

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PERFORMANS AĞIRLIKLİ YÖNTEMLERLE AYLIK AKIMLARIN
TAHMİNİ: ORTA FIRAT HAVZASI UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa Utku YILMAZ

İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliğı Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PERFORMANS AĞIRLIKLİ YÖNTEMLERLE AYLIK AKIMLARIN
TAHMİNİ: ORTA FIRAT HAVZASI UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mustafa Utku YILMAZ
(501111521)**

İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliğı Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501111521 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mustafa Utku YILMAZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**PERFORMANS AĞIRLIKLİ YÖNTEMLERLE AYLIK AKIMLARIN TAHMİNİ: ORTA FIRAT HAVZASI UYGULAMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

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

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Zekai ŞEN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ali Osman PEKTAŞ
Bahçeşehir Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **27 Mayıs 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, akademik kişiliği, bilimsel yaklaşımı ve çalışma disiplini ile bana örnek olan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ'e, hayatım boyunca hiçbir desteği esirgemeyen ve bugüne gelmemde çok önemli rol oynayan aileme, yanımda olan arkadaşlarıma ve üzerimde emeği olan tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmamın konu ile ilgilenen herkese yararlı olmasını dilerim.

Mayıs 2014

Mustafa Utku Yılmaz
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. ÇALIŞMA ALANI.....	7
3.1 Çalışma Alanının Tanıtımı	7
3.2 İstasyonların Seçimi ve Veriler	8
3.3 Seçilen İstasyonlara ait Debi-Zaman Eğrileri	10
4. YÖNTEM.....	13
4.1 Akım Transfer Yöntemleri	13
4.1.1 Yağış alanı ile akımların standartlaştırılması.....	13
4.1.2 Ortalama akım ile akımların standartlaştırılması	14
4.1.3 Ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması	14
4.2 Bölgesel Regresyon.....	15
4.3 Yöntem Performans İstatistikleri	16
4.3.1 Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı	17
4.3.2 İstatistiksel hata.....	17
4.3.3 Karekök hata kareler ortalaması	18
4.4 Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşım.....	18
5. UYGULAMA.....	21
5.1 Akım Transfer Yöntemleri ile Akımların Tahmin Sonuçları.....	21
5.1.1 Yağış alanı ile akımların tahmin sonuçları	21
5.1.2 Ortalama akım ile akımların tahmin sonuçları.....	21
5.1.3 Ortalama akım ve standart sapma ile akımların tahmin sonuçları	23
5.2 Bölgesel Regresyon Sonuçları	28
5.3 Akım Tahmin Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi	30
5.3.1 Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı değerleri sonuçları	32
5.3.2 İstatistiksel hata değerleri sonuçları.....	39
5.3.3 Karekök hata kareler ortalaması değerleri sonuçları.....	46
5.3.4 Akım tahmin yöntemlerinin performanslarının karşılaştırılması.....	53
5.4 Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşım Değerleri Sonuçları	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR	65
EKLER.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	89

KISALTMALAR

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
BIAS	: İstatistiksel Hata
DAR	: Drainage Area Ratio
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
NSE	: Nash-Sutcliffe Efficiency
RMSE	: Root Mean Square Error
SM	: Standardization by Mean
SM1R	: SM with Annual Moments in Real Space
SM12R	: SM with 12 Monthly Moments in Real Space
SMS	: Standardization by Mean and Standard Deviation
SMS1L	: SMS with Annual Moments in Log Space
SMS12L	: SMS with 12 Monthly Moments in Log Space
SMS1R	: SMS with Annual Moments in Real Space
SMS12R	: SMS with 12 Monthly Moments in Real Space

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	: Seçilen akım gözlem istasyonlarına ait genel bilgiler	8
Çizelge 3.2	: Seçilen akım gözlem istasyonlarına ait istatistikler	8
Çizelge 5.1	: Bölgesel regresyonla hesaplanan yıllık μ_{QY} ve μ_{lnQY} değerleri.....	28
Çizelge 5.2	: Bölgesel regresyonla hesaplanan aylık μ_{QY} değerleri	29
Çizelge 5.3	: Bölgesel regresyonla hesaplanan aylık μ_{lnQY} değerleri	30
Çizelge 5.4	: Tahmin yöntemlerinin istasyonlara göre uygulanabilirliği	31
Çizelge 5.5	: 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri	32
Çizelge 5.6	: 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri	33
Çizelge 5.7	: 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri	34
Çizelge 5.8	: 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri	35
Çizelge 5.9	: 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri	36
Çizelge 5.10	: İstasyonların yöntemlere göre NSE değerleri	37
Çizelge 5.11	: 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS değerleri	39
Çizelge 5.12	: 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS değerleri	40
Çizelge 5.13	: 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS değerleri	41
Çizelge 5.14	: 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS değerleri	42
Çizelge 5.15	: 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS değerleri	43
Çizelge 5.16	: İstasyonların yöntemlere göre BIAS değerleri	44
Çizelge 5.17	: 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.....	46
Çizelge 5.18	: 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.....	47
Çizelge 5.19	: 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.....	48
Çizelge 5.20	: 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.....	49
Çizelge 5.21	: 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.....	50
Çizelge 5.22	: İstasyonların yöntemlere göre RMSE değerleri	51
Çizelge 5.23	: 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.....	55
Çizelge 5.24	: 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.....	56
Çizelge 5.25	: 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.....	57
Çizelge 5.26	: 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.....	58
Çizelge 5.27	: 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.....	59
Çizelge 5.28	: Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda r değerleri.....	60
Çizelge 5.29	: Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda w değerleri	61

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1	: Türkiye'nin akarsu havzaları ve Fırat havzasının coğrafi konumu.....	7
Şekil 3.2	: Orta Fırat havzasında seçilen istasyonların coğrafi yerleri	9
Şekil 3.3	: 2102 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman eğrisi.....	10
Şekil 3.4	: 2122 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman eğrisi.....	10
Şekil 3.5	: 2157 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman eğrisi.....	11
Şekil 3.6	: 2158 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman eğrisi.....	11
Şekil 3.7	: 2164 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman eğrisi.....	11
Şekil 5.1	: 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.....	32
Şekil 5.2	: 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.....	33
Şekil 5.3	: 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.....	34
Şekil 5.4	: 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.....	35
Şekil 5.5	: 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.....	36
Şekil 5.6	: 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS karşılaştırması	39
Şekil 5.7	: 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS karşılaştırması	40
Şekil 5.8	: 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS karşılaştırması	41
Şekil 5.9	: 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS karşılaştırması	42
Şekil 5.10	: 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS karşılaştırması	43
Şekil 5.11	: 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması	46
Şekil 5.12	: 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması	47
Şekil 5.13	: 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması	48
Şekil 5.14	: 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması	49
Şekil 5.15	: 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması	50
Şekil 5.16	: 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması	55
Şekil 5.17	: 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması	56
Şekil 5.18	: 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması	57
Şekil 5.19	: 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması	58
Şekil 5.20	: 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması	59
Şekil A.1	: 2102 nolu istasyon Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	69
Şekil A.2	: 2102 nolu istasyon Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi	69
Şekil A.3	: 2102 nolu istasyon Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi	69
Şekil A.4	: 2102 nolu istasyon Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi	70
Şekil A.5	: 2102 nolu istasyon Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi	70
Şekil A.6	: 2102 nolu istasyon Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	70
Şekil A.7	: 2102 nolu istasyon Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi	71
Şekil A.8	: 2102 nolu istasyon Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi	71
Şekil A.9	: 2102 nolu istasyon Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	71
Şekil A.10	: 2102 nolu istasyon Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi	72
Şekil A.11	: 2102 nolu istasyon Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi	72
Şekil A.12	: 2102 nolu istasyon Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	72
Şekil A.13	: 2122 nolu istasyon Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	73
Şekil A.14	: 2122 nolu istasyon Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi	73

Şekil A.15 : 2122 nolu istasyon Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi	73
Şekil A.16 : 2122 nolu istasyon Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi	74
Şekil A.17 : 2122 nolu istasyon Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi	74
Şekil A.18 : 2122 nolu istasyon Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	74
Şekil A.19 : 2122 nolu istasyon Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi	75
Şekil A.20 : 2122 nolu istasyon Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	75
Şekil A.21 : 2122 nolu istasyon Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi	75
Şekil A.22 : 2122 nolu istasyon Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi	76
Şekil A.23 : 2122 nolu istasyon Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi	76
Şekil A.24 : 2122 nolu istasyon Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi	76
Şekil A.25 : 2157 nolu istasyon Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi	77
Şekil A.26 : 2157 nolu istasyon Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi	77
Şekil A.27 : 2157 nolu istasyon Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi	77
Şekil A.28 : 2157 nolu istasyon Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi	78
Şekil A.29 : 2157 nolu istasyon Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi	78
Şekil A.30 : 2157 nolu istasyon Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	78
Şekil A.31 : 2157 nolu istasyon Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi	79
Şekil A.32 : 2157 nolu istasyon Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	79
Şekil A.33 : 2157 nolu istasyon Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi	79
Şekil A.34 : 2157 nolu istasyon Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi	80
Şekil A.35 : 2157 nolu istasyon Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi	80
Şekil A.36 : 2157 nolu istasyon Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi	80
Şekil A.37 : 2158 nolu istasyon Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	81
Şekil A.38 : 2158 nolu istasyon Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi	81
Şekil A.39 : 2158 nolu istasyon Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi	81
Şekil A.40 : 2158 nolu istasyon Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi	82
Şekil A.41 : 2158 nolu istasyon Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi	82
Şekil A.42 : 2158 nolu istasyon Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	82
Şekil A.43 : 2158 nolu istasyon Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi	83
Şekil A.44 : 2158 nolu istasyon Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	83
Şekil A.45 : 2158 nolu istasyon Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi	83
Şekil A.46 : 2158 nolu istasyon Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi	84
Şekil A.47 : 2158 nolu istasyon Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi	84
Şekil A.48 : 2158 nolu istasyon Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi	84
Şekil A.49 : 2164 nolu istasyon Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	85
Şekil A.50 : 2164 nolu istasyon Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi	85
Şekil A.51 : 2164 nolu istasyon Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi	85
Şekil A.52 : 2164 nolu istasyon Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi	86
Şekil A.53 : 2164 nolu istasyon Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi	86
Şekil A.54 : 2164 nolu istasyon Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	86
Şekil A.55 : 2164 nolu istasyon Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi	87
Şekil A.56 : 2164 nolu istasyon Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.....	87
Şekil A.57 : 2164 nolu istasyon Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi	87
Şekil A.58 : 2164 nolu istasyon Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi	88
Şekil A.59 : 2164 nolu istasyon Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi	88
Şekil A.60 : 2164 nolu istasyon Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi	88

SEMBOL LİSTESİ

A	: Yağış alanı
$A+K$	: Yağış alanı ve kot
A_X	: İndeks istasyonun yağış alanı
A_Y	: Ölçümü olmayan istasyonun yağış alanı
a, b, c	: Bölgesel regresyon katsayıları
K_Y	: Ölçümü olmayan istasyonun kotu
N	: Toplam gözlem sayısı
r	: Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda ağırlık oranı
Q_X	: İndeks istasyonun aylık akım değeri
Q_Y	: Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan aylık akım değeri
$\hat{Q}$	: Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımla hesaplanan akım
$\hat{Q}_{DAR}$	: DAR yönteminde hesaplanan akım
$\hat{Q}_{SM}$	: SM yönteminde hesaplanan akım
$\hat{Q}_{SMS}$	: SMS yönteminde hesaplanan akım
w	: Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda 0 ile 1 arasında değişen sınırlı bir ağırlık
X	: İndeks istasyon
X_i^{mean}	: Gözlenmiş aylık akımların ortalaması
X_i^{obs}	: Gözlenmiş aylık akımların i 'inci değeri
X_i^{sim}	: Hesaplanan aylık akımların i 'inci değeri
Y	: Ölçümü olmayan istasyon
μ	: Ortalama
μ_{QX}	: İndeks istasyonun akımlarının ortalama değeri
μ_{QY}	: Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının ortalama değeri
σ	: Standart sapma
σ_{QX}	: İndeks istasyonun akımlarının standart sapma değeri
σ_{QY}	: Ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının standart sapma değeri

PERFORMANS AĞIRLIKLIL YÖNTEMLERLE AYLIK AKIMLARIN TAHMİNİ: ORTA FIRAT HAVZASI UYGULAMASI

ÖZET

Akım kayıtları neredeyse tüm su kaynakları projeleri için gereklidir. Ölçümü olmayan noktalarda aylık akım kayıtlarının tahmini için mevcut pek çok yöntem vardır ancak hidrolojik çalışmaların çoğunda ölçümü olmayan havzalardaki akım kayıtlarının tahmini için yağış alanı oranı (DAR) yöntemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Diğer yöntemlerin fazla veri gerektirmesi veya fazla karmaşık olduğunun düşünülmesi nedeniyle DAR yöntemi genel olarak tercih edilen yöntem olmaktadır. Bu yöntem, ölçümü olan havzadaki akımların bilgisini, ölçümü olmayan havzaya aktarımı için indeks havzanın yağış alanı, ölçümü olmayan havzanın yağış alanı ve indeks havzanın akımlarından başka ek bir bilgi gerektirmemektedir. Fakat yağış alanı oranı ile taşıma, özellikle akarsularda hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda bazen çok kaba bir yaklaşım olabilmektedir.

Bu çalışmada, hidroloji alanında yapılan yayınlardaki yeni yöntemler yardımıyla ölçüm olmayan noktalarda aylık akımların tahmin edilmesi amaçlanmıştır. 2013 yılında Journal of Hydrology dergisinde yayınlanan Farmer ve Vogel'in "Ölçümü Olmayan Havzalarda Aylık Akımın Tahmini için Performans Ağırlıklı Yöntemler" isimli yayınında açıklanan yöntemler baz alınmış ve uygulanmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen Orta Fırat havzasında yer alan 2102, 2122, 2157, 2158 ve 2164 nolu beş akım gözlem istasyonunun 1970-2000 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır ve yağış alanı, ortalama akım, ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması olmak üzere üç akım transfer yöntemi kullanılmıştır. Akım transfer yöntemlerinde kullanılan akarsu akımı istatistiklerini tahmin etmek için sırasıyla her bir istasyonun ölçümü olmadığı varsayılarak diğer 4 istasyonun verileri kullanılarak yıllık ve aylık olarak bölgesel regresyon yapılmıştır. Bölgesel regresyonda yağış alanı (A), yağış alanı ve kot (A+K), $\ln A$ ve $\ln(A+K)$ değişkenleri kullanılmıştır. DAR ve bölgesel regresyon gerektiren 12 yöntemle 5 istasyon için yapılan tahminler, istasyonların birbirleriyle olan ilişkileri ve tahminlerin başarısı Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), istatistiksel hata (BIAS) ve karekök hata kareler ortalaması (RMSE) performans ölçütlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yöntemlerin performansı ölçüm olmayan ve indeks istasyonları arasında yapılmıştır. Önerilen yöntemlerden elde edilen sonuçlarına dayanarak DAR ile bölgesel regresyon gerektiren yöntemlerin avantajlarını kullanan harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda tanımlanan w ağırlık değerine göre DAR ve bölgesel regresyon gerektiren yöntemler karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak DAR yöntemi, bazı istasyonların aylık akımlarının diğer istasyonların akım verileri ile tahmininde daha iyi sonuçlar vermesine rağmen bölgesel regresyon modellerini kullanan yöntemlerin üstünlüğü gözlemlenmiştir. Uygulanan tüm yöntemler arasından ortalama akım ile akımların standartlaştırıldığı yağış alanı ile birlikte kotun kullanıldığı aylık SM12R(A+K) yöntemiyle ayrı ayrı 5 istasyon için yapılan tahminlerin hemen hepsinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bölgesel

regresyonda yağış alanı ve kot (A+K) değişkenlerini kullanan yöntemler, 2102 nolu istasyonun akım tahmininde görülen istisnalar dışında yağış alanı (A) değişkenini kullanan yöntemlere göre üstün performans sergilemişlerdir. Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda hesaplanan w ağırlık değerlerine göre bir değerlendirme yapıldığında SM ve SMS yöntemlerinin performansı %74 oranla DAR yöntemine göre daha başarılı olduğu sonucu çıkarılmıştır.

PERFORMANCE-WEIGHTED METHODS FOR ESTIMATING MONTHLY STREAMFLOW: AN APPLICATION FOR MIDDLE PART OF EUPHRATES BASIN

SUMMARY

Water is one of nature's most important gifts to mankind and is very much essential for human civilization. Throughout the history of mankind, civilizations have flourished only where water has been respected. Water has the power to move millions of people. Since the very birth of human civilization, people have moved to settle close to water. We know that people have fought over water for years. Water is all around us; it covers most of the earth's surface and makes up most of the human body. Water is a precious resource. All life is dependent on water to survive.

As freshwater is unquestionably one of the most important natural resources on Earth, the importance of sustainability of water resources is quite large. Demand for freshwater is increasing with every passing day and the water levels across the globe are coming down and there are signs of stress on all water resources. As the driest inhabited continent on earth, water resources are scarce and must be carefully managed. In order to be able to use and operate water resources efficiently, many parameters such as streamflow, evaporation, seepage must be properly analyzed. Streamflow is one of the most important of these parameters. Streamflow data is essential to nearly all water resources project. The amount of streamflow in rivers should also be known for dams project, fish and wildlife conservation, watershed management and environmental impact assessment. Streamflow is one of the most important parameters, especially in the determination of hydroelectric energy potential.

Streamflow forecasting is plays a central role in hydrology because it is an important element for water resources management, the design of hydraulic infrastructures and flood risk mapping. Hydrologic scientists face the challenge of streamflow prediction at ungauged locations. Streamflow prediction depends highly on reliable hydrological data. For especially water managers there is a need reliable estimation of streamflow for ungauged locations. However, hydrological data are often insufficient due to ungauged or poorly gauged basins. Regardless of the hydrological model used, estimation of streamflow time series in ungauged basins is difficult.

The streamflow is determined by streamflow gauging stations established by relevant institutions on rivers. In Turkey streamflow measurements are made by General Directorate of State Hydraulic Works (DSI). However these streamflow gauging stations are in general scarce and very expensive to maintain. It is a difficult to operate these stations in such cases the absence of data and failure of the stations. In such cases, in order to complete the missing data, there are many available advanced techniques for estimating monthly streamflow series at ungauged basins. Such techniques involve different levels of complexity, data availability and applicability. These hydrologic techniques, for which the physical system is the catchment, are two general types, deterministic and statistical. Many widely used statistical techniques

are based on data and using mathematical. They are commonly used techniques such as regression, transfer functions, neural networks and system identification. These techniques are known as stochastic hydrology techniques. They use the statistical properties of existing records and probability laws to generate feasible future events. They employ statistical variables, as in autoregression, moving average. Output is a function of a random component and is therefore not unique. Deterministic techniques are process-based techniques and they try to represent the physical processes observed in the real world. Such techniques contain representations of surface runoff, subsurface flow, evapotranspiration, and channel flow, but they can be far more complicated. These models are known as deterministic hydrology techniques. Many studies have demonstrated that a simple statistical approach may gives better results than hard deterministic approach. Although the importance of the use of complex hydrological models for water resources planning and management is widely recognized, experience has often shown that simple models can be usefully adopted for the needs of the water agencies in the assessment of the available water resources in a region.

In this study, it was intended to estimate monthly streamflow measurements with the help of new methods in the publications in the field of hydrology. Thus, it was referred to the article by Farmer and Vogel called “Performance-weighted Methods for Estimating Monthly Streamflow at Ungauged Sites” published in Journal of Hydrology in 2013. Turkey is hydrologically divided into 26 drainage basins. The Euphrates basin is located in the southeastern Anatolia region of Turkey. It is the largest of 26 basins and has the biggest mean annual streamflow in Turkey. It is part of the Southeast Anatolian Project, which is a multi-sector and integrated regional development effort approached in the context of sustainable development. It is divided into three; lower, middle and upper Euphrates. In this study, Middle Euphrates basin was selected for monthly streamflow estimations as the area for practice. The Murat River is the major source of the Middle Euphrates Basin. General Directorate of State Hydraulic Works (abbreviated as DSI) has 12 streamflow gauging stations on the Murat River and its branches. 8 of them are still on the run and 4 of them closed. The data were gathered from five streamflow stations 2102, 2122, 2157, 2158 and 2164. Monthly streamflow recorded at these five streamflow gauging stations in Middle Euphrates Basin used in this study were compiled by DSI. Each streamflow station contains a 31-year period spanning from 1970 to 2000.

In order to estimate monthly streamflow measurements, methods in this study, which are based on the methods described in the reference publication, were used. There are three different classes of flow transfer techniques: the drainage area ratio (DAR), and two standardization methods that require regional regression equations for estimating streamflow moments: standardization by means (SM) and standardization by mean and standard deviation (SMS). And out of them there is a blended, performance-weighted approach for streamflow estimation at an ungauged site which has been recommended by Farmer and Vogel. Such a blended estimator provides a favorable weighting of the two techniques that maximizes the advantages of each method while minimizing their disadvantages. The weight w which denotes a weight between zero and one, based on the relative performance of the two methods (DAR and SM or SMS). According to the weight w , it was evaluated DAR and two standardization methods that require regional regression equations for estimating streamflow moments. Statistics of streamflow series were simulated by linear regression on

monthly, and annual basis. In these linear regression equations variables as drainage area (A), drainage area and basin elevation (A+K), $\ln A$ and $\ln(A+K)$ were used.

Standardizing monthly flows by drainage area is one of the most commonly used hydrostatistical techniques for transferring streamflow information from one site to another. The DAR method was compared with two classes of statistical regionalization techniques including standardization by mean and standardization by mean and standard deviation. The statistics of prediction performance, namely the Nash-Sutcliffe efficiency (NSE), the bias (BIAS) and the root mean square error (RMSE) were performed for performance evaluation of estimation techniques. It was shown that the performance of both SM and SMS was generally superior to DAR approach. When regional regression was used to estimate streamflow and was used variable as drainage area and basin elevation (A+K) in regression equations, prediction performance was better. Reliable streamflow data in ungauged site obtained with the use of these methods will provide an important contribution to water resources planning and management.

1. GİRİŞ

Tatlı su kaynakları, dünyada insanlığın yararına sunulmuş çok önemli bir doğal kaynaktır. Yaşamın vazgeçilmez kaynaklarından biri olan su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin önemi oldukça büyüktür. Su kaynaklarının doğru kullanılabilmesi, doğru planlanması, doğru projelendirilmesi ve su kaynaklarından daha verimli bir şekilde yararlanılması için yağış, akım, buharlaşma ve sızma gibi birçok parametrenin doğru analiz edilmesi gerekmektedir. Akım, bu parametrelerin en önemlilerinden bir tanesidir.

Günümüzde, ölçüm yapılamayan yerlerdeki nehir akımlarının tahmini hidroloji konusunda çalışan bilim adamları ve aynı konuda projeler üreten uygulamacılar tarafından karşılaşılan en büyük zorluklardan biridir [1]. Özellikle uygulamacılar için su kaynaklarının planlanması ve projelendirilmesi aşamasında, güvenilir akım tahminlerinin yapılması çok önemlidir. Akarsudaki akımın miktarı, baraj projelendirmesi, balıkların ve doğal hayatın korunması, havza yönetimi ve çevresel etki değerlendirmesi gibi çalışmaları yapmak için de bilinmelidir. Özellikle hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesinde akım en önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle su kaynaklarımıza ait verilerin doğru olarak ölçülmesine, analizine ve akımların güvenilir tahminlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Ülkemizde akım ölçümleri akarsuyun belirli noktalarında kurulan Devlet Su İşleri'nin (DSİ) akım ölçüm istasyonları sayesinde sağlanmaktadır. Ancak bu istasyonlar, hem yetersiz sayıda hem de çok maliyetlidir. Çeşitli sebeplerle veri alınamaması ve istasyonlarda arıza olması gibi durumlarda bu istasyonların işletilmesi zor olmaktadır. Ayrıca mevcut ölçümler ise yetersiz olup birçok akarsu havzasında ölçüm bulunmamaktadır. Bu gibi durumlarda eksik veriyi tamamlayabilmek veya ölçüm yapılamayan havzalarda aylık akım tahmini tespit edebilmek için pek çok yöntem vardır. Bu hidrolojik yöntemler ampirik, deterministik ve istatistik bazlı olabilir. Ancak hidrolojik bir olayın oluşumunda birçok bilinmeyen etken olması deterministik modellere olan ilginin yavaş yavaş azalmasına ve hidroloji ile uğraşanları son yıllarda, hidrolojinin rasgeleliği ve

istatistiksel yaklaşımları üzerine çalışmaya yönlendirmiştir. Thompstone ve arkadaşları, basit bir istatistiksel yaklaşımın, zor bir deterministik yaklaşımdan daha iyi sonuçlar verebileceğini göstermişlerdir [2,3].

Bu çalışmada ülkemizdeki veri temini güçlüğü göz önüne alınarak aylık akım tahmini yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla mevcut verilerle uygulanabilir aynı zamanda güvenilir ve karmaşık olmayan yöntemlerin denenmesinin faydalı olacağı düşünülmüştür. Öncelikle Türkiye'nin en verimli ve su potansiyeli en yüksek nehri Fırat nehrini besleyen en büyük ve en önemli havza olan Orta Fırat havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. “Journal of Hydrology” dergisinde 2013 yılında yayınlanan “Ölçümü Olmayan Havzalarda Aylık Akımın Tahmini için Performans Ağırlıklı Yöntemler” isimli yayın bu çalışma için birincil referans alınmıştır [4]. Bu çalışmanın ana hedefi, ölçüm olmayan alanlarda doğal aylık akım zaman serisi tahmini için yöntemlerin yeteneğini değerlendirmek ve geliştirmektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Golob, vd. (1998), yapay sinir ağları (YSA) metodu ile nehir akımı tahmini yapmışlardır. Bunun için Slovenya'nın batı kesiminde bulunan Soca Nehri'ni seçmişlerdir. Bu nehrin akım ve yağış verilerini alarak yeni modeller oluşturup, girdi ve çıktı olarak elde edilen değerleri modellemiş ve eğitmişlerdir. Sonuç olarak elde edilen değerlerin iyi sonuçlar verdiğini gözlemişlerdir [5].

Dawson ve Wilby (2001), İngiltere'nin güneyinde bulunan Thames ve Mole Nehirlerinin akım tahminini yapabilmek için yapay sinir ağları (YSA) metodu ile yağış değerlerini kullanarak modeller geliştirmişlerdir. Karmaşık yöntemlerin yerine YSA metodu ile geliştirilen modellerin daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir [6].

Deka ve Chandramouli (2005), Hindistan'da bulunan Brahmaputra Nehri akımlarını tahmin etmek için yapay zeka yöntemlerinden, bulanık mantık (BM) ve yapay sinir ağları (YSA) metodlarını bir arada kullanmıştır. Modelin farklı değişkenler arasındaki lineer olmayan ilişkileri çok iyi yansıttığını belirtmişlerdir [7].

Longobardi ve Villani (2006), günlük akımların tahmini amacıyla değişken dönüşüm fonksiyonu kullanarak lineer bir tahmin modeli geliştirmişlerdir. Lineer bir yaklaşımla tahmin yapılmak istendiğinde model performansını etkileyen mevsimsel değişkenle birlikte yağış akış dönüşümünün lineer olmayan özellikleri için zamansal değişim yaklaşımının da kullanılması gerektiğini ve bir hidrolojik su yılı içerisinde tanımlanabilecek mevsim sayısına bağlı olarak zamansal değişim fonksiyonu içerisinde çok sayıda parametre bulunacağını belirtmişlerdir [8].

Keskin ve Taylan (2007), Orta Akdeniz havzasında bulunan Dim Çayı, Manavgat Çayı ve Köprüçay'a ait aylık akımların tahmini için stokastik modeller geliştirmişlerdir. Her bir akarsu için geliştirdikleri otoregresif modeller (Auto Regressive-AR) içerisinde, Dim Çayı için AR(2), Manavgat Çayı ve Köprüçay için ise AR(3) modellerini seçmişlerdir. En uygun modelin seçimi aşamasında Akaike Bilgi Kriteri Testi uygulamış ve aynı zamanda Portmanteau Testi ile de artık serilerin içsel bağımlı olup olmadığı araştırmışlardır. Seçilen modeller kullanılarak her bir

akım serisi ile aynı uzunlukta sentetik seriler üretmişlerdir. Üretilen serilerin, ölçülmüş akım serileri ile uyum içerisinde olduğu görmüşlerdir. Aynı zamanda, seçilen istasyonlara ait akımlar için YSA modelleri kurmuşlardır. Her iki modele ait sonuçlar, ölçülmüş değerlerle karşılaştırıldığında, AR modellerinin uygun sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir [9].

Yurdusev, vd. (2008), çalışmalarında Akarçay havzasındaki aylık akımları, yağış ve akım verilerini kullanarak yapay sinir ağı yöntemleriyle tahmin etmişlerdir. Uygulama sonucunda yeterli miktarda verinin var olması durumunda yapay sinir ağlarının yağış-akış modellemesine başarılı bir şekilde uygulanabileceği ortaya koymuşlardır [10].

Tuna, vd. (2009), Çoruh havzasında hidrolojik kuraklık değerlendirmesi yapmak için havza içerisindeki çeşitli nehirler üzerinde yer alan 6 akım gözlem istasyonuna ait 1965–2009 dönemi günlük ortalama akım verilerini kullanarak eksik akımları yapay sinir ağları (YSA) metodu ile tahmin etmişlerdir [11].

Okkan ve Mollamahmutoğlu (2010), Gediz havzasında yer alan Yiğitler Çayı'na ait günlük akımların tahmini için bir yapay sinir ağları (YSA) modeli geliştirmişlerdir. YSA modelini çoklu doğrusal regresyon (ÇDR) modeli ile karşılaştırmışlar ve YSA modelinin ÇDR modeline göre daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir [12].

