılır. Fiziksel benzerlik yaklaşımında ise denklem 3.8’de tanımlanan benzerlik katsayısını en aza indiren istasyon, kaynak istasyon olarak kullanılır. Yani en iyi kaynak istasyon, en düşük s değerine sahip istasyondur. Hedef istasyonda bazı akım verileri mevcut olduğunda, istasyonların eşzamanlı akımları arasındaki korelasyonun gücü, kaynak istasyonlarının seçimi için bilgi verebilir (Smakhtin, 1997; Yuan, 2013). Kaynak istasyonu olarak en korelasyonlu istasyonun seçimi, coğrafi olarak en yakın istasyonun seçiminden daha uygun olabilir (Archfield ve Vogel, 2010). Bu öneriler doğrultusunda, kaynak ve hedef istasyonlar arasındaki akım korelasyon derecesini ölçmek için denklem 3.38’de tanımlanan Pearson r korelasyon katsayısı kullanılabilir.

$$r = \frac{cov(Q_{kaynak}, Q_{hedef})}{\sigma_{kaynak} \sigma_{hedef}} \quad (3.38)$$

Denklem 3.38’de Q_{kaynak} ve Q_{hedef} sırasıyla kaynak istasyonundaki ve hedef istasyondaki akım değeridir; $cov(Q_{kaynak}, Q_{hedef})$, Q_{kaynak} ve Q_{hedef} arasındaki kovaryanstır; σ_{kaynak} ve σ_{hedef} sırasıyla kaynak istasyonundaki ve hedef istasyondaki akımların standart sapmasıdır. r değerleri -1 ile +1 arasındadır. -1 değeri mükemmel negatif bir doğrusal ilişkiyi gösterirken, +1 değeri mükemmel pozitif bir doğrusal ilişkiyi gösterir. Öte yandan, 0 değeri iki istasyondaki akım değerleri arasında bir ilişki olmadığını gösterir. İki akım zaman serisi arasındaki ilişkiyi doğrusallaştırmak için akım değerlerinin logaritmalarının alınması önerilir, çünkü

Pearson korelasyon katsayısı doğrusal korelasyonu ölçmektedir (Ergen ve Kentel, 2016; Liu ve diğ, 2018).

3.6 Veri Ön İşleme

Bu çalışmada veri ön işleme, varsa eksik verilerin tamamlanması ve verilerin yumuşatılmasını içermektedir. Önerilen yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

3.6.1 Eksik verilerin tamamlanması

Birçok istatistiksel yöntem, eksiksiz ve kesintisiz veri gerektirir. Eksik veriler durumunda, istatistiksel analizler güven vermez. İstasyonlarda eksik verilerin tamamlanması için, eksik verisi olmayan veya verisini tamamlayacağı istasyonunun o zamandaki verisi mevcut olan kaynak istasyonlardan faydalanılarak eksik veriler tamamlanır.

Regresyon analizi, istasyonlarda kesintisiz zaman serisi elde etmek için en çok kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. İstasyonlar arasındaki ilişkileri matematiksel olarak ifade etmek için doğrusal (denklem 3.39), üstel (denklem 3.40) ve logaritmik (denklem 3.41) regresyon analizi uygulanabilir.

$$Q_{hedef} = \alpha Q_{donör} + \beta \quad (3.39)$$

$$Q_{hedef} = \alpha Q_{donör}^{\beta} \quad (3.40)$$

$$Q_{hedef} = \alpha \ln Q_{donör} + \beta \quad (3.41)$$

Denklemlerde α ve β , regresyon denklemlerinin katsayılarıdır. Kaynak ve hedef istasyonlardaki eşzamanlı akım verileri kullanılarak hesaplanır.

3.6.2 Verilerin yumuşatılması (smoothing)

Gözlemlenen akım verileri olası hatalar içerebilir ve bu hatalar topluca gürültü olarak adlandırılır. Verilerdeki gürültü arttıkça, güvenilir sonuçlara ulaşmak zor olacaktır. Bu yüzden gürültünün azaltılması, daha iyi bir tahmin sonucu elde etmek için önemli bir aşamadır.

Gözlemlenen akım verilerindeki gürültüyü azaltmak için istasyonlardaki akım zaman serileri, denklem 3.42’de tanımlandığı gibi $m = 2q + 1$ uzunluğunda merkezi (veya simetrik iki taraflı) hareketli ortalama yani $MA(m)$ ile yumuşatılabilir ve ardından

yumuşatılmış akım serileri, istatistiksel yöntemlerde kullanılabilir. Örneğin, yumuşatma uzunluğu $m = 3$ (dolayısıyla $q = 1$), yani MA(3) eşit ağırlığa sahip olan merkezi bir hareketli ortalama, t zamanındaki gözlemlenen akım değerini, x_{t-1} , x_t , ve x_{t+1} değerlerinin ortalaması ile değiştirir.

$$x_t^* = \frac{1}{2q + 1} \sum_{i=-q}^q x_{t+i} \quad (3.42)$$

Denklem 3.42’de x_t^* , t zamanında yumuşatılmış akım değeridir ve $m = 2q + 1$, ortalaması alınan gözlemlenen değerlerin sayısıdır.

Bu çalışmada, yumuşatılmış günlük akım serisinin uzunluğu orijinal günlük akım serisinin uzunluğuna eşittir. Simetrik iki taraflı MA(m) filtreleme bu serilerin her iki ucunda kullanılamadığından dolayı bu noktalarda yumuşatılmış değerler üretmek için asimetrik MA filtrelemesi kullanılmıştır.

3.7 Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi

Debi süreklilik eğrisi (DSE), akımın büyüklüğü ve frekansı arasındaki ilişkiyi temsil eden kümülatif bir frekans eğrisidir. Hedef istasyona ait akımların zamanla değişimini gösteren debi gidiş çizgisinden faydalanarak akımın belli bir değere eşit veya ondan büyük olduğu zaman yüzdesi (aşılma olasılığı) hesaplanır ve akımlar düşey eksen, zaman yüzdeleri yatay eksen, gösterilerek çizilir (Bayazıt, 1999). DSE elde edildikten sonra, bu eğriden zamanın belli bir yüzdesinde aşılacak akım değeri (Q_i) belirlenebilir. Q_i akımının aşılma olasılığı P_i , genellikle denklem 3.43 ile hesaplanır.

$$P_i = \frac{i}{n} \times 100 (\%) \quad (3.43)$$

Denklem 3.43’te i ($= 1, 2, \dots, n$), büyüktan küçüğe doğru sıraya dizilmiş akımların ($Q_1 \geq Q_2 \geq \dots \geq Q_i \geq \dots \geq Q_n$) sıra numarası, n toplam veri sayısıdır.

Debi süreklilik eğrilerinin belli aşılma olasılığına sahip akımları su yapılarının planlanması ve projelendirilmesi aşamalarında önemli bir rol üstlenmektedir. Örneğin, nehir tipi hidroelektrik santrallerinin kurulu gücü belirlenirken genellikle %10-%30 arasında aşılma olasılığına sahip akım değerleri kullanılır.

DSE, farklı hidrolojik koşulları temsil eden üç bölüme ayrılabilir (Yılmaz ve diğ, 2008; Guse ve diğ, 2015; Waseem ve diğ, 2015). Bu çalışmada DSE’lerin farklı

bölümlerindeki akım yüzdeleri, yüksek akım için Q_1, Q_2, Q_5, Q_{10} ; orta akım için $Q_{20}, Q_{30}, Q_{40}, Q_{50}, Q_{60}$; düşük akım için $Q_{70}, Q_{80}, Q_{90}, Q_{95}, Q_{99}$ seçilmiştir.

3.8 Güven Aralıklarının Belirlenmesi

Dünyanın birçok yerinde ölçümü olmayan veya yetersiz olan havzalar mevcuttur. Bu sorun, yerel, bölgesel ve küresel ölçeklerde meydana gelen insan kaynaklı değişimlerin arazi yüzeyine ve iklimine olan etkileriyle daha da artmaktadır. Bu koşullar altında ölçümü olmayan veya yetersiz olan havzaların tahminleri oldukça belirsizdir (Sivapalan ve diğ, 2003). Bu yüzden tahminlerin güvenilirliğini ifade etmek için hidrolojide belirsizlik analizi gereklidir. Belirsizliğin nicel değerlendirilmesi için çoğu zaman güven aralıkları kullanılır. Güven aralıkları, çeşitli tahmin yöntemlerinin ölçülebilmesi ve buradaki belirsizliğin ifade edilebilmesi açısından önemlidir.

Bootstrap, ilk olarak Efron (1979) tarafından önerilen, orijinal veri setinden yeniden örnekleme yöntemidir ve güven aralıklarını belirlemek için hidrolojide yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisidir (Efron ve Tibshirani, 1993). Bootstrap, Monte Carlo simülasyonunun özel bir halidir. Monte Carlo simülasyonu, belli olasılık dağılımına uygun rastgele sayılar türetmeye dayanır. Bootstrap, gerçek verilerle değiştirilen örneklerden oluşur ve verilerin dağılımı ile ilgili önceden bir varsayım gerektirmemektedir. Bu nedenle, hidrolojide belirsizlik analizi için yaygın olarak uygulanmıştır (Zucchini ve Adamson, 1989; Overeem ve diğ. 2008; Hu ve diğ. 2013; Ishak ve diğ, 2013).

Orijinal örnekten yeniden örnekleme, bootstrap yönteminin özüdür. N adet gözlemden oluşan orijinal veri seti, $X = (X_1, X_2, \dots, X_N)$ kullanılarak rastgele örnekleme ile yeni bir veri seti $X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_N^*)$ elde edilmektedir. Yeniden örnekleme işlemi istenildiği kadar yinelenerek birbirinden farklı gözlemler seti oluşturulabilir.

Bootstrap, gözlemler birbirinden bağımsız olduğunda kullanılabilen yeniden örnekleme yaklaşımıdır. Ancak gözlemlerin birbirinden bağımsız olmadığı durumlarda, bağımlı verilerin bloklar halinde yeniden örneklenmesi temeline dayanan blok bootstrap yaklaşımları önerilmiştir (Künsch, 1989; Liu ve Singh, 1992; Lahiri, 1999). Bootstrap ile blok bootstrap yaklaşımlarını birbirinden ayıran tek fark blok bootstrap örnekleme işleminin, tek tek verilerden değil, veri içeren bloklar üzerinden yapılmasıdır.

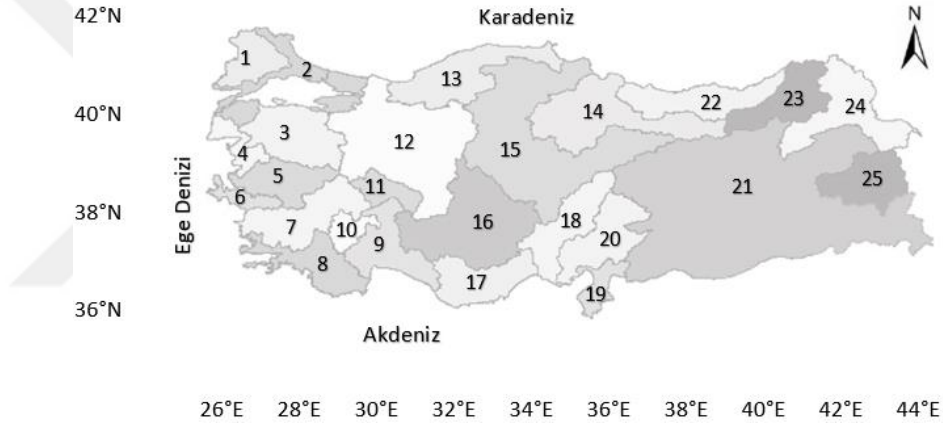
Güven aralıkları çeşitli şekillerde belirlenebilir. Belirlenen alt ve üst sınırlar arasında tahminlerin kalıp kalmadığı ile yöntemler değerlendirilebilir. Bu çalışmada Bootstrap yöntemi kullanılarak güven aralıkları belirlenmiştir. Güven aralıklarının belirlenmesi için, bir blok bootstrap yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen bootstrap yaklaşımında gözlemlenen günlük akım verileri kullanılarak aşağıdaki adımlar sırasıyla uygulanmıştır.

- a) Her blok 365 günlük akım verisi içermektedir. Yıllardan biri rastgele seçilerek o yıl bütün istasyonlardaki gözlemler yeni örneğin 1. yıl gözlemleri olarak alınmıştır.
- b) Seçilen yılın gözlemleri yeniden verilere katılarak tekrar rastgele bir yıl seçilmiştir. O yılın gözlemleri yeni örneğin 2. yıl gözlemleri olarak alınmıştır. Bu şekilde devam ederek seçilen her bir hedef istasyonda yeni bir örnek elde edilmiştir.
- c) Yeniden örnekleme işlemi her bir hedef istasyonda 1000 kez yinelenerek birbirinden farklı 1000 adet gözlem seti elde edilmiştir.
- d) Her bir hedef istasyon için elde edilen 1000 adet blok bootstrap örneklem verileri kullanılarak 1000 adet debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir. Debi süreklilik eğrilerinden seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım değerleri ($Q_1, Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{20}, Q_{30}, Q_{40}, Q_{50}, Q_{60}, Q_{70}, Q_{80}, Q_{90}, Q_{95}, Q_{99}$) hesaplanmıştır.
- e) Her bir aşılma olasılığı için hesaplanan 1000 debi değeri küçükten büyüğe doğru sıralanarak %95 güven düzeyinde alt ve üst sınırlar belirlenmiştir.
- f) Çeşitli yöntemlerle elde edilen akım tahminlerin seçilen yüzdelerin bu sınırlar içinde kalıp kalmadığı test edilmiştir.

4. ÇALIŞMA ALANLARI VE KULLANILAN VERİ

4.1 Çalışma Alanları

Türkiye, Fırat ve Dicle nehirlerinin tek bir havza olarak (21 numaralı Fırat-Dicle Havzası) değerlendirilmesi ile Şekil 4.1’de verildiği gibi hidrolojik açıdan 25 akarsu havzasına bölünmüştür. 12 numaralı Sakarya Havzası’nın bir alt havzası olan Porsuk Çayı Havzası ve 21 numaralı Fırat-Dicle Havzası çalışma alanları olarak seçilmiştir. Bu havzalar sırasıyla aşağıda tanıtılmıştır.



Şekil 4.1 : Türkiye'nin akarsu havzaları.

4.1.1 Porsuk Çayı Havzası

Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatı kesiminde yer alan Porsuk Çayı Havzası, çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 4.2). Bu havza, 38° 44' ve 39° 99' kuzey enlemleri ile 29° 38' ve 31° 59' doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Porsuk Çayı Havzası, Sakarya Havzası'nın bir alt havzası olup yaklaşık 11000 km²'lik drenaj alanına sahiptir. Bu drenaj alanı, Kütahya ve Eskişehir illerini kapsamaktadır. Havzaya ismini veren Porsuk Çayı, yaklaşık 450 km uzunluğundadır ve Sakarya Nehri'nin en uzun kollarından biridir. Porsuk Çayı, Murat Dağı'ndan doğar ve Sakarya Nehri ile birleşinceye kadar doğuya doğru akar. Sakarya Nehri, 824 km uzunluğu ile Türkiye'nin üçüncü en uzun nehridir ve Karadeniz'e dökülmektedir. Porsuk Çayı, Kütahya ve

Eskişehir illerinin içme ve kullanma suyu kaynağı olduğu gibi aynı zamanda Eskişehir ve Kütahya ovalarına sulama suyu sağlayan önemli bir yüzey suyu kaynağıdır.



Şekil 4.2 : Porsuk Çayı Havzası.

Porsuk Çayı Havzası, ekonomik açıdan Türkiye'nin en önemli havzalarından biridir. Havzadaki arazinin neredeyse yarısı tarımsal faaliyetlere ayrılmıştır ve diğer yarısını ormanlar ve çayırılar oluşturmaktadır. Konut ve sanayi bölgeleri toplam havza alanının sadece %5'ini oluşturur. Kapsamlı ve yoğun tarımsal faaliyetler, toprağın yüksek verimliliğinden kaynaklanmaktadır. Havzanın hidrojeolojik açıdan yeraltı suyu potansiyelinin yüksek olması nedeniyle sondaj kuyularından çekilen su ile sulama yapılmaktadır. Havzanın geneli, yazları sıcak ve kuru, kışları ise soğuk ve yarı nemli olan tipik bir karasal iklime sahiptir. Tüm havza için uzun dönem yıllık ortalama yağış yaklaşık 450 mm'dir. Bu nedenle havzanın su potansiyeli, Türkiye'nin uzun vadeli (1970-2010) 643 mm olan yıllık ortalama yağıştan biraz daha düşüktür (Göncü, 2011; Tekkanat ve Sarış, 2015).

4.1.2 Fırat-Dicle Havzası

Fırat-Dicle Havzası sınır aşan bir akarsu havzasıdır. Fırat ve Dicle nehirlerinin havza alanı beş ülke tarafından paylaşılmaktadır: Türkiye, Irak, İran, Suriye ve Suudi Arabistan. Türkiye sınırları içerisinde Fırat-Dicle Havzası'nın büyüklüğü yaklaşık 185000 km²'dir. Havzanın yıllık ortalama akımı 52.94 km³ olup Türkiye'nin toplam su potansiyelinin yaklaşık %28.5'ine sahiptir. Su potansiyeli ve drenaj alanı bakımından Türkiye'nin en büyük akarsu havzasıdır (OSİB, 2013). Çalışma alanı olarak Fırat-Dicle Havzası'nın en büyük su kaynağı Fırat Nehri ve kollarını içeren Fırat Havzası seçilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Fırat-Dicle Havzası.

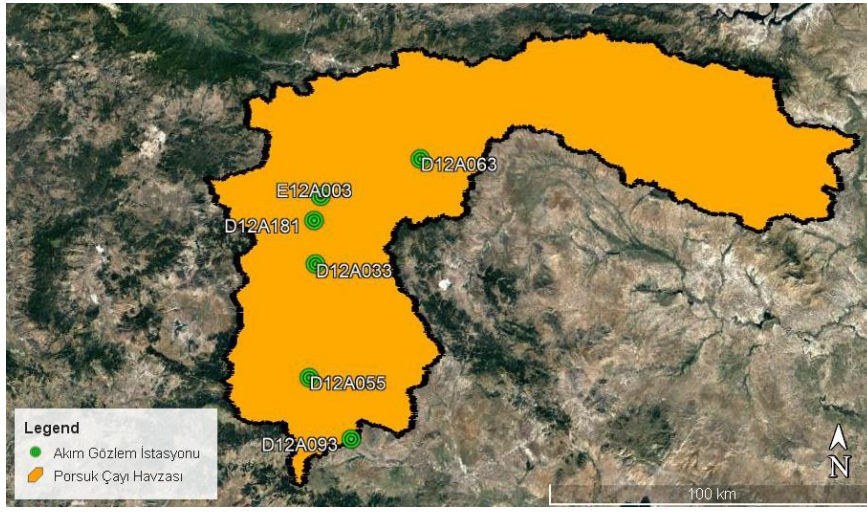
Fırat Nehri, Ortadoğu'nun en uzun ve tarihsel olarak en önemli nehirlerinden biridir. Fırat Nehri'nin uzunluğu yaklaşık 2800 km olup bu uzunluğun 1263 km'lik kısmı Türkiye sınırları içerisinde bulunmaktadır. Bu sınırlar içerisinde 31.6 km^3 olan yıllık ortalama akımı ile Türkiye'nin en büyük su potansiyeline sahip nehridir. Nehrin yıl içindeki akımı çok düzensizdir. Doğu Anadolu'da karların eridiği ve özellikle yağışın en fazla olduğu bahar aylarında nehrin akımı daha fazla artarken, yaz aylarında ise nehrin akımında azalma meydana gelmektedir. Fırat Nehri, Karasu Nehri ve Murat Nehri olmak üzere her ikisi de Türkiye'nin Doğu Anadolu dağlarından kaynaklanan iki büyük koldan oluşmaktadır. Bu iki nehir, Türkiye'nin en büyük barajlarından biri olan Keban Barajı yakınında birleşmektedir. Fırat Nehri, Türkiye'nin sınırları dışında Dicle Nehri ile birleşerek Basra Körfezine dökülmektedir. Fırat Nehri Havzası, bazı belirgin fiziksel özelliklere sahip olan Yukarı Fırat, Orta Fırat ve Aşağı Fırat havzalarına bölünmüştür (Yılmaz ve Muttil, 2014).

4.2 Kullanılan Veri

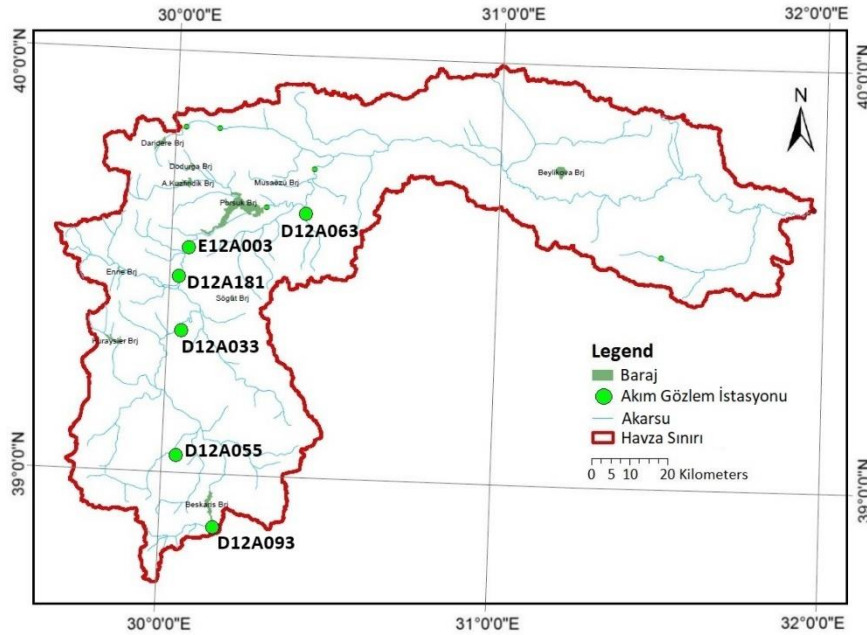
4.2.1 Porsuk Çayı Havzası

Porsuk Çayı Havzası'nda aynı zaman periyodunda gözlem süresi en az 10 yıl olan ve bir barajın mansabında yer almayan 6 akım gözlem istasyonu seçilmiştir. Seçilen istasyonların harita üzerindeki konumları Şekil 4.4'te verilmiştir. Bu istasyonların Porsuk Çayı ana kolu ve yan kolları üzerindeki yerleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir. D12A033, D12A181, E12A003 numaralı istasyonlar Porsuk Çayı ana kolu üzerinde, diğer 3 istasyon ise yan kollarda bulunmaktadır. İstasyonların günlük akım verileri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DSİ) temin edilmiştir. 1990-2010 yılları arası

İstasyonların ortak gözlem periyodu olarak belirlenmiştir. İstasyonların akım verileri incelendiğinde, bu gözlem periyodu içerisinde her bir yıla ait günlük akım verilerinde eksiklikler görülmüştür. En az 2 yıl ve en fazla 5 yıl boyunca eksik akım verisi bulunmaktadır (E12A003 numaralı istasyon hariç). Ayrıca yan kollarda bulunan istasyonlara ait akım verileri sıfır akım değerleri içermektedir. İstasyonlara ait bazı bilgiler ve akım verilerinin istatistiksel özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Her bir istasyon için 1990-2010 yıllarına ait akım verilerinin zamana bağlı durumu grafiksel olarak Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Bu istasyonların 1990-2010 yılları arasındaki aylık ortalama akımları aynı grafik üzerinde Şekil 4.7'de verilmiştir.



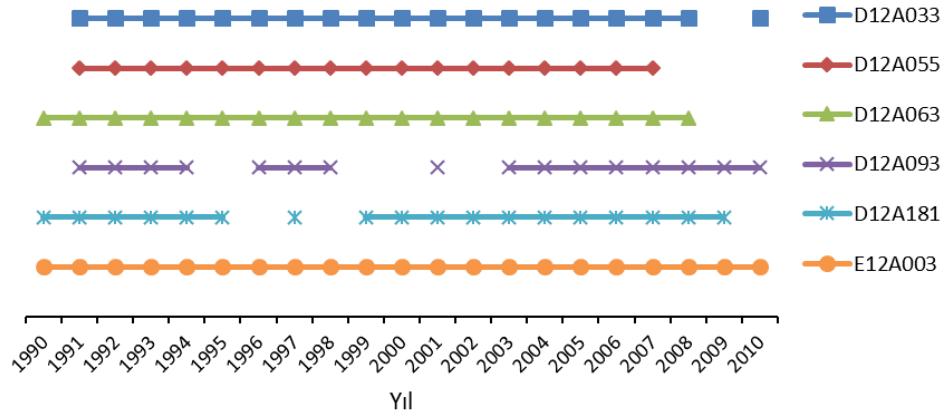
Şekil 4.4 : Porsuk Çayı Havzası'nda seçilen akım gözlem istasyonlarının konumu.



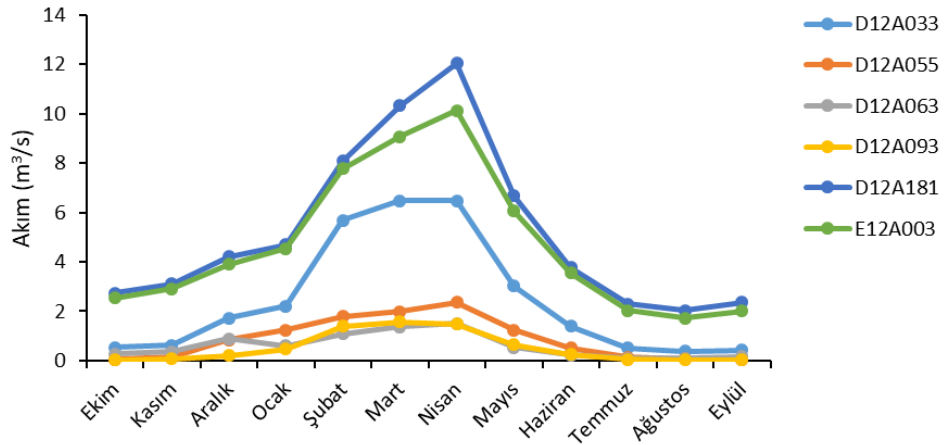
Şekil 4.5 : Porsuk Çayı ana kolu ve yan kolları üzerindeki akım gözlem istasyonları.

Çizelge 4.1 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarının özellikleri.

İstasyon Numarası	Enlem (°)	Boylam (°)	Drenaj Alanı (km ²)	Kot (m)	Eksik Veri (%)	Ortalama (m ³ /s)	Standart Sapma (m ³ /s)
D12A033	39.34	30.03	2432	951	9.5	2.432	4.815
D12A055	39.03	30.02	297	1062	19.0	0.862	1.734
D12A063	39.63	30.40	290.7	826	9.5	0.594	1.348
D12A093	38.87	30.17	153.1	1130	23.8	0.512	1.022
D12A181	39.46	30.03	3810.5	912	14.3	5.172	6.323
E12A003	39.53	30.05	3938.4	855	0.0	4.666	4.535



Şekil 4.6 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki akım verilerinin zamana bağlı durumu.

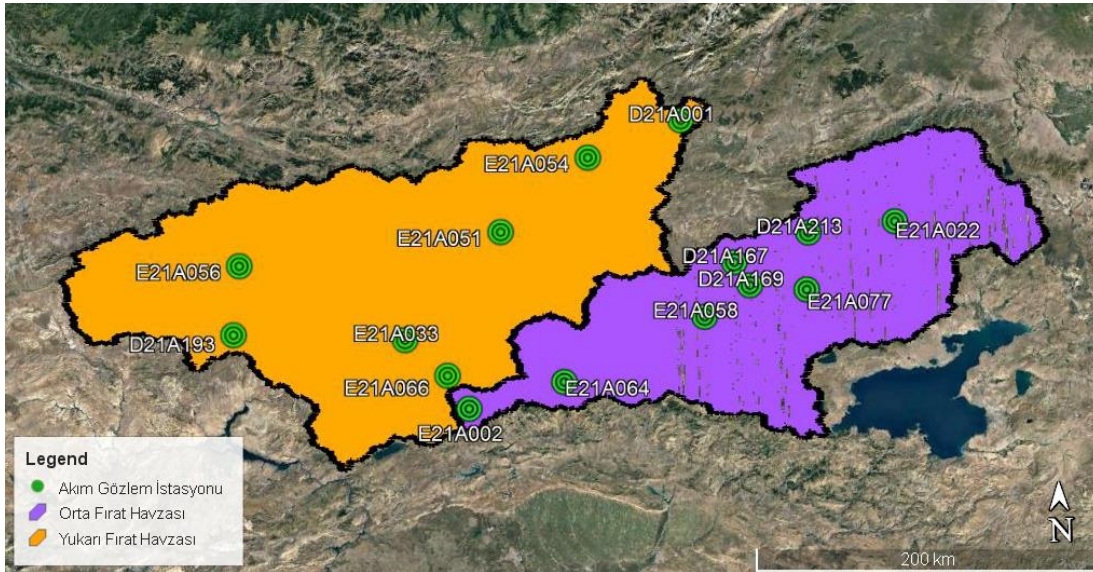


Şekil 4.7 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki aylık ortalama akımlar (1990-2010).

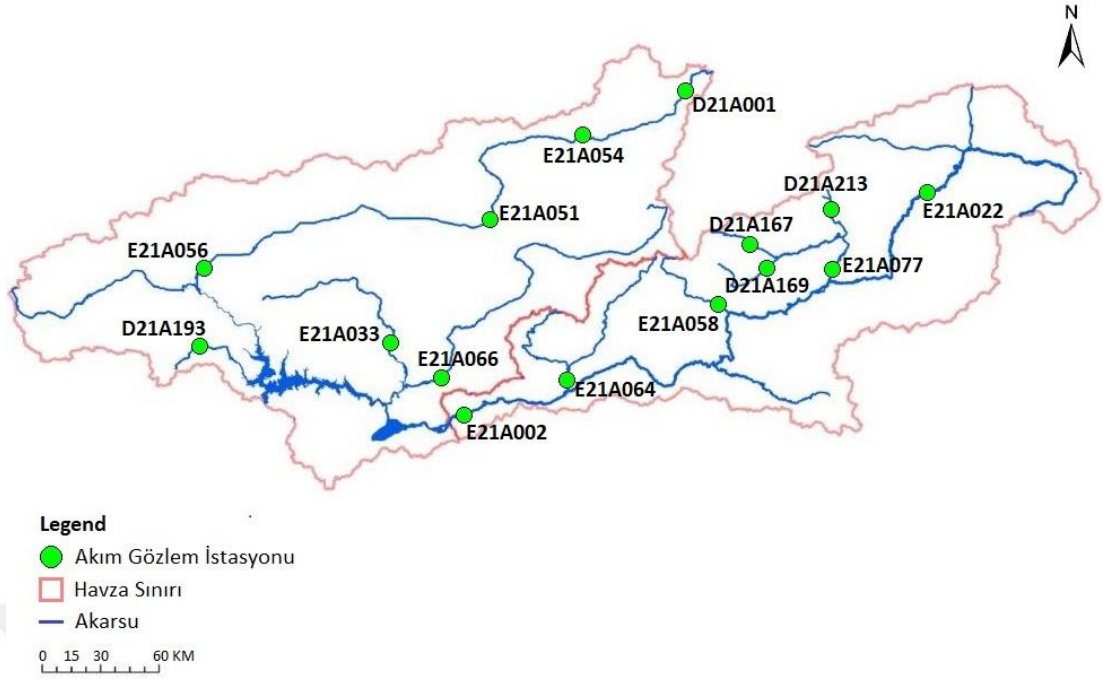
4.2.2 Fırat-Dicle Havzası

Fırat-Dicle Havzası'nın su potansiyelini belirlemek için, Fırat Nehri ana kolu ve bu nehri besleyen yan kollar üzerinde Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından çok sayıda akım gözlem istasyonu kurulmuştur. Bununla birlikte, havzadaki bazı akım gözlem istasyonlarına ait akım verilerinde çeşitli nedenlerden

dolayı fazla eksik veri olduğu belirlenmiştir. Gözlemlerin sürekliliği ve gözlem sürelerinin uzunluğu, bir barajın mansabında bulunmaması gibi durumlar öncelikli olarak dikkate alınarak istasyon seçimi yapılmıştır. Barajın mansabında yapılan ölçümler, akarsu akımının düzenlenmiş olmasından dolayı, çok gerçekçi sonuçlar vermemektedir. Bu sebepten dolayı baraj mansabında yer almayan ve uzun yıllara dayanan verilere sahip 15 adet akım gözlem istasyonu seçilmiştir. Bu istasyonlardan 8'i Orta Fırat Havzası'nda, 7'si Yukarı Fırat Havzası'nda yer almaktadır (Şekil 4.8). Bu iki havzadaki akım kolları ve seçilen akım gözlem istasyonlarının akım kolları üzerindeki konumları Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Her bir istasyon için 1986-2009 ortak gözlem periyodunda 24 yıllık günlük akım verileri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DSİ) temin edilmiştir. İstasyonlarda bu gözlem periyodu boyunca eksik veri bulunmamaktadır. Akım gözlem istasyonlarının temel özellikleri Orta Fırat Havzası için Çizelge 4.2 ve Yukarı Fırat Havzası için Çizelge 4.3'te verilmiştir. Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzalarındaki istasyonların 1986-2009 ortak periyodunda aylık ortalama akım değişimleri aynı grafik üzerinde sırasıyla Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de verilmiştir.



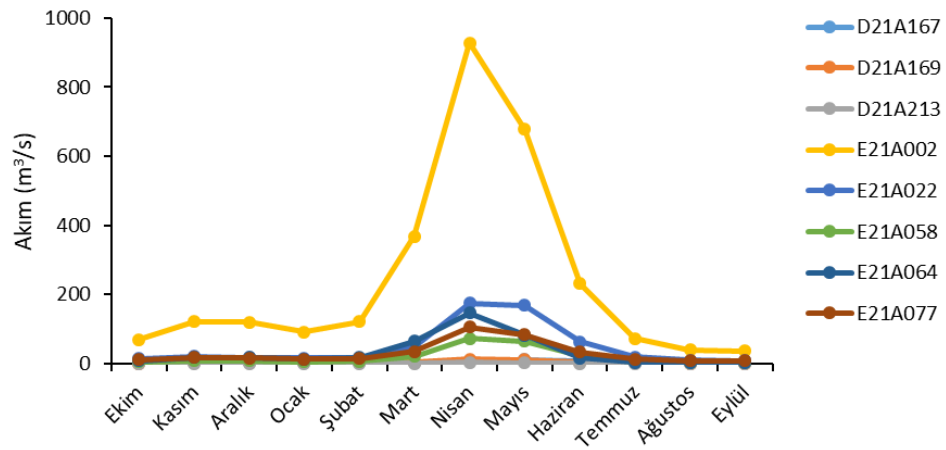
Şekil 4.8 : Fırat Havzası'nda seçilen akım gözlem istasyonlarının konumu.



Şekil 4.9 : Fırat Nehri ana kolu ve yan kolları üzerindeki akım gözlem istasyonları.

Çizelge 4.2 : Orta Fırat Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarının özellikleri.

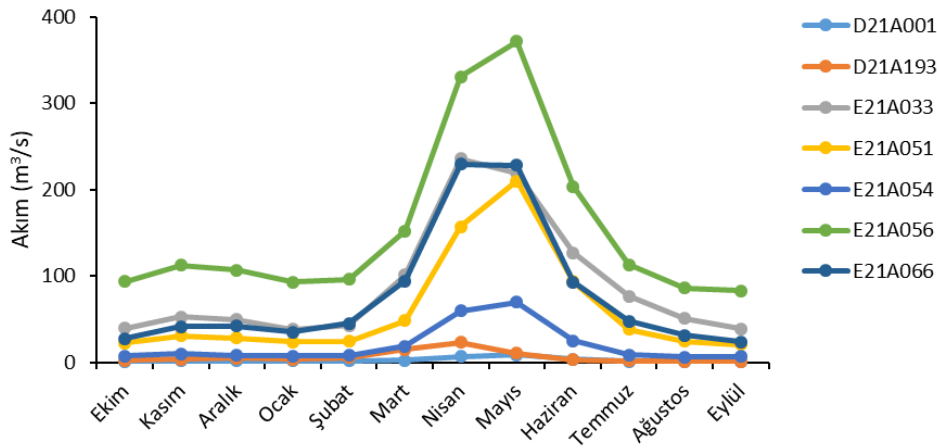
İstasyon Numarası	Drenaj Alanı (km ²)	Kot (m)	Ortalama (m ³ /s)	Standart Sapma (m ³ /s)	Gözlem Periyodu (Yıl)
D21A167	250	1650	3.55	3.99	1986-2009 (24)
D21A169	276.1	1600	3.35	5.64	1986-2009 (24)
D21A213	65.3	1810	0.74	1.41	1986-2009 (24)
E21A002	25515.6	852	239.82	350.55	1986-2009 (24)
E21A022	5882.4	1552	48.20	73.55	1986-2009 (24)
E21A058	1577.6	1310	18.91	29.91	1986-2009 (24)
E21A064	2232	990	32.97	55.99	1986-2009 (24)
E21A077	2995.3	1452	29.94	41.18	1986-2009 (24)



Şekil 4.10 : Orta Fırat Havzası'ndaki aylık ortalama akımlar (1986-2009).

Çizelge 4.3 : Yukarı Fırat Havzası’ndaki akım gözlem istasyonlarının özellikleri.

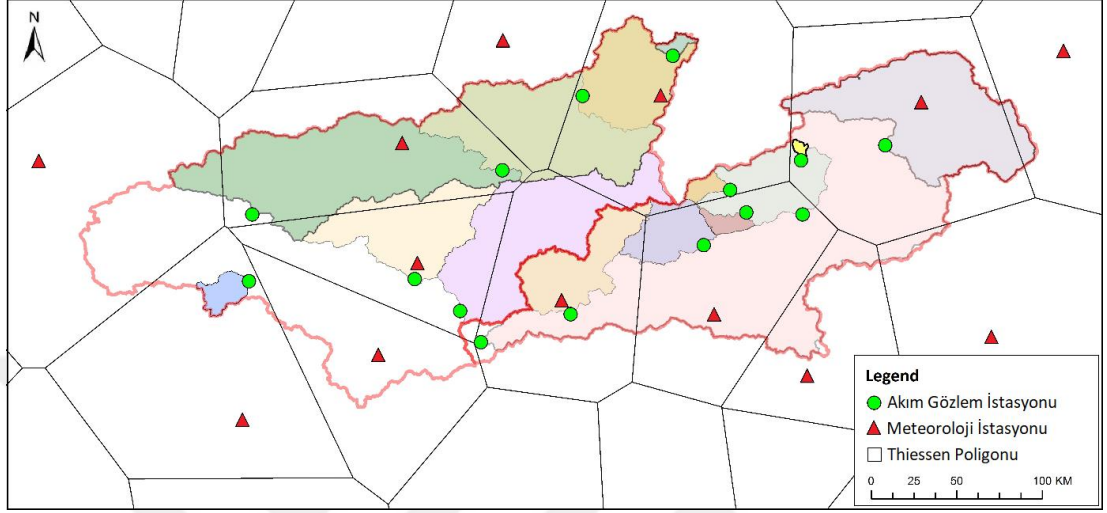
İstasyon Numarası	Drenaj Alanı (km ²)	Kot (m)	Ortalama (m ³ /s)	Standart Sapma (m ³ /s)	Gözlem Periyodu (Yıl)
D21A001	233.2	1830	2.75	3.21	1986-2009 (24)
D21A193	518.1	1000	6.31	9.65	1986-2009 (24)
E21A033	3284.8	875	89.38	82.21	1986-2009 (24)
E21A051	8185.6	1355	60.23	75.10	1986-2009 (24)
E21A054	2886	1675	19.68	26.75	1986-2009 (24)
E21A056	15562	865	153.57	118.52	1986-2009 (24)
E21A066	5430	840	78.26	97.93	1986-2009 (24)



Şekil 4.11 : Yukarı Fırat Havzası’ndaki aylık ortalama akımlar (1986-2009).

Kaynak ve hedef istasyonlar arasındaki fiziksel benzerliği belirlemek için coğrafi, topografik ve iklimsel özellikler göz önünde bulundurulmuştur. İklimsel özellikler olarak yıllık ortalama toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık seçilmiştir. Seçilen akım gözlem istasyonlarına en yakın şehirlerin meteoroloji istasyonlarına ait eş zamanlı yağış ve sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden (MGM) temin edilmiştir. Her bir akım gözlem istasyonu için yıllık ortalama toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri Thiessen poligon yöntemi ile hesaplanmıştır (Şekil 4.12). Böylece, her bir akım gözlem istasyonu tarafından temsil edilen drenaj alanının yıllık ortalama toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri, meteoroloji istasyonlarının yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak elde edilmiştir. Topografik özellikler olarak drenaj alanı, kot, havza eğimi ve kanal uzunluğu seçilmiştir. Her akım gözlem istasyonunun drenaj havzası için havza eğimi ve kanal uzunluğu, bir coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımından faydalanılarak elde edilmiştir. Havza eğiminin hesaplanmasında harmonik eğim kullanılmıştır. Enlem ve boylam, coğrafi özellikler olarak seçilmiştir. Çünkü coğrafi olarak yakın akım gözlem istasyonları hidrolojik benzerliklere sahip

olabilirler. İstasyonların enlem ve boylamları, ondalık dereceye dönüştürülerek benzerlik katsayısını hesaplamak için kullanılmıştır. Seçilen fiziksel özelliklerin tanımlayıcı istatistikleri Orta Fırat Havzası için Çizelge 4.4'te, Yukarı Fırat Havzası için Çizelge 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.12 : Fırat Havzası'ndaki meteoroloji istasyonları ve Thiessen poligonları.

Çizelge 4.4 : Orta Fırat Havzası'ndaki fiziksel özelliklerin istatistikleri.

Fiziksel Özellikler	Maksimum	Minimum	Ortalama
Drenaj Alanı (km ²)	25515.6	65.3	4849.3
Kot (m)	1810	852	1402
Yıllık Ortalama Toplam Yağış (mm)	939.50	431.20	679.68
Yıllık Ortalama Sıcaklık (°F)	53.60	42.26	47.29
Havza Eğimi (%)	2.69	0.19	1.21
Kanal Uzunluğu (km)	565.11	14.75	142.27
Enlem (°)	39.54	38.69	39.19
Boylam (°)	42.78	39.93	41.58

Çizelge 4.5 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki fiziksel özelliklerin istatistikleri.

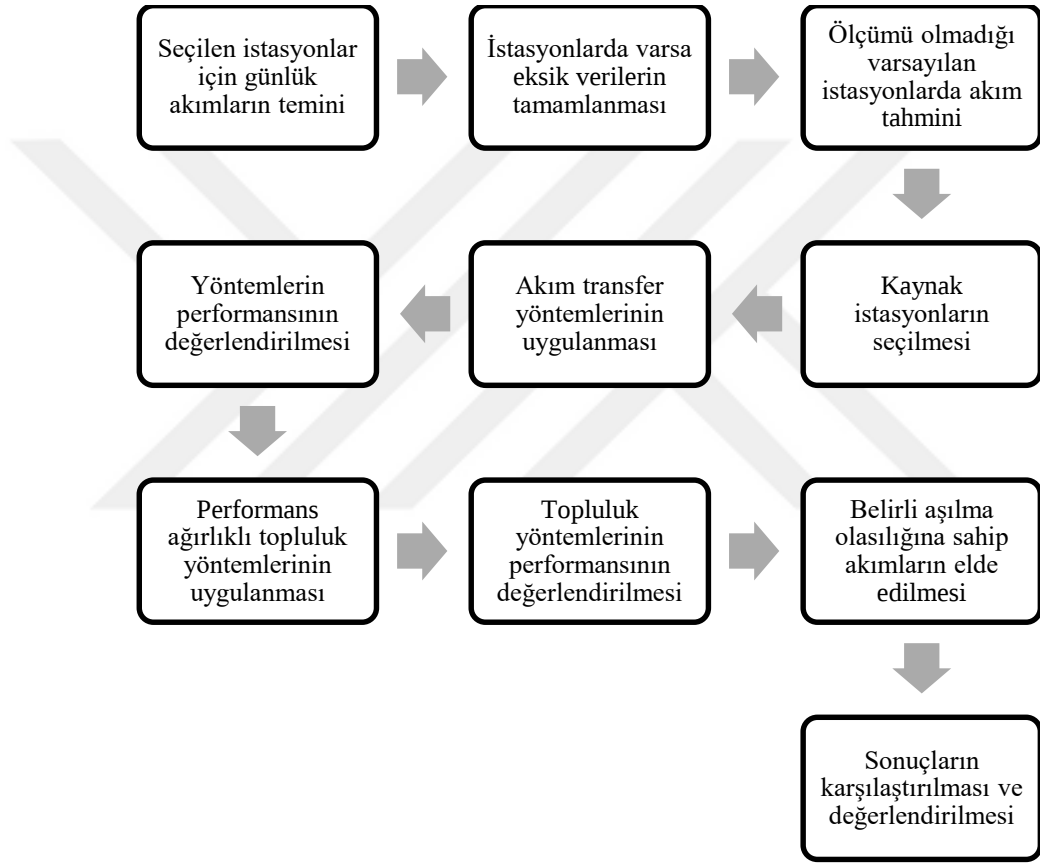
Fiziksel Özellikler	Maksimum	Minimum	Ortalama
Drenaj Alanı (km ²)	15562	233.2	5157.1
Kot (m)	1830	840	1205.7
Yıllık Ortalama Toplam Yağış (mm)	840.17	374.90	524.15
Yıllık Ortalama Sıcaklık (°F)	56.48	42.26	48.52
Havza Eğimi (%)	2.82	0.16	0.96
Kanal Uzunluğu (km)	381.60	25.10	161.19
Enlem (°)	40.11	38.86	39.44
Boylam (°)	41.39	38.41	39.79



5. UYGULAMA

5.1 Porsuk Çayı Havzası

Porsuk Çayı Havzası'nda çeşitli istatistiksel tahmin yöntemlerinin uygulanabilirliğinin araştırılması için önerilen iş akış şeması Şekil 5.1'de verilmiştir.

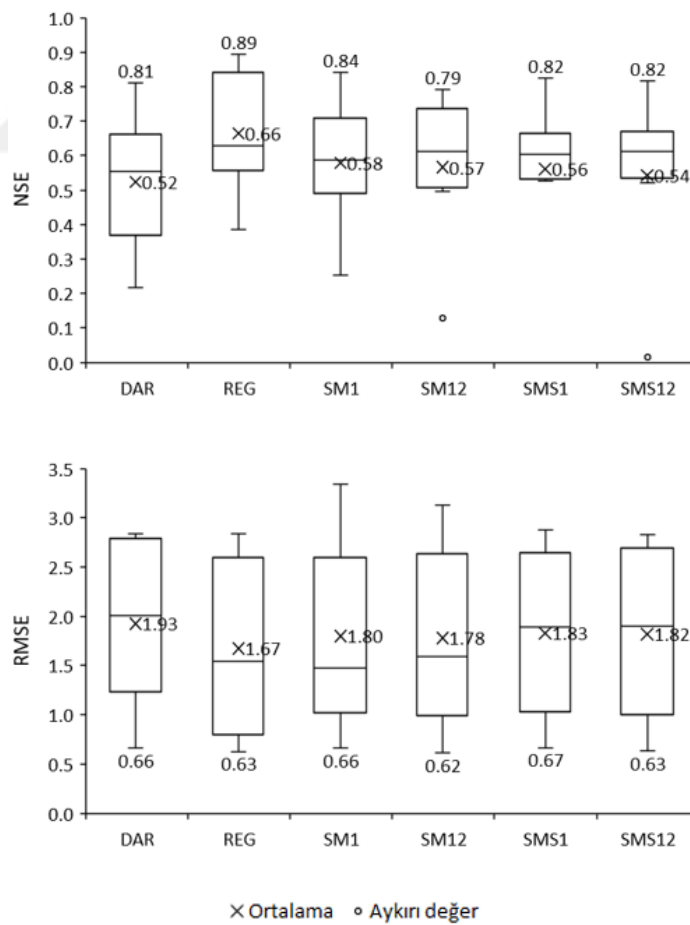


Şekil 5.1 : Porsuk Çayı Havzası uygulaması için önerilen iş akış şeması.

Porsuk Çayı Havzası'nda yapılan uygulamalar, bölüm 5.1.1'de eksik verilerin tamamlanması, bölüm 5.1.2'de istatistiksel akım transfer yöntemleri, bölüm 5.1.3'te performans ağırlıklı topluluk yöntemleri, bölüm 5.1.4'te bölgesel istatistiksel parametrelerin hesaplanması ve bölüm 5.1.5'te debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi başlıkları altında sunulmuştur.

5.1.1 Eksik verilerin tamamlanması

Porsuk Çayı Havzası'nda, hedef istasyonun eksik verilerini tamamlamak için en uygun yönteme ve kaynak istasyona ihtiyaç duyulmuştur. Verileri mevcut olan her bir istasyon, REG, DAR, SM ve SMS yöntemleri için sırayla hedef istasyonun kaynak istasyonu olarak seçilmiştir. SM ve SMS yöntemlerinde kullanılan hedef istasyonun akım istatistikleri, istatistiksel parametreler ve drenaj alanı arasındaki logaritmik ilişkilere dayanan regresyon denklemleri (bkz. denklem 3.12, sayfa 23) kullanılarak elde edilmiştir. Tahmin edilen eksik veriler gerçek verilerle karşılaştırılamadığı için, yöntemlerin tahmin performansı istasyonların mevcut gözlem verileri üzerinde (eksik verilerden önceki ve sonraki tüm değerler) değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme yaklaşımı, gerçek bir tahmin performansı sunmamakla birlikte, tahmin edilen değerler için önemli bir ipucu vermektedir. Eksik veri tamamlama yöntemini belirlemek amacıyla yöntemlere göre her bir istasyon için elde edilen en iyi NSE ve RMSE değerlerinin aralığı Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonların eksik verilerinin tamamlanması için yöntemlerin performansının karşılaştırılması.

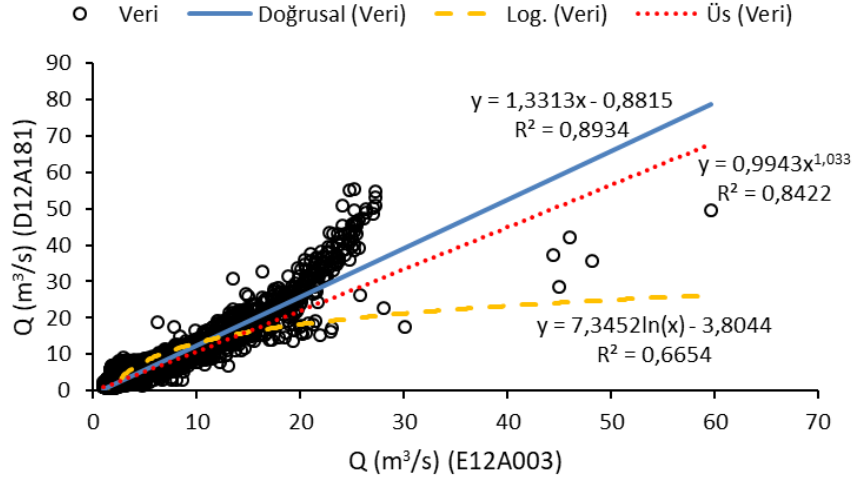
Şekil 5.2'deki sonuçlara göre eksik verileri tamamlamada REG yönteminin diğer yöntemlerden daha üstün olduğu gözlemlenmiştir. REG yöntemi için NSE değerlerinin ortalaması 0.66 ve RMSE değerlerinin ortalaması 1.67'dir. Bu nedenle istasyonlardaki eksik akım verilerini tamamlamak için REG yöntemi seçilmiştir.

Porsuk Çayı Havzası'nda seçilen 6 akım gözlem istasyonunun temin edilen günlük akım verileri arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını, varsa bu ilişkinin yönünü ve gücünün ne olduğunu belirlemek için verilerin normal dağıldığı varsayılarak hesaplanan Pearson r korelasyon katsayıları Çizelge 5.1'de verilmiştir. Her bir istasyon için en yüksek korelasyon katsayısı değerleri koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki korelasyon katsayıları (temin edilen akım verileriyle hesaplanan).

İstasyon Numarası	D12A033	D12A055	D12A063	D12A093	D12A181	E12A003
D12A033	1	0.690	0.499	0.616	0.847	0.827
D12A055	0.690	1	0.622	0.720	0.734	0.745
D12A063	0.499	0.622	1	0.561	0.521	0.520
D12A093	0.616	0.720	0.561	1	0.727	0.751
D12A181	0.847	0.734	0.521	0.727	1	0.945
E12A003	0.827	0.745	0.520	0.751	0.945	1

Çizelge 5.1'de verilen korelasyon katsayılarına göre birbirleri ile en korelasyonlu istasyonlar arasındaki ilişkilerin matematiksel ifadesini elde etmek için doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizleri (REG) yapılmıştır. Günlük akım verilerinin doğal logaritmasının alındığı doğrusal olmayan regresyon analizi öncesinde sıfır akım olarak gözlemlenen debi değerleri için ayrıca bir hesaplama yapılmıştır. Her bir istasyonda gözlemlenen en küçük debi değerinin 1/100'ü hesaplanmış ve bu değerler sıfır olan debi değerleri yerine kabul edilmiştir. Regresyon analizleri sonucunda doğrusal, üstel ve logaritmik ilişkiler elde edilmiştir. Belirleme (determinasyon) katsayıları (R^2), istasyonlar arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için hesaplanmıştır. Eksik akım verisini tamamlamak için, iki istasyon arasındaki en yüksek R^2 değerine sahip matematiksel ilişki kullanılmıştır. Örnek olarak, D12A181 ile E12A003 istasyonları arasında elde edilen ilişkiler Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki D12A181 ile E12A003 istasyonları arasında elde edilen ilişkiler.

Seçilen ortak yıllar boyunca en iyi matematiksel ilişkiye sahip kaynak istasyonun ilgili yılda akım gözlem verisi olmadığı durumda, eksik yıllar için ikinci en iyi matematiksel ilişkiye sahip başka istasyon verisi kullanılmıştır. Örneğin, D12A063 ile D12A055 istasyonlarının akım verileri arasında en iyi matematiksel ilişki olmasına rağmen, D12A055 istasyonunun ilgili yılda akım gözlem verisi bulunmamaktadır (bkz. Şekil 4.6, sayfa 39). Bu nedenle, D12A063 istasyonunun 2009 ve 2010 yılı verilerinin tamamlanması için ikinci en iyi matematiksel ilişkiye sahip D12A093 istasyonunun verisi kullanılmıştır. İstasyonlar arasındaki eksik akım verilerin tamamlanması için bulunan en uygun matematiksel ilişkiler ve tamamlanan yıllar Çizelge 5.2'de verilmiştir. Eksik akım verilerinin tamamlanması için hesaplanan regresyon denklemlerinde sabit değer negatif olduğunda bazı akım değerleri negatif değer hesaplanmıştır. Bu negatif değerler sıfır akım olarak değiştirilmiştir. Bu şekilde, her bir istasyon için 21 yıllık günlük akım verileri elde edilmiştir.

Çizelge 5.2 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki matematiksel ilişkiler ve tamamlanan yıllar.

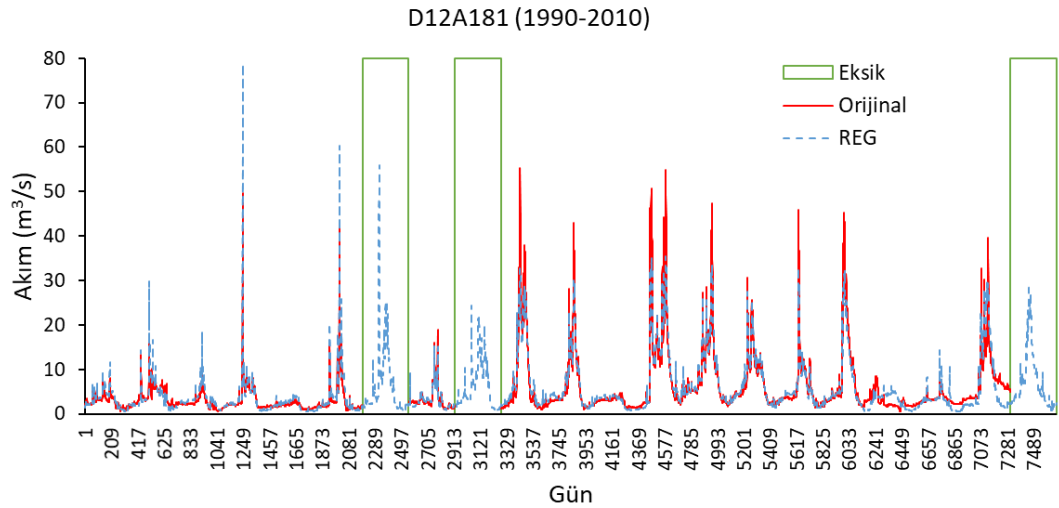
Hedef İstasyon y	Kaynak İstasyon x	Denklem	R ²	Tamamlanan Yıllar
D12A033	D12A181	$y = 0,1422x^{1,4777}$	0.809	1990, 2009
D12A055	E12A003	$y = 0,2815x - 0,465$	0.554	1990, 2008, 2009, 2010
D12A063	D12A093	$y = 0,5061x^{0,2251}$	0.329	2009, 2010
D12A093	E12A003	$y = 0,1873x - 0,3073$	0.564	1990, 1995, 1999, 2000, 2002
D12A181	E12A003	$y = 1,3313x - 0,8815$	0.893	1996, 1998, 2010

REG yöntemi, akım özelliklerinin korunmasında (ortalama, standart sapma) eksik verileri tahmin etmek açısından tatmin edici sonuçlar vermiştir. Verilerin tamamlanmasından sonra elde edilen sonuçlar tahminlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve her bir istasyon için verilerin istatistiksel yapısının tamamlanma sürecinden sonra çoğunlukla korunduğunu göstermiştir (Çizelge 5.3). Bazı istasyonlar için bağıl hata değerlerinin yüksek olması, bu istasyonların akımlarının düşük olmasına bağlanabilir.

Çizelge 5.3 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar için eksik verilerin tamamlanmadan önceki ve sonraki uzun dönem istatistiksel parametreleri.

Hedef İstasyon	Önceki Ortalama (m ³ /s)	Sonraki Ortalama (m ³ /s)	%RE	Önceki Standart Sapma (m ³ /s)	Sonraki Standart Sapma (m ³ /s)	%RE
D12A033	2.432	2.413	0.781	4.815	4.716	2.056
D12A055	0.862	0.851	1.276	1.734	1.646	5.075
D12A063	0.594	0.573	3.535	1.348	1.285	4.674
D12A093	0.512	0.568	-10.938	1.022	1.033	-1.076
D12A181	5.172	5.330	-3.055	6.323	6.333	-0.158

Örnek olarak, D12A181 istasyonunun eksik verileri korelasyona bağlı olarak en iyi matematiksel ilişki ile tamamlanmış ve bu istasyonun 21 yıllık verileri eksiksiz elde edilmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki D12A181 istasyonunun gözlemlenen ve tahmin edilen akım verileri.

Çizelge 5.4'te verilen istasyonlar arasındaki korelasyonlar, tamamlanmış akım verileriyle yeniden hesaplanan Pearson r korelasyon katsayılarıdır. Çizelge 5.1 ile karşılaştırıldığında, istasyonların en korelasyonlu istasyonu değişmemiştir.

Çizelge 5.4 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki korelasyon katsayıları (tamamlanmış akım verileriyle hesaplanan).

İstasyon Numarası	D12A033	D12A055	D12A063	D12A093	D12A181	E12A003
D12A033	1	0.710	0.479	0.695	0.863	0.827
D12A055	0.710	1	0.597	0.703	0.765	0.774
D12A063	0.479	0.597	1	0.414	0.504	0.488
D12A093	0.695	0.703	0.414	1	0.799	0.821
D12A181	0.863	0.765	0.504	0.799	1	0.953
E12A003	0.827	0.774	0.488	0.821	0.953	1

5.1.2 İstatistiksel akım transfer yöntemleri

Porsuk Çayı Havzası'nda seçilen 6 istasyonun 5'inde bulunan eksik akım verilerinin tamamlanmasından sonra ölçümü olmadığı varsayılan istasyonlarda akım tahmini aşamasına geçilmiştir. Yöntem kısmında tanıtılan akım transfer yöntemlerinden DAR, MDAR, IDW, SM, SMS yöntemleri ve bu yöntemlerin çeşitli varyasyonları Porsuk Çayı Havzası çalışma alanına uygulanmıştır. Her bir istasyon sırayla ölçümü olmadığı varsayılmıştır. Diğer bir ifadeyle, bu çalışma alanındaki istasyonlardan birinin veri kaydı, veri tabanından çıkarılarak ölçümü olmayan (hedef) istasyon olarak kabul edilmiştir. DAR, SM ve SMS yöntemlerinde her bir hedef istasyon için diğer istasyonlar sırayla kaynak istasyon olarak seçilmiştir. MDAR ve IDW yöntemlerinde ise her bir hedef istasyon için diğer istasyonların tümü kaynak istasyon olarak seçilmiştir. Bu çalışmada IDW yöntemi için güç parametresi değeri 2 alınmıştır. Daha sonra, hedef istasyondaki günlük akım verileri kaynak istasyonlardaki veriler kullanılarak 21 yıllık günlük akım tahminleri elde edilmiştir. Bu süreç, tüm hedef istasyonlar için tekrarlanmıştır.

Akım gözlem istasyonları arasındaki mesafe, küresel trigonometrik bir yaklaşım olan Haversine formülünün bir varyasyonu kullanılarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.1'de istasyonlara ait derece cinsinden verilen enlem ve boylamlar, radyan cinsine çevrilerek Haversine formülünde (bkz. denklem 3.7, sayfa 20) kullanılmıştır. İstasyonlar arasındaki mesafeler, Çizelge 5.5'te verilmiştir. İstasyonlar arasındaki en yakın mesafeler koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.5 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki mesafeler (km).

İstasyon Numarası	D12A033	D12A055	D12A063	D12A093	D12A181	E12A003
D12A033	0	34.56	45.01	54.30	13.20	20.58
D12A055	34.56	0	74.42	22.62	47.73	55.14
D12A063	45.01	74.42	0	87.59	37.24	32.27
D12A093	54.30	22.62	87.59	0	67.35	74.30
D12A181	13.20	47.73	37.24	67.35	0	7.60
E12A003	20.58	55.14	32.27	74.30	7.60	0

Her bir istasyon için en yakın ve en korelasyonlu (tamamlanmış akım verileriyle hesaplanan korelasyona göre) istasyonlar Çizelge 5.6'da verilmiştir. Aynı akım kolu üzerinde bulunan istasyonlar, mesafe ve korelasyon katsayısı arasında kuvvetli bir ilişki göstermektedir. D12A033 istasyonu için, en korelasyonlu D12A181 istasyonu aynı zamanda en yakın istasyondur. D12A181 istasyonu için, en korelasyonlu E12A003 istasyonu aynı zamanda en yakın istasyondur. E12A003 istasyonu için, en korelasyonlu D12A181 istasyonu aynı zamanda en yakın istasyondur.

Çizelge 5.6 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki en yakın ve en korelasyonlu istasyonlar.

İstasyon Numarası	En Yakın İstasyon	Mesafe (km)	En Korelasyonlu İstasyon	Korelasyon Katsayısı (r)
D12A033	D12A181	13.20	D12A181	0.863
D12A055	D12A093	22.62	E12A003	0.774
D12A063	E12A003	32.27	D12A055	0.597
D12A093	D12A055	22.62	E12A003	0.821
D12A181	E12A003	7.60	E12A003	0.953
E12A003	D12A181	7.60	D12A181	0.953

Çizelge 5.7'de, hedef ve kaynak istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranları verilmiştir. Drenaj alanı oranı için, $0.5 \leq A_{hedef}/A_{kaynak} \leq 1.5$ koşulunu sağlayan değerler koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranları.

Hedef / Kaynak	D12A033	D12A055	D12A063	D12A093	D12A181	E12A003
D12A033	1	8.19	8.37	15.89	0.64	0.62
D12A055	0.12	1	1.02	1.94	0.08	0.08
D12A063	0.12	0.98	1	1.90	0.08	0.07
D12A093	0.06	0.52	0.53	1	0.04	0.04
D12A181	1.57	12.83	13.11	24.89	1	0.97
E12A003	1.62	13.26	13.55	25.72	1.03	1

Çizelge 5.8'de DAR, SM, SMS, MDAR ve IDW yöntemleri için elde edilen NSE değerleri verilmiştir. Bu çizelgede hedef istasyonlar için coğrafi en yakın istasyon 1 ile, en korelasyonlu istasyon 2 ile gösterilmiştir. MDAR ve IDW yöntemlerinde her

bir hedef istasyon için diğer istasyonların tümü kaynak istasyon olarak seçildiğinden tek bir NSE değeri elde edilmiştir. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.8 : Porsuk Çayı Havzası'nda DAR, SM, SMS, MDAR ve IDW için NSE değerleri.

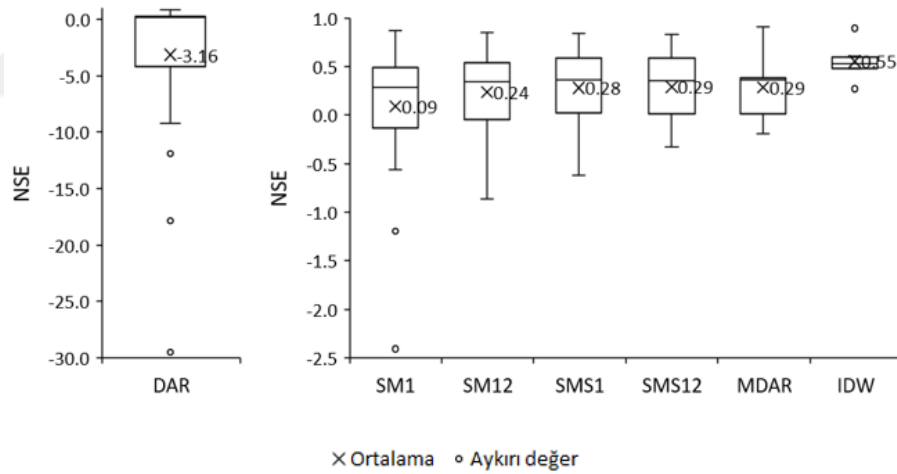
Hedef İstasyon	Kaynak İstasyon	DAR	SM1	SM12	SMS1	SMS12	MDAR	IDW
D12A033	D12A055	-5.042	-0.057	0.116	0.416	0.495		
	D12A063	-3.270	-1.195	-0.280	-0.002	0.291		
	D12A093	-9.233	0.016	0.220	0.388	0.414	-0.193	0.610
	D12A181 ^{1,2}	0.700	0.694	0.703	0.692	0.703		
	E12A003	0.620	0.621	0.635	0.628	0.652		
D12A055	D12A033	0.260	0.481	0.492	0.472	0.523		
	D12A063	0.291	0.220	0.343	0.277	0.355		
	D12A093 ¹	0.206	0.481	0.514	0.461	0.517	0.347	0.558
	D12A181	0.299	0.510	0.545	0.572	0.592		
	E12A003 ²	0.187	0.462	0.514	0.593	0.617		
D12A063	D12A033	0.179	-0.329	-0.408	-0.325	-0.226		
	D12A055 ²	-0.114	-0.030	-0.075	-0.040	-0.157		
	D12A093	-1.219	-0.362	-0.286	-0.480	-0.330	-0.101	0.270
	D12A181	0.221	0.172	-0.058	-0.255	-0.174		
	E12A003 ¹	0.155	0.196	0.014	-0.284	-0.181		
D12A093	D12A033	0.155	0.448	0.349	0.323	-0.008		
	D12A055 ¹	0.464	0.464	0.342	0.344	0.058		
	D12A063	0.047	-0.134	-0.063	-0.288	-0.321	0.375	0.477
	D12A181	0.216	0.536	0.596	0.569	0.124		
	E12A003 ²	0.111	0.492	0.581	0.627	0.152		
D12A181	D12A033	0.592	0.578	0.631	0.690	0.725		
	D12A055	-6.796	0.354	0.416	0.532	0.611		
	D12A063	-4.514	-0.561	0.028	0.109	0.340	0.904	0.895
	D12A093	-11.921	0.486	0.511	0.587	0.586		
	E12A003 ^{1,2}	0.824	0.731	0.768	0.837	0.829		
E12A003	D12A033	-0.078	-0.351	-0.008	0.336	0.408		
	D12A055	-17.842	-0.508	-0.140	0.187	0.345		
	D12A063	-11.465	-2.408	-0.867	-0.621	-0.190	0.385	0.506
	D12A093	-29.507	-0.129	0.185	0.320	0.272		
	D12A181 ^{1,2}	0.634	0.874	0.846	0.693	0.661		

¹ Coğrafi en yakın, ² en korelasyonlu.