Terzi ve Köse (2012), yapay sinir ağları (YSA) yöntemi ile Göksu Nehri'nin akım tahminini yapmışlardır. Göksu Nehri'nde bulunan akım gözlem istasyonlarından alınan günlük akım değerlerini kullanarak YSA modelleri geliştirmişlerdir. Geliştirilen modellerin performanslarını değerlendirirken, belirginlik katsayısı ve ortalama mutlak hata değerlerini kullanmışlardır. Modellerin performanslarını değerlendirerek, YSA yönteminin akım tahmininde kullanılabilir olduğunu göstermişlerdir [13].

Farmer W.H. ve Vogel R.M. (2013), ölçüm olmayan alanlarda aylık akım zaman serisi tahmini için tüm ABD'de yaklaşık 1300 ölçüm istasyonunda çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları üç akım transfer tekniği vardır. 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 tekniklerinde kullandıkları akarsu akımı istatistiklerini tahmin etmek için bölgesel regresyonu kullanmışlardır.

Drenaj alanı, yağış, sıcaklık, evapotranspirasyon, kuraklık indeksi gibi parametreleri kullanarak bölgesel hidrolojik regresyon modelleri geliştirmişlerdir. Bu regresyonlarla SM ve SMS yöntemlerinde, ölçümü olmayan yerlerde akımların ortalama ve standart sapmasını tahmin etmişlerdir. Bu yöntemlerin performansını ölçüm olmayan ve indeks istasyonlar arasında yapmışlardır. Yöntemlerden elde ettikleri sonuçlara dayanarak DAR ve bölgesel regresyon modellerinin kullanıldığı yöntemler (SM ve SMS) ile harmanlanmış performans ağırlıklı bir yaklaşım önermişlerdir. Sözettileri 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 sağladığını ifade etmişlerdir. Modellerin performansı ile hidroklimatolojik değişkenleri arasındaki ilişkiyi araştırmak için Kendall tau sıra korelasyon katsayısı, Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), istatistiksel hata (BIAS) tekniklerini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda DAR yönteminin oldukça sağlam olduğunu ancak bölgelerin %42'sinde SM ve SMS yöntemlerinin DAR'a göre daha üstün olduğunu ve bu bölgesel regresyon modellerinin kullanıldığı yöntemlerin DAR'a göre göreceli performansının genellikle bölgedeki kuraklık oranı ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir. NSE ölçütüne göre yaklaşık 1300 ölçüm istasyonunun %60'ında, harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımın tahmin performansını, DAR yönteminin tahmin performansından daha iyi olarak bulmuşlardır [4].

3. ÇALIŞMA ALANI

3.1 Çalışma Alanının Tanıtımı

Türkiye’de Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından su kaynaklarını tespit etmek, geliştirmek ve kullanmak amacıyla hazırlanan çalışmalar sonrasında ülke yüzeyi 26 adet büyük ölçekli hidrolojik havzaya ayrılmıştır. Havzaların ortalama yıllık toplam akımları 186 milyar m³’tür. Havza su verimleri birbirlerinden farklı olup, Türkiye’nin en büyük su havzası Fırat havzasıdır ve ülke yüzölçümünün % 16.31’ini kapsamaktadır. Yıllık akım miktarı 20 milyar m³’ten fazla olan tek havzadır. Fırat havzasının yüzölçümü 127.304 km², ortalama yüksekliği 1009,87 m, yağış alanı 127,30 km² ve ortalama yıllık akımı ise 31,61 km³’tür. Havzada temel akarsu Fırat Nehri’dir. Nehrin önemli yan kolları Murat Nehri, Karasu, Sarısu Suyu, Gayt Deresi, Melet Deresi, Tohma Çayı, Çolap Suyu, Göksu, Milban Suyu, Kotan Suyu ve Munzur Suyudur. Bu havza genelinde Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen ve verisi olan toplam istasyon sayısı 83’tür. Bu istasyonların 56’sı kapalıdır ve 27’si halen işletilmektedir [14].

Fırat havzası; Aşağı Fırat, Orta Fırat ve Yukarı Fırat havzası olarak 3 bölümde incelenmektedir. Havza görünümü Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Türkiye'nin akarsu havzaları ve Fırat havzasının coğrafi konumu.

3.2 İstasyonların Seçimi ve Veriler

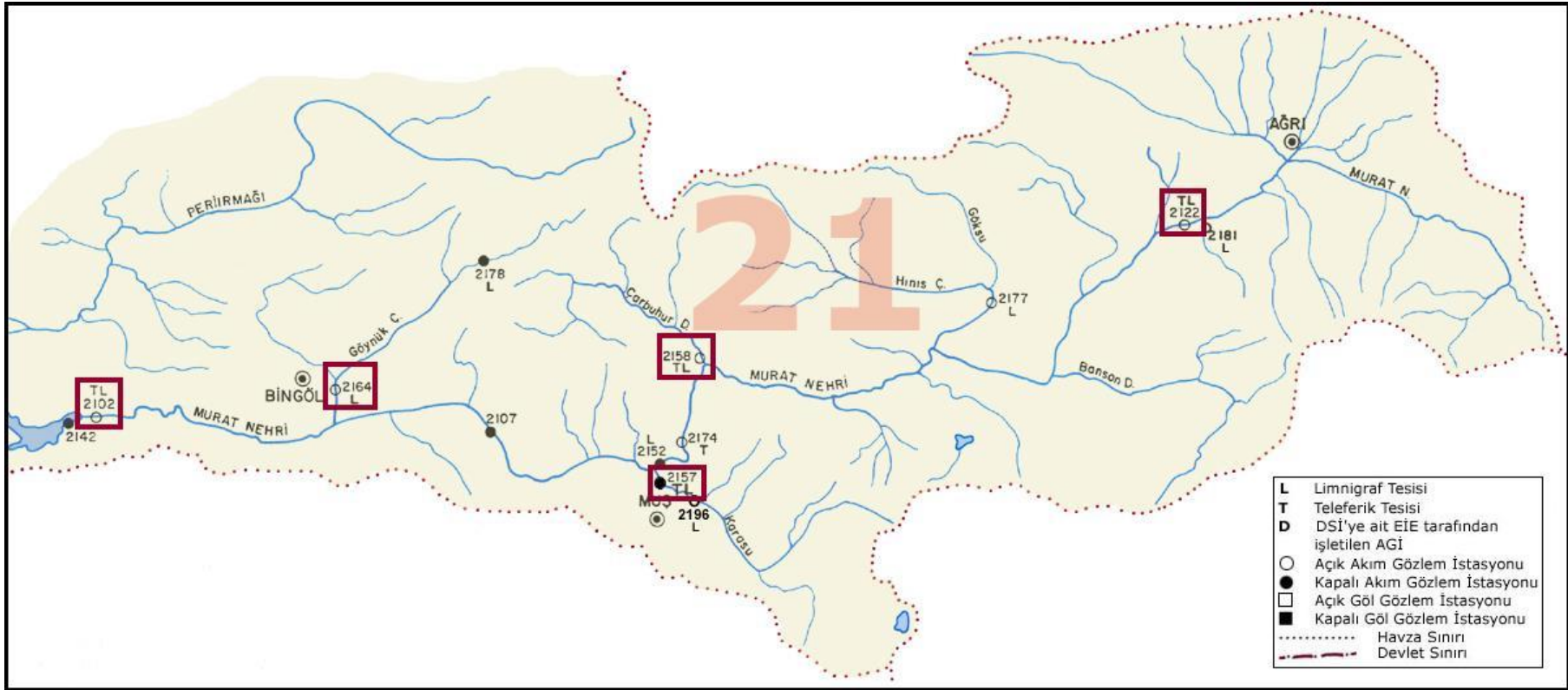
Çalışmada, Orta Fırat havzasında Murat Nehri üzerinde ve kollarında bulunan, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilmekte olan akım gözlem istasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Murat Nehri üzerinde ve kollarında DSİ tarafından işletilen 4 tanesi kapalı, 8 tanesi açık toplam 12 tane akım gözlem istasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlardan; gözlem sayısı, gözlemler arasında kesiklik olmaması ve homojen olarak dağılmış olması kriterlerine bağlı olarak 5 istasyon seçilmiştir. Seçilen 2102, 2122, 2157, 2158, 2164 nolu akım gözlem istasyonlarından, 1970-2000 yılları arasındaki 31 yıllık aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. İstasyonlar hakkında genel bilgiler Çizelge 3.1’de, istasyonlara ait istatistikler ise Çizelge 3.2’de verilmiştir. Ayrıca seçilen istasyonlar 21. Bölge Orta Fırat havzası haritası üzerinde Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 : Seçilen akım gözlem istasyonlarına ait genel bilgiler.

İstasyon No	İstasyon Adı	Yağış Alanı (km ²)	Kot (m)
2102	Murat Nehri-Palu	25515,6	859
2122	Murat Nehri-Tutak	5882,4	1552
2157	Karasu-Karaköprü	2098,4	1250
2158	Bingöl Çayı-Abdurahmanpaşa Köprüsü	1577,6	1310
2164	Göynük Çayı-Çayağzı	2232,0	998

Çizelge 3.2 : Seçilen akım gözlem istasyonlarına ait istatistikler.

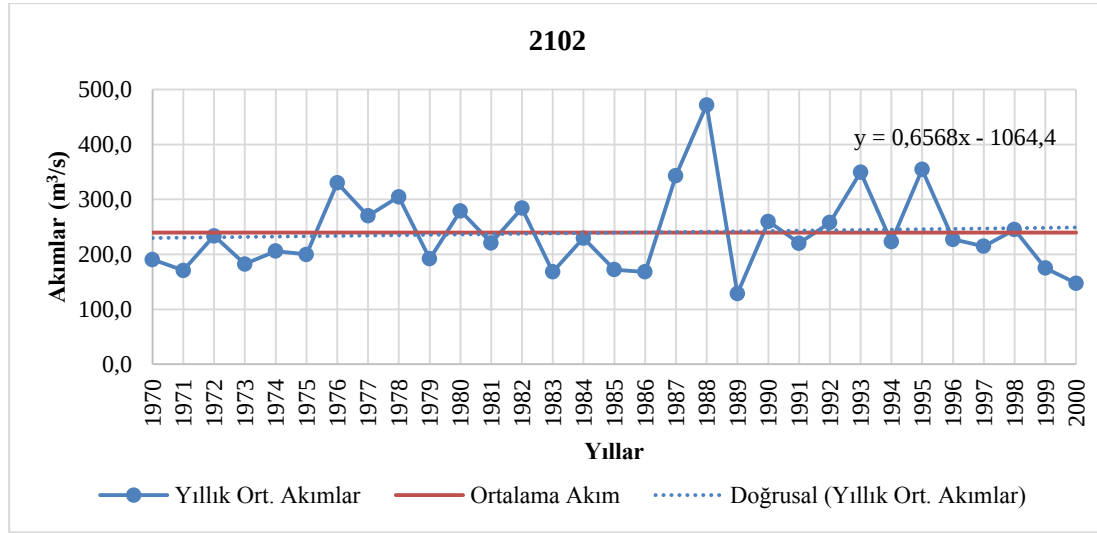
	2102		2122		2157		2158		2164	
	Ort.	S. Sapma	Ort.	S. Sapma	Ort.	S. Sapma	Ort.	S. Sapma	Ort.	S. Sapma
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
Ekim	71,55	21,60	16,11	5,30	6,68	1,68	5,75	2,29	8,86	7,42
Kasım	115,94	51,92	20,33	8,20	13,07	7,53	8,81	5,94	18,78	16,57
Aralık	118,47	62,39	17,44	5,84	14,04	9,29	7,64	3,22	17,31	10,39
Ocak	92,75	27,30	14,98	5,45	10,62	5,35	5,90	1,12	12,61	4,83
Şubat	119,37	46,72	16,25	6,65	16,10	9,32	6,09	1,43	17,33	8,72
Mart	322,12	134,14	38,55	20,60	48,16	25,75	16,09	7,76	54,39	24,11
Nisan	947,01	342,82	175,47	47,01	104,29	54,43	71,71	24,05	148,31	55,22
Mayıs	685,16	313,31	160,48	67,36	55,05	34,13	66,18	27,33	88,15	46,94
Haziran	245,34	131,24	64,39	37,94	15,02	10,20	25,68	16,59	18,07	12,37
Temmuz	73,93	38,04	17,25	11,03	4,28	2,01	6,25	3,28	4,57	2,62
Ağustos	40,53	15,08	8,94	4,97	2,91	0,87	3,29	1,02	2,64	0,95
Eylül	39,86	11,79	8,57	3,02	3,62	1,03	3,12	0,89	2,73	0,90
Yıllık Ort.	239,34	74,15	46,56	12,29	24,49	9,55	18,88	5,51	32,81	9,95



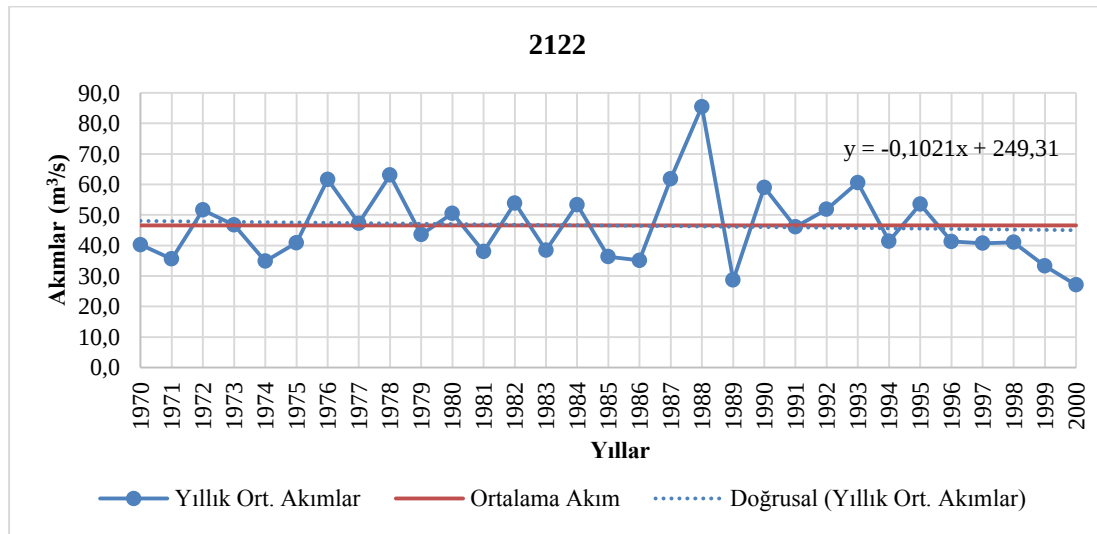
Şekil 3.2 : Orta Fırat havzasında seçilen istasyonların coğrafi yerleri.

3.3 Seçilen İstasyonlara ait Debi-Zaman Eğrileri

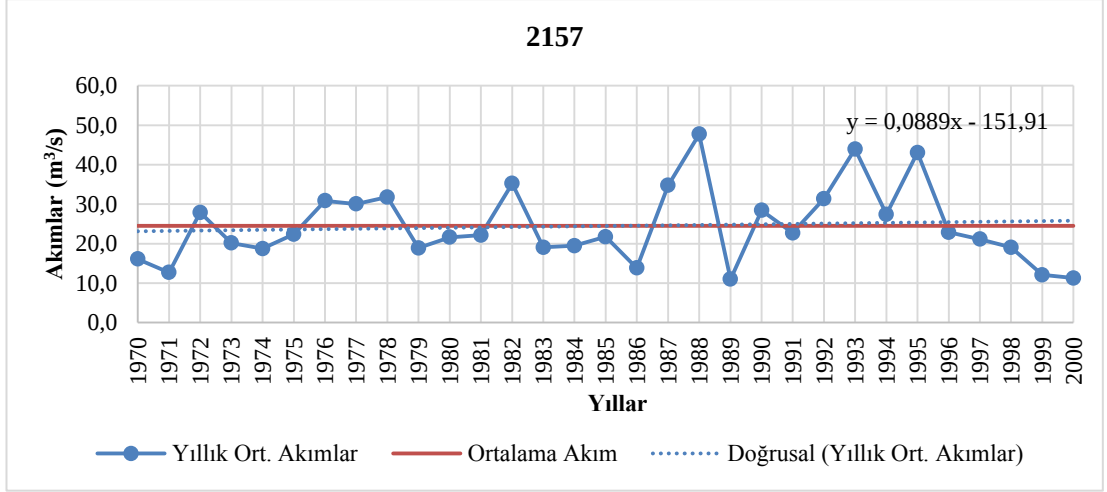
Seçilen 2102, 2122, 2157, 2158 ve 2164 nolu akım gözlem istasyonlarının aylık ortalama akım verilerinden elde edilen yıllık ortalama akım verileri kullanılarak, akımların zamanla değişimi görmek amacıyla her bir istasyona ait debi-zaman eğrileri çizilmiştir (Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7). Şekiller üzerinde, her bir istasyonun yıllık verilerine uydurulan doğrusal regresyon eğrisi ve genel ortalama akımı gösterilmiştir. Şekillere bakıldığında genel ortalama akım miktarının zamanla çok az değiştiği söylenebilir. Ayrıca istasyonların ortalama aylık verileri kullanılarak her bir ay için debi-zaman eğrileri Ek A’da verilmiştir.



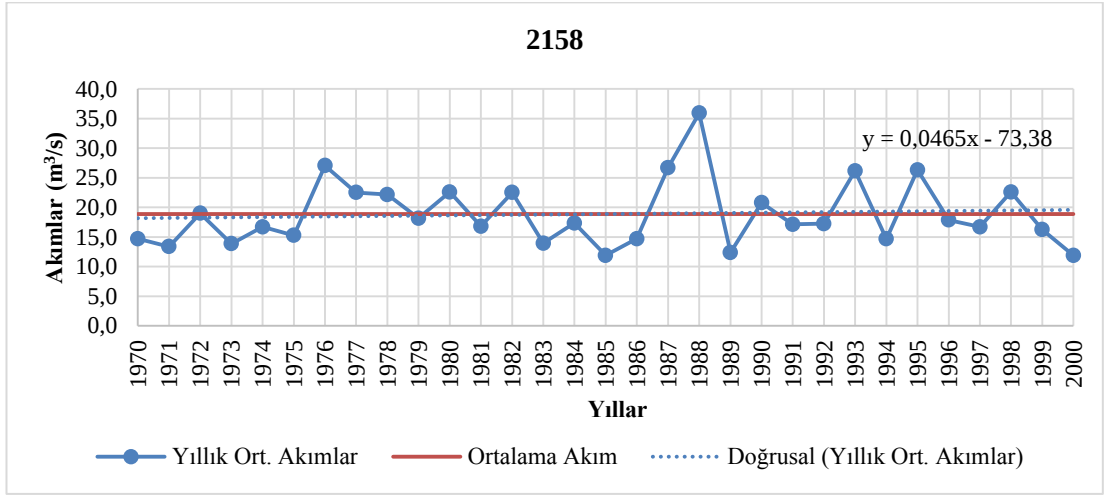
Şekil 3.3 : 2102 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman eğrisi.



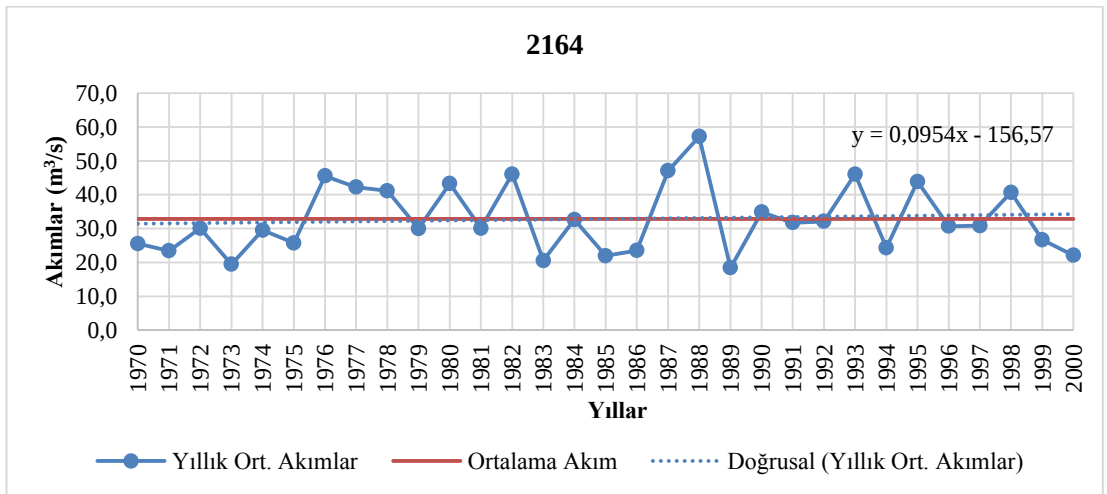
Şekil 3.4 : 2122 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman eğrisi.



Şekil 3.5 : 2157 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman eğrisi.



Şekil 3.6 : 2158 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman eğrisi.



Şekil 3.7 : 2164 nolu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman eğrisi.

4. YÖNTEM

Çalışmada izlenen yöntemler için Farmer W.H. ve Vogel R.M. (2013) “Ölçümü Olmayan Havzalarda Aylık Akımın Tahmini için Performans Ağırlıklı Yöntemler” isimli yayınından yararlanılmıştır. Bu yayında açıklanan yöntemler baz alınmış ve uygulanmıştır.

4.1 Akım Transfer Yöntemleri

Çalışmada, üç akım transfer yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler, yağış alanına göre akımların standartlaştırılmasını, ortalama akım ile akımların standartlaştırılmasını (SM, yıllık ve aylık), ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılmasını (SMS, yıllık ve aylık) içermektedir. Her yöntem aşağıda tarif edilmekte ve her yöntemin çeşitli varyasyonları tanıtılmaktadır.

4.1.1 Yağış alanı ile akımların standartlaştırılması

Bir akarsu üzerindeki akım gözlem istasyonundan (AGİ) elde edilen akım verilerinden yola çıkılarak, ölçümü olmayan havzalardaki akım zaman serisini tahmin etmek amacıyla, ölçümü olan havzadaki akımların bilgisini, ölçümü olmayan havzaya aktarımı için yağış alanı ile akımların standartlaştırılması kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem, literatürde çeşitli araştırmalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [15,16]. Yöntemin uygulanabilirliği, iki ölçüm istasyonu arasındaki havzanın hidrolojik karakteristikleri ile yakından ilişkilidir. Genellikle yağış alanı oranı (DAR) olarak adlandırılan bu yöntemin kullanımı, indeks havzanın yağış alanı, ölçümü olmayan havzanın yağış alanı ve indeks havzanın akımlarından başka ek bir bilgi gerektirmemektedir. Hidrolojik benzer havzalar arasında birim alan başına akım eşit olduğu varsayılmaktadır. Yani herhangi bir ay için aşağıda (4.1) denklemi ile açıklanmıştır.

$$\frac{Q_X}{A_X} = \frac{Q_Y}{A_Y} \quad (4.1)$$

(4.1) denkleminde X indeks istasyon, Y ölçümü olmayan istasyon, Q_X indeks istasyonun aylık akım değeri (m^3/s), Q_Y ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan aylık akım değeri (m^3/s), A_X indeks istasyonun yağış alanı, A_Y ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan yağış alanını belirtmektedir.

4.1.2 Ortalama akım ile akımların standartlaştırılması

Ortalama akımlarla standartlaştırma, hidrolojide yaygın olarak kullanılır. Örneğin, taşkın frekans analizinde bazen indeks taşkın yöntemi olarak da belirtilir [17]. Ortalama akım ile akımların standartlaştırılması yöntemi (SM) matematiksel olarak akımların ortalama akıma oranı olarak aşağıda (4.2) denkleminde ifade edilir.

$$\frac{Q_X}{\mu_{Q_X}} = \frac{Q_Y}{\mu_{Q_Y}} \quad (4.2)$$

(4.2) denkleminde Q_X indeks istasyonun aylık akım değeri (m^3/s), Q_Y ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan aylık akım değeri (m^3/s), μ_{Q_X} indeks istasyonun akımlarının ortalama değeri (m^3/s), μ_{Q_Y} ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının ortalama değerini (m^3/s) göstermektedir.

Çalışmada bu yöntem gerçek akımlarla yıllık (SM1R) ve aylık (SM12R) olarak uygulanmıştır. SM1R ve SM12R yöntemleri hesaplanan aylık akım zaman serilerini oluşturur. SM1R ve SM12R yöntemleri arasındaki ayrım standartlaştırma işleminde görülmektedir. SM1R yönteminde tek bir indeks akımla (genel ortalama yıllık akım), SM12R yönteminde 12 indeks akımla (yani Ocak ayı akımları ortalama Ocak ayı akımları ile ve diğer aylar da aynı şekilde) aylık akım serileri standartlaştırılır. SM1R ve SM12R yöntemlerinde ölçümü olmayan yerlerde ortalama akımları tahmin etmek için bölgesel regresyon kullanılmıştır.

4.1.3 Ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması

Ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS) diye adlandırdığımız başka bir yaygın transfer yöntemi Hirsch tarafından önerilen bölgesel istatistiksel yöntemidir [18]. Yöntemde, ölçümü olmayan ve indeks havzalarda standartlaştırılmış akımlar yaklaşık eşit varsayılmıştır. Matematiksel olarak (4.3) denklemiyle ifade edilmektedir.

$$\frac{Q_X - \mu_{Q_X}}{\sigma_{Q_X}} = \frac{Q_Y - \mu_{Q_Y}}{\sigma_{Q_Y}} \quad (4.3)$$

(4.3) denkleminde Q_X indeks istasyonun aylık akım değeri (m^3/s), Q_Y ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan aylık akım değeri (m^3/s), μ_{Q_X} indeks istasyonun akımlarının ortalama değeri (m^3/s), μ_{Q_Y} ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının ortalama değeri (m^3/s), σ_{Q_X} indeks istasyonun akımlarının standart sapma değeri, σ_{Q_Y} ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının standart sapma değerini göstermektedir.

Yöntemde, ölçümü olmayan yerlerde aylık akımların ortalama ve standart sapmasını tahmin etmek için bölgesel regresyon kullanılmıştır.

Gerçek akımlarla SMS yönteminin aksine gerçek değerlerin ln'leri alınarak yapılan SMS yaklaşımının daha doğru olması muhtemeldir. Çünkü aylık akımlar sıklıkla lognormal dağılıma uyar. İfadenin matematiksel gösterimi (4.4) denkleminde verilmiştir.

$$\frac{\ln Q_X - \mu_{\ln Q_X}}{\sigma_{\ln Q_X}} = \frac{\ln Q_Y - \mu_{\ln Q_Y}}{\sigma_{\ln Q_Y}} \quad (4.4)$$

(4.4) denkleminde yer alan terimler (4.3) denkleminde tanımlandığı gibidir.

Çalışmada SMS yönteminin 4 varyasyonu uygulanmıştır. Bunlar, gerçek akım değerleriyle yıllık (SMS1R) ve aylık (SMS12R), gerçek akım değerlerinin ln'leri alınarak yıllık (SMS1L) ve aylık (SMS12L)'dir. SMS yöntemi varyasyonları arasındaki ayrım SM1R ve SM12R arasındaki ayrım ile aynıdır.

4.2 Bölgesel Regresyon

Bölgesel regresyon, akım transfer tekniklerinde kullanılan akarsu akımı istatistiklerini, tahmin etmek için kullanılmıştır. Bu bölgesel regresyonla SM1R, SM12R, SMS1R, SMS12R, SMS1L ve SMS12L yöntemlerinde kullanmak için ölçümü olmayan istasyonlarda akımların ortalama ve standart sapması tahmin edilmiştir.

Çalışmanın uygulamasında, ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan istatistik değerleri yağış alanı (A) ve yağış alanı ile birlikte kotun (A+K) fonksiyonudur. Bu şekilde bölgesel regresyonun uygulandığı SM ve SMS yöntemleri, toplam 12 farklı varyasyon ile SM1R(A), SM1R(A+K), SM12R(A), SM12R(A+K), SMS1R(A),

SMS1R(A+K), SMS12R(A), SMS12R(A+K), SMS1L(A), SMS1L(A+K), SMS12L(A) ve SMS12L(A+K) olarak ifade edilmişlerdir.

μ_{Q_Y} ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımların ortalaması, σ_{Q_Y} ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımların standart sapması, A_Y ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan yağış alanı ve a,b,c katsayılar olmak üzere, indeks istasyonlar arasında doğrusal regresyon analizinde, bu istasyonlara ait akımların ortalaması veya akımların standart sapması ile birlikte yağış alanları kullanılarak (4.5), akımların $\ln$ 'leri alınarak bulunan akımların ortalaması veya akımların standart sapması ile birlikte $\ln$ 'leri alınan yağış alanları kullanılarak (4.6), akımların ortalaması veya akımların standart sapması ile birlikte yağış alanları ve kotları kullanılarak (4.7), akımların $\ln$ 'leri alınarak bulunan akımların ortalaması veya akımların standart sapması ile birlikte $\ln$ 'leri alınan yağış alanları ve $\ln$ 'leri alınan kotları kullanılarak (4.8) denklemleri elde edilir.

$$\mu_{Q_Y} = a + b \cdot A_Y, \quad \sigma_{Q_Y} = a + b \cdot A_Y \quad (4.5)$$

$$\mu_{\ln Q_Y} = a + b \cdot \ln A_Y, \quad \sigma_{\ln Q_Y} = a + b \cdot \ln A_Y \quad (4.6)$$

$$\mu_{Q_Y} = a + b \cdot A_Y + c \cdot K_Y, \quad \sigma_{Q_Y} = a + b \cdot A_Y + c \cdot K_Y \quad (4.7)$$

$$\mu_{\ln Q_Y} = a + b \cdot \ln A_Y + c \cdot \ln K_Y, \quad \sigma_{\ln Q_Y} = a + b \cdot \ln A_Y + c \cdot \ln K_Y \quad (4.8)$$

Yıllık yöntemde, her ayın tahminin hesaplanmasında kullanılacak bir bölgesel regresyon denklemi, aylık yöntemde ise ayrı ayrı her ay için bir bölgesel regresyon denklemi elde edilir.