Çizelge 5.8'deki DAR yöntemi için, $0.5 \leq A_{hedef}/A_{kaynak} \leq 1.5$ koşulunu sağlayan durumlarda genellikle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Örneğin, D12A033 hedef istasyonunun D12A181 ile drenaj alanı oranı 0.64 ve E12A003 ile drenaj alanı oranı 0.62'dir. D12A033 hedef istasyonu için D12A181 ve E12A003 istasyonları ile DAR yönteminden elde edilen NSE değerleri sırasıyla 0.700 ve 0.620'dir, ancak diğer istasyonların her biri ile negatif NSE değerleri elde edilmiştir. Bu negatif NSE değerleri, D12A033 hedef istasyonu ile diğer istasyonlar arasındaki drenaj alanı

oranlarının 1.5'ten çok büyük olmasından kaynaklanmaktadır. D12A055 ve D12A181 istasyonun DAR tahminleri, MDAR yöntemi uygulanarak iyileştirilmiştir. 6 hedef istasyondan 5'i için, IDW yönteminin performansı MDAR yönteminden daha iyidir. SM ve SMS yöntemlerinin varyasyonlarının performansları istasyondan istasyona değişkenlik göstermesine rağmen, bu yöntemlerle DAR yöntemine göre genellikle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir ve NSE değerlerinin çoğunlukla 0.5'in üzerinde olduğu görülmüştür. D12A063 istasyonu için yöntemlerin performansı yetersiz kalmıştır ve elde edilen tüm NSE değerleri 0.3'ün altındadır. Tüm hedef istasyonlar için, D12A181 veya E12A003 istasyonları iyi bir kaynak istasyon seçeneği olarak bulunmuştur. Bu iki istasyon, çoğu hedef istasyonun coğrafi en yakın ve/veya en korelasyonlu istasyonudur.

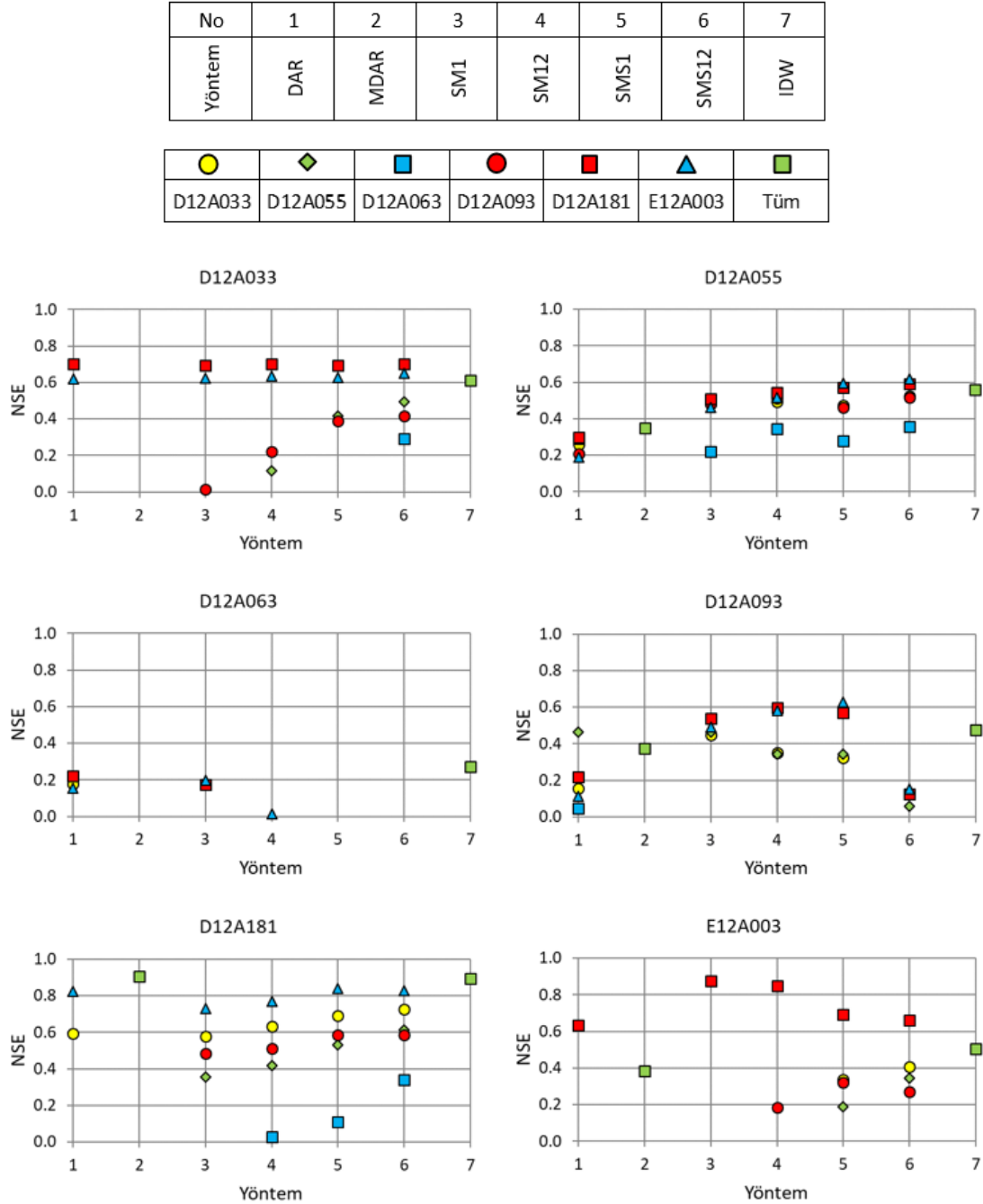
Her tekli yöntemin NSE tahmin performansına dayalı olarak grafiksel genel görünümü, Şekil 5.5'teki kutu grafiklerinde sunulmuştur. Kutu grafikleri, her bir hedef istasyon için her tekli yöntemle elde edilen tüm tahminlerin NSE değerlerini içermektedir.



Şekil 5.5 : Porsuk Çayı Havzası için tekli yöntemlerin NSE performansının istatistiksel özeti.

Şekil 5.5'te görüldüğü gibi, NSE değerleri DAR yöntemi için -29.51 (aykırı değer) ile 0.82, SM1 yöntemi için -2.41 (aykırı değer) ile 0.87, SM12 yöntemi için -0.87 ile 0.85, SMS1 yöntemi için -0.62 ile 0.84, SMS12 yöntemi için -0.33 ile 0.83, MDAR yöntemi için -0.14 ile 0.90 ve IDW yöntemi için 0.27 (aykırı değer) ile 0.89 (aykırı değer) arasındadır. Bu yedi tekli yöntemin ortalama NSE değerleri sırasıyla -3.16, 0.09, 0.24, 0.28, 0.29, 0.29 ve 0.55 olarak bulunmuştur. Burada, DAR yöntemi en

büyük değişkenliği gösterirken, IDW yöntemi en az değişkenliği göstermiştir. Ortalama NSE değerine göre IDW yöntemi diğer tekli yöntemlerden daha başarılıdır. Her bir istasyon için tekli yöntemlere göre NSE değerlerinin karşılaştırılması grafiksel olarak Şekil 5.6’da gösterilmiştir.



Şekil 5.6 : Porsuk Çayı Havzası için tekli yöntemlere göre NSE karşılaştırılması.

Her bir hedef istasyon için elde edilen NSE değerlerine göre en iyi tekli yöntem ve kaynak istasyon belirlenmiştir. Her bir istasyon için en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.9’da verilmiştir. 0.3’e eşit ve 0.3’ten

büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 : Porsuk Çayı Havzası’ndaki her bir istasyon için en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	Kaynak	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D12A033	SMS12	D12A181	0.703 ¹	2.571	0.545	-41.068 ²
D12A055	SMS12	E12A003	0.617 ²	1.019	0.619	20.394 ¹
D12A063	IDW	Tüm İstasyonlar	0.270 ⁴	1.098	0.855	25.812 ²
D12A093	SMS1	E12A003	0.627 ²	0.631	0.611	5.232 ¹
D12A181	MDAR	Tüm İstasyonlar	0.904 ¹	1.966	0.310	5.769 ¹
E12A003	SM1	D12A181	0.874 ¹	1.611	0.355	8.432 ¹

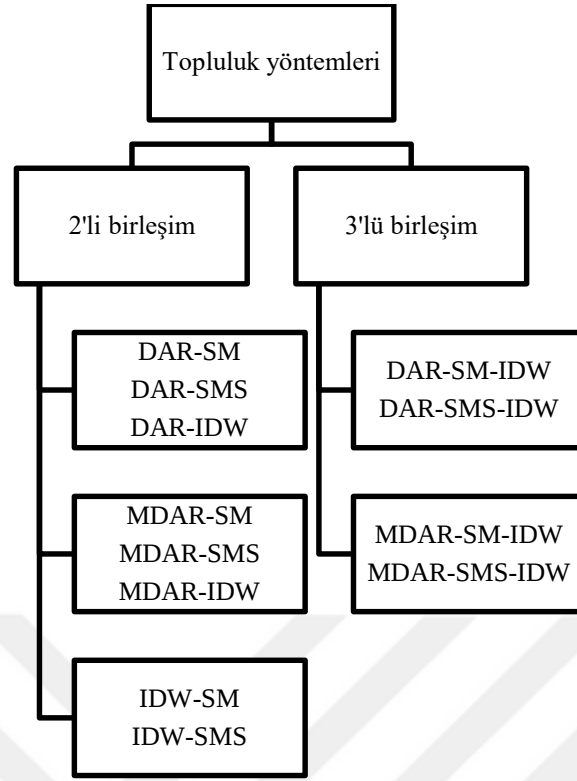
¹Çok iyi, ²İyi, ³Yeterli, ⁴Yetersiz.

Çizelge 5.9’da görüldüğü gibi, 6 hedef istasyonun 3’ünde SMS, 1’inde SM, 1’inde MDAR ve 1’inde IDW en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. DAR yöntemine kıyasla diğer tekli yöntemlerin daha başarılı olduğu görülmüştür. NSE değerleri için 6 istasyonun 3’ü “çok iyi”, 2’si “iyi”, 1’i “yetersiz” sınıfındadır. RSR değerleri için 6 hedef istasyonun 5’i yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7’den daha az). D12A033 için negatif PBIAS değeri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D12A055, D12A063, D12A093, D12A181 ve E12A003 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir. D12A033 istasyonu için elde edilen tahminlerin neredeyse tamamı gözlem değerinden yüksektir.

5.1.3 Performans ağırlıklı topluluk (ensemble) yöntemleri

Tekli yöntemlerden daha iyi tahminler elde etmek için, Şekil 5.7’de verildiği gibi 2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri ve bu yöntemlerin çeşitli varyasyonları Porsuk Çayı Havzası’na uygulanmıştır. Bu topluluk yöntemleri, her bir hedef istasyon için NSE değerlerine göre tekli yöntemlerin en iyi tahminleri kullanılarak elde edilmiştir. Porsuk Çayı Havzası uygulamasında tekli yöntemlerin tahminlerinin ağırlıklandırılması, 2’li birleşim için Farmer ve Vogel (2013)’e, 3’lü birleşim için Waseem ve diğ. (2015)’e göre yapılmıştır.

Her bir hedef istasyon için en iyi topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi en iyi 2’li birleşim için Çizelge 5.10’da, en iyi 3’lü birleşim için Çizelge 5.11’de verilmiştir. 0.3’e eşit ve 0.3’ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.



Şekil 5.7 : Porsuk Çayı Havzası’na uygulanan topluluk yöntemleri.

Çizelge 5.10 : Porsuk Çayı Havzası’ndaki her bir istasyon için en iyi 2’li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D12A033	DAR-SMS12	0.702 ¹	2.572	0.546	-41.017 ²
D12A055	MDAR-SMS1	0.652 ²	0.971	0.590	14.744 ¹
D12A063	DAR-SMS1	0.355 ³	1.032	0.803	4.721 ¹
D12A093	IDW-SMS1	0.674 ²	0.590	0.571	15.575 ¹
D12A181	MDAR-IDW	0.904 ¹	1.963	0.310	9.107 ¹
E12A003	MDAR-SM1	0.870 ¹	1.633	0.360	7.031 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.10’da görüldüğü gibi, NSE değerleri için 6 hedef istasyonun 3’ü “çok iyi”, 2’si “iyi”, 1’i “yeterli” sınıfındadır. D12A063 istasyonu için tekli yöntemde “yetersiz” sınıfta olan tahmin performansı 2’li birleşim topluluk yöntemi ile “yeterli” sınıfa yükselmiştir. RSR değerleri için 6 hedef istasyonun 5’i yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7’den daha az). D12A033 için negatif PBIAS değeri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D12A055, D12A063, D12A093, D12A181 ve E12A003 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir. D12A033 istasyonu için tekli yöntemlerde olduğu gibi 2’li birleşim topluluk yöntemleriyle de elde edilen tahminlerin neredeyse tamamı gözlem değerinden yüksek tahmin edilmiştir.

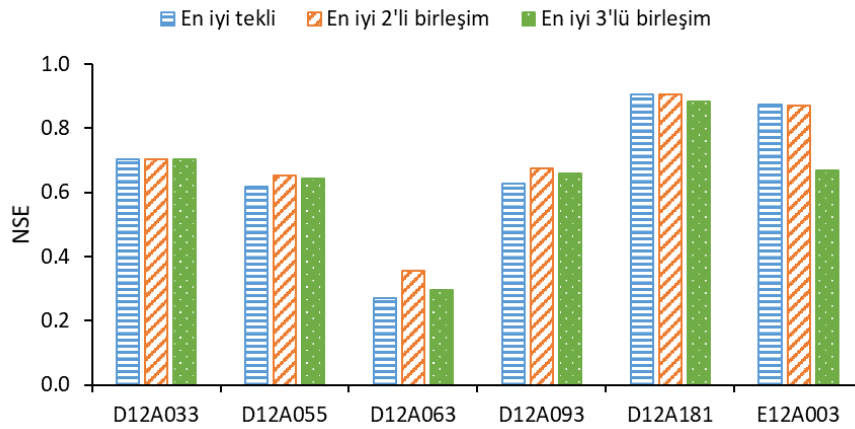
Çizelge 5.11 : Porsuk Çayı Havzası’ndaki her bir istasyon için en iyi 3’lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D12A033	DAR-SMS12-IDW	0.702 ¹	2.573	0.546	-41.049 ²
D12A055	MDAR-SMS12-IDW	0.643 ²	0.984	0.598	17.196 ¹
D12A063	MDAR-SM12-IDW	0.294 ⁴	1.080	0.840	-14.146 ¹
D12A093	DAR-SMS1-IDW	0.658 ²	0.604	0.585	20.980 ¹
D12A181	MDAR-SMS1-IDW	0.883 ¹	2.165	0.342	18.306 ¹
E12A003	DAR-SMS12-IDW	0.667 ²	2.617	0.577	-5.218 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.11’de görüldüğü gibi, NSE değerleri için 6 hedef istasyonun 2’si “çok iyi”, 3’ü “iyi”, 1’i “yetersiz” sınıfındadır. RSR değerleri için 6 hedef istasyonun 5’i yeterli veya üstü sınıfındadır. D12A033, D12A063 ve E12A003 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D12A055, D12A093 ve D12A181 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Şekil 5.8’de, her bir hedef istasyon için en iyi tekli, en iyi 2’li birleşim ve en iyi 3’lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması verilmiştir.

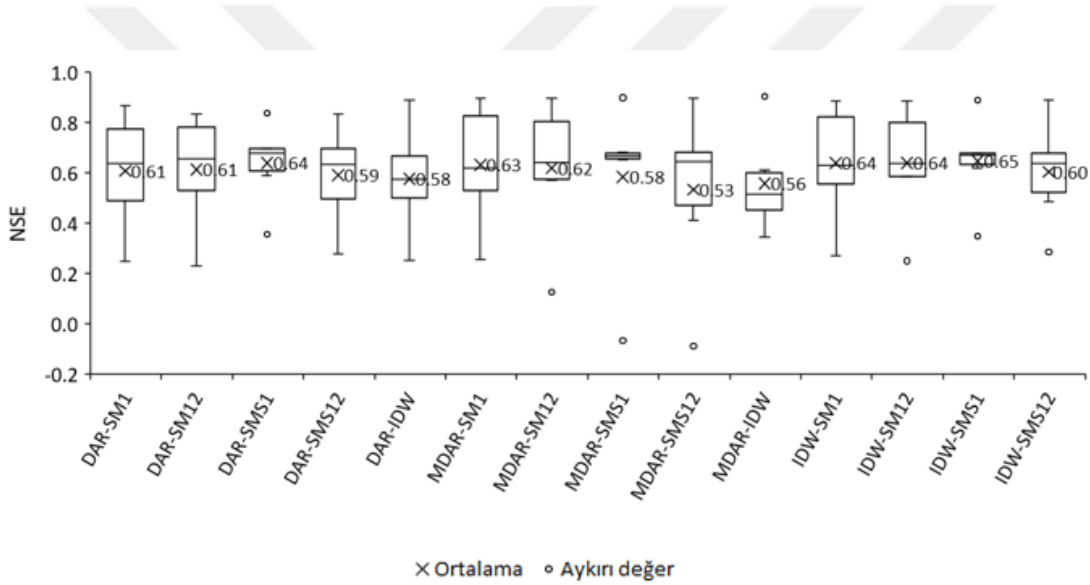


Şekil 5.8 : Porsuk Çayı Havzası’nda en iyi tekli, 2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.

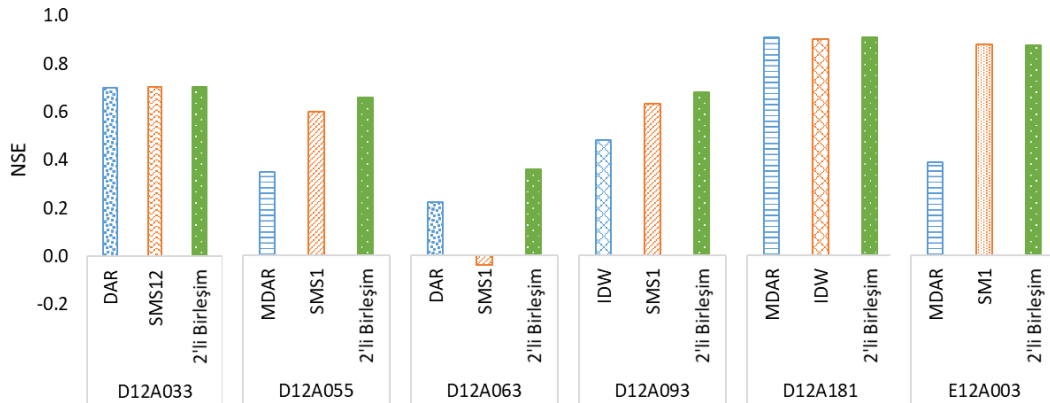
Şekil 5.8’de görüldüğü gibi tüm istasyonlar için genel olarak en iyi 2’li veya 3’lü birleşim topluluk yöntemleri, en iyi tekli yöntemlere kıyasla neredeyse eşit veya daha iyi performans göstermiştir. D12A033 ve E12A003 hariç tüm hedef istasyonlar için en iyi topluluk yöntemi kullanıldığında en iyi tekli yönteme göre NSE değerinde %0.03 ile %31.60 arasında iyileşme sağlanmıştır. Ortalama iyileşme oranı ise %11.20 bulunmuştur.

1990-2010 döneminde tüm istasyonlarda gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akımların ortalaması arasındaki mutlak bağıl hatalar, en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %5.23 ile %41.07 ve %5.22 ile %41.05 aralığında değişmektedir. Ortalama mutlak bağıl hatalar ise en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %17.78 ve %19.48 olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama mutlak hata değerlerine göre günlük akımların ortalamasını tahmin etmede en iyi tekli yöntem daha başarılı olmuştur.

Her bir hedef istasyon için elde edilen her bir 2’li birleşim topluluk yöntemlerinin NSE değerlerinin kutu grafikleri Şekil 5.9’da, en iyi 2’li birleşim topluluk yöntemleri ve bu topluluk yöntemlerini oluşturan tekli yöntemlerin karşılaştırılması ise Şekil 5.10’da verilmiştir.



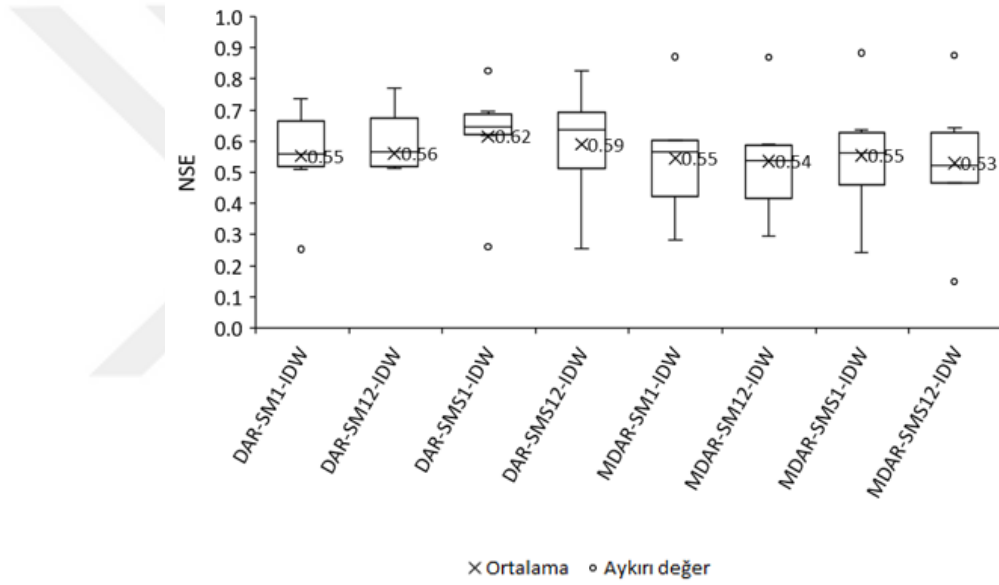
Şekil 5.9 : Porsuk Çayı Havzası için 2’li birleşim topluluk yöntemlerinin NSE değerlerinin kutu grafiği.



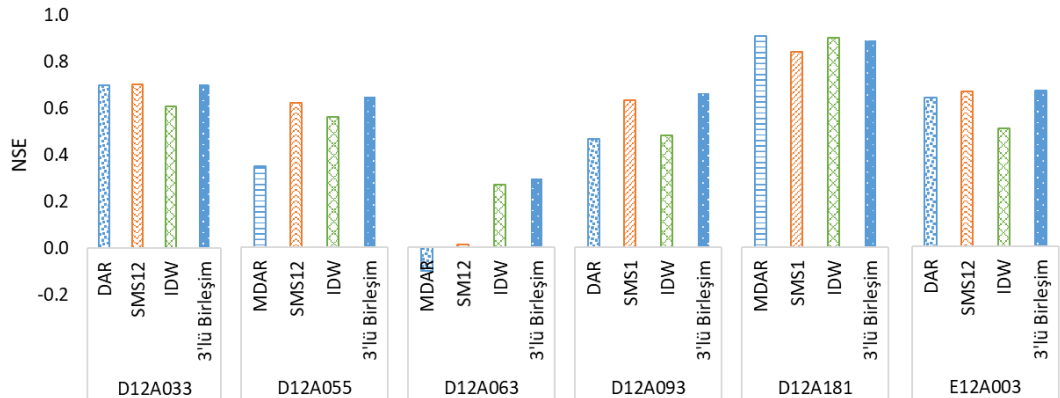
Şekil 5.10 : Porsuk Çayı Havzası için en iyi 2’li birleşim topluluk yöntemleri ve bu topluluk yöntemlerini oluşturan tekli yöntemlerin karşılaştırılması.

IDW-SMS1 2'li birleşim topluluk yönteminin ortalama NSE değeri, diğer 2'li birleşim topluluk yöntemlerinden daha yüksektir. MDAR-SMS1 ve IDW-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemleri, diğer 2'li birleşim topluluk yöntemlerinden daha az değişkenlik göstermiştir (Şekil 5.9). Şekil 5.10'da görüldüğü gibi, iki tekli yöntemi birleştiren topluluk yöntemleri genellikle birleşimi oluşturan bu tekli yöntemlerden biraz daha iyi sonuçlar vermiştir.

Tüm istasyonlar için elde edilen her bir 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinin NSE değerlerinin kutu grafikleri Şekil 5.11'de, en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri ve bu topluluk yöntemlerini oluşturan tekli yöntemlerin karşılaştırılması ise Şekil 5.12'de verilmiştir.



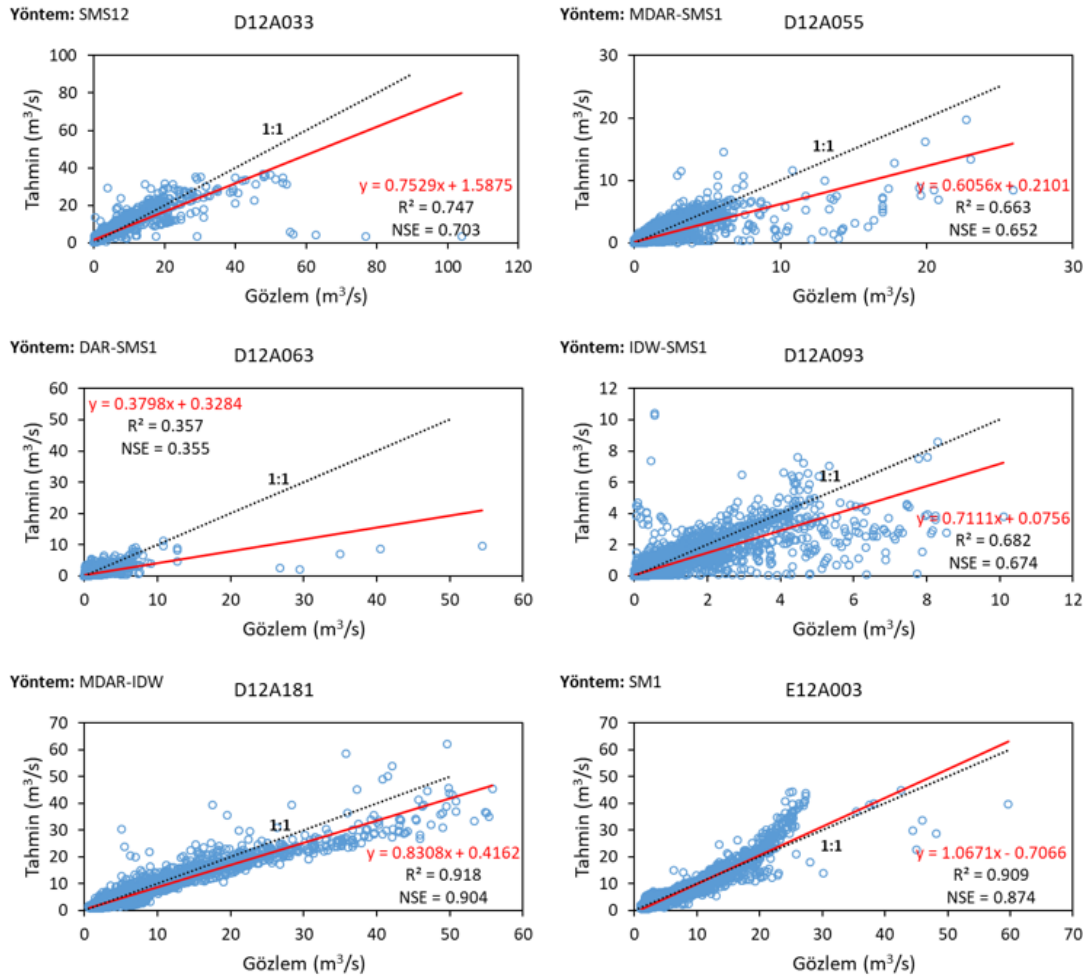
Şekil 5.11 : Porsuk Çayı Havzası için 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinin NSE değerlerinin kutu grafiği.



Şekil 5.12 : Porsuk Çayı Havzası için en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri ve bu topluluk yöntemlerini oluşturan tekli yöntemlerin karşılaştırılması.

DAR-SMS1-IDW 3'lü birleşim topluluk yöntemin ortalama NSE değeri, diğer 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinden daha yüksektir. DAR-SMS1-IDW 3'lü birleşim topluluk yöntem, diğer 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinden daha az değişkenlik göstermiştir (Şekil 5.11). Şekil 5.12'de görüldüğü gibi, üç tekli yöntemi birleştiren topluluk yöntemleri, genellikle birleşimi oluşturan bu tekli yöntemlerden biraz daha iyi sonuçlar vermiştir.

Çizelge 5.9-Çizelge5.11 karşılaştırılarak her bir istasyon için en iyi performansa sahip yöntem (tekli ya da topluluk) belirlenmiştir. Her bir istasyon için, bu en iyi yöntem kullanılarak elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri Şekil 5.13'te verilmiştir.



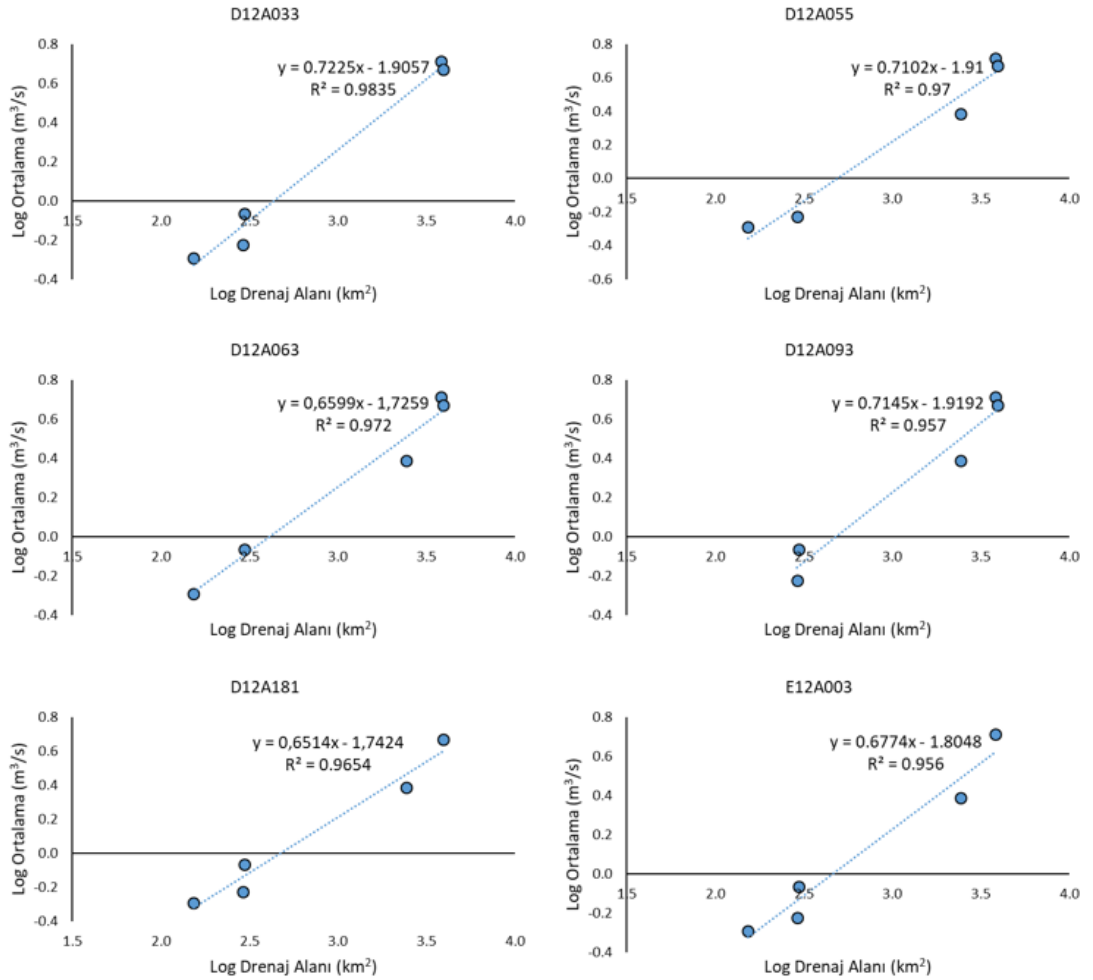
Şekil 5.13 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.

Şekil 5.13'te görüldüğü gibi, gözlemlenen akım değerlerine en yakın tahminler D12A181 istasyonu için yapılmıştır ve MDAR-IDW 2'li birleşim topluluk yöntemi

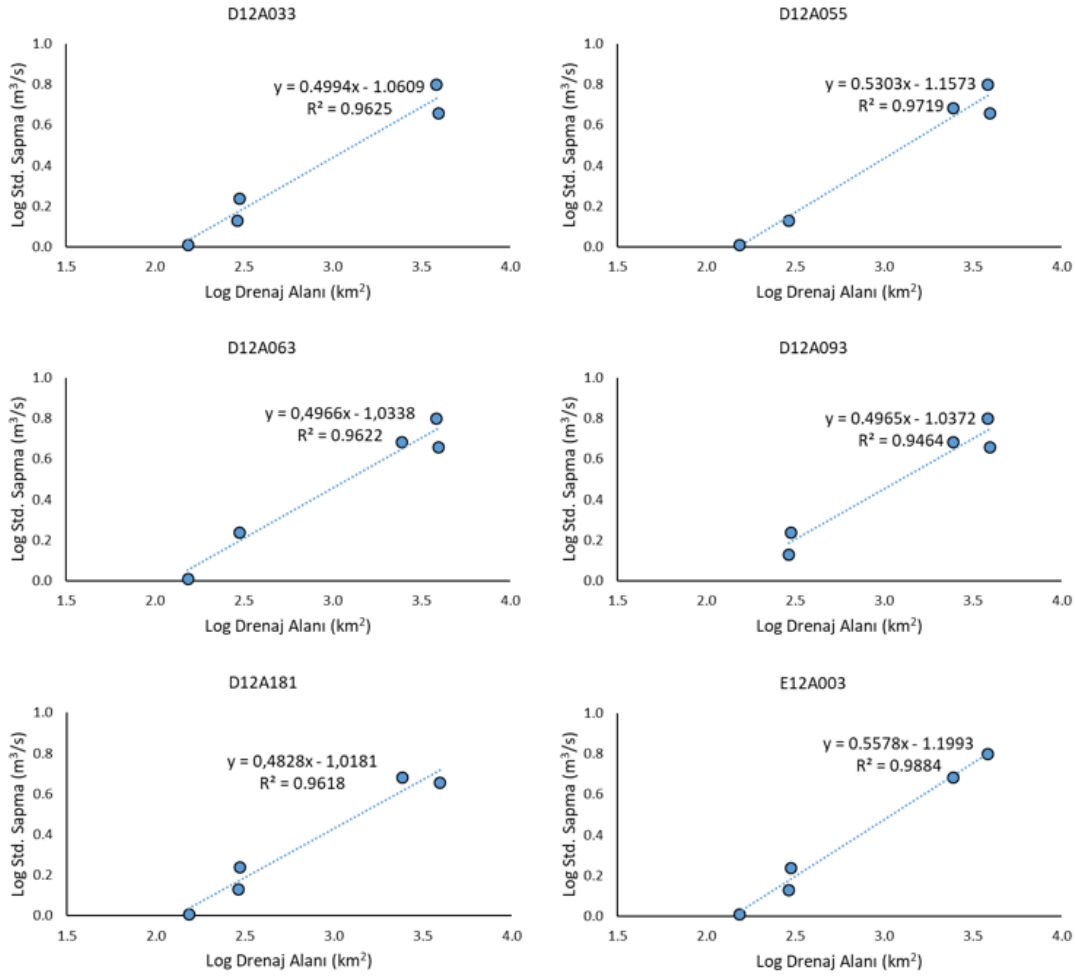
için R^2 değeri 0.918 olarak hesaplanmıştır. Gözlemlenen akım değerlerinden en uzak tahminler D12A063 istasyonu için yapılmıştır ve DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemi için R^2 değeri 0.357 olarak hesaplanmıştır.

5.1.4 Bölgesel istatistiksel parametrelerin hesaplanması

Bu çalışmada, SM ve SMS yöntemlerinde kullanılan $\mu_{Q_{hedef}}$ ve $\sigma_{Q_{hedef}}$ değerlerinin tahmin edilmesi için, her bir istasyon sırayla hedef istasyon olarak kabul edilmiştir. Porsuk Çayı Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için diğer 5 istasyonun uzun dönem akım verileri kullanılarak istatistiksel parametreler (akımların ortalaması ve standart sapması) ve drenaj alanları arasındaki logaritmik ilişkileri gösteren grafikler elde edilmiştir. Her bir hedef istasyon için ortalamalar ve drenaj alanları arasındaki ilişkiler Şekil 5.14'te, standart sapmalar ve drenaj alanları arasındaki ilişkiler ise Şekil 5.15'te gösterilmiştir.



Şekil 5.14 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki her bir istasyon için yıllık ortalamalar ve drenaj alanları arasındaki ilişki.



Şekil 5.15 : Porsuk Çayı Havzası’ndaki her bir istasyon için yıllık standart sapmalar ve drenaj alanları arasındaki ilişki.

Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’te her bir hedef istasyon için elde edilen grafiklerin R^2 değerlerine göre istatistiksel parametreler ve drenaj alanları arasında yüksek derecede logaritmik doğrusal ilişkiler olduğu görülmüştür. Grafiklerdeki logaritmik denklemler, cebirsel denklemlere (bkz. denklem 3.12, sayfa 23) dönüştürülmüştür. Hedef istasyonun drenaj alanı, oluşturulan regresyon denklemlerinde A parametresi yerine konularak hedef istasyonun uzun dönem ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

Yıllık ortalamalar ve standart sapmalar için oluşturulan regresyon denklemleri sırasıyla Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13’te verilmiştir. Bu denklemler SM1 ve SMS1 yöntemlerinde kullanılmıştır. Elde edilen tahminler için bağıl hata değerlerinin yüksek olması, bu istasyonların akımlarının düşük olmasına bağlanabilir.

Çizelge 5.12 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki yıllık ortalamalar için oluşturulan regresyon denklemleri.

İstasyon Numarası	Denklem	R ²	Tahmin (m ³ /s)	Gözlem* (m ³ /s)	%RE
D12A033	$\mu = 10^{-1.9057} A^{0.7225}$	0.984	3.473	2.413	-43.929
D12A055	$\mu = 10^{-1.9100} A^{0.7102}$	0.970	0.702	0.851	17.509
D12A063	$\mu = 10^{-1.7259} A^{0.6599}$	0.972	0.794	0.573	-38.569
D12A093	$\mu = 10^{-1.9192} A^{0.7145}$	0.957	0.438	0.568	22.887
D12A181	$\mu = 10^{-1.7424} A^{0.6514}$	0.965	3.893	5.330	26.961
E12A003	$\mu = 10^{-1.8048} A^{0.6774}$	0.956	4.272	4.666	8.444

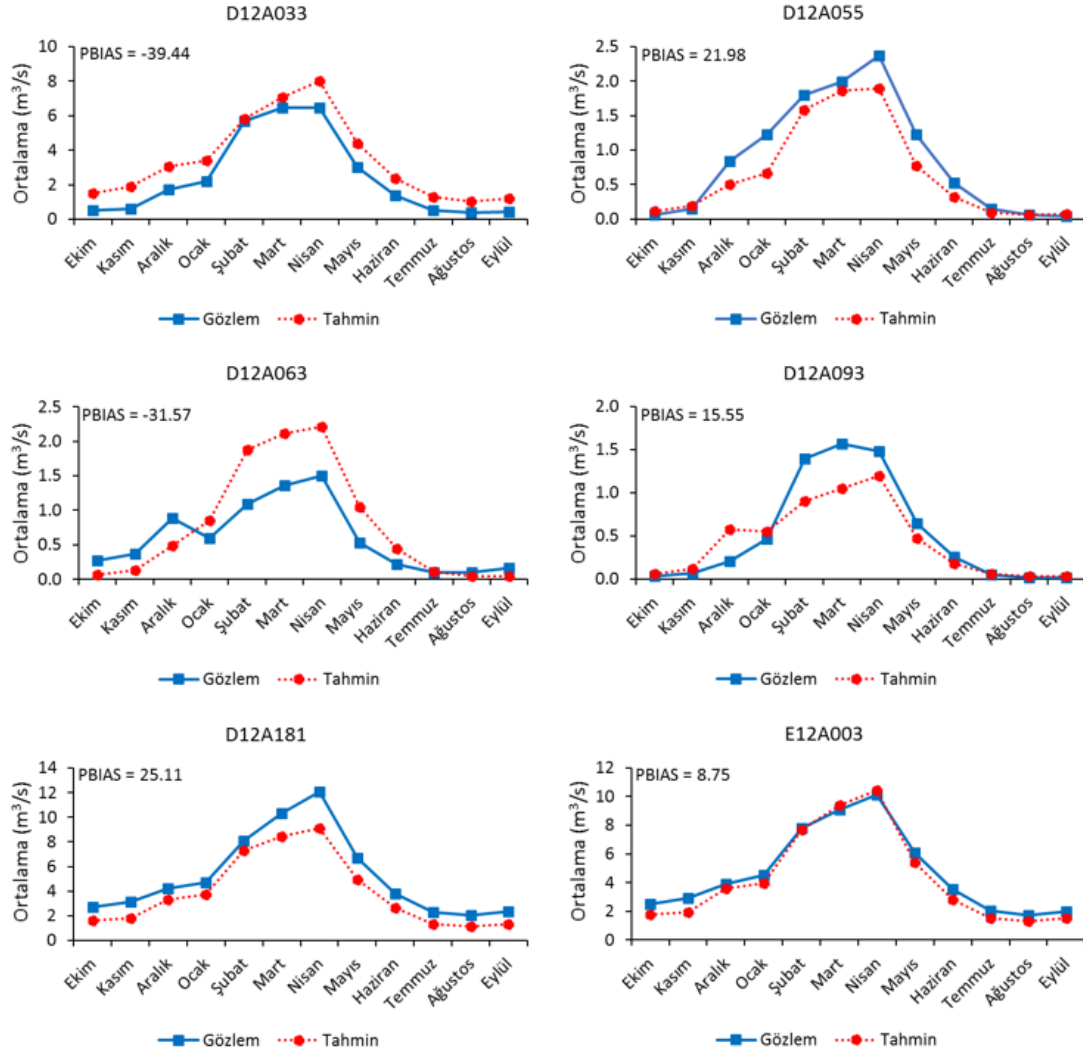
*Tamamlanmış uzun dönem günlük akımların ortalaması.

Çizelge 5.13 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki yıllık standart sapmalar için oluşturulan regresyon denklemleri.

İstasyon Numarası	Denklem	R ²	Tahmin (m ³ /s)	Gözlem* (m ³ /s)	%RE
D12A033	$\sigma = 10^{-1.0609} A^{0.4994}$	0.963	4.266	4.716	9.542
D12A055	$\sigma = 10^{-1.1573} A^{0.5303}$	0.972	1.426	1.646	13.366
D12A063	$\sigma = 10^{-1.0338} A^{0.4966}$	0.962	1.547	1.285	-20.389
D12A093	$\sigma = 10^{-1.0372} A^{0.4965}$	0.946	1.116	1.033	-8.035
D12A181	$\sigma = 10^{-1.0181} A^{0.4828}$	0.962	5.138	6.333	18.869
E12A003	$\sigma = 10^{-1.1993} A^{0.5578}$	0.988	6.400	4.535	-41.125

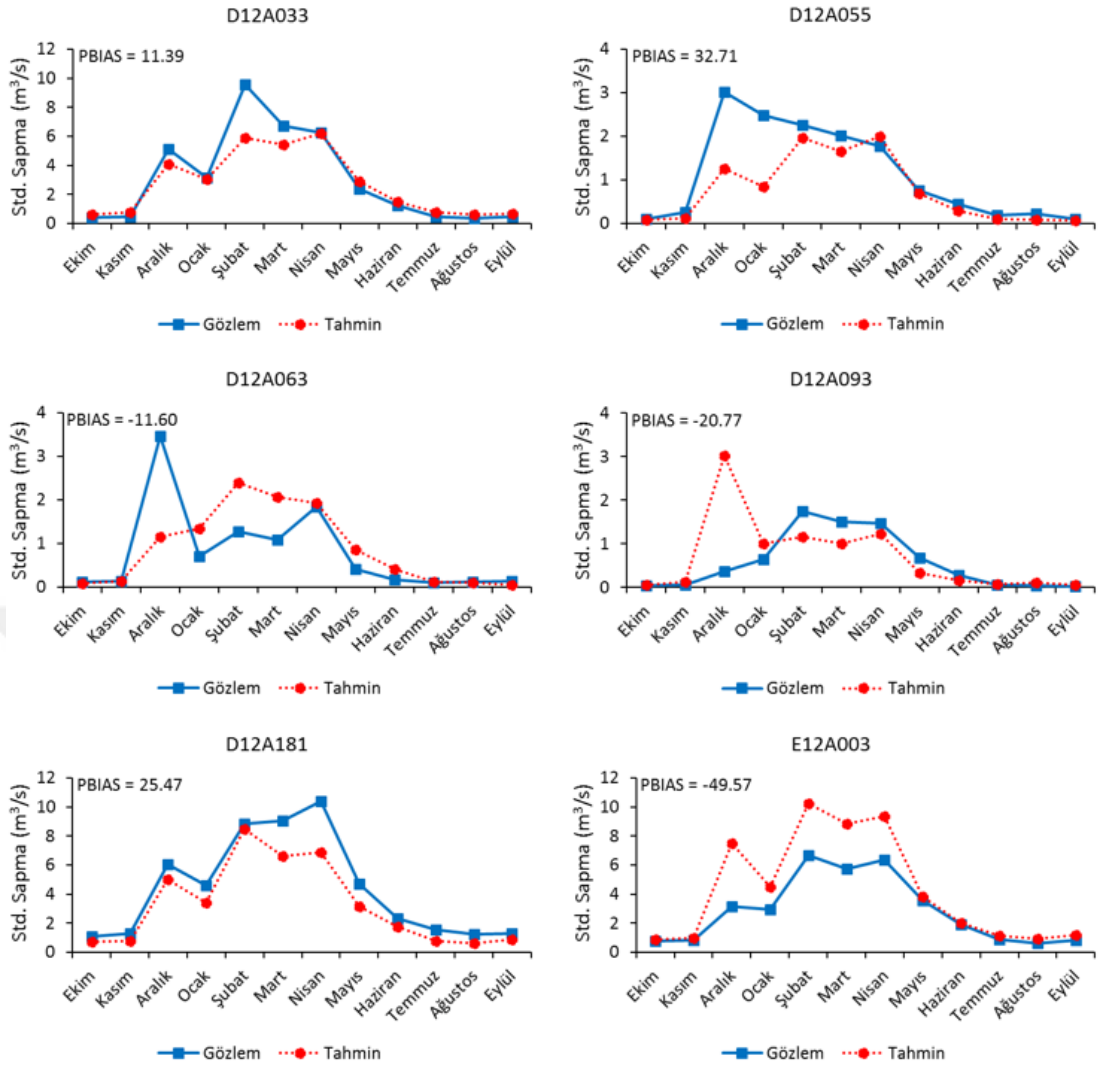
*Tamamlanmış uzun dönem günlük akımların standart sapması.

SM12 ve SMS12 yöntemlerinde kullanılmak üzere her ay için bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu regresyon denklemlerinden elde edilen uzun dönem ortalama ve standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerler karşılaştırılmıştır. Porsuk Çayı Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem ortalama tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması Şekil 5.16'da, aylık uzun dönem standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması Şekil 5.17'de verilmiştir.



Şekil 5.16 : Porsuk Çayı Havzası’ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem ortalama tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.

Şekil 5.16’da görüldüğü gibi, aylık uzun dönem ortalama akım tahminleri için mutlak PBIAS değerleri 8.75 ile 39.44 aralığında olduğundan sonuçlar “çok iyi” veya “iyi” sınıfındadır. Özellikle E12A003 istasyonunun aylık uzun dönem ortalama tahminleri gözlemlenen değerlere en yakın sonucu vermiştir. PBIAS değerlerine göre, D12A033 ve D12A063 için aylık uzun dönem ortalamalar yüksek tahmin edilirken, D12A055, D12A093, D12A181 ve E12A003 için aylık uzun dönem ortalamalar düşük tahmin edilmiştir.



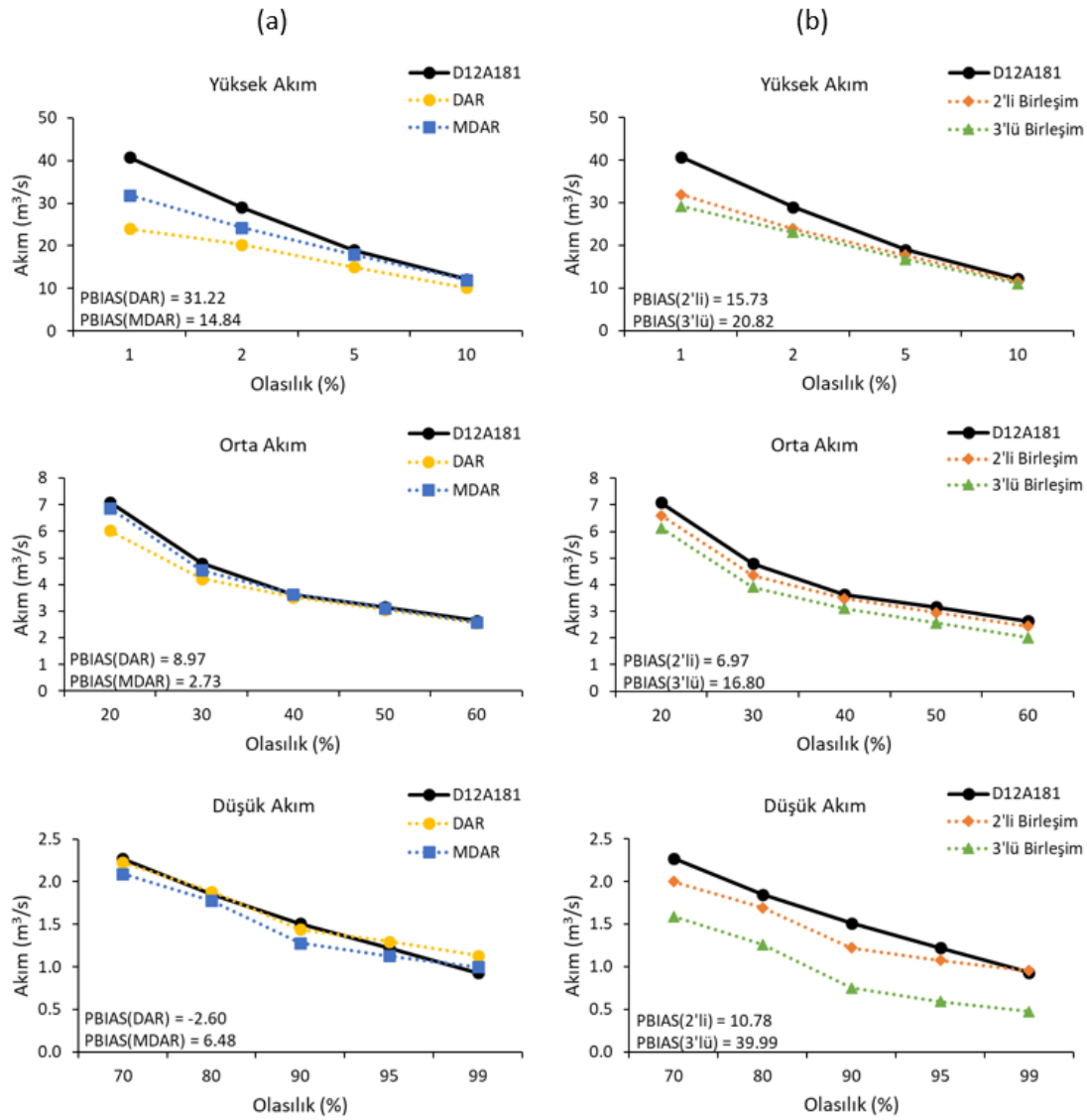
Şekil 5.17 : Porsuk Çayı Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.

Şekil 5.17'de görüldüğü gibi, aylık uzun dönem standart sapma tahminleri için mutlak PBIAS değerleri 11.39 ile 49.57 aralığında olduğundan sonuçlar “çok iyi” veya “iyi” sınıfındadır. Özellikle D12A033 istasyonunun aylık uzun dönem standart sapma tahminleri gözlemlenen değerlere en yakın sonucu vermiştir. PBIAS değerlerine göre, D12A063, D12A093 ve E12A003 için aylık uzun dönem standart sapmalar yüksek tahmin edilirken, D12A033, D12A055 ve D12A181 için aylık uzun dönem standart sapmalar düşük tahmin edilmiştir.

5.1.5 Debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi

Her bir istasyon için tekli ve topluluk yöntemleri kullanılarak en iyi NSE sonuçlarını veren tahmin değerlerinden debi süreklilik eğrileri (DSE) elde edilmiştir. Gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akımların DSE'lerinin farklı hidrolojik koşullar için seçilen

aşılma olasılığına karşılık gelen akım değerleri (yüksek akım için Q_1 , Q_2 , Q_5 , Q_{10} ; orta akım için Q_{20} , Q_{30} , Q_{40} , Q_{50} , Q_{60} ; düşük akım için Q_{70} , Q_{80} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{99}) karşılaştırılmıştır. Şekil 5.18’de verildiği gibi, seçilen aşılma olasılıklarına sahip akımlar için en iyi sonuçlar D12A181 istasyonunda elde edilmiştir. Porsuk Çayı Havzası’ndaki tüm istasyonlar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip akımların sonuçları ise Ek A’da verilmiştir. Tüm istasyonlar için, yüksek akımlardaki özellikle %5 ve %10 aşılma olasılıkları ve orta akımlardaki aşılma olasılıkları için başarılı sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5.18 : Porsuk Çayı Havzası’ndaki D12A181 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri.

Şekil 5.18’de görüldüğü gibi, mutlak PBIAS değerleri tekli yöntemler için 2.60 ile 31.22 aralığında, topluluk yöntemleri için 6.97 ile 39.99 aralığında değişmektedir ve bu değerler “çok iyi” veya “iyi” sınıfındadır. PBIAS değerlerine göre, yüksek ve orta akımlarda tekli ve topluluk yöntemleri düşük tahmin etme eğilimindedir. Düşük akımlarda, DAR yöntemi yüksek tahmin etme eğilimindeyken, MDAR ve topluluk yöntemleri düşük tahmin etme eğilimindedir. 2’li birleşim topluluk yöntemi, 3’lü birleşim topluluk yöntemine göre gözlemlenen değerlerle daha uyumlu sonuçlar vermiştir.

Her bir istasyon için en iyi performansa sahip yöntemle (tekli ya da topluluk) elde edilen tahminlerin minimum, ortalama, maksimum değerleri ve standart sapması gibi bölgesel bazı tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 5.14’te verilmiştir.

Çizelge 5.14 : Porsuk Çayı Havzası için akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.

Yüzdeler	R ²	Gözlem				Tahmin			
		Min	Ort	Max	Std	Min	Ort	Max	Std
Yüksek Akım	Q ₁	0.8530	6.1	19.5	40.8	14.2	4.6	17.6	32.7
	Q ₂	0.9518	3.8	13.8	29.0	10.6	3.3	12.8	23.9
	Q ₅	0.9818	2.0	9.0	19.0	7.2	2.3	8.9	17.7
	Q ₁₀	0.9713	1.2	5.8	12.2	4.7	1.4	5.7	11.5
Orta Akım	Q ₂₀	0.9434	0.7	3.2	7.1	2.8	0.7	3.2	6.6
	Q ₃₀	0.8980	0.5	2.1	4.8	2.0	0.3	2.1	4.3
	Q ₄₀	0.8648	0.3	1.6	3.7	1.6	0.2	1.6	3.5
	Q ₅₀	0.8328	0.2	1.3	3.2	1.4	0.1	1.4	3.0
	Q ₆₀	0.7978	0.1	1.1	2.7	1.2	0.0	1.1	2.4
Düşük Akım	Q ₇₀	0.7621	0.0	0.9	2.3	1.1	0.0	0.9	2.0
	Q ₈₀	0.7360	0.0	0.7	2.0	0.9	0.0	0.8	1.7
	Q ₉₀	0.7331	0.0	0.5	1.5	0.7	0.0	0.6	1.2
	Q ₉₅	0.7235	0.0	0.5	1.3	0.6	0.0	0.5	1.1
	Q ₉₉	0.6880	0.0	0.4	1.2	0.5	0.0	0.4	1.0

Çizelge 5.14’te görüldüğü gibi, gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasında yakın uyum bulunmaktadır. Yüksek ve orta akımlar için seçilen tüm yüzdeler düşük akımlar için seçilen yüzdelerle göre genellikle daha yüksek R² değerine sahiptir.

Su kaynaklarının planlanmasında önemli bir yeri olan nehir tipi hidroelektrik santrali tasarımı yapılırken genelde kullanılan %10-%30 aralığındaki aşılma olasılıklarından %10, %20 ve %30 için yöntemlerin performansının değerlendirilmesi amacıyla bağıl hatalar hesaplanmıştır. Bu bağıl hataların Porsuk Çayı Havzası için değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

%10 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₁₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %16.73 ile %62.25 arasında değişmektedir ve

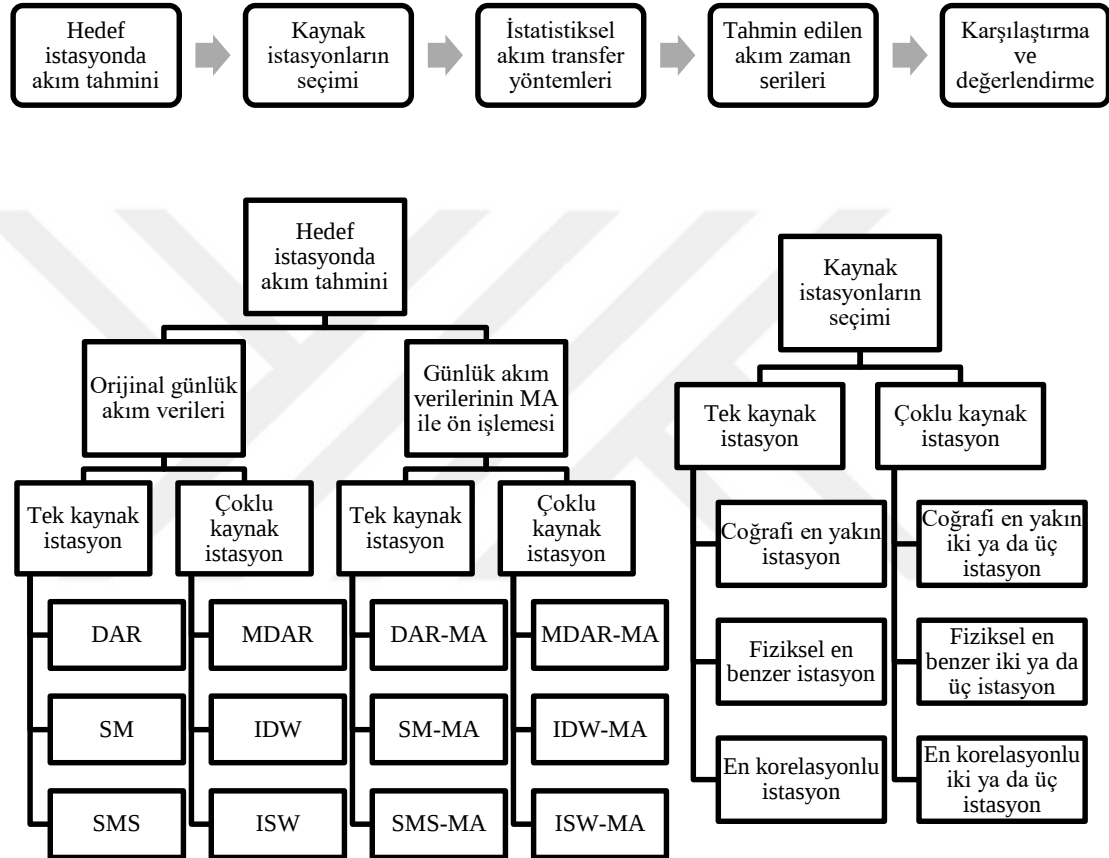
ortalama mutlak bağıl hata %28.41'dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %1.94 ile %22.31 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %10.49'dur. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %5.34 ile %20.61 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %12.42'dir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %10 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi tekli yöntem kullanılarak elde edilmiştir.

%20 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q_{20}) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %14.85 ile %57.01 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %28.07'dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %3.08 ile %42.82 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %17.06'dır. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %4.21 ile %43.01 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %14.35'tir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %20 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

%30 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q_{30}) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %12.12 ile %65.60 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %30.02'dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %5.45 ile %68.92 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %27.71'dir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.36 ile %69.00 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %20.69'dur. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %30 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

5.2 Fırat-Dicle Havzası

Hedef istasyondaki günlük akım zaman serilerinin tahmini aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır: 1) hidrolojik olarak benzer kaynak istasyonların hedef istasyona atanması ve 2) istatistiksel akım transfer yöntemleri kullanılarak günlük akım zaman serilerinin kaynak istasyondan hedef istasyona aktarılması. Fırat-Dicle Havzası'ndaki bir hedef istasyonda akım tahmini için önerilen akış şemaları Şekil 5.19'da verilmiştir.



Şekil 5.19 : Fırat-Dicle Havzası'ndaki bir hedef istasyondaki akım tahmini için önerilen akış şemaları.

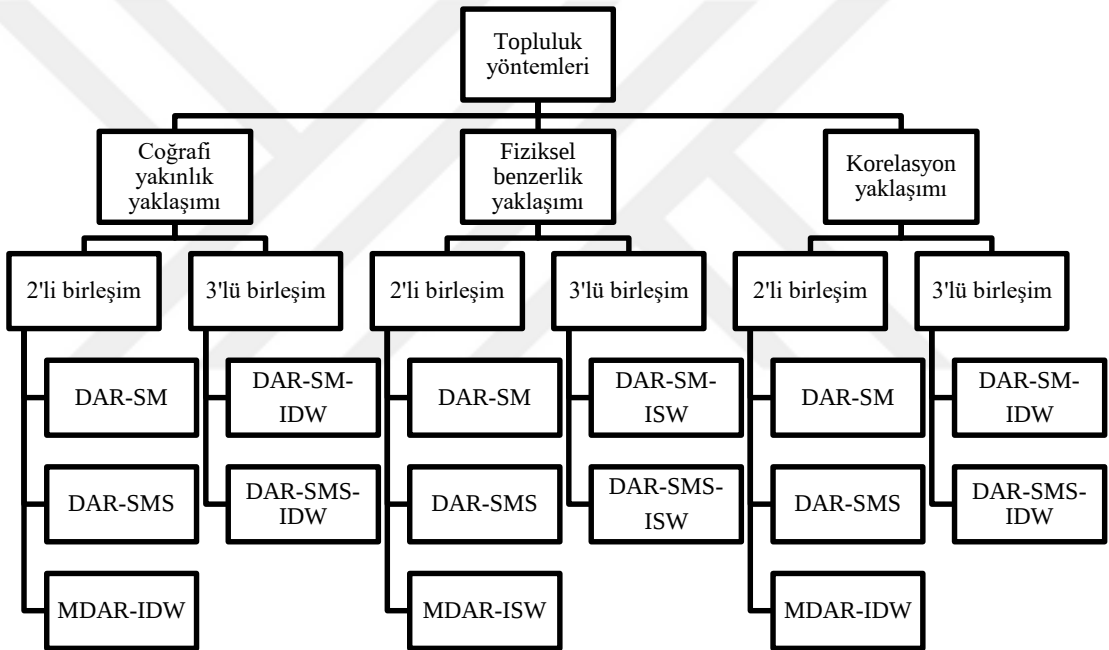
Çalışmada günlük akımları tahmin etmek için, DAR, MDAR, IDW, ISW, SM ve SMS yöntemleri Fırat-Dicle Havzası'nın iki alt havzası olan Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzalarına ayrı ayrı uygulanmıştır. IDW ve ISW yöntemleri için akım tahmin performansı, farklı güç parametreleri (1, 2 ve 3) kullanılarak değerlendirilmiştir. Güç parametreleri 1, 2 ve 3 için IDW yöntemi sırasıyla IDW1, IDW2 ve IDW3; ISW yöntemi ise sırasıyla ISW1, ISW2 ve ISW3 olarak adlandırılmıştır. Ayrıca, günlük akım verileri, gürültüyü azaltmak için simetrik iki taraflı hareketli ortalama (MA) ile

ön işleme tabi tutulmuştur. Kaynak istasyonlardaki gözlemlenen (orijinal) akım verileri (ön işleme olmadan) ya da yumuşatılmış günlük akım verileri (MA ile ön işleme tabi tutulmuş), hedef istasyondaki günlük akım değerlerini tahmin etmek için istatistiksel yöntemlerin girdileri olarak kullanılmıştır. İlk durumda, tahmin edilen günlük akım değerleri gözlemlenen günlük akım değerleri ile karşılaştırılırken, ikinci durumda tahmin edilen günlük akım değerleri yumuşatılmış günlük akım değerleri ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel yöntemlerde yumuşatılmış akım verileri kullanıldığında DAR, MDAR, IDW, ISW, SM ve SMS sırasıyla DAR-MA, MDAR-MA, IDW-MA, ISW-MA, SM-MA ve SMS-MA olarak adlandırılmıştır. İstatistiksel akım transfer yöntemlerinin uygulaması Orta Fırat Havzası için bölüm 5.2.1.1'de, Yukarı Fırat Havzası için bölüm 5.2.2.1'de verilmiştir. Verilerin yumuşatılması uygulaması ise bölüm 5.2.3'te verilmiştir.

Kaynak istasyonları tanımlamak için, coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon olmak üzere üç yaklaşım ele alınmıştır. Akımları tahmin etmede tek bir kaynak istasyon kullanırken, coğrafi en yakın istasyon, fiziksel en benzer istasyon ve en korelasyonlu istasyon her bir hedef istasyon için kaynak istasyon olarak tanımlanmıştır. Öte yandan, akımları tahmin etmede birden fazla kaynak istasyon kullanırken, coğrafi en yakın iki ya da üç istasyon, fiziksel en benzer iki ya da üç istasyon, en korelasyonlu iki ya da üç istasyon her bir hedef istasyon için kaynak istasyonlar olarak tanımlanmıştır (bkz. Şekil 5.19). Coğrafi yakınlık yaklaşımında, denklem 3.7'de tanımlanan coğrafi mesafeye göre hedef istasyona coğrafi en yakın bulunan istasyon kaynak istasyon olarak kullanılmıştır. Fiziksel benzerlik yaklaşımında, denklem 3.8'de tanımlanan benzerlik katsayısını en aza indiren istasyon, kaynak istasyon olarak kullanılmıştır. Yani fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi kaynak istasyon, en düşük s değerine sahip istasyondur. Kaynak istasyon ile hedef istasyon arasındaki fiziksel benzerliği ölçmek için havza özellikleri olarak, drenaj alanı, kot, yıllık ortalama toplam yağış, yıllık ortalama sıcaklık, havza eğimi, kanal uzunluğu, enlem ve boylam kabul edilmiştir. Enlem ve boylam, istasyonların coğrafi konumunu tanımladığından, seçilen bu havza özellikleri fiziksel benzerlik yaklaşımını coğrafi yakınlık yaklaşımıyla birleştirmektedir. Korelasyon yaklaşımının kaynak istasyonların seçimi için tutarlı olup olmadığını test etmek için, kaynak istasyon olarak en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan istasyon kullanılmıştır. İstasyonlarda gözlemlenen günlük akım değerlerinin doğal logaritmaları korelasyon

katsayılarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzalarındaki istasyonlar sıfır akım verisi içermemektedir ve bu yüzden sıfır akım için ayrıca bir hesaplama yapılmamıştır.

Tekli yöntemlerden daha iyi tahminler elde etmek için, Şekil 5.20’de verilen 2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri ve bu yöntemlerin çeşitli varyasyonları Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzalarına uygulanmıştır. Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzaları uygulamasında, tekli yöntemlerin tahminlerinin ağırlıklandırılması, eşit ağırlıklı, mutlak hata, NSE, RSR ve PBIAS değerlerine dayalı ağırlıklı olarak ayrı ayrı yapılmıştır. Performans ağırlıklı topluluk yöntemlerin uygulaması Orta Fırat Havzası için bölüm 5.2.1.2’de, Yukarı Fırat Havzası için bölüm 5.2.2.2’de verilmiştir.



Şekil 5.20 : Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzalarına uygulanan topluluk yöntemleri.

SM ve SMS yöntemlerinde kullanılan hedef istasyonun uzun dönem akım istatistiklerini ($\mu_{Q_{hedef}}$ ve $\sigma_{Q_{hedef}}$) tahmin etmek için bölgesel regresyon kullanılmıştır. Her havza içindeki hedef istasyonun akım istatistiklerini hesaplamak için aynı havzadaki tüm kaynak istasyonların verileri kullanılarak aşamalı regresyon analizi (%5 anlamlılık düzeyinde) yapılmıştır. Her regresyonda (bkz. denklem 3.11, sayfa 22) drenaj alanı (A), kot (K), yağış (Y), sıcaklık (S), havza eğimi (HE) ve kanal uzunluğu (KU) parametreleri dikkate alınmıştır. Ayrıca her bir hedef istasyon için sadece drenaj alanı (A) parametresine bağlı regresyon denklemleri elde edilmiştir.

Hedef istasyona ait veriler, elde edilen regresyon denklemlerinde ilgili parametreler yerine konularak tahminler yapılmıştır. Her iki şekilde elde edilen regresyon denklemleri karşılaştırılarak gerçek değere en yakın bulunan tahmin, hedef istasyonun uzun dönem akım tahmini olarak alınmıştır. Bölgesel istatistiksel parametrelerin hesaplanması Orta Fırat Havzası için bölüm 5.2.1.3'te, Yukarı Fırat Havzası için bölüm 5.2.2.3'te verilmiştir.