4.3 Yöntem Performans İstatistikleri

Yöntemlerin doğruluğu gözlem ve hesaplanan veriler arasındaki korelasyonu temel alan farklı performans istatistikleri ile ölçülmektedir. Çalışmada, yöntemlerin performanslarının belirlenmesinde Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), istatistiksel hata (BIAS) ve karekök hata kareler ortalaması (RMSE) olarak 3 farklı performans ölçütü kullanılmıştır. Bu ölçütlere göre, hangi yöntemin daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Tarif edilen yöntemlerin performansı, ölçümü olmayan ve indeks istasyonlar arasında yapılmıştır.

4.3.1 Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı

Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), Nash ve Sutcliffe tarafından teklif edilmiş ve birçok hidrolojik tahminin doğruluğunu ölçmek için kullanılan, gözlem verisi varyansına kıyasla kalıcı varyansın göreceli büyüklüğünü belirleyen normalleştirilmiş bir istatistiktir [19]. NSE, gözlenen ve hesaplanan verilerin hangi oranda birbirine yaklaştığını ifade etmektedir. NSE, denklem (4.9) ile hesaplanmaktadır.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_i^{obs} - X_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^N (X_i^{obs} - X_i^{mean})^2} \quad (4.9)$$

(4.9) denkleminde;

X_i^{obs} : Gözlenmiş aylık akımların i'inci değeri,

X_i^{sim} : Hesaplanan aylık akımların i'inci değeri,

X_i^{mean} : Gözlenmiş aylık akımların ortalaması,

N : Toplam gözlem sayısını ifade etmektedir.

NSE, $-\infty$ ile 1 arasında değişmektedir. Burada, NSE=1 olması, yöntemin fiziksel ve mükemmel yöntem olduğunu kanıtlar. NSE'nin 0 ile 1 arasında değer alması genelde yöntem performansının kabul edilebilir olduğu anlamına gelmektedir. Değerin 0'dan küçük olması, ortalama gözlem değerinin hesaplanan veriden daha iyi tahmin edici olduğunu vurgulamaktadır. Bu durum, yöntem performansının yetersiz olduğunu göstermektedir. NSE'nin yöntem performans ölçümündeki etkinliğinin en önemli sebebi, gözlem ve hesaplanan verilerdeki örtüşmeyi en iyi temsil eden fonksiyon olmasıdır [20].

4.3.2 İstatistiksel hata

BIAS, hesaplanan verinin kendisinden düşük ya da yüksek değerde olan gözlem verisine ortalama eğilimini ölçmektedir [21]. BIAS, denklem (4.10) ile hesaplanmaktadır.

$$BIAS = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N (X_i^{obs} - X_i^{sim}) \quad (4.10)$$

(4.10) denkleminde, (4.9) denklemindeki tanımlamaların aynısı geçerlidir.

BIAS, mükemmel bir modelde sıfırdır ve bu değer sıfıra ne kadar yakın olursa tahminin doğruluğu o oranda yüksektir. Pozitif değerler, hesaplanan verilerin gözlem verilerinden eksik tahmin edildiği; negatif değerler ise, fazla tahmin yapıldığına işaret etmektedir.

4.3.3 Karekök hata kareler ortalaması

RMSE, tahminlerde en yaygın olarak kullanılan hata istatistiğidir [22,23]. RMSE, denklem (4.11) ile hesaplanmaktadır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i^{obs} - X_i^{sim})^2}{N}} \quad (4.11)$$

(4.11) denkleminde, (4.9) denklemindeki tanımlamaların aynısı geçerlidir.

RMSE değerinin sıfıra yaklaşması, tahminin başarılı olduğunu göstermektedir. Yani hesaplanan değerlerin sıfıra yakınlığı o istasyon için yapılan tahminlerin doğruluğunun arttığını göstermektedir.

4.4 Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşım

Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşım, Farmer W.H. ve Vogel R.M. tarafından önerilmiştir ve iki yöntemin (DAR ve SM veya SMS) ağırlıklı ortalamasıdır [4]. DAR ve SM'in ağırlıklı ortalaması (4.12) denklemi ile verilmiştir.

$$\hat{Q} = w\hat{Q}_{SM} + (1 - w)\hat{Q}_{DAR} \quad (4.12)$$

(4.12) denkleminde $\hat{Q}$ harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımla hesaplanan akım (m^3/s), w harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda 0 ile 1 arasında değişen sınırlı bir ağırlık, $\hat{Q}_{SM}$ SM yönteminde hesaplanan akım (m^3/s), $\hat{Q}_{DAR}$ DAR yönteminde hesaplanan akımı (m^3/s) göstermektedir. (4.12) denkleminde $\hat{Q}_{SM}$ yerine $\hat{Q}_{SMS}$ yazılarak DAR ve SMS yöntemlerinin ağırlıklı ortalaması elde edilir.

Bu tür harmanlanmış bir tahmin edici, dezavantajları en aza indirirken, her yöntemin avantajlarını maksimize ederek iki yöntemin uygun bir ağırlığını sağlamaktadır. Bu ağırlık aşağıda denklem (4.13) ile verilen r oranı ile orantılıdır.

$$r = \frac{(NSE_{DAR} - 1)^2}{(NSE_{SM} - 1)^2} \quad (4.13)$$

Eğer SM veya SMS yöntemi, DAR'dan daha büyük NSE sağlıyorsa r oranı daha büyüktür. Negatif r değerleri olası değildir. Ancak r, 0 ile 1 arasında sınırlı değildir.

Bu r oranı, Langmuir eşitliği uygulanarak, denklem **(4.14)** ile verilen 0 ile 1 arasında değişen sınırlı bir ağırlığa dönüştürülebilir.

$$w = \frac{r}{1+r} \quad (4.14)$$

w ağırlık değerleri, 0 ile 1 arasında değişmektedir. w değeri 0'a yaklaştıkça, DAR tahmin performansı, SM veya SMS tahmin performanslarına göre daha iyidir. w değeri 1'e yaklaştıkça diğer yöntemler, DAR'a göre daha iyi tahmin performansı göstermektedir.

5. UYGULAMA

5.1 Akım Transfer Yöntemleri ile Akımların Tahmin Sonuçları

Çalışmada, DAR ve diğer 12 yöntem ile 5 istasyondan her birinin aylık akımlarının tahmini için, diğer 4 istasyonun her birinin ayrı ayrı akım verileri kullanılmıştır. Yani 2102 nolu istasyonun akım verilerinin tahmini için, 2122, 2157, 2158 ve 2164 nolu istasyonların ayrı ayrı akım verileri kullanılarak 2102 nolu istasyon için her bir yöntemde 4 ayrı akım tahmini elde edilmiştir. 1970-2000 yılları arasındaki gözlemlenen her bir ay için akım tahmini yapılmıştır. Yöntemlerin tahmin performansları ise her bir istasyon için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

5.1.1 Yağış alanı ile akımların tahmin sonuçları

DAR yöntemi her bir istasyon için ayrı ayrı uygulanmış ve toplam 20 adet tahmin yapılmıştır. Örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak 1970 Ekim ayı için, Q_X 2122 nolu istasyonun aylık akım değeri (m^3/s), Q_Y 2102 nolu istasyonun 2122 nolu istasyonla hesaplanan aylık akım değeri (m^3/s), A_X 2122 nolu istasyonun yağış alanı, A_Y 2102 nolu istasyonun yağış alanını göstermek üzere denklem (5.1) ile elde edilmiştir.

$$\frac{Q_X}{A_X} = \frac{Q_Y}{A_Y} \rightarrow \frac{22,12}{5882,4} = \frac{Q_Y}{25515,6} \rightarrow Q_Y = 95,95 m^3/s \quad (5.1)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlar ile 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 95,95 m^3/s , 105,61 m^3/s , 112,70 m^3/s ve 117,18 m^3/s olarak bulunmuştur. 2102 nolu istasyonun 1970 Ekim ayı gerçek aylık akım değeri 101,80 m^3/s 'dir.

5.1.2 Ortalama akım ile akımların tahmin sonuçları

SM yöntemi her bir istasyon için yıllık SM1R(A) ve SM1R(A+K), aylık SM12R(A) ve SM12R(A+K) olarak 4 varyasyon uygulanarak toplam 80 adet tahmin yapılmıştır.

Yıllık SM1R(A) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için

Q_X 2122 nolu istasyonun aylık akım değeri (m^3/s), Q_Y 2102 nolu istasyonun 2122 nolu istasyonla hesaplanan aylık akım değeri (m^3/s), μ_{Q_X} 2122 nolu istasyonun genel ortalama yıllık akım değeri (m^3/s), μ_{Q_Y} 2102 nolu istasyonun bölgesel regresyonla hesaplanan genel ortalama yıllık akım değerini (m^3/s) göstermek üzere denklem (5.2) ile elde edilmiştir.

$$\frac{Q_X}{\mu_{Q_X}} = \frac{Q_Y}{\mu_{Q_Y}} \rightarrow \frac{22,12}{46,56} = \frac{Q_Y}{159,40} \rightarrow Q_Y = 75,72 \text{ m}^3/s \quad (5.2)$$

(5.2) denkleminde yer alan μ_{Q_Y} , (5.3) bölgesel regresyon denkleminde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı konularak elde edilmiştir.

$$\mu_{Q_Y} = 13,9586 + 0,0057 * A_Y \rightarrow \mu_{Q_Y} = 159,40 \text{ m}^3/s \quad (5.3)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlar ile 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 75,72 m^3/s , 56,54 m^3/s , 58,84 m^3/s ve 49,80 m^3/s olarak bulunmuştur.

Yıllık SM1R(A+K) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için denklem (5.4) ile elde edilmiştir.

$$\frac{Q_X}{\mu_{Q_X}} = \frac{Q_Y}{\mu_{Q_Y}} \rightarrow \frac{22,12}{46,56} = \frac{Q_Y}{222,89} \rightarrow Q_Y = 105,89 \text{ m}^3/s \quad (5.4)$$

(5.4) denkleminde yer alan terimler (5.2) denkleminde tanımlandığı gibidir ancak (5.4) denkleminde yer alan μ_{Q_Y} , (5.5) bölgesel regresyon denkleminde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı ve K_Y yerine 2102 nolu istasyonun kotu konularak elde edilmiştir.

$$\mu_{Q_Y} = 42,8213 + 0,0080 * A_Y - 0,0280 * K_Y \rightarrow \mu_{Q_Y} = 222,89 \text{ m}^3/s \quad (5.5)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlar ile 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 105,89 m^3/s , 79,06 m^3/s , 82,28 m^3/s ve 69,63 m^3/s olarak bulunmuştur.

Aylık SM12R(A) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için Q_X 2122 nolu istasyonun aylık akım değeri (m^3/s), Q_Y 2102 nolu istasyonun 2122 nolu istasyonla hesaplanan aylık akım değeri (m^3/s), μ_{Q_X} 2122 nolu istasyonun tüm

ekim aylarının ortalama aylık akım değeri (m^3/s), μ_{Q_Y} 2102 nolu istasyonun bölgesel regresyonla hesaplanan tüm ekim aylarının ortalama aylık akım değerini (m^3/s) göstermek üzere denklem (5.6) ile elde edilmiştir.

$$\frac{Q_X}{\mu_{Q_X}} = \frac{Q_Y}{\mu_{Q_Y}} \rightarrow \frac{22,12}{16,11} = \frac{Q_Y}{61,15} \rightarrow Q_Y = 83,97 m^3/s \quad (5.6)$$

(5.6) denkleminde yer alan μ_{Q_Y} , (5.7) bölgesel regresyon denkleminde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı konularak elde edilmiştir.

$$\mu_{Q_Y} = 2,4630 + 0,0023 * A_Y \rightarrow \mu_{Q_Y} = 61,15 m^3/s \quad (5.7)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlar ile 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 83,97 m^3/s , 79,46 m^3/s , 74,12 m^3/s ve 70,78 m^3/s olarak bulunmuştur.

Aylık SM12R(A+K) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için denklem (5.8) ile elde edilmiştir.

$$\frac{Q_X}{\mu_{Q_X}} = \frac{Q_Y}{\mu_{Q_Y}} \rightarrow \frac{22,12}{16,11} = \frac{Q_Y}{72,20} \rightarrow Q_Y = 99,14 m^3/s \quad (5.8)$$

(5.8) denkleminde yer alan terimler (5.6) denkleminde tanımlandığı gibidir ancak (5.8) denkleminde yer alan μ_{Q_Y} , (5.9) bölgesel regresyon denkleminde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı ve K_Y yerine 2102 nolu istasyonun kotu konularak elde edilmiştir.

$$\mu_{Q_Y} = 7,4297 + 0,0027 * A_Y - 0,0048 * K_Y \rightarrow \mu_{Q_Y} = 72,20 m^3/s \quad (5.9)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlar ile 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 99,14 m^3/s , 93,82 m^3/s , 87,52 m^3/s ve 83,57 m^3/s olarak bulunmuştur.

5.1.3 Ortalama akım ve standart sapma ile akımların tahmin sonuçları

SMS yönteminin her bir istasyon için 8 varyasyonu uygulanmıştır. Bunlar, gerçek akım değerleriyle yıllık SMS1R(A) ve SMS1R(A+K), aylık SMS12R(A) ve SMS12R(A+K), gerçek akım değerlerinin ln'leri alınarak yıllık SMS1L(A) ve SMS1L(A+K), aylık SMS12L(A) ve SMS12L(A+K) olarak toplamda 160 adet tahmin yapılmıştır. Bunların 47 adeti uygulanamamıştır. Bu durum genel olarak

bölgesel regresyonda gerçek değerlerden daha büyük ortalama ve standart sapma değerleri bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bunun nedeni ise doğrusal regresyon analizinde kullanılan istasyon sayısının az olmasıdır.

Yıllık SMS1R(A) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için Q_X 2122 nolu istasyonun aylık akım değeri (m^3/s), Q_Y 2102 nolu istasyonun 2122 nolu istasyonla hesaplanan aylık akım değeri (m^3/s), μ_{Q_X} 2122 nolu istasyonun genel ortalama yıllık akım değeri (m^3/s), μ_{Q_Y} 2102 nolu istasyonun bölgesel regresyonla hesaplanan genel ortalama yıllık akım değeri (m^3/s), σ_{Q_X} 2122 nolu istasyonun ortalama yıllık akımların standart sapma değeri, σ_{Q_Y} 2102 nolu istasyonun bölgesel regresyonla hesaplanan ortalama yıllık akımların standart sapma değerini göstermek üzere denklem (5.10) ile elde edilmiştir.

$$\frac{Q_X - \mu_{Q_X}}{\sigma_{Q_X}} = \frac{Q_Y - \mu_{Q_Y}}{\sigma_{Q_Y}} \rightarrow \frac{22,12 - 46,56}{12,29} = \frac{Q_Y - 159,40}{34,05} \rightarrow Q_Y = 91,65 \text{ m}^3/s \quad (5.10)$$

(5.10) denkleminde yer alan μ_{Q_Y} (5.3) denklemindeki gibi aynı şekilde hesaplanmıştır ancak σ_{Q_Y} , (5.11) bölgesel regresyon denkleminde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı konularak elde edilmiştir.

$$\sigma_{Q_Y} = 5,9833 + 0,0011 * A_Y \rightarrow \sigma_{Q_Y} = 34,05 \text{ m}^3/s \quad (5.11)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlar ile 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla $91,65 \text{ m}^3/s$, $103,04 \text{ m}^3/s$, $85,80 \text{ m}^3/s$ ve $82,18 \text{ m}^3/s$ olarak bulunmuştur.

Yıllık SMS1R(A+K) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için denklem (5.12) ile elde edilmiştir.

$$\frac{Q_X - \mu_{Q_X}}{\sigma_{Q_X}} = \frac{Q_Y - \mu_{Q_Y}}{\sigma_{Q_Y}} \rightarrow \frac{22,12 - 46,56}{12,29} = \frac{Q_Y - 222,89}{53,31} \rightarrow Q_Y = 116,84 \text{ m}^3/s \quad (5.12)$$

(5.12) denkleminde yer alan terimler (5.10) denkleminde tanımlandığı gibidir ancak (5.12) denkleminde yer alan μ_{Q_Y} (5.5) denklemindeki gibi aynı şekilde hesaplanmıştır, σ_{Q_Y} ise (5.13) bölgesel regresyon denkleminde A_Y yerine 2102 nolu

istasyonun yağış alanı ve K_Y yerine 2102 nolu istasyonun kotu konularak elde edilmiştir.

$$\sigma_{Q_Y} = 14,5928 + 0,0018 \cdot A_Y - 0,0084 \cdot K_Y \rightarrow \sigma_{Q_Y} = 53,31 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.13)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlarla 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 116,84 m³/s, 134,67 m³/s, 107,68 m³/s ve 102,01 m³/s olarak bulunmuştur.

Aylık SMS12R(A) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için Q_X 2122 nolu istasyonun aylık akım değeri (m³/s), Q_Y 2102 nolu istasyonun 2122 nolu istasyonla hesaplanan aylık akım değeri (m³/s), μ_{Q_X} 2122 nolu istasyonun tüm ekim aylarının ortalama aylık akım değeri (m³/s), μ_{Q_Y} 2102 nolu istasyonun bölgesel regresyonla hesaplanan tüm ekim aylarının ortalama aylık akım değeri (m³/s), σ_{Q_X} 2122 nolu istasyonun tüm ekim ayları aylık akımların standart sapma değeri, σ_{Q_Y} 2102 nolu istasyonun bölgesel regresyonla hesaplanan tüm ekim ayları aylık akımların standart sapma değerini göstermek üzere denklem (5.14) ile elde edilmiştir.

$$\frac{Q_X - \mu_{Q_X}}{\sigma_{Q_X}} = \frac{Q_Y - \mu_{Q_Y}}{\sigma_{Q_Y}} \rightarrow \frac{22,12 - 16,11}{5,30} = \frac{Q_Y - 61,15}{15,50} \rightarrow Q_Y = 78,72 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.14)$$

(5.14) denkleminde yer alan μ_{Q_Y} (5.7) denklemindeki gibi aynı şekilde hesaplanmıştır ancak σ_{Q_Y} , (5.15) bölgesel regresyon denkleminde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı konularak elde edilmiştir.

$$\sigma_{Q_Y} = 2,7409 + 0,0005 \cdot A_Y \rightarrow \sigma_{Q_Y} = 15,50 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.15)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlar ile 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 78,72 m³/s, 79,65 m³/s, 69,41 m³/s ve 64,06 m³/s olarak bulunmuştur.

Aylık SMS12R(A+K) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için denklem (5.16) ile elde edilmiştir.

$$\frac{Q_X - \mu_{Q_X}}{\sigma_{Q_X}} = \frac{Q_Y - \mu_{Q_Y}}{\sigma_{Q_Y}} \rightarrow \frac{22,12 - 16,11}{5,30} = \frac{Q_Y - 72,20}{48,65} \rightarrow Q_Y = 127,36 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.16)$$

(5.16) denkleminde yer alan terimler (5.14) denkleminde tanımlandığı gibidir ancak (5.16) denkleminde yer alan μ_{Q_Y} (5.9) denklemindeki gibi aynı şekilde hesaplanmıştır, σ_{Q_Y} ise (5.17) bölgesel regresyon denkleminde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı ve K_Y yerine 2102 nolu istasyonun kotu konularak elde edilmiştir.

$$\sigma_{Q_Y} = 17,9046 + 0,0017 * A_Y - 0,0147 * K_Y \rightarrow \sigma_{Q_Y} = 48,65 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.17)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlarla 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 127,36 m³/s, 130,29 m³/s, 98,14 m³/s ve 81,34 m³/s olarak bulunmuştur.

Yıllık SMS1L(A) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için denklem (5.18) ile elde edilmiştir.

$$\frac{\ln Q_X - \mu_{\ln Q_X}}{\sigma_{\ln Q_X}} = \frac{\ln Q_Y - \mu_{\ln Q_Y}}{\sigma_{\ln Q_Y}} \rightarrow \frac{3,10 - 3,19}{0,24} = \frac{\ln Q_Y - 4,21}{0,25} \rightarrow Q_Y = 61,12 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.18)$$

(5.18) denkleminde yer alan terimler (5.10) denkleminde tanımlandığı gibidir ancak (5.18) denkleminde yer alan $\mu_{\ln Q_Y}$ ve $\sigma_{\ln Q_Y}$, sırasıyla (5.19) ve (5.20) bölgesel regresyon denklemlerinde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı konularak elde edilmiştir.

$$\mu_{\ln Q_Y} = -2,7238 + 0,6837 * \ln A_Y \rightarrow \mu_{\ln Q_Y} = 4,21 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.19)$$

$$\sigma_{\ln Q_Y} = 0,3033 - 0,0054 * \ln A_Y \rightarrow \sigma_{\ln Q_Y} = 0,25 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.20)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlar ile 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 61,12 m³/s, 51,81 m³/s, 45,75 m³/s ve 52,45 m³/s olarak bulunmuştur.

Yıllık SMS1L(A+K) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için denklem (5.21) ile elde edilmiştir.

$$\frac{\ln Q_X - \mu_{\ln Q_X}}{\sigma_{\ln Q_X}} = \frac{\ln Q_Y - \mu_{\ln Q_Y}}{\sigma_{\ln Q_Y}} \rightarrow \frac{3,10 - 3,19}{0,24} = \frac{\ln Q_Y - 4,53}{0,43} \rightarrow Q_Y = 77,55 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.21)$$

(5.21) denkleminde yer alan terimler (5.10) denkleminde tanımlandığı gibidir ancak (5.21) denkleminde yer alan $\mu_{\ln Q_Y}$ ve $\sigma_{\ln Q_Y}$, sırasıyla (5.22) ve (5.23) bölgesel regresyon denklemlerinde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı ve K_Y yerine 2102 nolu istasyonun kotu konularak elde edilmiştir.

$$\mu_{\ln Q_Y} = -0,5853 + 0,7561 \cdot \ln A_Y - 0,3791 \cdot \ln K_Y \rightarrow \mu_{\ln Q_Y} = 4,53 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.22)$$

$$\sigma_{\ln Q_Y} = 1,5523 + 0,0369 \cdot \ln A_Y - 0,2214 \cdot \ln K_Y \rightarrow \sigma_{\ln Q_Y} = 0,43 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.23)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlar ile 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 77,55 m³/s, 58,21 m³/s, 46,91 m³/s ve 59,46 m³/s olarak bulunmuştur.

Aylık SMS12L(A) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için denklem (5.24) ile elde edilmiştir.

$$\frac{\ln Q_X - \mu_{\ln Q_X}}{\sigma_{\ln Q_X}} = \frac{\ln Q_Y - \mu_{\ln Q_Y}}{\sigma_{\ln Q_Y}} \rightarrow \frac{3,10 - 2,73}{0,29} = \frac{\ln Q_Y - 3,91}{0,23} \rightarrow Q_Y = 67,05 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.24)$$

(5.24) denkleminde yer alan terimler (5.14) denkleminde tanımlandığı gibidir ancak (5.24) denkleminde yer alan $\mu_{\ln Q_Y}$ ve $\sigma_{\ln Q_Y}$, sırasıyla (5.25) ve (5.26) bölgesel regresyon denklemlerinde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı konularak elde edilmiştir.

$$\mu_{\ln Q_Y} = 4,2399 + 0,8035 \cdot \ln A_Y \rightarrow \mu_{\ln Q_Y} = 3,91 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.25)$$

$$\sigma_{\ln Q_Y} = 0,7966 - 0,0555 \cdot \ln A_Y \rightarrow \sigma_{\ln Q_Y} = 0,23 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.26)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlar ile 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 67,05 m³/s, 66,28 m³/s, 59,68 m³/s ve 57,69 m³/s olarak bulunmuştur.

Aylık SMS12L(A+K) yöntemi ile örnek olarak 2102 nolu istasyonun aylık akımlarının tahmini, 2122 nolu istasyonun aylık akım verileri kullanılarak, 1970 Ekim ayı için denklem (5.27) ile elde edilmiştir.

$$\frac{\ln Q_X - \mu_{\ln Q_X}}{\sigma_{\ln Q_X}} = \frac{\ln Q_Y - \mu_{\ln Q_Y}}{\sigma_{\ln Q_Y}} \rightarrow \frac{3,10 - 2,73}{0,29} = \frac{\ln Q_Y - 3,97}{0,94} \rightarrow Q_Y = 171,82 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.27)$$

(5.27) denkleminde yer alan terimler (5.14) denkleminde tanımlandığı gibidir ancak (5.27) denkleminde yer alan $\mu_{\ln Q_Y}$ ve $\sigma_{\ln Q_Y}$, sırasıyla (5.28) ve (5.29) bölgesel regresyon denklemlerinde A_Y yerine 2102 nolu istasyonun yağış alanı ve K_Y yerine 2102 nolu istasyonun kotu konularak elde edilmiştir.

$$\mu_{\ln Q_Y} = -3,8755 + 0,8158 \cdot \ln A_Y - 0,0646 \cdot \ln K_Y \rightarrow \mu_{\ln Q_Y} = 3,97 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.28)$$

$$\sigma_{\ln Q_Y} = 5,6618 + 0,1092 \cdot \ln A_Y - 0,8625 \cdot \ln K_Y \rightarrow \sigma_{\ln Q_Y} = 0,94 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.29)$$

Bu yöntem uygulanarak, 2102 nolu istasyonun 2122, 2157, 2158, 2164 nolu istasyonlarla 1970 Ekim ayı aylık akım tahminleri sırasıyla 171,82 m³/s, 163,98 m³/s, 107,31 m³/s ve 93,61 m³/s olarak bulunmuştur.

5.2 Bölgesel Regresyon Sonuçları

Çalışmada bölgesel regresyon gerektiren yöntemlerde kullanmak için 5 istasyondan herbirinin sırasıyla ölçümü olmadığı varsayılarak diğer 4 istasyonun verileri ile doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Bu yöntemle ölçümü olmayan istasyonun ortalama akımları ve standart sapmaları tahmin edilmiştir. Herbir istasyon için yöntem yıllık ve aylık olarak uygulanmıştır. Ortalama akımların tahmininde yağış alanı (A), yağış alanı ve kot (A+K), $\ln A$ ve $\ln(A+K)$ regresyon değişkenleri olmak üzere istasyonların herbiri için yıllık 4, aylık 48 adet regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu regresyon denklemleri ile herbir istasyon için hesaplanan yıllık μ_{Q_Y} ve $\mu_{\ln Q_Y}$ değerleri Çizelge 5.1’de, aylık μ_{Q_Y} ve $\mu_{\ln Q_Y}$ değerleri sırasıyla Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3’te verilmiştir. Tüm regresyon hesaplamaları için Microsoft Excel programı kullanılmıştır.

Çizelge 5.1 : Bölgesel regresyonla hesaplanan yıllık μ_{Q_Y} ve $\mu_{\ln Q_Y}$ değerleri.

		Yıllık			
		$\mu_{Q_Y} (\text{m}^3/\text{s})$		$\mu_{\ln Q_Y} (\text{m}^3/\text{s})$	
		A	A+K	$\ln(A)$	$\ln(A+K)$
İstasyon No	2102	159,40	222,89	4,21	4,53
	2122	60,99	49,56	3,50	3,39
	2157	23,03	24,12	2,48	2,48
	2158	18,58	17,54	2,20	2,18
	2164	21,66	35,09	2,51	2,74

Çizelge 5.2 : Bölgesel regresyonla hesaplanan aylık μ_{QY} değerleri.

		Aylık				
		$\mu_{QY} (m^3/s)$				
		2102	2122	2157	2158	2164
Ekim	A	61,15	17,58	7,14	5,53	7,00
	A+K	72,20	15,89	7,42	5,49	8,24
Kasım	A	60,48	30,83	11,35	9,87	10,12
	A+K	112,91	20,82	12,16	9,06	19,65
Aralık	A	45,70	30,60	9,44	8,53	9,01
	A+K	95,28	22,56	10,55	7,66	22,24
Ocak	A	44,82	23,33	7,39	6,69	7,29
	A+K	77,82	18,67	8,08	6,04	16,14
Şubat	A	38,67	30,70	8,52	8,88	8,92
	A+K	93,81	22,28	9,61	7,99	24,22
Mart	A	61,98	86,29	23,82	27,23	23,97
	A+K	263,23	55,25	27,69	23,75	73,36
Nisan	A	551,36	247,64	93,88	80,34	84,44
	A+K	950,71	176,19	100,31	74,66	150,18
Mayıs	A	613,87	171,89	76,37	53,47	69,05
	A+K	696,72	152,13	77,73	52,26	73,93
Haziran	A	276,70	57,29	25,22	14,31	25,73
	A+K	204,95	69,47	24,41	14,98	18,19
Temmuz	A	75,80	16,36	6,09	3,28	6,51
	A+K	56,50	19,77	6,04	3,32	5,79
Ağustos	A	38,35	9,23	3,19	1,85	3,60
	A+K	30,02	11,26	10,98	1,87	4,16
Eylül	A	36,24	9,50	3,13	2,15	3,56
	A+K	27,98	11,08	3,07	2,11	4,74

Çizelge 5.3 : Bölgesel regresyonla hesaplanan aylık $\mu_{\ln QY}$ değerleri.

		Aylık				
		$\mu_{\ln QY} (m^3/s)$				
		2102	2122	2157	2158	2164
Ekim	$\ln(A)$	3,91	2,87	1,91	1,60	1,94
	$\ln(A+K)$	3,97	2,86	1,90	1,59	2,05
Kasım	$\ln(A)$	3,90	3,37	2,35	2,18	2,34
	$\ln(A+K)$	4,88	2,89	2,35	2,14	2,64
Aralık	$\ln(A)$	3,62	3,38	2,30	2,20	2,30
	$\ln(A+K)$	4,90	2,81	2,30	2,15	2,72
Ocak	$\ln(A)$	3,54	3,17	2,10	1,97	2,10
	$\ln(A+K)$	4,72	2,65	2,09	1,94	2,47
Şubat	$\ln(A)$	3,59	3,39	2,22	2,26	2,25
	$\ln(A+K)$	5,29	2,69	2,21	2,21	2,73
Mart	$\ln(A)$	4,21	4,42	3,17	3,36	3,20
	$\ln(A+K)$	6,60	3,41	3,17	3,29	3,84
Nisan	$\ln(A)$	6,08	5,52	4,57	4,36	4,48
	$\ln(A+K)$	7,30	4,81	4,56	4,32	4,74
Mayıs	$\ln(A)$	6,06	5,08	4,27	3,74	4,15
	$\ln(A+K)$	6,16	4,81	4,27	3,73	4,20
Haziran	$\ln(A)$	5,23	3,83	2,96	2,26	2,98
	$\ln(A+K)$	3,80	4,49	2,96	2,27	2,92
Temmuz	$\ln(A)$	3,90	2,63	1,68	1,04	1,75
	$\ln(A+K)$	2,51	3,38	1,68	1,05	1,78
Ağustos	$\ln(A)$	3,26	2,14	1,14	0,63	1,26
	$\ln(A+K)$	2,05	2,88	1,14	0,64	1,36
Eylül	$\ln(A)$	3,25	2,19	1,14	0,77	1,33
	$\ln(A+K)$	2,14	3,00	1,14	0,77	1,47

5.3 Akım Tahmin Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi

Çalışmada, DAR ve diğer 12 yöntem ile 5 istasyon için toplam 260 adet aylık akım tahmininde bulunulmuştur. Bu tahminlerin 47 adeti ise uygulanamamıştır. Uygulanamayan tahminlerin tamamı SMS yöntemlerinde gözlemlenmiştir. İstasyonlara göre pozitif (+) işaret uygulanabilen, negatif (-) işaret uygulanamayan aylık akım tahminlerini göstermek üzere Çizelge 5.4'te tahmin yöntemlerinin uygulanabilirliği verilmiştir. 5 istasyon için yapılan tahminler, istasyonların birbirleriyle olan ilişkileri ve tahminlerin başarısı NSE, BIAS ve RMSE tahmin performans ölçütlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.4 : Tahmin yöntemlerinin istasyonlara göre uygulanabilirliği.

		Yöntem													
		DAR	Yıllık SM1R		Aylık SM12R		Yıllık SMS1R		Aylık SMS12R		Yıllık SMS1L		Aylık SMS12L		
			A	A+K	A	A+K	A	A+K	A	A+K	lnA	ln(A+K)	lnA	ln(A+K)	
2102	2102-2122	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	2102-2157	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	
	2102-2158	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	
	2102-2164	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	
2122	2122-2102	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	
	2122-2157	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	
	2122-2158	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	
	2122-2164	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	
2157	2157-2102	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	
	2157-2122	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	
	2157-2158	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	
	2157-2164	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	
2158	2158-2102	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	
	2158-2122	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	
	2158-2157	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	
	2158-2164	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	
2164	2164-2102	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	
	2164-2122	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	
	2164-2157	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	
	2164-2158	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	

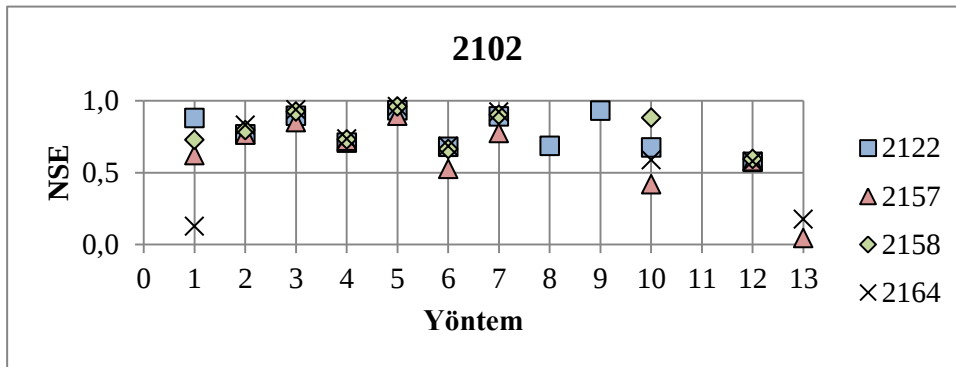
5.3.1 Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı değerleri sonuçları

Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı değerinin 1'e yakın değerler alması yöntemin iyi bir performansa sahip olduğunu göstermektedir. Bu bilgi doğrultusunda ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının hangi istasyonun akım verileri ile ve hangi yöntem ile daha iyi tahmin edildiği her bir istasyon için ayrı ayrı incelenmiştir.

Çizelge 5.5 ve Şekil 5.1'de görüldüğü gibi 2102 nolu istasyonun akımları çoğunlukla 2158 ve 2164 nolu istasyonlar ile daha iyi tahmin edilmiştir ve akımlarının tahmininde genel olarak SM12R(A+K) yönteminin performansı daha iyidir. En iyi NSE değeri, SM12R(A+K) yöntemiyle 2158 nolu istasyon verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.5 : 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri.

Yöntem		NSE			
		2102			
		2122	2157	2158	2164
1	DAR	0,878	0,620	0,728	0,126
2	SM1R(A)	0,764	0,763	0,795	0,829
3	SM1R(A+K)	0,895	0,849	0,923	0,936
4	SM12R(A)	0,706	0,721	0,730	0,734
5	SM12R(A+K)	0,932	0,894	0,959	0,958
6	SMS1R(A)	0,679	0,524	0,662	0,682
7	SMS1R(A+K)	0,889	0,775	0,900	0,921
8	SMS12R(A)	0,686	-	-	-
9	SMS12R(A+K)	0,929	-	-	-
10	SMS1L(A)	0,675	0,417	0,882	0,587
11	SMS1L(A+K)	-14,838	-2,148	-97,615	-5,862
12	SMS12L(A)	0,573	0,579	0,594	0,579
13	SMS12L(A+K)	-0,040	0,043	-0,182	0,176

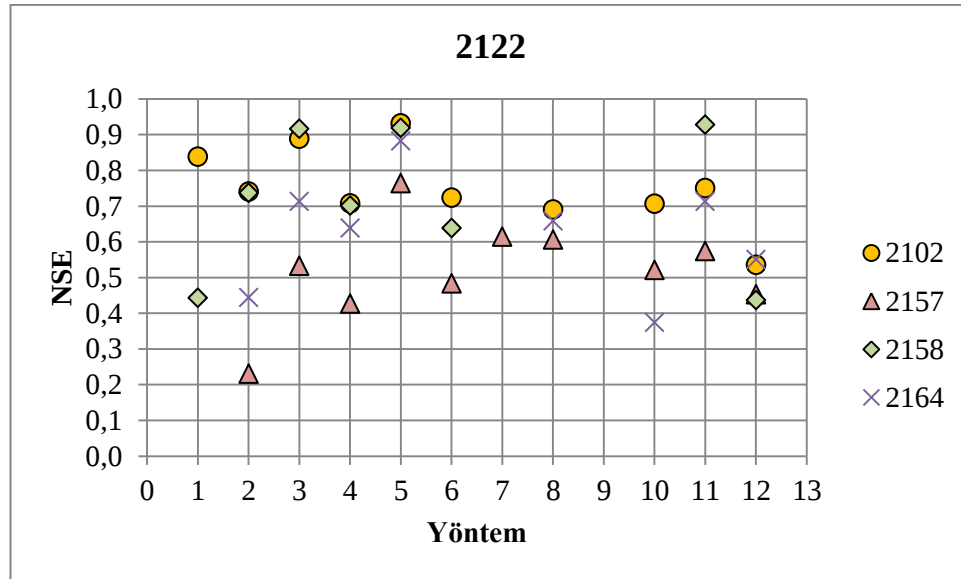


Şekil 5.1 : 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.

Çizelge 5.6 ve Şekil 5.2’de görüldüğü gibi 2122 nolu istasyonun akımları çoğunlukla 2102 ve 2158 nolu istasyonlar ile daha iyi tahmin edilmiştir ve akımlarının tahmininde genel olarak SM12R(A+K) yönteminin performansı daha iyidir. En iyi NSE değeri, SM12R(A+K) yöntemiyle 2102 nolu istasyonun verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.6 : 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri.

Yöntem		NSE			
		2122			
		2102	2157	2158	2164
1	DAR	0,838	-0,088	0,443	-0,916
2	SM1R(A)	0,741	0,230	0,736	0,443
3	SM1R(A+K)	0,889	0,533	0,916	0,713
4	SM12R(A)	0,707	0,427	0,701	0,638
5	SM12R(A+K)	0,931	0,764	0,919	0,882
6	SMS1R(A)	0,723	0,483	0,638	-
7	SMS1R(A+K)	-	0,614	-	-
8	SMS12R(A)	0,691	0,606	-	0,658
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	-
10	SMS1L(A)	0,707	0,521	-3,475	0,374
11	SMS1L(A+K)	0,750	0,573	0,928	0,713
12	SMS12L(A)	0,535	0,453	0,437	0,550
13	SMS12L(A+K)	-	-	-	-

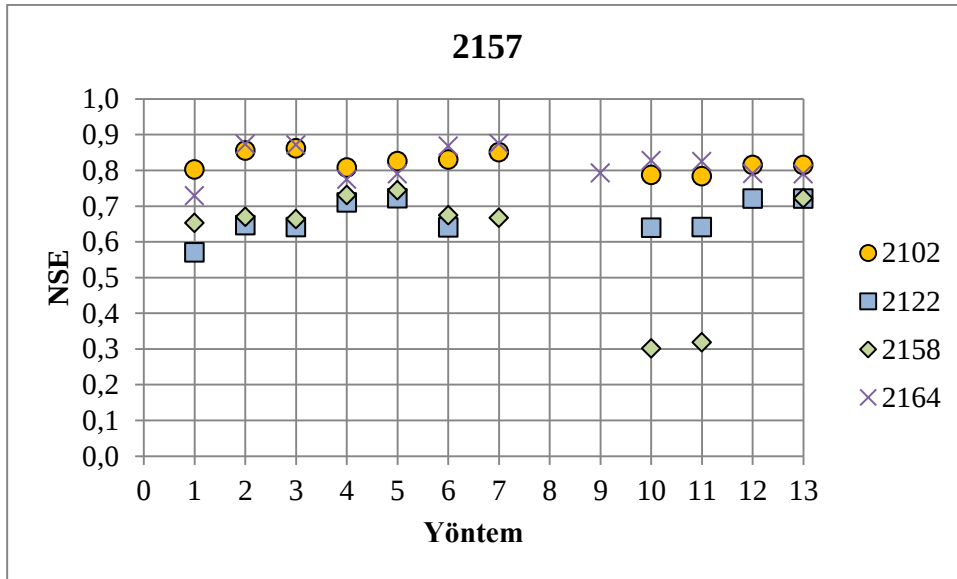


Şekil 5.2 : 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.

Çizelge 5.7 ve Şekil 5.3’de görüldüğü gibi 2157 nolu istasyonun akımları çoğunlukla 2102 ve 2164 nolu istasyonlar ile daha iyi tahmin edilmiştir ve akımlarının tahmininde genel olarak SM1R(A), SM1R(A+K) ve SMS1R(A+K) yöntemlerinin performansları daha iyidir. En iyi NSE değeri, SMS1R(A+K) yöntemiyle 2164 nolu istasyonun verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.7 : 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri.

Yöntem		NSE			
		2157			
		2102	2122	2158	2164
1	DAR	0,802	0,570	0,652	0,728
2	SM1R(A)	0,855	0,646	0,670	0,873
3	SM1R(A+K)	0,862	0,641	0,663	0,871
4	SM12R(A)	0,808	0,710	0,731	0,775
5	SM12R(A+K)	0,825	0,722	0,744	0,790
6	SMS1R(A)	0,830	0,640	0,675	0,868
7	SMS1R(A+K)	0,851	-	0,667	0,875
8	SMS12R(A)	-	-	-	-
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	0,793
10	SMS1L(A)	0,787	0,639	0,302	0,828
11	SMS1L(A+K)	0,784	0,641	0,319	0,825
12	SMS12L(A)	0,815	0,721	-3,459	0,791
13	SMS12L(A+K)	0,815	0,721	0,722	0,790

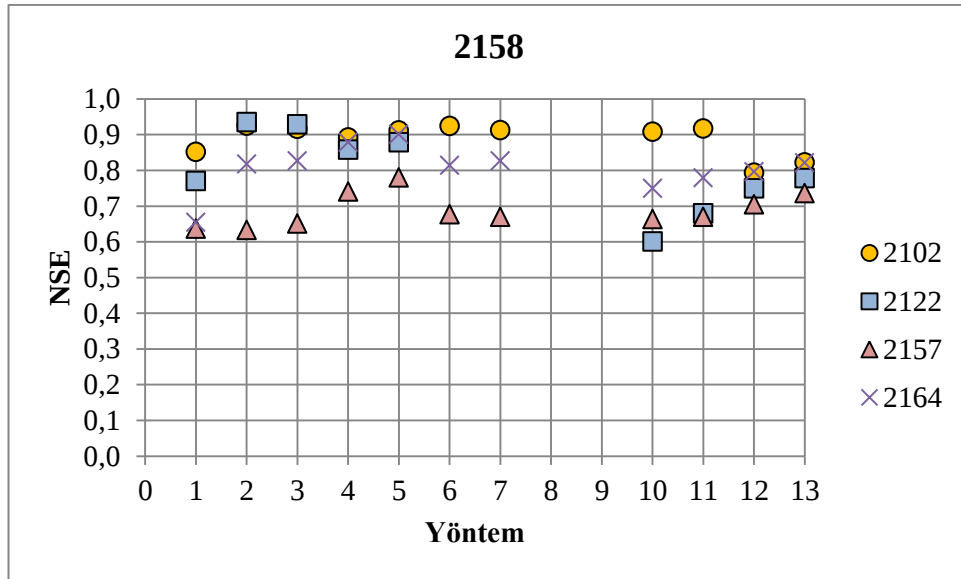


Şekil 5.3 : 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.

Çizelge 5.8 ve Şekil 5.4’de görüldüğü gibi 2158 nolu istasyonun akımları çoğunlukla 2102 ve 2122 nolu istasyonlar ile daha iyi tahmin edilmiştir ve akımlarının tahmininde genel olarak SM1R(A), SM1R(A+K) ve SM12R(A+K) yöntemlerinin performansları daha iyidir. En iyi NSE değeri, SM1R(A) yöntemiyle 2122 nolu istasyonun verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.8 : 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri.

Yöntem		NSE			
		2158			
		2102	2122	2157	2164
1	DAR	0,852	0,770	0,636	0,655
2	SM1R(A)	0,925	0,935	0,632	0,817
3	SM1R(A+K)	0,916	0,928	0,651	0,827
4	SM12R(A)	0,892	0,858	0,740	0,878
5	SM12R(A+K)	0,912	0,878	0,780	0,901
6	SMS1R(A)	0,924	-	0,676	0,813
7	SMS1R(A+K)	0,913	-	0,670	0,826
8	SMS12R(A)	-	-	-	-
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	-
10	SMS1L(A)	0,908	0,601	0,664	0,749
11	SMS1L(A+K)	0,917	0,679	0,670	0,779
12	SMS12L(A)	0,793	0,750	0,704	0,796
13	SMS12L(A+K)	0,822	0,778	0,736	0,821

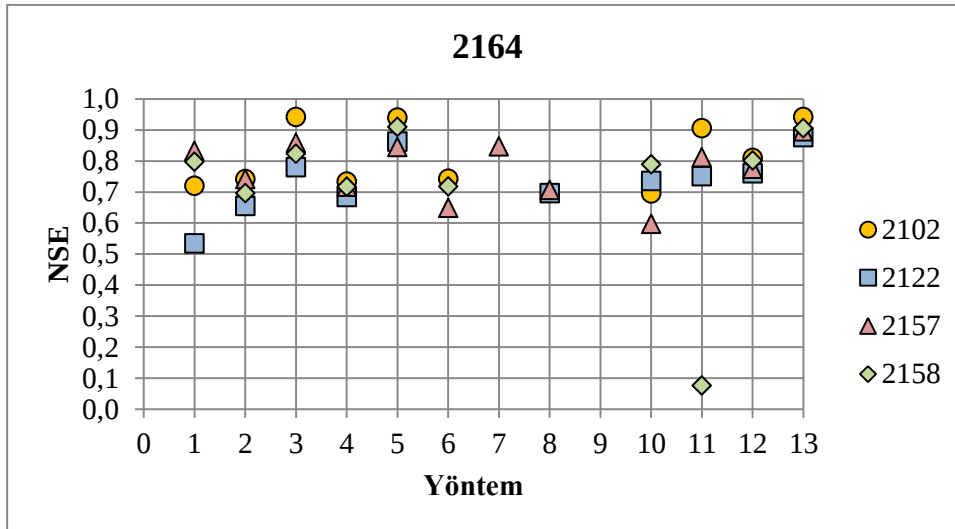


Şekil 5.4 : 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.

Çizelge 5.9 ve Şekil 5.5’de görüldüğü gibi 2164 nolu istasyonun akımları çoğunlukla 2102 nolu istasyon ile daha iyi tahmin edilmiştir ve akımlarının tahmininde genel olarak SM1R(A+K), SM12R(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemlerinin performansları daha iyidir. En iyi NSE değeri, SM1R(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemleriyle 2102 nolu istasyonun verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.9 : 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE değerleri.

Yöntem		NSE			
		2164			
		2102	2122	2157	2158
1	DAR	0,719	0,534	0,833	0,797
2	SM1R(A)	0,742	0,655	0,741	0,696
3	SM1R(A+K)	0,942	0,779	0,858	0,823
4	SM12R(A)	0,733	0,684	0,717	0,717
5	SM12R(A+K)	0,940	0,862	0,844	0,910
6	SMS1R(A)	0,743	-	0,648	0,717
7	SMS1R(A+K)	-	-	0,847	-
8	SMS12R(A)	-	0,696	0,707	-
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	-
10	SMS1L(A)	0,695	0,735	0,597	0,789
11	SMS1L(A+K)	0,906	0,751	0,811	0,075
12	SMS12L(A)	0,810	0,760	0,775	0,801
13	SMS12L(A+K)	0,942	0,876	0,895	0,905



Şekil 5.5 : 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre NSE karşılaştırması.

Uygulanan yöntemlere göre tüm istasyonların NSE değerleri Çizelge 5.10’da verilmiştir.

Çizelge 5.10 : İstasyonların yöntemlere göre NSE değerleri.

		NSE ($-\infty<\text{NSE}<1$)												
		DAR	Yıllık SM1R		Aylık SM12R		Yıllık SMS1R		Aylık SMS12R		Yıllık SMS1L		Aylık SMS12L	
			A	A+K	A	A+K	A	A+K	A	A+K	lnA	ln(A+K)	lnA	ln(A+K)
2102	2102-2122	0,878	0,764	0,895	0,706	0,932	0,679	0,889	0,686	0,929	0,675	-14,838	0,573	-0,040
	2102-2157	0,620	0,763	0,849	0,721	0,894	0,524	0,775	-	-	0,417	-2,148	0,579	0,043
	2102-2158	0,728	0,795	0,923	0,730	0,959	0,662	0,900	-	-	0,882	-97,615	0,594	-0,182
	2102-2164	0,126	0,829	0,936	0,734	0,958	0,682	0,921	-	-	0,587	-5,862	0,579	0,176
2122	2122-2102	0,838	0,741	0,889	0,707	0,931	0,723	-	0,691	-	0,707	0,750	0,535	-
	2122-2157	-0,088	0,230	0,533	0,427	0,764	0,483	0,614	0,606	-	0,521	0,573	0,453	-
	2122-2158	0,443	0,736	0,916	0,701	0,919	0,638	-	-	-	-3,475	0,928	0,437	-
	2122-2164	-0,916	0,443	0,713	0,638	0,882	-	-	0,658	-	0,374	0,713	0,550	-
2157	2157-2102	0,802	0,855	0,862	0,808	0,825	0,830	0,851	-	-	0,787	0,784	0,815	0,815
	2157-2122	0,570	0,646	0,641	0,710	0,722	0,640	-	-	-	0,639	0,641	0,721	0,721
	2157-2158	0,652	0,670	0,663	0,731	0,744	0,675	0,667	-	-	0,302	0,319	-3,459	0,722
	2157-2164	0,728	0,873	0,871	0,775	0,790	0,868	0,875	-	0,793	0,828	0,825	0,791	0,790
2158	2158-2102	0,852	0,925	0,916	0,892	0,912	0,924	0,913	-	-	0,908	0,917	0,793	0,822
	2158-2122	0,770	0,935	0,928	0,858	0,878	-	-	-	-	0,601	0,679	0,750	0,778
	2158-2157	0,636	0,632	0,651	0,740	0,780	0,676	0,670	-	-	0,664	0,670	0,704	0,736
	2158-2164	0,655	0,817	0,827	0,878	0,901	0,813	0,826	-	-	0,749	0,779	0,796	0,821
2164	2164-2102	0,719	0,742	0,942	0,733	0,940	0,743	-	-	-	0,695	0,906	0,810	0,942
	2164-2122	0,534	0,655	0,779	0,684	0,862	-	-	0,696	-	0,735	0,751	0,760	0,876
	2164-2157	0,833	0,741	0,858	0,717	0,844	0,648	0,847	0,707	-	0,597	0,811	0,775	0,895
	2164-2158	0,797	0,696	0,823	0,717	0,910	0,717	-	-	-	0,789	0,075	0,801	0,905

Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) tahmin performans ölçütüne göre tüm yöntemlerin performansı değerlendirildiğinde elde edilen genel sonuçlar aşağıda ifade edilmiştir.

DAR yöntemi ile 2102 ve 2122 nolu istasyonların karşılıklı akım verileri kullanılarak yapılan akım tahminlerinde en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu yöntemle, 2157 ve 2158 nolu istasyonların akım tahminlerinde 2102 nolu istasyonun akım verileri kullanılarak ve 2164 nolu istasyonun akım tahmininde ise 2157 nolu istasyonun akım verileri kullanılarak diğer istasyonların akım verileriyle yapılan tahminlerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. 2102 nolu istasyonun akım tahmininde 2164 nolu istasyonun akım verileri kullanıldığında DAR yönteminin performansı iyi değildir.

Bölgesel regresyon gerektiren yöntemlerin tahmin performanslarını değerlendirdiğimizde, SM12R(A+K) yöntemi tüm istasyonların tahmininde genelde daha iyidir ve SM1R(A+K) yöntemi bu yöntemle yakın performans göstermiştir. SM yaklaşımlarının SMS yaklaşımlarından genel olarak daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Akım verilerinin ln'leri alınarak yapılan SMS yaklaşımlarından SMS12L(A+K) yöntemi 2164 nolu istasyonun akım tahmininde en iyi sonucu vermiştir. İyi performans gösteren bu yöntemlerin ortak özelliği yağış alanı ve kot parametrelerinin birlikte kullanılmasıdır. Bölgesel regresyonda yağış alanı ve kot (A+K) parametrelerini kullanan yöntemler, yağış alanı (A) parametresini kullanan yöntemlere göre genelde üstün performans sergilemişlerdir. Ancak bu durum 2102 nolu istasyonun SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemleriyle akım tahmininde istisnalar göstermektedir. Burada SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K), sırasıyla SMS1L(A) ve SMS12L(A) yöntemlerinden daha kötü performansa sahiptir.

2122 nolu istasyonun akım tahmini, 2157 nolu istasyon ve 2164 nolu istasyonun ayrı ayrı akım verileri kullanılarak yapıldığında DAR yönteminin performansı yetersizdir. SMS1L(A), SMS1L(A+K), SMS12L(A), SMS12L(A+K) ile bazı istasyonlar için yapılan akım tahminlerinin performanslarında da yetersizlikler görülmektedir. Çünkü bu tahmin sonuçlarında sıfırdan küçük değerler bulunmuştur.

Uygulanan tüm yöntemlere göre 2122, 2157, 2158 ve 2164 nolu istasyonların akım tahminleri 2102 nolu istasyonun akım verileri kullanılarak genellikle daha iyi tahmin edilmiştir. SM ve SMS yöntemlerinin performanslarının genel olarak DAR yönteminin performansından üstün olduğu görülmüştür.

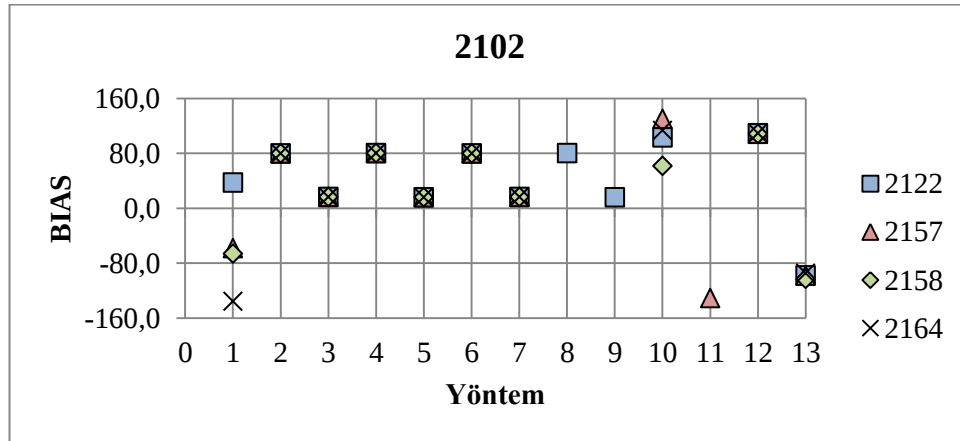
5.3.2 İstatistiksel hata değerleri sonuçları

İstatistiksel hata değerinin 0'a yakın değerler alması yöntemin iyi bir performansa sahip olduğunu göstermektedir. Bu değer pozitif olması küçük tahmin yapıldığını, negatif olması ise büyük tahmin yapıldığını ifade etmektedir. Bu bilgi doğrultusunda ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının gerçek akımlarına daha yakın hangi yöntem ile tahmin edildiği her bir istasyon için ayrı ayrı incelenmiştir.

Çizelge 5.11 ve Şekil 5.6'de görüldüğü gibi 2102 nolu istasyonun akımları gerçek akımlarına daha yakın SM12R(A+K) yöntemiyle tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.11 : 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS değerleri.

Yöntem		BIAS			
		2102			
		2122	2157	2158	2164
1	DAR	37,363	-58,411	-65,954	-135,746
2	SM1R(A)	79,938	79,938	79,938	79,938
3	SM1R(A+K)	16,442	16,442	16,442	16,442
4	SM12R(A)	80,576	80,576	80,576	80,576
5	SM12R(A+K)	15,826	15,826	15,826	15,826
6	SMS1R(A)	79,938	79,938	79,938	79,938
7	SMS1R(A+K)	16,442	16,442	16,442	16,442
8	SMS12R(A)	80,576	-	-	-
9	SMS12R(A+K)	15,826	-	-	-
10	SMS1L(A)	103,108	130,323	61,894	113,380
11	SMS1L(A+K)	-411,662	-130,951	-983,673	-267,719
12	SMS12L(A)	109,111	108,358	108,480	109,427
13	SMS12L(A+K)	-97,792	-98,165	-103,112	-94,431

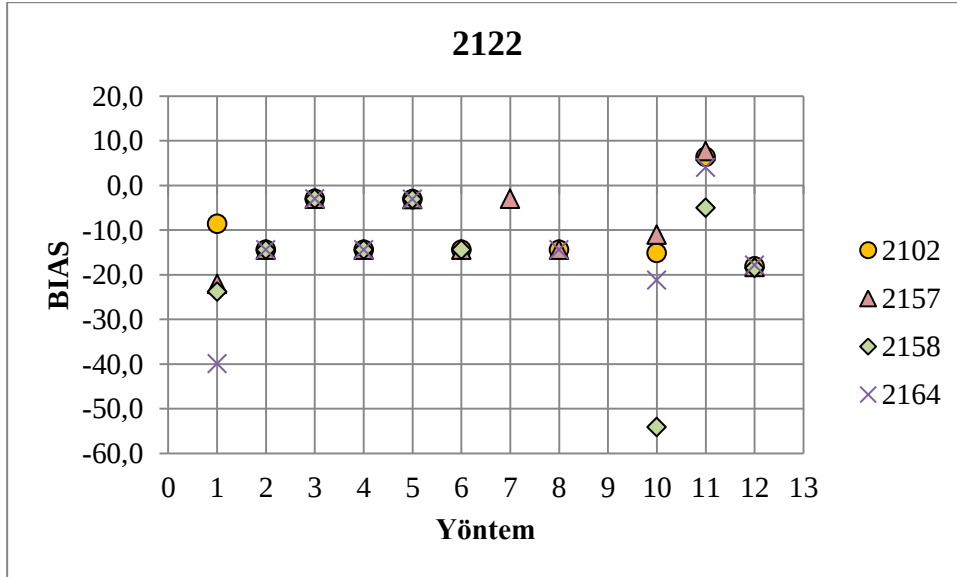


Şekil 5.6 : 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS karşılaştırması.

Çizelge 5.12 ve Şekil 5.7’de görüldüğü gibi 2122 nolu istasyonun akımları gerçek akımlarına daha yakın SM1R(A+K) yöntemiyle tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.12 : 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS değerleri.