Yöntemlerin güvenilirliğini test etmek amacıyla Monte Carlo simülasyonunun özel bir hali olan gerçek verilerin dağılımı ile ilgili bir varsayım gerektirmeyen ve bağımlı verilerin bloklar halinde yeniden örneklenmesi temeline dayanan blok bootstrap yöntemi kullanılmıştır. Her bir istasyona ait 1986-2009 periyodundaki 24 yıllık günlük akım gözlemleri bloklar halinde yılların rastlantısal olarak yer değiştirilmesi ile yeniden örneklenerek her bir istasyonun mevcut gözlem verileriyle aynı uzunlukta 1000 adet blok bootstrap örnekleme elde edilmiştir. Her bir istasyon için elde edilen 1000 adet blok bootstrap örneklem verileri kullanılarak debi süreklilik eğrilerinin farklı hidrolojik durumlar için seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım değerleri hesaplanmıştır. Her bir aşılma olasılığı için %95 güven düzeyinde alt ve üst sınır değerler belirlenmiştir. Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzalarına uygulanan yöntemlerle elde edilen tahminlerin debi süreklilik eğrilerinin seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım değerlerinin bu sınırlar içinde kalıp kalmadığı test edilmiştir. Debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi ve güven aralıkları uygulaması Orta Fırat Havzası için bölüm 5.2.1.4'te, Yukarı Fırat Havzası için bölüm 5.2.2.4'te verilmiştir.

5.2.1 Orta Fırat Havzası

5.2.1.1 İstatistiksel akım transfer yöntemleri

Orta Fırat Havzası'nda bulunan akım gözlem istasyonları arasındaki coğrafi mesafeler, benzerlik katsayıları ve korelasyon katsayıları sırasıyla Çizelge 5.15-Çizelge 5.17'de verilmiştir. Her bir istasyon için coğrafi en yakın mesafe, en düşük benzerlik katsayısı ve en yüksek korelasyon katsayısı çizelgelerde koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.15 : Orta Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki mesafeler (km).

İstasyon Numarası	D21A167	D21A169	D21A213	E21A002	E21A022	E21A058	E21A064	E21A077
D21A167	0	15.79	45.35	170.7	94.69	34.97	117.1	44.18
D21A169	15.79	0	44.55	173	90.39	31.14	118	32.54
D21A213	45.35	44.55	0	215.8	50.08	75.55	161.6	32.13
E21A002	170.7	173	215.8	0	263.4	142.5	55.71	202.3
E21A022	94.69	90.39	50.08	263.4	0	121.1	208.3	63.45
E21A058	34.97	31.14	75.55	142.5	121.1	0	87.24	60.01
E21A064	117.1	118	161.6	55.71	208.3	87.24	0	146.7
E21A077	44.18	32.54	32.13	202.3	63.45	60.01	146.7	0

Çizelge 5.16 : Orta Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki benzerlik katsayıları.

İstasyon Numarası	D21A167	D21A169	D21A213	E21A002	E21A022	E21A058	E21A064	E21A077
D21A167	1	1.664	1.015	6.149	2.311	2.829	4.707	3.273
D21A169	1.664	1	1.784	5.213	2.952	1.255	3.111	1.608
D21A213	1.015	1.784	1	6.230	1.734	2.909	4.788	3.022
E21A002	6.149	5.213	6.230	1	4.978	3.958	3.566	4.300
E21A022	2.311	2.952	1.734	4.978	1	2.766	4.402	2.148
E21A058	2.829	1.255	2.909	3.958	2.766	1	1.878	1.149
E21A064	4.707	3.111	4.788	3.566	4.402	1.878	1	2.330
E21A077	3.273	1.608	3.022	4.300	2.148	1.149	2.330	1

Çizelge 5.17 : Orta Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki korelasyon katsayıları.

İstasyon Numarası	D21A167	D21A169	D21A213	E21A002	E21A022	E21A058	E21A064	E21A077
D21A167	1	0.793	0.628	0.735	0.825	0.821	0.570	0.804
D21A169	0.793	1	0.779	0.870	0.873	0.888	0.784	0.859
D21A213	0.628	0.779	1	0.874	0.825	0.821	0.839	0.829
E21A002	0.735	0.870	0.874	1	0.930	0.940	0.929	0.926
E21A022	0.825	0.873	0.825	0.930	1	0.944	0.827	0.922
E21A058	0.821	0.888	0.821	0.940	0.944	1	0.875	0.922
E21A064	0.570	0.784	0.839	0.929	0.827	0.875	1	0.830
E21A077	0.804	0.859	0.829	0.926	0.922	0.922	0.830	1

Her bir hedef istasyon için tanımlanan coğrafi en yakın, fiziksel en benzer ve en korelasyonlu kaynak istasyonlar Çizelge 5.18'de verilmiştir. Farklı kaynak istasyon seçimi yaklaşımları bir hedef istasyon için bazen aynı kaynak istasyonu tanımlayabilmektedir. Örneğin, D21A169 istasyonu için fiziksel en benzer istasyon aynı zamanda en korelasyonlu istasyondur. E21A064 istasyonu için coğrafi en yakın istasyon aynı zamanda en korelasyonlu istasyondur. Hedef ve kaynak istasyonlar

arasındaki drenaj alanı oranları Çizelge 5.19’da verilmiştir. Her bir hedef istasyon için $0.5 \leq A_{hedef}/A_{donör} \leq 1.5$ koşulunu sağlayan değerler koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.18 : Orta Fırat Havzası’ndaki coğrafi en yakın, en korelasyonlu ve fiziksel en benzer istasyonlar.

İstasyon Numarası	Coğrafi En Yakın İstasyon	Mesafe (km)	Fiziksel En Benzer İstasyon	Benzerlik Katsayısı (s)	En Korelasyonlu İstasyon	Korelasyon Katsayısı (r)
D21A167	D21A169	15.79	D21A213	1.015	E21A022	0.825
D21A169	D21A167	15.79	E21A058	1.255	E21A058	0.888
D21A213	E21A077	32.13	D21A167	1.015	E21A002	0.874
E21A002	E21A064	55.71	E21A064	3.566	E21A058	0.940
E21A022	D21A213	50.08	D21A213	1.734	E21A058	0.944
E21A058	D21A169	31.14	E21A077	1.149	E21A022	0.944
E21A064	E21A002	55.71	E21A058	1.878	E21A002	0.929
E21A077	D21A213	32.13	E21A058	1.149	E21A002	0.926

Çizelge 5.19 : Orta Fırat Havzası’ndaki istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranları.

Hedef / Kaynak	D21A167	D21A169	D21A213	E21A002	E21A022	E21A058	E21A064	E21A077
D21A167	1	0.91	3.83	0.01	0.04	0.16	0.11	0.08
D21A169	1.10	1	4.23	0.01	0.05	0.18	0.12	0.09
D21A213	0.26	0.24	1	0.00	0.01	0.04	0.03	0.02
E21A002	102.06	92.41	390.74	1	4.34	16.17	11.43	8.52
E21A022	23.53	21.31	90.08	0.23	1	3.73	2.64	1.96
E21A058	6.31	5.71	24.16	0.06	0.27	1	0.71	0.53
E21A064	8.93	8.08	34.18	0.09	0.38	1.41	1	0.75
E21A077	11.98	10.85	45.87	0.12	0.51	1.90	1.34	1

Orta Fırat Havzası’nda DAR, MDAR, SM ve SMS yöntemleri coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarının her birine göre uygulanırken, IDW yöntemi coğrafi yakınlık ve korelasyon yaklaşımlarına, ISW yöntemi ise sadece fiziksel benzerlik yaklaşımına göre uygulanmıştır. Her bir kaynak istasyon seçimi yaklaşımına göre elde edilen tekli yöntemlerin sonuçları ve bu sonuçların karşılaştırılması ayrı alt başlıklar altında aşağıda sırasıyla yer almaktadır.

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre tekli yöntemlerin sonuçları

Her bir hedef istasyon için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre kaynak istasyon ya da istasyonlar seçilmiştir. Çizelge 5.20, Orta Fırat Havzası’ndaki her bir hedef istasyon için coğrafi mesafeye göre belirlenen kaynak istasyonların sırasını göstermektedir.

Çizelge 5.20 : Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için coğrafi en yakın kaynak istasyonlar.

İstasyon Numarası	Coğrafi En Yakın Kaynak İstasyon						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
D21A167	D21A169	E21A058	E21A077	D21A213	E21A022	E21A064	E21A002
D21A169	D21A167	E21A058	E21A077	D21A213	E21A022	E21A064	E21A002
D21A213	E21A077	D21A169	D21A167	E21A022	E21A058	E21A064	E21A002
E21A002	E21A064	E21A058	D21A167	D21A169	E21A077	D21A213	E21A022
E21A022	D21A213	E21A077	D21A169	D21A167	E21A058	E21A064	E21A002
E21A058	D21A169	D21A167	E21A077	D21A213	E21A064	E21A022	E21A002
E21A064	E21A002	E21A058	D21A167	D21A169	E21A077	D21A213	E21A022
E21A077	D21A213	D21A169	D21A167	E21A058	E21A022	E21A064	E21A002

Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre elde edilen NSE değerleri, DAR ve MDAR için Çizelge 5.21'de, SM ve SMS için Çizelge 5.22'de ve üç farklı güç parametresi (1, 2 ve 3) ile IDW için Çizelge 5.23'te verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.24'te, en iyi tekli yöntemde gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım verileri kullanıldığında yöntemlerin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.25'te sunulmuştur. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.21 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Coğrafi En Yakın İstasyon	Coğrafi En Yakın İki İstasyon	Coğrafi En Yakın Üç İstasyon
	DAR	MDAR	MDAR
D21A167	0.313	0.322	0.328
D21A169	0.581	0.591	0.595
D21A213	0.718	0.707	0.613
E21A002	-0.171	0.433	0.608
E21A022	-0.205	0.622	0.590
E21A058	0.826	0.878	0.899
E21A064	0.649	0.725	0.672
E21A077	0.300	0.564	0.734

Çizelge 5.21'de görüldüğü gibi, D21A213 hariç tüm hedef istasyonlar için, DAR ile karşılaştırıldığında MDAR ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. E21A002 ve E21A022 için, DAR ile elde edilen negatif NSE değerleri, MDAR ile önemli ölçüde iyileşmiştir. DAR yönteminin performansı E21A002 ve E21A022 için yeterli değildir. Bu durum büyük ölçüde hedef ve kaynak istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranının büyüklüğünden kaynaklanmaktadır. E21A002 istasyonu, Orta Fırat Havzası'ndaki en büyük drenaj alanına (25515.6 km²) sahiptir ve havzadaki kendisinden sonraki en

büyük drenaj alanının dört katından fazladır. Ayrıca D21A213 istasyonu, Orta Fırat Havzası'ndaki en küçük drenaj alanına (65.3 km²) sahiptir ve E21A022 hedef istasyonu (5882.4 km²) için coğrafi en yakın istasyon olarak belirlenmiştir.

D21A213, E21A022 ve E21A064 hariç tüm hedef istasyonlar için, MDAR yöntemi coğrafi en yakın üç istasyon ile uygulandığında, coğrafi en yakın iki istasyona kıyasla daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A213 için, coğrafi en yakın iki istasyon yerine coğrafi en yakın üç istasyon kullanıldığında, NSE değeri 0.707'den 0.613'e düşmüştür. D21A213 için coğrafi en yakın üç istasyon kullanıldığında, coğrafi en yakın üçüncü istasyon D21A167 olarak belirlenmiştir. D21A213 hedef istasyonu için DAR yöntemi kullanılarak D21A167 kaynak istasyonu ile elde edilen NSE değeri, diğer iki kaynak istasyonla (yani, E21A077 ve D21A169) elde edilen NSE değerlerinden daha düşüktür. D21A167 kaynak istasyonunun drenaj alanı D21A213 hedef istasyonuna çok yakındır, diğer yandan E21A077 kaynak istasyonunun drenaj alanı D21A213 hedef istasyonundan çok büyüktür. Bu nedenle D21A213 istasyonunun akım tahmininde, D21A167 kaynak istasyonunun ağırlığı diğer iki kaynak istasyona kıyasla önemli ölçüde büyüktür. Sonuç olarak, MDAR yöntemi coğrafi en yakın üç istasyon ile uygulandığında D21A213 için elde edilen NSE değeri ağırlıklı olarak D21A167 kaynak istasyonundan etkilenmiştir. Benzer şekilde, E21A022 ve E21A064 için MDAR yöntemi coğrafi en yakın üç istasyon ile uygulandığında NSE değerlerindeki azalmanın nedeni bu istasyonların ağırlıklı olarak coğrafi en yakın üçüncü istasyonlarından etkilenmeleridir.

Çizelge 5.22 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Coğrafi En Yakın İstasyon			
	SM1	SM12	SMS1	SMS12
D21A167	0.333	0.183	0.327	0.329
D21A169	0.583	0.697	0.564	0.694
D21A213	0.741	0.636	0.738	0.637
E21A002	0.740	0.768	0.813	0.847
E21A022	-0.123	0.269	0.396	0.577
E21A058	0.844	0.836	0.847	0.864
E21A064	0.705	0.663	0.711	0.675
E21A077	0.379	0.573	0.671	0.745

Çizelge 5.22'de SM yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde, 8 hedef istasyonun 4'ünde SM1, 4'ünde SM12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SMS yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde ise, 8 hedef istasyonun 2'sinde SMS1,

6'sında SMS12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SM ve SMS yöntemleri karşılaştırıldığında SMS yönteminin SM yöntemine göre genellikle daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 5.23 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre IDW yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Coğrafi En Yakın İki İstasyon			Coğrafi En Yakın Üç İstasyon		
	IDW1	IDW2	IDW3	IDW1	IDW2	IDW3
D21A167	0.441	0.388	0.352	0.508	0.432	0.374
D21A169	0.732	0.680	0.639	0.770	0.720	0.670
D21A213	0.762	0.759	0.755	0.695	0.705	0.713
E21A002	0.228	0.035	-0.079	0.454	0.189	-0.010
E21A022	0.426	0.363	0.297	0.452	0.400	0.335
E21A058	0.881	0.884	0.886	0.899	0.896	0.894
E21A064	0.707	0.696	0.685	0.664	0.674	0.675
E21A077	0.561	0.561	0.560	0.719	0.698	0.676

Çizelge 5.23'te görüldüğü gibi, coğrafi en yakın iki istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 8 hedef istasyondan 7'si (yani, E21A058 hariç) için IDW1 ile elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, coğrafi en yakın üç istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 8 hedef istasyondan 6'sı (yani, D21A213 ve E21A064 hariç) için IDW1 ile elde edilmiştir. Her iki durumda da, en iyi tahmin sonuçları IDW2 ve IDW3 yerine çoğunlukla IDW1 uygulandığında elde edilmiştir. Ayrıca, coğrafi en yakın iki istasyon yerine coğrafi en yakın üç istasyon kullanıldığında NSE değerleri 8 hedef istasyonun 6'sında iyileşmiştir.

Çizelge 5.24 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	IDW1	0.508 ²	2.801	0.702	17.782 ¹
D21A169	IDW1	0.770 ¹	2.709	0.480	-3.974 ¹
D21A213	IDW1	0.762 ¹	0.690	0.488	3.849 ¹
E21A002	SMS12	0.847 ¹	137.280	0.392	-5.269 ¹
E21A022	MDAR	0.622 ²	45.193	0.614	-27.384 ²
E21A058	MDAR	0.899 ¹	9.495	0.317	-1.391 ¹
E21A064	MDAR	0.725 ¹	29.349	0.524	19.343 ¹
E21A077	SMS12	0.745 ¹	20.811	0.505	-6.402 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.24'te görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 3'ünde MDAR, 3'ünde IDW, 2'sinde SMS en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. DAR yöntemine kıyasla diğer tekli yöntemlerin daha başarılı olduğu görülmüştür. NSE değerleri için 8 hedef

istasyonun 6'sı "çok iyi", 2'si "iyi" sınıfındadır. RSR değerleri için 8 hedef istasyonun 7'si yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7'den daha az). D21A169, E21A002, E21A0022, E21A058 ve E21A077 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A167, D21A213 ve E21A064 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Çizelge 5.25 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	IDW1-MA	0.537 ²	2.685	0.680	17.782 ¹
D21A169	IDW1-MA	0.794 ¹	2.478	0.454	-3.974 ¹
D21A213	IDW1-MA	0.777 ¹	0.661	0.473	3.849 ¹
E21A002	SMS12-MA	0.876 ¹	122.563	0.353	-5.291 ¹
E21A022	MDAR-MA	0.630 ²	43.968	0.608	-27.384 ²
E21A058	MDAR-MA	0.912 ¹	8.696	0.291	-1.391 ¹
E21A064	MDAR-MA	0.745 ¹	27.450	0.505	19.343 ¹
E21A077	SMS12-MA	0.756 ¹	20.070	0.494	-6.412 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.25'te görüldüğü gibi, tüm hedef istasyonlar için, yumuşatılmış akım verilerini kullanan istatistiksel yöntemler, daha yüksek NSE değerleri elde etme eğilimindedir. Ancak, hedef istasyonların PBIAS değerleri genellikle değişmemiştir.

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre tekli yöntemlerin sonuçları

Her bir hedef istasyon için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre kaynak istasyon ya da istasyonlar seçilmiştir. Çizelge 5.26, Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için fiziksel benzerlik katsayısına göre belirlenen kaynak istasyonların sırasını göstermektedir.

Çizelge 5.26 : Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için fiziksel en benzer kaynak istasyonlar.

İstasyon Numarası	Fiziksel En Benzer Kaynak İstasyon						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
D21A167	D21A213	D21A169	E21A022	E21A058	E21A077	E21A064	E21A002
D21A169	E21A058	E21A077	D21A167	D21A213	E21A022	E21A064	E21A002
D21A213	D21A167	E21A022	D21A169	E21A058	E21A077	E21A064	E21A002
E21A002	E21A064	E21A058	E21A077	E21A022	D21A169	D21A167	D21A213
E21A022	D21A213	E21A077	D21A167	E21A058	D21A169	E21A064	E21A002
E21A058	E21A077	D21A169	E21A064	E21A022	D21A167	D21A213	E21A002
E21A064	E21A058	E21A077	D21A169	E21A002	E21A022	D21A167	D21A213
E21A077	E21A058	D21A169	E21A022	E21A064	D21A213	D21A167	E21A002

Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre elde edilen NSE değerleri, DAR ve MDAR için Çizelge 5.27'de, SM ve SMS için

Çizelge 5.28'de ve üç farklı güç parametresi (1, 2 ve 3) ile ISW için Çizelge 5.29'da verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.30'da, en iyi tekli yöntemde gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım verileri kullanıldığında yöntemlerin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.31'de sunulmuştur. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.27 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Fiziksel En Benzer İstasyon	Fiziksel En Benzer İki İstasyon	Fiziksel En Benzer Üç İstasyon
	DAR	MDAR	MDAR
D21A167	-0.187	0.312	0.316
D21A169	0.850	0.852	0.595
D21A213	0.354	0.369	0.608
E21A002	-0.171	0.433	0.729
E21A022	-0.205	0.622	0.718
E21A058	0.814	0.894	0.839
E21A064	0.724	0.694	0.706
E21A077	0.647	0.651	0.781

Çizelge 5.27'de görüldüğü gibi, E21A064 hariç tüm hedef istasyonlar için, DAR ile karşılaştırıldığında MDAR ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A167, E21A002 ve E21A022 için, DAR ile elde edilen negatif NSE değerleri, MDAR ile önemli ölçüde iyileşmiştir. DAR yönteminin performansı D21A167, E21A002 ve E21A022 için yeterli değildir. Bu durum büyük ölçüde hedef ve kaynak istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranının büyüklüğünden kaynaklanmaktadır. D21A213 istasyonu, Orta Fırat Havzası'ndaki en küçük drenaj alanına (65.3 km²) sahiptir ve hem D21A167 (250 km²) hem de E21A022 (5882.4 km²) hedef istasyonları için fiziksel en benzer kaynak istasyon olarak belirlenmiştir. Ayrıca E21A002 istasyonu, Orta Fırat Havzası'ndaki en büyük drenaj alanına (25515.6 km²) sahiptir ve havzadaki kendisinden sonraki en büyük drenaj alanının dört katından fazladır.

D21A169 ve E21A058 hariç tüm hedef istasyonlar için, MDAR yöntemi fiziksel en benzer üç istasyon ile uygulandığında, fiziksel en benzer iki istasyona kıyasla daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A169 için, fiziksel en benzer iki istasyon yerine fiziksel en benzer üç istasyon kullanıldığında, NSE değeri 0.852'den 0.595'e düşmüştür. D21A169 için fiziksel en benzer üç istasyon kullanıldığında, fiziksel en benzer üçüncü istasyon D21A167 olarak belirlenmiştir. D21A169 hedef istasyonu için

DAR yöntemi kullanılarak D21A167 kaynak istasyonu ile elde edilen NSE değeri, diğer iki kaynak istasyonla (yani, E21A058 ve E21A077) elde edilen NSE değerlerinden daha düşüktür. D21A167 kaynak istasyonunun drenaj alanı D21A169 hedef istasyonuna çok yakındır, diğer yandan E21A058 ve E21A077 kaynak istasyonlarının drenaj alanları D21A169 hedef istasyonundan çok büyüktür. Bu nedenle D21A169 istasyonunun akım tahmininde, D21A167 kaynak istasyonunun ağırlığı diğer iki kaynak istasyona kıyasla önemli ölçüde büyüktür. Sonuç olarak, MDAR yöntemi fiziksel en benzer üç istasyon ile uygulandığında D21A169 için elde edilen NSE değeri ağırlıklı olarak D21A167 kaynak istasyonundan etkilenmiştir. Benzer şekilde, E21A058 için NSE'deki azalma (yani, 0.894'ten 0.839'a) D21A169 hedef istasyonundaki aynı nedenden kaynaklanmıştır.

Çizelge 5.28 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Fiziksel En Benzer İstasyon			
	SM1	SM12	SMS1	SMS12
D21A167	-0.281	-0.116	-0.046	0.127
D21A169	0.849	0.851	0.850	0.851
D21A213	0.319	0.437	0.214	0.377
E21A002	0.740	0.768	0.813	0.847
E21A022	-0.123	0.269	0.396	0.577
E21A058	0.849	0.867	0.864	0.859
E21A064	0.676	0.663	0.658	0.664
E21A077	0.758	0.800	0.783	0.808

Çizelge 5.28'de SM yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde, 8 hedef istasyonun 1'inde SM1, 7'sinde SM12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SMS yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde, 8 hedef istasyonun 1'inde SMS1, 7'sinde SMS12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SM ve SMS yöntemleri karşılaştırıldığında SMS yönteminin SM yöntemine göre genellikle daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 5.29'da görüldüğü gibi, fiziksel en benzer iki istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 8 hedef istasyondan 5'i (yani, D21A167, D21A213, E21A002, E21A022 ve E21A058) için ISW1 ile elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, fiziksel en benzer üç istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 8 hedef istasyondan 5'i (yani, D21A167, D21A213, E21A002, E21A022 ve E21A077) için ISW1 ile elde edilmiştir. Her iki durumda da, en iyi tahmin sonuçları ISW2 ve ISW3 yerine çoğunlukla ISW1 uygulandığında elde

edilmiştir. Ayrıca, fiziksel en benzer iki istasyon yerine fiziksel en benzer üç istasyon kullanıldığında NSE değerleri 8 hedef istasyonun 7'sinde iyileşmiştir.

Çizelge 5.29 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre ISW yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Fiziksel En Benzer İki İstasyon			Fiziksel En Benzer Üç İstasyon		
	ISW1	ISW2	ISW3	ISW1	ISW2	ISW3
D21A167	0.136	0.060	-0.009	0.317	0.184	0.065
D21A169	0.844	0.849	0.852	0.816	0.825	0.833
D21A213	0.501	0.463	0.429	0.608	0.556	0.502
E21A002	0.418	0.396	0.374	0.696	0.664	0.630
E21A022	0.432	0.375	0.316	0.636	0.591	0.535
E21A058	0.893	0.892	0.892	0.904	0.907	0.906
E21A064	0.696	0.701	0.706	0.712	0.713	0.714
E21A077	0.641	0.651	0.656	0.774	0.743	0.716

Çizelge 5.30 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	ISW1	0.317 ³	3.299	0.827	23.265 ¹
D21A169	ISW3	0.852 ¹	2.171	0.385	6.459 ¹
D21A213	ISW1	0.608 ²	0.885	0.626	-6.122 ¹
E21A002	SMS12	0.847 ¹	137.280	0.392	-5.269 ¹
E21A022	MDAR	0.718 ¹	39.059	0.531	-39.089 ²
E21A058	ISW2	0.907 ¹	9.098	0.304	3.123 ¹
E21A064	DAR	0.724 ¹	29.415	0.525	18.865 ¹
E21A077	SMS12	0.808 ¹	18.050	0.438	-6.407 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.30'da görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 4'ünde ISW, 2'sinde SMS, 1'inde DAR, 1'inde MDAR en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. DAR yöntemine kıyasla diğer tekli yöntemlerin daha başarılı olduğu görülmüştür. NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 6'sı “çok iyi”, 1'i “iyi”, 1'i “yeterli” sınıfındadır. RSR değerleri için 8 hedef istasyonun 7'si yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7'den daha az). D21A213, E21A002, E21A0022 ve E21A077 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A167, D21A169, E21A058 ve E21A064 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Çizelge 5.31 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	ISW1-MA	0.326 ³	3.239	0.821	23.265 ¹
D21A169	ISW3-MA	0.876 ¹	1.922	0.352	6.459 ¹
D21A213	ISW1-MA	0.618 ²	0.865	0.618	-6.122 ¹
E21A002	SMS12-MA	0.876 ¹	122.563	0.353	-5.291 ¹
E21A022	MDAR-MA	0.725 ¹	37.916	0.524	-39.089 ²
E21A058	ISW2-MA	0.921 ¹	8.261	0.276	3.123 ¹
E21A064	DAR-MA	0.744 ¹	27.509	0.506	18.865 ¹
E21A077	SMS12-MA	0.832 ¹	16.622	0.409	-6.428 ¹

¹Çok iyi, ²İyi, ³Yeterli, ⁴Yetersiz.

Çizelge 5.31'de görüldüğü gibi, tüm hedef istasyonlar için, yumuşatılmış akım verilerini kullanan istatistiksel yöntemler, daha yüksek NSE değerleri elde etme eğilimindedir. Ancak, hedef istasyonların PBIAS değerleri genellikle değişmemiştir.

Korelasyon yaklaşımına göre tekli yöntemlerin sonuçları

Her bir hedef istasyon için korelasyon yaklaşımına göre kaynak istasyon ya da istasyonlar seçilmiştir. Çizelge 5.32, Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için korelasyon katsayısına göre belirlenen kaynak istasyonların sırasını göstermektedir.

Çizelge 5.32 : Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için en korelasyonlu kaynak istasyonlar.

İstasyon Numarası	En Korelasyonlu Kaynak İstasyon						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
D21A167	E21A022	E21A058	E21A077	D21A169	E21A002	D21A213	E21A064
D21A169	E21A058	E21A022	E21A002	E21A077	D21A167	E21A064	D21A213
D21A213	E21A002	E21A064	E21A077	E21A022	E21A058	D21A169	D21A167
E21A002	E21A058	E21A022	E21A064	E21A077	D21A213	D21A169	D21A167
E21A022	E21A058	E21A002	E21A077	D21A169	E21A064	D21A167	D21A213
E21A058	E21A022	E21A002	E21A077	D21A169	E21A064	D21A213	D21A167
E21A064	E21A002	E21A058	D21A213	E21A077	E21A022	D21A169	D21A167
E21A077	E21A002	E21A022	E21A058	D21A169	E21A064	D21A213	D21A167

Orta Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için korelasyon yaklaşımına göre elde edilen NSE değerleri, DAR ve MDAR için Çizelge 5.33'te, SM ve SMS için Çizelge 5.34'te ve üç farklı güç parametresi (1, 2 ve 3) ile IDW için Çizelge 5.35'te verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.36'da, en iyi tekli yöntemde gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım verileri kullanıldığında yöntemlerin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.37'de

sunulmuştur. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.33 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	En Korelasyonlu İstasyon DAR	En Korelasyonlu İki İstasyon MDAR	En Korelasyonlu Üç İstasyon MDAR
D21A167	0.555	0.612	0.625
D21A169	0.850	0.847	0.847
D21A213	0.724	0.637	0.781
E21A002	0.588	0.824	0.776
E21A022	0.400	0.537	0.730
E21A058	0.739	0.760	0.816
E21A064	0.649	0.725	0.754
E21A077	0.889	0.827	0.818

Çizelge 5.33'te görüldüğü gibi, D21A169 ve E21A077 hariç tüm hedef istasyonlar için, DAR ile karşılaştırıldığında MDAR ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Özellikle E21A022 için DAR yöntemi yerine MDAR yöntemi en korelasyonlu üç istasyon ile uygulandığında NSE değeri 0.400'den 0.730'a yükselmiştir. E21A022 için en korelasyonlu üç istasyon kullanıldığında, en korelasyonlu üçüncü istasyon E21A077 olarak belirlenmiştir. E21A022 hedef istasyonu için DAR yöntemi kullanılarak E21A077 kaynak istasyonu ile elde edilen NSE değeri, diğer iki kaynak istasyonla (yani, E21A058 ve E21A002) elde edilen NSE değerlerinden daha yüksektir. E21A077 kaynak istasyonunun drenaj alanı E21A022 hedef istasyonuna yakındır, diğer yandan E21A002 kaynak istasyonunun drenaj alanı E21A022 hedef istasyonundan çok büyüktür. Bu nedenle E21A022 istasyonunun akım tahmininde, E21A077 kaynak istasyonunun ağırlığı diğer iki kaynak istasyona kıyasla önemli ölçüde büyüktür. Sonuç olarak, MDAR yöntemi en korelasyonlu üç istasyon ile uygulandığında E21A022 için NSE'deki iyileşme ağırlıklı olarak E21A077 istasyonunun etkisinden kaynaklanmaktadır.

E21A002 ve E21A077 hariç tüm hedef istasyonlar için, MDAR yöntemi en korelasyonlu üç istasyon ile uygulandığında, en korelasyonlu iki istasyona kıyasla daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A169 için MDAR yöntemi en korelasyonlu iki istasyon yerine, en korelasyonlu üç istasyon ile uygulandığında NSE değerinde değişme olmamıştır. D21A169 için en korelasyonlu üçüncü istasyon E21A002 olarak belirlenmiştir. E21A002 kaynak istasyonunun drenaj alanı D21A169 hedef istasyonundan çok büyük olduğu için, D21A169 istasyonunun akım tahmininde,

E21A002 kaynak istasyonunun ağırlığı diğer iki kaynak istasyona (yani, E21A058 ve E21A022) kıyasla yok denecek kadar azdır. Bundan dolayı D21A169 için MDAR yöntemi en korelasyonlu üç istasyon ile uygulandığında NSE değeri değişmemiştir.

Çizelge 5.34 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	En Korelasyonlu İstasyon			
	SM1	SM12	SMS1	SMS12
D21A167	0.588	0.427	0.498	0.356
D21A169	0.849	0.851	0.850	0.851
D21A213	0.743	0.634	0.755	0.639
E21A002	0.798	0.819	0.829	0.842
E21A022	0.566	0.607	0.646	0.666
E21A058	0.844	0.832	0.844	0.824
E21A064	0.705	0.663	0.711	0.675
E21A077	0.843	0.860	0.817	0.846

Çizelge 5.34'te SM yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde, 8 hedef istasyonun 4'ünde SM1, 4'ünde SM12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SMS yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde, 8 hedef istasyonun 4'ünde SMS1, 4'ünde SMS12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SM ve SMS yöntemleri karşılaştırıldığında SMS yönteminin SM yöntemine göre genellikle daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 5.35 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre IDW yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	En Korelasyonlu İki İstasyon			En Korelasyonlu Üç İstasyon		
	IDW1	IDW2	IDW3	IDW1	IDW2	IDW3
D21A167	0.627	0.594	0.572	0.628	0.618	0.610
D21A169	0.842	0.851	0.851	0.839	0.851	0.851
D21A213	0.764	0.748	0.730	0.770	0.733	0.721
E21A002	0.773	0.722	0.675	0.439	0.116	-0.058
E21A022	0.618	0.533	0.471	0.750	0.755	0.757
E21A058	0.786	0.784	0.781	0.815	0.818	0.817
E21A064	0.707	0.696	0.685	0.731	0.709	0.691
E21A077	0.855	0.820	0.804	0.870	0.851	0.841

Çizelge 5.35'te görüldüğü gibi, en korelasyonlu iki istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 8 hedef istasyondan 7'si (yani, D21A169 hariç) için IDW1 ile elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, en korelasyonlu üç istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 8 hedef istasyondan 5'i (yani, D21A169, E21A022, E21A058 hariç) için IDW1 ile elde edilmiştir. Her iki durumda da, en iyi tahmin sonuçları IDW2 ve IDW3 yerine

çoğunlukla IDW1 uygulandığında elde edilmiştir. Ayrıca, en korelasyonlu iki istasyon yerine en korelasyonlu üç istasyon kullanıldığında NSE değerleri 8 hedef istasyonun 6'sında iyileşmiştir.

Çizelge 5.36 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	IDW1	0.628 ²	2.435	0.610	25.269 ²
D21A169	IDW3	0.851 ¹	2.177	0.386	2.517 ¹
D21A213	MDAR	0.781 ¹	0.662	0.468	-11.129 ¹
E21A002	SMS12	0.842 ¹	139.284	0.397	-5.281 ¹
E21A022	IDW3	0.757 ¹	36.280	0.493	-24.931 ¹
E21A058	SMS1	0.844 ¹	11.797	0.394	7.782 ¹
E21A064	MDAR	0.754 ¹	27.768	0.496	20.249 ¹
E21A077	DAR	0.889 ¹	13.694	0.333	5.982 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.36'da görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 3'ünde IDW, 2'sinde MDAR, 2'sinde SMS, 1'inde DAR en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. DAR yöntemine kıyasla diğer tekli yöntemlerin daha başarılı olduğu görülmüştür. NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 7'si "çok iyi", 1'i "iyi" sınıfındadır. RSR değerleri için 8 hedef istasyonun tamamı yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7'den daha az). D21A213, E21A002 ve E21A0022 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A167, D21A169, E21A058, E21A064 ve E21A077 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Çizelge 5.37 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	IDW1-MA	0.641 ²	2.366	0.600	25.269 ²
D21A169	IDW3-MA	0.874 ¹	1.939	0.355	2.517 ¹
D21A213	MDAR-MA	0.806 ¹	0.616	0.440	-11.129 ¹
E21A002	SMS12-MA	0.869 ¹	125.880	0.362	-5.284 ¹
E21A022	IDW3-MA	0.768 ¹	34.782	0.481	-24.931 ¹
E21A058	SMS1-MA	0.869 ¹	10.618	0.355	7.782 ¹
E21A064	MDAR-MA	0.775 ¹	25.747	0.474	20.249 ¹
E21A077	DAR-MA	0.906 ¹	12.452	0.307	5.982 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.37'de görüldüğü gibi, tüm hedef istasyonlar için, yumuşatılmış akım verilerini kullanan istatistiksel yöntemler, daha yüksek NSE değerleri elde etme eğilimindedir. Ancak, hedef istasyonların PBIAS değerleri genellikle değişmemiştir.

Tekli yöntemlerin sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.27'ye göre (bkz. sayfa 75 ve 79), DAR yöntemi için coğrafi en yakın ve fiziksel en benzer istasyonların aynı olmadığı 6 hedef istasyondan 3'ü (yani, D21A167, D21A213 ve E21A058) için coğrafi en yakın istasyon ile, diğer 3'ü (yani, D21A169, E21A064 ve E21A077) için fiziksel en benzer istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre kaynak istasyon seçiminde, coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki hedef istasyonların yarısı için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan yarısı için en iyi kaynak istasyonu belirleyememektedir.

Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.33'e göre (bkz. sayfa 75 ve 83), DAR yöntemi için coğrafi en yakın ve en korelasyonlu istasyonların aynı olmadığı 7 hedef istasyondan 1'i (yani, E21A058) için coğrafi en yakın istasyon ile, diğer 6'sı (yani, D21A167, D21A169, D21A213, E21A002, E21A022 ve E21A077) için en korelasyonlu istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre kaynak istasyon seçiminde, coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki 7 hedef istasyonun 1'i için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 6'sı için en iyi kaynak istasyonu belirleyememektedir.

Çizelge 5.27 ve Çizelge 5.33'e göre (bkz. sayfa 79 ve 83), DAR yöntemi için fiziksel en benzer ve en korelasyonlu istasyonların aynı olmadığı 7 hedef istasyondan 2'si (yani, E21A058 ve E21A064) için fiziksel en benzer istasyon ile, diğer 5'i (yani, D21A167, D21A213, E21A002, E21A022 ve E21A077) için en korelasyonlu istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre kaynak istasyon seçiminde, fiziksel benzerlik yaklaşımı çalışma alanındaki 7 hedef istasyonun 2'si için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 5'i için en iyi kaynak istasyonu belirleyememektedir.

Çizelge 5.21, Çizelge 5.27 ve Çizelge 5.33'e göre (bkz. sayfa 75, 79 ve 83), DAR yönteminin performansı korelasyon yaklaşımına göre tüm istasyonlar için yeterli veya üstü sınıfındayken, coğrafi yakınlık yaklaşımına göre 2, fiziksel benzerlik yaklaşımına göre 3 istasyon için yeterli değildir. Sonuç olarak, DAR yöntemi için korelasyon yaklaşımının genellikle iyi bir kaynak istasyon seçim kriteri olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.27'ye göre (bkz. sayfa 75 ve 79), MDAR yöntemi iki istasyon ile uygulandığında coğrafi en yakın iki ve fiziksel en benzer iki istasyonun aynı olmadığı 6 hedef istasyondan 3'ü (yani, D21A167, D21A213 ve E21A064) için

coğrafi en yakın iki istasyon ile, diğer 3'ü (yani, D21A169, E21A058 ve E21A077) için fiziksel en benzer iki istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. MDAR yöntemi üç istasyon ile uygulandığında coğrafi en yakın üç ve fiziksel en benzer üç istasyonun aynı olmadığı 7 hedef istasyondan 3'ü (yani, D21A167, D21A213 ve E21A058) için coğrafi en yakın üç istasyon ile, diğer 4'ü (yani, E21A002, E21A022, E21A064 ve E21A077) için fiziksel en benzer üç istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre iki kaynak istasyon ile, coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki hedef istasyonların yarısı için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan yarısı için en iyi kaynak istasyonu belirleyememektedir. Bunun yanı sıra, üç kaynak istasyon ile coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki 7 hedef istasyonun 3'ü için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 4'ü için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir.

Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.33'e göre (bkz. sayfa 75 ve 83), coğrafi yakınlık ve korelasyon yaklaşımlarında MDAR yöntemi iki istasyon ile uygulandığında, coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki coğrafi en yakın iki ve en korelasyonlu iki istasyonun aynı olmadığı 7 hedef istasyonun 2'si için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 5'i için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir. Bunun yanı sıra, MDAR yöntemi üç istasyon ile uygulandığında, coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki 8 hedef istasyonun 1'i için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 7'si için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir.

Çizelge 5.27 ve Çizelge 5.33'e göre (bkz. sayfa 79 ve 83), fiziksel benzerlik ve korelasyon yaklaşımlarında MDAR yöntemi iki istasyon ile uygulandığında, fiziksel benzerlik yaklaşımı çalışma alanındaki 8 hedef istasyonun 3'ü için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 5'i için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir. Bunun yanı sıra, MDAR yöntemi üç istasyon ile uygulandığında, fiziksel benzerlik yaklaşımı çalışma alanındaki 8 hedef istasyonun 1'i için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 7'si için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir.

Sonuç olarak, MDAR yöntemi iki istasyon ile uygulandığında korelasyon yaklaşımının 8 hedef istasyonun 5'inde, MDAR yöntemi üç istasyon ile uygulandığında korelasyon yaklaşımının 8 hedef istasyonun 7'sinde iyi bir kaynak istasyon seçim kriteri olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.22 ve Çizelge 5.28'e göre (bkz. sayfa 76 ve 80), SM1, SM12 ve SMS1 yöntemleri için coğrafi en yakın ve fiziksel en benzer istasyonun aynı olmadığı 6 hedef istasyondan 3'ü (yani, D21A167, D21A213 ve E21A064) için coğrafi en yakın istasyon ile, diğer 3'ü (yani, D21A169, E21A058 ve E21A077) için fiziksel en benzer istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SMS12 yönteminde ise, coğrafi en yakın ve fiziksel en benzer istasyonun aynı olmadığı 6 hedef istasyondan 4'ü (yani, D21A167, D21A213, E21A058 ve E21A064) için coğrafi en yakın istasyon ile, diğer 2'si (yani, D21A169 ve E21A077) için fiziksel en benzer istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre SM1, SM12 ve SMS1 için kaynak istasyon seçiminde, coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki hedef istasyonların yarısı için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan yarısı için en iyi kaynak istasyonu belirleyememektedir. Ancak SMS12 yöntemi için coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki 6 hedef istasyonun 4'ü için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 2'si için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir.

Çizelge 5.22 ve Çizelge 5.34'e göre (bkz. sayfa 76 ve 84), coğrafi yakınlık ve korelasyon yaklaşımlarında SM1 ve SMS1 için kaynak istasyon seçiminde coğrafi yakınlık yaklaşımı, coğrafi en yakın ve en korelasyonlu istasyonun aynı olmadığı 7 hedef istasyonun 1'i için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 6'sı için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir. SM12 ve SMS12 için kaynak istasyon seçiminde coğrafi yakınlık yaklaşımı, coğrafi en yakın ve en korelasyonlu istasyonun aynı olmadığı 7 hedef istasyonun 2'si için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 5'i için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir.

Çizelge 5.28 ve Çizelge 5.34'e göre (bkz. sayfa 80 ve 84), fiziksel benzerlik ve korelasyon yaklaşımlarında, SM1, SM12 ve SMS1 için kaynak istasyon seçiminde fiziksel benzerlik yaklaşımı, fiziksel en benzer ve en korelasyonlu istasyonun aynı olmadığı 7 hedef istasyonun 1'i için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 6'sı için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir. SMS12 için kaynak istasyon seçiminde fiziksel benzerlik yaklaşımı, fiziksel en benzer ve en korelasyonlu istasyonun aynı olmadığı 6 hedef istasyonun 2'si için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 4'ü için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir.

Çizelge 5.23, Çizelge 5.29 ve Çizelge 5.35'e göre (bkz. sayfa 77, 81 ve 84), kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarının üçü için de IDW ve ISW yöntemlerinde 1 güç parametresi ile genellikle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Ayrıca NSE

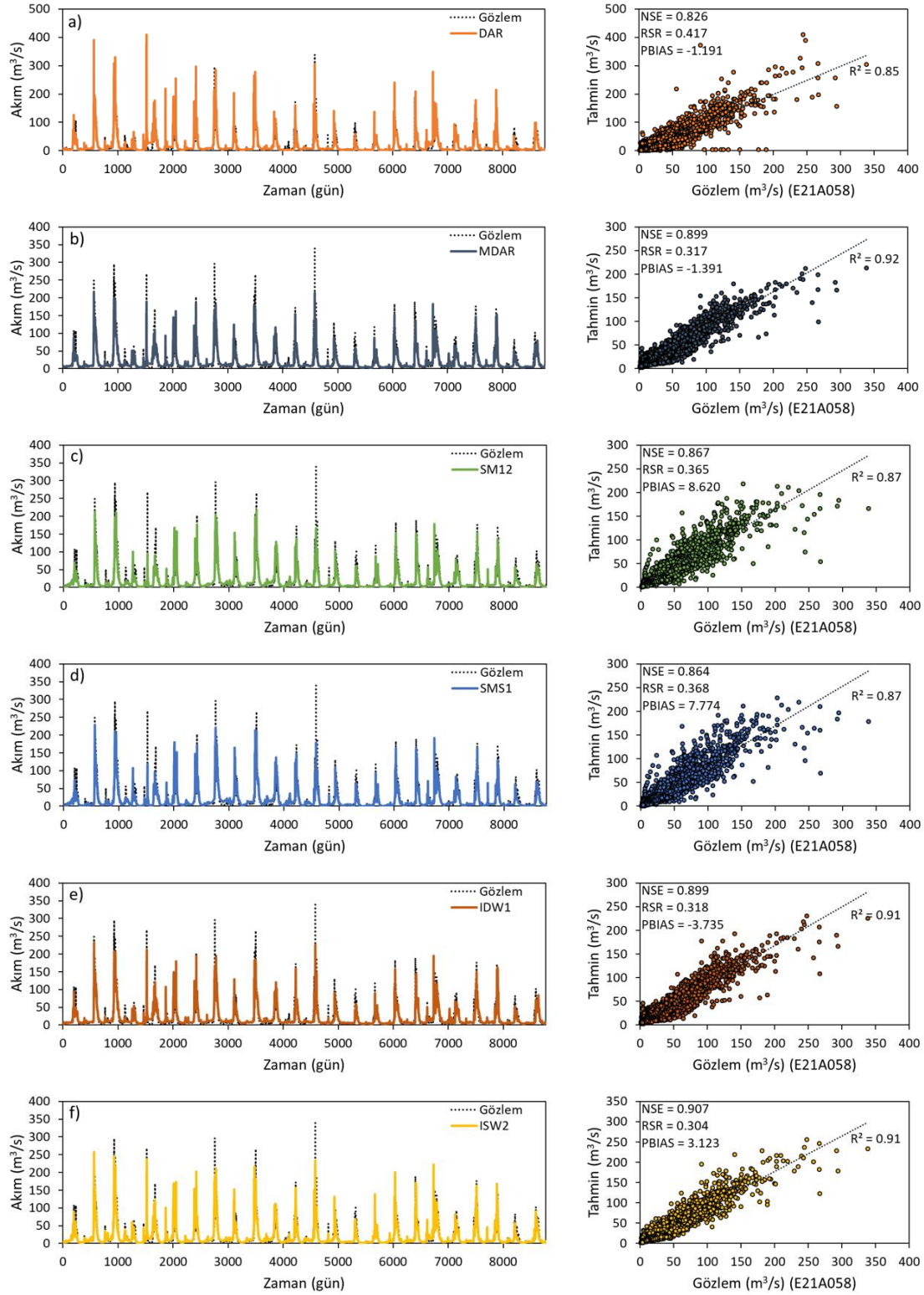
değerleri, iki istasyon yerine üç istasyon kaynak olarak kullanıldığında genellikle iyileşmiştir.

Çizelge 5.24, Çizelge 5.30 ve Çizelge 5.36'ya göre (bkz. sayfa 77, 81 ve 85), coğrafi yakınlık yaklaşımı ile 8 hedef istasyonun 3'ünde MDAR, 3'ünde IDW, 2'sinde SMS; fiziksel benzerlik yaklaşımı ile 8 hedef istasyonun 4'ünde ISW, 2'sinde SMS, 1'inde DAR, 1'inde MDAR; korelasyon yaklaşımı ile 8 hedef istasyonun 3'ünde IDW, 2'sinde MDAR, 2'sinde SMS, 1'inde DAR en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, çoklu kaynak istasyonların kullanıldığı MDAR, IDW ve ISW yöntemlerinin tek kaynak istasyonun kullanıldığı DAR, SM ve SMS yöntemlerine göre biraz daha üstün olduğu söylenebilir. Coğrafi yakınlık ve fiziksel benzerlik yaklaşımlarına göre en iyi tekli yöntemlerin NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 6'sı “çok iyi”, korelasyon yaklaşımına göre en iyi tekli yöntemlerin NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 7'si “çok iyi” sınıfındadır.

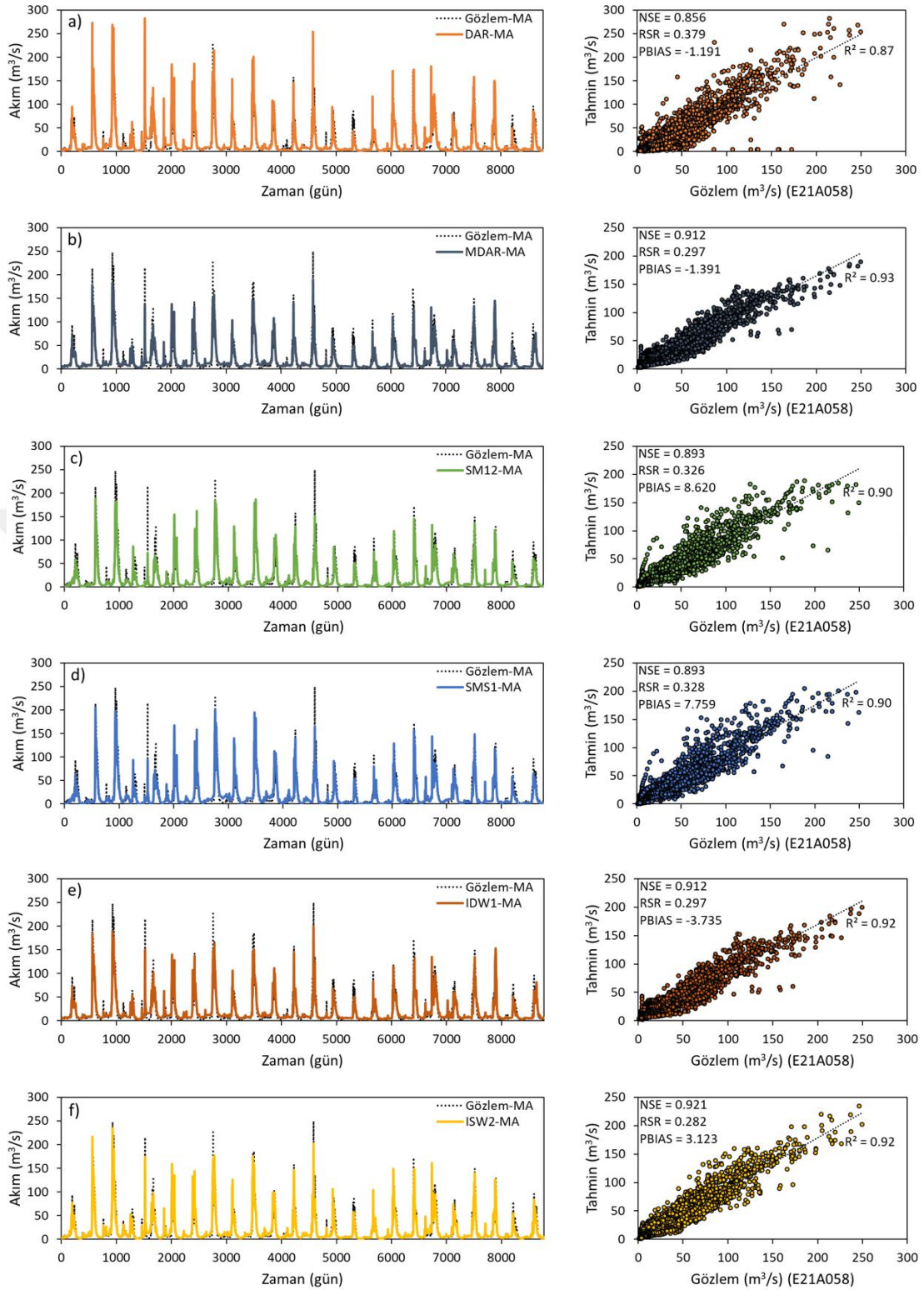
Örnek olarak E21A058 hedef istasyonu için, Şekil 5.21'de hidrograf ve saçılma grafiklerinde coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarına göre gözlemlenen (orijinal) günlük akım verilerini kullanan her bir tekli yöntemden elde edilen en iyi tahmin değerleri, gözlemlenen (orijinal) günlük akım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Orta Fırat Havzası'ndaki diğer hedef istasyonlara kıyasla E21A058 için tahmin edilen ve gözlemlenen günlük akım değerleri arasında daha iyi bir uyum elde edilmiştir.

Şekil 5.21'de görüldüğü gibi, tekli yöntemler için en iyi NSE değerleri 0.826 ile 0.907 arasında değişmektedir ve en iyi NSE değeri ISW2 ile elde edilmiştir. E21A058 için DAR yöntemi coğrafi en yakın istasyon ile, MDAR ve IDW1 yöntemleri coğrafi en yakın üç istasyon ile, SM12 ve SMS1 yöntemleri fiziksel en benzer istasyon ile, ISW2 yöntemi fiziksel en benzer üç istasyon ile uygulanarak tahmin edilen ve gözlemlenen (orijinal) günlük akım değerleri arasındaki R^2 değerleri sırasıyla 0.85, 0.92, 0.87, 0.87, 0.91 ve 0.91 hesaplanmıştır.

Örnek olarak E21A058 hedef istasyonu için, Şekil 5.22'de hidrograf ve saçılma grafiklerinde coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarına göre gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım verilerini kullanan her bir tekli yöntemden elde edilen en iyi tahmin değerleri, gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım değerleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.21 : Orta Fırat Havzası'nda E21A058 istasyonu için tekli yöntemlerden tahmin edilen akımların gözlemlenen (orijinal) akımlar ile karşılaştırılması: (a)DAR; (b)MDAR; (c)SM; (d)SMS; (e)IDW; (f)ISW.



Şekil 5.22 : Orta Fırat Havzası'nda E21A058 istasyonu için tekli yöntemlerden tahmin edilen akımların gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) akımlar ile karşılaştırılması: (a)DAR-MA; (b)MDAR-MA; (c)SM-MA; (d)SMS-MA; (e)IDW-MA; (f)ISW-MA.

Şekil 5.22'de görüldüğü gibi, tekli yöntemler için en iyi NSE değerleri 0.856 ile 0.921 arasında değişmektedir. DAR-MA, MDAR-MA, SM12-MA, SMS1-MA, IDW1-MA

ve ISW2-MA yöntemlerinden elde edilen tahmin değerleri ile gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım değerleri arasındaki R^2 değerleri sırasıyla 0.87, 0.93, 0.90, 0.90, 0.92 ve 0.92'dir. Şekil 5.21 ile karşılaştırıldığında MA'lı yöntemler biraz daha iyi performans göstermiştir.

5.2.1.2 Performans ağırlıklı topluluk (ensemble) yöntemleri

Orta Fırat Havzası'nda her bir kaynak istasyon seçimi yaklaşımına göre her bir hedef istasyon için elde edilen tahminler Şekil 3.2'teki (bkz. sayfa 25), ağırlıklandırma sistemine göre ağırlıklandırılarak topluluk yöntem tahminleri elde edilmiştir. DAR ve SM; DAR ve SMS; MDAR ve IDW; MDAR ve ISW yöntemleri birleştirilerek dört farklı şekilde 2'li birleşim topluluk yöntemi oluşturulmuştur. DAR, SM ve IDW; DAR, SMS ve IDW; DAR, SM ve ISW; DAR, SMS ve ISW yöntemleri sırasıyla birleştirilerek dört farklı şekilde 3'lü birleşim topluluk yöntemi oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.20, sayfa 71). Topluluk yöntemlerinde tekli yöntemlerin hangi varyasyonlarının kullanılacağına yöntemlerin genel performanslarına göre karar verilmiştir.

Topluluk yöntemlerinden elde edilen sonuçlar coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarına göre ayrı başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre topluluk yöntemlerinin sonuçları

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre oluşturulan topluluk yöntemleri aşağıda verilmiştir:

a) 2'li birleşim: DAR ve SM12; DAR ve SMS12; MDAR ve IDW1.

b) 3'lü birleşim: DAR, SM12 ve IDW1; DAR, SMS12 ve IDW1.

Bu oluşturulan topluluk yöntemlerinde, DAR, SM12 ve SMS12 yöntemlerinin coğrafi en yakın kaynak istasyon ile, MDAR ve IDW1 yöntemlerinin coğrafi en yakın üç kaynak istasyon ile elde edilen tahminleri kullanılmıştır.

2'li birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM12 için Çizelge 5.38'de, DAR-SMS12 için Çizelge 5.39'da ve MDAR-IDW1 için ise Çizelge 5.40'ta verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.41'de verilmiştir. 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.38 : Orta Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SM12 2’li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM12 2’li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.255	0.267	0.266	0.260	0.257
D21A169	0.671	0.708	0.686	0.679	0.697
D21A213	0.722	0.775	0.729	0.726	0.727
E21A002	0.506	0.733	0.762	0.727	0.767
E21A022	0.071	0.141	0.172	0.127	0.115
E21A058	0.837	0.846	0.837	0.837	0.827
E21A064	0.661	0.668	0.661	0.661	0.662
E21A077	0.474	0.535	0.529	0.505	0.545

Çizelge 5.38’de görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 5’inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı, 1’inde NSE’ye dayalı ağırlıklı DAR-SM12 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SM12 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.22, sayfa 75 ve 76), 8 hedef istasyonun 2’sinde eşit ağırlıklı, 4’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde RSR’ye dayalı ağırlıklı, 1’inde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SM12 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A213 istasyonu için DAR ve SM12 tahminleri, DAR-SM12 2’li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir. E21A058 ve E21A064 istasyonları için DAR-SM12 2’li birleşim topluluk yöntemin eşit ağırlıklı, NSE ve RSR’ye dayalı ağırlıklı yaklaşımlarıyla aynı NSE değerleri elde edilmiştir. Çünkü E21A058 ve E21A064 istasyonları için DAR ve SM12 yöntemlerinin NSE ve RSR değerleri birbirine çok yakındır, dolayısıyla NSE ve RSR’ye dayalı ağırlıklı DAR-SM12 2’li birleşim topluluk yöntemde tekli yöntemlerin ağırlıkları yaklaşık olarak eşittir.

Çizelge 5.39’da görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 5’inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 1’inde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SMS12 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SMS12 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.22, sayfa 75 ve 76), 8 hedef istasyonun 2’sinde eşit ağırlıklı, 5’inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde RSR’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SMS12 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A167 ve D21A213

istasyonları için DAR ve SMS12 tahminleri, DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.39 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS12 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.334	0.356	0.334	0.334	0.334
D21A169	0.672	0.717	0.686	0.680	0.694
D21A213	0.725	0.780	0.732	0.729	0.728
E21A002	0.573	0.826	0.845	0.825	0.846
E21A022	0.279	0.422	0.528	0.446	0.351
E21A058	0.859	0.876	0.863	0.862	0.828
E21A064	0.668	0.676	0.669	0.668	0.670
E21A077	0.579	0.668	0.716	0.671	0.696

Çizelge 5.40 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	MDAR-IDW1 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.429	0.449	0.455	0.443	0.412
D21A169	0.696	0.719	0.737	0.719	0.763
D21A213	0.659	0.670	0.669	0.664	0.690
E21A002	0.551	0.585	0.573	0.563	0.557
E21A022	0.527	0.539	0.546	0.537	0.532
E21A058	0.900	0.900	0.900	0.900	0.899
E21A064	0.675	0.684	0.675	0.675	0.675
E21A077	0.728	0.731	0.728	0.728	0.727

Çizelge 5.40'ta görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, MDAR ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.23, sayfa 75 ve 77), 8 hedef istasyonun 2'sinde eşit ağırlıklı, 2'sinde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. E21A064 istasyonu için MDAR ve IDW1 tahminleri, MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.41 : Orta Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi 2’li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	MDAR-IDW1 ^c	0.455 ³	2.947	0.738	16.714 ¹
D21A169	MDAR-IDW1 ^e	0.763 ¹	2.749	0.487	-4.664 ¹
D21A213	DAR-SMS12 ^b	0.780 ¹	0.663	0.469	-3.642 ¹
E21A002	DAR-SMS12 ^e	0.846 ¹	137.593	0.393	-5.706 ¹
E21A022	MDAR-IDW1 ^c	0.546 ²	49.540	0.674	-33.533 ²
E21A058	MDAR-IDW1 ^b	0.900 ¹	9.435	0.315	-2.544 ¹
E21A064	MDAR-IDW1 ^b	0.684 ²	31.456	0.562	19.782 ¹
E21A077	MDAR-IDW1 ^b	0.731 ¹	21.362	0.519	-24.532 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE’ye dayalı ağırlıklı,

^d RSR’ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS’a dayalı ağırlıklı.

Çizelge 5.41’de görüldüğü gibi, NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 5’i “çok iyi”, 2’si “iyi”, 1’i “yeterli” sınıfındadır. RSR değerleri için 8 hedef istasyonun 7’si yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7’den daha az). D21A169, D21A213, E21A002, E21A022, E21A058 ve E21A077 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A167 ve E21A064 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

3’lü birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM12-IDW1 için Çizelge 5.42’de ve DAR-SMS12-IDW1 için Çizelge 5.43’te verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 3’lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.44’te verilmiştir. 0.3’e eşit ve 0.3’ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.42 : Orta Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SM12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM12-IDW1 3’lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.354	0.391	0.410	0.383	0.334
D21A169	0.712	0.753	0.741	0.728	0.704
D21A213	0.722	0.771	0.725	0.724	0.705
E21A002	0.507	0.722	0.757	0.697	0.767
E21A022	0.232	0.334	0.364	0.310	0.256
E21A058	0.879	0.910	0.897	0.889	0.843
E21A064	0.668	0.681	0.668	0.668	0.669
E21A077	0.613	0.712	0.704	0.671	0.567

Çizelge 5.42’de görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 5’inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde NSE’e dayalı ağırlıklı, 1’inde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SM12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SM12 ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.21-Çizelge 5.23, sayfa 75-77), 8 hedef istasyonun 2’sinde eşit ağırlıklı, 3’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde RSR’ye dayalı ağırlıklı, 1’inde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SM12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. E21A064 istasyonu için DAR, SM12 ve IDW1 tahminleri, DAR-SM12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.43 : Orta Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SMS12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS12-IDW1 3’lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.402	0.439	0.430	0.416	0.387
D21A169	0.715	0.763	0.745	0.732	0.716
D21A213	0.725	0.776	0.727	0.726	0.705
E21A002	0.550	0.792	0.842	0.796	0.846
E21A022	0.361	0.493	0.534	0.475	0.407
E21A058	0.890	0.916	0.900	0.896	0.844
E21A064	0.672	0.686	0.673	0.673	0.674
E21A077	0.673	0.765	0.760	0.733	0.706

Çizelge 5.43’te görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 6’sında mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1’inde NSE’e dayalı ağırlıklı, 1’inde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SMS12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SMS12 ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.21-Çizelge 5.23, sayfa 75-77), 8 hedef istasyonun 1’inde eşit ağırlıklı, 4’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3’ünde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 1’inde RSR’ye dayalı ağırlıklı DAR-SMS12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.44 : Orta Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi 3’lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.439 ³	2.989	0.749	16.065 ¹
D21A169	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.763 ¹	2.749	0.487	-1.770 ¹
D21A213	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.776 ¹	0.669	0.473	-3.303 ¹
E21A002	DAR-SMS12-IDW1 ^e	0.846 ¹	137.647	0.393	-6.194 ¹
E21A022	DAR-SMS12-IDW1 ^c	0.534 ²	50.227	0.683	-33.187 ²
E21A058	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.916 ¹	8.653	0.289	3.196 ¹
E21A064	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.686 ²	31.368	0.560	29.940 ²
E21A077	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.765 ¹	19.943	0.484	-12.028 ¹

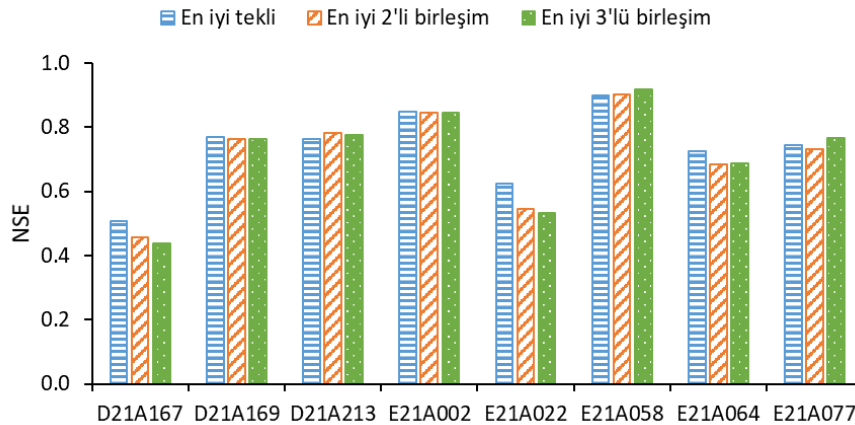
¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE’ye dayalı ağırlıklı,

^d RSR’ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS’a dayalı ağırlıklı.

Çizelge 5.44’te görüldüğü gibi, NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 5’i “çok iyi”, 2’si “iyi”, 1’i “yeterli” sınıfındadır. RSR değerleri için 8 hedef istasyonun 7’si yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7’den daha az). D21A169, D21A213, E21A002, E21A022 ve E21A077 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A167, E21A058 ve E21A064 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre, her bir istasyon için elde edilen en iyi tekli, 2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması Şekil 5.23’te verilmiştir.



Şekil 5.23 : Orta Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi tekli, 2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.

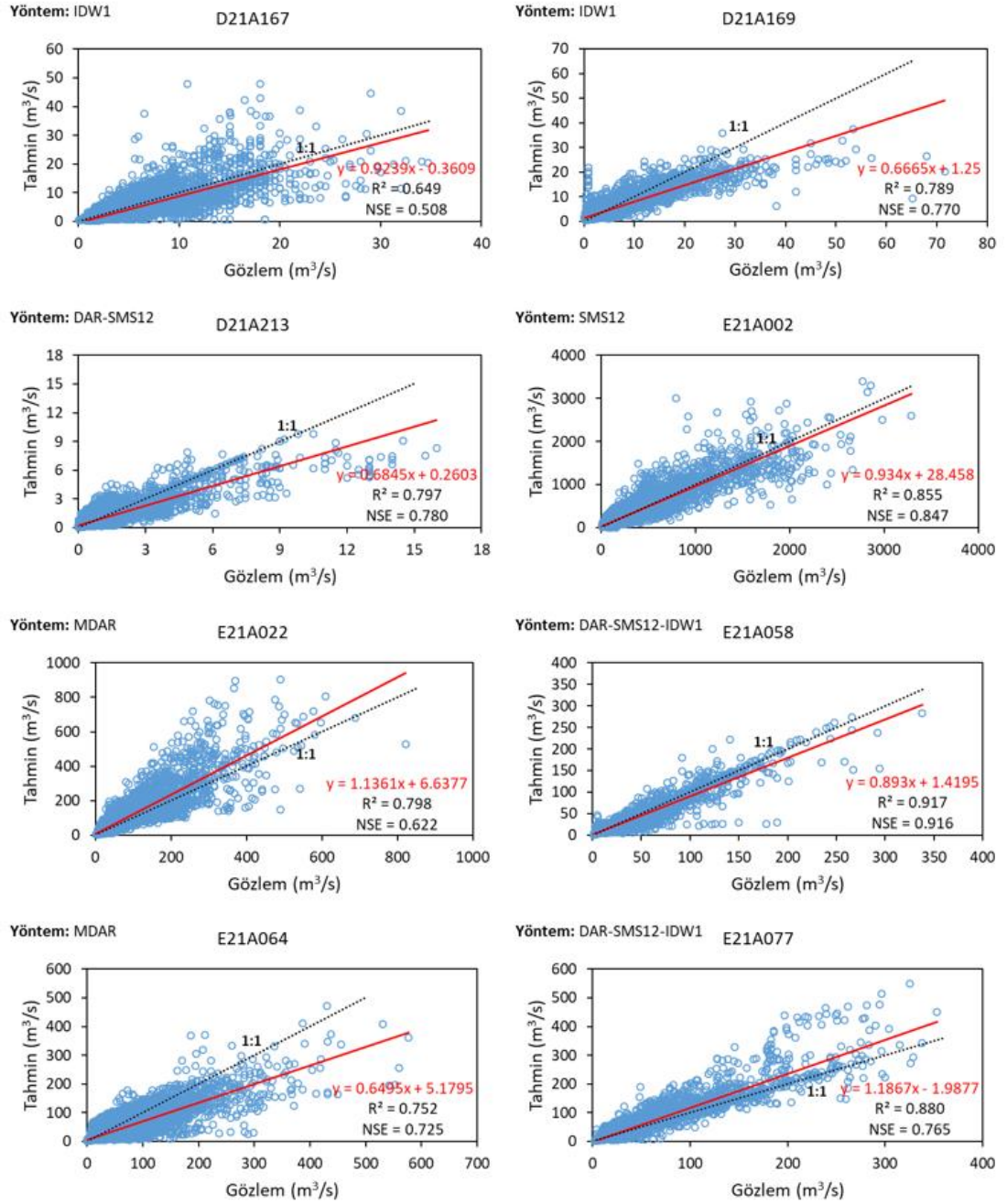
Şekil 5.23’te görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 5’inde (yani, D21A167, D21A169, E21A002, E21A022 ve E21A064) en iyi tekli yöntemler, diğer 3’ünde (yani,

D21A213, E2A058 ve E21A077) en iyi 2'li ya da 3'lü birleşim topluluk yöntemleri biraz daha iyi performans göstermiştir. D21A213, E21A058 ve E21A077 hedef istasyonları için en iyi topluluk yöntemi kullanıldığında en iyi tekli yöntemle göre NSE değerinde %1.90 ile %2.80 arasında iyileşme sağlanmıştır. Ortalama iyileşme oranı ise %2.39 bulunmuştur.

1986-2010 döneminde tüm istasyonlarda gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akımların ortalaması arasındaki mutlak bağıl hatalar, coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %1.39 ile %27.38 ve %1.77 ile %33.53 aralığında değişmektedir. Ortalama mutlak bağıl hatalar ise en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %10.67 ve %13.32 olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama mutlak hata değerlerine göre günlük akımların ortalamasını tahmin etmede en iyi tekli yöntem daha başarılı olmuştur.