Yöntem		BIAS			
		2122			
		2102	2157	2158	2164
1	DAR	-8,614	-22,080	-23,819	-39,909
2	SM1R(A)	-14,422	-14,422	-14,422	-14,422
3	SM1R(A+K)	-2,992	-2,992	-2,992	-2,992
4	SM12R(A)	-14,373	-14,373	-14,373	-14,373
5	SM12R(A+K)	-3,051	-3,051	-3,051	-3,051
6	SMS1R(A)	-14,422	-14,422	-14,422	-
7	SMS1R(A+K)	-	-2,992	-	-
8	SMS12R(A)	-14,373	-14,373	-	-14,373
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	-
10	SMS1L(A)	-15,130	-11,021	-54,124	-21,209
11	SMS1L(A+K)	6,372	7,698	-5,003	4,056
12	SMS12L(A)	-18,151	-18,296	-18,503	-17,819
13	SMS12L(A+K)	-	-	-	-

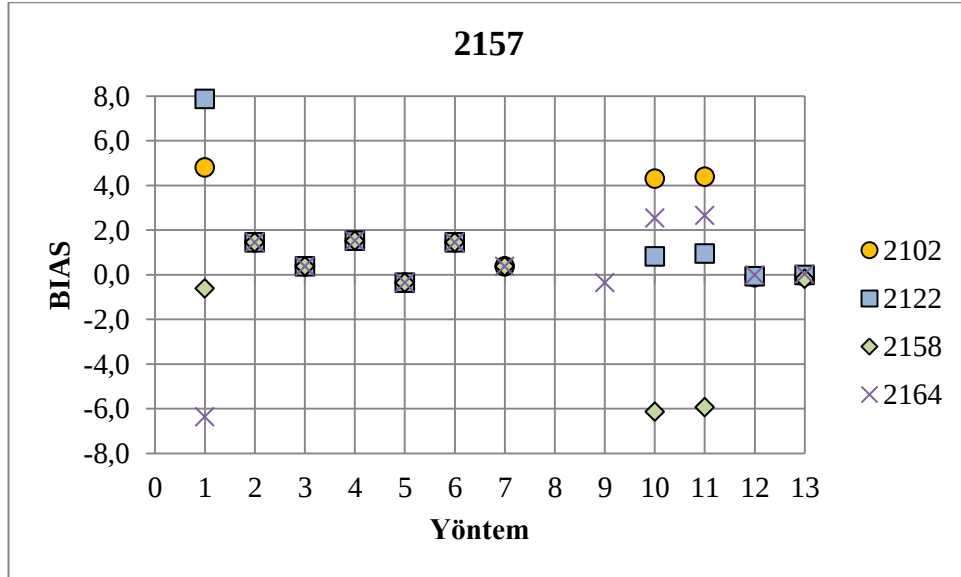


Şekil 5.7 : 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS karşılaştırması.

Çizelge 5.13 ve Şekil 5.8’de görüldüğü gibi 2157 nolu istasyonun akımları gerçek akımlarına daha yakın SMS12L(A+K) yöntemiyle tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.13 : 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS değerleri.

Yöntem		BIAS			
		2157			
		2102	2122	2158	2164
1	DAR	4,804	7,876	-0,620	-6,360
2	SM1R(A)	1,456	1,456	1,456	1,456
3	SM1R(A+K)	0,369	0,369	0,369	0,369
4	SM12R(A)	1,525	1,525	1,525	1,525
5	SM12R(A+K)	-0,350	-0,350	-0,350	-0,350
6	SMS1R(A)	1,456	1,456	1,456	1,456
7	SMS1R(A+K)	0,369	-	0,369	0,369
8	SMS12R(A)	-	-	-	-
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	-0,350
10	SMS1L(A)	4,303	0,823	-6,136	2,549
11	SMS1L(A+K)	4,389	0,945	-5,939	2,649
12	SMS12L(A)	-0,112	-0,062	-40,579	-0,007
13	SMS12L(A+K)	-0,066	-0,016	-0,185	0,038

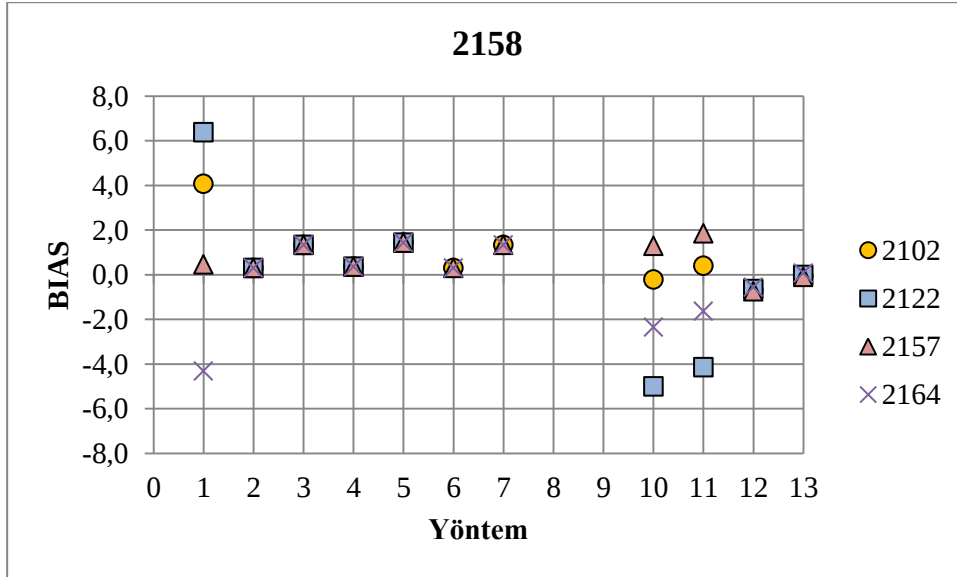


Şekil 5.8 : 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS karşılaştırması.

Çizelge 5.14 ve Şekil 5.9’de görüldüğü gibi 2158 nolu istasyonun akımları gerçek akımlarına daha yakın SMS12L(A+K) yöntemiyle tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.14 : 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS değerleri.

Yöntem		BIAS			
		2158			
		2102	2122	2157	2164
1	DAR	4,078	6,388	0,466	-4,315
2	SM1R(A)	0,299	0,299	0,299	0,299
3	SM1R(A+K)	1,334	1,334	1,334	1,334
4	SM12R(A)	0,365	0,365	0,365	0,365
5	SM12R(A+K)	1,443	1,443	1,443	1,443
6	SMS1R(A)	0,299	-	0,299	0,299
7	SMS1R(A+K)	1,334	-	1,334	1,334
8	SMS12R(A)	-	-	-	-
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	-
10	SMS1L(A)	-0,212	-5,000	1,299	-2,349
11	SMS1L(A+K)	0,408	-4,145	1,848	-1,635
12	SMS12L(A)	-0,700	-0,641	-0,738	-0,551
13	SMS12L(A+K)	-0,060	-0,005	-0,102	0,080

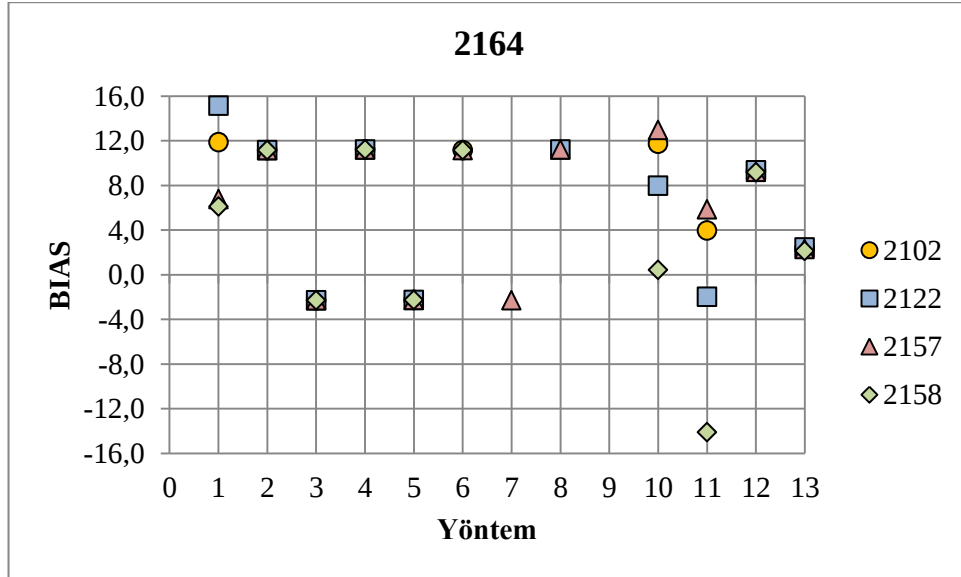


Şekil 5.9 : 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS karşılaştırması.

Çizelge 5.15 ve Şekil 5.10’da görüldüğü gibi 2164 nolu istasyonun akımları gerçek akımlarına daha yakın SM12R(A+K) yöntemiyle tahmin edilmiştir.

Çizelge 5.15 : 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS değerleri.

Yöntem		BIAS			
		2164			
		2102	2122	2157	2158
1	DAR	11,874	15,143	6,765	6,105
2	SM1R(A)	11,155	11,155	11,155	11,155
3	SM1R(A+K)	-2,282	-2,282	-2,282	-2,282
4	SM12R(A)	11,211	11,211	11,211	11,211
5	SM12R(A+K)	-2,259	-2,259	-2,259	-2,259
6	SMS1R(A)	11,155	-	11,155	11,155
7	SMS1R(A+K)	-	-	-2,282	-
8	SMS12R(A)	-	11,211	11,211	-
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	-
10	SMS1L(A)	11,743	7,985	12,967	0,435
11	SMS1L(A+K)	3,955	-1,972	5,862	-14,118
12	SMS12L(A)	9,292	9,345	9,222	9,174
13	SMS12L(A+K)	2,345	2,441	2,306	2,138



Şekil 5.10 : 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre BIAS karşılaştırması.

Uygulanan yöntemlere göre tüm istasyonların BIAS değerleri Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16 : İstasyonların yöntemlere göre BIAS değerleri.

		BIAS												
		DAR	Yıllık SM1R		Aylık SM12R		Yıllık SMS1R		Aylık SMS12R		Yıllık SMS1L		Aylık SMS12L	
			A	A+K	A	A+K	A	A+K	A	A+K	lnA	ln(A+K)	lnA	ln(A+K)
2102	2102-2122	37,363	79,938	16,442	80,576	15,826	79,938	16,442	80,576	15,826	103,108	-411,662	109,111	-97,792
	2102-2157	-58,411	79,938	16,442	80,576	15,826	79,938	16,442	-	-	130,323	-130,951	108,358	-98,165
	2102-2158	-65,954	79,938	16,442	80,576	15,826	79,938	16,442	-	-	61,894	-983,673	108,480	-103,112
	2102-2164	-135,746	79,938	16,442	80,576	15,826	79,938	16,442	-	-	113,380	-267,719	109,427	-94,431
2122	2122-2102	-8,614	-14,422	-2,992	-14,373	-3,051	-14,422	-	-14,373	-	-15,130	6,372	-18,151	-
	2122-2157	-22,080	-14,422	-2,992	-14,373	-3,051	-14,422	-2,992	-14,373	-	-11,021	7,698	-18,296	-
	2122-2158	-23,819	-14,422	-2,992	-14,373	-3,051	-14,422	-	-	-	-54,124	-5,003	-18,503	-
	2122-2164	-39,909	-14,422	-2,992	-14,373	-3,051	-	-	-14,373	-	-21,209	4,056	-17,819	-
2157	2157-2102	4,804	1,456	0,369	1,525	-0,350	1,456	0,369	-	-	4,303	4,389	-0,112	-0,066
	2157-2122	7,876	1,456	0,369	1,525	-0,350	1,456	-	-	-	0,823	0,945	-0,062	-0,016
	2157-2158	-0,620	1,456	0,369	1,525	-0,350	1,456	0,369	-	-	-6,136	-5,939	-40,579	-0,185
	2157-2164	-6,360	1,456	0,369	1,525	-0,350	1,456	0,369	-	-0,350	2,549	2,649	-0,007	0,038
2158	2158-2102	4,078	0,299	1,334	0,365	1,443	0,299	1,334	-	-	-0,212	0,408	-0,700	-0,060
	2158-2122	6,388	0,299	1,334	0,365	1,443	-	-	-	-	-5,000	-4,145	-0,641	-0,005
	2158-2157	0,466	0,299	1,334	0,365	1,443	0,299	1,334	-	-	1,299	1,848	-0,738	-0,102
	2158-2164	-4,315	0,299	1,334	0,365	1,443	0,299	1,334	-	-	-2,349	-1,635	-0,551	0,080
2164	2164-2102	11,874	11,155	-2,282	11,211	-2,259	11,155	-	-	-	11,743	3,955	9,292	2,345
	2164-2122	15,143	11,155	-2,282	11,211	-2,259	-	-	11,211	-	7,985	-1,972	9,345	2,441
	2164-2157	6,765	11,155	-2,282	11,211	-2,259	11,155	-2,282	11,211	-	12,967	5,862	9,222	2,306
	2164-2158	6,105	11,155	-2,282	11,211	-2,259	11,155	-	-	-	0,435	-14,118	9,174	2,138

İstatistiksel hata değeri (BIAS) tahmin performans ölçütü ile ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının gerçek akımlarına ne kadar yakın tahmin edildiği değerlendirilmiştir. İstatistiksel hata değerinin pozitif olması küçük tahmin yapıldığını, negatif olması ise büyük tahmin yapıldığını gösterir. Bu doğrultuda elde edilen genel sonuçlar aşağıda ifade edilmiştir.

DAR yöntemi, 2102 ile 2122 nolu istasyonların ve 2157 ile 2158 nolu istasyonların karşılıklı birbirlerinin akım verileri kullanılarak yapılan akım tahminlerinde istasyonların gerçek akımlarına en yakın sonuçlar vermiştir. Bu yöntemle 2164 nolu istasyonun akım tahmininde istasyonun gerçek akımlarına en yakın sonuç 2158 nolu istasyonun akım verileri kullanıldığında elde edilmiştir. DAR yöntemi ile 2122 nolu istasyonun akım verileri kullanılarak, 2102 nolu istasyon hariç 2157, 2158 ve 2164 nolu istasyonların akım tahminlerinde bu istasyonların gerçek akımlarından en uzak değerler bulunmuştur.

Bölgesel regresyon gerektiren yöntemlerin tahmin performanslarını değerlendirdiğimizde, SM12R(A+K) yöntemiyle 2102 ve 2164 nolu istasyonların akımları gerçek akımlarına daha yakın tahmin edilmiştir. SMS12L(A+K) yöntemiyle 2157 ve 2158 nolu istasyonların akımları gerçek akımlarına daha yakın tahmin edilmiştir. Bölgesel regresyonda yağış alanı ve kot (A+K) parametrelerini kullanan yöntemler, yağış alanı (A) parametresini kullanan yöntemlere göre genelde gerçeğe daha yakın akım tahmin sonuçları vermiştir. Ancak bu durum 2102 nolu istasyonun akım tahmininde SMS1L(A+K) yönteminde istisna göstermektedir. Burada, SMS1L(A) yöntemi ile yapılan tahminler SMS1L(A+K) yöntemiyle yapılan tahminlere göre gerçek akımlara daha yakındır. SMS1L(A+K) yöntemiyle 2102 nolu istasyonun akımları gerçek akımlarından en uzak tahmin edilmiştir.

Tüm istasyonlar için SM ve SMS yöntemleriyle yapılan akım tahminleri DAR yöntemine göre genellikle gerçek akımlara daha yakın sonuçlar vermiştir.

SM1R, SM12R, SMS1R ve SMS12R yöntemlerinde elde edilen aynı BIAS değerlerinden dolayı hangi istasyonun hangi istasyonla daha iyi tahmin edildiği karşılaştırılamamıştır. Bunun nedeni bu yöntemlerin formülasyonlarından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada istatistiksel hata değerinin (BIAS), yöntemlerin performansını değerlendirmek için duyarlı bir ölçüt olmadığı görülmüştür.

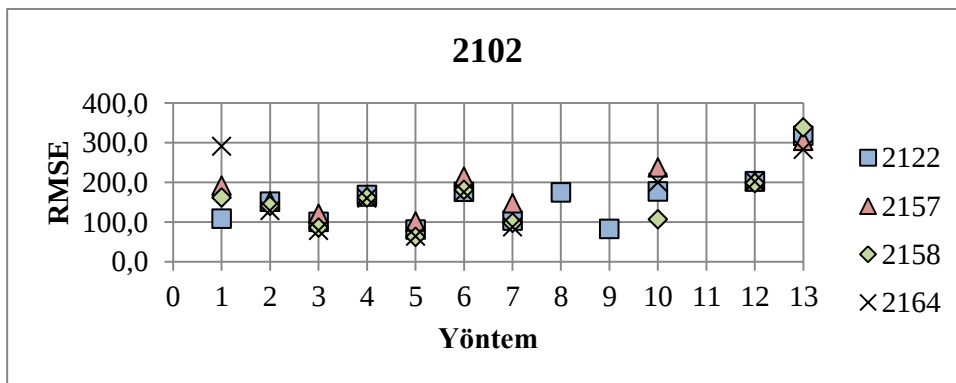
5.3.3 Karekök hata kareler ortalaması değerleri sonuçları

Karekök hata kareler ortalaması değerinin 0'a yakın değerler alması yöntemin iyi bir performansa sahip olduğunu göstermektedir. Bu bilgi doğrultusunda ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının hangi istasyonun akım verileri ile ve hangi yöntem ile daha iyi tahmin edildiği her bir istasyon için ayrı ayrı incelenmiştir.

Çizelge 5.17 ve Şekil 5.11'de görüldüğü gibi 2102 nolu istasyonun akımları çoğunlukla 2158 ve 2164 nolu istasyonlar ile daha iyi tahmin edilmiştir ve akımlarının tahmininde genel olarak SM12R(A+K) yönteminin performansı daha iyidir. En iyi RMSE değeri, SM12R(A+K) yöntemiyle 2158 nolu istasyon verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.17 : 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.

Yöntem		RMSE			
		2102			
		2122	2157	2158	2164
1	DAR	108,860	191,640	162,198	290,892
2	SM1R(A)	151,140	151,592	140,863	128,467
3	SM1R(A+K)	100,819	120,735	86,417	78,667
4	SM12R(A)	168,554	164,239	161,767	160,371
5	SM12R(A+K)	81,074	101,514	62,844	64,082
6	SMS1R(A)	176,339	214,579	180,803	175,429
7	SMS1R(A+K)	103,543	147,558	98,247	87,433
8	SMS12R(A)	174,433	-	-	-
9	SMS12R(A+K)	82,894	-	-	-
10	SMS1L(A)	177,463	237,520	107,063	199,977
11	SMS1L(A+K)	1237,981	551,950	3089,145	814,907
12	SMS12L(A)	203,211	201,850	198,303	201,888
13	SMS12L(A+K)	317,283	304,262	338,264	282,321

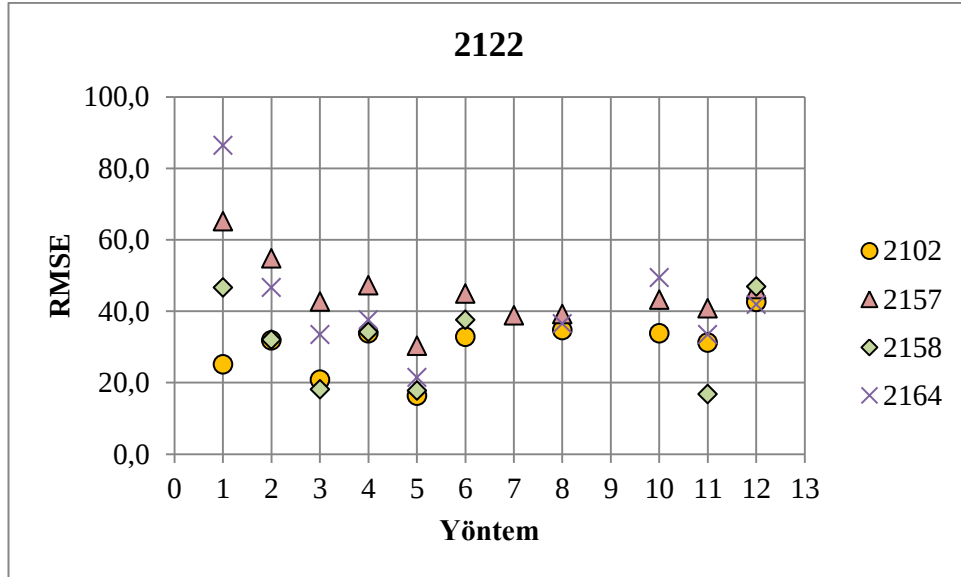


Şekil 5.11 : 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırılması.

Çizelge 5.18 ve Şekil 5.12’de görüldüğü gibi 2122 nolu istasyonun akımları çoğunlukla 2102 ve 2158 nolu istasyonlar ile daha iyi tahmin edilmiştir ve akımlarının tahmininde genel olarak SM12R(A+K) yönteminin performansı daha iyidir. En iyi RMSE değeri, SM12R(A+K) yöntemiyle 2102 nolu istasyonun verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.18 : 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.

Yöntem		RMSE			
		2122			
		2102	2157	2158	2164
1	DAR	25,097	65,124	46,588	86,412
2	SM1R(A)	31,787	54,763	32,042	46,575
3	SM1R(A+K)	20,841	42,664	18,070	33,455
4	SM12R(A)	33,762	47,262	34,146	37,536
5	SM12R(A+K)	16,341	30,336	17,771	21,425
6	SMS1R(A)	32,843	44,866	37,539	-
7	SMS1R(A+K)	-	38,788	-	-
8	SMS12R(A)	34,717	39,188	-	36,524
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	-
10	SMS1L(A)	33,810	43,212	132,048	49,395
11	SMS1L(A+K)	31,218	40,770	16,760	33,466
12	SMS12L(A)	42,561	46,165	46,850	41,863
13	SMS12L(A+K)	-	-	-	-

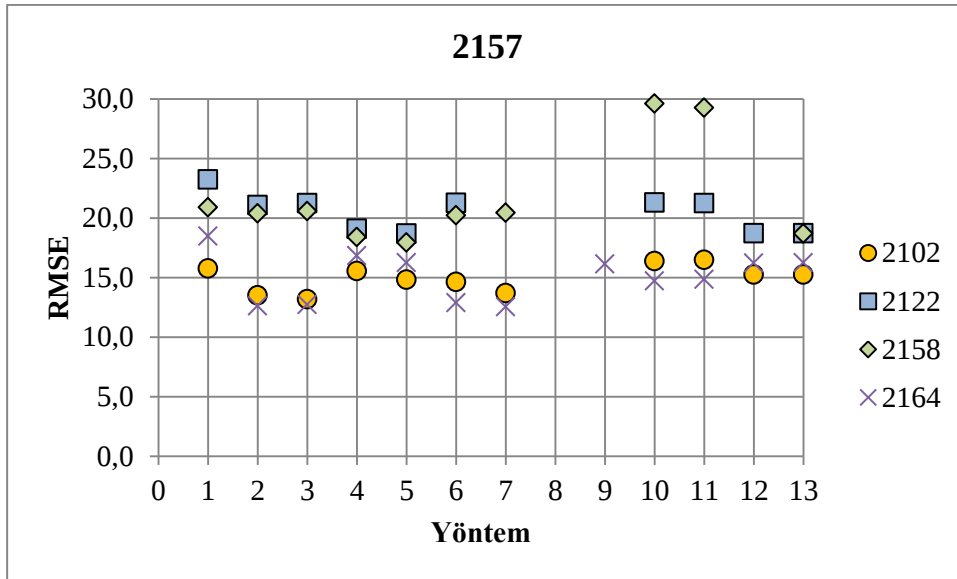


Şekil 5.12 : 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması.

Çizelge 5.19 ve Şekil 5.13’de görüldüğü gibi 2157 nolu istasyonun akımları çoğunlukla 2102 ve 2164 nolu istasyonlar ile daha iyi tahmin edilmiştir ve akımlarının tahmininde genel olarak SM1R(A), SM1R(A+K) ve SMS1R(A+K) yöntemlerinin performansları daha iyidir. En iyi RMSE değeri, SMS1R(A+K) yöntemiyle 2164 nolu istasyonun verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.19 : 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.

Yöntem		RMSE			
		2157			
		2102	2122	2158	2164
1	DAR	15,760	23,231	20,895	18,471
2	SM1R(A)	13,503	21,083	20,375	12,622
3	SM1R(A+K)	13,184	21,242	20,573	12,713
4	SM12R(A)	15,550	19,102	18,390	16,824
5	SM12R(A+K)	14,807	18,692	17,932	16,245
6	SMS1R(A)	14,624	21,262	20,222	12,872
7	SMS1R(A+K)	13,693	-	20,446	12,532
8	SMS12R(A)	-	-	-	-
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	16,137
10	SMS1L(A)	16,368	21,288	29,621	14,720
11	SMS1L(A+K)	16,490	21,248	29,261	14,832
12	SMS12L(A)	15,238	18,721	74,850	16,223
13	SMS12L(A+K)	15,253	18,725	18,703	16,239

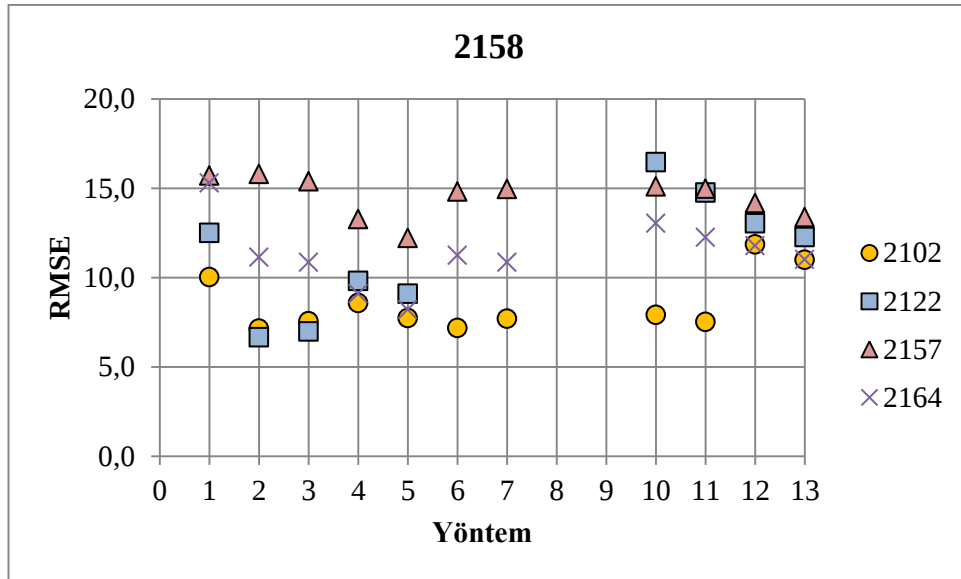


Şekil 5.13 : 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması.

Çizelge 5.20 ve Şekil 5.14'te görüldüğü gibi 2158 nolu istasyonun akımları çoğunlukla 2102 ve 2122 nolu istasyonlar ile daha iyi tahmin edilmiştir ve akımlarının tahmininde genel olarak SM1R(A), SM1R(A+K) ve SM12R(A+K) yöntemlerinin performansları daha iyidir. En iyi RMSE değeri, SM1R(A) yöntemiyle 2122 nolu istasyonun verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.20 : 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.

Yöntem		RMSE			
		2158			
		2102	2122	2157	2164
1	DAR	10,029	12,494	15,709	15,299
2	SM1R(A)	7,135	6,654	15,787	11,132
3	SM1R(A+K)	7,541	6,975	15,388	10,844
4	SM12R(A)	8,564	9,807	13,269	9,093
5	SM12R(A+K)	7,729	9,092	12,215	8,188
6	SMS1R(A)	7,164	-	14,811	11,246
7	SMS1R(A+K)	7,695	-	14,959	10,847
8	SMS12R(A)	-	-	-	-
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	-
10	SMS1L(A)	7,902	16,453	15,102	13,037
11	SMS1L(A+K)	7,519	14,751	14,961	12,239
12	SMS12L(A)	11,847	13,028	14,157	11,773
13	SMS12L(A+K)	10,982	12,257	13,370	11,013

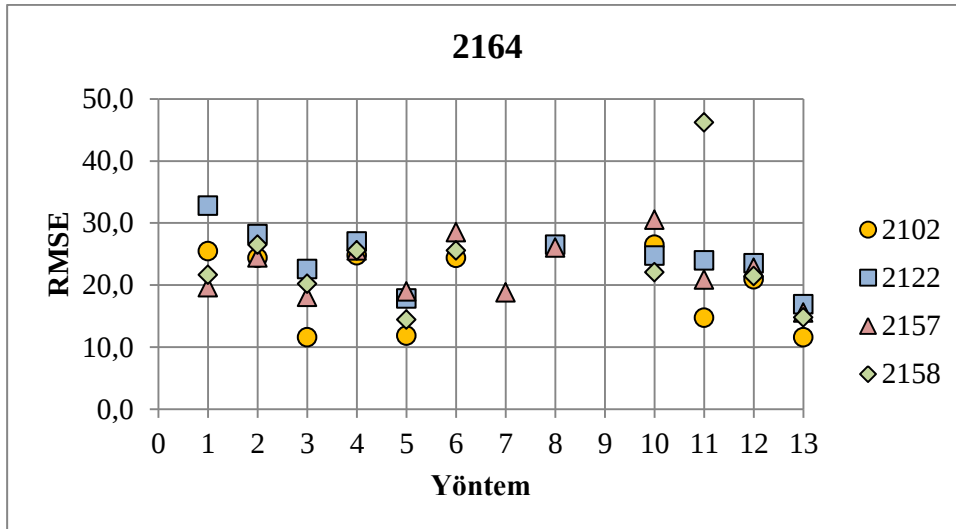


Şekil 5.14 : 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması.

Çizelge 5.21 ve Şekil 5.15’de görüldüğü gibi 2164 nolu istasyonun akımları çoğunlukla 2102 nolu istasyon ile daha iyi tahmin edilmiştir ve akımlarının tahmininde genel olarak SM1R(A+K), SM12R(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemlerinin performansları daha iyidir. En iyi RMSE değeri, SM1R(A+K) yöntemiyle 2102 nolu istasyonun verileri kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.21 : 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE değerleri.

Yöntem		RMSE			
		2164			
		2102	2122	2157	2158
1	DAR	25,446	32,788	19,647	21,645
2	SM1R(A)	24,400	28,207	24,431	26,498
3	SM1R(A+K)	11,567	22,564	18,102	20,189
4	SM12R(A)	24,796	27,010	25,544	25,563
5	SM12R(A+K)	11,812	17,828	18,951	14,413
6	SMS1R(A)	24,353	-	28,480	25,542
7	SMS1R(A+K)	-	-	18,787	-
8	SMS12R(A)	-	26,500	26,008	-
9	SMS12R(A+K)	-	-	-	-
10	SMS1L(A)	26,508	24,731	30,498	22,073
11	SMS1L(A+K)	14,738	23,976	20,876	46,183
12	SMS12L(A)	20,941	23,508	22,792	21,409
13	SMS12L(A+K)	11,576	16,904	15,557	14,783



Şekil 5.15 : 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre RMSE karşılaştırması.

Uygulanan yöntemlere göre tüm istasyonların RMSE değerleri Çizelge 5.22’de verilmiştir.

Çizelge 5.22 : İstasyonların yöntemlere göre RMSE değerleri.

		RMSE												
		DAR	Yıllık SM1R		Aylık SM12R		Yıllık SMS1R		Aylık SMS12R		Yıllık SMS1L		Aylık SMS12L	
			A	A+K	A	A+K	A	A+K	A	A+K	lnA	ln(A+K)	lnA	ln(A+K)
2102	2102-2122	108,860	151,140	100,819	168,554	81,074	176,339	103,543	174,433	82,894	177,463	1237,981	203,211	317,283
	2102-2157	191,640	151,592	120,735	164,239	101,514	214,579	147,558	-	-	237,520	551,950	201,850	304,262
	2102-2158	162,198	140,863	86,417	161,767	62,844	180,803	98,247	-	-	107,063	3089,145	198,303	338,264
	2102-2164	290,892	128,467	78,667	160,371	64,082	175,429	87,433	-	-	199,977	814,907	201,888	282,321
2122	2122-2102	25,097	31,787	20,841	33,762	16,341	32,843	-	34,717	-	33,810	31,218	42,561	-
	2122-2157	65,124	54,763	42,664	47,262	30,336	44,866	38,788	39,188	-	43,212	40,770	46,165	-
	2122-2158	46,588	32,042	18,070	34,146	17,771	37,539	-	-	-	132,048	16,760	46,850	-
	2122-2164	86,412	46,575	33,455	37,536	21,425	-	-	36,524	-	49,395	33,466	41,863	-
2157	2157-2102	15,760	13,503	13,184	15,550	14,807	14,624	13,693	-	-	16,368	16,490	15,238	15,253
	2157-2122	23,231	21,083	21,242	19,102	18,692	21,262	-	-	-	21,288	21,248	18,721	18,725
	2157-2158	20,895	20,375	20,573	18,390	17,932	20,222	20,446	-	-	29,621	29,261	74,850	18,703
	2157-2164	18,471	12,622	12,713	16,824	16,245	12,872	12,532	-	16,137	14,720	14,832	16,223	16,239
2158	2158-2102	10,029	7,135	7,541	8,564	7,729	7,164	7,695	-	-	7,902	7,519	11,847	10,982
	2158-2122	12,494	6,654	6,975	9,807	9,092	-	-	-	-	16,453	14,751	13,028	12,257
	2158-2157	15,709	15,787	15,388	13,269	12,215	14,811	14,959	-	-	15,102	14,961	14,157	13,370
	2158-2164	15,299	11,132	10,844	9,093	8,188	11,246	10,847	-	-	13,037	12,239	11,773	11,013
2164	2164-2102	25,446	24,400	11,567	24,796	11,812	24,353	-	-	-	26,508	14,738	20,941	11,576
	2164-2122	32,788	28,207	22,564	27,010	17,828	-	-	26,500	-	24,731	23,976	23,508	16,904
	2164-2157	19,647	24,431	18,102	25,544	18,951	28,480	18,787	26,008	-	30,498	20,876	22,792	15,557
	2164-2158	21,645	26,498	20,189	25,563	14,413	25,542	-	-	-	22,073	46,183	21,409	14,783

Karekök hata kareler ortalaması (RMSE) tahmin performans ölçütüne göre tüm yöntemlerin performansı değerlendirildiğinde elde edilen genel sonuçlar aşağıda ifade edilmiştir.

DAR yöntemi ile 2102 ve 2122 nolu istasyonların karşılıklı akım verileri kullanılarak yapılan akım tahminleri en iyidir. Bu yöntemle, 2157 ve 2158 nolu istasyonların akım tahminlerinde 2102 nolu istasyonun akım verileri kullanılarak ve 2164 nolu istasyonun akım tahmininde ise 2157 nolu istasyonun akım verileri kullanılarak diğer istasyonların akım verileriyle yapılan tahminlerden daha iyidir. 2102 nolu istasyonun tahmininde 2164 nolu istasyonun akım verileri kullanıldığında yöntemin performansı en kötü sonucu vermiştir.

Bölgesel regresyon kullanılan yöntemlerin tahmin performanslarını değerlendirdiğimizde, SM12R(A+K) yöntemi tüm istasyonların tahmininde genel olarak daha iyidir. SM12R(A+K) yöntemine en yakın performansı SM1R(A+K) yöntemi göstermiştir. SM yaklaşımları SMS yaklaşımlarından genel olarak daha iyidir. Akım verilerinin ln'leri alınarak yapılan SMS yaklaşımlarından SMS12L(A+K) yöntemi 2164 nolu istasyonun akım tahmininde sonucu en iyidir. Performansları iyi olan bu yöntemlerin ortak özelliği yağış alanı ve kot parametrelerinin birlikte kullanılmasıdır. Bölgesel regresyonda yağış alanı ve kot (A+K) parametrelerini kullanan yöntemler, yağış alanı (A) parametresini kullanan yöntemlere göre genelde üstündür. Ancak bu durum 2102 nolu istasyonun SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemleriyle akım tahmininde istisnalar göstermektedir. Burada, SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemleri sırasıyla SMS1L(A) ve SMS12L(A) yöntemlerinden daha kötü performansa sahiptir.

Uygulanan tüm yöntemlere göre 2122, 2157, 2158 ve 2164 nolu istasyonların akım tahmini 2102 nolu istasyonun akım verileri kullanıldığında genellikle daha iyi tahmin edilmiştir. 2102 nolu istasyonun tüm yöntemlere göre RMSE değerleri 0'a daha uzaktır ve bu istasyon için yapılan tahminlerin doğruluğunun daha az olduğunu göstermektedir. Bu durumun aksine, 2158 nolu istasyonun tüm yöntemlere göre RMSE değerleri 0'a daha yakındır ve bu istasyon için yapılan tahminlerin daha doğru olduğu söylenebilir. SM ve SMS yöntemlerinin performanslarının büyük oranda DAR yönteminin performansından üstün olduğu görülmüştür.

5.3.4 Akım tahmin yöntemlerinin performanslarının karşılaştırılması

Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), istatistiksel hata değeri (BIAS) ve karekök hata kareler ortalaması (RMSE) tahmin performans ölçütlerine göre tüm yöntemlerin performansları değerlendirilmiştir. Bu yöntemlerin karşılaştırmasından elde edilen genel sonuçlar aşağıda ifade edilmiştir.

Hem NSE hem de RMSE tahmin performans ölçütlerine göre, DAR yöntemi ile 2102 ve 2122 nolu istasyonların karşılıklı akım verileri kullanılarak yapılan akım tahminlerinde en iyi sonuçlar elde edilmiştir. BIAS tahmin performans ölçütüne göre bakıldığında, bu yöntemle 2102 ve 2122 nolu istasyonların karşılıklı akım verileri kullanılarak yapılan akım tahminlerinde istasyonların gerçek akımlarına en yakın sonuçlar elde edilmiştir. NSE ve RMSE tahmin performans ölçütlerine göre, DAR yöntemiyle 2157 ve 2158 nolu istasyonların akım tahmininde 2102 nolu istasyonun akım verileri kullanıldığında diğer istasyonların akım verileriyle yapılan tahminlerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. BIAS tahmin performans ölçütüne göre, bu yöntemle 2157 ve 2158 nolu istasyonların karşılıklı akım verileri kullanılarak yapılan akım tahminlerinde istasyonların gerçek akımlarına daha yakın sonuçlar elde edilmiştir. NSE ve RMSE tahmin performans ölçütlerine göre 2164 nolu istasyonun akım tahmininde 2157 nolu istasyonun akım verileri kullanılarak diğer istasyonların akım verileriyle yapılan tahminlerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. BIAS tahmin performans ölçütüne göre ise 2164 nolu istasyonun akım tahmininde istasyonun gerçek akımlarına en yakın sonuç 2158 nolu istasyonun akım verileri kullanıldığında elde edilmiştir. NSE ve RMSE tahmin performans ölçütlerine göre 2102 nolu istasyonun akım tahmininde 2164 nolu istasyonun akım verileri kullanıldığında DAR yönteminin performansı iyi değildir. DAR yöntemi ile 2122 nolu istasyonun akım tahmini 2157 nolu istasyon ve 2164 nolu istasyonun ayrı ayrı akım verileri kullanılarak yapıldığında NSE tahmin performans ölçütüne göre yöntemin performansı yetersizdir ve RMSE tahmin performans ölçütüne göre yöntemin performansı en kötüdür.

Bölgesel regresyon gerektiren yöntemleri hem NSE hem RMSE tahmin performans ölçütlerine göre değerlendirdiğimizde SM yaklaşımlarının SMS yaklaşımlarından genel olarak daha iyi olduğu ve SM12R(A+K) yönteminin tüm istasyonların tahmininde genelde en iyi sonuçları verdiği ayrıca SM1R(A+K) yönteminin SM12R(A+K) yöntemine yakın performans gösterdiği gözlemlenmiştir. NSE ve

RMSE tahmin performans ölçütlerine göre 2164 nolu istasyonun akım tahmininde SMS12L(A+K) yöntemi en iyi performansa sahiptir. BIAS tahmin performans ölçütüne göre SM12R(A+K) yöntemiyle 2102 ve 2164 nolu istasyonların akımları gerçek akımlarına daha yakın ve SMS12L(A+K) yöntemiyle de 2157 ve 2158 nolu istasyonların akımları gerçek akımlarına daha yakın tahmin edilmiştir. İyi performans gösteren bu yöntemlerin ortak özelliği yağış alanı ve kot parametrelerinin birlikte kullanılmasıdır. Bölgesel regresyonda yağış alanı ve kot (A+K) parametrelerini kullanan yöntemler, yağış alanı (A) parametresini kullanan yöntemlere göre genelde üstün performans sergilemişlerdir. Ancak bu durum 2102 nolu istasyonun NSE ve RMSE tahmin performans ölçütlerine göre SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemleriyle akım tahmininde istisnalar göstermektedir. Burada, SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemleri sırasıyla SMS1L(A) ve SMS12L(A) yöntemlerinden daha kötü performansa sahiptir. BIAS tahmin performans ölçütüne göre değerlendirildiğinde de SMS1L(A+K) yönteminde istisna görülmektedir. Burada, SMS1L(A) yöntemi ile yapılan akım tahminleri SMS1L(A+K) yöntemiyle yapılan akım tahminlerine göre gerçek akımlara daha yakındır.

NSE ve RMSE tahmin performans ölçütlerine göre yöntemlerin tahmin performansları değerlendirildiğinde bu iki ölçütün birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür. BIAS tahmin performans ölçütünün de NSE ve RMSE tahmin performans ölçütlerini kısmen desteklediği söylenebilir. Tüm tahmin performans ölçütlerine göre SM ve SMS yöntemleri ile yapılan akım tahminleri DAR yöntemi ile yapılan akım tahminlerine göre genelde daha iyi sonuçlar vermiştir. Tüm yöntemler arasında SM12R(A+K) yönteminin tahmin performansı diğer yöntemlere göre daha üstündür. SM12R(A+K) yöntemiyle ayrı ayrı 2102, 2122, 2157, 2158 ve 2164 istasyonları için yapılan tahminlerin hemen hepsinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bölgesel regresyonda yağış alanı ve kot (A+K) parametrelerini kullanan yöntemler, 2102 nolu istasyonun SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemleriyle akım tahmini dışında yağış alanı (A) parametresini kullanan yöntemlere göre üstün performans sergilemişlerdir.

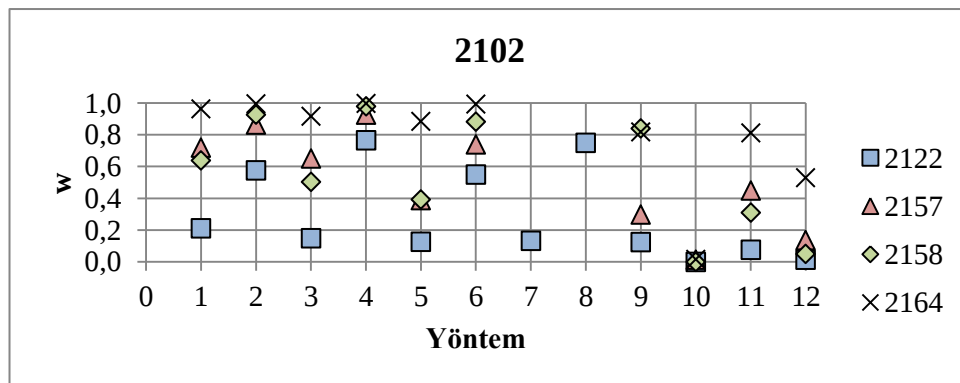
5.4 Harmanlanmış Performans Ağırlıklı Yaklaşım Değerleri Sonuçları

Denklem (4.14) ile ifade edilen w ağırlık değeri 0'a yaklaştıkça DAR yönteminin tahmin performansı diğer yöntemlerin tahmin performanslarına göre daha iyidir, w ağırlık değeri 1'e yaklaştıkça diğer yöntemlerin tahmin performansı DAR'a göre daha iyidir. Bu bilgi doğrultusunda ölçümü olmayan istasyonun hesaplanan akımlarının hangi istasyonun akımlarıyla tahmininde hangi yöntemin daha iyi performans gösterdiği her bir istasyon için ayrı ayrı incelenmiştir.

Çizelge 5.23 ve Şekil 5.16'da görüldüğü gibi 2102 nolu istasyonun akımlarının çoğunlukla 2122 nolu istasyonun akım verileriyle tahmininde DAR yöntemi daha iyi performans göstermiştir ve genel olarak 2164 nolu istasyonun akım verileriyle tahmininde diğer yöntemlerin performansı DAR yönteminin performansına göre daha iyidir. Bu durum diğer performans ölçütleriyle de uyumludur.

Çizelge 5.23 : 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.

Yöntem		w			
		2102			
		2122	2157	2158	2164
1	DAR-SM1R(A)	0,212	0,719	0,637	0,963
2	DAR-SM1R(A+K)	0,576	0,864	0,925	0,995
3	DAR-SM12R(A)	0,148	0,650	0,503	0,915
4	DAR-SM12R(A+K)	0,765	0,927	0,978	0,998
5	DAR-SMS1R(A)	0,127	0,389	0,393	0,883
6	DAR-SMS1R(A+K)	0,550	0,740	0,881	0,992
7	DAR-SMS12R(A)	0,132	-	-	-
8	DAR-SMS12R(A+K)	0,748	-	-	-
9	DAR-SMS1L(A)	0,124	0,298	0,840	0,817
10	DAR-SMS1L(A+K)	0,00006	0,014	0,00001	0,016
11	DAR-SMS12L(A)	0,076	0,448	0,309	0,812
12	DAR-SMS12L(A+K)	0,014	0,136	0,050	0,530

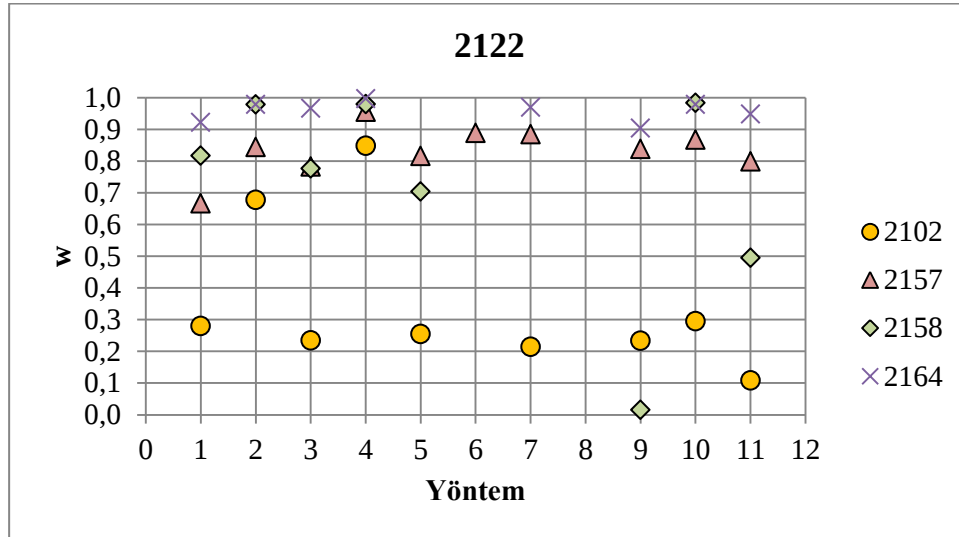


Şekil 5.16 : 2102 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması.

Çizelge 5.24 ve Şekil 5.17’de görüldüğü gibi 2122 nolu istasyonun akımlarının çoğunlukla 2102 nolu istasyonun akım verileriyle tahmininde DAR yöntemi daha iyi performans göstermiştir ve genel olarak 2164 nolu istasyonun akım verileriyle tahmininde diğer yöntemlerin performansı DAR yönteminin performansına göre daha iyidir.

Çizelge 5.24 : 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.

Yöntem		w			
		2122			
		2102	2157	2158	2164
1	DAR-SM1R(A)	0,280	0,667	0,817	0,922
2	DAR-SM1R(A+K)	0,678	0,844	0,978	0,978
3	DAR-SM12R(A)	0,234	0,783	0,776	0,966
4	DAR-SM12R(A+K)	0,848	0,955	0,979	0,996
5	DAR-SMS1R(A)	0,254	0,816	0,703	-
6	DAR-SMS1R(A+K)	-	0,888	-	-
7	DAR-SMS12R(A)	0,215	0,884	-	0,969
8	DAR-SMS12R(A+K)	-	-	-	-
9	DAR-SMS1L(A)	0,233	0,838	0,015	0,904
10	DAR-SMS1L(A+K)	0,295	0,867	0,984	0,978
11	DAR-SMS12L(A)	0,108	0,798	0,494	0,948
12	DAR-SMS12L(A+K)	-	-	-	-

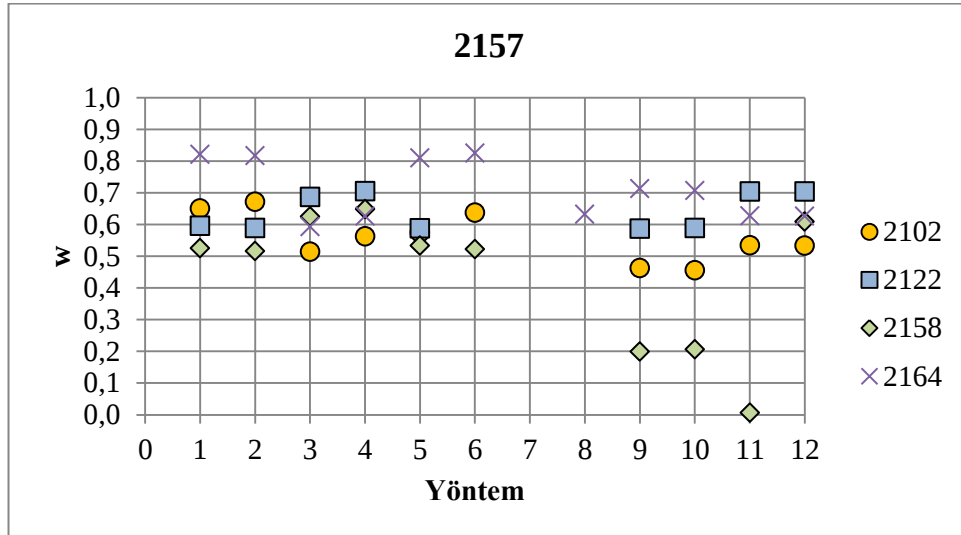


Şekil 5.17 : 2122 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması.

Çizelge 5.25 ve Şekil 5.18’de görüldüğü gibi 2157 nolu istasyonun akımlarının 2158 nolu istasyonun akım verileriyle tahmininde DAR yöntemi SMS1L(A), SMS1L(A+K), SMS12L(A) yöntemlerinden daha iyi performans göstermiştir ve genel olarak 2164 nolu istasyonun akım verileriyle tahmininde diğer yöntemlerin performansı DAR yönteminin performansına göre daha iyidir.

Çizelge 5.25 : 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.

Yöntem		w			
		2157			
		2102	2122	2158	2164
1	DAR-SM1R(A)	0,650	0,596	0,525	0,821
2	DAR-SM1R(A+K)	0,671	0,589	0,516	0,817
3	DAR-SM12R(A)	0,513	0,686	0,625	0,592
4	DAR-SM12R(A+K)	0,562	0,705	0,648	0,626
5	DAR-SMS1R(A)	0,574	0,588	0,533	0,809
6	DAR-SMS1R(A+K)	0,637	-	0,522	0,825
7	DAR-SMS12R(A)	-	-	-	-
8	DAR-SMS12R(A+K)	-	-	-	0,632
9	DAR-SMS1L(A)	0,462	0,586	0,198	0,713
10	DAR-SMS1L(A+K)	0,455	0,588	0,206	0,706
11	DAR-SMS12L(A)	0,534	0,703	0,006	0,627
12	DAR-SMS12L(A+K)	0,533	0,703	0,609	0,626

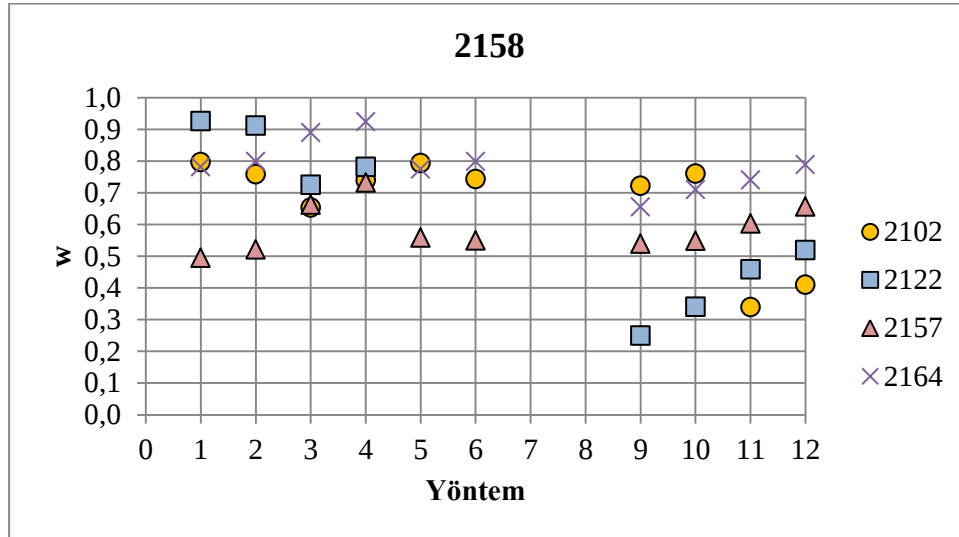


Şekil 5.18 : 2157 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması.

Çizelge 5.26 ve Şekil 5.19’da görüldüğü gibi 2158 nolu istasyonun akımlarının 2102 ve 2122 nolu istasyonların akım verileriyle tahminlerinin birkaçında DAR yöntemi diğer yöntemlerden daha iyi performans göstermiştir ve genel olarak 2164 nolu istasyonun akım verileriyle tahmininde diğer yöntemlerin performansı DAR yönteminin performansına göre daha iyidir.

Çizelge 5.26 : 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.

Yöntem		w			
		2158			
		2102	2122	2157	2164
1	DAR-SM1R(A)	0,796	0,926	0,495	0,781
2	DAR-SM1R(A+K)	0,758	0,911	0,521	0,798
3	DAR-SM12R(A)	0,653	0,725	0,663	0,889
4	DAR-SM12R(A+K)	0,739	0,781	0,732	0,924
5	DAR-SMS1R(A)	0,793	-	0,559	0,774
6	DAR-SMS1R(A+K)	0,743	-	0,549	0,798
7	DAR-SMS12R(A)	-	-	-	-
8	DAR-SMS12R(A+K)	-	-	-	-
9	DAR-SMS1L(A)	0,722	0,250	0,539	0,655
10	DAR-SMS1L(A+K)	0,760	0,340	0,549	0,709
11	DAR-SMS12L(A)	0,339	0,458	0,603	0,740
12	DAR-SMS12L(A+K)	0,410	0,519	0,656	0,788

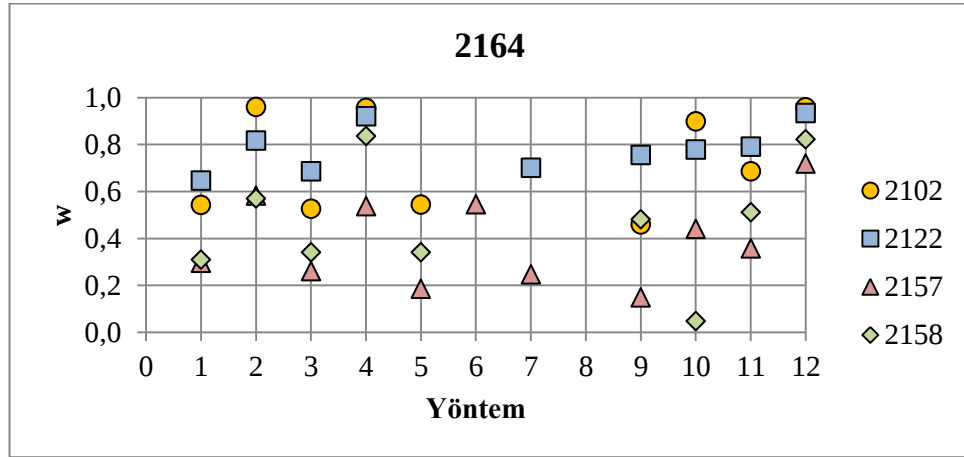


Şekil 5.19 : 2158 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması.

Çizelge 5.27 ve Şekil 5.20’de görüldüğü gibi 2164 nolu istasyonun akımlarının çoğunlukla 2157 nolu istasyonun akım verileriyle tahmininde DAR yöntemi daha iyi performans göstermiştir ve genel olarak 2102 nolu istasyonun akım verileriyle tahmininde diğer yöntemlerin performansı DAR yönteminin performansına göre daha iyidir.

Çizelge 5.27 : 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre w değerleri.

Yöntem		w			
		2164			
		2102	2122	2157	2158
1	DAR-SM1R(A)	0,542	0,646	0,295	0,308
2	DAR-SM1R(A+K)	0,959	0,817	0,581	0,569
3	DAR-SM12R(A)	0,526	0,685	0,259	0,340
4	DAR-SM12R(A+K)	0,956	0,920	0,536	0,836
5	DAR-SMS1R(A)	0,544	-	0,185	0,340
6	DAR-SMS1R(A+K)	-	-	0,545	-
7	DAR-SMS12R(A)	-	0,701	0,246	-
8	DAR-SMS12R(A+K)	-	-	-	-
9	DAR-SMS1L(A)	0,459	0,755	0,147	0,480
10	DAR-SMS1L(A+K)	0,899	0,778	0,440	0,046
11	DAR-SMS12L(A)	0,686	0,791	0,356	0,511
12	DAR-SMS12L(A+K)	0,959	0,934	0,718	0,821



Şekil 5.20 : 2164 nolu istasyonun yöntemlere göre w karşılaştırması.

Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda DAR’ın diğer 12 yöntemin her biriyle elde edilen r oranı değerleri sırasıyla r_1 ’den r_{12} ’ye kadar Çizelge 5.28’de verilmiştir. Bu r değerlerine sırasıyla karşılık gelen 0 ve 1 arasında sınırlandırılan w ağırlık değerleri w_1 ’den w_{12} ’ye kadar Çizelge 5.29’da verilmiştir.