Çizelge 5.24, Çizelge 5.41 ve Çizelge 5.44 (bkz. sayfa 77, 95 ve 97) karşılaştırılarak her bir istasyon için en iyi performansa sahip yöntem (tekli ya da topluluk) belirlenmiştir. Her bir istasyon için, bu en iyi yöntem kullanılarak elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri Şekil 5.24'te verilmiştir.

Şekil 5.24'te görüldüğü gibi, gözlemlenen akım değerlerine en yakın tahminler E21A058 istasyonu için yapılmıştır, DAR-SMS12-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için R^2 değeri 0.917 olarak hesaplanmıştır. Gözlemlenen akım değerlerinden en uzak tahminler D21A167 istasyonu için yapılmıştır ve IDW1 için R^2 değeri 0.649 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.24 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre topluluk yöntemlerinin sonuçları

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre oluşturulan topluluk yöntemleri aşağıda verilmiştir:

a) 2'li birleşim: DAR ve SM12; DAR ve SMS12; MDAR ve ISW1.

b) 3'lü birleşim: DAR, SM12 ve ISW1; DAR, SMS12 ve ISW1.

Bu oluşturulan topluluk yöntemlerinde, DAR, SM12 ve SMS12 yöntemlerinin fiziksel en benzer kaynak istasyon ile, MDAR ve ISW1 yöntemlerinin fiziksel en benzer üç kaynak istasyon ile elde edilen tahminleri kullanılmıştır.

2'li birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM12 için Çizelge 5.45'te, DAR-SMS12 için Çizelge 5.46'da ve MDAR-ISW1 için ise Çizelge 5.47'de verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.48'de verilmiştir. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.45 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SM12 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM12 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A167	-0.125	-0.080	-0.123	-0.124	-0.118
D21A169	0.852	0.853	0.852	0.852	0.852
D21A213	0.408	0.430	0.414	0.411	0.398
E21A002	0.506	0.733	0.762	0.727	0.767
E21A022	0.071	0.141	0.172	0.127	0.115
E21A058	0.848	0.859	0.856	0.852	0.861
E21A064	0.698	0.706	0.704	0.701	0.710
E21A077	0.739	0.765	0.775	0.759	0.791

Çizelge 5.45'te görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 4'ünde PBIAS'a dayalı ağırlıklı, 3'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı DAR-SM12 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SM12 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.27 ve Çizelge 5.28, sayfa 79 ve 80), 8 hedef istasyonun 2'sinde eşit ağırlıklı, 1'inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SM12 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A169 istasyonu için DAR ve SM12 tahminleri, DAR-SM12 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.46 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS12 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A167	-0.012	0.017	0.033	0.012	0.031
D21A169	0.853	0.857	0.853	0.853	0.853
D21A213	0.385	0.414	0.385	0.385	0.381
E21A002	0.573	0.826	0.845	0.825	0.846
E21A022	0.279	0.422	0.528	0.446	0.351
E21A058	0.847	0.861	0.852	0.850	0.856
E21A064	0.699	0.708	0.705	0.702	0.710
E21A077	0.744	0.771	0.783	0.766	0.798

Çizelge 5.46'da görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 3'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde PBIAS'a dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SMS12 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.27 ve Çizelge 5.28, sayfa 79 ve 80), 8 hedef istasyonun 2'sinde eşit ağırlıklı, 3'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A169 ve D21A213 istasyonları için DAR ve SMS12 tahminleri, DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.47 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre MDAR-ISW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	MDAR-ISW1 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.349	0.397	0.349	0.349	0.344
D21A169	0.733	0.775	0.794	0.770	0.816
D21A213	0.612	0.618	0.612	0.612	0.610
E21A002	0.713	0.714	0.715	0.714	0.714
E21A022	0.681	0.689	0.691	0.686	0.685
E21A058	0.882	0.896	0.895	0.889	0.904
E21A064	0.709	0.710	0.709	0.709	0.710
E21A077	0.778	0.778	0.778	0.778	0.778

Çizelge 5.47'de görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 3'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde PBIAS'a dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı MDAR-ISW1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

D21A167 ve D21A213 istasyonları için MDAR ve ISW1 tahminleri, MDAR-ISW1 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.48 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	MDAR-ISW1 ^b	0.397 ³	3.101	0.777	20.020 ¹
D21A169	DAR-SMS12 ^b	0.857 ¹	2.133	0.378	0.666 ¹
D21A213	MDAR-ISW1 ^b	0.618 ²	0.874	0.618	-10.917 ¹
E21A002	DAR-SMS12 ^e	0.846 ¹	137.593	0.393	-5.706 ¹
E21A022	MDAR-ISW1 ^c	0.691 ²	40.876	0.556	-40.698 ²
E21A058	MDAR-ISW1 ^e	0.904 ¹	9.274	0.310	0.477 ¹
E21A064	DAR-SMS12 ^e	0.710 ¹	30.130	0.538	21.888 ¹
E21A077	DAR-SMS12 ^e	0.798 ¹	18.490	0.449	-7.674 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE'ye dayalı ağırlıklı,

^d RSR'ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS'a dayalı ağırlıklı.

Çizelge 5.48'de görüldüğü gibi, NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 5'i "çok iyi", 2'si "iyi", 1'i "yeterli" sınıfındadır. RSR değerleri için 8 hedef istasyonun 7'si yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7'den daha az). D21A213, E21A002, E21A022 ve E21A077 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A167, D21A169, E21A058 ve E21A064 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

3'lü birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM12-ISW1 için Çizelge 5.49'da ve DAR-SMS12-ISW1 için Çizelge 5.50'de verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.51'de verilmiştir. 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.49'da görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 3'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı, DAR-SM12-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SM12 ve ISW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.27-Çizelge 5.29, sayfa 79-81), 8 hedef istasyonun 3'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SM12-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.49 : Orta Fırat Havzası’nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SM12-ISW1 3’lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM12-ISW1 3’lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.051	0.134	0.167	0.110	-0.001
D21A169	0.851	0.865	0.852	0.852	0.848
D21A213	0.490	0.532	0.536	0.513	0.595
E21A002	0.594	0.782	0.785	0.749	0.771
E21A022	0.325	0.468	0.567	0.477	0.290
E21A058	0.886	0.915	0.903	0.897	0.904
E21A064	0.706	0.717	0.710	0.708	0.714
E21A077	0.762	0.798	0.787	0.776	0.798

Çizelge 5.50 : Orta Fırat Havzası’nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS12-ISW1 3’lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS12-ISW1 3’lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.119	0.178	0.202	0.164	0.107
D21A169	0.854	0.870	0.855	0.854	0.849
D21A213	0.477	0.530	0.532	0.505	0.594
E21A002	0.634	0.834	0.852	0.820	0.848
E21A022	0.442	0.579	0.621	0.570	0.450
E21A058	0.885	0.916	0.902	0.896	0.904
E21A064	0.707	0.718	0.711	0.709	0.714
E21A077	0.765	0.800	0.792	0.781	0.803

Çizelge 5.50’de görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 3’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3’ünde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı, DAR-SMS12-ISW1 3’lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SMS12 ve ISW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.27-Çizelge 5.29, sayfa 79-81), 8 hedef istasyonun 1’inde eşit ağırlıklı, 2’sinde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 1’inde RSR’ye dayalı ağırlıklı DAR-SMS12-ISW1 3’lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.51’de görüldüğü gibi, NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 5’i “çok iyi”, 2’si “iyi”, 1’i “yetersiz” sınıfındadır. RSR değerleri için 8 hedef istasyonun 7’si yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7’den daha az). D21A213, E21A002, E21A022 ve E21A077 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A167, D21A169, E21A058 ve E21A064 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Çizelge 5.51 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

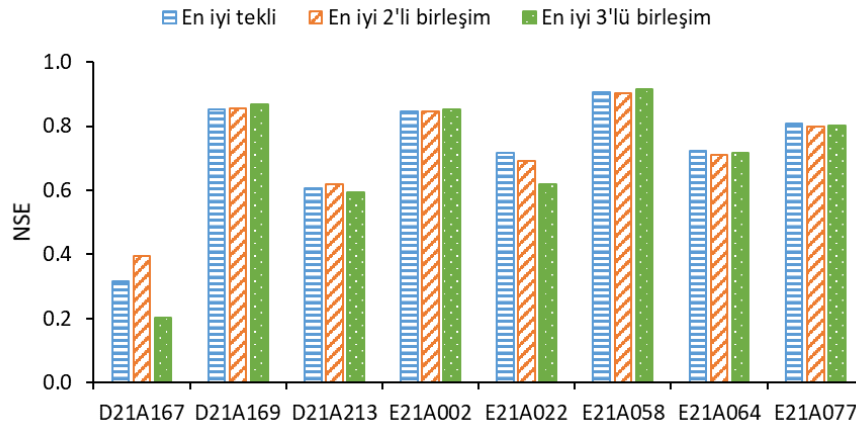
İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	DAR-SMS12-ISW1 ^c	0.202 ⁴	3.566	0.893	20.183 ¹
D21A169	DAR-SMS12-ISW1 ^b	0.870 ¹	2.034	0.360	1.881 ¹
D21A213	DAR-SM12-ISW1 ^e	0.595 ²	0.900	0.636	-8.012 ¹
E21A002	DAR-SMS12-ISW1 ^c	0.852 ¹	135.035	0.385	-11.302 ¹
E21A022	DAR-SMS12-ISW1 ^c	0.621 ²	45.304	0.616	-38.293 ²
E21A058	DAR-SMS12-ISW1 ^b	0.916 ¹	8.692	0.291	7.561 ¹
E21A064	DAR-SMS12-ISW1 ^b	0.718 ¹	29.721	0.531	23.379 ¹
E21A077	DAR-SMS12-ISW1 ^e	0.803 ¹	18.259	0.443	-8.496 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE'ye dayalı ağırlıklı,

^d RSR'ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS'a dayalı ağırlıklı.

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre, her bir istasyon için elde edilen en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması Şekil 5.25'te verilmiştir.



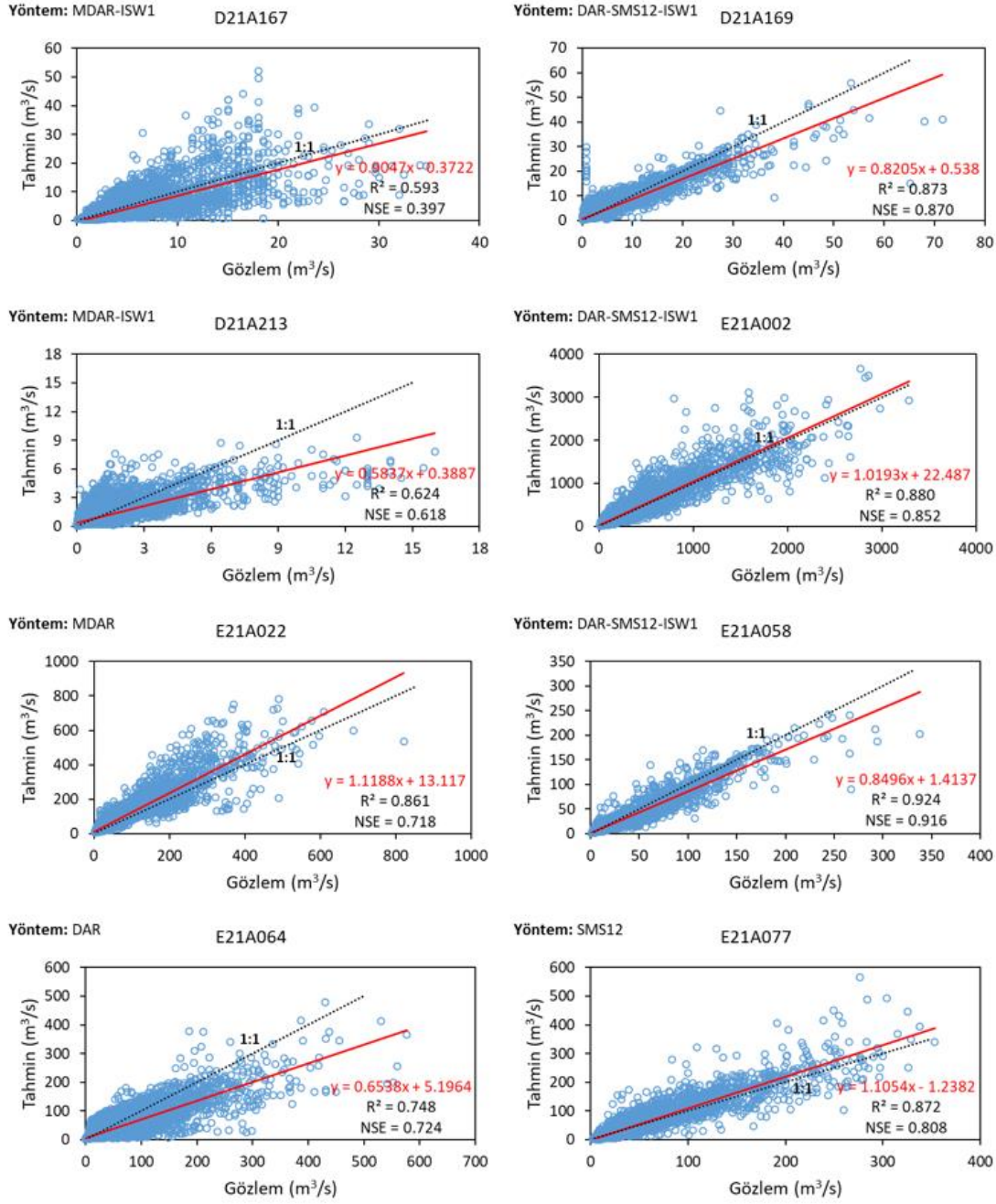
Şekil 5.25 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.

Şekil 5.25'te görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 3'ünde (yani, E21A022, E21A064 ve E21A077) en iyi tekli yöntemler, diğer 5'inde (yani, D21A167, D21A169, D21A213, E21A002 ve E21A058) en iyi 2'li ya da 3'lü birleşim topluluk yöntemleri biraz daha iyi performans göstermiştir. E21A022, E21A064 ve E21A077 hariç tüm hedef istasyonlar için en iyi topluluk yöntemi kullanıldığında en iyi tekli yöntemle göre NSE değerinde %0.59 ile %25.17 arasında iyileşme sağlanmıştır. Ortalama iyileşme oranı %6.08 bulunmuştur.

1986-2010 döneminde tüm istasyonlarda gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akımların ortalaması arasındaki mutlak bağıl hatalar, fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %3.12 ile %39.09 ve %1.88 ile %40.70 aralığında değişmektedir. Ortalama mutlak bağıl hatalar ise en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %13.57 ve %15.53 olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama mutlak hata değerlerine göre günlük akımların ortalamasını tahmin etmede en iyi tekli yöntem daha başarılı olmuştur.

Çizelge 5.30, Çizelge 5.48 ve Çizelge 5.51 (bkz. sayfa 81, 101 ve 104) karşılaştırılarak her bir istasyon için en iyi performansa sahip yöntem (tekli ya da topluluk) belirlenmiştir. Her bir istasyon için, bu en iyi yöntem kullanılarak elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri Şekil 5.26'da verilmiştir.

Şekil 5.26'da görüldüğü gibi, gözlemlenen akım değerlerine en yakın tahminler E21A058 istasyonu için yapılmıştır, DAR-SMS12-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için R^2 değeri 0.924 olarak hesaplanmıştır. Gözlemlenen akım değerlerinden en uzak tahminler D21A167 istasyonu için yapılmıştır ve MDAR-ISW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için R^2 değeri 0.593 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.26 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.

Korelasyon yaklaşımına göre topluluk yöntemlerinin sonuçları

Korelasyon yaklaşımına göre oluşturulan topluluk yöntemleri aşağıda verilmiştir:

- 2'li birleşim: DAR ve SM12; DAR ve SMS12; MDAR ve IDW1.
- 3'lü birleşim: DAR, SM12 ve IDW1; DAR, SMS12 ve IDW1.

Bu oluşturulan topluluk yöntemlerinde, DAR, SM12 ve SMS12 yöntemlerinin en korelasyonlu kaynak istasyon ile, MDAR ve IDW1 yöntemlerinin en korelasyonlu üç kaynak istasyon ile elde edilen tahminleri kullanılmıştır.

2’li birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM12 için Çizelge 5.52’de, DAR-SMS12 için Çizelge 5.53’te ve MDAR-IDW1 için ise Çizelge 5.54’te verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 2’li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.55’te verilmiştir. 0.3’e eşit ve 0.3’ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.52 : Orta Fırat Havzası’nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SM12 2’li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM12 2’li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.559	0.639	0.570	0.565	0.469
D21A169	0.852	0.853	0.852	0.852	0.852
D21A213	0.733	0.790	0.741	0.738	0.741
E21A002	0.740	0.792	0.802	0.780	0.816
E21A022	0.529	0.568	0.567	0.550	0.564
E21A058	0.803	0.825	0.820	0.813	0.830
E21A064	0.661	0.668	0.661	0.661	0.662
E21A077	0.885	0.899	0.888	0.887	0.886

Çizelge 5.52’de görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 6’sında mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SM12 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SM12 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.33 ve Çizelge 5.34, sayfa 83 ve 84), 8 hedef istasyonun 3’ünde eşit ağırlıklı, 4’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3’ünde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 3’ünde RSR’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SM12 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A169 ve D21A213 istasyonları için DAR ve SM12 tahminleri, DAR-SM12 2’li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.53 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS12 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.539	0.634	0.564	0.554	0.412
D21A169	0.853	0.857	0.853	0.853	0.853
D21A213	0.739	0.800	0.746	0.743	0.745
E21A002	0.761	0.823	0.830	0.809	0.839
E21A022	0.576	0.630	0.634	0.610	0.619
E21A058	0.806	0.832	0.819	0.814	0.825
E21A064	0.668	0.676	0.669	0.668	0.670
E21A077	0.880	0.896	0.886	0.884	0.882

Çizelge 5.53'te görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 6'sında mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SMS12 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.33 ve Çizelge 5.34, sayfa 83 ve 84), 8 hedef istasyonun 2'sinde eşit ağırlıklı, 5'inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 3'ünde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A169 ve D21A213 istasyonları için DAR ve SMS12 tahminleri, DAR-SMS12 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.54 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	MDAR-IDW1 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.628	0.629	0.628	0.628	0.627
D21A169	0.844	0.845	0.844	0.844	0.845
D21A213	0.796	0.821	0.796	0.796	0.787
E21A002	0.642	0.699	0.747	0.709	0.725
E21A022	0.741	0.742	0.741	0.741	0.741
E21A058	0.816	0.817	0.816	0.816	0.816
E21A064	0.749	0.759	0.750	0.750	0.752
E21A077	0.848	0.855	0.856	0.852	0.870

Çizelge 5.54'te görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 6'sında mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, MDAR ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz.

Çizelge 5.33 ve Çizelge 5.35, sayfa 83 ve 84), 8 hedef istasyonun 1'inde eşit ağırlıklı, 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A213 istasyonu için MDAR ve IDW1 tahminleri, MDAR-IDW1 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.55 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	DAR-SM12 ^b	0.639 ²	2.399	0.601	30.662 ²
D21A169	DAR-SMS12 ^b	0.857 ¹	2.133	0.378	0.666 ¹
D21A213	MDAR-IDW1 ^b	0.821 ¹	0.598	0.423	-1.273 ¹
E21A002	DAR-SMS12 ^e	0.839 ¹	140.472	0.401	-6.071 ¹
E21A022	MDAR-IDW1 ^b	0.742 ¹	37.376	0.508	-29.211 ²
E21A058	DAR-SMS12 ^b	0.832 ¹	12.275	0.410	18.975 ¹
E21A064	MDAR-IDW1 ^b	0.759 ¹	27.505	0.491	24.226 ¹
E21A077	DAR-SM12 ^b	0.899 ¹	13.081	0.318	0.556 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE'ye dayalı ağırlıklı,

^d RSR'ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS'a dayalı ağırlıklı.

Çizelge 5.55'te görüldüğü gibi, NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 7'si "çok iyi", 1'i "iyi" sınıfındadır. RSR değerleri için 8 hedef istasyonun tamamı yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7'den daha az). D21A213, E21A002 ve E21A022 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A167, D21A169, E21A058, E21A064 ve E21A077 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

3'lü birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM12-IDW1 için Çizelge 5.56'da ve DAR-SMS12-IDW1 için Çizelge 5.57'de verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.58'de verilmiştir. 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.56 : Orta Fırat Havzası’nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SM12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM12-IDW1 3’lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.606	0.686	0.623	0.616	0.539
D21A169	0.852	0.861	0.853	0.852	0.852
D21A213	0.758	0.807	0.765	0.763	0.769
E21A002	0.726	0.828	0.806	0.781	0.818
E21A022	0.633	0.709	0.711	0.679	0.679
E21A058	0.820	0.848	0.834	0.828	0.839
E21A064	0.689	0.702	0.697	0.693	0.694
E21A077	0.908	0.940	0.910	0.909	0.872

Çizelge 5.56’da görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 7’sinde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1’inde NSE’ye dayalı ağırlıklı DAR-SM12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SM12 ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.33-Çizelge 5.35, sayfa 83 ve 84), 8 hedef istasyonun 2’sinde eşit ağırlıklı, 6’sında mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3’ünde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde RSR’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SM12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A169 istasyonu için DAR, SM12 ve IDW1 tahminleri, DAR-SM12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.57 : Orta Fırat Havzası’nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SMS12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS12-IDW1 3’lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A167	0.595	0.685	0.622	0.611	0.503
D21A169	0.855	0.865	0.855	0.855	0.853
D21A213	0.763	0.816	0.768	0.767	0.770
E21A002	0.742	0.854	0.835	0.809	0.841
E21A022	0.659	0.737	0.725	0.700	0.704
E21A058	0.824	0.854	0.837	0.831	0.837
E21A064	0.693	0.707	0.701	0.697	0.699
E21A077	0.905	0.940	0.909	0.908	0.872

Çizelge 5.57’de görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun tamamında mutlak hataya dayalı ağırlıklı DAR-SMS12-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SMS12 ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.33-Çizelge 5.35, sayfa 83 ve 84), 8 hedef

istasyonun 2'sinde eşit ağırlıklı, 6'sında mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 3'ünde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS12-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A169 istasyonu için DAR, SMS12 ve IDW1 tahminleri, DAR-SMS12-IDW1 3'lü birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.58 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A167	DAR-SM12-IDW1 ^b	0.686 ²	2.239	0.561	29.224 ²
D21A169	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.865 ¹	2.072	0.367	4.268 ¹
D21A213	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.816 ¹	0.607	0.430	3.631 ¹
E21A002	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.854 ¹	134.159	0.383	-15.069 ¹
E21A022	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.737 ¹	37.705	0.513	-28.429 ²
E21A058	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.854 ¹	11.417	0.382	18.721 ¹
E21A064	DAR-SMS12-IDW1 ^b	0.707 ¹	30.310	0.541	30.318 ²
E21A077	DAR-SM12-IDW1 ^b	0.940 ¹	10.112	0.246	3.009 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

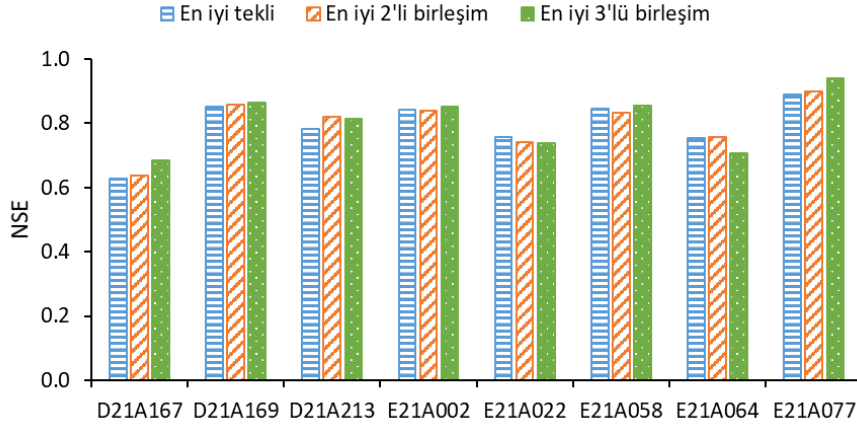
^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE'ye dayalı ağırlıklı,

^d RSR'ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS'a dayalı ağırlıklı.

Çizelge 5.58'de görüldüğü gibi, NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 7'si "çok iyi", 1'i "iyi" sınıfındadır. RSR değerleri için 8 hedef istasyonun tamamı yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7'den daha az). E21A002 ve E21A022 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A167, D21A169, D21A213, E21A058, E21A064 ve E21A077 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Korelasyon yaklaşımına göre, her bir istasyon için elde edilen en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması Şekil 5.27'de verilmiştir.

Şekil 5.27'de görüldüğü gibi, 8 hedef istasyonun 7'sinde (yani, E21A022 hariç) en iyi 2'li ya da 3'lü birleşim topluluk yöntemleri en iyi tekli yöntemlere göre biraz daha iyi performans göstermiştir. E21A022 hariç tüm hedef istasyonlar için en iyi topluluk yöntemi kullanıldığında en iyi tekli yönteme göre NSE değerinde %0.61 ile %9.15 arasında iyileşme sağlanmıştır. Ortalama iyileşme oranı %3.53 bulunmuştur.

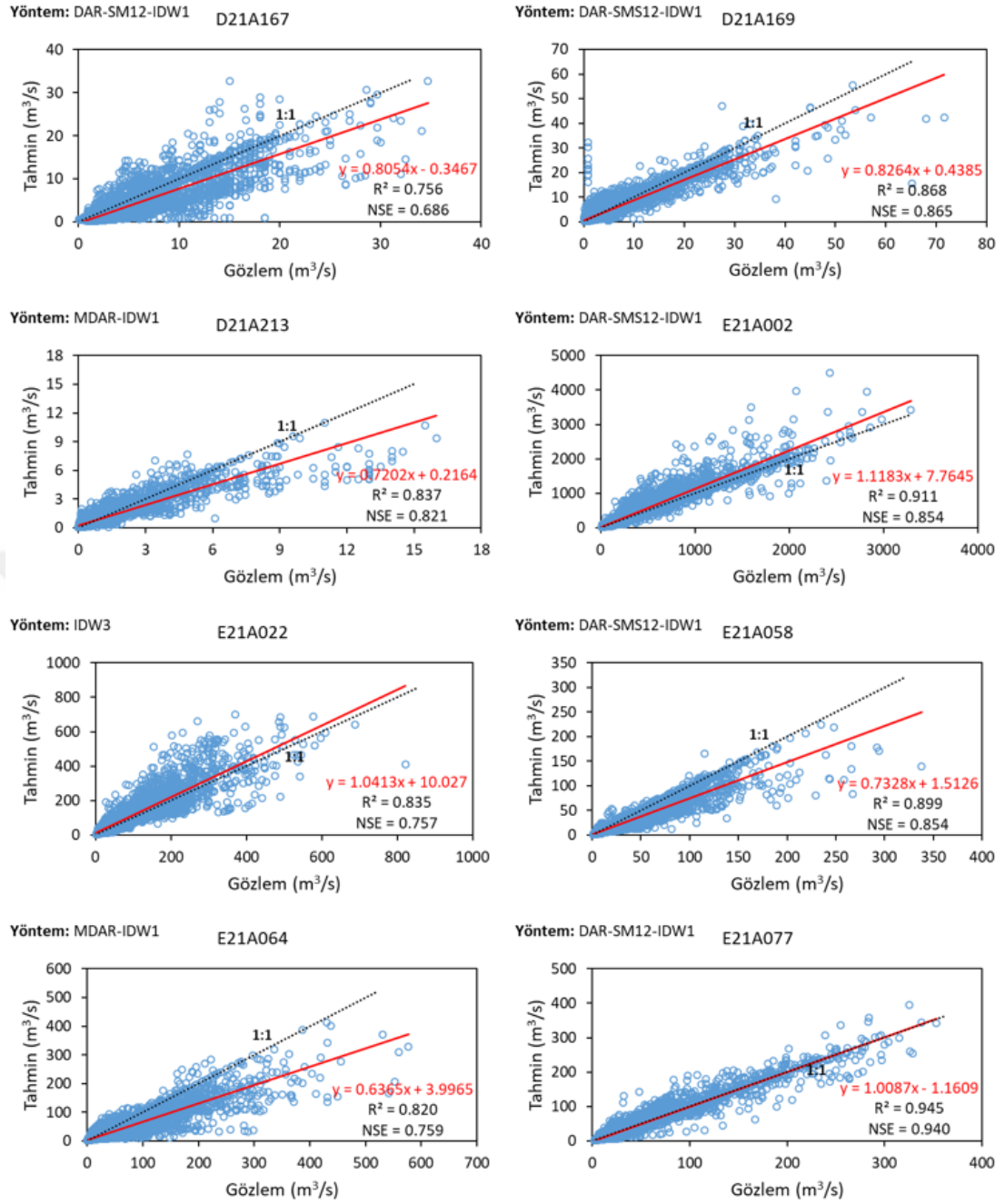


Şekil 5.27 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.

1986-2010 döneminde tüm istasyonlarda gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akımların ortalaması arasındaki mutlak bağıl hatalar, korelasyon yaklaşımına göre en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %2.52 ile %25.27 ve %1.27 ile %29.22 aralığında değişmektedir. Ortalama mutlak bağıl hatalar ise en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %12.89 ve %15.62 olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama mutlak hata değerlerine göre günlük akımların ortalamasını tahmin etmede en iyi tekli yöntem daha başarılı olmuştur.

Çizelge 5.36, Çizelge 5.55 ve Çizelge 5.58 (bkz. sayfa 85, 108 ve 111) karşılaştırılarak her bir istasyon için en iyi performansa sahip yöntem (tekli ya da topluluk) belirlenmiştir. Her bir istasyon için, bu en iyi yöntem kullanılarak elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri Şekil 5.28'de verilmiştir.

Şekil 5.28'de görüldüğü gibi, gözlemlenen akım değerlerine en yakın tahminler E21A077 istasyonu için yapılmıştır, DAR-SM12-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için R^2 değeri 0.945 olarak hesaplanmıştır. Gözlemlenen akım değerlerinden en uzak tahminler D21A167 istasyonu için yapılmıştır ve DAR-SM12-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için R^2 değeri 0.756 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.28 : Orta Fırat Havzası’nda korelasyon yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.

Performans ağırlıklı topluluk yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 5.41’deki coğrafi yakınlık yaklaşımına göre (bkz. sayfa 95) en iyi 2’li birleşim topluluk yöntemleri 8 hedef istasyonun 4’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Çizelge 5.48’deki fiziksel benzerlik yaklaşımına göre (bkz. sayfa 101) en iyi 2’li birleşim topluluk yöntemleri 8 hedef istasyonun 4’ünde PBIAS’a dayalı

ağırlıklı, 3'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Çizelge 5.55'teki korelasyon yaklaşımına göre (bkz. sayfa 108) en iyi 2'li birleşim topluluk yöntemleri 8 hedef istasyonun 7'sinde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Bu sonuçlara göre, mutlak hataya dayalı ağırlıklı 2'li birleşim topluluk yöntemi diğer ağırlıklı 2'li birleşim topluluk yöntemlerine göre genellikle daha üstündür.

Çizelge 5.44'teki coğrafi yakınlık yaklaşımına göre (bkz. sayfa 97) en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri 8 hedef istasyonun 6'sında mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Çizelge 5.51'deki fiziksel benzerlik yaklaşımına göre (bkz. sayfa 104) en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri 8 hedef istasyonun 3'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Çizelge 5.58'deki korelasyon yaklaşımına göre (bkz. sayfa 111) en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri 8 hedef istasyonun tamamında mutlak hataya dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Bu sonuçlara göre, mutlak hataya dayalı ağırlıklı 3'lü birleşim topluluk yöntemi diğer ağırlıklı 3'lü birleşim topluluk yöntemlerine göre genellikle daha üstündür.

Bazı istasyonlar için topluluk yönteminin eşit ağırlıklı, NSE, RSR ve PBIAS'a dayalı ağırlıklı yaklaşımlarıyla aynı NSE değerleri elde edilmiştir. Çünkü bu istasyonlar için topluluk yöntemini oluşturan tekli yöntemlerin NSE, RSR ve PBIAS değerleri birbirine çok yakındır, dolayısıyla NSE, RSR ve PBIAS'a dayalı ağırlıklı topluluk yöntemlerinde tekli yöntemlerin ağırlıkları yaklaşık olarak eşittir.

Çizelge 5.41, Çizelge 5.48 ve Çizelge 5.55'teki (bkz. sayfa 95, 101 ve 108) en iyi 2'li birleşim topluluk yöntemleri ile Çizelge 5.44, Çizelge 5.51 ve Çizelge 5.58'deki (bkz. sayfa 97, 104 ve 111) en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri karşılaştırıldığında, 3'lü birleşim topluluk yöntemleri, 2'li birleşim topluluk yöntemlerine göre genelde daha iyi performans göstermiştir.

Şekil 5.23, Şekil 5.25 ve Şekil 5.27'ye göre (bkz. sayfa 97, 104 ve 112), en iyi tekli yöntemler ile karşılaştırıldığında en iyi 2'li ya da 3'lü birleşim topluluk yöntemleri 8 hedef istasyonun 3'ünde coğrafi yakınlık yaklaşımıyla, 5'inde fiziksel benzerlik yaklaşımıyla, 7'sinde korelasyon yaklaşımıyla daha iyi performans göstermiştir.

Sonuç olarak, korelasyon yaklaşımı hem coğrafi yakınlık yaklaşımına hem de fiziksel benzerlik yaklaşımına göre daha üstündür.

Örneğin, E21A058 hedef istasyonu için en iyi 2’li birleşim topluluk yöntemi fiziksel benzerlik yaklaşımına göre MDAR-ISW1 ile elde edilmiştir. Çalışmada uygulanan ağırlıklı yaklaşımlara ek olarak, NSE-RSR’ye ve NSE-RSR-PBIAS’a dayalı ağırlıklı yaklaşımlar da uygulanmış ve sonuçlar NSE’nin yanı sıra RSR ve PBIAS ölçütlerine göre de değerlendirilmiştir (Çizelge 5.59). 0.3’e eşit ve 0.3’ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.59 : Orta Fırat Havzası’nda E21A058 istasyonu için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre MDAR-ISW1 2’li birleşim topluluk yöntemin farklı ağırlıklı yaklaşımlarının performansının değerlendirilmesi.

Performans Ölçütü	MDAR-ISW1 2’li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı	NSE-RSR’ye dayalı ağırlıklı	NSE-RSR- PBIAS’a dayalı ağırlıklı
NSE	0.895	0.889	0.904	0.890	0.904
RSR	0.324	0.333	0.310	0.332	0.310
PBIAS	-1.788	-2.760	0.477	-2.643	0.464

Çizelge 5.59’da görüldüğü gibi, MDAR-ISW1 2’li birleşim topluluk yöntemin ağırlıklı yaklaşımlarıyla birbirlerine çok yakın NSE ve RSR değerleri elde edilmiştir. NSE ve RSR değerlerine göre PBIAS’a ve NSE-RSR-PBIAS’a dayalı ağırlıklı yaklaşımlar en iyi sonucu vermiştir. PBIAS’a ve NSE-RSR-PBIAS’a dayalı ağırlıklı yaklaşımlarla PBIAS değerleri oldukça iyileştirilmiştir.

Örneğin, E21A058 hedef istasyonu için en iyi 3’lü birleşim topluluk yöntem fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS12-ISW1 ile elde edilmiştir. Çalışmada uygulanan ağırlıklı yaklaşımlara ek olarak, NSE-RSR’ye ve NSE-RSR-PBIAS’a dayalı ağırlıklı yaklaşımlar da uygulanmış ve sonuçlar NSE’nin yanı sıra RSR ve PBIAS ölçütlerine göre de değerlendirilmiştir (Çizelge 5.60). 0.3’e eşit ve 0.3’ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.60’da görüldüğü gibi, DAR-SMS12-ISW1 3’lü birleşim topluluk yönteminin ağırlıklı yaklaşımlarıyla birbirlerine çok yakın NSE ve RSR değerleri elde edilmiştir. NSE ve RSR değerlerine göre PBIAS’a ve NSE-RSR-PBIAS’a dayalı

ağırlıklı yaklaşımlar en iyi sonucu vermiştir. PBIAS'a ve NSE-RSR-PBIAS'a dayalı ağırlıklı yaklaşımlarla PBIAS değerleri oldukça iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.60 : Orta Fırat Havzası'nda E21A058 istasyonu için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS12-ISW1 3'lü birleşim topluluk yönteminin farklı ağırlıklı yaklaşımlarının performansının değerlendirilmesi.

Performans Ölçütü	DAR-SMS12-ISW1 3'lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı	NSE-RSR'ye dayalı ağırlıklı	NSE-RSR-PBIAS'a dayalı ağırlıklı
NSE	0.902	0.896	0.904	0.897	0.904
RSR	0.312	0.323	0.310	0.322	0.310
PBIAS	5.167	6.806	0.554	6.603	0.572

5.2.1.3 Bölgesel istatistiksel parametrelerin hesaplanması

Orta Fırat Havzası'ndaki her bir istasyon için yıllık uzun dönem ortalama tahmini Çizelge 5.61'de, yıllık uzun dönem standart sapma tahmini Çizelge 5.62'de verilmiştir. Bu çizelgelerde elde edilen tahminler SM1 ve SMS1 yöntemlerinde kullanılmıştır. Regresyon denklemlerinde genellikle drenaj alanının tek önemli değişken olduğu görülmüştür.

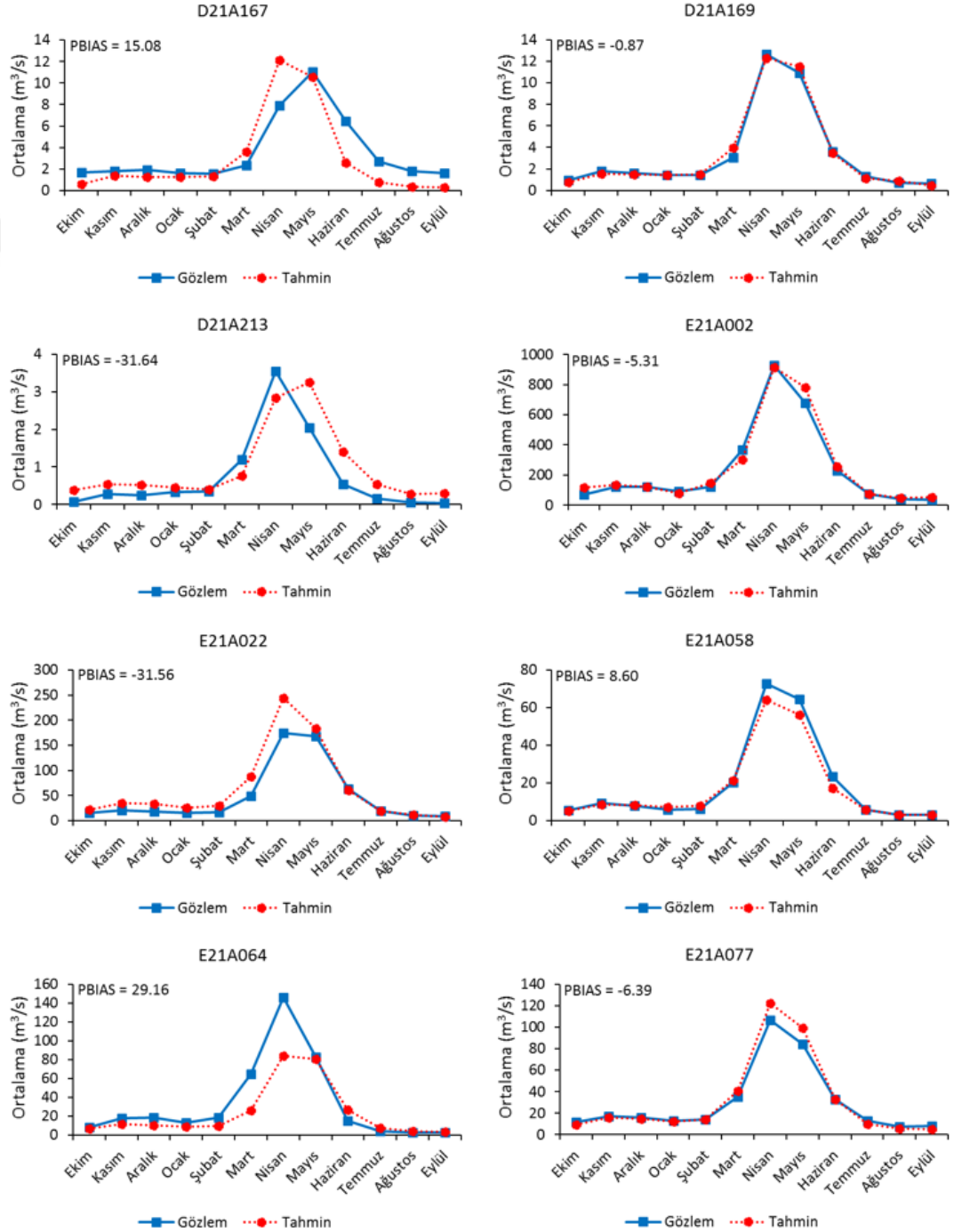
Çizelge 5.61 : Orta Fırat Havzası için yıllık uzun dönem ortalama tahmini.

İstasyon Numarası	Değişken	R ²	Tahmin (m ³ /s)	Gözlem (m ³ /s)	%RE
D21A167	A	0.992	2.975	3.549	16.19
D21A169	A	0.990	3.415	3.349	-1.96
D21A213	A	0.989	1.005	0.740	-35.83
E21A002	A	0.986	247.213	239.822	-3.08
E21A022	A	0.994	65.056	48.201	-34.97
E21A058	A	0.992	17.439	18.910	7.78
E21A064	A	0.996	23.313	32.975	29.30
E21A077	A	0.991	32.706	29.944	-9.22

Çizelge 5.62 : Orta Fırat Havzası için yıllık uzun dönem standart sapma tahmini.

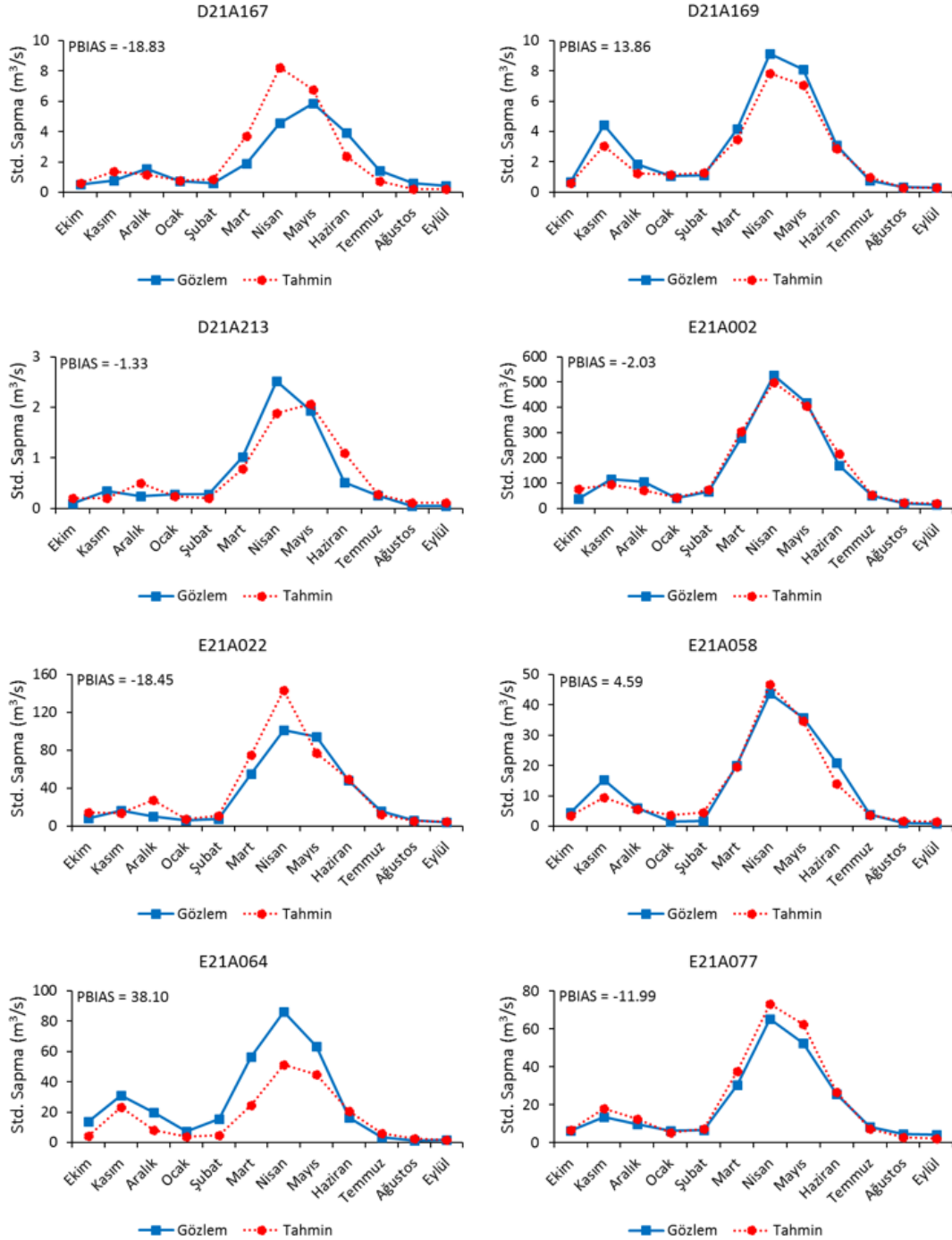
İstasyon Numarası	Değişken	R ²	Tahmin (m ³ /s)	Gözlem (m ³ /s)	%RE
D21A167	A, K	0.997	5.038	3.992	-26.22
D21A169	A	0.986	5.266	5.644	6.69
D21A213	A	0.979	1.401	1.414	0.92
E21A002	A	0.979	355.108	350.547	-1.30
E21A022	A	0.989	96.076	73.551	-30.62
E21A058	A, K	0.996	26.940	29.910	9.93
E21A064	A	0.996	34.647	55.992	38.12
E21A077	A	0.988	50.048	41.180	-21.54

SM12 ve SMS12 yöntemlerinde kullanılmak üzere her ay için bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu regresyon denklemlerinden elde edilen uzun dönem ortalama ve standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerler karşılaştırılmıştır. Orta Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem ortalama tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması Şekil 5.29'da, aylık uzun dönem standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması Şekil 5.30'da verilmiştir.



Şekil 5.29 : Orta Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem ortalama tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.

Şekil 5.29’da görüldüğü gibi, aylık uzun dönem ortalama akım tahminleri için mutlak PBIAS değerleri 0.87 ile 31.64 aralığında değişmektedir. Özellikle D21A169 istasyonunun aylık uzun dönem ortalama tahminleri gözlemlenen değerlere en yakın sonucu vermiştir. PBIAS değerlerine göre, D21A169, D21A213, E21A002, E21A022 ve E21A077 için aylık uzun dönem ortalamalar yüksek tahmin edilirken, D21A167, E21A058 ve E21A064 için aylık uzun dönem ortalamalar düşük tahmin edilmiştir.



Şekil 5.30 : Orta Fırat Havzası’ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.

Şekil 5.30'da görüldüğü gibi, aylık uzun dönem standart sapma tahminleri için mutlak PBIAS değerleri 1.33 ile 38.10 aralığında değişmektedir. Özellikle D21A213, E21A002 ve E21A058 istasyonlarının aylık uzun dönem standart sapma tahminleri gözlemlenen değerlere en yakın sonucu vermiştir. PBIAS değerlerine göre, D21A167, D21A213, E21A002, E21A022 ve E21A077 için aylık uzun dönem ortalamalar yüksek tahmin edilirken, D21A169, E21A058 ve E21A064 için aylık uzun dönem ortalamalar düşük tahmin edilmiştir.

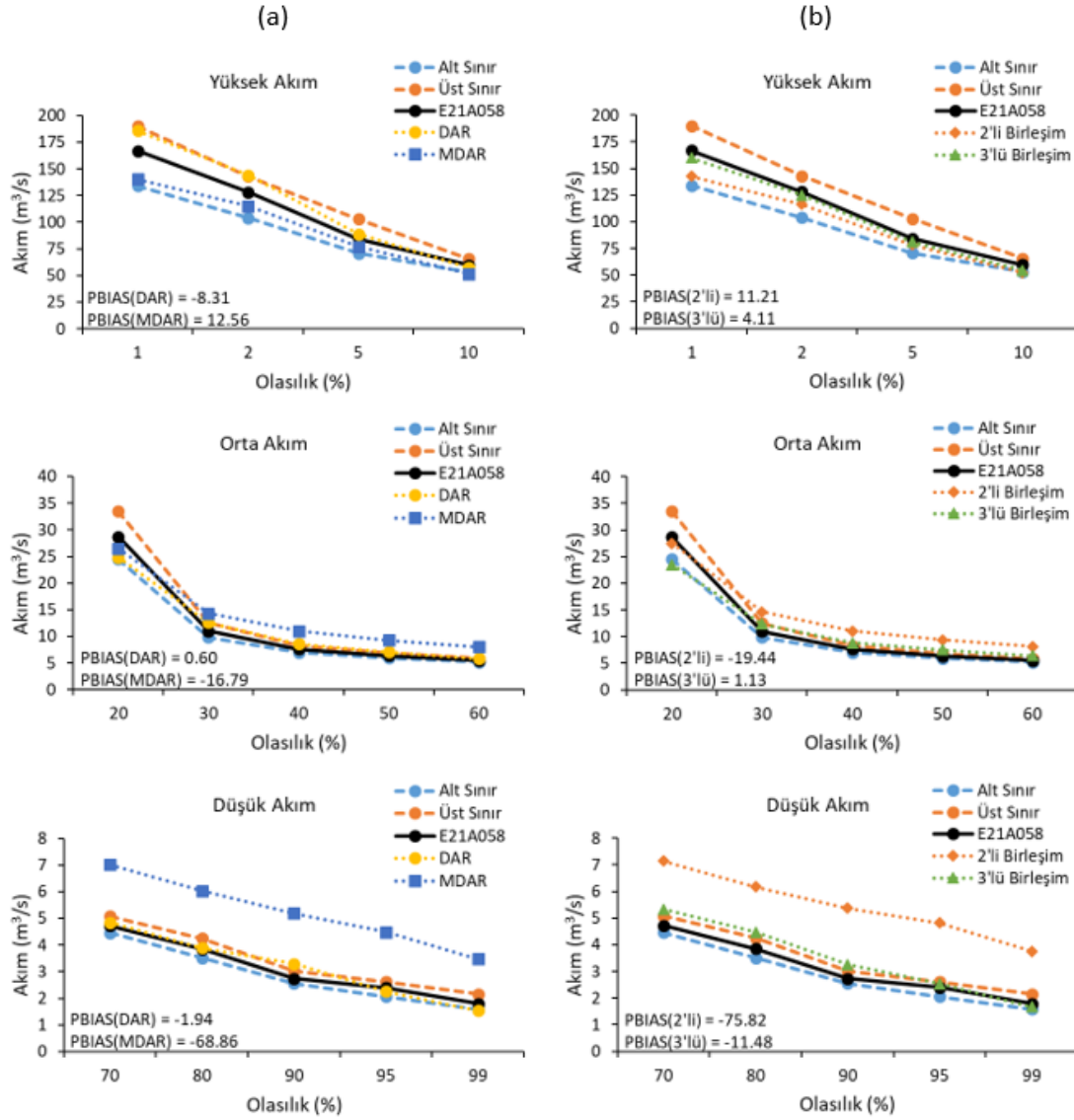
5.2.1.4 Debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi ve güven aralıkları

Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon yaklaşımlarına göre her bir istasyon için DAR yöntemi, NSE değerlerine göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen akım tahminleri kullanılarak debi süreklilik eğrileri (DSE) elde edilmiştir. Gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akımlar kullanılarak elde edilen DSE'lerin farklı hidrolojik koşullar (yüksek akım, orta akım, düşük akım) için seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım değerleri karşılaştırılmıştır. DSE'lerden elde edilen sonuçlar güven aralıkları ile birlikte coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarına göre ayrı başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre debi süreklilik eğrilerinin sonuçları

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre tahmin edilen akımlardan elde edilen DSE'lerin seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımları için en iyi sonuçlar (E21A058 istasyonu) Şekil 5.31'de verilmiştir.

Şekil 5.31'de verilen E21A058 istasyonuna ait PBIAS değerlerine göre, yüksek akımlarda DAR dışındaki yöntemler düşük tahmin etme eğilimindedir. Orta akımlarda DAR ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri düşük tahmin etme eğilimindeyken, MDAR ve 2'li birleşim topluluk yöntemleri yüksek tahmin etme eğilimindedir. Düşük akımlarda ise hem tekli hem de topluluk yöntemleri yüksek tahmin etme eğilimindedir. Elde edilen en iyi sonuçlar, yüksek akım ($PBIAS(3'lü) = 4.11$), orta akım ($PBIAS(DAR) = 0.60$) ve düşük akım ($PBIAS(DAR) = -1.94$) için “çok iyi” sınıfındadır.



Şekil 5.31 : Orta Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre E21A058 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

Yüksek akımlarda, hem tekli hem de topluluk yöntemleri için tüm değerler güven aralıkları içinde kalmaktadır. Orta akımlarda, tekli ve 2'li birleşim topluluk yöntemleri için Q_{20} , 3'lü birleşim topluluk yöntemi için Q_{30} güven aralıkları içinde kalmaktadır. Ancak orta akımlarda güven aralıkları içinde kalmayan aşılma olasılığına sahip akımlar gözlemlenen değerlere çok yakındır. Düşük akımlarda, DAR yöntemi için Q_{70} , Q_{80} ve Q_{95} , 3'lü birleşim topluluk yöntemi için Q_{90} ve Q_{95} güven aralıkları içinde kalmaktadır (Şekil 5.31).

Orta Fırat Havzası'nda her bir istasyon için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi performansa sahip yöntemle (tekli veya topluluk) elde edilen tahminlerin minimum,

ortalama, maksimum değerleri ve standart sapması gibi bölgesel bazı tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 5.63'te verilmiştir.

Çizelge 5.63 : Orta Fırat Havzası için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.

Yüzdelere		R ²	Gözlem				Tahmin			
			Min	Ort	Max	Std	Min	Ort	Max	Std
Yüksek Akım	Q ₁	0.9793	8.8	401.8	2009.0	665.8	6.9	406.5	1934.7	648.3
	Q ₂	0.9830	5.8	312.6	1588.0	527.1	5.3	314.8	1518.0	508.0
	Q ₅	0.9924	3.6	204.8	1021.0	338.7	3.2	212.3	1074.0	359.5
	Q ₁₀	0.9947	2.2	138.4	692.0	229.7	2.2	145.6	746.5	249.9
Orta Akım	Q ₂₀	0.9960	1.0	68.8	356.0	118.4	1.2	70.0	367.5	123.1
	Q ₃₀	0.9893	0.6	35.9	191.0	63.8	0.7	36.2	182.3	61.0
	Q ₄₀	0.9868	0.4	24.2	127.0	42.3	0.6	25.9	128.9	43.2
	Q ₅₀	0.9907	0.2	18.2	94.3	31.4	0.4	21.4	109.5	36.8
	Q ₆₀	0.9958	0.1	15.1	78.6	26.2	0.4	18.5	98.1	32.9
Düşük Akım	Q ₇₀	0.9973	0.1	12.3	63.3	21.1	0.3	15.2	80.9	27.1
	Q ₈₀	0.9973	0.1	9.6	49.5	16.5	0.2	11.4	59.3	19.8
	Q ₉₀	0.9950	0.0	7.0	35.1	11.7	0.2	8.9	46.4	15.5
	Q ₉₅	0.9948	0.0	5.5	27.6	9.2	0.2	7.5	39.3	13.2
	Q ₉₉	0.9924	0.0	3.7	18.3	6.1	0.2	4.9	25.3	8.4

Çizelge 5.63'te görüldüğü gibi, gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasında yakın uyum bulunmaktadır. Seçilen tüm yüzdelere yüksek R² değerine sahiptir.

Su kaynaklarının planlanmasında önemli bir yeri olan nehir tipi hidroelektrik santrali tasarımı yapılırken genelde kullanılan %10-%30 aralığındaki aşılma olasılıklarından %10, %20 ve %30 için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi amacıyla bağıl hatalar hesaplanmıştır. Bu bağıl hataların Orta Fırat Havzası için değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

%10 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₁₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.38 ile %68.50 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %22.88'dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %4.54 ile %31.50 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %14.56'dır. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %1.03 ile %23.99 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %11.20'dir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %10 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

%20 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₂₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar, %13.60 ile %55.42 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %28.56'dır. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak

bağıl hatalar, %3.23 ile %27.82 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %17.84'tür. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar, %3.40 ile %27.36 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %13.02'dir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %20 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

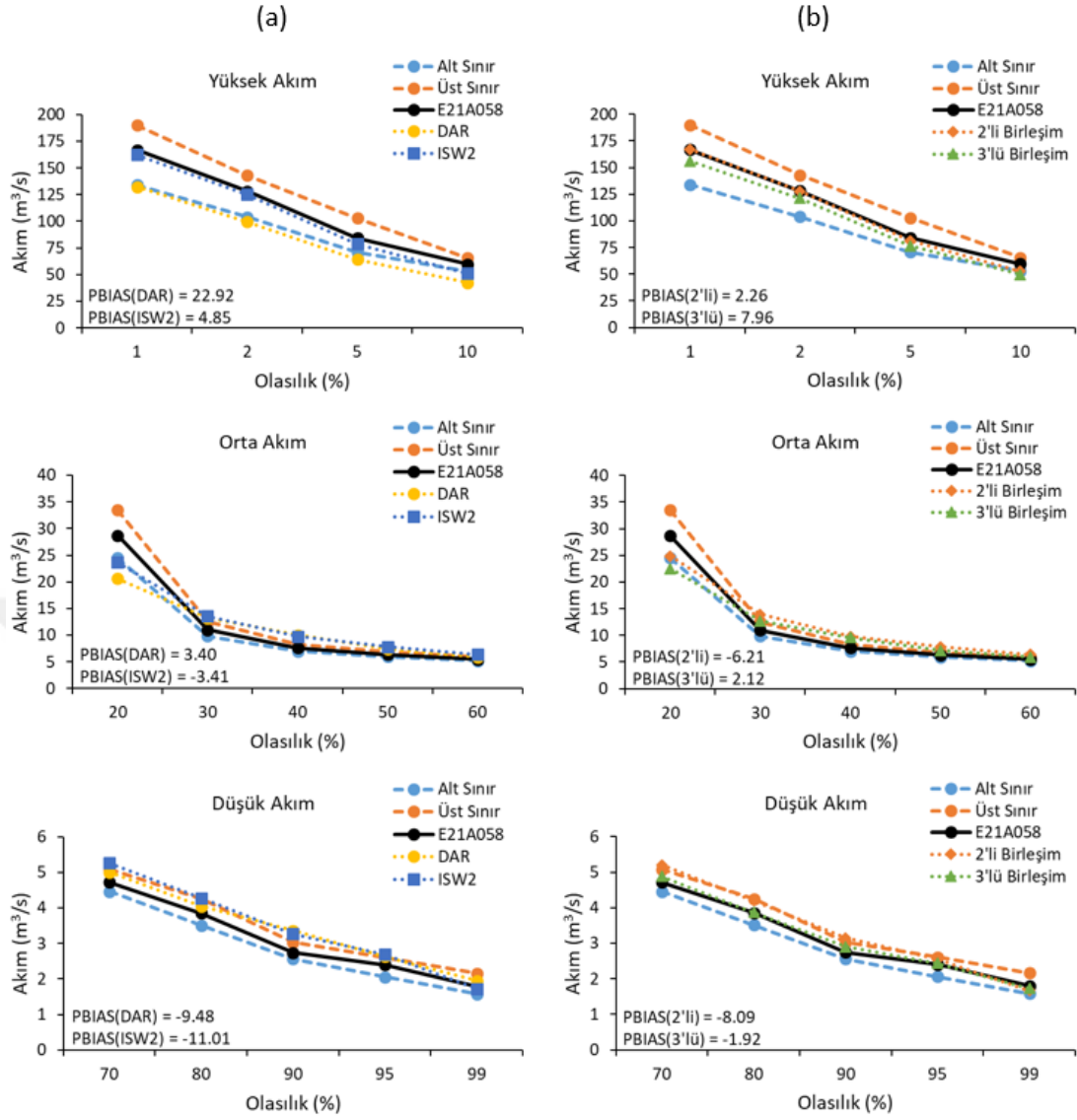
%30 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q_{30}) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %2.29 ile %59.64 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %26.96'dır. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %2.29 ile %48.32 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %20.67'dir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %2.65 ile %50.61 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %17.01'dir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %30 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre debi süreklilik eğrilerinin sonuçları

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre tahmin edilen akımlardan elde edilen DSE'lerin seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımları için en iyi sonuçlar (E21A058 istasyonu) Şekil 5.32'de verilmiştir. Farklı hidrolojik koşullar için her bir yöntemle göre PBIAS değerleri hesaplanmıştır.

Orta Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlar ve güven aralıkları sonuçları Ek B'de verilmiştir.

Şekil 5.32'de verilen E21A058 istasyonuna ait PBIAS değerlerine göre, hem tekli hem de topluluk yöntemleri, yüksek akımlarda düşük tahmin etme eğilimindeyken, düşük akımlarda yüksek tahmin etme eğilimindedir. Orta akımlarda DAR ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri düşük tahmin etme eğilimindeyken, ISW2 ve 2'li birleşim topluluk yöntemleri yüksek tahmin etme eğilimindedir. Elde edilen en iyi sonuçlar, yüksek akım ($PBIAS(2'li) = 2.26$), orta akım ($PBIAS(3'lü) = 2.12$) ve düşük akım ($PBIAS(3'lü) = -1.92$) için “çok iyi” sınıfındadır.



Şekil 5.32 : Orta Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre E21A058 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

Yüksek akımlarda, ISW2 yöntemi için Q_1 , Q_2 ve Q_5 güven aralığı içinde kalmaktadır. Orta akımlarda, topluluk yöntemleri için Q_{20} güven aralıkları içinde kalmaktadır. Düşük akımlarda, DAR yöntemi için Q_{70} , Q_{80} ve Q_{99} , ISW2 yöntemi için Q_{99} , 2'li birleşim topluluk yöntemi için Q_{80} , Q_{95} ve Q_{99} ve 3'lü birleşim topluluk yöntemi için tüm değerler güven aralığı içinde kalmaktadır. Ancak yüksek, orta ve düşük akımlarda güven aralıkları içinde kalmayan aşılma olasılığına sahip akımlar gözlemlenen değerlere çok yakındır (Şekil 5.32).

Orta Fırat Havzası'nda her bir istasyon için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi performansa sahip yöntemle (tekli veya topluluk) elde edilen tahminlerin minimum,

ortalama, maksimum değerleri ve standart sapması gibi bölgesel bazı tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 5.64'te verilmiştir.

Çizelge 5.64 : Orta Fırat Havzası için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.

Yüzde	Akım	R ²	Gözlem				Tahmin			
			Min	Ort	Max	Std	Min	Ort	Max	Std
Yüksek	Q ₁	0.9942	8.8	401.8	2009.0	665.8	5.9	419.4	2092.7	697.9
	Q ₂	0.9937	5.8	312.6	1588.0	527.1	4.8	326.9	1644.2	549.0
	Q ₅	0.9965	3.6	204.8	1021.0	338.7	3.2	221.5	1146.3	383.4
	Q ₁₀	0.9976	2.2	138.4	692.0	229.7	2.2	151.9	784.2	262.4
Orta	Q ₂₀	0.9941	1.0	68.8	356.0	118.4	1.2	75.3	388.5	130.4
	Q ₃₀	0.9826	0.6	35.9	191.0	63.8	0.6	37.7	193.7	65.3
	Q ₄₀	0.9761	0.4	24.2	127.0	42.3	0.5	26.8	134.5	45.4
	Q ₅₀	0.9807	0.2	18.2	94.3	31.4	0.4	21.9	110.1	37.2
	Q ₆₀	0.9876	0.1	15.1	78.6	26.2	0.3	18.7	96.0	32.4
Düşük	Q ₇₀	0.9906	0.1	12.3	63.3	21.1	0.3	15.9	82.3	27.8
	Q ₈₀	0.9847	0.1	9.6	49.5	16.5	0.3	12.1	59.9	20.2
	Q ₉₀	0.9734	0.0	7.0	35.1	11.7	0.2	9.5	47.3	16.1
	Q ₉₅	0.9723	0.0	5.5	27.6	9.2	0.2	8.1	40.4	13.7
	Q ₉₉	0.9448	0.0	3.7	18.3	6.1	0.2	5.9	29.5	10.1

Çizelge 5.64'te görüldüğü gibi, gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasında yakın uyum bulunmaktadır. Seçilen tüm yüzde değerleri yüksek R² değerine sahiptir.

%10, %20 ve %30 aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlarda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi için bağıl hatalar hesaplanmıştır. Bu bağıl hataların Orta Fırat Havzası için değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

%10 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₁₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %4.48 ile %68.50 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %25.78'dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.44 ile %19.13 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %11.46'dır. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.34 ile %20.95 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %10.70'dir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %10 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

%20 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₂₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar, %15.73 ile %55.42 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %30.49'dur. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar, %3.23 ile %41.13 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata

%17.75'tir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar, %3.40 ile %43.13 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %18.15'tir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %20 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi tekli yöntem kullanılarak elde edilmiştir.

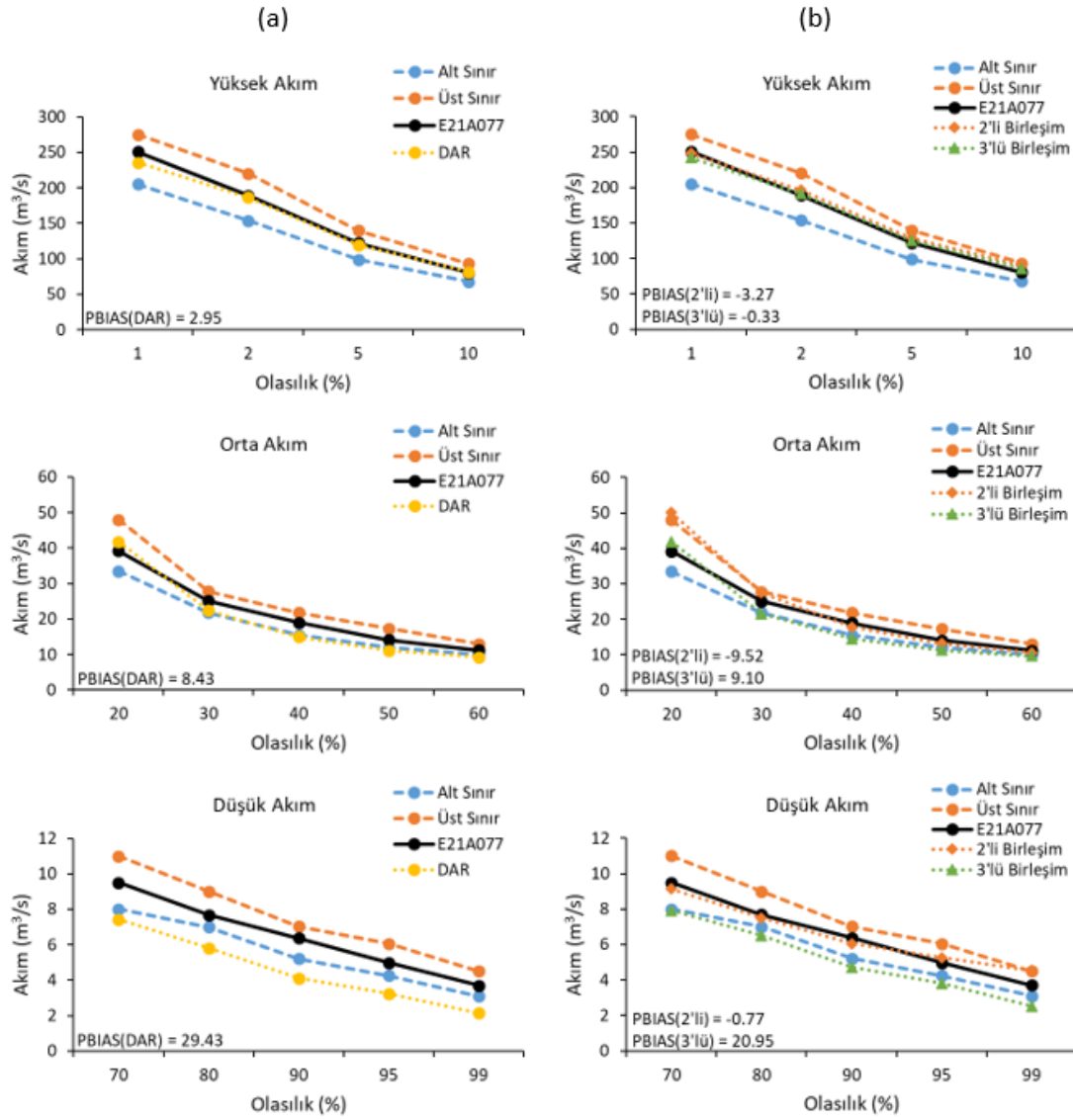
%30 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q_{30}) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %12.49 ile %59.64 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %29.47'dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.78 ile %68.28 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %22.92'dir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %1.39 ile %70.20 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %20.17'dir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %30 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Korelasyon yaklaşımına göre debi süreklilik eğrilerinin sonuçları

Korelasyon yaklaşımına göre tahmin edilen akımlardan elde edilen DSE'lerin seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımları için en iyi sonuçlar (E21A077 istasyonu) Şekil 5.33'te verilmiştir. Farklı hidrolojik koşullar için her bir yöntemle göre PBIAS değerleri hesaplanmıştır.