Çizelge 5.28 : Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda r değerleri.

		r											
		r₁	r₂	r₃	r₄	r₅	r₆	r₇	r₈	r₉	r₁₀	r₁₁	r₁₂
2102	2102-2122	0,269	1,359	0,174	3,250	0,145	1,222	0,152	2,974	0,142	0,000	0,082	0,014
	2102-2157	2,554	6,348	1,854	12,701	0,636	2,845	-	-	0,424	0,015	0,813	0,157
	2102-2158	1,758	12,410	1,011	44,374	0,648	7,429	-	-	5,268	0,000	0,448	0,053
	2102-2164	26,288	186,960	10,825	424,606	7,560	122,524	-	-	4,477	0,016	4,310	1,127
2122	2122-2102	0,389	2,103	0,305	5,564	0,341	-	0,273	-	0,304	0,418	0,121	-
	2122-2157	2,000	5,429	3,605	21,238	4,439	7,946	7,627	-	5,159	6,510	3,960	-
	2122-2158	4,469	44,183	3,465	47,233	2,372	-	-	-	0,015	59,703	0,978	-
	2122-2164	11,849	44,509	28,087	264,634	-	-	31,333	-	9,367	44,451	18,154	-
2157	2157-2102	1,856	2,042	1,055	1,283	1,349	1,755	-	-	0,860	0,834	1,144	1,140
	2157-2122	1,474	1,431	2,188	2,386	1,425	-	-	-	1,418	1,429	2,371	2,369
	2157-2158	1,106	1,064	1,667	1,844	1,140	1,091	-	-	0,248	0,260	0,006	1,558
	2157-2164	4,586	4,456	1,453	1,671	4,240	4,720	-	1,717	2,479	2,405	1,680	1,674
2158	2158-2102	3,903	3,128	1,880	2,835	3,840	2,885	-	-	2,595	3,165	0,514	0,695
	2158-2122	12,431	10,296	2,635	3,567	-	-	-	-	0,333	0,515	0,846	1,080
	2158-2157	0,980	1,086	1,965	2,736	1,265	1,216	-	-	1,171	1,216	1,516	1,906
	2158-2164	3,568	3,962	8,014	12,190	3,425	3,957	-	-	1,897	2,442	2,852	3,724
2164	2164-2102	1,183	23,419	1,109	21,539	1,192	-	-	-	0,849	8,886	2,180	23,344
	2164-2122	1,826	4,458	2,172	11,441	-	-	2,343	-	3,089	3,498	3,784	14,156
	2164-2157	0,418	1,388	0,350	1,155	0,226	1,196	0,326	-	0,172	0,785	0,552	2,544
	2164-2158	0,445	1,321	0,514	5,086	0,516	-	-	-	0,925	0,048	1,045	4,596

Çizelge 5.29 : Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda w değerleri.

		w (0<w<1)											
		w ₁	w ₂	w ₃	w ₄	w ₅	w ₆	w ₇	w ₈	w ₉	w ₁₀	w ₁₁	w ₁₂
2102	2102-2122	0,212	0,576	0,148	0,765	0,127	0,550	0,132	0,748	0,124	0,000	0,076	0,014
	2102-2157	0,719	0,864	0,650	0,927	0,389	0,740	-	-	0,298	0,014	0,448	0,136
	2102-2158	0,637	0,925	0,503	0,978	0,393	0,881	-	-	0,840	0,000	0,309	0,050
	2102-2164	0,963	0,995	0,915	0,998	0,883	0,992	-	-	0,817	0,016	0,812	0,530
2122	2122-2102	0,280	0,678	0,234	0,848	0,254	-	0,215	-	0,233	0,295	0,108	-
	2122-2157	0,667	0,844	0,783	0,955	0,816	0,888	0,884	-	0,838	0,867	0,798	-
	2122-2158	0,817	0,978	0,776	0,979	0,703	-	-	-	0,015	0,984	0,494	-
	2122-2164	0,922	0,978	0,966	0,996	-	-	0,969	-	0,904	0,978	0,948	-
2157	2157-2102	0,650	0,671	0,513	0,562	0,574	0,637	-	-	0,462	0,455	0,534	0,533
	2157-2122	0,596	0,589	0,686	0,705	0,588	-	-	-	0,586	0,588	0,703	0,703
	2157-2158	0,525	0,516	0,625	0,648	0,533	0,522	-	-	0,198	0,206	0,006	0,609
	2157-2164	0,821	0,817	0,592	0,626	0,809	0,825	-	0,632	0,713	0,706	0,627	0,626
2158	2158-2102	0,796	0,758	0,653	0,739	0,793	0,743	-	-	0,722	0,760	0,339	0,410
	2158-2122	0,926	0,911	0,725	0,781	-	-	-	-	0,250	0,340	0,458	0,519
	2158-2157	0,495	0,521	0,663	0,732	0,559	0,549	-	-	0,539	0,549	0,603	0,656
	2158-2164	0,781	0,798	0,889	0,924	0,774	0,798	-	-	0,655	0,709	0,740	0,788
2164	2164-2102	0,542	0,959	0,526	0,956	0,544	-	-	-	0,459	0,899	0,686	0,959
	2164-2122	0,646	0,817	0,685	0,920	-	-	0,701	-	0,755	0,778	0,791	0,934
	2164-2157	0,295	0,581	0,259	0,536	0,185	0,545	0,246	-	0,147	0,440	0,356	0,718
	2164-2158	0,308	0,569	0,340	0,836	0,340	-	-	-	0,480	0,046	0,511	0,821

Denklem (4.14) ile ifade edilen w ağırlık değerine göre, DAR tahmin performansı ile diğer yöntemlerin (SM veya SMS) tahmin performansları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir ve elde edilen genel sonuçlar aşağıda ifade edilmiştir.

2102 ve 2122 nolu istasyonların karşılıklı akım verileri kullanılarak yapılan akım tahmininde DAR yöntemi diğer yöntemlerden daha iyi performans gösterirken 2102 ve 2122 nolu istasyonların ayrı ayrı akım tahminlerinde 2164 nolu istasyonun akım verileri kullanıldığında diğer yöntemler DAR yöntemine göre daha iyi performans göstermiştir. 2157 ve 2158 nolu istasyonların ayrı ayrı akım tahminlerinde de 2164 nolu istasyonun akım verileri kullanıldığında diğer yöntemler DAR yöntemine göre daha iyi performans göstermiştir. 2164 nolu istasyonun akımları, 2157 nolu istasyonun akım verileri kullanılarak tahmin edildiğinde DAR yöntemi diğer yöntemlere göre daha iyi performans gösterirken, 2102 nolu istasyonun akım verileri kullanıldığında diğer yöntemler DAR yöntemine göre daha iyi performans göstermiştir.

0 ile 1 arasında değişen w değeri 0,5 değerinden küçük olduğunda DAR yönteminin performansı diğer yöntemlerden, 0,5 değerinden büyük olduğunda diğer yöntemlerin performansı DAR yönteminden daha iyi olduğu kabulü ile bir değerlendirmede bulunulmuştur. Buna göre hesaplanan 193 tane w ağırlık değerlerinden 142 tanesine göre SM ve SMS yöntemlerinin performansları DAR yönteminden, 51 tanesine göre ise DAR diğerlerine göre daha iyidir. Buna göre SM ve SMS yöntemlerinin performansı %74 oranla DAR yöntemine göre daha başarılı denebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada 2013 yılında Journal of Hydrology dergisinde yayınlanan Farmer ve Vogel'in "Ölçümü Olmayan Havzalarda Aylık Akımın Tahmini için Performans Ağırlıklı Yöntemler" isimli yayınında açıklanan yöntemleri baz alıp uygulayarak aylık akım tahmini yapılmıştır. Ülkemizdeki veri temini güçlüğü göz önüne alınarak yapılan aylık akım tahmininde mevcut verilerle uygulanabilir ve karmaşık olmayan yöntemler denenmiştir.

Çalışma alanı olarak seçilen Orta Fırat havzasında yer alan 2102, 2122, 2157, 2158 ve 2164 nolu 5 akım gözlem istasyonunun 1970-2000 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır. Uygulamada yağış alanı ile akımların standartlaştırılması, ortalama akım ile akımların standartlaştırılması, ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması olmak üzere üç akım transfer yöntemi kullanılmıştır. Akım transfer yöntemlerinde kullanılan akarsu akımı istatistiklerini tahmin etmek için sırasıyla her bir istasyonun ölçümü olmadığı varsayılarak diğer 4 istasyonun verileri kullanılarak yıllık ve aylık olarak bölgesel regresyon yapılmıştır. Bu bölgesel regresyonda yağış alanı (A), yağış alanı ve kot (A+K), $\ln A$ ve $\ln(A+K)$ değişkenleri kullanılmıştır.

Yağış alanı oranı (DAR) ve bölgesel regresyonun kullanıldığı yöntemlerle (SM ve SMS) toplam 260 adet aylık akım tahmini yapılmıştır. Ancak az sayıda istasyonla doğrusal regresyon analizi yapılmasından kaynaklanan tamamı SMS yöntemlerinde görülen 47 adet tahmin uygulanamamıştır.

Yöntemlerin tahmin performansı Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE), istatistiksel hata (BIAS) ve karekök hata kareler ortalaması (RMSE) performans ölçütlerine göre değerlendirildiğinde bölgesel regresyonu kullanan yöntemlerin başarısı dikkat çekicidir. Uygulanan tüm yöntemler arasından ortalama akım ile akımların standartlaştırıldığı yağış alanı ile birlikte kotun kullanıldığı aylık SM12R(A+K) yönteminin tahmin performansı daha iyi bulunmuştur. SM12R(A+K) yöntemiyle ayrı ayrı 5 istasyon için yapılan tahminlerin hemen hepsinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bölgesel regresyonda yağış alanı ve kot (A+K)

parametrelerini kullanan yöntemler, 2102 nolu istasyonun SMS1L(A+K) ve SMS12L(A+K) yöntemleriyle akım tahmini dışında yağış alanı (A) parametresini kullanan yöntemlere göre üstün performans sergilemişlerdir.

NSE, BIAS, RMSE tahmin performans ölçütleri ve harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda w değerlerine göre DAR yöntemi, 2102 nolu istasyon ile 2122 nolu istasyonun karşılıklı birbirlerinin verileri kullanılarak elde edilen aylık akımlarının tahminlerinde SM ve SMS yöntemlerine göre daha iyi sonuç vermiştir. Burada etken sebebin birbirlerinin verileriyle tahmin edilen istasyonların yağış alanlarının birbirlerine daha yakın olduğu söylenebilir.

Harmanlanmış performans ağırlıklı yaklaşımda 0 ile 1 arasında değişen w değeri 0,5 değerinden küçük olduğunda DAR yönteminin performansı diğer yöntemlerden, 0,5 değerinden büyük olduğunda diğer yöntemlerin performansı DAR yönteminden daha iyi olduğu kabulü ile bir değerlendirmede bulunulmuştur. Buna göre hesaplanan 193 tane w ağırlık değerlerinden 142 tanesine göre SM ve SMS yöntemlerinin performansları DAR yönteminden, 51 tanesine göre ise DAR diğerlerine göre daha iyidir. Buna göre SM ve SMS yöntemlerinin performansı %74 oranla DAR yöntemine göre daha başarılı denebilir.

Sonuç olarak akım tahminlerinde, bazen çok kaba bir tahmin yaklaşımı olduğu düşünülen yağış alanı oranı (DAR) yöntemi yerine SM ve SMS yöntemlerinin farklı varyasyonları ile birlikte başarılı ile uygulanabileceği önerilmektedir. Ayrıca referans yayında önerilen harmanlanmış performans ağırlıklı yöntemle akım tahminleri yapılarak bu yöntemin diğer yöntemlerle bir karşılaştırması yapılabilir. Bu yöntemlerin kullanılması ile ölçüm olmayan yerlerde akım verilerinin daha güvenilir tahminlerinin elde edilmesi su kaynaklarımızın planlanması ve işletilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

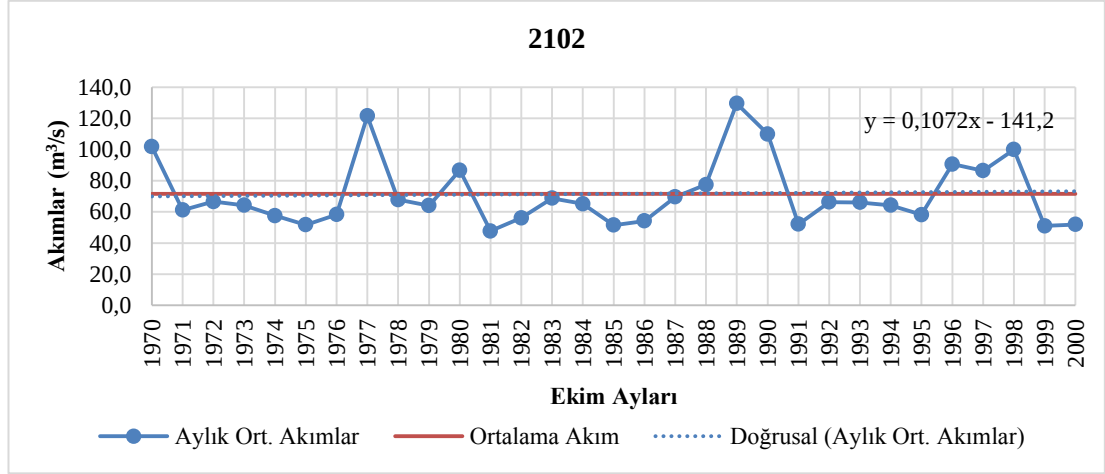
- [1] **Sivapalan, M.** (2003). Prediction in ungauged basins: a grand challenge for theoretical hydrology. *Hydrol. Process.* 17, 3163–3170.
- [2] **Thompson, R. M., Hipel, K. W. & McLeod, A. I.** (1985). Forecasting quartermonthly riverflow. *Water Resources Bull.* 21, 731–741.
- [3] **Thompson, R. M., Hipel, K. W. & McLeod, A. I.** (1985). Simulation of monthly hydrological time series. In *Stochastic Hydrology*. Ed. A .I. McLeod, Dordrecht: Reidel.
- [4] **Farmer W.H., Vogel R.M.** (2013). Performance-weighted methods for estimating monthly streamflow at ungauged sites. *Journal of Hydrology*, 477, 240-250.
- [5] **Golob R., Stokelj T. and Grgic D.** (1998). Neural Network- Based Inflow Forecasting, *Control Engineering Practice*, 6, 593-600.
- [6] **Dawson C.W. and Wilby R.L.** (2001). Hydrological Modelling Using Artificial Neural Networks, *Progress in Physical Geography*, 25, 80-108.
- [7] **Deka, P., Chandramouli, V.** (2005). Fuzzy Neural Network Model for Hydrologic Flow Routing. *Journal of Hydrologic Engineering*. 10(4), 302-314.
- [8] **Longobardi, A., Villani, P.** (2006). Seasonal response function for daily streamflow investigation. *Physics and Chemistry of the Earth. Parts A/B/C.* 31(18), 1107-1117.
- [9] **Keskin M.E. ve Taylan E. D.** (2007). Orta Akdeniz Havzasındaki Akımların Stokastik Modellemesi, *İMO Teknik Dergi*, 4271-4291.
- [10] **Yurdusev, M. A., Acı, M., Turan, M. E. ve İçağa, Y.** (2008). "Akarçay Nehri Aylık Akımlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini". *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 4.1, 2008, 73-88.
- [11] **H. Tuna, F. Malkoç, D. Öztürk ve Y. Malkoç.** (2009). “Çoruh Havzasında Eksik Akım Verilerinin YSA Yöntemi ile Tamamlanması ve Hidrolojik Kuraklık Eğilimlerinin Belirlenmesi”, 6. Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 265-280.
- [12] **Okkan U. ve Mollamahmutoğlu A.** (2010). Yiğitler Çayı Günlük Akımlarının Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Analizi ile Modellenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23,33-48.
- [13] **Terzi, Ö., Köse, M.** (2012). Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Göksu Nehri'nin Akım Tahmini. *SDU International Technologic Science*, Vol. 4, No 3, December 2012, pp. 1-7.
- [14] **EİEİ.** (2000). Akım Gözlem Yıllığı. Ankara.

- [15] **Emerson, D.G., Dressler, V.M.** (2002). Historic and unregulated monthly stream flow for selected sites in the Red River of the North Basin in North Dakota, Minnesota, and South Dakota, 1931-99. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report, 02-4095, 271.
- [16] **Yanık, B., Avcı, İ.** (2005). Bölgesel Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi, İTÜ Dergisi /d Mühendislik, Cilt:4, Sayı:5, 19-30.
- [17] **Stedinger, J.R., Vogel, R.M., Foufoula-Georgiou, E.** (1993). Frequency analysis of extreme events. In: Maidment, D.R. (Ed.), The Handbook of Hydrology. McGraw- Hill, New York, pp. 18.1–18.66.
- [18] **Hirsch, R.M.** (1979). An evaluation of some record reconstruction techniques. Water Resour. Res. 15 (6), 1781–1790.
- [19] **Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe** (1970). River flow forecasting through conceptual models: Part I. A discussion of principles. Journal of Hydrology, 10 (3), 282–290.
- [20] **Sevat, E. and Dezetter A.** (1991). Selection of Calibration Objective Functions in the Context of Rainfall-Runoff Modeling in a Sudanese Savannah Area. Hydrological Sci. J. 36(4): 307-330.
- [21] **Gupta, H., Sorooshian V., S. and Yapo P. O.** (1999). Status Of Automatic Calibration For Hydrologic Models: Comparison with Multilevel Expert Calibration. J. Hydrologic Eng. 4(2), 135-143.
- [22] **Chu, T.W., and Shirmohammadi A.** (2004), Evaluation of the SWAT Model's Hydrology Component in the Piedmont Physiographic Region of Maryland. Trans. ASAE, 47(4): 1057-1073.
- [23] **Vazquez-Amabile, G.G. and Engel B.A.** (2005), Use of SWAT to Compute Groundwater Table Depth and Streamflow, in the Muscatatuck River Watershed. Trans. ASAE 48(3): 991-1003.

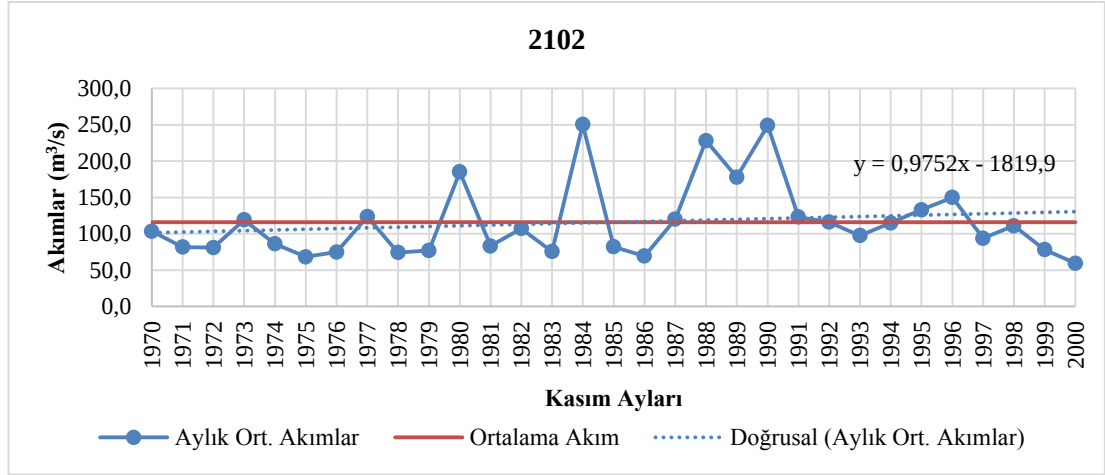
EKLER

EK A: İstasyonların her bir ay için debi-zaman eğrileri.

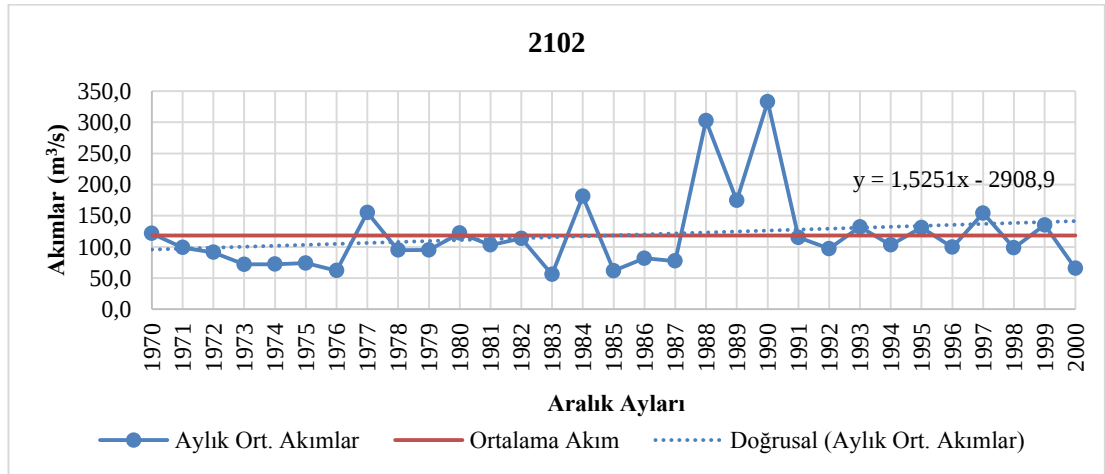
EK A



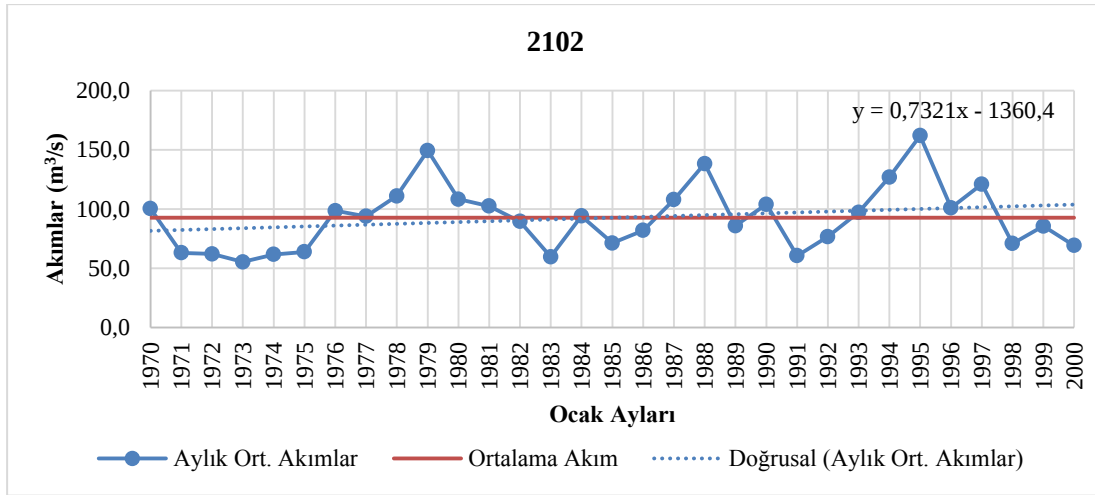
Şekil A.1 : 2102 nolu istasyon Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.



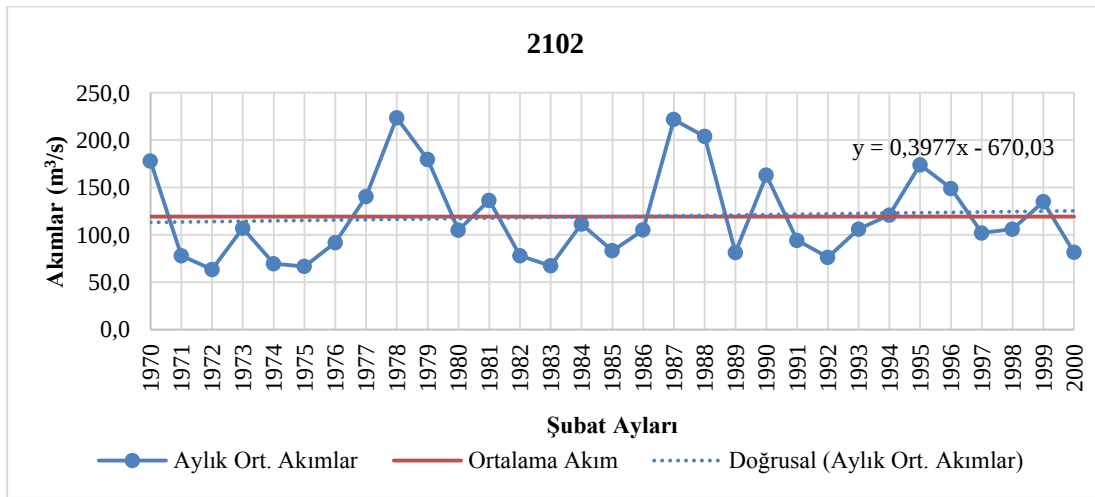
Şekil A.2 : 2102 nolu istasyon Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi.



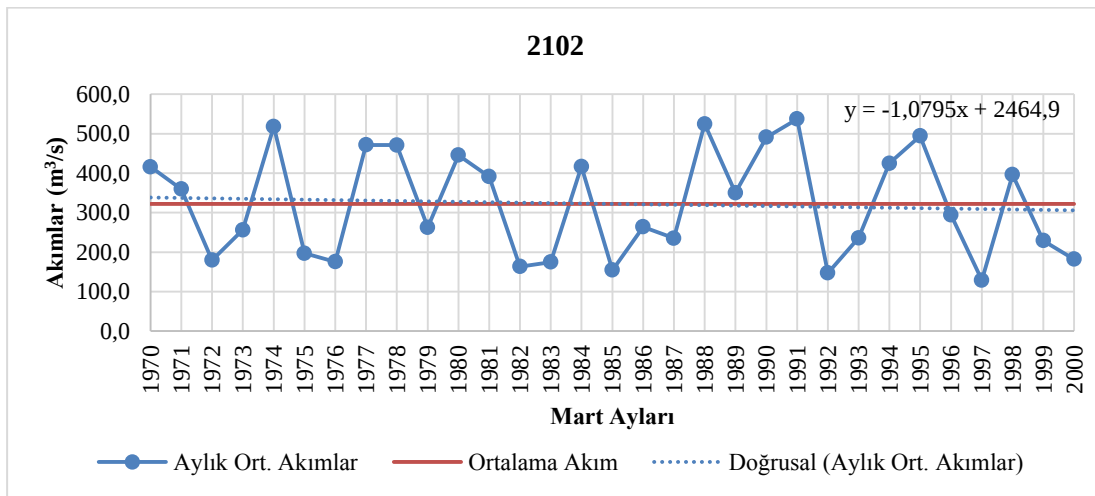
Şekil A.3 : 2102 nolu istasyon Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi.



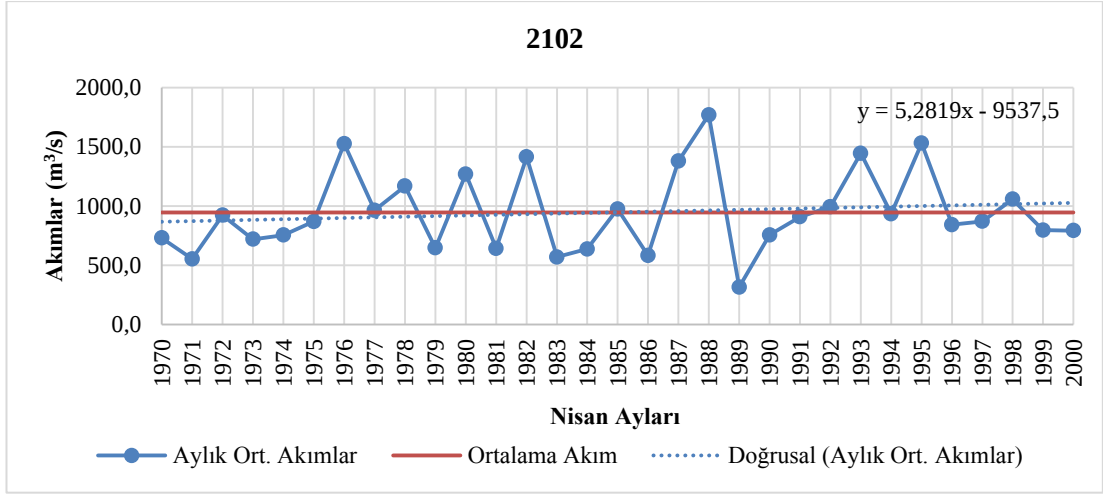
Şekil A.4 : 2102 nolu istasyon Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi.



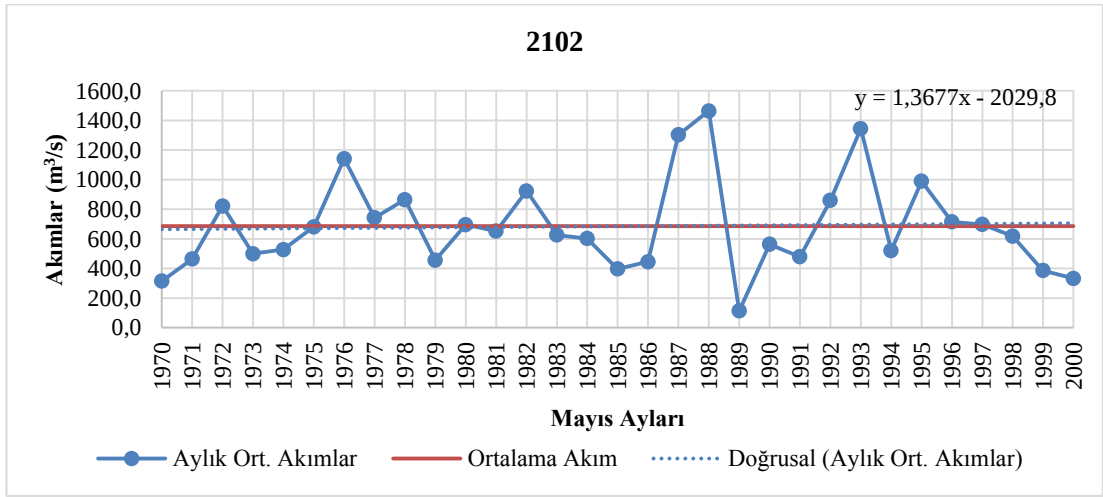
Şekil A.5 : 2102 nolu istasyon Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi.