Şekil 5.33'te verilen E21A077 istasyonuna ait PBIAS değerlerine göre, yüksek ve orta akımlarda tekli yöntem düşük tahmin etme eğilimindeyken, topluluk yöntemleri yüksek tahmin etme eğilimindedir. Düşük akımlarda ise tekli ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri düşük tahmin etme eğilimindeyken, 2'li birleşim topluluk yöntemi yüksek tahmin etme eğilimindedir. Elde edilen en iyi sonuçlar, yüksek akım ($PBIAS(3'lü) = -0.33$), orta akım ($PBIAS(DAR) = 8.43$) ve düşük akım ($PBIAS(2'li) = -0.77$) için "çok iyi" sınıfındadır.

Yüksek akımlarda, hem tekli hem de topluluk yöntemleri için tüm değerler güven aralıkları içinde kalmaktadır. Orta akımlarda, DAR yöntemi için Q_{20} ve Q_{30} , 2'li birleşim topluluk yöntemi için Q_{30} , Q_{40} , Q_{50} ve Q_{60} ve 3'lü birleşim topluluk yöntemi için Q_{20} güven aralıkları içinde kalmaktadır. Düşük akımlarda, 2'li birleşim topluluk yöntemi için tüm değerler güven aralıkları içinde kalmaktadır. Ancak orta ve düşük akımlarda güven aralıkları içinde kalmayan aşılma olasılığına sahip akımlar gözlemlenen değerlere yakındır (Şekil 5.33).



Şekil 5.33 : Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre E21A077 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

Orta Fırat Havzası'nda her bir istasyon için korelasyon yaklaşımına göre en iyi performansa sahip yöntemle (tekli veya topluluk) elde edilen tahminlerin minimum, ortalama, maksimum değerleri ve standart sapması gibi bölgesel bazı tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 5.65'te verilmiştir.

Çizelge 5.65 : Orta Fırat Havzası için korelasyon yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.

Yüzde	R ²	Gözlem				Tahmin			
		Min	Ort	Max	Std	Min	Ort	Max	Std
Yüksek Akım	Q ₁	0.9953	8.8	401.8	2009.0	665.8	6.4	430.6	2276.5
	Q ₂	0.9949	5.8	312.6	1588.0	527.1	5.2	334.9	1770.5
	Q ₅	0.9958	3.6	204.8	1021.0	338.7	3.4	224.8	1205.2
	Q ₁₀	0.9970	2.2	138.4	692.0	229.7	2.4	154.4	829.1
Orta Akım	Q ₂₀	0.9965	1.0	68.8	356.0	118.4	1.3	75.4	406.7
	Q ₃₀	0.9921	0.6	35.9	191.0	63.8	0.7	36.5	192.6
	Q ₄₀	0.9886	0.4	24.2	127.0	42.3	0.5	25.7	134.7
	Q ₅₀	0.9915	0.2	18.2	94.3	31.4	0.4	20.2	105.9
	Q ₆₀	0.9940	0.1	15.1	78.6	26.2	0.3	16.9	88.6
Düşük Akım	Q ₇₀	0.9948	0.1	12.3	63.3	21.1	0.2	14.2	75.0
	Q ₈₀	0.9925	0.1	9.6	49.5	16.5	0.2	11.1	56.8
	Q ₉₀	0.9845	0.0	7.0	35.1	11.7	0.2	7.9	39.4
	Q ₉₅	0.9841	0.0	5.5	27.6	9.2	0.1	6.6	33.0
	Q ₉₉	0.9700	0.0	3.7	18.3	6.1	0.1	4.8	24.1

Çizelge 5.65'te görüldüğü gibi, gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasında yakın uyum bulunmaktadır. Seçilen tüm yüzdele yüksek R² değerine sahiptir.

%10, %20 ve %30 aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlarda korelasyon yaklaşımına göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi için bağıl hatalar hesaplanmıştır. Bu bağıl hataların Orta Fırat Havzası için değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

%10 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₁₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %1.16 ile %46.45 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %26.25'tir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %1.16 ile %20.14 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %10.13'tür. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.36 ile %23.57 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %9.70'tir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %10 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

%20 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₂₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %6.61 ile %57.84 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %29.63'tür. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %5.25 ile %28.47 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %16.33'tür. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %5.00 ile %30.70 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %13.23'tür. Bu

ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %20 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

%30 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q_{30}) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %6.85 ile %52.04 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %21.98'dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %7.20 ile %43.24 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %20.17'dir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.81 ile %29.54 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %9.90'dır. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %30 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

5.2.2 Yukarı Fırat Havzası

5.2.2.1 İstatistiksel akım transfer yöntemleri

Yukarı Fırat Havzası'nda bulunan akım gözlem istasyonları arasındaki coğrafi mesafeler, benzerlik katsayıları ve korelasyon katsayıları sırasıyla Çizelge 5.66-Çizelge 5.68'de verilmiştir. Her bir istasyon için coğrafi en yakın mesafe, en düşük benzerlik ve en yüksek korelasyon katsayısı çizelgelerde koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.66 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki mesafeler (km).

İstasyon Numarası	D21A001	D21A193	E21A033	E21A051	E21A054	E21A056	E21A066
D21A001	0	279.40	198.40	119.30	56.51	261.70	194.60
D21A193	279.40	0	96.72	161.30	223.00	39.04	122.70
E21A033	198.40	96.72	0	81.11	145.10	102.20	31.26
E21A051	119.30	161.30	81.11	0	64.39	148.30	86.23
E21A054	56.51	223.00	145.10	64.39	0	205.30	145.80
E21A056	261.70	39.04	102.20	148.30	205.30	0	132.50
E21A066	194.60	122.70	31.26	86.23	145.80	132.50	0

Çizelge 5.67 : Yukarı Fırat Havzası’ndaki istasyonlar arasındaki benzerlik katsayıları.

İstasyon Numarası	D21A001	D21A193	E21A033	E21A051	E21A054	E21A056	E21A066
D21A001	1	4.069	5.345	3.485	1.879	5.919	5.940
D21A193	4.069	1	2.583	4.053	4.362	3.759	3.627
E21A033	5.345	2.583	1	3.248	3.767	3.538	1.045
E21A051	3.485	4.053	3.248	1	1.638	2.485	3.060
E21A054	1.879	4.362	3.767	1.638	1	4.123	4.316
E21A056	5.919	3.759	3.538	2.485	4.123	1	3.342
E21A066	5.940	3.627	1.045	3.060	4.316	3.342	1

Çizelge 5.68 : Yukarı Fırat Havzası’ndaki istasyonlar arasındaki korelasyon katsayıları.

İstasyon Numarası	D21A001	D21A193	E21A033	E21A051	E21A054	E21A056	E21A066
D21A001	1	0.531	0.712	0.775	0.788	0.788	0.598
D21A193	0.531	1	0.649	0.565	0.610	0.677	0.614
E21A033	0.712	0.649	1	0.872	0.791	0.906	0.738
E21A051	0.775	0.565	0.872	1	0.886	0.948	0.704
E21A054	0.788	0.610	0.791	0.886	1	0.872	0.729
E21A056	0.788	0.677	0.906	0.948	0.872	1	0.731
E21A066	0.598	0.614	0.738	0.704	0.729	0.731	1

Her bir hedef istasyon için tanımlanan coğrafi en yakın, fiziksel en benzer ve en korelasyonlu kaynak istasyonlar Çizelge 5.69’da verilmiştir. Farklı kaynak istasyon seçim yaklaşımları bir hedef istasyon için bazen aynı kaynak istasyonu tanımlayabilmektedir. Örneğin, D21A001 istasyonu için coğrafi en yakın, en korelasyonlu ve fiziksel en benzer istasyonu aynıdır. Aynı durum, E21A066 istasyonu için de geçerlidir. D21A193 istasyonu için coğrafi en yakın istasyon aynı zamanda en korelasyonlu istasyondur. Hedef ve kaynak istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranları Çizelge 5.70’te verilmiştir. $0.5 \leq A_{hedef}/A_{donör} \leq 1.5$ koşulunu sağlayan değerler koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.69 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki coğrafi en yakın, en korelasyonlu ve fiziksel en benzer istasyonlar.

İstasyon Numarası	Coğrafi En Yakın İstasyon	Mesafe (km)	Fiziksel En Benzer İstasyon	Benzerlik Katsayısı (s)	En Korelasyonlu İstasyon	Korelasyon Katsayısı (r)
D21A001	E21A054	56.51	E21A054	1.879	E21A054	0.788
D21A193	E21A056	39.04	E21A033	2.583	E21A056	0.677
E21A033	E21A066	31.26	E21A066	1.045	E21A056	0.906
E21A051	E21A054	64.39	E21A054	1.638	E21A056	0.948
E21A054	D21A001	56.51	E21A051	1.638	E21A051	0.886
E21A056	D21A193	39.04	E21A051	2.485	E21A051	0.948
E21A066	E21A033	31.26	E21A033	1.045	E21A033	0.738

Çizelge 5.70 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranları.

Hedef / Kaynak	D21A001	D21A193	E21A033	E21A051	E21A054	E21A056	E21A066
D21A001	1	0.45	0.07	0.03	0.08	0.01	0.04
D21A193	2.22	1	0.16	0.06	0.18	0.03	0.10
E21A033	14.09	6.34	1	0.40	1.14	0.21	0.60
E21A051	35.10	15.80	2.49	1	2.84	0.53	1.51
E21A054	12.38	5.57	0.88	0.35	1	0.19	0.53
E21A056	66.73	30.04	4.74	1.90	5.39	1	2.87
E21A066	23.28	10.48	1.65	0.66	1.88	0.35	1

Yukarı Fırat Havzası'nda DAR, MDAR, SM ve SMS yöntemleri coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarının her birine göre uygulanırken, IDW yöntemi coğrafi yakınlık ve korelasyon yaklaşımlarına, ISW yöntemi ise sadece fiziksel benzerlik yaklaşımına göre uygulanmıştır. Her bir kaynak istasyon seçimi yaklaşımına göre elde edilen tekli yöntemlerin sonuçları ve bu sonuçların karşılaştırılması ayrı alt başlıklar altında aşağıda sırasıyla yer almaktadır.

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre tekli yöntemlerin sonuçları

Her bir hedef istasyon için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre kaynak istasyon ya da istasyonlar seçilmiştir. Çizelge 5.71, Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için coğrafi mesafeye göre belirlenen kaynak istasyonların sırasını göstermektedir.

Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre elde edilen NSE değerleri, DAR ve MDAR için Çizelge 5.72'de, SM ve SMS için Çizelge 5.73'te ve üç farklı güç parametresi (1, 2 ve 3) ile IDW için Çizelge 5.74'te verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.75'te, en iyi tekli yöntemde gözlemlenen-MA

(yumuşatılmış) günlük akım verileri kullanıldığında yöntemlerin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.76’da sunulmuştur. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3’e eşit ve 0.3’ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.71 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için coğrafi en yakın kaynak istasyonlar.

İstasyon Numarası	Coğrafi En Yakın Kaynak İstasyon					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
D21A001	E21A054	E21A051	E21A066	E21A033	E21A056	D21A193
D21A193	E21A056	E21A033	E21A066	E21A051	E21A054	D21A001
E21A033	E21A066	E21A051	D21A193	E21A056	E21A054	D21A001
E21A051	E21A054	E21A033	E21A066	D21A001	E21A056	D21A193
E21A054	D21A001	E21A051	E21A033	E21A066	E21A056	D21A193
E21A056	D21A193	E21A033	E21A066	E21A051	E21A054	D21A001
E21A066	E21A033	E21A051	D21A193	E21A056	E21A054	D21A001

Çizelge 5.72 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Coğrafi En Yakın İstasyon	Coğrafi En Yakın İki İstasyon	Coğrafi En Yakın Üç İstasyon
	DAR	MDAR	MDAR
D21A001	0.619	0.630	0.704
D21A193	0.299	-0.257	0.089
E21A033	0.446	0.330	0.319
E21A051	0.883	-1.234	-0.924
E21A054	0.159	0.585	-5.128
E21A056	-3.199	-4.522	-2.831
E21A066	-0.067	0.698	0.755

Çizelge 5.72'de görüldüğü gibi, D21A193, E21A033 ve E21A051 hariç hedef istasyonlar için, DAR ile karşılaştırıldığında MDAR ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Özellikle E21A066 için, DAR ile elde edilen negatif NSE değeri, MDAR ile önemli ölçüde iyileşmiştir. DAR yöntemi ile E21A056 ve E21A066 için negatif NSE değerleri elde edilmiştir. Bu durum büyük ölçüde hedef ve kaynak istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranının büyüklüğünden kaynaklanmaktadır. D21A193 istasyonu, Yukarı Fırat Havzası'ndaki en küçük ikinci drenaj alanına (518.1 km²) sahiptir ve E21A056 (15562.0 km²) hedef istasyonu için coğrafi en yakın kaynak istasyon olarak belirlenmiştir. Ayrıca E21A056, Yukarı Fırat Havzası'ndaki en büyük drenaj alanına sahiptir.

E21A033 ve E21A054 hariç tüm hedef istasyonlar için, MDAR yöntemi coğrafi en yakın üç istasyon ile uygulandığında, coğrafi en yakın iki istasyona kıyasla daha

yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. E21A054 için, coğrafi en yakın iki istasyon yerine coğrafi en yakın üç istasyon kullanıldığında, NSE değeri 0.585'den -5.128'e düşmüştür. E21A054 için coğrafi en yakın üç istasyon kullanıldığında, coğrafi en yakın üçüncü istasyon E21A033 olarak belirlenmiştir. E21A054 hedef istasyonu için DAR yöntemi kullanılarak E21A033 kaynak istasyonu ile elde edilen NSE değeri, diğer iki kaynak istasyonla (yani, D21A001 ve E21A051) elde edilen NSE değerlerinden çok daha düşüktür. E21A033 kaynak istasyonunun drenaj alanı E21A054 hedef istasyonuna çok yakındır, diğer yandan D21A001 kaynak istasyonunun drenaj alanı E21A054 hedef istasyonundan çok küçüktür. Bu nedenle E21A054 istasyonunun akım tahmininde, E21A033 kaynak istasyonunun ağırlığı diğer iki kaynak istasyona kıyasla önemli ölçüde büyüktür. Sonuç olarak, MDAR yöntemi coğrafi en yakın üç istasyon ile uygulandığında E21A054 için elde edilen NSE değeri ağırlıklı olarak E21A033 kaynak istasyonundan etkilenmiştir.

Çizelge 5.73 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Coğrafi En Yakın İstasyon			
	SM1	SM12	SMS1	SMS12
D21A001	0.445	-0.549	-0.241	-0.762
D21A193	0.341	0.323	0.268	0.303
E21A033	0.121	0.107	0.095	0.103
E21A051	0.599	0.626	0.814	0.736
E21A054	0.731	0.540	0.738	0.594
E21A056	-2.422	-1.671	-0.944	-0.191
E21A066	0.582	0.602	0.686	0.608

Çizelge 5.73'te SM yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde, 7 hedef istasyonun 4'ünde SM1, 3'ünde SM12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SMS yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde ise, 7 hedef istasyonun 4'ünde SMS1, 3'ünde SMS12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SM ve SMS yöntemleri karşılaştırıldığında SMS yönteminin SM yöntemine göre genellikle daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 5.74 : Yukarı Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre IDW yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Coğrafi En Yakın İki İstasyon			Coğrafi En Yakın Üç İstasyon		
	IDW1	IDW2	IDW3	IDW1	IDW2	IDW3
D21A001	0.632	0.627	0.624	0.693	0.658	0.635
D21A193	0.404	0.388	0.347	0.434	0.410	0.359
E21A033	0.342	0.403	0.429	0.344	0.403	0.429
E21A051	-0.620	-0.240	0.070	-0.581	-0.298	-0.035
E21A054	0.704	0.678	0.651	0.248	0.516	0.590
E21A056	-3.116	-2.974	-3.067	-2.537	-2.697	-2.958
E21A066	0.497	0.217	0.051	0.615	0.296	0.080

Çizelge 5.74’te görüldüğü gibi, coğrafi en yakın iki istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 7 hedef istasyondan 4’ü (yani, D21A001, D21A193, E21A054 ve E21A066) için IDW1 ile elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, coğrafi en yakın üç istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 7 hedef istasyondan 4’ü (yani, D21A001, D21A193, E21A056 ve E21A066) için IDW1 ile elde edilmiştir. Her iki durumda da, en iyi tahmin sonuçları IDW2 ve IDW3 yerine çoğunlukla IDW1 uygulandığında elde edilmiştir. Ayrıca, coğrafi en yakın iki istasyon yerine coğrafi en yakın üç istasyon kullanıldığında NSE değerleri 7 hedef istasyonun 4’ünde iyileşmiştir.

Çizelge 5.75 : Yukarı Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	MDAR	0.704 ¹	1.745	0.544	23.479 ¹
D21A193	IDW1	0.434 ³	7.266	0.753	-21.234 ¹
E21A033	DAR	0.446 ³	61.186	0.744	47.035 ²
E21A051	DAR	0.883 ¹	25.705	0.342	7.315 ¹
E21A054	SMS1	0.738 ¹	13.690	0.512	-24.789 ¹
E21A056	SMS12	-0.191 ⁴	129.332	1.091	-19.499 ¹
E21A066	MDAR	0.755 ¹	48.490	0.495	-19.842 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.75’te görüldüğü gibi, 7 istasyonun 2’sinde DAR, 2’sinde MDAR, 2’sinde SMS, 1’inde IDW en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. NSE değerleri için 7 istasyonun 4’ü “çok iyi”, 2’si “yeterli”, 1’i “yetersiz” sınıfındadır. RSR değerleri için 7 istasyonun 4’ü yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7’den daha az). D21A193, E21A054, E21A056 ve E21A066 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A001, E21A033 ve E21A051 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Çizelge 5.76 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	MDAR-MA	0.725 ¹	1.656	0.525	23.479 ¹
D21A193	IDW1-MA	0.445 ³	6.944	0.745	-21.235 ¹
E21A033	DAR-MA	0.453 ³	59.997	0.740	47.035 ²
E21A051	DAR-MA	0.895 ¹	24.117	0.324	7.315 ¹
E21A054	SMS1-MA	0.757 ¹	13.021	0.492	-24.789 ¹
E21A056	SMS12-MA	-0.176 ⁴	127.562	1.084	-19.502 ¹
E21A066	MDAR-MA	0.773 ¹	45.668	0.477	-19.841 ¹

¹Çok iyi, ²İyi, ³Yeterli, ⁴Yetersiz.

Çizelge 5.76'da görüldüğü gibi, tüm hedef istasyonlar için, yumuşatılmış akım verilerini kullanan istatistiksel yöntemler, biraz daha yüksek NSE değerleri elde etme eğilimindedir. Ancak, hedef istasyonların PBIAS değerleri genellikle değişmemiştir.

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre tekli yöntemlerin sonuçları

Her bir hedef istasyon için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre kaynak istasyon ya da istasyonlar seçilmiştir. Çizelge 5.77, Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için fiziksel benzerlik katsayısına göre belirlenen kaynak istasyonların sırasını göstermektedir.

Çizelge 5.77 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için fiziksel en benzer kaynak istasyonlar.

İstasyon Numarası	Fiziksel En Benzer Kaynak İstasyon					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
D21A001	E21A054	E21A051	D21A193	E21A033	E21A056	E21A066
D21A193	E21A033	E21A066	E21A056	E21A051	D21A001	E21A054
E21A033	E21A066	D21A193	E21A051	E21A056	E21A054	D21A001
E21A051	E21A054	E21A056	E21A066	E21A033	D21A001	D21A193
E21A054	E21A051	D21A001	E21A033	E21A056	E21A066	D21A193
E21A056	E21A051	E21A066	E21A033	D21A193	E21A054	D21A001
E21A066	E21A033	E21A051	E21A056	D21A193	E21A054	D21A001

Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre elde edilen NSE değerleri, DAR ve MDAR için Çizelge 5.78'de, SM ve SMS için Çizelge 5.79'da ve üç farklı güç parametresi (1, 2 ve 3) ile ISW için Çizelge 5.80'de verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.81'de, en iyi tekli yöntemde gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım verileri kullanıldığında yöntemlerin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.82'de sunulmuştur. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte,

0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.78'de görüldüğü gibi, E21A033 ve E21A054 hariç tüm hedef istasyonlar için, DAR ile karşılaştırıldığında MDAR ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Özellikle E21A066 için, DAR ile elde edilen negatif NSE değeri, MDAR ile önemli ölçüde iyileşmiştir. DAR yönteminin performansı D21A193 ve E21A066 için yeterli değildir. Bu durum büyük ölçüde hedef ve kaynak istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranının büyüklüğünden kaynaklanmaktadır. D21A193 istasyonu, Yukarı Fırat Havzası'ndaki en küçük ikinci drenaj alanına (518.1 km²) sahiptir ve fiziksel en benzer kaynak istasyonu olan E21A033 istasyonun drenaj alanından (3284.8 km²) altı kat daha küçüktür. D21A193 ve E21A066 hariç tüm hedef istasyonlar için, MDAR yöntemi fiziksel en benzer iki istasyon ile uygulandığında, fiziksel en benzer üç istasyona kıyasla daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.78 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Fiziksel En Benzer İstasyon	Fiziksel En Benzer İki İstasyon	Fiziksel En Benzer Üç İstasyon
	DAR	MDAR	MDAR
D21A001	0.619	0.630	-0.328
D21A193	-0.646	-0.053	0.089
E21A033	0.446	0.377	0.319
E21A051	0.883	0.932	0.362
E21A054	0.885	0.585	-5.128
E21A056	0.769	0.415	-0.586
E21A066	-0.067	0.698	0.732

Çizelge 5.79 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Fiziksel En Benzer İstasyon			
	SM1	SM12	SMS1	SMS12
D21A001	0.445	-0.549	-0.241	-0.762
D21A193	0.450	0.394	0.415	0.381
E21A033	0.121	0.107	0.095	0.103
E21A051	0.599	0.626	0.814	0.736
E21A054	0.817	0.665	0.846	0.701
E21A056	0.161	0.222	0.351	0.304
E21A066	0.582	0.602	0.686	0.608

Çizelge 5.79'da SM yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde, 7 hedef istasyonun 4'ünde SM1, 3'ünde SM12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SMS yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde, 7 hedef istasyonun 6'sında SMS1, 1'inde

SMS12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SM ve SMS yöntemleri karşılaştırıldığında SMS yönteminin SM yöntemine göre genellikle daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 5.80 : Yukarı Fırat Havzası’nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre ISW yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	Fiziksel En Benzer İki İstasyon			Fiziksel En Benzer Üç İstasyon		
	ISW1	ISW2	ISW3	ISW1	ISW2	ISW3
D21A001	0.633	0.629	0.626	0.597	0.626	0.631
D21A193	0.015	-0.085	-0.185	0.307	0.217	0.108
E21A033	0.416	0.439	0.444	0.353	0.412	0.435
E21A051	0.931	0.928	0.921	0.811	0.877	0.905
E21A054	0.753	0.775	0.794	0.244	0.580	0.719
E21A056	0.404	0.541	0.640	-0.788	-0.306	0.083
E21A066	0.479	0.191	0.033	0.645	0.331	0.097

Çizelge 5.80’de görüldüğü gibi, fiziksel en benzer iki istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 7 hedef istasyondan 4’ü (yani, D21A001, D21A193, E21A051 ve E21A066) için ISW1 ile elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, fiziksel en benzer üç istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 7 hedef istasyondan 5’i (yani, D21A001, E21A033, E21A051, E21A054 ve E21A056) için ISW3 ile elde edilmiştir. Güç parametresi 1’den 3’e arttıkça, fiziksel en benzer üç istasyon kullanılması durumunda NSE değerleri genellikle artarken, fiziksel en benzer iki istasyon kullanılması durumunda NSE değerleri genellikle azalmıştır. Ayrıca, fiziksel en benzer üç istasyon yerine fiziksel en benzer iki istasyon kullanıldığında NSE değerleri biraz daha iyileşmiştir.

Çizelge 5.81 : Yukarı Fırat Havzası’nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	ISW1	0.633 ²	1.945	0.606	40.537 ²
D21A193	SM1	0.450 ³	7.158	0.741	-3.558 ¹
E21A033	DAR	0.446 ³	61.186	0.744	47.035 ²
E21A051	MDAR	0.932 ¹	19.634	0.261	-10.006 ¹
E21A054	DAR	0.885 ¹	9.063	0.339	-7.892 ¹
E21A056	DAR	0.769 ¹	56.935	0.480	25.436 ²
E21A066	MDAR	0.732 ¹	50.714	0.518	-22.121 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.81’de görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 3’ünde DAR, 2’sinde MDAR, 1’inde SM, 1’inde ISW en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. NSE değerleri için 7

istasyonun 4'ü “çok iyi”, 1'i “iyi”, 2'si “yeterli” sınıfındadır. RSR değerleri için 7 istasyonun 5'i yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7'den daha az). D21A193, E21A051, E21A054 ve E21A066 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A001, E21A033 ve E21A056 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Çizelge 5.82 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	ISW1-MA	0.646 ²	1.879	0.595	40.537 ²
D21A193	SM1-MA	0.461 ³	6.837	0.734	-3.558 ¹
E21A033	DAR-MA	0.453 ³	59.997	0.740	47.035 ²
E21A051	MDAR-MA	0.939 ¹	18.458	0.248	-10.006 ¹
E21A054	DAR-MA	0.897 ¹	8.503	0.322	-7.892 ¹
E21A056	DAR-MA	0.780 ¹	55.141	0.469	25.436 ²
E21A066	MDAR-MA	0.749 ¹	47.989	0.501	-22.120 ²

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.82'de görüldüğü gibi, tüm hedef istasyonlar için, yumuşatılmış akım verilerini kullanan istatistiksel yöntemler, biraz daha yüksek NSE değerleri elde etme eğilimindedir. Ancak, hedef istasyonların PBIAS değerleri genellikle değişmemiştir.

Korelasyon yaklaşımına göre tekli yöntemlerin sonuçları

Her bir hedef istasyon için korelasyon yaklaşımına göre kaynak istasyon ya da istasyonlar seçilmiştir. Çizelge 5.83, Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için korelasyon katsayısına göre belirlenen kaynak istasyonların sırasını göstermektedir.

Çizelge 5.83 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için en korelasyonlu kaynak istasyonlar.

İstasyon Numarası	En Korelasyonlu Kaynak İstasyon					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
D21A001	E21A054	E21A056	E21A051	E21A033	E21A066	D21A193
D21A193	E21A056	E21A033	E21A066	E21A054	E21A051	D21A001
E21A033	E21A056	E21A051	E21A054	E21A066	D21A001	D21A193
E21A051	E21A056	E21A054	E21A033	D21A001	E21A066	D21A193
E21A054	E21A051	E21A056	E21A033	D21A001	E21A066	D21A193
E21A056	E21A051	E21A033	E21A054	D21A001	E21A066	D21A193
E21A066	E21A033	E21A056	E21A054	E21A051	D21A193	D21A001

Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir hedef istasyon için korelasyon yaklaşımına göre elde edilen NSE değerleri, DAR ve MDAR için Çizelge 5.84'te, SM ve SMS için

Çizelge 5.85'te ve üç farklı güç parametresi (1, 2 ve 3) ile IDW için Çizelge 5.86'da verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.87'de, en iyi tekli yöntemde gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım verileri kullanıldığında yöntemlerin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.88'de sunulmuştur. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.84 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR ve MDAR yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	En Korelasyonlu İstasyon	En Korelasyonlu İki İstasyon	En Korelasyonlu Üç İstasyon
	DAR	MDAR	MDAR
D21A001	0.619	0.633	0.638
D21A193	0.299	-0.257	0.089
E21A033	-0.021	-0.096	-0.173
E21A051	0.841	0.932	-0.343
E21A054	0.885	0.873	-6.112
E21A056	0.769	-0.418	0.253
E21A066	-0.067	0.315	0.751

Çizelge 5.84'te görüldüğü gibi, D21A193, E21A033 ve E21A056 hariç tüm hedef istasyonlar için, DAR ile karşılaştırıldığında MDAR ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Özellikle E21A066 için, DAR ile elde edilen negatif NSE değeri, MDAR ile önemli ölçüde iyileşmiştir. En korelasyonlu ikinci ve üçüncü istasyonlar olan E21A056 ve E21A054 istasyonlarının DAR yöntemi performansının etkisi ile bu iyileşme sağlanmıştır. DAR yönteminin performansının E21A033 için yetersiz olması büyük ölçüde hedef ve kaynak istasyonlar arasındaki drenaj alanı oranının büyüklüğünden kaynaklanmaktadır. E21A056 istasyonu, Yukarı Fırat Havzası'ndaki en büyük drenaj alanına (15562.0 km²) sahiptir ve E21A033 (3284.8 km²) hedef istasyonu için en korelasyonlu istasyon olarak belirlenmiştir.

E21A033 ve E21A054 hariç tüm hedef istasyonlar için, MDAR yöntemi en korelasyonlu üç istasyon ile uygulandığında, en korelasyonlu iki istasyona kıyasla daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. E21A054 için, en korelasyonlu iki istasyon yerine en korelasyonlu üç istasyon kullanıldığında, NSE değeri 0.873'den -6.112'e düşmüştür. E21A054 için en korelasyonlu üç istasyon kullanıldığında, en korelasyonlu üçüncü istasyon E21A033 olarak belirlenmiştir. E21A054 hedef istasyonu için DAR yöntemi kullanılarak E21A033 kaynak istasyonu ile elde edilen NSE değeri, diğer iki

kaynak istasyonla (yani, E21A051 ve E21A056) elde edilen NSE değerlerinden çok daha düşüktür. E21A033 kaynak istasyonunun drenaj alanı E21A054 hedef istasyonuna çok yakındır, diğer yandan E21A051 ve E21A056 kaynak istasyonlarının drenaj alanları E21A054 hedef istasyonundan çok büyüktür. Bu nedenle E21A054 istasyonunun akım tahmininde, E21A033 kaynak istasyonunun ağırlığı diğer iki kaynak istasyona kıyasla önemli ölçüde büyüktür. Sonuç olarak, MDAR yöntemi en korelasyonlu üç istasyon ile uygulandığında E21A054 için elde edilen NSE değeri ağırlıklı olarak E21A033 kaynak istasyonundan etkilenmiştir.

Çizelge 5.85 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre SM ve SMS yöntemleri için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	En Korelasyonlu İstasyon			
	SM1	SM12	SMS1	SMS12
D21A001	0.445	-0.549	-0.241	-0.762
D21A193	0.341	0.323	0.268	0.303
E21A033	-0.017	0.102	0.146	0.137
E21A051	0.849	0.801	0.863	0.784
E21A054	0.817	0.665	0.846	0.701
E21A056	0.161	0.222	0.351	0.304
E21A066	0.582	0.602	0.686	0.608

Çizelge 5.85'te SM yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde, 7 hedef istasyonun 4'ünde SM1, 3'ünde SM12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SMS yöntemlerinin varyasyonları incelendiğinde, 7 hedef istasyonun 6'sında SMS1, 1'inde SMS12 ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. SM ve SMS yöntemleri karşılaştırıldığında SMS yönteminin SM yöntemine göre genellikle daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.

Çizelge 5.86 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre IDW yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	En Korelasyonlu İki İstasyon			En Korelasyonlu Üç İstasyon		
	IDW1	IDW2	IDW3	IDW1	IDW2	IDW3
D21A001	0.636	0.624	0.620	0.640	0.631	0.625
D21A193	0.404	0.388	0.347	0.434	0.410	0.359
E21A033	-0.078	-0.084	-0.090	-0.099	-0.097	-0.098
E21A051	0.928	0.913	0.899	-0.125	-0.033	0.147
E21A054	0.877	0.884	0.885	0.246	0.643	0.812
E21A056	-2.672	-3.884	-5.096	-1.103	-2.493	-4.036
E21A066	0.344	0.061	-0.034	0.552	0.159	-0.009

Çizelge 5.86'da görüldüğü gibi, en korelasyonlu iki istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 7 hedef istasyondan 6'sı (yani, E21A054

hariç) için IDW1 ile elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, en korelasyonlu üç istasyonun kaynak olarak kullanılması durumunda, en iyi NSE değerleri 7 hedef istasyondan 4'ü (yani, D21A001, D21A193, E21A056 ve E21A066) için IDW1 ile elde edilmiştir. Her iki durumda da, en iyi tahmin sonuçları çoğunlukla IDW2 ve IDW3 yerine çoğunlukla IDW1 uygulandığında elde edilmiştir. Ayrıca, en korelasyonlu iki istasyon yerine en korelasyonlu üç istasyon kullanıldığında NSE değerleri 7 hedef istasyonun 4'ünde iyileşmiştir.

Çizelge 5.87 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre orijinal akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	IDW1	0.640 ²	1.925	0.600	37.551 ²
D21A193	IDW1	0.434 ³	7.266	0.753	-21.234 ²
E21A033	SMS1	0.146 ⁴	75.970	0.924	63.553 ³
E21A051	MDAR	0.932 ¹	19.634	0.261	-10.006 ¹
E21A054	DAR	0.885 ¹	9.063	0.339	-7.892 ¹
E21A056	DAR	0.769 ¹	56.935	0.480	25.436 ²
E21A066	MDAR	0.751 ¹	48.871	0.499	-18.349 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.87'de görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 2'sinde DAR, 2'sinde MDAR, 2'sinde IDW, 1'inde SMS, en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. NSE değerleri için 7 istasyonun 4'ü “çok iyi”, 1'i “iyi”, 1'i “yeterli”, 1'i “yetersiz” sınıfındadır. RSR değerleri için 7 hedef istasyonun 5'i yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7'den daha az). D21A193, E21A051, E21A054 ve E21A066 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A001, E21A033 ve E21A056 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Çizelge 5.88 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre yumuşatılmış akım verilerini kullanan en iyi tekli yöntemin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	IDW1-MA	0.654 ²	1.857	0.588	37.551 ²
D21A193	IDW1-MA	0.445 ³	6.944	0.745	-21.235 ¹
E21A033	SMS1-MA	0.148 ⁴	74.874	0.923	63.553 ³
E21A051	MDAR-MA	0.939 ¹	18.458	0.248	-10.006 ¹
E21A054	DAR-MA	0.897 ¹	8.503	0.322	-7.892 ¹
E21A056	DAR-MA	0.780 ¹	55.141	0.469	25.436 ²
E21A066	MDAR-MA	0.769 ¹	46.056	0.481	-18.348 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

Çizelge 5.88’de görüldüğü gibi, tüm hedef istasyonlar için, yumuşatılmış akım verilerini kullanan istatistiksel yöntemler, biraz daha yüksek NSE değerleri elde etme eğilimindedir. Ancak, hedef istasyonların PBIAS değerleri genellikle değişmemiştir.

Tekli yöntemlerin sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 5.72 ve Çizelge 5.78’e göre (bkz. sayfa 131 ve 135), DAR yöntemi için coğrafi en yakın ve fiziksel en benzer istasyonların aynı olmadığı 3 hedef istasyondan 1’i (yani, D21A193) için coğrafi en yakın istasyon ile, diğer 2’si (yani, E21A054 ve E21A056) için fiziksel en benzer istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre kaynak istasyon seçiminde, coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki 3 hedef istasyonun 1’i için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 2’si için en iyi kaynak istasyonu belirleyememektedir.

Çizelge 5.72 ve Çizelge 5.84’e göre (bkz. sayfa 131 ve 138), DAR yöntemi için coğrafi en yakın ve en korelasyonlu istasyonların aynı olmadığı 4 hedef istasyondan 2’si (yani, E21A033 ve E21A051) için coğrafi en yakın istasyon ile, diğer 2’si (yani, E21A054 ve E21A056) için en korelasyonlu istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre kaynak istasyon seçiminde, coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki hedef istasyonların yarısı için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan yarısı için en iyi kaynak istasyonu belirleyememektedir.

Çizelge 5.78 ve Çizelge 5.84’e göre (bkz. sayfa 135 ve 138), DAR yöntemi için fiziksel en benzer ve en korelasyonlu istasyonların aynı olmadığı 3 hedef istasyondan 2’si (yani, E21A033 ve E21A051) için fiziksel en benzer istasyon ile, diğer 1’i (yani, D21A193) için en korelasyonlu istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre kaynak istasyon seçiminde, fiziksel benzerlik yaklaşımı çalışma alanındaki 3 hedef istasyonun 2’si için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 1’i için en iyi kaynak istasyonu belirleyememektedir.

Çizelge 5.72, Çizelge 5.78 ve Çizelge 5.84’e göre (bkz. sayfa 131, 135 ve 138), DAR yönteminin performansı coğrafi yakınlık yaklaşımına göre 4, fiziksel benzerlik yaklaşımına göre 2 ve korelasyon yaklaşımına göre 3 istasyon için yeterli değildir (yani, NSE değeri 0.3’ten az).

Çizelge 5.72 ve Çizelge 5.78’e göre (bkz. sayfa 131 ve 135), MDAR yöntemi iki istasyon ile uygulandığında coğrafi en yakın iki ve fiziksel en benzer iki istasyonun aynı olmadığı 4 hedef istasyonun tamamı (yani, D21A193, E21A033, E21A051 ve

E21A056) için fiziksel en benzer iki istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. MDAR yöntemi üç istasyon ile uygulandığında coğrafi en yakın üç ve fiziksel en benzer üç istasyonun aynı olmadığı 4 hedef istasyondan 2'si (yani, D21A001 ve E21A066) için coğrafi en yakın üç istasyon ile, diğer 2'si (yani, E21A051 ve E21A056) için fiziksel en benzer üç istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre iki kaynak istasyon ile, fiziksel benzerlik yaklaşımı çalışma alanındaki hedef istasyonların tamamı için iyi bir seçim kriteri gibi görünmektedir. Bunun yanı sıra, üç kaynak istasyon ile coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki 4 hedef istasyonun 2'si için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 2'si için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir.

Çizelge 5.72 ve Çizelge 5.84'e göre (bkz. sayfa 131 ve 138), coğrafi yakınlık ve korelasyon yaklaşımlarında MDAR yöntemi iki istasyon ile uygulandığında, coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki coğrafi en yakın iki ve en korelasyonlu iki istasyonun aynı olmadığı 5 hedef istasyonun 2'si için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 3'ü için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir. Bunun yanı sıra, MDAR yöntemi üç istasyon ile uygulandığında, coğrafi yakınlık yaklaşımı çalışma alanındaki 6 hedef istasyonun 4'ü için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 2'si için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir.

Çizelge 5.78 ve Çizelge 5.84'e göre (bkz. sayfa 135 ve 138), fiziksel benzerlik ve korelasyon yaklaşımlarında MDAR yöntemi iki istasyon ile uygulandığında, fiziksel benzerlik yaklaşımı çalışma alanındaki fiziksel en benzer iki ve en korelasyonlu iki istasyonun aynı olmadığı 6 hedef istasyonun 4'ü için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 2'si için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir. Bunun yanı sıra, MDAR yöntemi üç istasyon ile uygulandığında, fiziksel benzerlik yaklaşımı çalışma alanındaki 6 hedef istasyonun 3'ü için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 3'ü için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir.

Sonuç olarak, MDAR yöntemi iki istasyon ile uygulandığında fiziksel benzerlik yaklaşımının, MDAR yöntemi üç istasyon ile uygulandığında coğrafi yakınlık yaklaşımının iyi bir kaynak istasyon seçim kriteri olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.73 ve Çizelge 5.79'a göre (bkz. sayfa 132 ve 135), SM1, SM12, SMS1 ve SMS12 yöntemleri için coğrafi en yakın ve fiziksel en benzer istasyonun aynı olmadığı 3 hedef istasyonun tamamı (yani, D21A193, E21A054 ve E21A056) için fiziksel en

benzer istasyon ile daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre SM1, SM12, SMS1 ve SMS12 için kaynak istasyon seçiminde, fiziksel benzerlik yaklaşımı çalışma alanındaki hedef istasyonlar için iyi bir seçim kriteridir.

Çizelge 5.73 ve izelge 5.85'e göre (bkz. sayfa 132 ve 139), coğrafi yakınlık ve korelasyon yaklaşımlarında SM1 ve SM12 için kaynak istasyon seçiminde coğrafi yakınlık yaklaşımı, coğrafi en yakın ve en korelasyonlu istasyonun aynı olmadığı 4 hedef istasyonun 1'i (yani, E21A033) için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 3' (yani, E21A051, E21A054 ve E21A056) için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir. SMS1 ve SMS12 için kaynak istasyon seçiminde korelasyon yaklaşımı, coğrafi en yakın ve en korelasyonlu istasyonun aynı olmadığı 4 hedef istasyonun tamamı için iyi bir seçim kriteridir.

Çizelge 5.79 ve izelge 5.85'e göre (bkz. sayfa 135 ve 139), fiziksel benzerlik ve korelasyon yaklaşımlarında, SM1 ve SM12 için kaynak istasyon seçiminde fiziksel benzerlik yaklaşımı, fiziksel en benzer ve en korelasyonlu istasyonun aynı olmadığı 3 hedef istasyonun 2'si (yani, D21A193 ve E21A033) için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 1'i (yani, E21A051) için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir. SMS1 ve SMS12 için kaynak istasyon seçiminde fiziksel benzerlik yaklaşımı, fiziksel en benzer ve en korelasyonlu istasyonun aynı olmadığı 3 hedef istasyonun 1'i (yani, D21A193) için iyi bir seçim kriteri gibi görünürken, geri kalan 2'si (yani, E21A033 ve E21A051) için en iyi kaynak istasyonları belirleyememektedir.

Çizelge 5.74, izelge 5.80 ve izelge 5.86'ya göre (bkz. sayfa 133, 136 ve 139), kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarının  için de IDW ve ISW yöntemlerinde 1 g parametresi ile genellikle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Ayrıca NSE değerleri, coğrafi yakınlık ve korelasyon yaklaşımlarında iki istasyon yerine üç istasyon kaynak olarak kullanıldığında genellikle iyileşirken, fiziksel benzerlik yaklaşımında  istasyon yerine iki istasyon kaynak olarak kullanıldığında genellikle iyileşmiştir.

Çizelge 5.75, izelge 5.81 ve izelge 5.87'ye göre (bkz. sayfa 133, 136 ve 140), coğrafi yakınlık yaklaşımı ile 7 hedef istasyonun 2'sinde DAR, 2'sinde MDAR, 2'sinde SMS, 1'inde IDW; fiziksel benzerlik yaklaşımı ile 7 hedef istasyonun 3'ünde DAR, 2'sinde MDAR, 1'inde SM, 1'inde ISW; korelasyon yaklaşımı ile 7 hedef

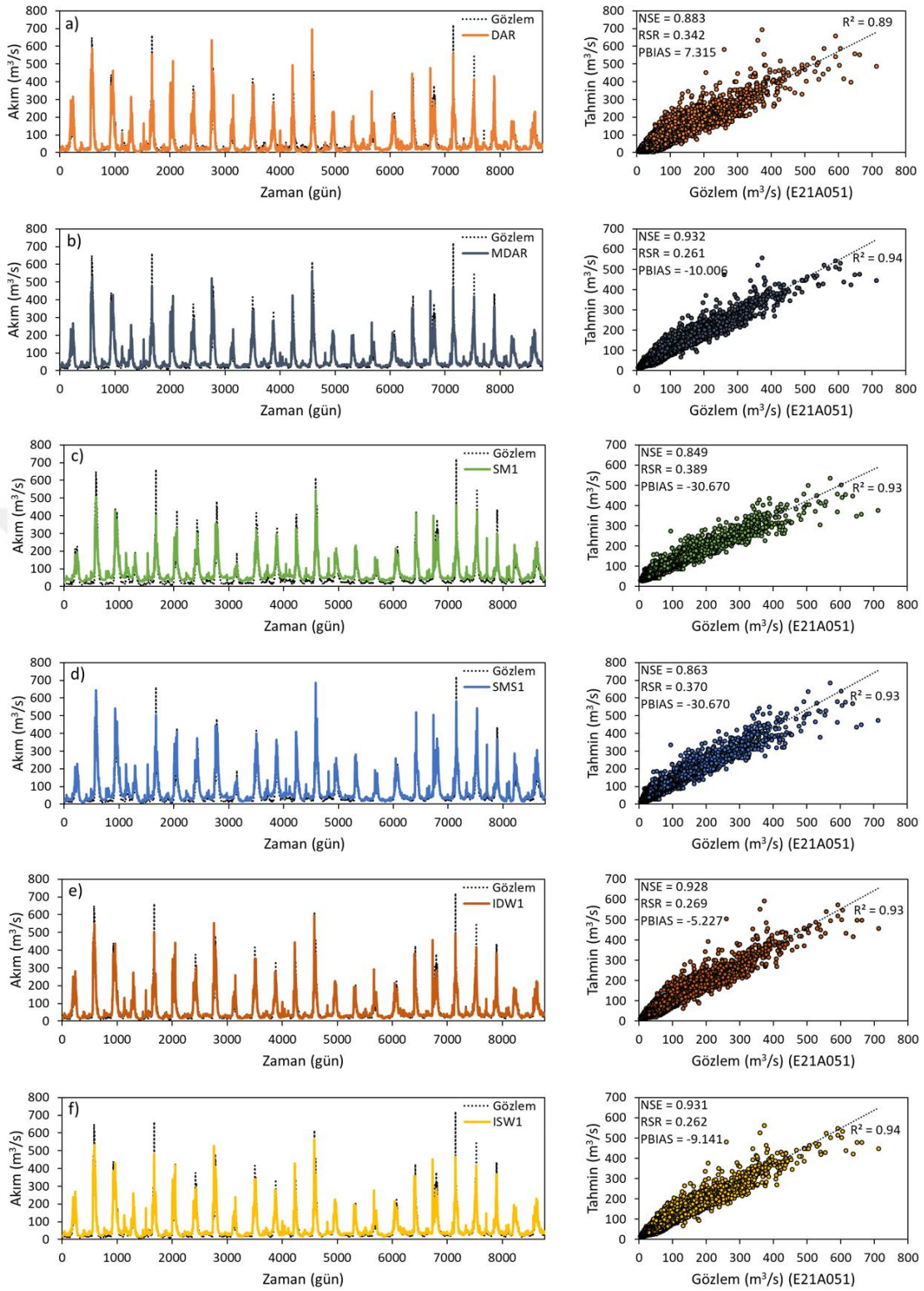
istasyonun 2'sinde DAR, 2'sinde MDAR, 2'sinde IDW, 1'inde SMS en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, tek kaynak istasyonun kullanıldığı DAR, SM ve SMS yöntemlerinin çoklu kaynak istasyonların kullanıldığı MDAR, IDW ve ISW yöntemlerine göre biraz daha üstün olduğu söylenebilir. Coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon yaklaşımlarına göre en iyi tekli yöntemlerin NSE değerleri için 7 hedef istasyonun 4'ü “çok iyi” sınıfındadır.

Örnek olarak E21A051 hedef istasyonu için, Şekil 5.34'te hidrograf ve saçılma grafiklerinde coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarına göre gözlemlenen (orijinal) günlük akım verilerini kullanan her bir tekli yöntemden elde edilen en iyi tahmin değerleri, gözlemlenen (orijinal) günlük akım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yukarı Fırat Havzası'ndaki diğer hedef istasyonlara kıyasla E21A051 için tahmin edilen ve gözlemlenen günlük akım değerleri arasında daha iyi bir uyum elde edilmiştir.

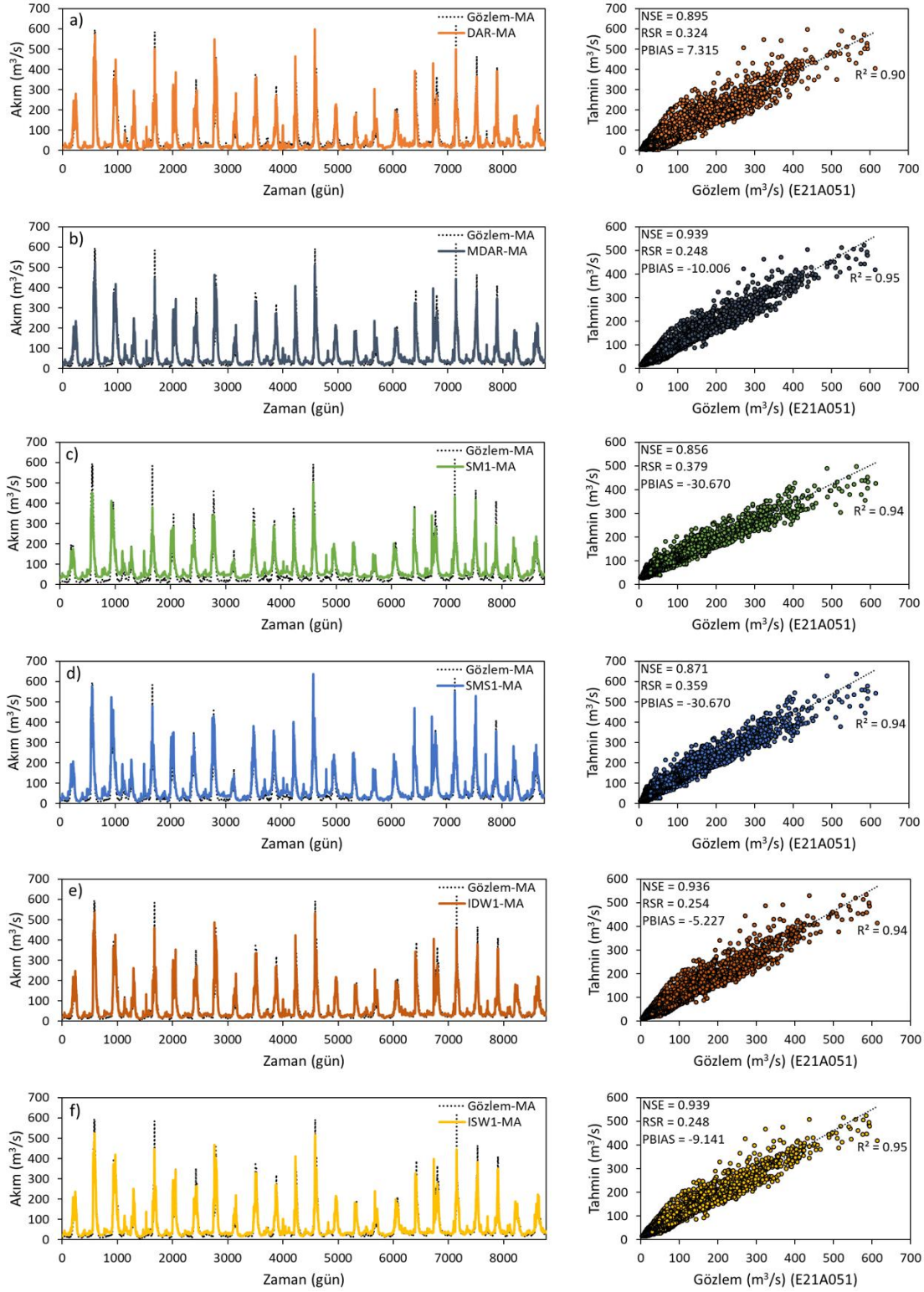
Şekil 5.34'te görüldüğü gibi, tekli yöntemler için en iyi NSE değerleri 0.849 ile 0.932 arasında değişmektedir ve en iyi NSE değeri MDAR ile elde edilmiştir. E21A051 için DAR yöntemi coğrafi en yakın ya da fiziksel en benzer istasyon ile, MDAR yöntemi en korelasyonlu iki ya da fiziksel en benzer iki istasyon ile, SM1 ve SMS1 yöntemleri en korelasyonlu istasyon ile, IDW1 yöntemi en korelasyonlu iki istasyon ile, ISW1 yöntemi fiziksel en benzer iki istasyon ile uygulanarak tahmin edilen ve gözlemlenen (orijinal) günlük akım değerleri arasındaki R^2 değerleri sırasıyla 0.89, 0.94, 0.93, 0.93, 0.93 ve 0.94 hesaplanmıştır.

Örnek olarak E21A051 hedef istasyonu için, Şekil 5.35'te hidrograf ve saçılma grafiklerinde coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarına göre gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım verilerini kullanan her bir tekli yöntemden elde edilen en iyi tahmin değerleri, gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 5.35'te görüldüğü gibi, tekli yöntemler için en iyi NSE değerleri 0.856 ile 0.939 arasında değişmektedir. DAR-MA, MDAR-MA, SM1-MA, SMS1-MA, IDW1-MA ve ISW1-MA yöntemlerinden elde edilen tahmin değerleri ile gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) günlük akım değerleri arasındaki R^2 değerleri sırasıyla 0.90, 0.95, 0.94, 0.94, 0.94 ve 0.95'tir. Şekil 5.34 ile karşılaştırıldığında MA'lı yöntemler biraz daha iyi performans göstermiştir.



Şekil 5.34 : Yukarı Fırat Havzası'nda E21A051 istasyonu için tekli yöntemlerden tahmin edilen akımların gözlemlenen (orijinal) akımlar ile karşılaştırılması: (a)DAR; (b)MDAR; (c)SM; (d)SMS; (e)IDW; (f)ISW.



Şekil 5.35 : Yukarı Fırat Havzası'nda E21A051 istasyonu için tekli yöntemlerden tahmin edilen akımların gözlemlenen-MA (yumuşatılmış) akımlar ile karşılaştırılması: (a)DAR-MA; (b)MDAR-MA; (c)SM-MA; (d)SMS-MA; (e)IDW-MA; (f)ISW-MA.

5.2.2.2 Performans ağırlıklı topluluk (ensemble) yöntemleri

Yukarı Fırat Havzası'nda her bir kaynak istasyon seçimi yaklaşımına göre her bir hedef istasyon için elde edilen tahminler Şekil 3.2'teki (bkz. sayfa 25), ağırlıklandırma sistemine göre ağırlıklandırılarak topluluk yöntem tahminleri elde edilmiştir. DAR ve SM; DAR ve SMS; MDAR ve IDW; MDAR ve ISW yöntemleri birleştirilerek dört farklı şekilde 2'li birleşim topluluk yöntemi oluşturulmuştur. DAR, SM ve IDW; DAR, SMS ve IDW; DAR, SM ve ISW; DAR, SMS ve ISW yöntemleri sırasıyla birleştirilerek dört farklı şekilde 3'lü birleşim topluluk yöntemi oluşturulmuştur (bkz. Şekil 5.20). Topluluk yöntemlerinde tekli yöntemlerin hangi varyasyonlarının kullanılacağına yöntemlerin genel performanslarına göre karar verilmiştir.

Topluluk yöntemlerinden elde edilen sonuçlar coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarına göre ayrı başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre topluluk yöntemlerinin sonuçları

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre oluşturulan topluluk yöntemleri aşağıda verilmiştir:

- a) 2'li birleşim: DAR ve SM1; DAR ve SMS1; MDAR ve IDW1.
- b) 3'lü birleşim: DAR, SM1 ve IDW1; DAR, SMS1 ve IDW1.

Bu oluşturulan topluluk yöntemlerinde, DAR, SM1 ve SMS1 yöntemlerinin coğrafi en yakın kaynak istasyon ile, MDAR ve IDW1 yöntemlerinin coğrafi en yakın üç kaynak istasyon ile elde edilen tahminleri kullanılmıştır.

2'li birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM1 için Çizelge 5.89'da, DAR-SMS1 için Çizelge 5.90'da ve MDAR-IDW1 için ise Çizelge 5.91'de verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 2'li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.91'de verilmiştir. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.89'da görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SM1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.72 ve Çizelge 5.73, sayfa 131 ve 132), 7 hedef istasyonun 1'inde eşit ağırlıklı, 3'ünde

mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. E21A066 istasyonu için DAR ve SM1 tahminleri, DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.89 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM1 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.549	0.900	0.764	0.771	0.662
D21A193	0.329	0.344	0.330	0.329	0.341
E21A033	0.304	0.338	0.370	0.340	0.350
E21A051	0.807	0.881	0.880	0.865	0.881
E21A054	0.519	0.631	0.703	0.647	0.699
E21A056	-2.796	-2.767	-2.718	-2.756	-2.598
E21A066	0.650	0.908	0.677	0.717	0.647

Çizelge 5.90 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS1 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.549	0.900	0.764	0.771	0.662
D21A193	0.329	0.344	0.330	0.329	0.341
E21A033	0.304	0.338	0.370	0.340	0.350
E21A051	0.807	0.881	0.880	0.865	0.881
E21A054	0.519	0.631	0.703	0.647	0.699
E21A056	-2.796	-2.767	-2.718	-2.756	-2.598
E21A066	0.650	0.908	0.677	0.717	0.647

Çizelge 5.90'da görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SMS1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.72 ve Çizelge 5.73, sayfa 131 ve 132), 7 hedef istasyonun 2'sinde eşit ağırlıklı, 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 3'ünde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.91 : Yukarı Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre MDAR-IDW1 2’li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	MDAR-IDW1 2’li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.702	0.707	0.702	0.702	0.703
D21A193	0.332	0.436	0.394	0.368	0.427
E21A033	0.334	0.338	0.334	0.334	0.334
E21A051	-0.743	-0.724	-0.710	-0.726	-0.732
E21A054	-1.721	-0.527	0.210	-0.059	-0.044
E21A056	-2.565	-2.361	-2.554	-2.560	-2.534
E21A066	0.698	0.720	0.725	0.713	0.737

Çizelge 5.91’de görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 4’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 1’inde PBIAS’a dayalı ağırlıklı MDAR-IDW1 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, MDAR ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.72 ve Çizelge 5.74, sayfa 131 ve 133), 7 hedef istasyonun 3’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1’inde PBIAS’a dayalı ağırlıklı MDAR-IDW1 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.92 : Yukarı Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi 2’li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	DAR-SM1 ^b	0.900 ¹	1.432	0.446	19.054 ¹
D21A193	MDAR-IDW1 ^b	0.436 ³	7.249	0.751	-42.938 ²
E21A033	DAR-SM1 ^c	0.370 ³	65.250	0.794	51.319 ³
E21A051	DAR-SMS1 ^b	0.899 ¹	22.927	0.305	-9.851 ¹
E21A054	DAR-SMS1 ^c	0.712 ¹	18.063	0.675	-49.680 ²
E21A056	DAR-SMS1 ^c	-1.260 ⁴	132.250	1.116	-19.796 ¹
E21A066	DAR-SM1 ^b	0.908 ¹	35.558	0.363	-13.248 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE’ye dayalı ağırlıklı,

^d RSR’ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS’a dayalı ağırlıklı.

Çizelge 5.92’de görüldüğü gibi, NSE değerleri için 7 hedef istasyonun 4’ü “çok iyi”, 2’si “yeterli”, 1’i “yetersiz” sınıfındadır. RSR değerleri için 7 hedef istasyonun 4’ü yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7’den daha az). D21A193, E21A051, E21A054, E21A056 ve E21A066 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A001 ve E21A033 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

3'lü birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM1-IDW1 için Çizelge 5.93'te ve DAR-SMS1-IDW1 için Çizelge 5.94'te verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.95'te verilmiştir. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.93 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SM1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM1-IDW1 3'lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.775	0.890	0.744	0.763	0.760
D21A193	0.389	0.439	0.400	0.395	0.345
E21A033	0.320	0.349	0.365	0.344	0.351
E21A051	0.616	0.861	0.880	0.861	0.882
E21A054	0.487	0.636	0.695	0.620	0.695
E21A056	-2.492	-2.261	-2.424	-2.457	-2.564
E21A066	0.646	0.878	0.736	0.716	0.727

Çizelge 5.93'te görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı DAR-SM1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SM1 ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.72-Çizelge 5.74, sayfa 131-133), 7 hedef istasyonun 2'sinde eşit ağırlıklı, 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SM1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A001 ve E21A066 istasyonları için DAR, SM1 ve IDW1 tahminleri, DAR-SM1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.94'te görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'e dayalı ağırlıklı DAR-SMS1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SMS1 ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.72-Çizelge 5.74, sayfa 131-133), 7 hedef istasyonun 1'inde eşit ağırlıklı, 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.94 : Yukarı Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre DAR-SMS1-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS1-IDW1 3’lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.738	0.870	0.697	0.736	0.650
D21A193	0.388	0.471	0.400	0.394	0.283
E21A033	0.314	0.347	0.365	0.342	0.347
E21A051	0.696	0.886	0.883	0.876	0.885
E21A054	0.492	0.645	0.704	0.630	0.702
E21A056	-1.912	-1.529	-1.326	-1.594	-1.387
E21A066	0.585	0.753	0.720	0.689	0.721

Çizelge 5.95 : Yukarı Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi 3’lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	DAR-SM1-IDW1 ^b	0.890 ¹	1.421	0.443	22.308 ¹
D21A193	DAR-SMS1-IDW1 ^b	0.471 ³	7.007	0.726	1.380 ¹
E21A033	DAR-SM1-IDW1 ^c	0.365 ³	65.517	0.797	52.377 ³
E21A051	DAR-SMS1-IDW1 ^b	0.886 ¹	25.918	0.345	-18.106 ¹
E21A054	DAR-SMS1-IDW1 ^c	0.704 ¹	18.367	0.687	-56.721 ³
E21A056	DAR-SMS1-IDW1 ^c	-1.326 ⁴	136.930	1.155	-23.817 ¹
E21A066	DAR-SM1-IDW1 ^b	0.878 ¹	38.143	0.389	-18.269 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE’ye dayalı ağırlıklı,

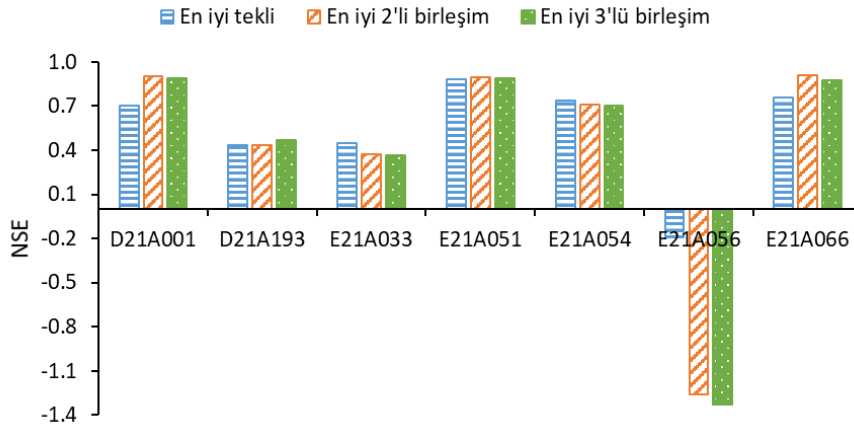
^d RSR’ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS’a dayalı ağırlıklı.

Çizelge 5.95’te görüldüğü gibi, NSE değerleri için 7 hedef istasyonun 4’ü “çok iyi”, 2’si “yeterli”, 1’i “yetersiz” sınıfındadır. RSR değerleri için 7 hedef istasyonun 4’ü yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7’den daha az). E21A051, E21A054, E21A056 ve E21A066 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A001, D21A193 ve E21A033 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre, her bir istasyon için elde edilen en iyi tekli, 2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemlerin arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması Şekil 5.36’da verilmiştir.

Şekil 5.36’da görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 3’ünde (yani, E21A033, E21A054 ve E21A056) en iyi tekli yöntemler, diğer 4’ünde (yani, D21A001, D21A193, E21A051 ve E21A066) en iyi 2’li ya da 3’lü birleşim topluluk yöntemleri biraz daha iyi performans göstermiştir. E21A033, E21A054 ve E21A056 hariç tüm hedef istasyonlar için en iyi topluluk yöntemi kullanıldığında en iyi tekli yönteme göre NSE

değerinde %1.81 ile %27.79 arasında iyileşme sağlanmıştır. Ortalama iyileşme oranı ise %14.65 bulunmuştur.

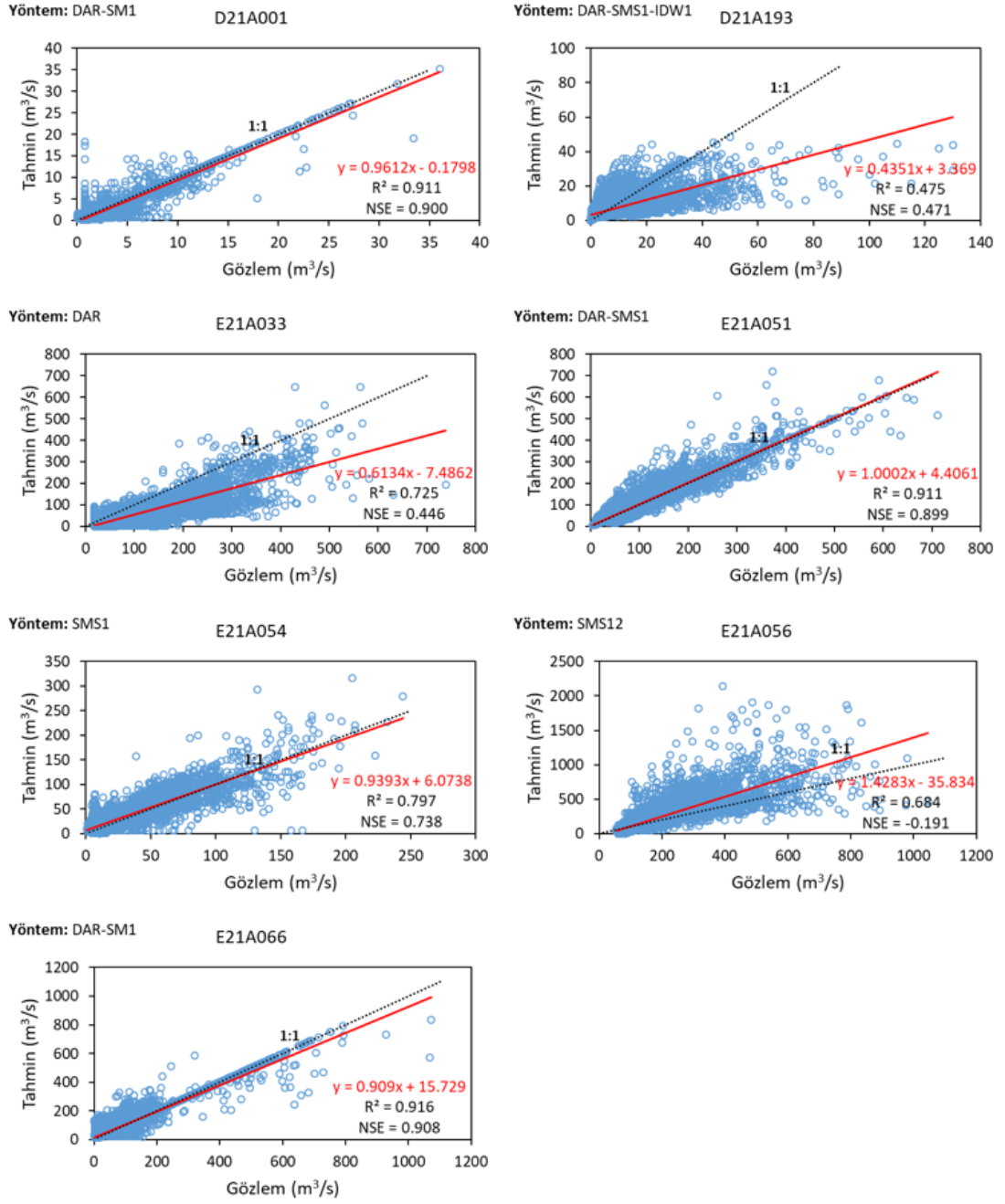


Şekil 5.36 : Yukarı Fırat Havzası’nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi tekli, 2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.

1986-2010 döneminde tüm istasyonlarda gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akımların ortalaması arasındaki mutlak bağıl hatalar, coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %7.31 ile %47.03 ve %3.13 ile %51.73 aralığında değişmektedir. Ortalama mutlak bağıl hatalar ise en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %23.31 ve %18.24 olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama mutlak hata değerlerine göre günlük akımların ortalamasını tahmin etmede en iyi topluluk yöntemi daha başarılı olmuştur.

Çizelge 5.75, Çizelge 5.92 ve Çizelge 5.95 (bkz. sayfa 133, 149 ve 151) karşılaştırılarak her bir istasyon için en iyi performansa sahip yöntem (tekli ya da topluluk) belirlenmiştir. Her bir istasyon için, bu en iyi yöntem kullanılarak elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri Şekil 5.37’de verilmiştir.

Şekil 5.37’de görüldüğü gibi, gözlemlenen akım değerlerine en yakın tahminler E21A066 istasyonu için yapılmıştır, DAR-SM1 2’li birleşim topluluk yöntemi için R^2 değeri 0.916 olarak hesaplanmıştır. Gözlemlenen akım değerlerinden en uzak tahminler D21A193 istasyonu için yapılmıştır ve DAR-SMS1-IDW1 için R^2 değeri 0.475 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.37 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre topluluk yöntemlerinin sonuçları

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre oluşturulan topluluk yöntemleri aşağıda verilmiştir:

- 2'li birleşim: DAR ve SM1; DAR ve SMS1; MDAR ve ISW1.
- 3'lü birleşim: DAR, SM1 ve ISW1; DAR, SMS1 ve ISW1.

Bu oluşturulan topluluk yöntemlerinde, DAR, SM1 ve SMS1 yöntemlerinin fiziksel en benzer kaynak istasyon ile, MDAR ve ISW1 yöntemlerinin fiziksel en benzer üç kaynak istasyon ile elde edilen tahminleri kullanılmıştır.

2’li birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM1 için Çizelge 5.96’da, DAR-SMS1 için Çizelge 5.97’de ve MDAR-ISW1 için ise Çizelge 5.98’de verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 2’li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.99’da verilmiştir. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3’e eşit ve 0.3’ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.96 : Yukarı Fırat Havzası’nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SM1 2’li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM1 2’li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.763	0.900	0.764	0.771	0.662
D21A193	0.185	0.545	0.442	0.388	0.450
E21A033	0.304	0.338	0.370	0.340	0.350
E21A051	0.807	0.881	0.880	0.865	0.881
E21A054	0.861	0.876	0.874	0.868	0.882
E21A056	0.625	0.813	0.768	0.747	0.398
E21A066	0.650	0.908	0.677	0.717	0.647

Çizelge 5.96’da görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 4’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı, 1’inde NSE’ye dayalı ağırlıklı DAR-SM1 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SM1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.78 ve Çizelge 5.79, sayfa 135), 7 hedef istasyonun 2’sinde eşit ağırlıklı, 4’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde RSR’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SM1 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A001 ve E21A066 istasyonları için DAR ve SM1 tahminleri, DAR-SM1 2’li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.97’de görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 4’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı, 1’inde NSE’ye dayalı ağırlıklı DAR-SMS1 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SMS1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge

5.78 ve Çizelge 5.79, sayfa 135), 7 hedef istasyonun 1'inde eşit ağırlıklı, 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.97 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS1 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.642	0.873	0.687	0.742	0.351
D21A193	0.094	0.382	0.380	0.299	0.415
E21A033	0.296	0.336	0.370	0.336	0.345
E21A051	0.873	0.899	0.883	0.879	0.884
E21A054	0.870	0.878	0.876	0.873	0.883
E21A056	0.687	0.835	0.773	0.758	0.525
E21A066	0.561	0.733	0.700	0.691	0.698

Çizelge 5.98 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre MDAR-ISW1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	MDAR-ISW1 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.287	0.499	0.566	0.490	-0.320
D21A193	0.211	0.233	0.239	0.225	0.248
E21A033	0.337	0.340	0.338	0.338	0.338
E21A051	0.628	0.701	0.787	0.737	0.737
E21A054	-1.739	-0.560	0.205	-0.071	-0.059
E21A056	-0.685	-0.681	-0.673	-0.679	-0.675
E21A066	0.695	0.705	0.706	0.701	0.714

Çizelge 5.98'de görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 4'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı, 1'inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı MDAR-ISW1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, MDAR ve ISW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.78 ve Çizelge 5.80, sayfa 135 ve 136), 7 hedef istasyonun hiçbirinde MDAR-ISW1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilememiştir.

Çizelge 5.99'da görüldüğü gibi, NSE değerleri için 7 hedef istasyonun 5'i “çok iyi”, 1'i “iyi”, 1'i “yeterli” sınıfındadır. RSR değerleri için 7 hedef istasyonun 6'sı yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7'den daha az). D21A193, E21A051, E21A054 ve E21A066 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde,

D21A001, E21A033 ve E21A056 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Çizelge 5.99 : Yukarı Fırat Havzası’nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi 2’li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	DAR-SM1 ^b	0.900 ¹	1.014	0.316	10.419 ¹
D21A193	DAR-SM1 ^b	0.545 ²	6.511	0.674	-40.352 ²
E21A033	DAR-SM1 ^c	0.370 ³	65.227	0.793	51.729 ²
E21A051	DAR-SMS1 ^b	0.899 ¹	23.890	0.318	-7.339 ¹
E21A054	DAR-SMS1 ^e	0.883 ¹	9.142	0.342	-9.447 ¹
E21A056	DAR-SMS1 ^b	0.835 ¹	48.087	0.406	7.157 ¹
E21A066	DAR-SM1 ^b	0.908 ¹	29.621	0.302	-11.002 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE’ye dayalı ağırlıklı,

^d RSR’ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS’a dayalı ağırlıklı.

3’lü birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM1-ISW1 için Çizelge 5.100’de ve DAR-SMS1-ISW1 için Çizelge 5.101’de verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 3’lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.102’de verilmiştir. 0.3’e eşit ve 0.3’ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.100 : Orta Fırat Havzası’nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SM1-ISW1 3’lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM1-ISW1 3’lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.764	0.889	0.734	0.752	0.754
D21A193	0.235	0.507	0.424	0.371	0.450
E21A033	0.324	0.355	0.369	0.348	0.355
E21A051	0.838	0.911	0.895	0.880	0.886
E21A054	0.769	0.867	0.873	0.857	0.882
E21A056	0.443	0.831	0.774	0.749	0.387
E21A066	0.651	0.878	0.729	0.714	0.723

Çizelge 5.100’de görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 5’inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1’inde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 1’inde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SM1-ISW1 3’lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SM1 ve ISW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.78-Çizelge 5.80, sayfa 135 ve 136), 7 hedef istasyonun 2’sinde eşit ağırlıklı, 5’inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 4’ünde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 2’sinde RSR’ye

dayalı ağırlıklı, 3'ünde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SM1-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A001 ve E21A066 istasyonları için DAR, SM1 ve ISW1 tahminleri, DAR-SM1-ISW1 3'lü birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.101 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS1-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS1-ISW1 3'lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.733	0.869	0.668	0.719	0.651
D21A193	0.182	0.390	0.371	0.314	0.415
E21A033	0.318	0.353	0.369	0.346	0.351
E21A051	0.879	0.920	0.892	0.887	0.889
E21A054	0.781	0.874	0.874	0.863	0.883
E21A056	0.495	0.840	0.778	0.756	0.510
E21A066	0.597	0.762	0.721	0.694	0.722

Çizelge 5.101'de görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun, 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı DAR-SMS1-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SMS1 ve ISW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.78-Çizelge 5.80, sayfa 135 ve 136), 7 hedef istasyonun 1'inde eşit ağırlıklı, 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 4'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 3'ünde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 3'ünde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS1-ISW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.102 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	DAR-SM1-ISW1 ^b	0.889 ¹	1.070	0.334	14.956 ¹
D21A193	DAR-SM1-ISW1 ^b	0.507 ²	6.781	0.702	-42.276 ²
E21A033	DAR-SM1-ISW1 ^c	0.369 ³	65.299	0.794	52.436 ³
E21A051	DAR-SMS1-ISW1 ^b	0.920 ¹	21.234	0.283	-11.319 ¹
E21A054	DAR-SMS1-ISW1 ^e	0.883 ¹	9.151	0.342	-10.021 ¹
E21A056	DAR-SMS1-ISW1 ^b	0.840 ¹	47.396	0.400	-3.562 ¹
E21A066	DAR-SM1-ISW1 ^b	0.878 ¹	34.139	0.349	-16.089 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

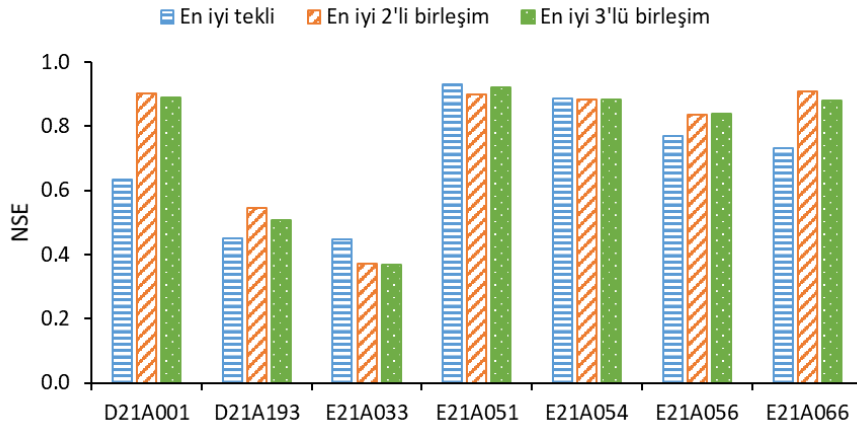
^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE'ye dayalı ağırlıklı,

^d RSR'ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS'a dayalı ağırlıklı.

Çizelge 5.102'de görüldüğü gibi, NSE değerleri için 7 hedef istasyonun 5'i "çok iyi", 1'i "iyi", 1'i "yeterli" sınıfındadır. RSR değerleri için 7 hedef istasyonun 5'i yeterli

veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7'den daha az). D21A193, E21A051, E21A054, E21A056 ve E21A066 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A001 ve E21A033 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre, her bir istasyon için elde edilen en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması Şekil 5.38'de verilmiştir.

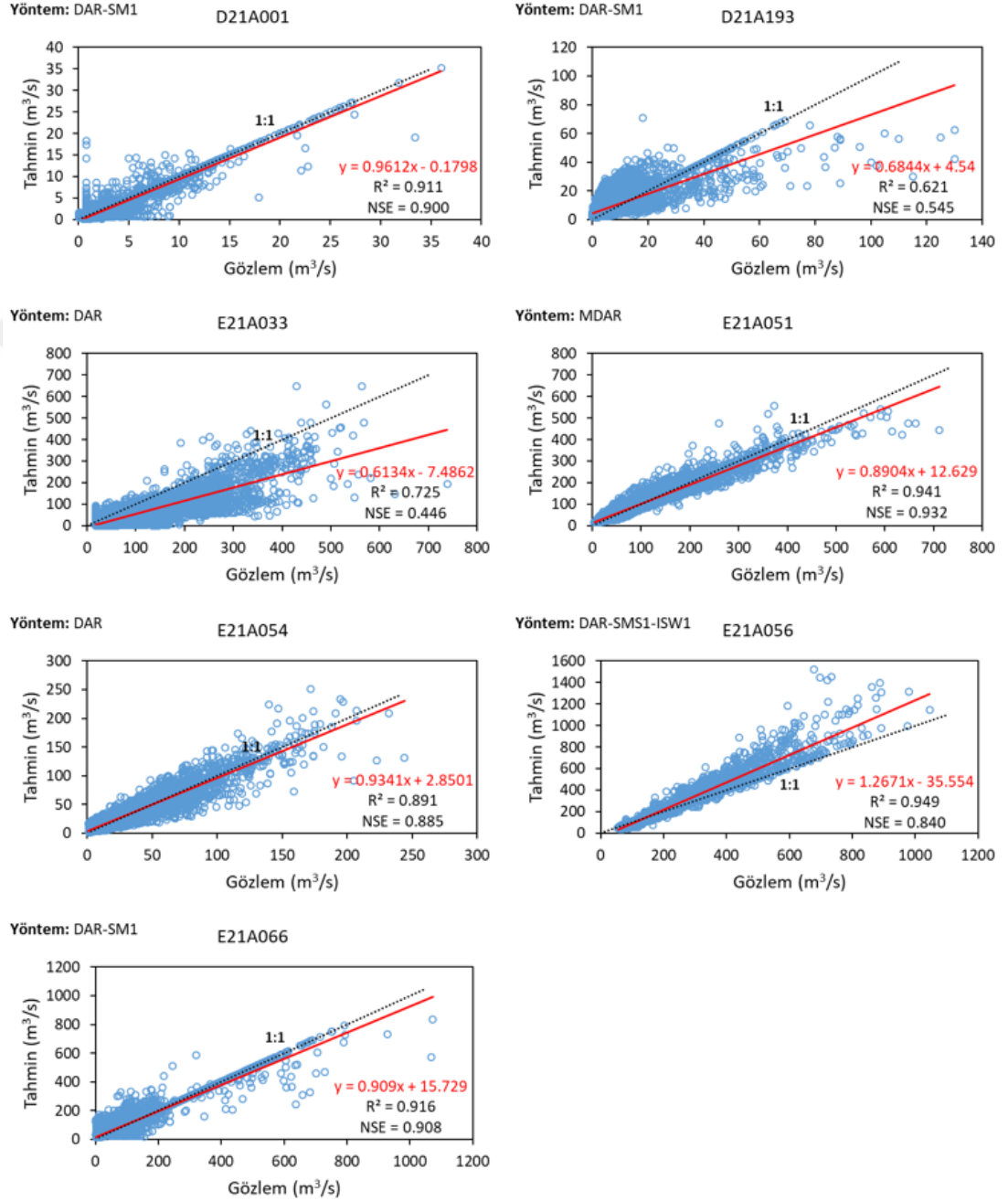


Şekil 5.38 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.

Şekil 5.38'de görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 4'ünde (yani, E21A033, E21A051 ve E21A054 hariç) en iyi 2'li ya da 3'lü birleşim topluluk yöntemleri en iyi tekli yöntemlere göre biraz daha iyi performans göstermiştir. E21A033, E21A051 ve E21A054 hariç tüm hedef istasyonlar için en iyi topluluk yöntemi kullanıldığında en iyi tekli yönteme göre NSE değerinde %9.21 ile %42.30 arasında iyileşme sağlanmıştır. Ortalama iyileşme oranı ise %24.19 bulunmuştur.

1986-2010 döneminde tüm istasyonlarda gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akımların ortalaması arasındaki mutlak bağıl hatalar, fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %3.56 ile %47.03 ve %3.56 ile %51.73 aralığında değişmektedir. Ortalama mutlak bağıl hatalar ise en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %22.37 ve %19.69 olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama mutlak hata değerlerine göre günlük akımların ortalamasını tahmin etmede en iyi topluluk yöntemi daha başarılı olmuştur.

Çizelge 5.81, Çizelge 5.99 ve Çizelge 5.102 (bkz. sayfa 136, 156 ve 157) karşılaştırılarak her bir istasyon için en iyi performansa sahip yöntem (tekli ya da topluluk) belirlenmiştir. Her bir istasyon için, bu en iyi yöntem kullanılarak elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri Şekil 5.39’da verilmiştir.



Şekil 5.39 : Yukarı Fırat Havzası’nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.

Şekil 5.39’da görüldüğü gibi, gözlemlenen akım değerlerine en yakın tahminler E21A056 istasyonu için yapılmıştır, DAR-SMS1-ISW1 3’lü birleşim topluluk yöntemi için R^2 değeri 0.949 olarak hesaplanmıştır. Gözlemlenen akım değerlerinden en uzak tahminler D21A193 istasyonu için yapılmıştır ve DAR-SM1 2’li birleşim topluluk yöntemi için R^2 değeri 0.621 olarak hesaplanmıştır.

Korelasyon yaklaşımına göre topluluk yöntemlerinin sonuçları

Korelasyon yaklaşımına göre oluşturulan topluluk yöntemleri aşağıda verilmiştir:

a) 2’li birleşim: DAR ve SM1; DAR ve SMS1; MDAR ve IDW1.

b) 3’lü birleşim: DAR, SM1 ve IDW1; DAR, SMS1 ve IDW1.

Bu oluşturulan topluluk yöntemlerinde, DAR, SM1 ve SMS1 yöntemlerinin en korelasyonlu kaynak istasyon ile, MDAR ve IDW1 yöntemlerinin en korelasyonlu üç kaynak istasyon ile elde edilen tahminleri kullanılmıştır.

2’li birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM1 için Çizelge 5.103’te, DAR-SMS1 için Çizelge 5.104’te ve MDAR-IDW1 için ise Çizelge 5.105’te verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 2’li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.106’da verilmiştir. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3’e eşit ve 0.3’ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.103 : Yukarı Fırat Havzası’nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SM1 2’li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM1 2’li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.763	0.900	0.764	0.771	0.662
D21A193	0.329	0.344	0.330	0.329	0.341
E21A033	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019	-0.019
E21A051	0.845	0.846	0.846	0.845	0.846
E21A054	0.861	0.876	0.874	0.868	0.882
E21A056	0.625	0.813	0.768	0.747	0.398
E21A066	0.650	0.908	0.677	0.717	0.647

Çizelge 5.103’te görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 5’inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2’sinde PBIAS’a dayalı ağırlıklı DAR-SM1 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SM1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.84 ve Çizelge 5.85, sayfa 138 ve

139), 7 hedef istasyonun 2'sinde eşit ağırlıklı, 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A001 ve E21A066 istasyonları için DAR ve SM1 tahminleri, DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir. E21A033 istasyonu için DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlık yaklaşımlarıyla aynı NSE değerleri elde edilmiştir. Çünkü E21A033 istasyonu için DAR ve SM1 yöntemlerinin NSE, RSR ve PBIAS değerleri birbirine çok yakındır, dolayısıyla tüm yaklaşımlarda DAR-SM1 2'li birleşim topluluk yönteminde tekli yöntemlerin ağırlıkları yaklaşık olarak eşittir. Benzer şekilde, E21A051 için tüm ağırlıklı yaklaşımlarla aynı NSE değerinin elde edilmesi aynı nedenden kaynaklanmıştır.

Çizelge 5.104 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS1 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.642	0.873	0.687	0.742	0.351
D21A193	0.341	0.422	0.342	0.342	0.277
E21A033	0.069	0.081	0.083	0.076	0.069
E21A051	0.867	0.886	0.868	0.867	0.868
E21A054	0.870	0.878	0.876	0.873	0.883
E21A056	0.687	0.835	0.773	0.758	0.525
E21A066	0.561	0.772	0.700	0.691	0.698

Çizelge 5.104'te görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 5'inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR ve SMS1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.84 ve Çizelge 5.85, sayfa 138 ve 139), 7 hedef istasyonun 3'ünde eşit ağırlıklı, 5'inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 5'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 4'ünde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. E21A051 istasyonu için DAR ve SMS1 tahminleri, DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.105 : Yukarı Fırat Havzası’nda korelasyon yaklaşımına göre MDAR-IDW1 2’li birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	MDAR-IDW1 2’li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.639	0.639	0.639	0.639	0.639
D21A193	0.332	0.436	0.394	0.368	0.427
E21A033	-0.134	-0.129	-0.131	-0.133	-0.132
E21A051	-0.231	-0.225	-0.212	-0.221	-0.220
E21A054	-2.081	-0.661	0.212	-0.069	-0.064
E21A056	-0.323	-0.139	0.141	-0.024	0.091
E21A066	0.676	0.713	0.722	0.703	0.737

Çizelge 5.105’te görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 3’ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3’ünde NSE’ye dayalı ağırlıklı, 1’inde PBIAS’a dayalı ağırlıklı, MDAR-IDW1 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, MDAR ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.84 ve Çizelge 5.86, sayfa 138 ve 139), 7 hedef istasyonun 1’inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı MDAR-IDW1 2’li birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değeri elde edilmiştir.

Çizelge 5.106 : Yukarı Fırat Havzası’nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi 2’li birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	DAR-SM1 ^b	0.900 ¹	1.014	0.316	10.419 ¹
D21A193	MDAR-IDW1 ^b	0.436 ³	7.249	0.751	-42.938 ²
E21A033	DAR-SMS1 ^c	0.083 ⁴	78.716	0.957	63.627 ³
E21A051	DAR-SMS1 ^b	0.886 ¹	25.357	0.338	-29.244 ²
E21A054	DAR-SMS1 ^e	0.883 ¹	9.142	0.342	-9.447 ¹
E21A056	DAR-SMS1 ^b	0.835 ¹	48.087	0.406	7.157 ¹
E21A066	DAR-SM1 ^b	0.908 ¹	29.621	0.302	-11.002 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE’ye dayalı ağırlıklı,

^d RSR’ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS’a dayalı ağırlıklı.

Çizelge 5.106’da görüldüğü gibi, NSE değerleri için 7 hedef istasyonun 5’i “çok iyi”, 1’i “yeterli”, 1’i “yetersiz” sınıfındadır. RSR değerleri için 7 hedef istasyonun 5’i yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7’den daha az). D21A193, E21A051, E21A054 ve E21A066 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A001, E21A033 ve E21A056 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

3'lü birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen tahminlerin NSE değerleri DAR-SM1-IDW1 için Çizelge 5.107'de ve DAR-SMS1-IDW1 için Çizelge 5.108'de verilmiştir. Her bir hedef istasyon için en iyi 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi Çizelge 5.109'da verilmiştir. Negatif NSE değerleri kırmızı renkte, 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.107 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SM1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SM1-IDW1 3'lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.776	0.890	0.737	0.760	0.754
D21A193	0.389	0.439	0.400	0.395	0.345
E21A033	-0.043	-0.039	-0.041	-0.042	-0.040
E21A051	0.722	0.841	0.845	0.837	0.840
E21A054	0.759	0.863	0.872	0.853	0.882
E21A056	0.413	0.834	0.774	0.753	0.390
E21A066	0.626	0.874	0.725	0.702	0.712

Çizelge 5.107'de görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 5'inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SM1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SM1 ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.84-Çizelge 5.86, sayfa 138 ve 139), 7 hedef istasyonun 2'sinde eşit ağırlıklı, 3'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 2'sinde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SM1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. D21A001 ve E21A066 istasyonları için DAR, SM1 ve IDW1 tahminleri, DAR-SM1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yönteminin tüm ağırlıklı yaklaşımlarıyla iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.108'de görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DAR, SMS1 ve IDW1 yöntemleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 5.84-Çizelge 5.86, sayfa 138 ve 139), 7 hedef istasyonun 1'inde eşit ağırlıklı, 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 4'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde RSR'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı DAR-SMS1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemiyle daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.108 : Yukarı Fırat Havzası’nda korelasyon yaklaşımına göre DAR-SMS1-IDW1 3’lü birleşim topluluk yöntemi için NSE değerleri.

İstasyon Numarası	DAR-SMS1-IDW1 3’lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	Eşit ağırlıklı	Mutlak hataya dayalı ağırlıklı	NSE’ye dayalı ağırlıklı	RSR’ye dayalı ağırlıklı	PBIAS’a dayalı ağırlıklı
D21A001	0.748	0.870	0.670	0.726	0.614
D21A193	0.388	0.471	0.400	0.394	0.283
E21A033	0.015	0.029	0.038	0.027	0.022
E21A051	0.702	0.852	0.866	0.849	0.853
E21A054	0.770	0.869	0.874	0.860	0.883
E21A056	0.466	0.842	0.777	0.761	0.514
E21A066	0.564	0.743	0.711	0.675	0.714

Çizelge 5.109 : Yukarı Fırat Havzası’nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi 3’lü birleşim topluluk yönteminin performansının değerlendirilmesi.

İstasyon Numarası	Yöntem	NSE	RMSE	RSR	PBIAS
D21A001	DAR-SM1-IDW1 ^b	0.890 ¹	1.063	0.331	16.855 ¹
D21A193	DAR-SMS1-IDW1 ^b	0.471 ³	7.021	0.727	3.134 ¹
E21A033	DAR-SMS1-IDW1 ^c	0.038 ⁴	80.633	0.981	65.381 ³
E21A051	DAR-SMS1-IDW1 ^c	0.866 ¹	27.512	0.366	-32.704 ²
E21A054	DAR-SMS1-IDW1 ^e	0.883 ¹	9.166	0.343	-10.017 ¹
E21A056	DAR-SMS1-IDW1 ^b	0.842 ¹	47.133	0.398	-4.494 ¹
E21A066	DAR-SM1-IDW1 ^b	0.874 ¹	34.798	0.355	-18.404 ¹

¹ Çok iyi, ² İyi, ³ Yeterli, ⁴ Yetersiz.

^a Eşit ağırlıklı, ^b Mutlak hataya dayalı ağırlıklı, ^c NSE’ye dayalı ağırlıklı,

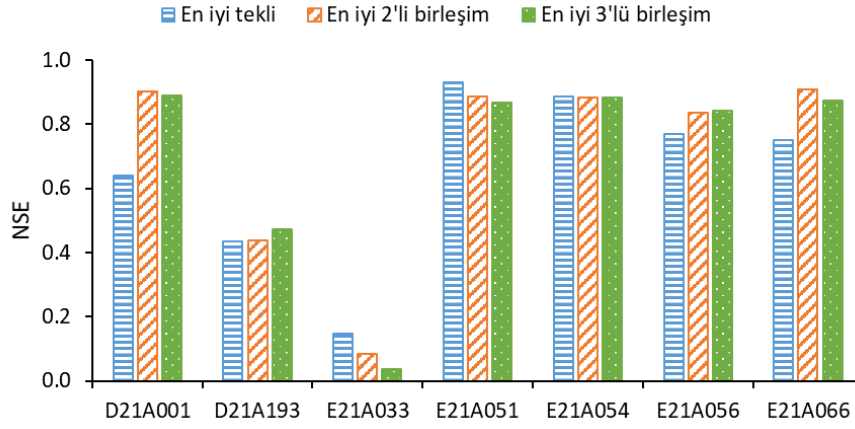
^d RSR’ye dayalı ağırlıklı, ^e PBIAS’a dayalı ağırlıklı.

Çizelge 5.109’da görüldüğü gibi, NSE değerleri için 7 hedef istasyonun 5’i “çok iyi”, 1’i “yeterli”, 1’i “yetersiz” sınıfındadır. RSR değerleri için 7 hedef istasyonun 5’i yeterli veya üstü sınıfındadır (yani, 0.7’den daha az). E21A051, E21A054, E21A056 ve E21A066 için negatif PBIAS değerleri, yöntemin yüksek tahmin etme eğiliminde, D21A001, D21A193 ve E21A033 için pozitif PBIAS değerleri yöntemin düşük tahmin etme eğiliminde olduğunu gösterir.

Korelasyon yaklaşımına göre, her bir istasyon için elde edilen en iyi tekli, 2’li ve 3’lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması Şekil 5.40’da verilmiştir.

Şekil 5.40’ta görüldüğü gibi, 7 hedef istasyonun 3’ünde (yani, E21A033, E21A051 ve E21A054) en iyi tekli yöntemler, diğer 4’ünde (yani, D21A001, D21A193, E21A056 ve E21A066) en iyi 2’li ya da 3’lü birleşim topluluk yöntemleri biraz daha iyi performans göstermiştir. E21A033, E21A051 ve E21A054 hariç tüm hedef istasyonlar için en iyi topluluk yöntemi kullanıldığında en iyi tekli yönteme göre NSE değerinde

%8.64 ile %40.61 arasında iyileşme sağlanmıştır. Ortalama iyileşme oranı ise %19.92 bulunmuştur.

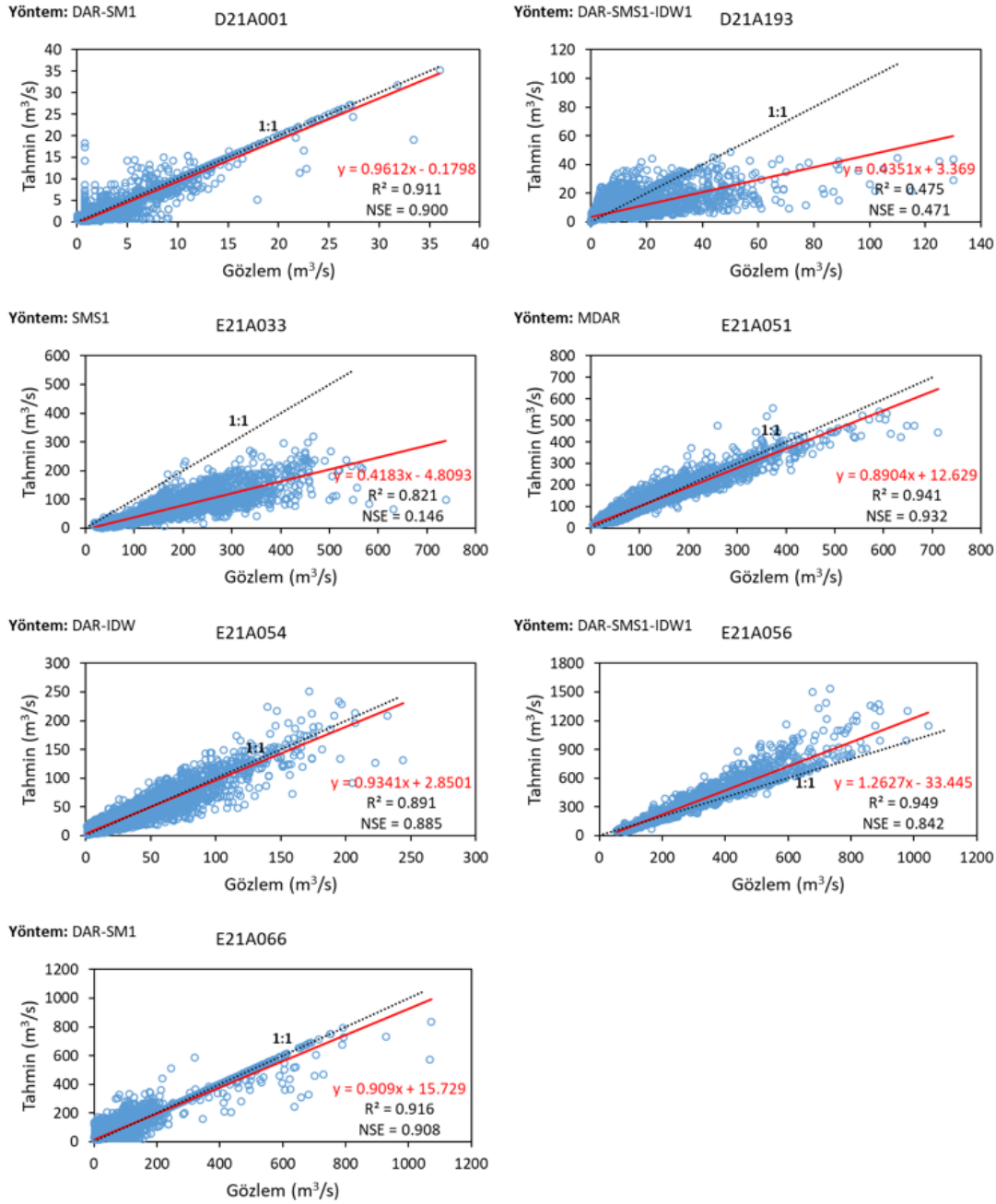


Şekil 5.40 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri arasındaki NSE performanslarının karşılaştırılması.

1986-2010 döneminde tüm istasyonlarda gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akımların ortalaması arasındaki mutlak bağıl hatalar, korelasyon yaklaşımına göre en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %7.89 ile %63.55 ve %3.13 ile %63.63 aralığında değişmektedir. Ortalama mutlak bağıl hatalar ise en iyi tekli yöntem ve en iyi topluluk yöntemi için sırasıyla %26.29 ve %18.77 olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama mutlak hata değerlerine göre günlük akımların ortalamasını tahmin etmede en iyi topluluk yöntemi daha başarılı olmuştur.

Çizelge 5.87, Çizelge 5.106 ve Çizelge 5.109 (bkz. sayfa 140, 162 ve 164) karşılaştırılarak her bir istasyon için en iyi performansa sahip yöntem (tekli ya da topluluk) belirlenmiştir. Her bir istasyon için, bu en iyi yöntem kullanılarak elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri Şekil 5.41'de verilmiştir.

Şekil 5.41'de görüldüğü gibi, gözlemlenen akım değerlerine en yakın tahminler E21A056 istasyonu için yapılmıştır, DAR-SMS1-IDW1 3'lü birleşim topluluk yöntemi için R^2 değeri 0.949 olarak hesaplanmıştır. Gözlemlenen akım değerlerinden en uzak tahminler D21A193 istasyonu için yapılmıştır ve DAR-SMS1-IDW1 3'lü birleşimi için R^2 değeri 0.475 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.41 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre her bir istasyon için en iyi yöntem ile elde edilen tahmin ve gözlemlenen akım değerlerinin saçılma grafikleri.

Performans ağırlıklı topluluk yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 5.92'deki coğrafi yakınlık yaklaşımına göre (bkz. sayfa 149) en iyi 2'li birleşim topluluk yöntemleri 7 hedef istasyonun 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Çizelge 5.99'daki fiziksel benzerlik yaklaşımına göre (bkz. sayfa 156) en iyi 2'li birleşim topluluk yöntemleri 7 hedef istasyonun 5'inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye

dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Çizelge 5.106'daki korelasyon yaklaşımına göre (bkz. sayfa 162) en iyi 2'li birleşim topluluk yöntemleri 7 hedef istasyonun 5'inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Bu sonuçlara göre, mutlak hataya dayalı ağırlıklı 2'li birleşim topluluk yöntemi diğer ağırlıklı 2'li birleşim topluluk yöntemlerine göre genellikle daha üstündür.

Çizelge 5.95'teki coğrafi yakınlık yaklaşımına göre (bkz. sayfa 151) en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri 7 hedef istasyonun 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 3'ünde NSE'ye dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Çizelge 5.102'deki fiziksel benzerlik yaklaşımına göre (bkz. sayfa 157) en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri 7 hedef istasyonun 5'inde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 1'inde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Çizelge 5.109'daki korelasyon yaklaşımına göre (bkz. sayfa 164) en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri 7 hedef istasyonun 4'ünde mutlak hataya dayalı ağırlıklı, 2'sinde NSE'ye dayalı ağırlıklı, 1'inde PBIAS'a dayalı ağırlıklı daha iyi performans göstermiştir. Bu sonuçlara göre, mutlak hataya dayalı ağırlıklı 3'lü birleşim topluluk yöntemi diğer ağırlıklı 3'lü birleşim topluluk yöntemlerine göre genellikle daha üstündür.

Çizelge 5.92, Çizelge 5.99 ve Çizelge 5.106'daki (bkz. sayfa 149, 156 ve 162) en iyi 2'li birleşim topluluk yöntemleri ile Çizelge 5.95, Çizelge 5.102 ve Çizelge 5.109'daki (bkz. sayfa 151, 157 ve 164) en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemleri karşılaştırıldığında, 2'li birleşim topluluk yöntemleri, 3'lü birleşim topluluk yöntemlerine göre genelde daha iyi performans göstermiştir.

Şekil 5.36, Şekil 5.38 ve Şekil 5.40'a göre (bkz. sayfa 152, 158 ve 165), en iyi tekli yöntemler ile karşılaştırıldığında en iyi 2'li ya da 3'lü birleşim topluluk yöntemleri, 7 hedef istasyonun 4'ünde hem coğrafi yakınlık hem fiziksel benzerlik hem de korelasyon yaklaşımlarıyla daha iyi performans göstermiştir. Sonuç olarak, fiziksel benzerlik yaklaşımı hem coğrafi yakınlık yaklaşımına hem de korelasyon yaklaşımına göre daha üstündür.

Örneğin, E21A051 hedef istasyonu için en iyi 2'li birleşim topluluk yöntemi fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS1 ile elde edilmiştir. Çalışmada uygulanan

ağırlıklı yaklaşımlara ek olarak, NSE-RSR'ye dayalı ağırlıklı ve NSE-RSR-PBIAS'a dayalı ağırlıklı yaklaşımlar da uygulanmış ve sonuçlar NSE'nin yanı sıra RSR ve PBIAS ölçütlerine göre de değerlendirilmiştir (Çizelge 5.110). 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.110 : Yukarı Fırat Havzası'nda E21A051 istasyonu için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yönteminin farklı ağırlıklı yaklaşımlarının performansının değerlendirilmesi.

Performans Ölçütü	DAR-SMS1 2'li Birleşim Topluluk Yöntemi				
	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı	NSE-RSR'ye dayalı ağırlıklı	NSE-RSR-PBIAS'a dayalı ağırlıklı
NSE	0.883	0.879	0.884	0.880	0.884
RSR	0.342	0.348	0.341	0.347	0.341
PBIAS	-3.478	-7.367	5.270	-6.832	5.266

Çizelge 5.110'da görüldüğü gibi, DAR-SMS1 2'li birleşim topluluk yönteminin ağırlıklı yaklaşımlarıyla birbirlerine çok yakın NSE ve RSR değerleri elde edilmiştir. NSE ve RSR değerlerine göre PBIAS'a dayalı ağırlıklı ve NSE-RSR-PBIAS'a dayalı ağırlıklı yaklaşımlar en iyi sonucu vermiştir. NSE'ye dayalı ağırlıklı yaklaşım ile PBIAS değeri diğer yaklaşımlara göre biraz daha iyileştirilmiştir.

Örneğin, E21A051 hedef istasyonu için en iyi 3'lü birleşim topluluk yöntemi fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS1-ISW1 ile elde edilmiştir. Çalışmada uygulanan ağırlıklı yaklaşımlara ek olarak, NSE-RSR'ye dayalı ağırlıklı ve NSE-RSR-PBIAS'a dayalı ağırlıklı yaklaşımlar da uygulanmış ve sonuçlar NSE'nin yanı sıra RSR ve PBIAS ölçütlerine göre de değerlendirilmiştir (Çizelge 5.111). 0.3'e eşit ve 0.3'ten büyük NSE değerleri ve ± 70 aralığında olan PBIAS değerleri çizelgede koyu renkte gösterilmiştir.

Çizelge 5.111'de görüldüğü gibi, DAR-SMS1-ISW1 3'lü birleşim topluluk yönteminin ağırlıklı yaklaşımlarıyla birbirlerine çok yakın NSE ve RSR değerleri elde edilmiştir. NSE ve RSR değerlerine göre NSE'ye dayalı ağırlıklı ağırlıklı yaklaşım en iyi sonucu vermiştir. PBIAS'a dayalı ağırlıklı ve NSE-RSR-PBIAS'a dayalı ağırlıklı yaklaşımlarla PBIAS değerleri iyileştirilmiştir.

Çizelge 5.111 : Yukarı Fırat Havzası'nda E21A051 istasyonu için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre DAR-SMS1-ISW1 3'lü birleşim topluluk yönteminin farklı ağırlıklı yaklaşımlarının performansının değerlendirilmesi.

Performans Ölçütü	DAR-SMS1-ISW1 3'lü Birleşim Topluluk Yöntemi				
	NSE'ye dayalı ağırlıklı	RSR'ye dayalı ağırlıklı	PBIAS'a dayalı ağırlıklı	NSE-RSR'ye dayalı ağırlıklı	NSE-RSR-PBIAS'a dayalı ağırlıklı
NSE	0.892	0.887	0.889	0.888	0.889
RSR	0.328	0.336	0.333	0.335	0.333
PBIAS	-9.245	-13.674	3.411	-13.101	3.403

5.2.2.3 Bölgesel istatistiksel parametrelerin hesaplanması

Yukarı Fırat Havzası'ndaki her bir istasyon için yıllık uzun dönem ortalama tahmini Çizelge 5.112'de, yıllık uzun dönem standart sapma tahmini Çizelge 5.113'te verilmiştir. Bu çizelgelerde elde edilen tahminler SM1 ve SMS1 yöntemlerinde kullanılmıştır. Regresyon denklemlerinde drenaj alanı ve kanal uzunluğunun önemli değişkenler olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.112 : Yukarı Fırat Havzası için yıllık uzun dönem ortalama tahmini.

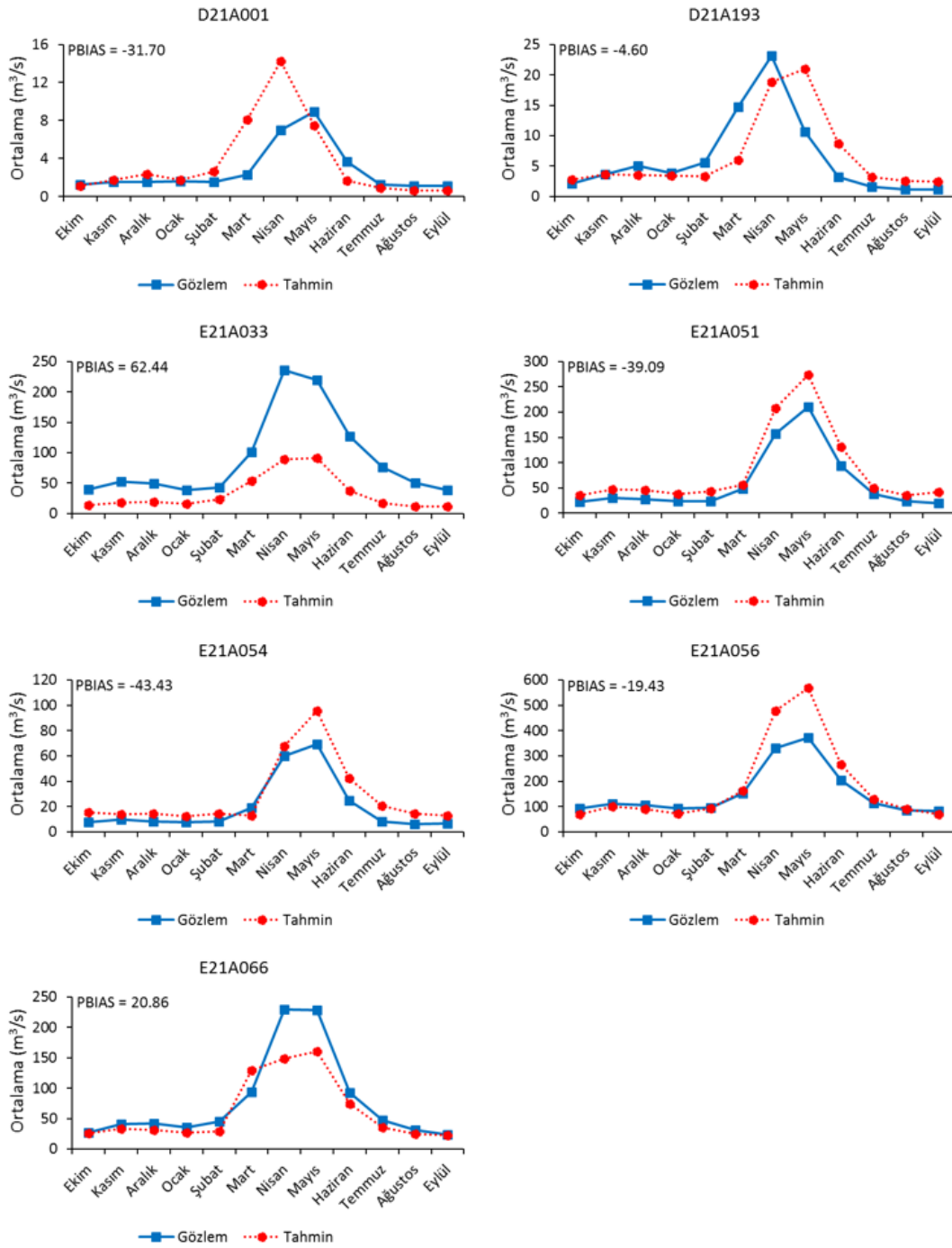
İstasyon Numarası	Değişken	R ²	Tahmin (m ³ /s)	Gözlem (m ³ /s)	%RE
D21A001	A	0.820	3.419	2.749	-24.38
D21A193	A	0.882	6.538	6.314	-3.56
E21A033	A	0.968	32.410	89.384	63.74
E21A051	KU	0.930	78.705	60.232	-30.67
E21A054	KU	0.931	24.562	19.683	-24.79
E21A056	A	0.880	173.891	153.573	-13.23
E21A066	A	0.905	57.412	78.260	26.64

Çizelge 5.113 : Yukarı Fırat Havzası için yıllık uzun dönem standart sapma tahmini.

İstasyon Numarası	Değişken	R ²	Tahmin (m ³ /s)	Gözlem (m ³ /s)	%RE
D21A001	A	0.831	6.079	3.209	-89.40
D21A193	KU	0.920	8.382	9.654	13.18
E21A033	A	0.956	37.947	82.214	53.84
E21A051	KU	0.928	80.424	75.098	-7.09
E21A054	KU	0.932	28.149	26.751	-5.23
E21A056	A	0.917	202.825	118.522	-71.13
E21A066	KU	0.924	94.096	97.929	3.91

SM12 ve SMS12 yöntemlerinde kullanılmak üzere her ay için bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu regresyon denklemlerinden elde edilen uzun dönem ortalama ve standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerler karşılaştırılmıştır. Yukarı Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem ortalama tahminleri ile

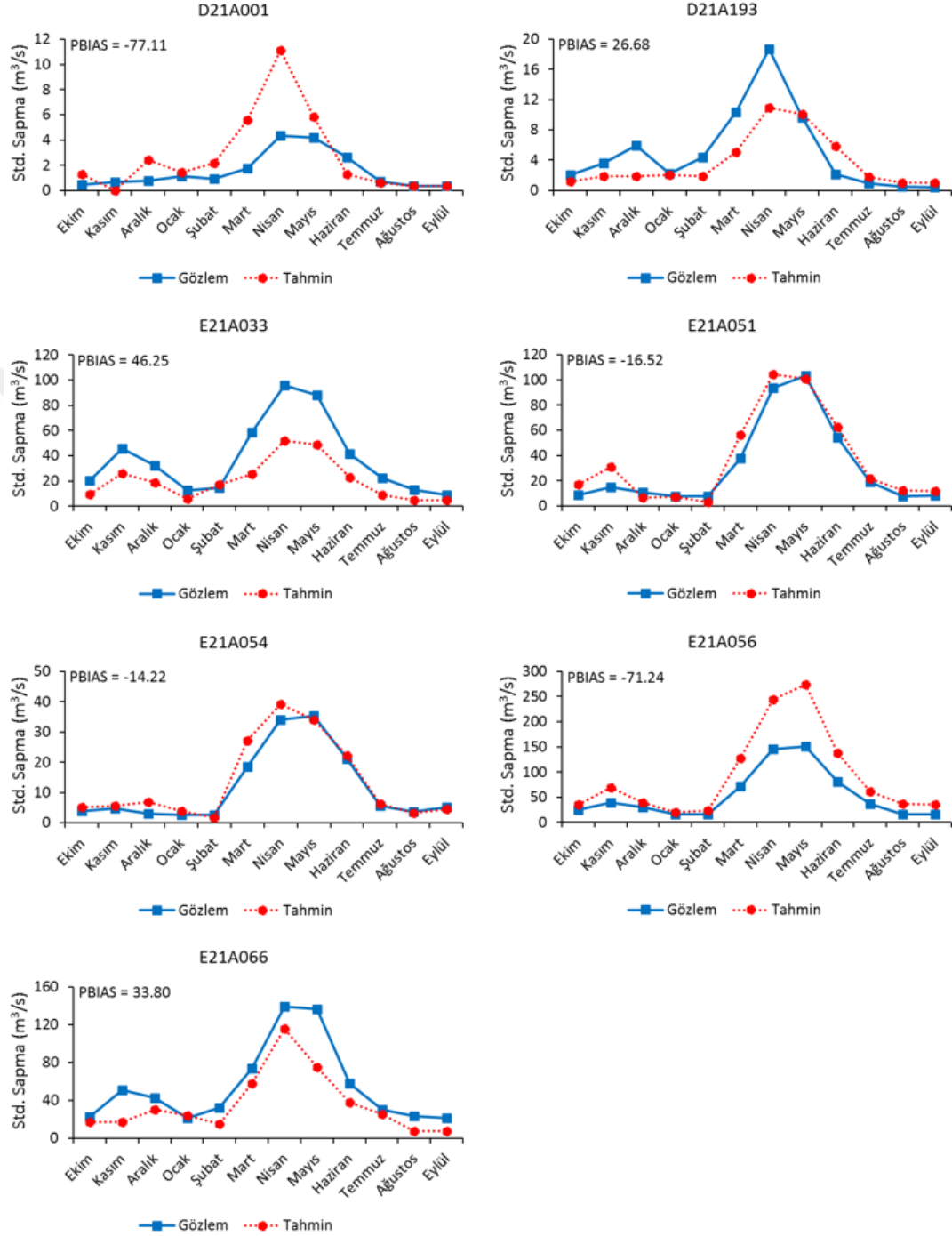
gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması Şekil 5.42’de, aylık uzun dönem standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması Şekil 5.43’te verilmiştir.



Şekil 5.42 : Yukarı Fırat Havzası’ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem ortalama tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.

Şekil 5.42’de görüldüğü gibi, aylık uzun dönem ortalama akım tahminleri için mutlak PBIAS değerleri 4.60 ile 62.44 aralığında değişmektedir. Özellikle D21A193 istasyonunun aylık uzun dönem ortalama tahminleri gözlemlenen değerlere en yakın

sonucu vermiştir. PBIAS değerlerine göre, D21A001, D21A193, E21A051, E21A054 ve E21A056 için aylık uzun dönem ortalamalar yüksek tahmin edilirken, E21A033 ve E21A066 için aylık uzun dönem ortalamalar düşük tahmin edilmiştir.



Şekil 5.43 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için aylık uzun dönem standart sapma tahminleri ile gözlemlenen değerlerin karşılaştırılması.

Şekil 5.43'te görüldüğü gibi, aylık uzun dönem standart sapma tahminleri için mutlak PBIAS değerleri 14.22 ile 77.11 aralığında değişmektedir. D21A001 ve E21A056

istasyonlarının aylık uzun dönem standart sapma tahminleri yetersizdir. PBIAS değerlerine göre, D21A001, E21A051, E21A054 ve E21A056 için aylık uzun dönem ortalamalar yüksek tahmin edilirken, D21A193, E21A033 ve E21A066 için aylık uzun dönem ortalamalar düşük tahmin edilmiştir.

5.2.2.4 Debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi ve güven aralıkları

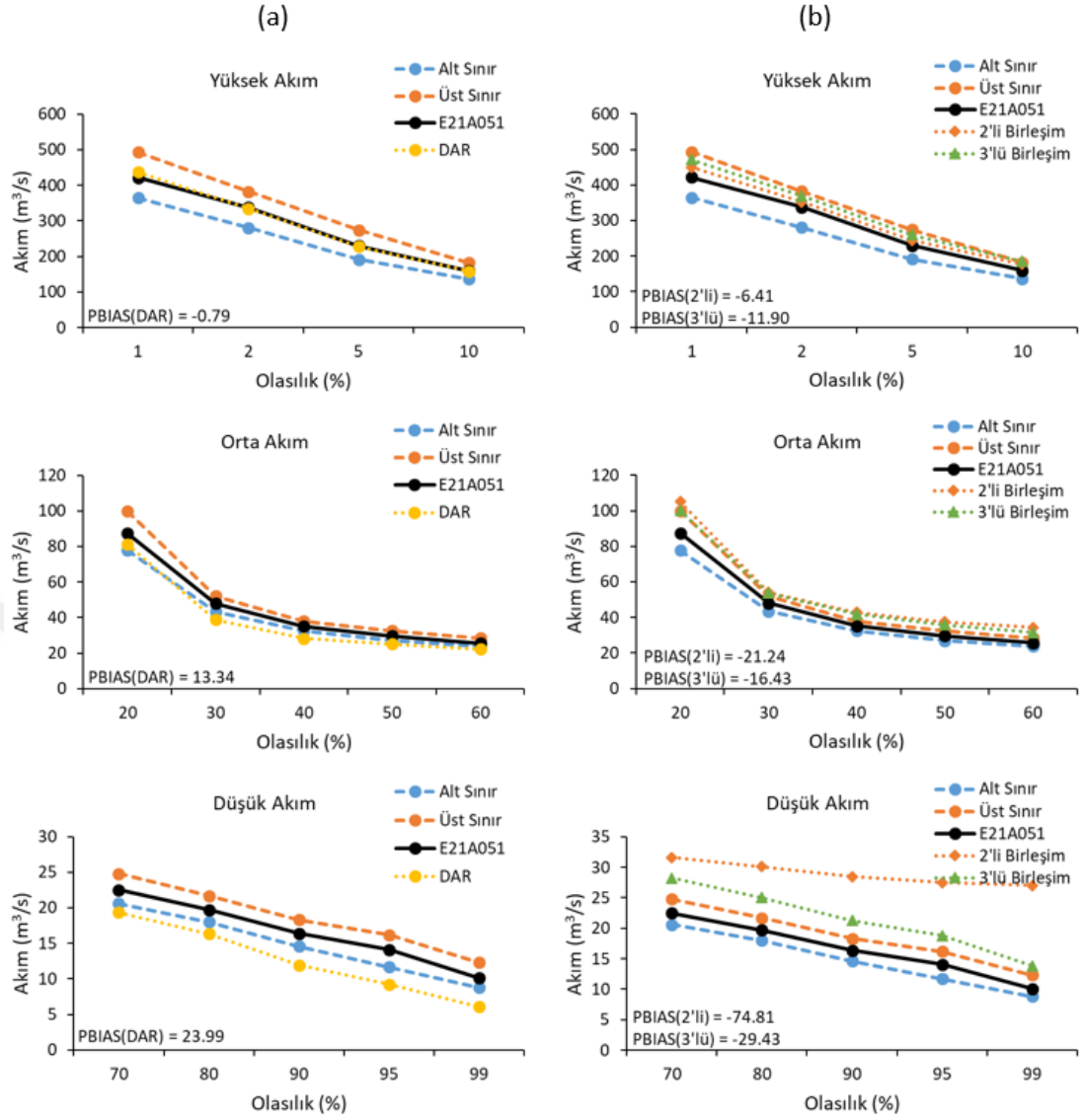
Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon yaklaşımlarına göre her bir istasyon için DAR yöntemi, NSE değerlerine göre en iyi tekli, 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinden elde edilen akım tahminleri kullanılarak debi süreklilik eğrileri (DSE) elde edilmiştir. Gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akımlar kullanılarak elde edilen DSE'lerin farklı hidrolojik koşullar (yüksek akım, orta akım, düşük akım) için seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım değerleri karşılaştırılmıştır. DSE'lerden elde edilen sonuçlar güven aralıkları ile birlikte coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon kaynak istasyon seçimi yaklaşımlarına göre ayrı başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre debi süreklilik eğrilerinin sonuçları

Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre tahmin edilen akımlardan elde edilen DSE'lerin seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımları için en iyi sonuçlar (E21A051 istasyonu) Şekil 5.44'te verilmiştir.

Şekil 5.44'te verilen E21A051 istasyonuna ait PBIAS değerlerine göre, hem tekli hem de topluluk yöntemleri yüksek akımlarda yüksek tahmin etme eğilimindedir. Orta ve düşük akımlarda tekli yöntem düşük tahmin etme eğilimindeyken, topluluk yöntemleri yüksek tahmin etme eğilimindedir. Elde edilen en iyi sonuçlar, yüksek akım ($PBIAS(DAR) = -0.79$), orta akım ($PBIAS(DAR) = 13.34$) ve düşük akım ($PBIAS(DAR) = 23.99$) için “çok iyi” sınıfındadır.

Yüksek akımlarda, hem tekli hem de topluluk yöntemleri için tüm değerler güven aralıkları içinde kalmaktadır. Orta akımlarda, DAR yöntemi için Q_{20} güven aralıkları içinde kalmaktadır. Ancak orta akımlarda güven aralıkları içinde kalmayan aşılma olasılığına sahip akımlar gözlemlenen değerlere çok yakındır. Düşük akımlarda tüm yöntemler için akımlar güven aralığı dışında kalmaktadır (Şekil 5.44).



Şekil 5.44 : Yukarı Fırat Havzası'nda coğrafi yakınlık yaklaşımına göre E21A051 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

Yukarı Fırat Havzası'nda her bir istasyon için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre en iyi performansa sahip yöntemle (tekli veya topluluk) elde edilen tahminlerin minimum, ortalama, maksimum değerleri ve standart sapması gibi bölgesel bazı tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 5.114'te verilmiştir.

Çizelge 5.114 : Yukarı Fırat Havzası için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.

Yüzdelere	R ²	Gözlem				Tahmin			
		Min	Ort	Max	Std	Min	Ort	Max	Std
Yüksek Akım	Q ₁	0.8159	18.9	336.5	698.0	262.6	19.0	402.0	1255.6
	Q ₂	0.8683	13.3	272.8	577.0	217.3	14.7	311.3	923.6
	Q ₅	0.8876	10.0	190.6	428.0	156.1	11.6	204.1	566.5
	Q ₁₀	0.8684	7.2	138.7	323.0	117.1	9.5	144.8	387.9
Orta Akım	Q ₂₀	0.7742	4.0	83.4	204.0	74.4	6.8	91.6	226.1
	Q ₃₀	0.7569	2.3	55.5	143.0	53.2	5.0	61.9	158.3
	Q ₄₀	0.7277	1.7	42.1	118.0	42.6	3.4	47.1	119.2
	Q ₅₀	0.6828	1.4	35.1	106.0	37.3	2.0	38.5	98.0
	Q ₆₀	0.6528	1.4	30.4	97.6	34.0	1.6	33.1	85.6
Düşük Akım	Q ₇₀	0.6530	1.3	26.9	90.5	31.4	1.4	28.9	77.6
	Q ₈₀	0.6181	1.1	23.7	84.0	29.3	1.4	25.5	69.6
	Q ₉₀	0.5813	0.8	20.2	74.7	26.2	1.2	22.4	62.3
	Q ₉₅	0.4787	0.7	17.4	69.4	24.8	1.2	20.6	59.8
	Q ₉₉	0.2962	0.2	14.1	61.4	22.3	0.9	17.7	45.9

Çizelge 5.114'te görüldüğü gibi, gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasında yakın uyum bulunmaktadır. Yüksek ve orta akımlar için seçilen tüm yüzdelere düşük akımlar için seçilen yüzdelere göre genellikle daha yüksek R² değerine sahiptir.

Su kaynaklarının planlanmasında önemli bir yeri olan nehir tipi hidroelektrik santrali tasarımı yapılırken genelde kullanılan %10-%30 aralığındaki aşılma olasılıklarından %10, %20 ve %30 için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi amacıyla bağıl hatalar hesaplanmıştır. Bu bağıl hataların Yukarı Fırat Havzası için değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

%10 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₁₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.10 ile %79.64 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %44.09'dur. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.10 ile %44.33 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %17.84'tür. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %8.79 ile %49.27 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %19.22'dir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %10 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi tekli yöntem kullanılarak elde edilmiştir.

%20 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₂₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar, %7.19 ile %95.49 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %45.60'dır. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar, %7.19 ile %48.85 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata

%23,00'tür. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar, %3.39 ile %53.38; arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %21.47'dir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %20 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, korelasyon yaklaşımına göre en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

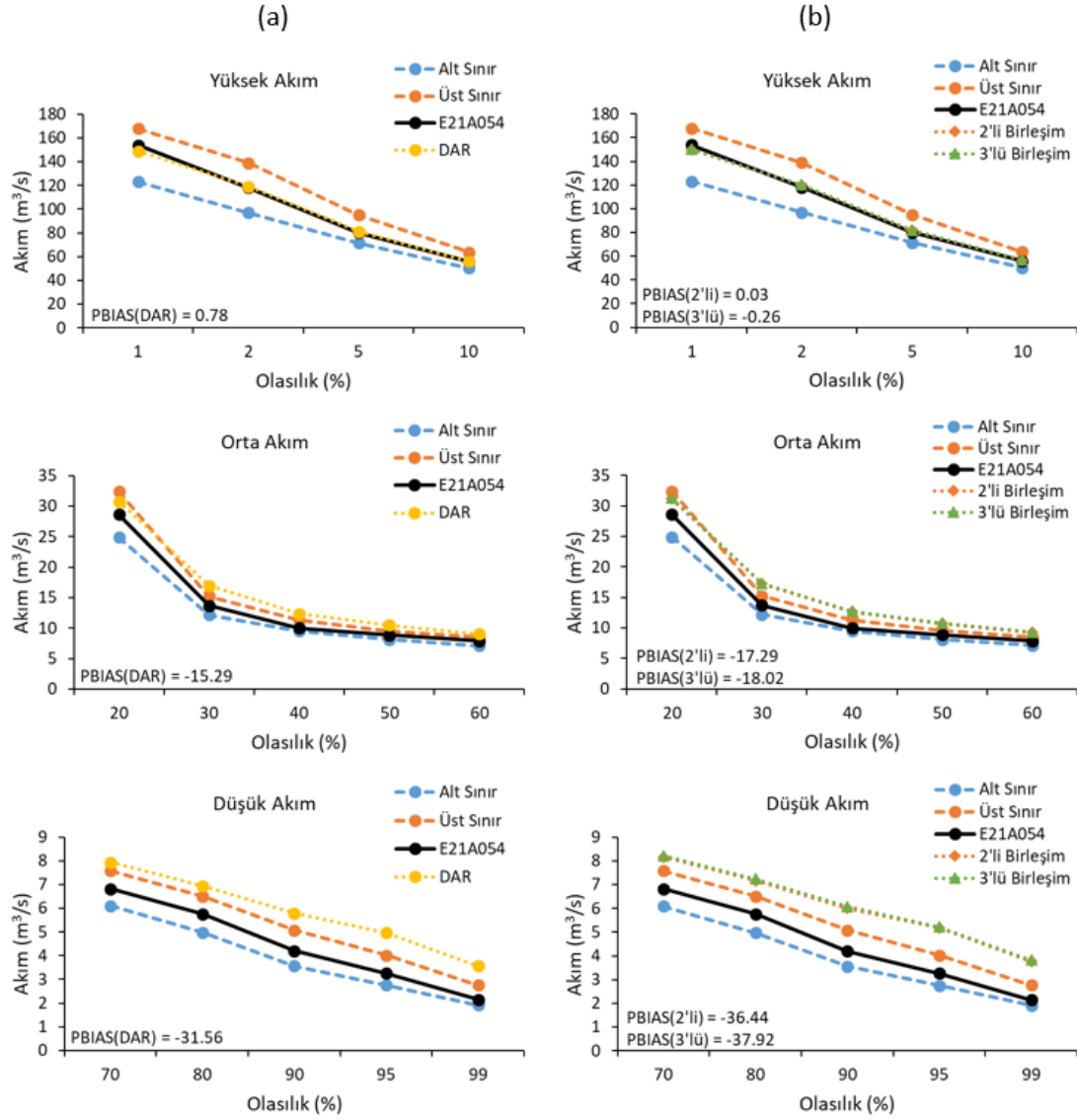
%30 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q_{30}) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %14.37 ile %107.77 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %50.51'dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %10.68 ile %50.56 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %29.50'dir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %6.29 ile %55.62 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %25.86'dır. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %30 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre debi süreklilik eğrilerinin sonuçları

Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre tahmin edilen akımlardan elde edilen DSE'lerin seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımları için en iyi sonuçlar (E21A054 istasyonu) Şekil 5.45'te verilmiştir. Farklı hidrolojik koşullar için her bir yöntemle göre PBIAS değerleri hesaplanmıştır. Yukarı Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlar ve güven aralıkları sonuçları Ek C'de verilmiştir.

Şekil 5.45'te verilen E21A054 istasyonuna ait PBIAS değerlerine göre, yüksek akımlarda hem tekli hem de 2'li birleşim topluluk yöntemleri düşük tahmin etme eğilimindeyken, 3'lü birleşim topluluk yöntemleri yüksek tahmin etme eğilimindedir. Orta ve düşük akımlarda ise hem tekli hem de topluluk yöntemleri yüksek tahmin etme eğilimindedir. Elde edilen en iyi sonuçlar, yüksek akım ($PBIAS(2'li) = 0.03$), orta akım ($PBIAS(DAR) = -15.29$) ve düşük akım ($PBIAS(DAR) = -31.56$) için "çok iyi" veya "iyi" sınıfındadır.

Yüksek akımlarda, hem tekli hem de topluluk yöntemleri için tüm değerler güven aralıkları içinde kalmaktadır. Orta akımlarda, tüm yöntemler için sadece Q_{20} güven aralıkları içinde kalmaktadır. Ancak orta akımlarda güven aralıkları içinde kalmayan aşılma olasılığına sahip akımlar gözlemlenen değerlere çok yakındır. Düşük akımlarda tüm yöntemler için akımlar güven aralığı dışında kalmaktadır (Şekil 5.45).



Şekil 5.45 : Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre E21A054 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

Yukarı Fırat Havzası'nda her bir istasyon için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre en iyi performansa sahip yöntemle (tekli veya topluluk) elde edilen tahminlerin minimum, ortalama, maksimum değerleri ve standart sapması gibi bölgesel bazı tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 5.115'te verilmiştir.

Çizelge 5.115 : Yukarı Fırat Havzası için fiziksel benzerlik yaklaşımına göre akım yüzdelerinin tahmin sonuçları.

Yüzdelere		R ²	Gözlem				Tahmin			
			Min	Ort	Max	Std	Min	Ort	Max	Std
Yüksek Akım	Q ₁	0.9297	18.9	336.5	698.0	262.6	19.0	352.9	912.0	317.7
	Q ₂	0.9412	13.3	272.8	577.0	217.3	14.7	285.5	722.5	255.3
	Q ₅	0.9075	10.0	190.6	428.0	156.1	11.6	193.6	490.8	174.4
	Q ₁₀	0.8705	7.2	138.7	323.0	117.1	9.5	141.2	360.1	128.4
Orta Akım	Q ₂₀	0.7626	4.0	83.4	204.0	74.4	6.8	88.6	214.1	83.3
	Q ₃₀	0.7186	2.3	55.5	143.0	53.2	5.0	59.0	141.0	58.0
	Q ₄₀	0.6993	1.7	42.1	118.0	42.6	3.4	45.7	110.8	46.2
	Q ₅₀	0.6852	1.4	35.1	106.0	37.3	2.0	38.3	98.4	39.9
	Q ₆₀	0.6793	1.4	30.4	97.6	34.0	1.6	33.0	89.7	35.2
Düşük Akım	Q ₇₀	0.6846	1.3	26.9	90.5	31.4	1.4	28.6	81.5	31.1
	Q ₈₀	0.6607	1.1	23.7	84.0	29.3	1.4	25.2	74.0	28.1
	Q ₉₀	0.6239	0.8	20.2	74.7	26.2	1.2	21.7	65.2	24.8
	Q ₉₅	0.4977	0.7	17.4	69.4	24.8	1.2	19.4	59.8	23.4
	Q ₉₉	0.4072	0.2	14.1	61.4	22.3	1.2	16.9	52.9	21.7

Çizelge 5.115'te görüldüğü gibi, gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasında yakın uyum bulunmaktadır. Yüksek akımlar için seçilen tüm yüzdelere orta ve düşük akımlar için seçilen yüzdelere göre genellikle daha yüksek R² değerine sahiptir.

%10, %20 ve %30 aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlarda fiziksel benzerlik yaklaşımına göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi için bağıl hatalar hesaplanmıştır. Bu bağıl hataların Yukarı Fırat Havzası için değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

%10 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₁₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.10 ile %103.61 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %38.77'dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.10 ile %44.33 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %16.38'dir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %1.01 ile %49.27 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %17.01'dir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %10 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi tekli yöntem kullanılarak elde edilmiştir.

%20 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₂₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %7.19 ile %143.76 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %51.96'dır. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %6.79 ile %48.85 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %22.99'dur. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %4.93 ile

%55.57 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %23.59'dur. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %20 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi tekli yöntem kullanılarak elde edilmiştir.

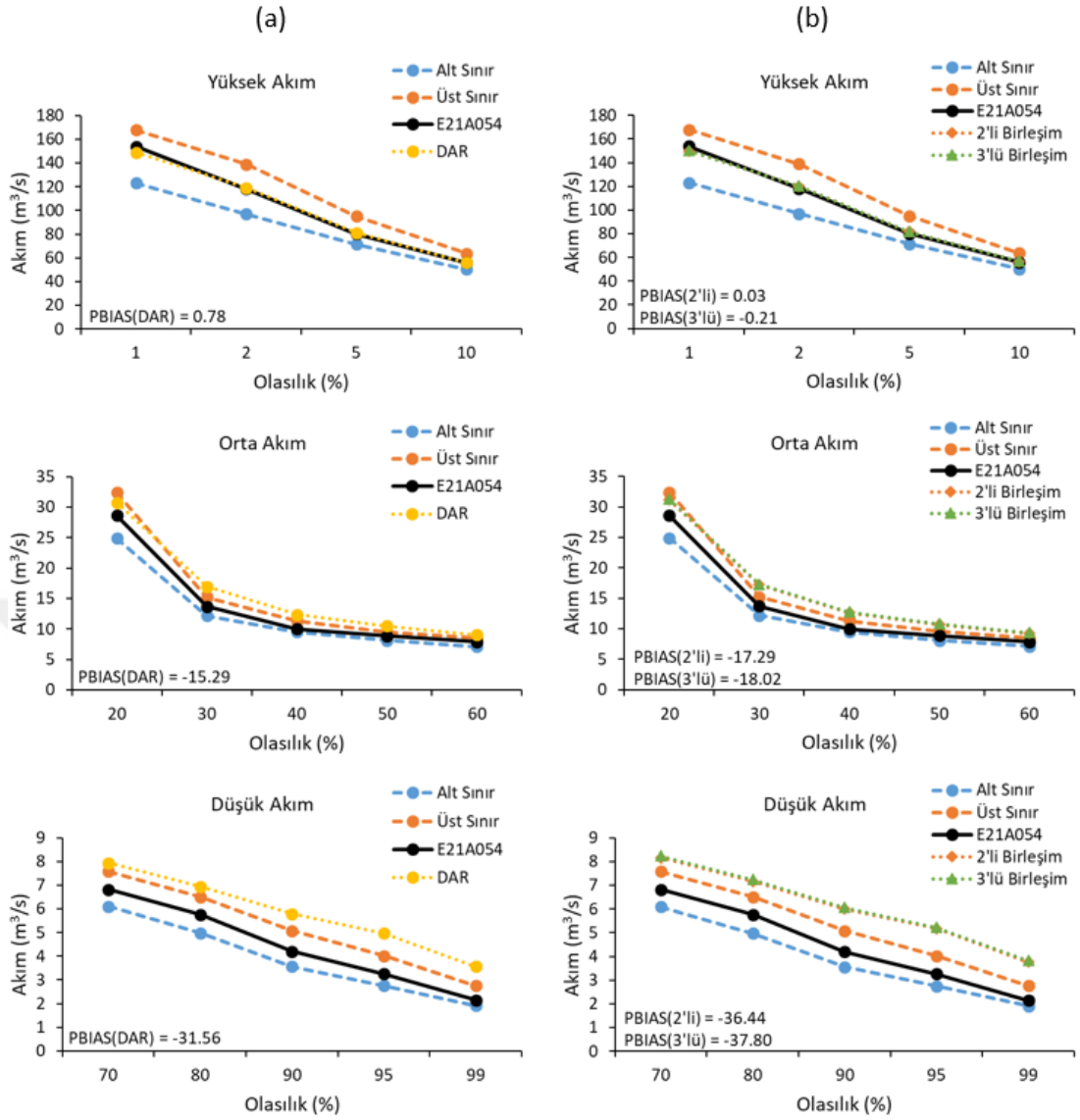
%30 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q_{30}) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %19.05 ile %169.50 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %63.38'dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %9.41 ile %49.54 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %30.28'dir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %3.04 ile %75.44 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %29.26'dır. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %30 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Korelasyon yaklaşımına göre debi süreklilik eğrilerinin sonuçları

Korelasyon yaklaşımına göre tahmin edilen akımlardan elde edilen DSE'lerin seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımları için en iyi sonuçlar (E21A054 istasyonu) Şekil 5.46'da verilmiştir. Farklı hidrolojik koşullar için her bir yöntemle göre PBIAS değerleri hesaplanmıştır.

Şekil 5.46'da verilen E21A054 istasyonuna ait PBIAS değerlerine göre, yüksek akımlarda hem tekli hem de 2'li birleşim topluluk yöntemleri düşük tahmin etme eğilimindeyken, 3'lü birleşim topluluk yöntemleri yüksek tahmin etme eğilimindedir. Orta ve düşük akımlarda ise hem tekli hem de topluluk yöntemleri yüksek tahmin etme eğilimindedir. Elde edilen en iyi sonuçlar, yüksek akım ($PBIAS(2'li) = 0.03$), orta akım ($PBIAS(DAR) = -15.29$) ve düşük akım ($PBIAS(DAR) = -31.56$) için "çok iyi" veya "iyi" sınıfındadır.

Yüksek akımlarda, hem tekli hem de topluluk yöntemleri için tüm değerler güven aralıkları içinde kalmaktadır. Orta akımlarda, tüm yöntemler için sadece Q_{20} güven aralıkları içinde kalmaktadır. Ancak orta akımlarda güven aralıkları içinde kalmayan aşılma olasılığına sahip akımlar gözlemlenen değerlere çok yakındır. Düşük akımlarda tüm yöntemler için akımlar güven aralığı dışında kalmaktadır (Şekil 5.46).



Şekil 5.46 : Yukarı Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımına göre E21A054 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

Yukarı Fırat Havzası'nda her bir istasyon için korelasyon yaklaşımına göre en iyi performansa sahip yöntemle (tekli veya topluluk) elde edilen tahminlerin minimum, ortalama, maksimum değerleri ve standart sapması gibi bölgesel bazı tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 5.116'da verilmiştir.

Çizelge 5.116 : Yukarı Fırat Havzası için korelasyon yaklaşımına göre akım yüzdelерinin tahmin sonuçları.

Yüzdelер	R ²	Gözlem				Tahmin			
		Min	Ort	Max	Std	Min	Ort	Max	Std
Yüksek Akım	Q ₁	0.8510	18.9	336.5	698.0	262.6	19.0	325.9	919.7
	Q ₂	0.8609	13.3	272.8	577.0	217.3	14.7	265.6	723.1
	Q ₅	0.8384	10.0	190.6	428.0	156.1	11.6	186.1	493.1
	Q ₁₀	0.8046	7.2	138.7	323.0	117.1	9.5	136.9	360.3
Orta Akım	Q ₂₀	0.6856	4.0	83.4	204.0	74.4	6.8	88.3	213.6
	Q ₃₀	0.6096	2.3	55.5	143.0	53.2	5.0	59.4	141.0
	Q ₄₀	0.6091	1.7	42.1	118.0	42.6	3.4	46.1	111.7
	Q ₅₀	0.6227	1.4	35.1	106.0	37.3	2.0	39.2	99.6
	Q ₆₀	0.6319	1.4	30.4	97.6	34.0	1.6	34.2	91.0
Düşük Akım	Q ₇₀	0.6525	1.3	26.9	90.5	31.4	1.4	30.1	84.1
	Q ₈₀	0.6442	1.1	23.7	84.0	29.3	1.4	26.9	77.2
	Q ₉₀	0.6130	0.8	20.2	74.7	26.2	1.2	23.1	68.1
	Q ₉₅	0.5300	0.7	17.4	69.4	24.8	1.2	21.0	63.4
	Q ₉₉	0.4160	0.2	14.1	61.4	22.3	0.9	18.4	53.9

Çizelge 5.116’da görüldüğü gibi, gözlemlenen ve tahmin edilen değerler arasında yakın uyum bulunmaktadır. Yüksek akımlar için seçilen tüm yüzdelер orta ve düşük akımlar için seçilen yüzdelere göre genellikle daha yüksek R² değerine sahiptir.

%10, %20 ve %30 aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlarda korelasyon yaklaşımına göre yöntemlerin performansının değerlendirilmesi için bağıl hatalar hesaplanmıştır. Bu bağıl hataların Yukarı Fırat Havzası için değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

%10 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₁₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.10 ile %79.64 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %33.28’dir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %0.10 ile %59.24 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %21.00’dir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %1.01 ile %62.84 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %17.71’dir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %10 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

%20 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q₂₀) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %7.50 ile %95.49 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %39.70’tir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %7.50 ile %64.17 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %29.28’dir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %3.39 ile

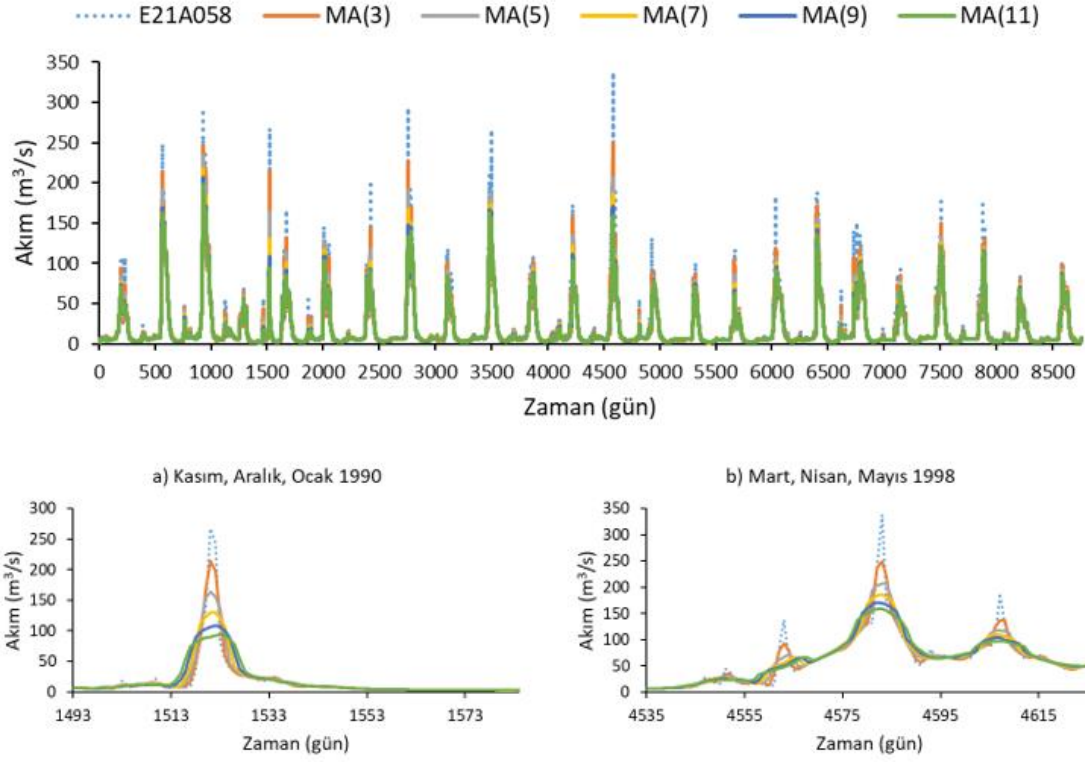
%65.89 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %21.40'tır. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %20 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

%30 aşılma olasılığına karşılık gelen akımlar (yani, Q_{30}) için DAR yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %14.37 ile %94.84 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %49.39'tir. En iyi tekli yöntem kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %13.28 ile %69.27 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %38.58'dir. En iyi topluluk yöntemi kullanıldığında mutlak bağıl hatalar %2.20 ile %68.84 arasında değişmektedir ve ortalama mutlak bağıl hata %28.65'tir. Bu ortalama mutlak bağıl hata değerlerine göre %30 aşılma olasılığında gözlemlenen akıma en yakın sonuçlar, en iyi topluluk yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

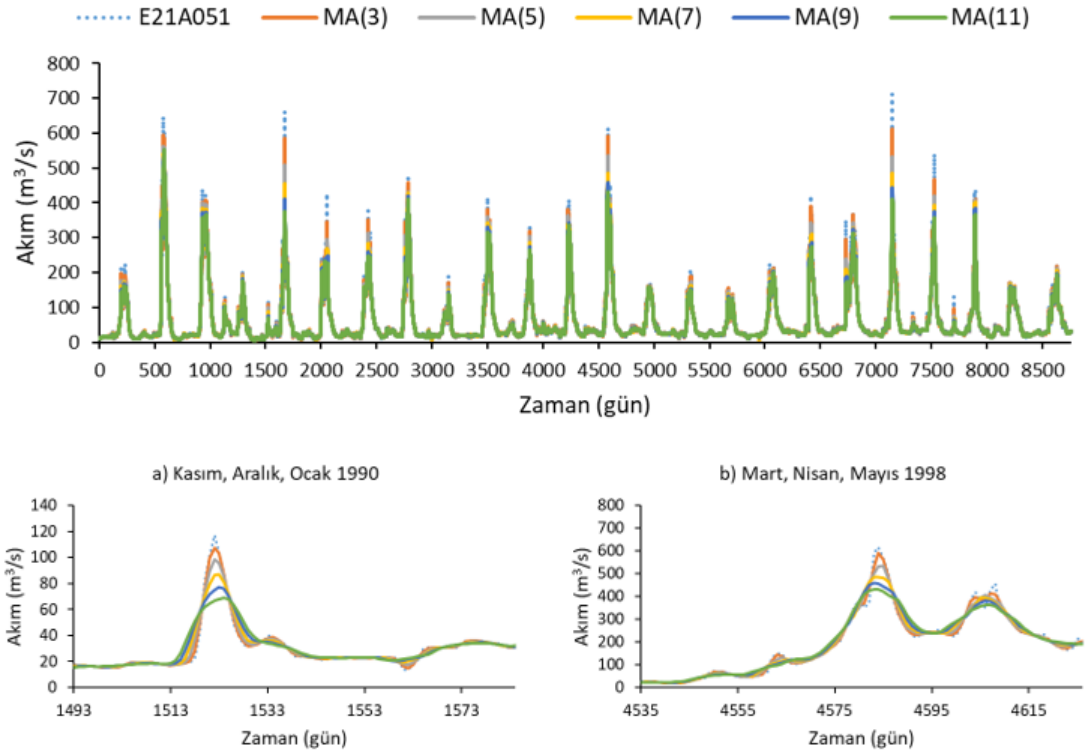
5.2.3 Verilerin yumuşatılması (smoothing)

Veri ön işlemenin akım tahminlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini önemli ölçüde iyileştirebileceği literatürde ifade edilmiştir. Bu bilgi doğrultusunda veri ön işlemenin istatistiksel yöntemlerin tahmin performansı üzerindeki etkisi Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzalarında bir çalışma yapılarak araştırılmıştır. Bu çalışmadaki veri ön işleme, hareketli ortalama (MA) kullanılarak günlük akım verilerinin yumuşatılmasıdır. Tüm istasyonların günlük akım zaman serisi, $m = 2k + 1$ uzunluğunda merkezi (veya simetrik iki taraflı) hareketli ortalama, yani $MA(m)$ ile yumuşatılmıştır ve ardından yumuşatılmış günlük akım serisi istatistiksel yöntemlerde kullanılmıştır. İstatistiksel yöntemlerde tahmin performansı üzerindeki etkinin araştırılması için ilk önce orijinal akım verileri $m = 3, 5, 7, 9$ ve 11 gün uzunluğunda hareketli ortalama (MA) ile ön işleme tabi tutulmuştur.

Orijinal veriler ile farklı yumuşatma uzunluklarında MA tarafından yumuşatılmış veriler arasındaki karşılaştırma Orta Fırat Havzası'nda E21A058 istasyonu için Şekil 5.47'de, Yukarı Fırat Havzası'nda E21A051 istasyonu için Şekil 5.48'de gösterilmiştir.



Şekil 5.47 : Orta Fırat Havzası'ndaki E21A058 istasyonunda orijinal ve yumuşatılmış akım değerleri.



Şekil 5.48 : Yukarı Fırat Havzası'ndaki E21A051 istasyonunda orijinal ve yumuşatılmış akım değerleri.

Şekil 5.47'de görülebileceği gibi, Kasım-Ocak (yağış mevsimi) (Şekil 5.47a) ve Mart-Mayıs'taki (kar erimesi mevsimi) (Şekil 5.47b) iki akım periyodunun örnekleri ile, uzunluk (m) arttıkça, akım pikleri (maksimum değer) ve akım vadileri (minimum değerler) daha fazla yumuşatılmıştır.

Şekil 5.48'de görülebileceği gibi, Kasım-Ocak (yağış mevsimi) (Şekil 5.48a) ve mart-mayısta (kar erimesi mevsimi) (Şekil 5.48b) akım periyodunun örnekleri ile, uzunluk (m) arttıkça, akım pikleri (maksimum değer) ve akım vadileri (minimum değerler) daha fazla yumuşatılmıştır.

Akım pikleri ve vadileri, nispeten yüksek MA(5), MA(7), MA(9) ve MA(11) uzunlukları ile iyi temsil edilemediği gözlemlenmiştir. Yani yumuşatma uzunluğu arttıkça, tepe ve vadileri tahmin etmek için yöntemlerin daha az verimli olmasına yol açabilir. Pikler ve vadiler günlük akım tahmininde önemli bir özelliktir, bu nedenle iyi temsil edilmeleri önemlidir. Akım piklerinin ve vadilerinin daha iyi gösterilebilmesi için MA(5), MA(7), MA(9) ve MA(11) çalışmanın geri kalanından çıkarılmıştır. Sonuç olarak Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzalarında bulunan akım gözlem istasyonlarına ait günlük akım verilerinin yumuşatılması için sadece MA(3) filtrelemesi kullanılmıştır (Yılmaz ve Onoz, 2020).



6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ölçümü olmayan veya yetersiz olan akarsu havzalarında günlük akarsu akımlarının istatistiksel yöntemlerden tahmin edilmesi ve bu tahminlerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Günümüzde, ölçümü olmayan veya yetersiz olan akarsu havzalarında akım tahmini için drenaj alanı oranı (DAR) yöntemi genel kabul görmüştür ve kolay uygulaması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemle pratik olarak iyi sonuçlar elde edilebilmesine rağmen, bazı durumlarda hatalı sonuçlar verdiği literatür kaynaklarında yer almaktadır. Çalışma kapsamında günlük akımları tahmin etmek için, DAR yönteminin yanı sıra MDAR, IDW, ISW, SM, SMS yöntemlerinin ve bu tekli yöntemlerin çeşitli 2'li ya da 3'lü birleşimlerinin karşılaştırılmasına yönelik kapsamlı bir araştırma sunulmuştur. Ayrıca bu yöntemlerden elde edilen tahminler kullanılarak çizilen debi süreklilik eğrilerinin farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip akımları bulunmuştur.

Yöntemler, Porsuk Çayı Havzası'nda ve Fırat-Dicle Havzası'nda olmak üzere iki çalışma alanında test edilmiştir. Porsuk Çayı Havzası'ndaki düşük su potansiyeli ve büyük miktarda eksik günlük akım verileri yöntemlerin uygulanmasında ve değerlendirilmesinde önemli istatistiksel zorluklara sebep olmuştur. Fırat-Dicle Havzası, Türkiye'nin yüzey suyu açısından en zengin havzası olmasından dolayı çalışma alanı olarak seçilmiş ve bu havzada eksiksiz ve uzun yıllara dayanan akım gözlem verileri ile çalışılmıştır. Yöntemlerin performansı, gözlemlenen ve tahmin edilen günlük akım değerleri arasındaki NSE, RMSE, RSR, PBIAS ve R^2 açısından değerlendirilmiştir.

Porsuk Çayı Havzası uygulamasında eksik akım verilerinin olduğu istasyonların günlük akım verileri en uygun kaynak istasyonun verileri kullanılarak tamamlanmıştır. Daha sonra her bir istasyon sırayla ölçümü olmadığı varsayılarak günlük akım değerlerini tahmin etmek için DAR, MDAR, IDW, SM ve SMS ve bu yöntemlerin çeşitli varyasyonları kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda hedef istasyondaki günlük akımları tahmin etmede, DAR yöntemine kıyasla diğer tekli yöntemler daha iyi performans göstermiştir. En iyi tekli yöntem, 6 hedef istasyonun 4'ü için SM veya

SMS, 1'i için MDAR, 1'i için IDW'dir. Tekli yöntemlerin NSE değerleri için 6 hedef istasyonun 5'i "çok iyi" veya "iyi" sınıfındadır. D12A063 hedef istasyonu için tekli yöntemlerin performansı yetersiz kalmıştır ve elde edilen tüm NSE değerleri 0.3'ün altındadır. D12A055 ve D12A181 istasyonun DAR tahminleri, MDAR yöntemi uygulanarak iyileştirilmiştir. 6 hedef istasyondan 5'i için, IDW yönteminin performansı MDAR yönteminden daha iyidir. Tüm hedef istasyonlar için, D12A181 veya E12A003 istasyonu iyi bir kaynak istasyon seçeneği olarak bulunmuştur. Bu iki istasyon, havzadaki çoğu hedef istasyonun coğrafi en yakın ve/veya en korelasyonlu istasyonudur. Tekli yöntemlerden daha iyi tahminler elde etmek için uygulanan NSE'ye dayalı ağırlıklı 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri, tekli yöntemlere kıyasla neredeyse eşit veya biraz daha iyi performans göstermiştir. Uygulanan 2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinin NSE değerleri için 6 hedef istasyonun 5'i "çok iyi" veya "iyi" sınıfındadır. D12A063 hedef istasyonu için tekli yöntemlerin performansı yetersizken 2'li birleşim topluluk yöntemi ile performansı "yeterli" sınıfına yükselmiştir. Tekli yöntem, 2'li birleşim ve 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinin en iyi sonuçları için sırasıyla 0.666, 0.693 ve 0.641 ortalama NSE değerleri elde edilmiştir. Bu ortalama NSE değerlerine göre 2'li birleşim topluluk yöntemi diğer yöntemlere göre daha başarılı olmuştur. 6 hedef istasyonun 4'ü için en iyi topluluk yöntemi kullanıldığında en iyi tekli yöntemle kıyasla NSE değerinde ortalama %11.20 oranında iyileşme sağlanmıştır. Her bir hedef istasyon için en iyi performansa sahip yöntemle (tekli ya da topluluk) elde edilen tahmin ve gözlemlenen değerler arasında yakın uyum görülmüştür. Düşük akımlar için seçilen aşılma olasılıkları hariç, tüm yüzdelere genellikle yüksek R^2 değerine sahiptir. İstasyon sayısının yetersiz ve akım verilerinin eksik olduğu Porsuk Çayı havzasında hem günlük akımların tahmini hem de su kaynaklarının geliştirilmesi ve işletilmesinde önemli bir role sahip debi süreklilik eğrilerinin tahmini başarıyla uygulanmıştır.

Fırat-Dicle Havzası uygulamasında, günlük akım değerlerini tahmin etmek için DAR, MDAR, IDW, ISW, SM ve SMS yöntemleri kullanılmıştır. IDW ve ISW yöntemleri üç farklı güç parametresi (1, 2 ve 3) ile uygulanarak, farklı güç parametresi seçiminin tahmin doğruluğuna etkisi incelenmiştir. Tekli yöntemlerin performans ağırlıklı tahminlerinin uygulanabilirliğini araştırmak için çeşitli topluluk (ensemble) yöntemleri denenmiştir. Performans ağırlıklı topluluk yöntemleri için mutlak hata, NSE, RSR ve PBIAS değerlerine dayalı tekli yöntem ağırlıklandırma sistemi

geliştirilmiştir. Yöntemlerin güvenilirliğini test etmek amacıyla blok bootstrap simülasyonu yöntemi kullanılmıştır. Her bir istasyon için elde edilen 1000 adet blok bootstrap verileri kullanılarak debi süreklilik eğrilerinin farklı hidrolojik durumlar için seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımları hesaplanmıştır ve %95 güven düzeyinde güven aralıkları belirlenmiştir. Ek olarak, günlük akım verileri gürültüyü azaltmak için MA tarafından ön işleme tabi tutulmuştur ve ön işleme tabi tutulmuş (yumuşatılmış) akım verilerini kullanan istatistiksel yöntemlerin tahmin doğruluğu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ön işleme tabi tutulmamış durumda, tahmin edilen günlük akım değerleri gözlemlenen günlük akım değerleri ile karşılaştırılırken, ön işleme tabi tutulmuş durumda ise tahmin edilen günlük akım değerleri yumuşatılmış günlük akım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu iki yaklaşım ön işleme tabi tutulmuş veya ön işleme tabi tutulmamış günlük akım değerlerini tahmin etmek için sunulmuştur. Sonuçların karar vericilerin amaçları için en iyisini seçmelerine yardımcı olacağına inanılmaktadır.

Orta Fırat Havzası sonuçlarına göre, DAR yönteminin performansı korelasyon yaklaşımına göre tüm hedef istasyonlar için yeterli veya üstü sınıfındayken, coğrafi yakınlık yaklaşımına göre 2, fiziksel benzerlik yaklaşımına göre 3 hedef istasyon için yeterli değildir (yani, NSE değeri 0.3'ten az). Coğrafi yakınlık yaklaşımında E21A002 ve E21A022 için, DAR ile elde edilen negatif NSE değerleri, MDAR ile önemli ölçüde iyileşmiştir. Fiziksel benzerlik yaklaşımında D21A167, E21A002 ve E21A022 için, DAR ile elde edilen negatif NSE değerleri, MDAR ile önemli ölçüde iyileşmiştir. Coğrafi yakınlık yaklaşımında, 8 hedef istasyonun 3'ünde MDAR, 3'ünde IDW, 2'sinde SMS en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. Fiziksel benzerlik yaklaşımında, 8 hedef istasyonun 4'ünde ISW, 2'sinde SMS, 1'inde DAR, 1'inde MDAR en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. Korelasyon yaklaşımında ise 8 hedef istasyonun 3'ünde IDW, 2'sinde MDAR, 2'sinde SMS, 1'inde DAR en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, çoklu kaynak istasyon kullanan yöntemler, tek kaynak istasyon kullanan yöntemlerden çoğunlukla daha iyi performans göstermiştir. Güç parametresi 1 olan IDW ve ISW yöntemlerinin (yani, IDW1 ve ISW1) güç parametresi 2 ve 3 olanlara kıyasla genellikle daha iyi olduğu bulunmuştur. Coğrafi yakınlık ve fiziksel benzerlik yaklaşımlarına göre en iyi tekli yöntemlerin NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 6'sı “çok iyi”, korelasyon yaklaşımına göre en iyi tekli yöntemlerin NSE değerleri için 8 hedef istasyonun 7'si “çok iyi” sınıfındadır.

Yumuşatılmış verilerin istatistiksel yöntemlerde kullanılmasıyla Orta Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için yöntemlerin tahmin performansı biraz daha iyileşmiştir. Coğrafi yakınlık yaklaşımına göre 8 hedef istasyonun 3'ünde, fiziksel benzerlik yaklaşımına göre 8 hedef istasyonun 5'inde, korelasyon yaklaşımına göre 8 hedef istasyonun 7'sinde en iyi topluluk yöntemleri en iyi tekli yöntemlerden daha iyi performans göstermiştir. Topluluk yöntemleri arasında mutlak hataya dayalı ağırlıklı yaklaşımın genelde başarıyı arttırdığı görülmüştür. Tekli yöntem, 2'li birleşim ve 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinin en iyi sonuçları için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre sırasıyla 0.735, 0.713 ve 0.716; fiziksel benzerlik yaklaşımına göre sırasıyla 0.723, 0.728 ve 0.697; korelasyon yaklaşımına göre sırasıyla 0.793, 0.798 ve 0.807 ortalama NSE değerleri elde edilmiştir. Bu ortalama NSE değerlerine göre korelasyon yaklaşımı diğer yaklaşımlardan daha başarılıdır ve 3'lü birleşim topluluk yönteminin performansı diğer yöntemlerden biraz daha iyidir. Korelasyon yaklaşımına göre, 8 hedef istasyonun 7'si için en iyi topluluk yöntemi kullanıldığında en iyi tekli yöntemle kıyasla NSE değerinde ortalama %3.53 oranında iyileşme sağlanmıştır. Seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlar için, elde edilen en iyi tahminler yüksek, orta ve düşük akımlarda genelde güven aralığı içinde kalmaktadır.

Yukarı Fırat Havzası sonuçlarına göre, DAR yönteminin performansı coğrafi yakınlık yaklaşımına göre 4, fiziksel benzerlik yaklaşımına göre 2 ve korelasyon yaklaşımına göre 3 hedef istasyon için yeterli değildir (yani, NSE değeri 0.3'ten az). E21A066 için, tüm yaklaşımlarla DAR ile elde edilen negatif NSE değerleri, MDAR ile önemli ölçüde iyileşmiştir. Coğrafi yakınlık yaklaşımında 7 istasyonun 2'sinde DAR, 2'sinde MDAR, 2'sinde SMS, 1'inde IDW en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. Fiziksel benzerlik yaklaşımında 7 hedef istasyonun 3'ünde DAR, 2'sinde MDAR, 1'inde SM, 1'inde ISW en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. Korelasyon yaklaşımında ise 7 hedef istasyonun 2'sinde DAR, 2'sinde MDAR, 2'sinde IDW, 1'inde SMS en iyi tekli yöntem olarak bulunmuştur. IDW1 ve ISW1 yöntemleri diğer güç parametrelili varyasyonlarından genellikle daha üstündür. Coğrafi yakınlık, fiziksel benzerlik ve korelasyon yaklaşımlarına göre en iyi tekli yöntemlerin NSE değerleri için 7 hedef istasyonun 4'ü “çok iyi” sınıfındadır. Yumuşatılmış verilerin istatistiksel yöntemlerde kullanılmasıyla Yukarı Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için yöntemlerin tahmin performansı biraz daha iyileşmiştir. Coğrafi yakınlık yaklaşımı, fiziksel benzerlik yaklaşımı ve korelasyon yaklaşımına göre 7 hedef istasyonun 4'ünde en iyi topluluk

yöntemleri en iyi tekli yöntemlerden daha iyi performans göstermiştir. Topluluk yöntemleri arasında mutlak hataya dayalı ağırlıklı yaklaşımın genelde başarıyı arttırdığı görülmüştür. Tekli yöntem, 2'li birleşim ve 3'lü birleşim topluluk yöntemlerinin en iyi sonuçları için coğrafi yakınlık yaklaşımına göre sırasıyla 0.538, 0.424 ve 0.410; fiziksel benzerlik yaklaşımına göre sırasıyla 0.692, 0.763 ve 0.755; korelasyon yaklaşımına göre sırasıyla 0.651, 0.705 ve 0.695 ortalama NSE değerleri elde edilmiştir. Bu ortalama NSE değerlerine göre fiziksel benzerlik yaklaşımı diğer yaklaşımlardan daha başarılıdır ve 2'li birleşim topluluk yönteminin performansı diğer yöntemlerden biraz daha iyidir. Fiziksel benzerlik yaklaşımına göre, 7 hedef istasyonun 4'ü için en iyi topluluk yöntemi kullanıldığında en iyi tekli yönteme kıyasla NSE değerinde ortalama %24.19 oranında iyileşme sağlanmıştır. Seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlar için, elde edilen en iyi tahminler yüksek ve orta akımlarda genelde güven aralığı içinde kalmaktadır.

Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzalarının sonuçları karşılaştırıldığında, Orta Fırat Havzası'nda IDW ve ISW yöntemlerinin, Yukarı Fırat Havzası'nda DAR ve MDAR yöntemlerinin diğer tekli yöntemlerden genelde daha başarılı olduğu görülmüştür. En iyi topluluk yöntemleri en iyi tekli yöntemlere göre hem Orta Fırat Havzası'nda hem de Yukarı Fırat Havzası'nda genelde daha iyi performans göstermiştir. Orta Fırat Havzası'nda 3'lü birleşim topluluk yöntemleri, 2'li birleşim topluluk yöntemlerine göre genelde daha üstünken, Yukarı Fırat Havzası'nda 2'li birleşim topluluk yöntemleri, 3'lü birleşim topluluk yöntemlerine göre genelde daha üstündür. Topluluk yöntemleri arasında mutlak hataya dayalı ağırlıklı yaklaşımının hem Orta Fırat hem de Yukarı Fırat Havzası'nda genelde başarıyı arttırdığı görülmüştür. Orta Fırat Havzası'nda korelasyon yaklaşımı ile, Yukarı Fırat Havzası'nda fiziksel benzerlik yaklaşımı ile çoğunlukla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Seçilen aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlar için, Orta Fırat Havzası'nda elde edilen en iyi tahminler yüksek, orta ve düşük akımlarda genelde güven aralığı içinde kalırken, Yukarı Fırat Havzası'nda elde edilen en iyi tahminler düşük akımlar hariç genelde güven aralığı içinde kalmaktadır.

Çalışmada elde edilen genel sonuçlar, istatistiksel yöntem seçiminin yanı sıra, uygun kaynak istasyonların seçiminin hedef istasyonlarda daha iyi akım tahminleri elde etmek için önemli bir adım olduğunu göstermektedir. Kaynak istasyonların sayısının istatistiksel yöntemlerin tahmin performansı üzerindeki etkisi havzadan havzaya

değişebilmektedir. Verilerin yumuşatılmasının istatistiksel yöntemlerin tahmin performansı üzerinde genelde olumlu bir etkisi olduğu görülmüştür. Çalışmada geliştirilen performansa dayalı tekli yöntem ağırlıklandırma sisteminin çeşitli şekillerde uygulanması tahmin başarısını genelde arttırmıştır. Aşılma olasılıklarına karşılık gelen akımlar için, elde edilen en iyi tahminler genelde güven aralıkları içinde kalmıştır. Güven aralıkları içinde kalmayan tahmin değerlerinin ise gerçek değerlere yakın olduğu görülmüştür.

Son olarak, su kaynakları çalışmalarında güvenilir ve doğru akım tahminleri elde etmek çok önemli olduğundan, çalışmada kullanılan istatistiksel yöntemler veri temininin güç olduğu birçok su kaynakları projesinde karar verme ve tasarım için kolayca uygulanabilir. Çalışmanın sonuçlarının ölçümü olmayan veya yetersiz olan akarsu havzalarında yapılacak su kaynakları çalışmalarında önemli bir eksikliği gidereceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Agiralioglu, N., Eris, E., Andic, G., Cigizoglu, H.K., Coskun, H.G., Yilmaz, L, Alganci, U. & Toprak, Z.F.** (2017). Practical Methods for the Estimation of Hydroelectric Power Potential of Poorly Gauged Basins. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 35 (2): 347-358.
- Alganci, U., Coşkun, H. G., Eriş, E., Ağırlioğlu, N., Cığızoğlu, K., Yılmaz, L. ve Toprak, Z. F.** (2010). Akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında hidroelektrik potansiyelin belirlenmesine yönelik uzaktan algılama ve CBS ile hidrolojik modelleme. *Jeoinformasyon Ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 101-102.
- Archfield, S. A. & Vogel, R. M.** (2010). Map correlation method: Selection of a reference streamgage to estimate daily streamflow at ungauged catchments. *Water Resources Research*, 46 (10), 1-15.
- Arsenault, R. & Brissette, F. P.** (2014). Continuous streamflow prediction in ungauged basins: The effects of equifinality and parameter set selection on uncertainty in regionalization approaches. *Water Resources Research*, 50 (7), 6135-6153.
- Asquith, W. H., Roussel, M. C. & Vrabel, J.** (2006). *Statewide analysis of the drainage-area ratio method for 34 streamflow percentile ranges in Texas* (No. 2006-5286). US Geological Survey.
- Bakış, R. ve Göncü, S.** (2015). Akarsu debi ölçümlerinde eksik verilerin tamamlanması: Zap suyu havzası örneği. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 16 (1), 63-79.
- Bardossy, A.** (2006). Calibration of hydrological model parameters for ungauged catchments. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 3 (3), 1105-1124.
- Bayazit, M.** (1999). *Hidroloji* (9. Basım). İTÜ Rektörlüğü, (1605), 242.
- Berenbrock, C.** (2002). Estimating the magnitude of peak flows at selected recurrence intervals for streams in Idaho. Water-Resources Investigations Report, 2002, 4170.
- Berndt, D. J. & Clifford, J.** (1994). Using dynamic time warping to find patterns in time series. *KDD Workshop* (Vol. 10, No. 16, pp. 359-370).
- Besiktas, M.** (2010). *Determination of flow duration curves by regression analysis in the eastern black sea and current estimation*. (Msc Dissertation). Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
- Beven, K. & Binley, A.** (1992). The future of distributed models: model calibration and uncertainty prediction. *Hydrological Processes*, 6 (3), 279-298.

- Burn, D. H.** (2003). The use of resampling for estimating confidence intervals for single site and pooled frequency analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 48 (1), 25-38.
- Burn, D. H. & Boorman, D. B.** (1993). Estimation of hydrological parameters at ungauged catchments. *Journal of Hydrology*, 143 (3-4), 429-454.
- Burnash, R. J., Ferral, R. L. & McGuire, R. A.** (1973). *A generalized streamflow simulation system, conceptual modeling for digital computers.*
- Butts, M. B., Payne, J. T., Kristensen, M. & Madsen, H.** (2004). An evaluation of the impact of model structure on hydrological modelling uncertainty for streamflow simulation. *Journal of Hydrology*, 298 (1-4), 242-266.
- Chen, S., Li, Y., Shin, J. & Kim, T.** (2016). Constructing confidence intervals of extreme rainfall quantiles using Bayesian, bootstrap, and profile likelihood approaches. *Science China Technological Sciences*, 59 (4), 573-585.
- Chen, T., Ren, L., Yuan, F., Yang, X., Jiang, S., Tang, T., Liu, Y., Zhao, C. & Zhang, L.** (2017). Comparison of spatial interpolation schemes for rainfall data and application in hydrological modeling. *Water*, 9 (5), 342.
- Christiansen, D.E., Haj, A.E. & Risley, J.C.** (2017). *Simulation of daily streamflow for 12 river basins in western Iowa using the precipitation-runoff modeling system* (No. 2017-5091). US Geological Survey.
- Cibin, R., Athira, P., Sudheer, K. P. & Chaubey, I.** (2014). Application of distributed hydrological models for predictions in ungauged basins: a method to quantify predictive uncertainty. *Hydrological Processes*, 28 (4), 2033-2045.
- Dastorani, M. T., Moghadamnia, A., Piri, J. & Rico-Ramirez, M.** (2010). Application of ANN and ANFIS models for reconstructing missing flow data. *Environmental Monitoring and Assessment*, 166 (1-4), 421-434.
- Duan, Q., Ajami, N. K., Gao, X. & Sorooshian, S.** (2007). Multi-model ensemble hydrologic prediction using Bayesian model averaging. *Advances in Water Resources*, 30 (5), 1371-1386.
- Efron, B.** (1979). Bootstrap methods: another look at the jackknife. *The Annals of Statistics*, 7 (1), 1-26.
- Efron, B. & Tibshirani, R. J.** (1993). *An introduction to the bootstrap.* Chapman & Hall; New York
- Elshorbagy, A. A., Panu, U. S. & Simonovic, S. P.** (2000). Group-based estimation of missing hydrological data: I. Approach and general methodology. *Hydrological Sciences Journal*, 45 (6), 849-866.
- Elshorbagy, A., Simonovic, S. P. & Panu, U. S.** (2002). Estimation of missing streamflow data using principles of chaos theory. *Journal of Hydrology*, 255 (1-4), 123-133.

- Emerson, D. G. & Dressler, V. M.** (2002). *Historic and unregulated monthly streamflow for selected sites in the Red River of the North Basin in North Dakota, Minnesota, and South Dakota, 1931-99* (No. 2002-4095). US Geological Survey.
- Emerson, D. G., Vecchia, A. V. & Dahl, A. L.** (2005). *Evaluation of drainage-area ratio method used to estimate streamflow for the Red River of the North Basin, North Dakota and Minnesota* (No. 2005-5017). US Geological Survey.
- Ergen, K. & Kentel, E.** (2016). An integrated map correlation method and multiple-source sites drainage-area ratio method for estimating streamflows at ungauged catchments: A case study of the Western Black Sea Region, Turkey. *Journal of Environmental Management*, 166, 309-320.
- Eris, E. & Agiralioglu, N.** (2018). Streamflow map of the Eastern Black Sea Region, Turkey. *Scientia Iranica*, 25(3), 1048-1056.
- Esralew, R. A. & Smith, S. J.** (2009). *Methods for estimating flow-duration and annual mean-flow statistics for ungaged streams in oklahoma* (pp. 1-131). US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Farmer, W. H. & Vogel, R. M.** (2013). Performance-weighted methods for estimating monthly streamflow at ungauged sites. *Journal of Hydrology*, 477, 240-250.
- Gill, M. K., Asefa, T., Kaheil, Y. & McKee, M.** (2007). Effect of missing data on performance of learning algorithms for hydrologic predictions: Implications to an imputation technique. *Water Resources Research*, 43 (7).
- Giustarini, L., Parisot, O., Ghoniem, M., Hostache, R., Trebs, I. & Otjacques, B.** (2016). A user-driven case-based reasoning tool for infilling missing values in daily mean river flow records. *Environmental modelling & software*, 82, 308-320.
- Göncü, S.** (2011). DFLOW programı ile Porsuk havzasındaki akarsularda debi analizi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 12 (2), 91-103.
- Guenther, R. S., Weigel, J. F. & Emerson, D. G.** (1990). *Gaged and estimated monthly streamflow during 1931-84 for selected sites in the Red River of the North Basin in North Dakota and Minnesota* (No. 90-4167). US Geological Survey.
- Guse, B., Pfannerstill, M., Strauch, M., Reusser, D. E., Lüdtke, S., Volk, M., Gupta H. V. & Fohrer, N.** (2016). On characterizing the temporal dominance patterns of model parameters and processes. *Hydrological Processes*, 30 (13), 2255-2270.
- Hall, M. J., Van den Boogaard, H. F. P., Fernando, R. C. & Mynett, A. E.** (2004). The construction of confidence intervals for frequency analysis using resampling techniques. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 8 (2), 235-246.

- He, Y., Bárdossy, A. & Zehe, E.** (2011). A review of regionalisation for continuous streamflow simulation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15 (11), 3539-3553.
- Hirsch, R. M.** (1979). An evaluation of some record reconstruction techniques. *Water Resources Research*, 15 (6), 1781-1790.
- Hortness, J. E.** (2006). *Estimating low-flow frequency statistics for unregulated streams in Idaho*. US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Hu, Y. M., Liang, Z. M., Li, B. Q. & Yu, Z. B.** (2013). Uncertainty assessment of hydrological frequency analysis using bootstrap method. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013.
- Hughes, D. A. & Smakhtin, V.** (1996). Daily flow time series patching or extension: a spatial interpolation approach based on flow duration curves. *Hydrological Sciences Journal*, 41 (6), 851-871.
- Ishak, E. H., Rahman, A., Westra, S., Sharma, A. & Kuczera, G.** (2013). Evaluating the non-stationarity of Australian annual maximum flood. *Journal of Hydrology*, 494, 134-145.
- Kalin, L., Isik, S., Schoonover, J.E. & Lockaby, B.G.** (2010). Predicting water quality in unmonitored watersheds using artificial neural networks. *JEQ*, 39 (4), 1429–1440.
- Kjelstrom, L. C.** (1998). *Methods for estimating selected flow-duration and flood-frequency characteristics at ungaged sites in central Idaho*. Water-Resources Investigations Report, 94, 4120.
- Koltun, G. F. & Schwartz, R. R.** (1987). *Multiple-regression equations for estimating low flows at ungaged stream sites in Ohio* (No. 86-4354). US Geological Survey.
- Kuczera, G. & Parent, E.** (1998). Monte Carlo assessment of parameter uncertainty in conceptual catchment models: The Metropolis algorithm. *Journal of Hydrology*, 211 (1-4), 69-85.
- Kunsch, H. R.** (1989). The jackknife and the bootstrap for general stationary observations. *The Annals of Statistics*, 1217-1241.
- Lahiri, S. N.** (1999). Theoretical comparisons of block bootstrap methods. *The Annals of Statistics*, 27 (1), 386-404.
- Li, Q., Peng, Y., Wang, G., Wang, H., Xue, B. & Hu, X.** (2019). A combined method for estimating continuous runoff by parameter transfer and drainage area ratio method in ungauged catchments. *Water*, 11 (5), 1104.
- Liu, C., Zhang, Z. & Balay, J. W.** (2018). Posterior assessment of reference gages for water resources management using instantaneous flow measurements. *Science of the Total Environment*, 634, 12-19.
- Liu, R. Y. & Singh, K.** (1992). Moving Blocks Jackknife and Bootstrap Capture Weak Dependence. *Exploring the Limits of Bootstrap*, 225, 248.
- Liu, Y. & Gupta, H. V.** (2007). Uncertainty in hydrologic modeling: Toward an integrated data assimilation framework. *Water Resources Research*, 43 (7).

- Maskey, S., Guinot, V. & Price, R. K.** (2004). Treatment of precipitation uncertainty in rainfall-runoff modelling: a fuzzy set approach. *Advances in Water Resources*, 27 (9), 889-898.
- Mehr, A. D. & Kahya, E.** (2017). A Pareto-optimal moving average multigene genetic programming model for daily streamflow prediction. *Journal of Hydrology*, 549, 603-615.
- Melching, C. S.** (1992). An improved first-order reliability approach for assessing uncertainties in hydrologic modeling. *Journal of Hydrology*, 132 (1-4), 157-177.
- Mohamoud, Y. M.** (2008). Prediction of daily flow duration curves and streamflow for ungauged catchments using regional flow duration curves. *Hydrological Sciences Journal*, 53 (4), 706-724.
- Mohamoud, Y. & Parmar, R.** (2009). A Regionalized flow duration curve method to predict streamflow for ungauged basins: a case study of the Rappahannock Watershed in Virginia, USA. In *8th IAHS Scientific Assembly and 37th IAH Congress*, Hyderabad, India.
- Montanari, A.** (2007). What do we mean by ‘uncertainty’? The need for a consistent wording about uncertainty assessment in hydrology. *Hydrological Processes: An International Journal*, 21 (6), 841-845.
- Montanari, A. & Brath, A.** (2004). A stochastic approach for assessing the uncertainty of rainfall-runoff simulations. *Water Resources Research*, 40 (1).
- Montanari, A. & Grossi, G.** (2008). Estimating the uncertainty of hydrological forecasts: a statistical approach. *Water Resources Research*, 44 (12).
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D. & Veith, T. L.** (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50 (3), 885-900.
- Nash, J. E. & Sutcliffe, J. V.** (1970). River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10 (3), 282-290.
- Nhita, F., Saepudin, D. & Wisesty, U. N.** (2015). Comparative study of moving average on rainfall time series data for rainfall forecasting based on evolving neural network classifier. In *2015 3rd International Symposium on Computational and Business Intelligence (ISCBI)* (pp. 112-116). IEEE.
- Noori, R., Hoshyaripour, G., Ashrafi, K. & Araabi, B. N.** (2010). Uncertainty analysis of developed ANN and ANFIS models in prediction of carbon monoxide daily concentration. *Atmospheric Environment*, 44 (4), 476-482.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSİB).** (2013). *Yukarı Havza Sel Kontrolü Eylem Planı* (2013-2017). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Yayınları, Ankara.

- Oudin, L., Andréassian, V., Perrin, C., Michel, C. & Le Moine, N.** (2008). Spatial proximity, physical similarity, regression and ungauged catchments: a comparison of regionalization approaches based on 913 French catchments. *Water Resources Research*, 44 (3).
- Ouyang, R., Ren, L., Cheng, W. & Zhou, C.** (2010). Similarity search and pattern discovery in hydrological time series data mining. *Hydrological Processes: An International Journal*, 24 (9), 1198-1210.
- Overeem, A., Buishand, A. & Holleman, I.** (2008). Rainfall depth-duration-frequency curves and their uncertainties. *Journal of Hydrology*, 348 (1-2), 124-134.
- Panagoulia, D., Economou, P. & Caroni, C.** (2014). Stationary and nonstationary generalized extreme value modelling of extreme precipitation over a mountainous area under climate change. *Environmetrics*, 25 (1), 29-43.
- Panu, U. S., Khalil, M. & Elshorbagy, A.** (2000). *Streamflow data infilling techniques based on concepts of groups and neural networks*. In Artificial Neural Networks in Hydrology (pp. 235-258). Springer, Dordrecht.
- Parajka, J., Blöschl, G. & Merz, R.** (2007). Regional calibration of catchment models: potential for ungauged catchments. *Water Resources Research*, 43 (6).
- Parrett, C. & Johnson, D. R.** (2004). Methods for estimating flood frequency in Montana based on data through water year 1998. *Water-Resources Investigations Report*, 3, 4308.
- Patil, S. & Stieglitz, M.** (2012). Controls on hydrologic similarity: role of nearby gauged catchments for prediction at an ungauged catchment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16 (2), 551-562.
- Perry, C. A., Wolock, D. M. & Artman, J. C.** (2002). *Estimates of median flows for streams on the Kansas surface water register*. Water-Resources Investigations Report, 2, 4292.
- Poissant, D., Arsenault, R. & Brissette, F.** (2017). Impact of parameter set dimensionality and calibration procedures on streamflow prediction at ungauged catchments. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 12, 220-237.
- Razavi, T. & Coulibaly, P.** (2016). Improving streamflow estimation in ungauged basins using a multi-modelling approach. *Hydrological Sciences Journal*, 61 (15), 2668-2679.
- Ries, K. G. & Friesz, P. J.** (2000). *Methods for estimating low-flow statistics for Massachusetts streams*. US Dept. of the Interior, US Geological Survey.
- Saka, F. ve Yüksek, Ö.** (2017). Belli aşılma olasılığına sahip debilerinin bölgeselleştirilmesi ve Doğu Karadeniz Havzası örneği. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 32 (2).
- Samuel, J., Coulibaly, P. & Metcalfe, R. A.** (2011). Estimation of continuous streamflow in Ontario ungauged basins: comparison of regionalization methods. *Journal of Hydrologic Engineering*, 16 (5), 447-459.

- Schoups, G. & Vrugt, J. A. (2010). A formal likelihood function for parameter and predictive inference of hydrologic models with correlated, heteroscedastic, and non-Gaussian errors. *Water Resources Research*, 46 (10).
- Selek, B., Önöz, B., Dağdeviren, M., Yılmaz, M. U., Diker, G. E., Aksu, H., Bektaşoğlu, B., Öztürk, A. F., Sarıkaya, M. S. ve Sezer, S. (2019a). Aylık Akım Tahmin Modeli ve Çoruh Havzası Uygulaması. 10. *Ulusal Hidroloji Kongresi*, Muğla, Türkiye.
- Selek, B., Onoz, B., Yilmaz, M. U., Aksu, H., Ozturk, A. F., Sarikaya, M. S. & Sezer, S. (2019b). Monthly Streamflow Estimation Model: Murat River Basin Application. 9th *International Symposium on Atmospheric Sciences*, Istanbul, Turkey.
- Selek, B., Önöz, B., Yılmaz, M. U., Diker, G. E., Aksu, H., Bektaşoğlu, B., Öztürk, A. F., Karaahmetoğlu, O. ve Sezer, S. (2017a). Ölçümü Olmayan Havzalar İçin Hidroistatistiksel Akım Tahmin Modeli Geliştirilmesi. 9. *Ulusal Hidroloji Kongresi*, Diyarbakır, Türkiye.
- Selek, B., Onoz, B., Yilmaz, M. U., Diker, G. E., Aksu, H., Bektasoglu, B., Ozturk, A. F., Karaahmetoglu, O. & Sezer, S. (2017b). Monthly Streamflow Estimation Model: A Study of Porsuk River Basin, Turkey. 8th *Atmospheric Sciences Symposium*, Istanbul, Turkey.
- Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In *Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference* (pp. 517-524). ACM.
- Shrestha, D. L. & Solomatine, D. P. (2006). Machine learning approaches for estimation of prediction interval for the model output. *Neural Networks*, 19 (2), 225-235.
- Shrestha, D. L. & Solomatine, D. P. (2008). Data-driven approaches for estimating uncertainty in rainfall-runoff modelling. *International Journal of River Basin Management*, 6 (2), 109-122.
- Shu, C. & Ouarda, T. B. (2012). Improved methods for daily streamflow estimates at ungauged sites. *Water Resources Research*, 48 (2).
- Sinnott, R. W. (1984). *Virtues of the Haversine*. Sky and Telescope, 68, 159.
- Sivapalan, M., Takeuchi, K., Franks, S.W., Gupta, V.K., Karambiri, H., Lakshmi, V., Liang, X., McDonnell, J.J., MENDIONDO, E.M., O'Connell, P.E., Oki, T., Pomeroy, J.W., Schertzer, D., Uhlenbrook, S. & Zehe, E. (2003). IAHS decade on predictions in ungauged basins (PUB), 2003–2012: shaping an exciting future for the hydrological sciences. *Hydrological Sciences Journal*, 48 (6), 857–880.
- Smakhtin, V. Y., Hughes, D. A. & Creuse-Naudin, E. (1997). Regionalization of daily flow characteristics in part of the Eastern Cape, South Africa. *Hydrological Sciences Journal*, 42 (6), 919-936.
- Smakhtin, V. & Weragala, N. (2005). *An assessment of hydrology and environmental flows in the Walawe River Basin*, Sri Lanka. IWMI.
- Stedinger, J.R., Vogel, R.M. & Foufoula-Georgiou, E. (1993). *Frequency analysis of extreme events*. Handbook of Hydrology.

- Şentürk, K.** (2008). *Akım Gözlem İstasyonu Olmayan Havzalarda su potansiyelinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tekkanat, İ. & Sarış, F.** (2015). Porsuk Çayı Havzasında akarsu akımlarında gözlenen uzun dönemli eğilimler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 64, 69-83.
- Tencaliec, P., Favre, A. C., Prieur, C. & Mathevet, T.** (2015). Reconstruction of missing daily streamflow data using dynamic regression models. *Water Resources Research*, 51 (12), 9447-9463.
- Tiwari, M. K. & Chatterjee, C.** (2010). Uncertainty assessment and ensemble flood forecasting using bootstrap based artificial neural networks (BANNs). *Journal of Hydrology*, 382 (1-4), 20-33.
- Tung, Y. K.** (1996). *Uncertainty and reliability analysis*. Water Resources Handbook, 7(7.65).
- Waseem, M., Ajmal, M. & Kim, T. W.** (2015). Ensemble hydrological prediction of streamflow percentile at ungauged basins in Pakistan. *Journal of Hydrology*, 525, 130-137.
- Wiche, G. J., Benson, R. D. & Emerson, D. G.** (1989). *Streamflow at selected gaging stations on the James River in North Dakota and South Dakota, 1953-82, with a section on climatology* (No. 89-4039). US Geological Survey.
- Wu, C. L. & Chau, K. W.** (2013). Prediction of rainfall time series using modular soft computing methods. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 26 (3), 997-1007.
- Wu, C. L., Chau, K. W. & Fan, C.** (2010). Prediction of rainfall time series using modular artificial neural networks coupled with data-preprocessing techniques. *Journal of Hydrology*, 389 (1-2), 146-167.
- Wu, C. L., Chau, K. W. & Li, Y. S.** (2009). Methods to improve neural network performance in daily flows prediction. *Journal of Hydrology*, 372 (1-4), 80-93.
- Wurbs, R. A.** (2005). Modeling river/reservoir system management, water allocation, and supply reliability. *Journal of Hydrology*, 300 (1-4), 100-113.
- Yang, X., Magnusson, J., Rizzi, J. & Xu, C. Y.** (2017). Runoff prediction in ungauged catchments in Norway: comparison of regionalization approaches. *Hydrology Research*, 49 (2), 487-505.
- Yılmaz, M. U.** (2014). *Performans ağırlıklı yöntemlerle aylık akımların tahmini: Orta Fırat Havzası uygulaması*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, A. G. & Muttil, N.** (2013). Runoff estimation by machine learning methods and application to the Euphrates Basin in Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19 (5), 1015-1025.
- Yılmaz, K. K., Gupta, H. V. & Wagener, T.** (2008). A process-based diagnostic approach to model evaluation: Application to the NWS distributed hydrologic model. *Water Resources Research*, 44 (9).

- Yilmaz, M. U. & Onoz, B.** (2019). Evaluation of statistical methods for estimating missing daily streamflow data. *Teknik Dergi*, 30 (6), 9597-9620.
- Yilmaz, M. U. & Onoz, B.** (2020). A comparative study of statistical methods for daily streamflow estimation at ungauged basins in Turkey. *Water*, 12 (2), 459.
- Young, A. R.** (2006). Stream flow simulation within UK ungauged catchments using a daily rainfall-runoff model. *Journal of Hydrology*, 320 (1-2), 155-172.
- Yuan, L. L.** (2013). Using correlation of daily flows to identify index gauges for ungauged streams. *Water Resources Research*, 49 (1), 604-613.
- Zhang, Y. & Chiew, F. H.** (2009). Relative merits of different methods for runoff predictions in ungauged catchments. *Water Resources Research*, 45 (7).
- Zhang, Z., Lu, W., Chu, H., Cheng, W. & Zhao, Y.** (2014). Uncertainty analysis of hydrological model parameters based on the bootstrap method: a case study of the SWAT model applied to the Dongliao River Watershed, Jilin Province, Northeastern China. *Science China Technological Sciences*, 57 (1), 219-229.
- Zhou, J., Peng, T., Zhang, C. & Sun, N.** (2018). Data pre-analysis and ensemble of various artificial neural networks for monthly streamflow forecasting. *Water*, 10 (5), 628.
- Zucchini, W. & Adamson, P. T.** (1989). Bootstrap confidence intervals for design storms from exceedance series. *Hydrological Sciences Journal*, 34 (1), 41-48.

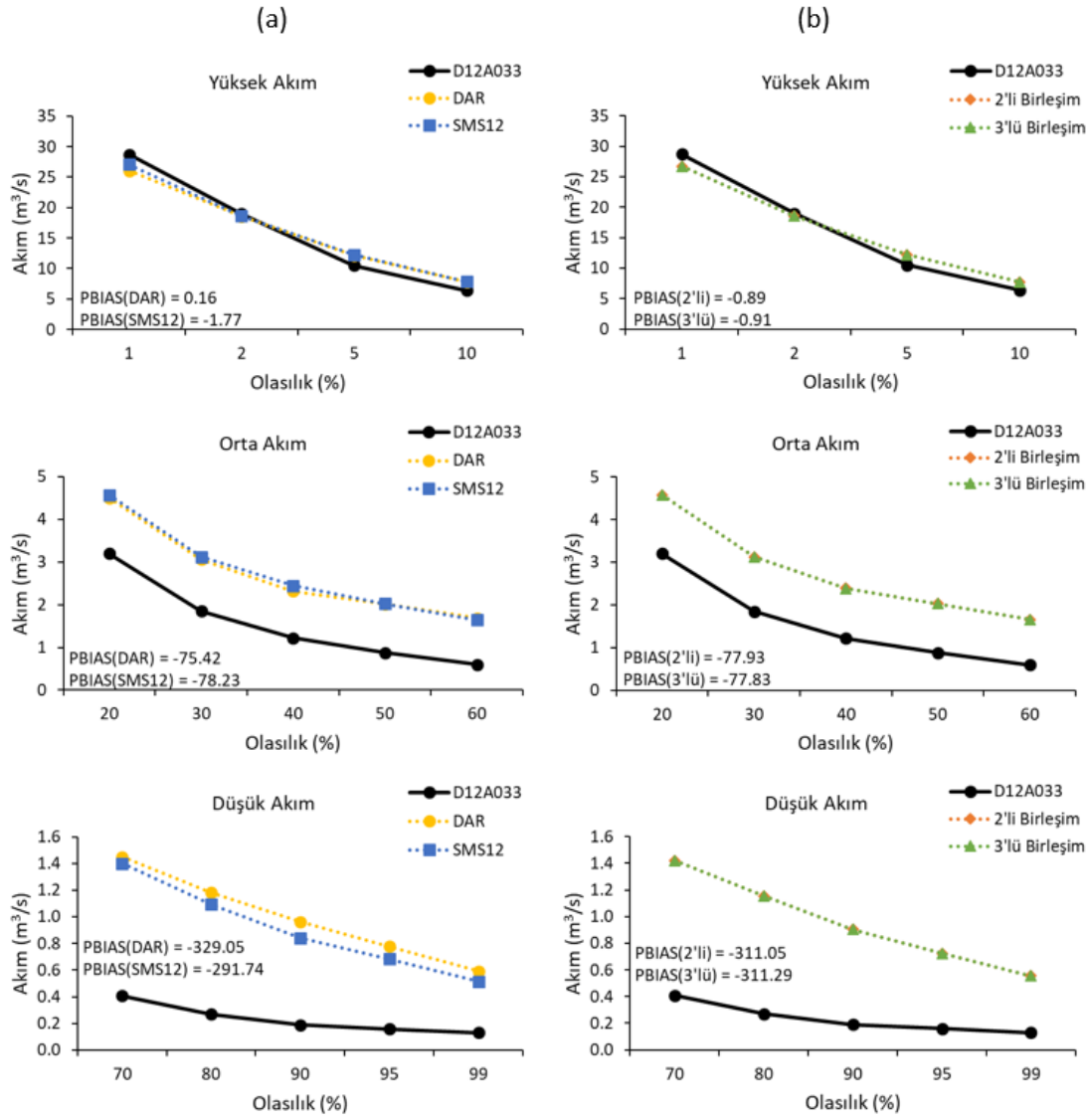


EKLER

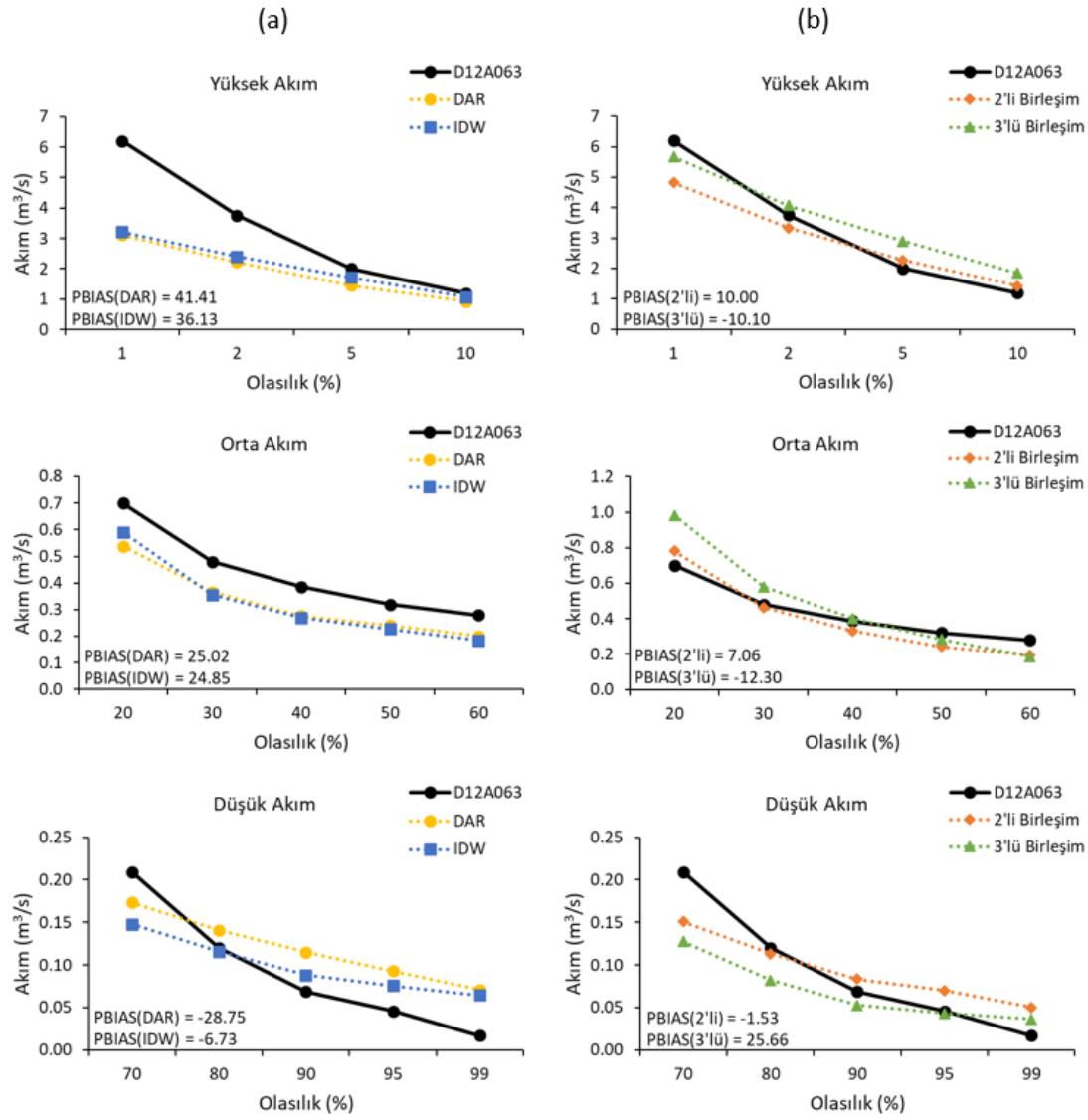
- EK A:** Porsuk Çayı Havzası'ndaki tüm istasyonlar için farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması
- EK B:** Orta Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması
- EK C:** Yukarı Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması



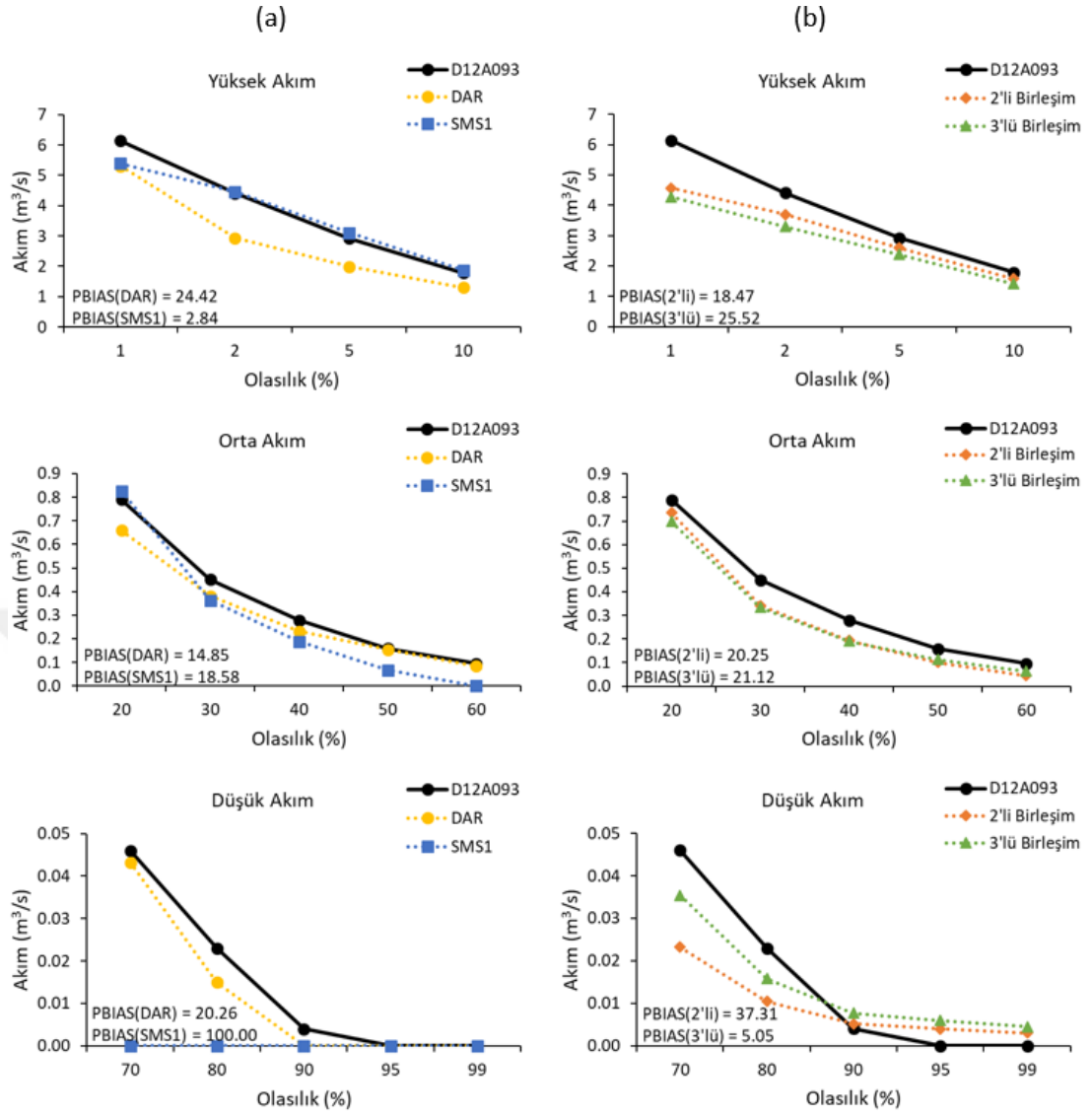
EK A: Porsuk Çayı Havzası'ndaki tüm istasyonlar için farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması



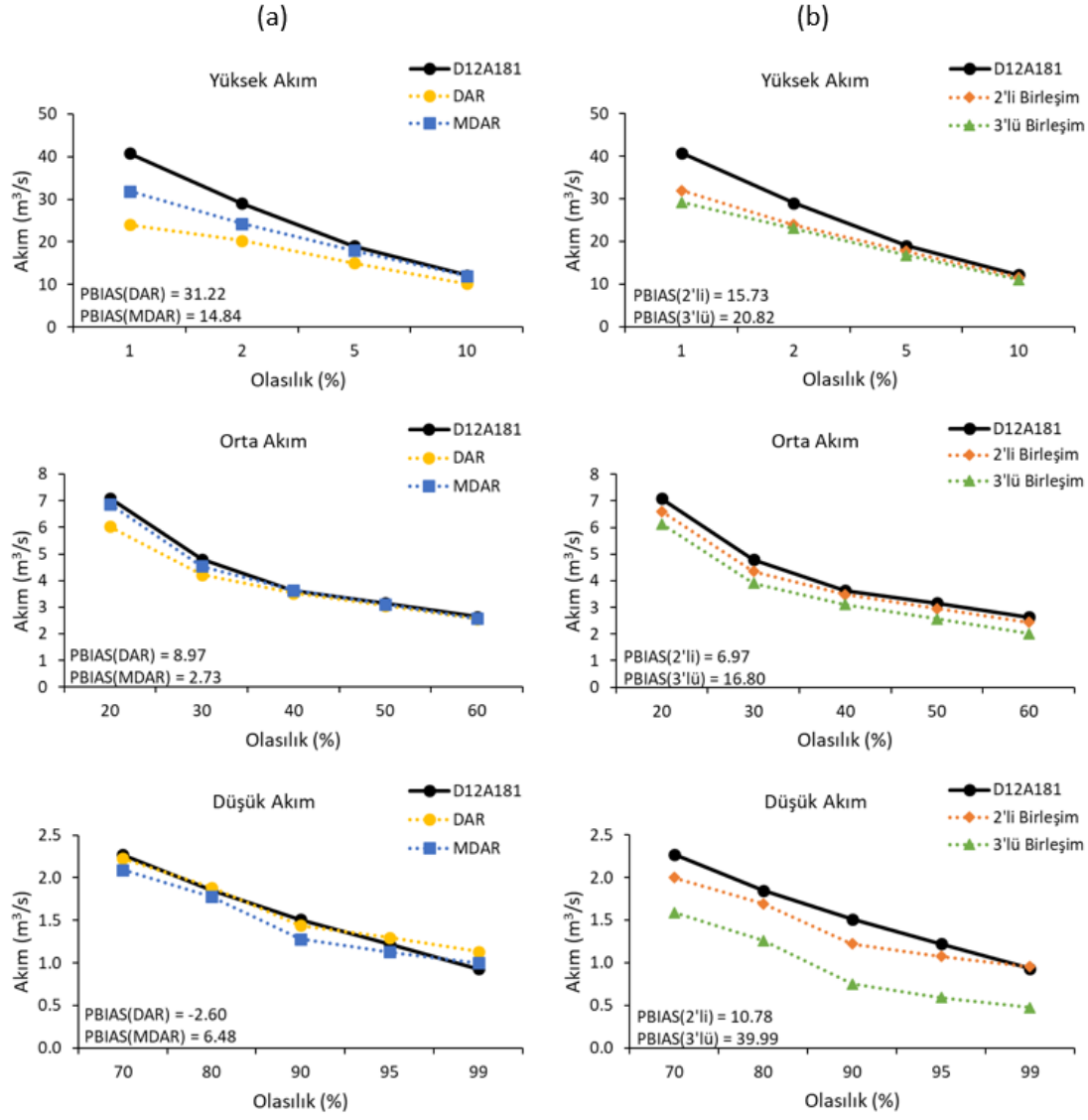
Şekil A.1 : Porsuk Çayı Havzası D12A033 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



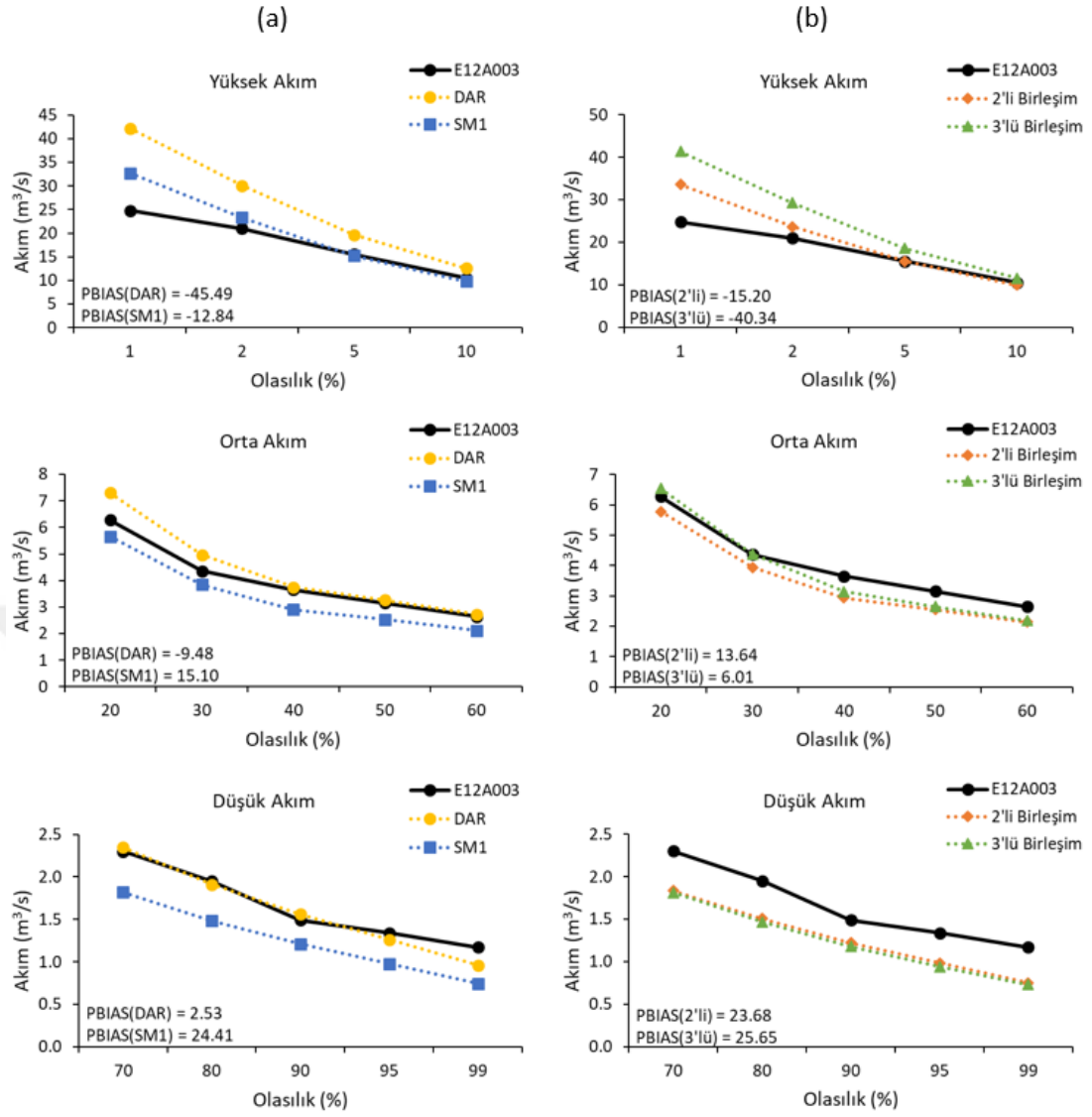
Şekil A.3 : Porsuk Çayı Havzası D12A063 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



Şekil A.4 : Porsuk Çayı Havzası D12A093 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

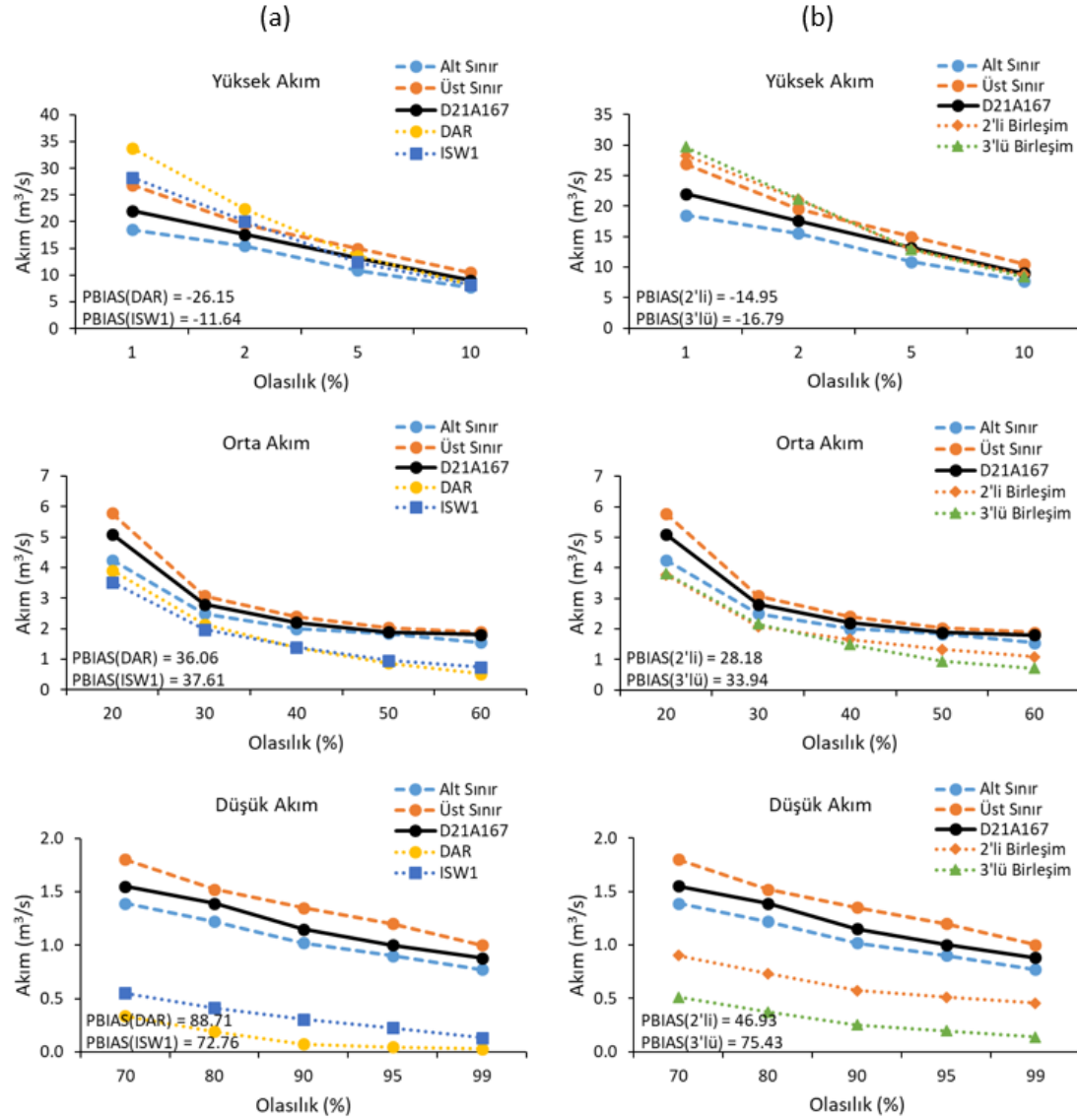


Şekil A.5 : Porsuk Çayı Havzası D12A181 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

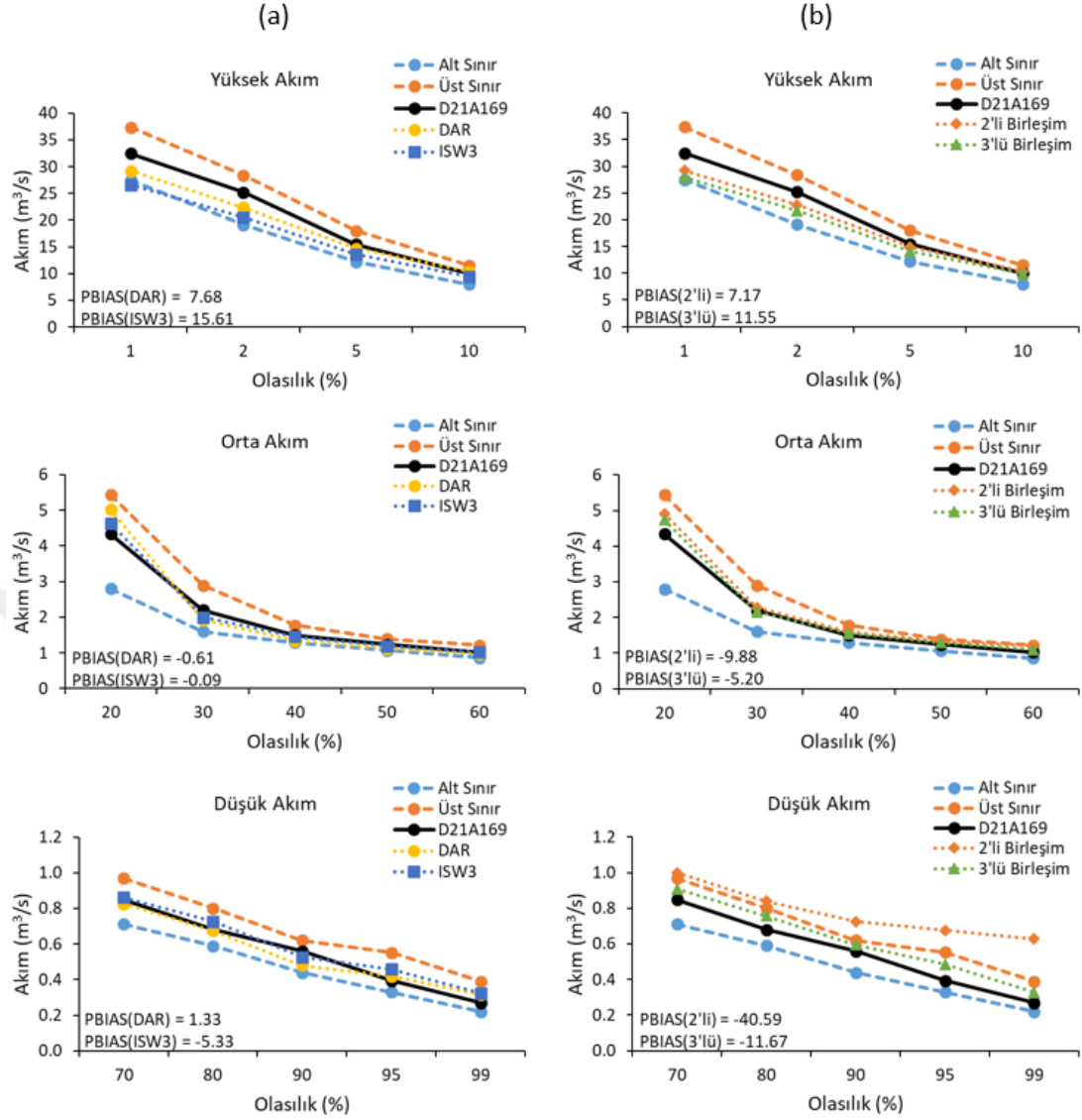


Şekil A.6 : Porsuk Çayı Havzası E12A003 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

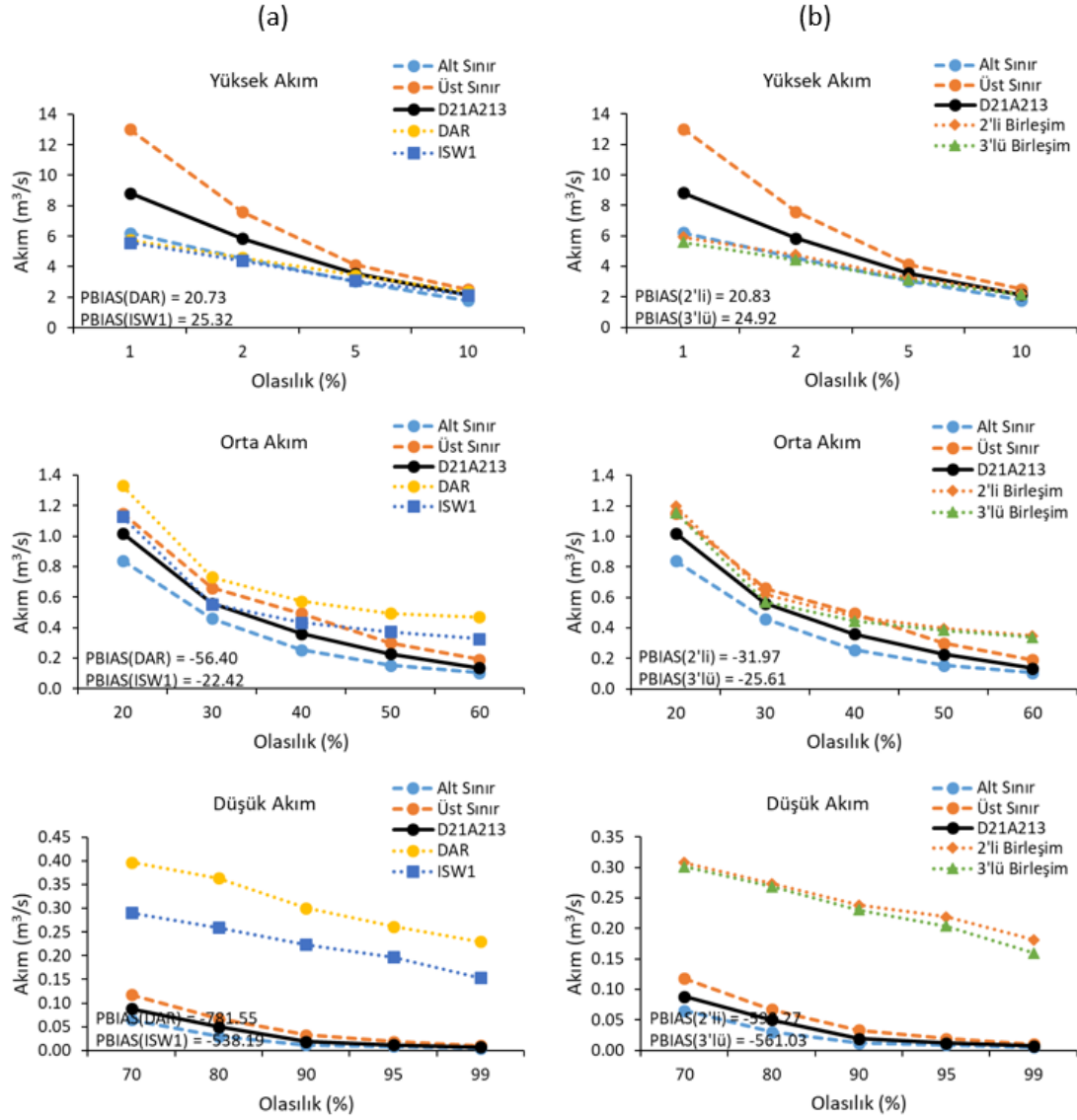
EK B: Orta Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması



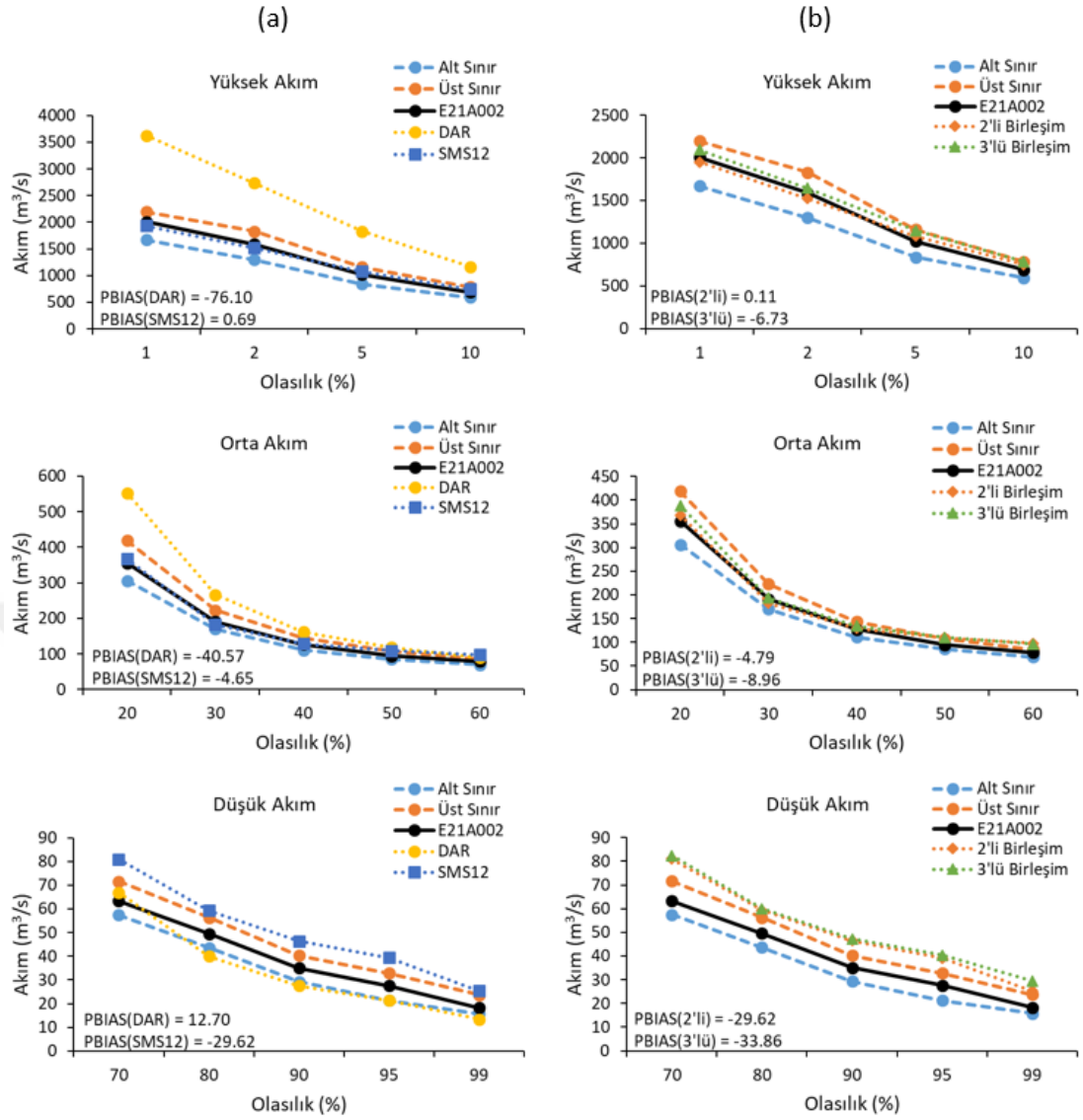
Şekil B.1 : Orta Fırat Havzası D21A167 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



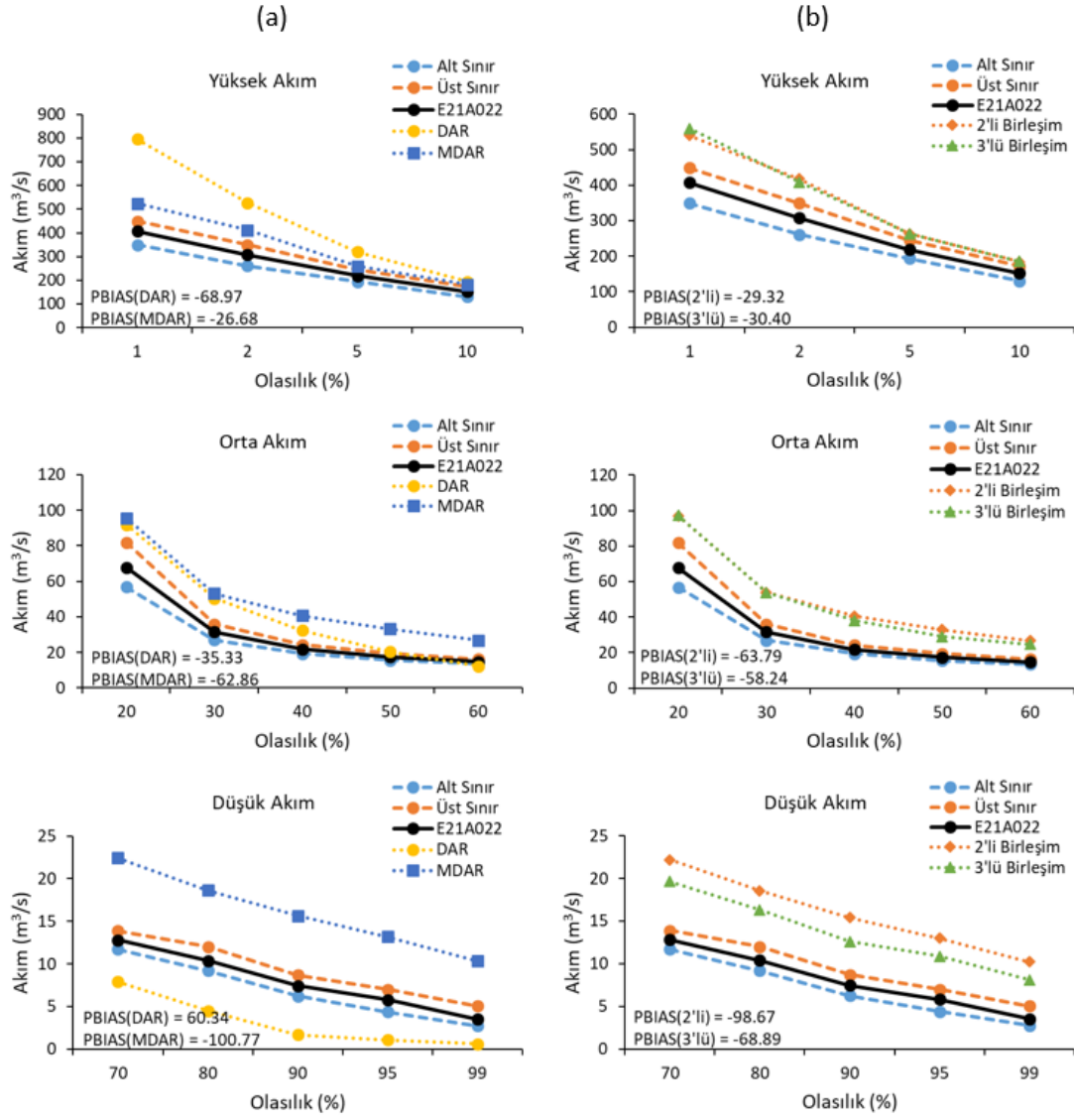
Şekil B.2 : Orta Fırat Havzası D21A169 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



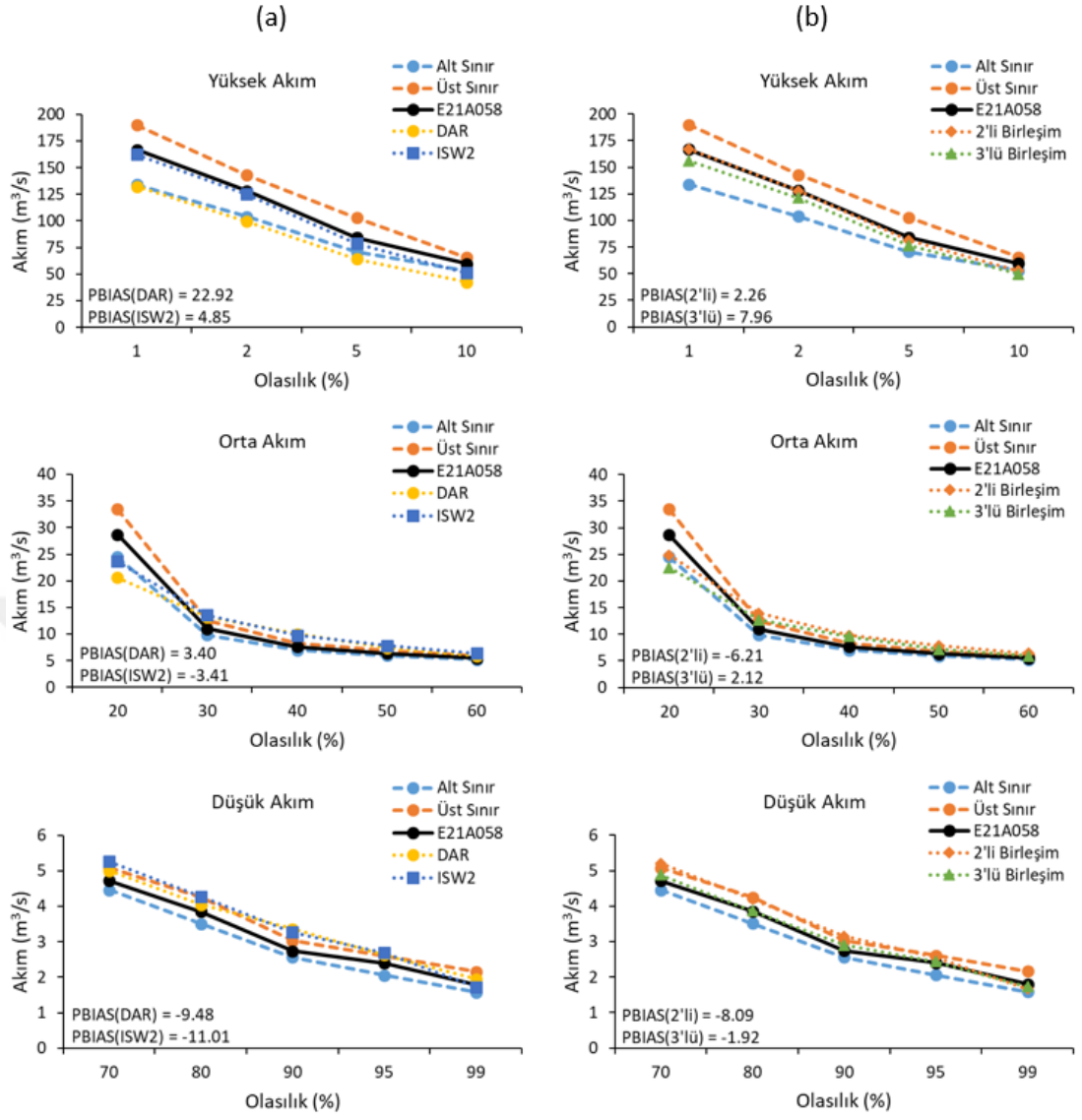
Şekil B.3 : Orta Fırat Havzası D21A213 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



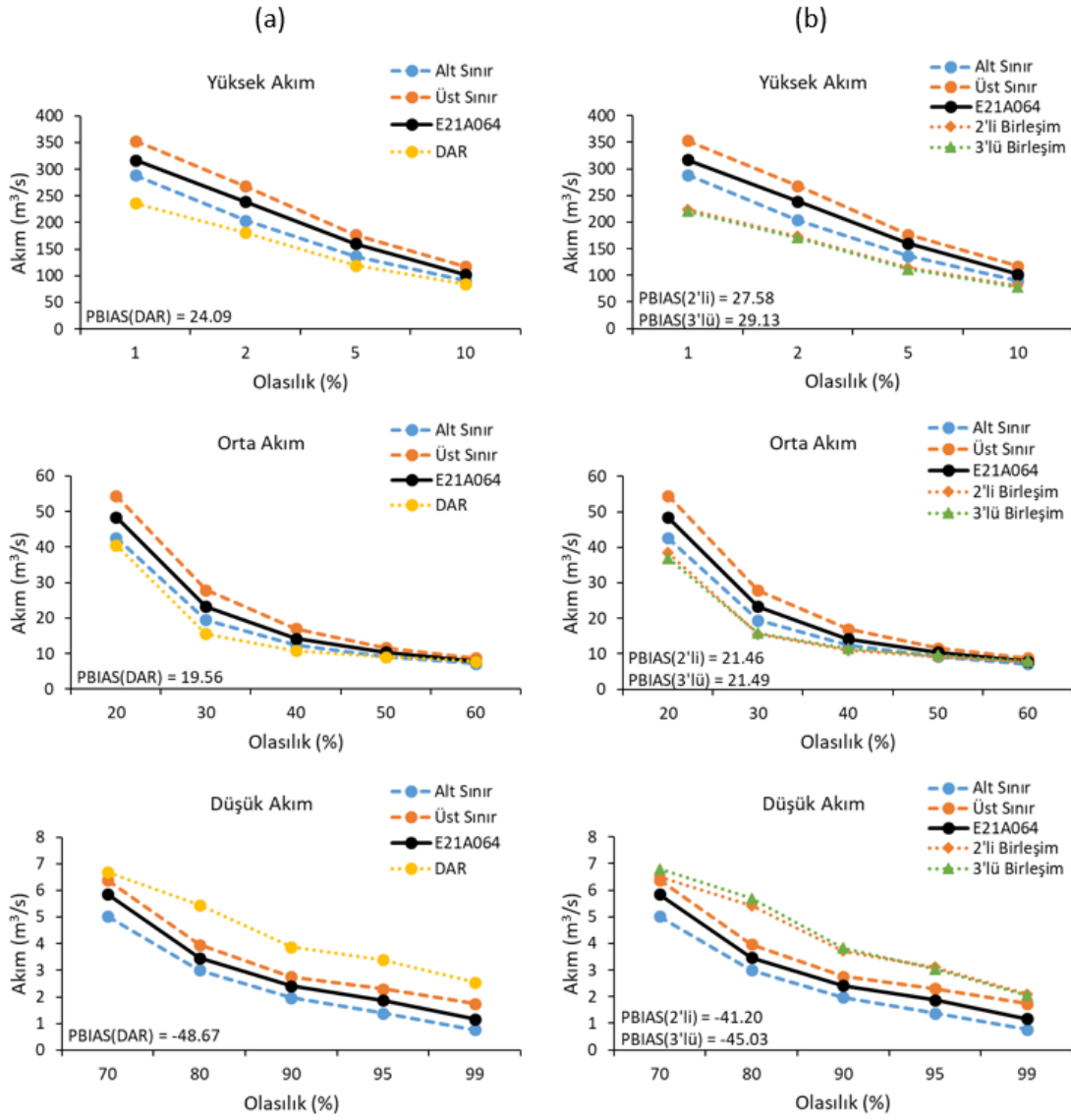
Şekil B.4 : Orta Fırat Havzası E21A002 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



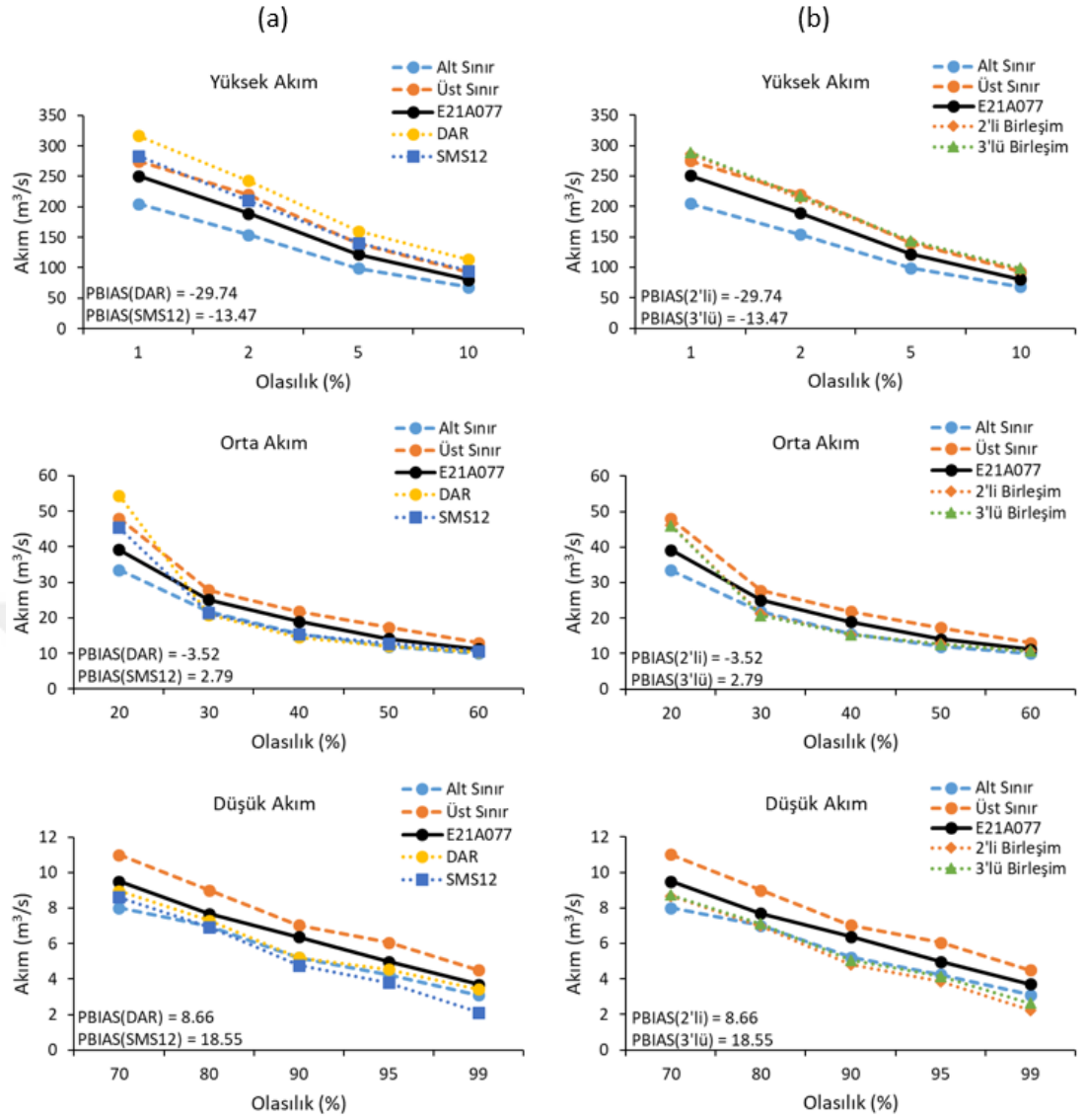
Şekil B.5 : Orta Fırat Havzası E21A022 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



Şekil B.6 : Orta Fırat Havzası E21A058 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

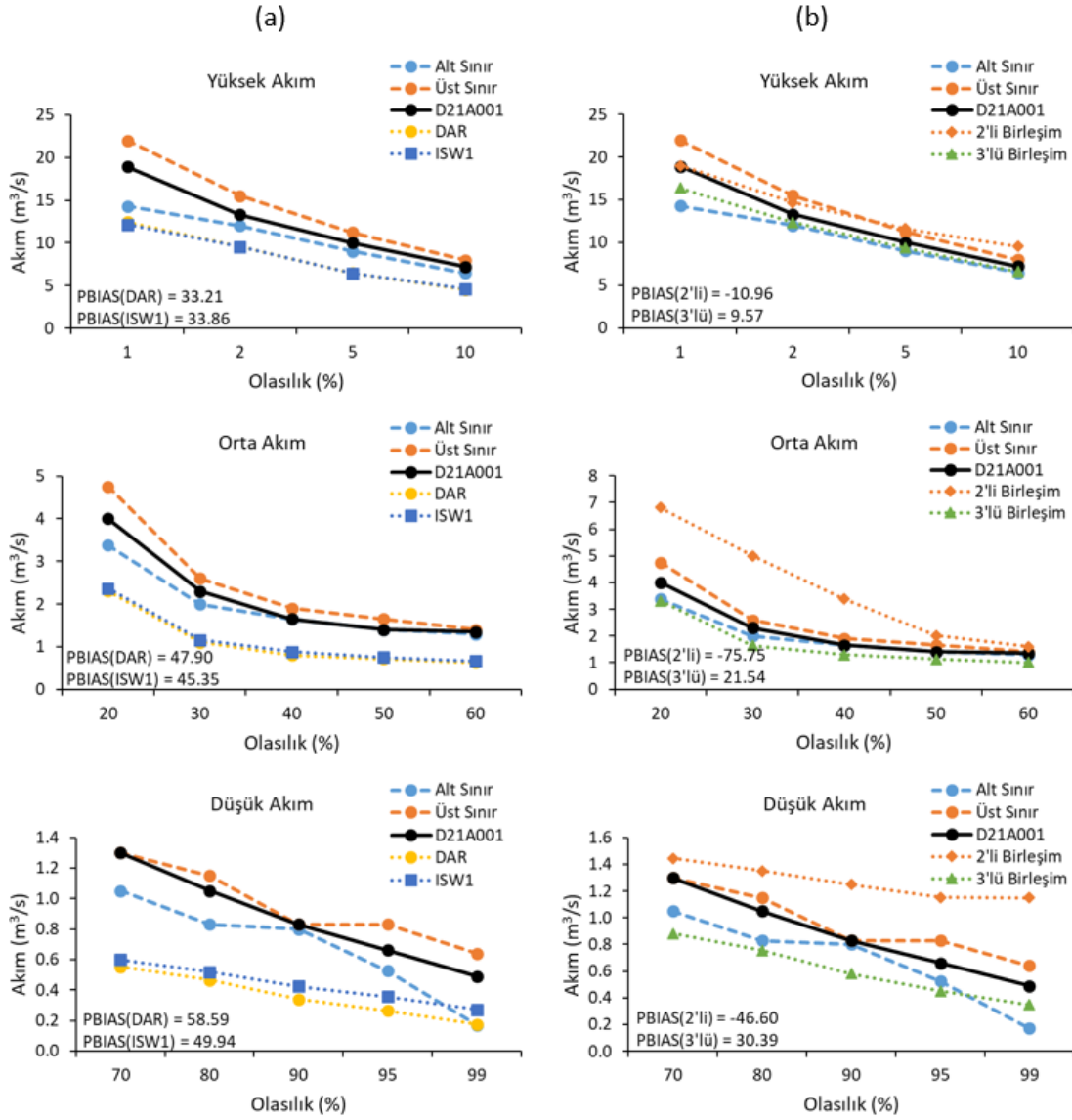


Şekil B.7 : Orta Fırat Havzası E21A064 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR yöntemi; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

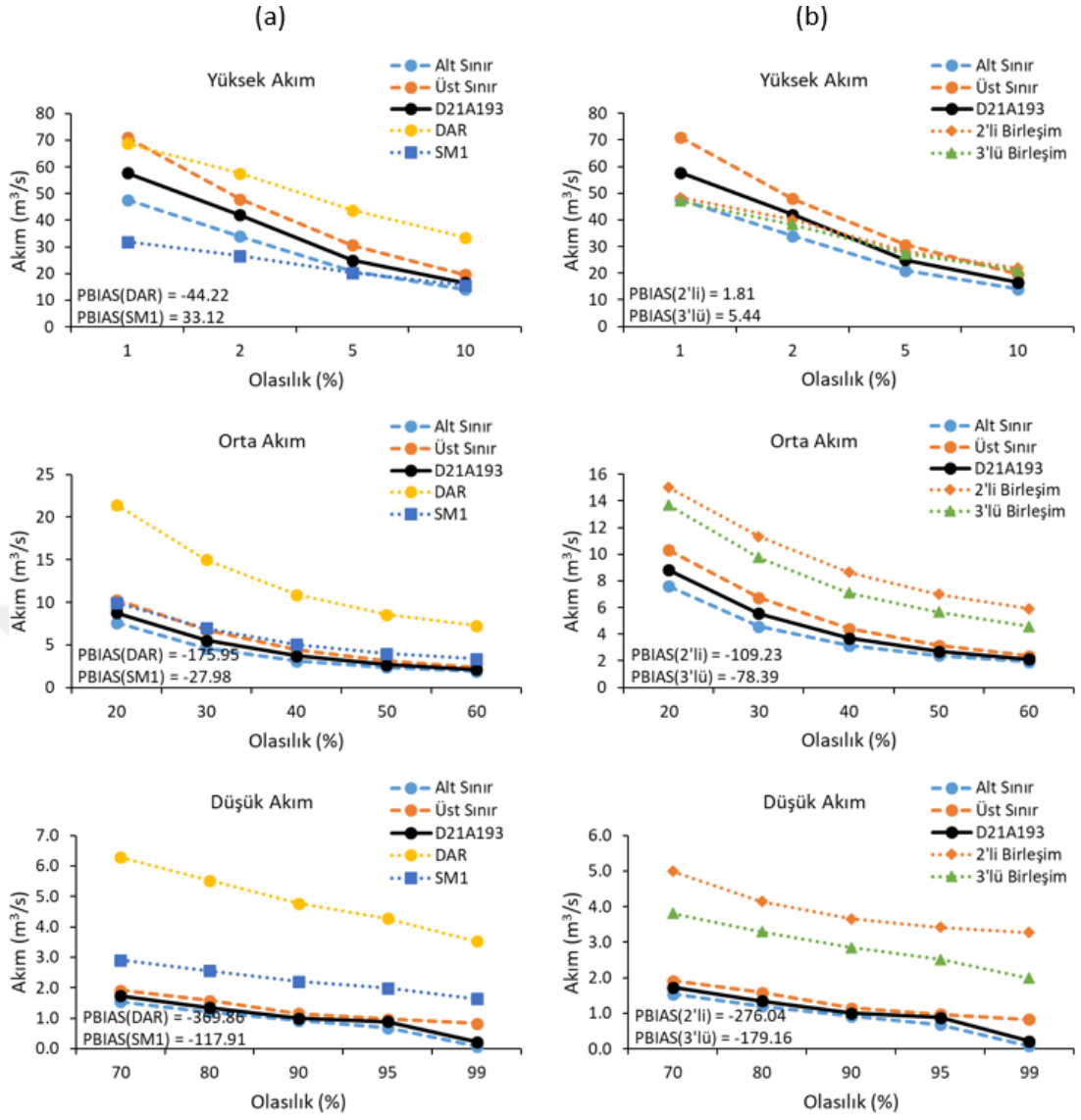


Şekil B.8 : Orta Fırat Havzası E21A077 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

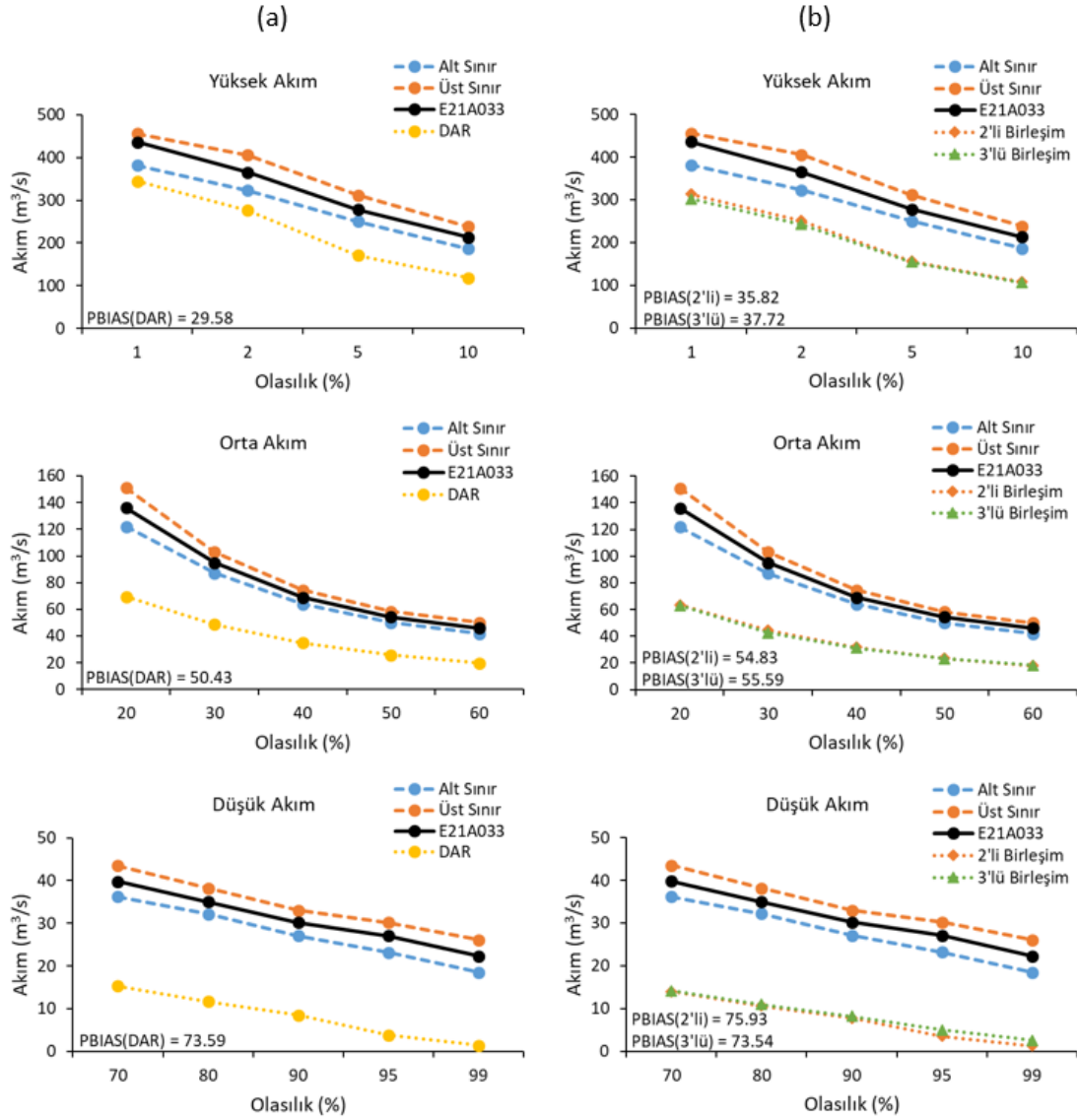
EK C: Yukarı Fırat Havzası'ndaki tüm istasyonlar için farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması



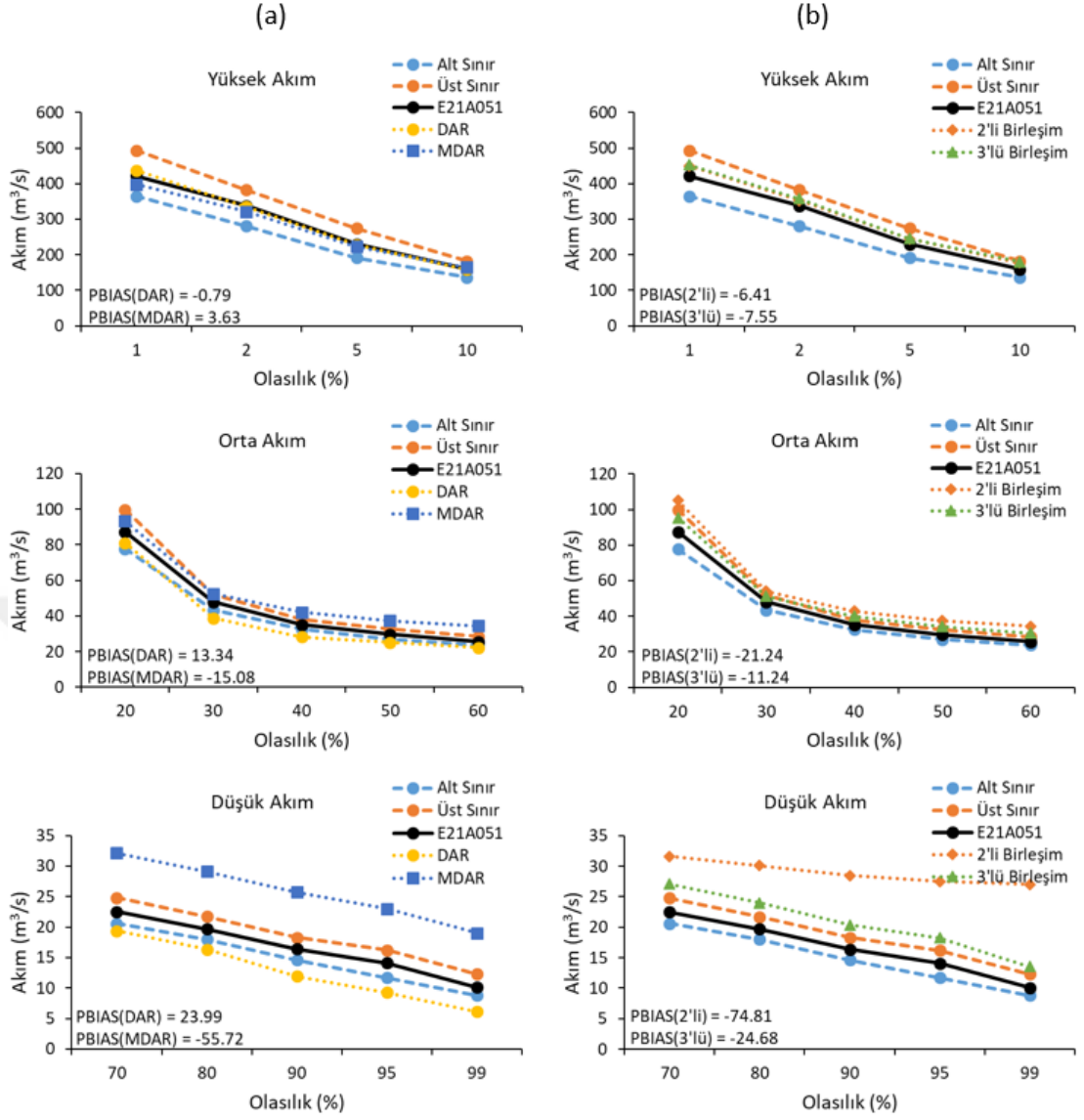
Şekil C.1 : Yukarı Fırat Havzası D21A001 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



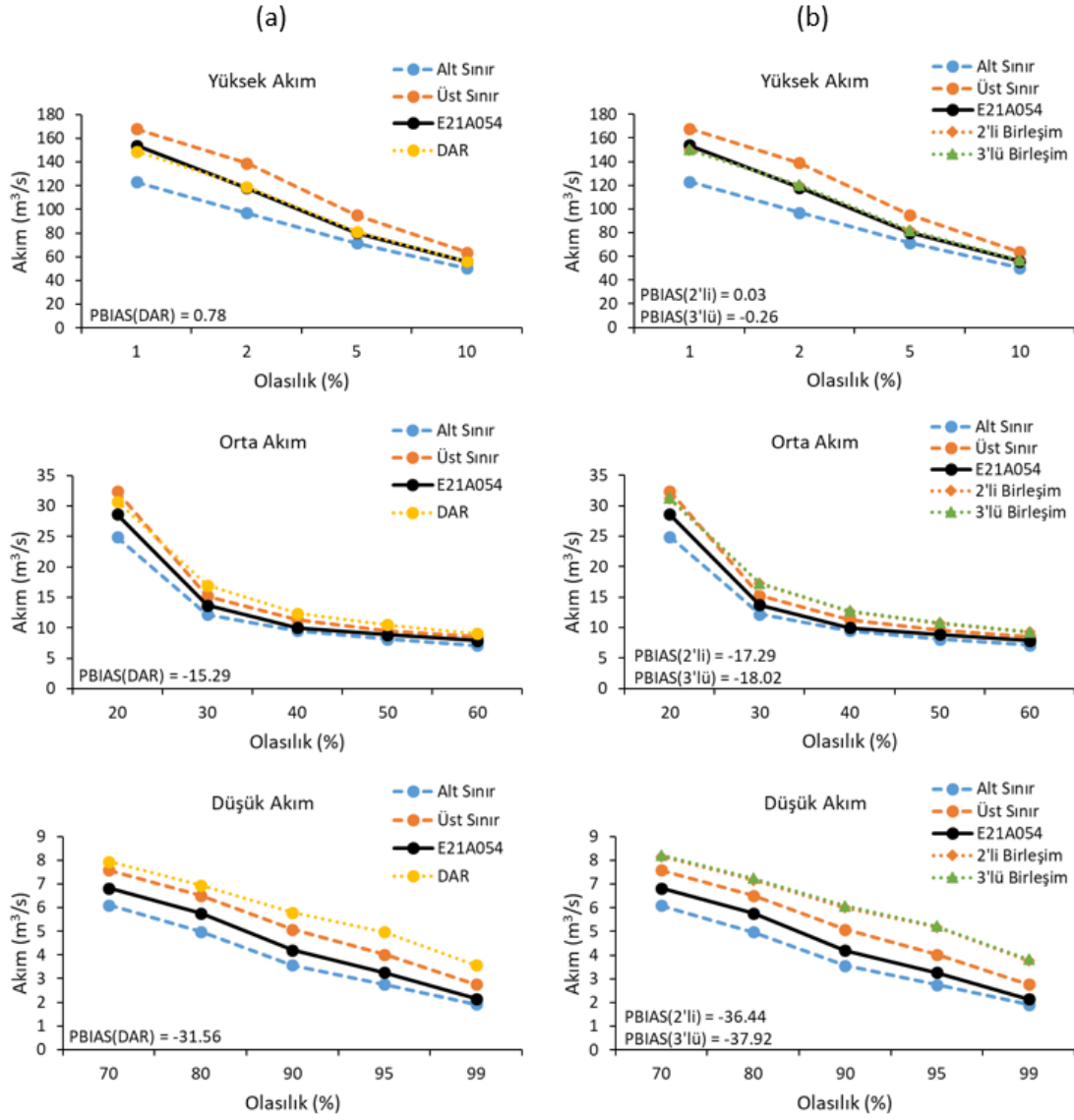
Şekil C.2 : Yukarı Fırat Havzası D21A193 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



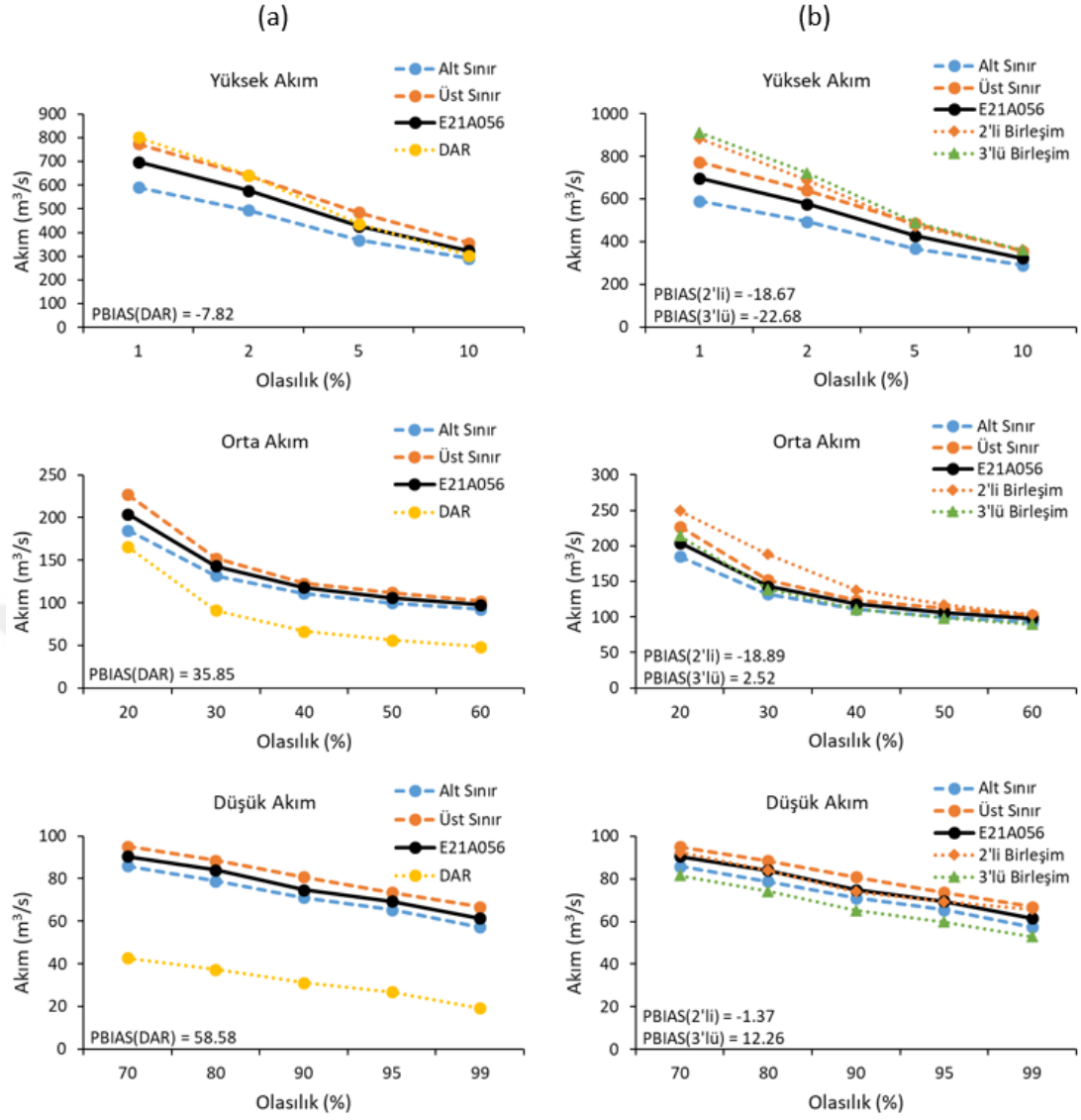
Şekil C.3 : Yukarı Fırat Havzası E21A033 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR yöntemi; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



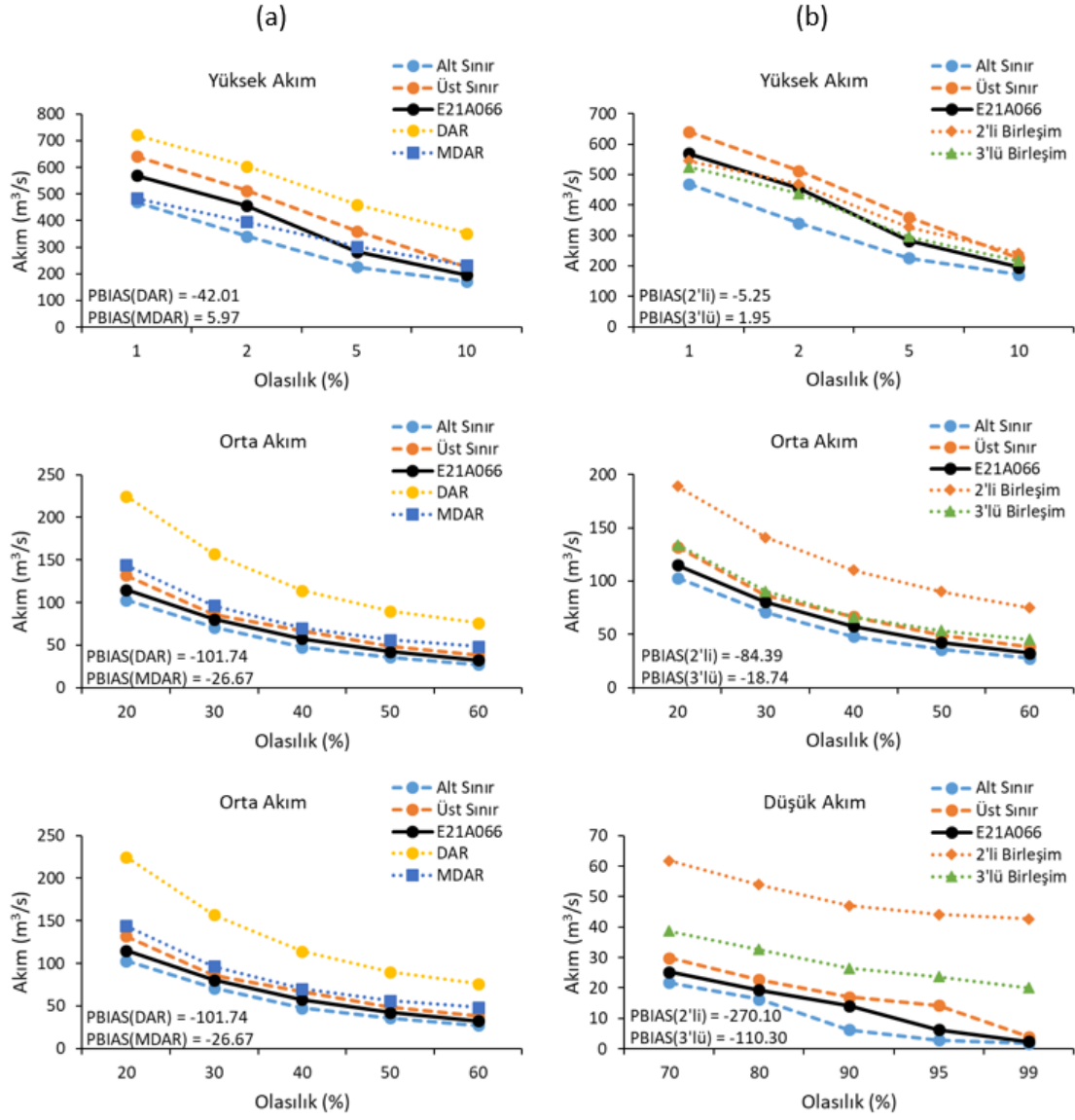
Şekil C.4 : Yukarı Fırat Havzası E21A051 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



Şekil C.5 : Yukarı Fırat Havzası E21A054 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR yöntemi; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



Şekil C.6 : Yukarı Fırat Havzası E21A056 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR yöntemi; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.



Şekil C.7 : Yukarı Fırat Havzası E21A066 istasyonunun farklı hidrolojik koşullar için seçilen aşılma olasılıklarına sahip gözlemlenen ve tahmin edilen akımların karşılaştırılması: (a)DAR ve en iyi tekli yöntem; (b)2'li ve 3'lü birleşim topluluk yöntemleri.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Mustafa Utku YILMAZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 02.07.1986 / Ankara
E-posta : utkuyilmaz@itu.edu.tr, utkuyilmaz@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans** : 2014, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2013 yılından beri Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

SCI ve SCI Expanded Kapsamındaki Yayınlar:

- **Yilmaz, M. U.**, Onoz, B. 2019. Evaluation of Statistical Methods for Estimating Missing Daily Streamflow Data. *Teknik Dergi*, 30(6), 9597-9620.
- **Yilmaz, M. U.**, Onoz, B. 2020. A Comparative Study of Statistical Methods for Daily Streamflow Estimation at Ungauged Basins in Turkey. *Water*, 12(2), 459.

Uluslararası Konferans ve Sempozyumlar:

- **Yilmaz, M. U.**, Onoz, B. 2017. Evaluation of Streamflow Estimation in Ungauged Basins Using Inverse Distance Weighted (IDW). *8th Atmospheric Sciences Symposium*, November 1-4, 2017 Istanbul, Turkey.

Ulusal Konferans ve Sempozyumlar:

- **Yılmaz, M. U., Önöz, B.** 2019. Fırat-Dicle Havzasında Günlük Akım Tahminleri için İstatistiksel Tahmin Yöntemlerinin Performanslarının Karşılaştırılması ve İyileştirilmesi. *10. Ulusal Hidroloji Kongresi*, 9-12 Ekim 2019 Muğla, Türkiye.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Uluslararası Hakemli Dergilerdeki Yayınlar:

- **Yılmaz, M. U., Ozgur, E., Kocak, K.** 2016. Monthly Streamflow Prediction of Yesilirmak Basin by Using Chaotic Approach. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 9(2), 18-22.
- **Yılmaz, M. U., Ozgur, E., Kocak, K.** 2017. Prediction of Monthly Streamflow at Ungauged Basin Using Flow Duration Curves. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 11(1), 10-12.
- Ozturk, M., **Yılmaz, M. U., Ozgur, E., Akatas, N.** 2017. Using Fuzzy Logic Approach on Evaporation Modeling. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 11(3), 4-6.

Uluslararası Konferans ve Sempozyumlar:

- **Yılmaz, M. U., Onoz, B.** 2015. Performance-weighted Methods for Estimating Monthly Streamflow: An Application for Middle Euphrates Basin. *9th World Congress of EWRA: Water Resources Management in a Changing World: Challenges and Opportunities*, June 10-13, 2015 Istanbul, Turkey.
- **Yılmaz, M. U., Ozgur, E., Yegen, E. B.** 2015. Determination of Basin Characteristics and Obtaining Synthetic Unit Hydrographs by Using GIS. *9th World Congress of EWRA: Water Resources Management in a Changing World: Challenges and Opportunities*, June 10-13, 2015 Istanbul, Turkey.
- **Yılmaz, M. U., Ozgur, E.** 2015. Seasonality and Persistence Investigation of Extreme Precipitations for Eastern Black Sea Region. *MESAEP 18th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region*, September 26-30, 2015 Crete, Greece.
- **Yılmaz, M. U., Onoz, B.** 2016. A Blended Approach For Streamflow Estimation At Ungauged Sites In Turkey. *1st International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences*, April 21-22, 2016 Afyonkarahisar, Turkey.
- Ozgur, E., **Yılmaz, M. U.** 2016. Trend Investigation of Extreme Precipitation for Eastern Black Sea Region of Turkey. *1st International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences*, April 21-22, 2016 Afyonkarahisar, Turkey.
- **Yılmaz, M. U., Ozgur, E., Kocak, K.** 2016. Monthly Streamflow Prediction of Yesilirmak Basin by Using Chaotic Approach. *2nd International Congress on Natural and Engineering Sciences*, September 1-5, 2016 Skopje, Macedonia.
- Akatas, N., Ozgur, E., **Yılmaz, M. U.** 2016. Modeling of Evaporation by Using Multiple Linear Regression. *2nd International Congress on Natural and Engineering Sciences*, September 1-5, 2016 Skopje, Macedonia.

- **Yilmaz, M. U.** 2016. Determination Reservoir Capacity by Reservoir Operation Studies. *1st International Mediterranean Science and Engineering Congress*, October 26-28, 2016 Adana, Turkey.
- Ozgur, E., **Yilmaz, M. U.**, Diren, D. H., Kocak, K. 2016. Determination of Predictability for Wind Speed with Different Time Scales by Using Chaotic Approach. *1st International Mediterranean Science and Engineering Congress*, October 26-28, 2016 Adana, Turkey.
- **Yilmaz, M. U.**, Ozgur, E., Kocak, K. 2016. Monthly Streamflow Prediction Based on Chaos Theory: A Case Study of the Middle Euphrates Basin. *1st International Mediterranean Science and Engineering Congress*, October 26-28, 2016 Adana, Turkey.
- **Yilmaz, M. U.**, Ozgur, E. 2016. A General Review of Turkey's Policy on Water Issues. *1st International Mediterranean Science and Engineering Congress*, October 26-28, 2016 Adana, Turkey.
- **Yilmaz, M. U.**, Ozgur, E., Kocak, K. 2017. Prediction of Monthly Streamflow at Ungauged Basin Using Flow Duration Curves. *3rd International Congress on Natural and Engineering Sciences*, July 21-25, 2017 Belgrade, Serbia.
- Ozturk, M., **Yilmaz, M. U.**, Ozgur, E., Akatas, N. 2017. Using Fuzzy Logic Approach on Evaporation Modeling. *3rd International Congress on Natural and Engineering Sciences*, July 21-25, 2017 Belgrade, Serbia.
- Selek, B., Onoz, B., **Yilmaz, M. U.**, Diker, G. E., Aksu, H., Bektasoglu, B., Ozturk, A. F., Karaahmetoglu, O., Sezer, S. 2017. Monthly Streamflow Estimation Model: A Study of Porsuk River Basin, Turkey. *8th Atmospheric Sciences Symposium*, November 1-4, 2017 Istanbul, Turkey.
- Selek, B., Onoz, B., **Yilmaz, M. U.**, Aksu, H., Ozturk, A. F., Sarikaya, M. S., Sezer, S. 2019. Monthly Streamflow Estimation Model: Murat River Basin Application. *9th International Symposium on Atmospheric Sciences*, November 23-26, 2019 Istanbul, Turkey.

Ulusal Konferans ve Sempozyumlar:

- **Yilmaz, M. U.**, Özgür, E., Yeğen, E. B. 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi. *VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, 28-30 Nisan 2015 İstanbul, Türkiye.
- **Yilmaz, M. U.**, Özgür, E., Yeğen, E. B. 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Anlık Birim Hidrografların Elde Edilmesi. *4. Su Yapıları Sempozyumu*, 19-21 Kasım 2015 Antalya, Türkiye.
- Selek, B., Önöz, B., **Yilmaz, M. U.**, Diker, G. E., Aksu, H., Bektaşoğlu, B., Öztürk, A. F., Karaahmetoğlu, O., Sezer, S. 2017. Ölçümü Olmayan Havzalar İçin Hidroistatistiksel Akım Tahmin Modeli Geliştirilmesi. *9. Ulusal Hidroloji Kongresi*, 4-6 Ekim 2017 Diyarbakır, Türkiye.
- Selek, B., Önöz, B., Dağdeviren, M., **Yilmaz, M. U.**, Diker, G. E., Aksu, H., Bektaşoğlu, B., Öztürk, A. F., Sarıkaya, M. S., Sezer, S. 2019. Aylık Akım Tahmin Modeli ve Çoruh Havzası Uygulaması. *10. Ulusal Hidroloji Kongresi*, 9-12 Ekim 2019 Muğla, Türkiye.