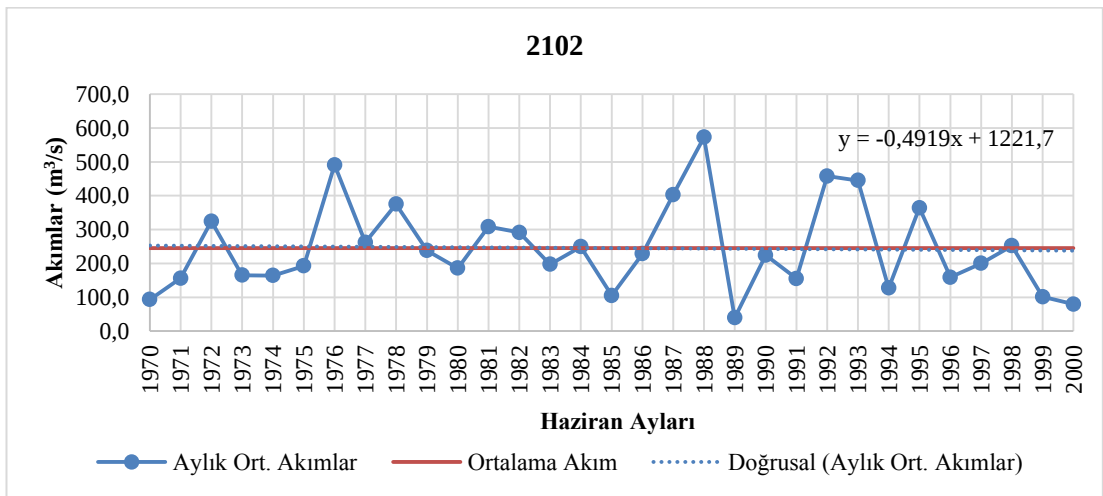
Şekil A.6 : 2102 nolu istasyon Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.



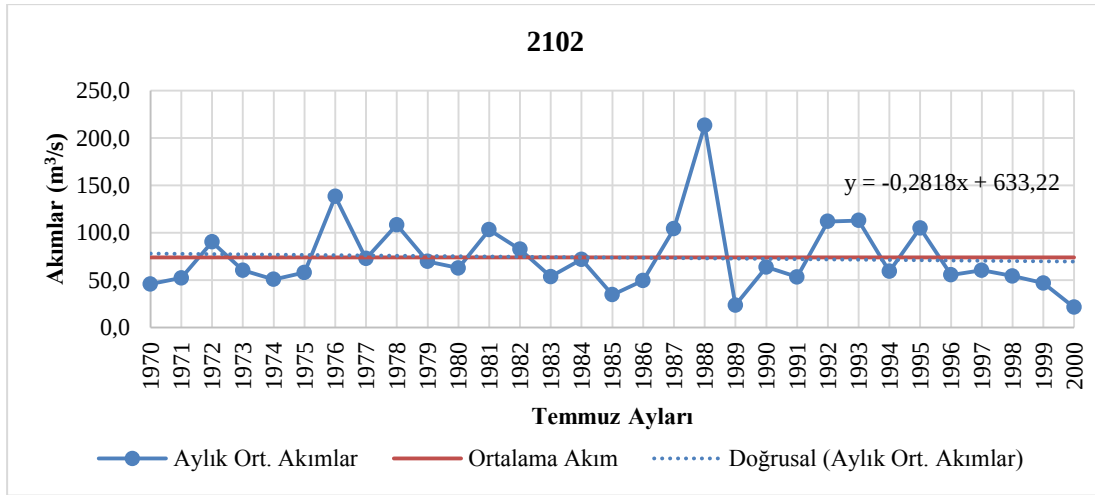
Şekil A.7 : 2102 nolu istasyon Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi.



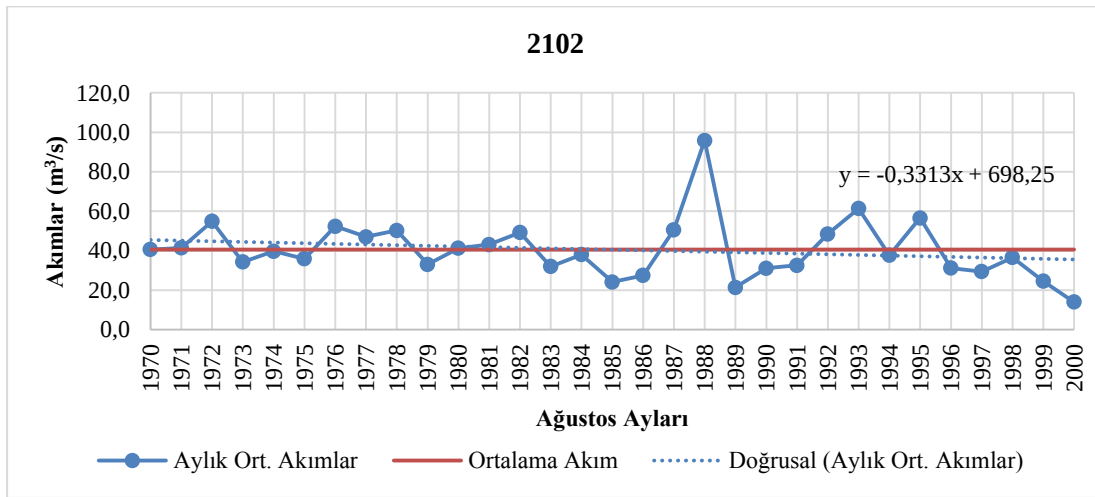
Şekil A.8 : 2102 nolu istasyon Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.



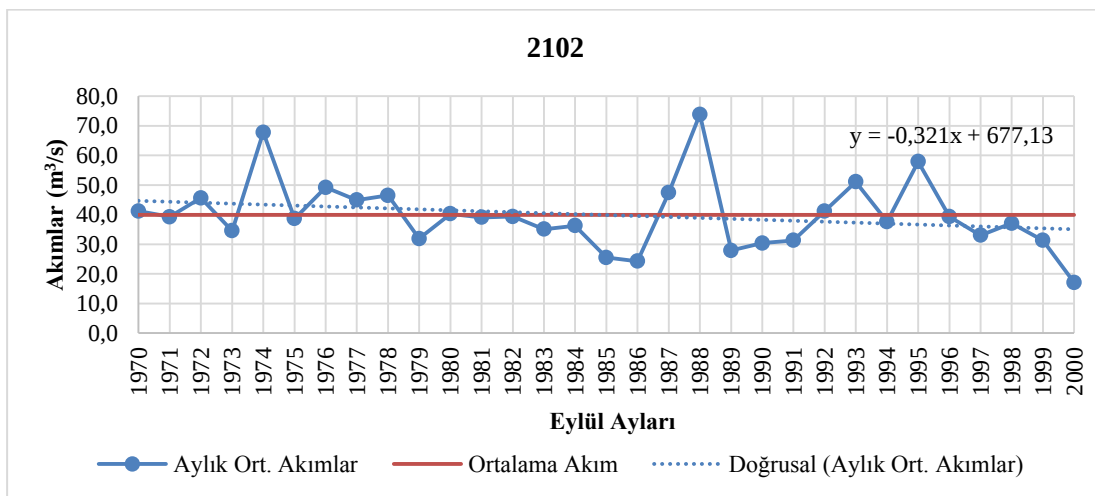
Şekil A.9 : 2102 nolu istasyon Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.



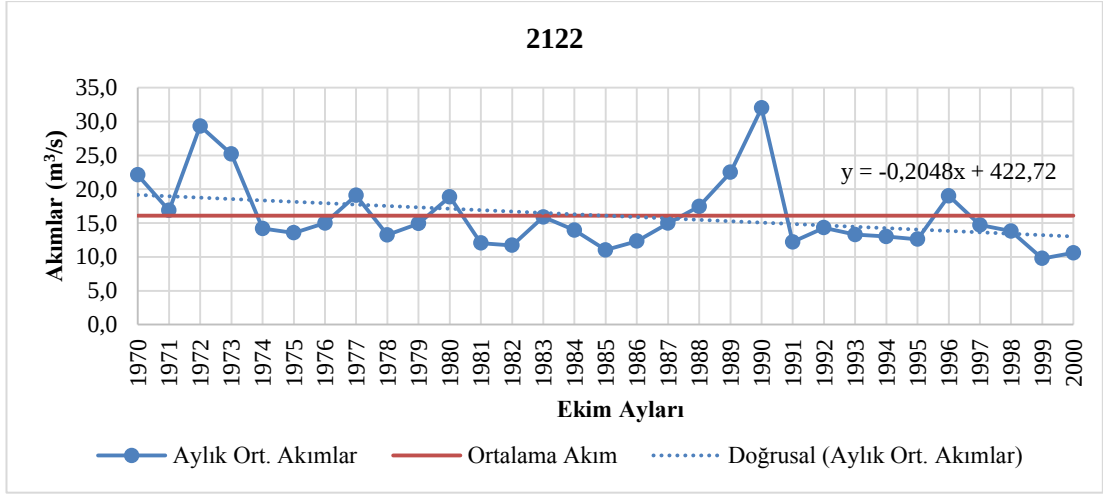
Şekil A.10 : 2102 nolu istasyon Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi.



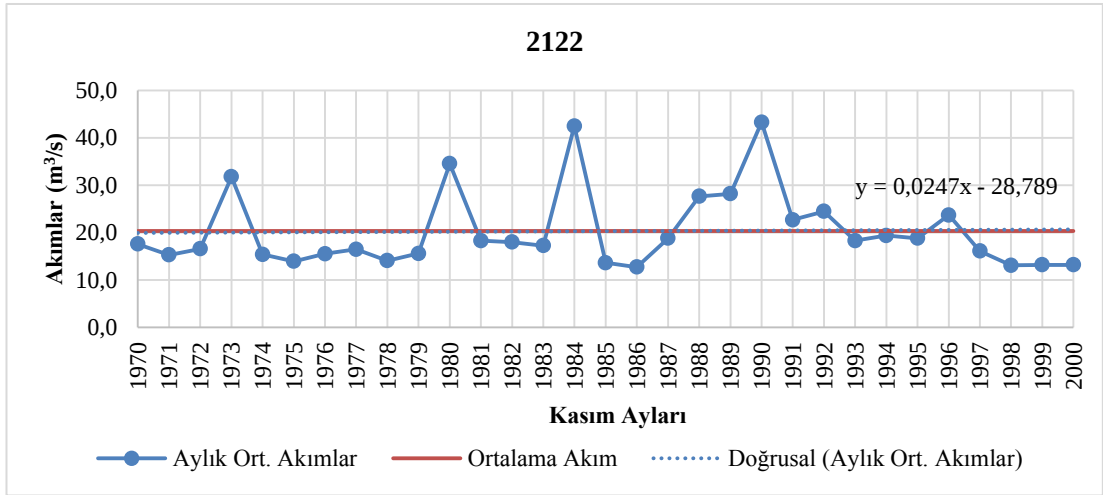
Şekil A.11 : 2102 nolu istasyon Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi.



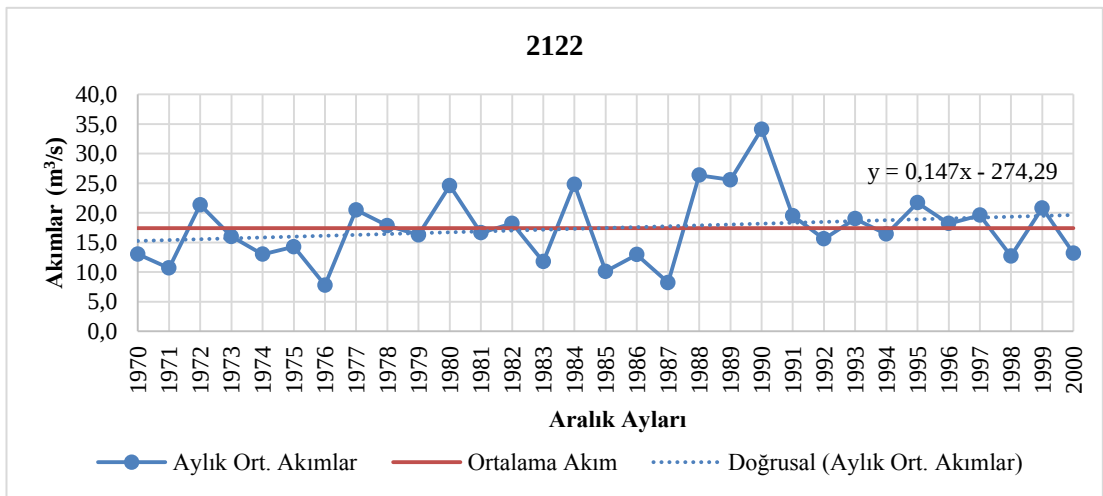
Şekil A.12 : 2102 nolu istasyon Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.



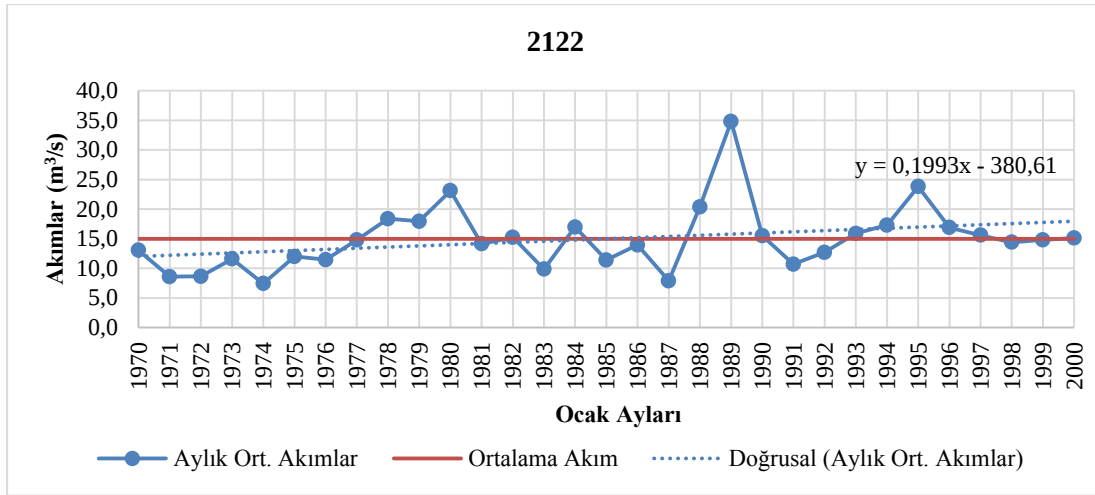
Şekil A.13 : 2122 nolu istasyon Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.



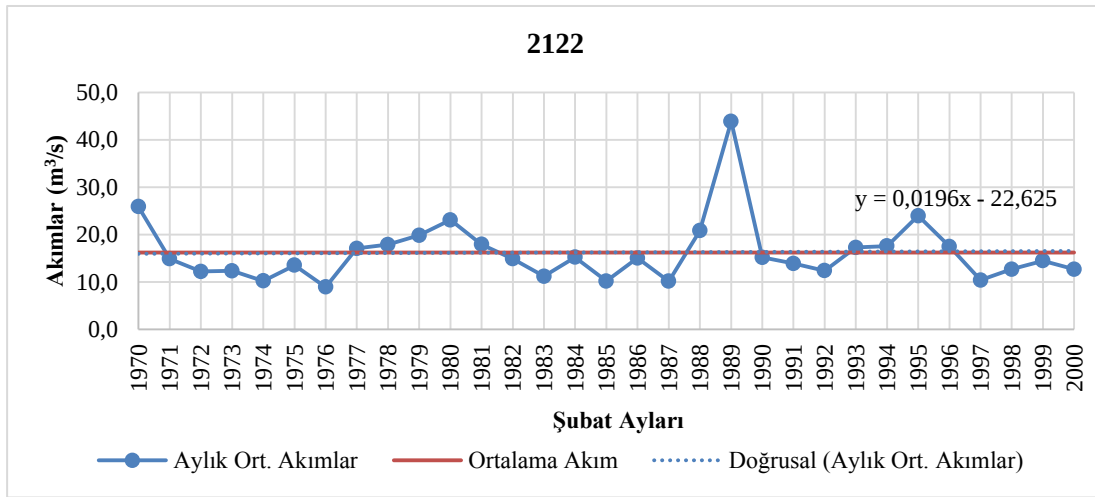
Şekil A.14 : 2122 nolu istasyon Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi.



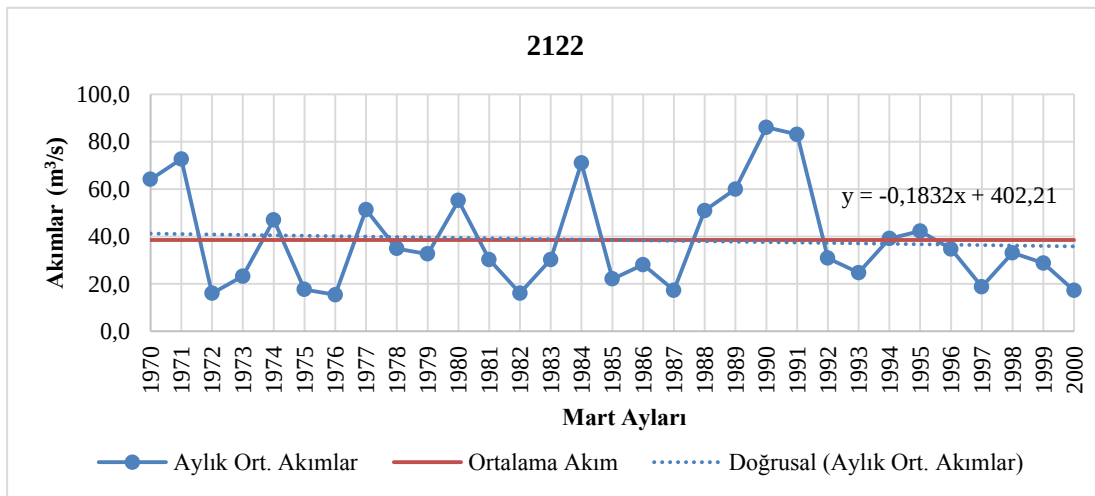
Şekil A.15 : 2122 nolu istasyon Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi.



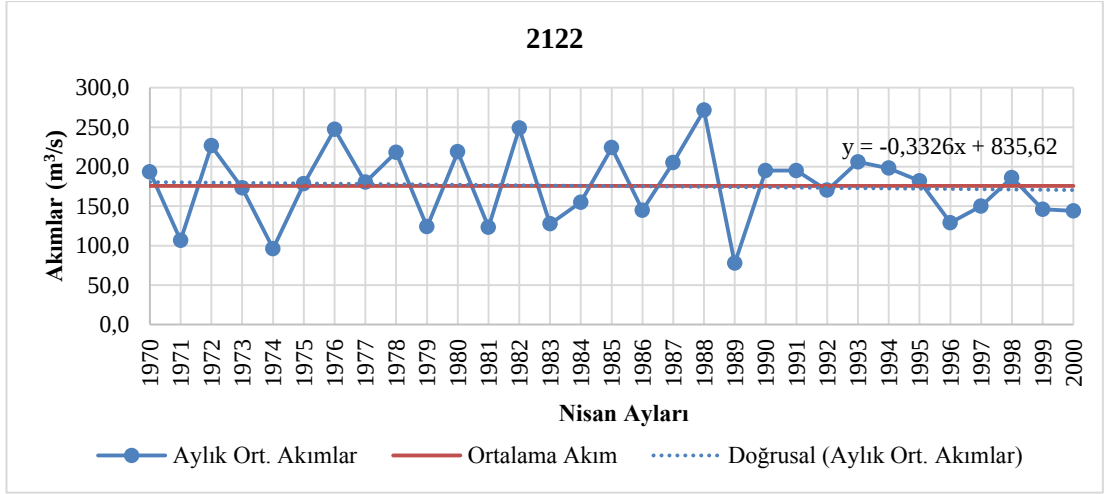
Şekil A.16 : 2122 nolu istasyon Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi.



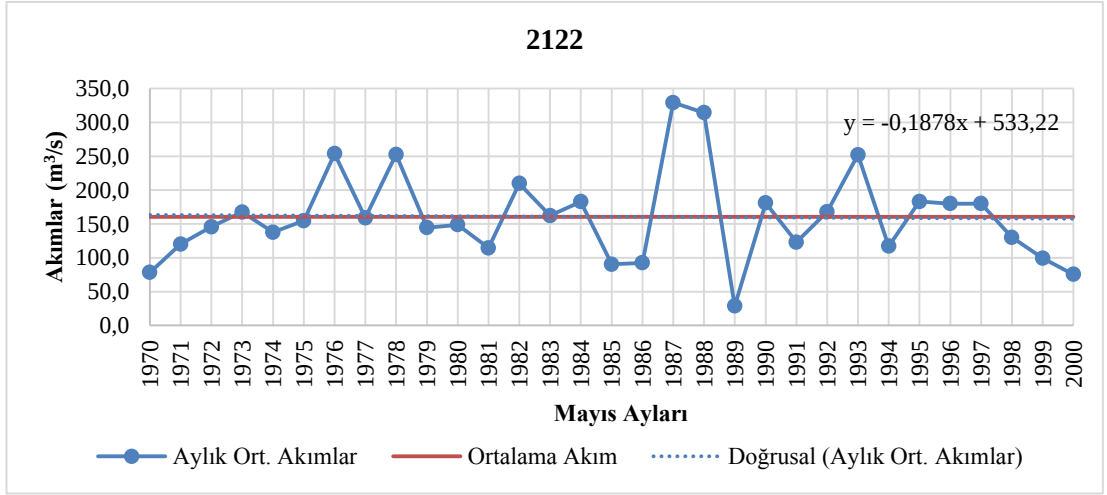
Şekil A.17 : 2122 nolu istasyon Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi.



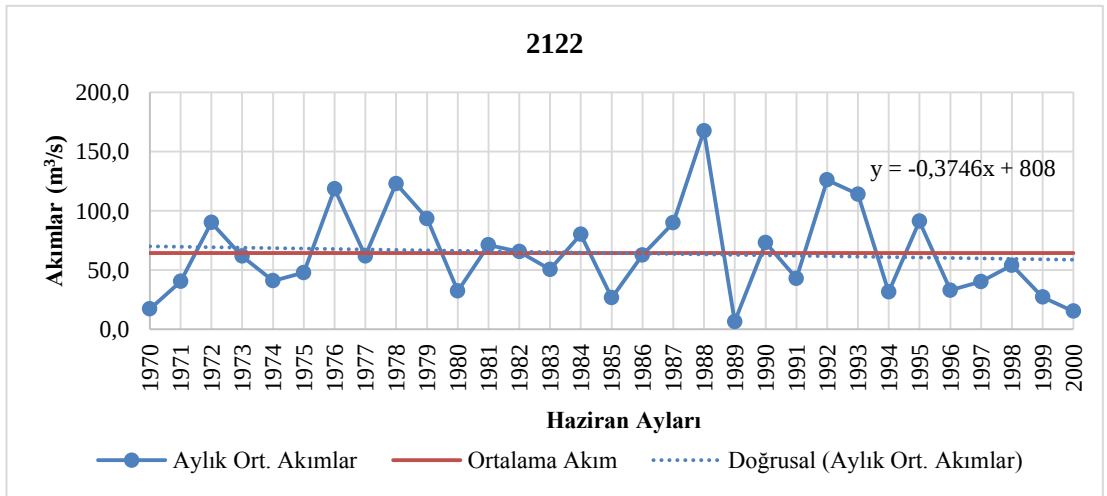
Şekil A.18 : 2122 nolu istasyon Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.



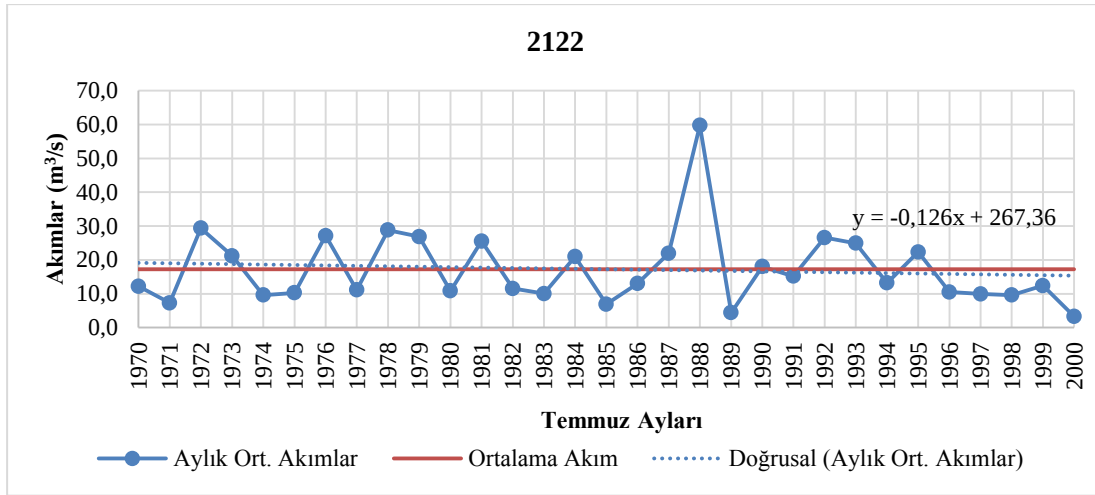
Şekil A.19 : 2122 nolu istasyon Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi.



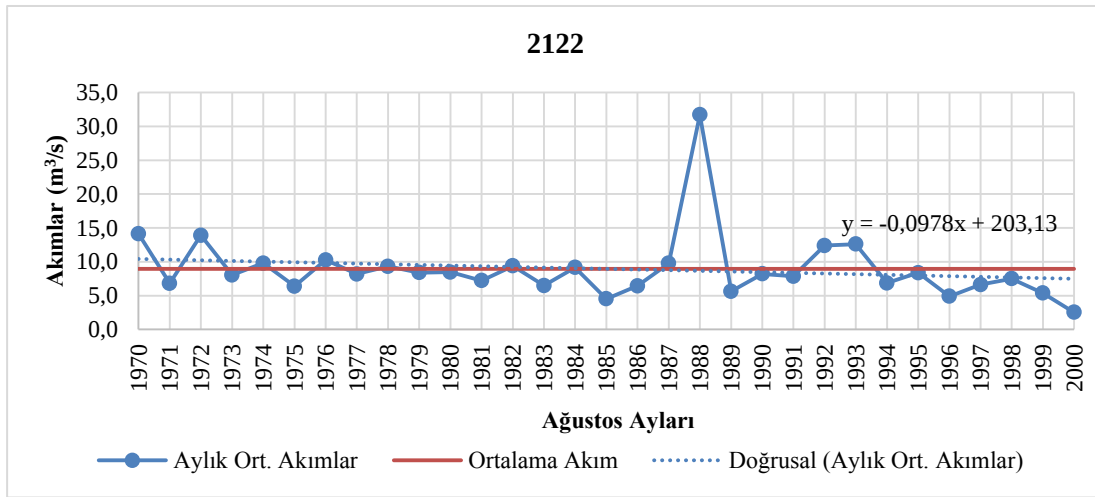
Şekil A.20 : 2122 nolu istasyon Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.



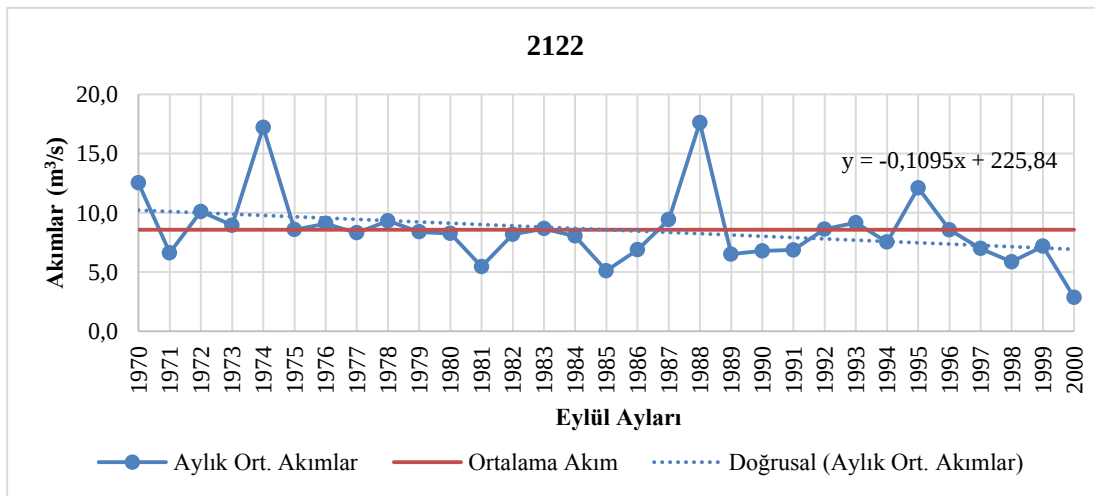
Şekil A.21 : 2122 nolu istasyon Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.



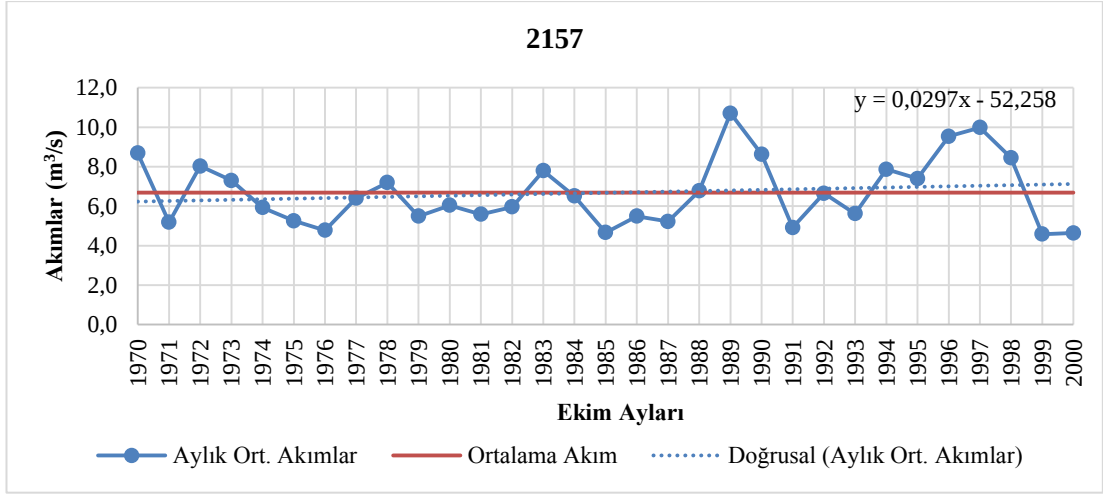
Şekil A.22 : 2122 nolu istasyon Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi.



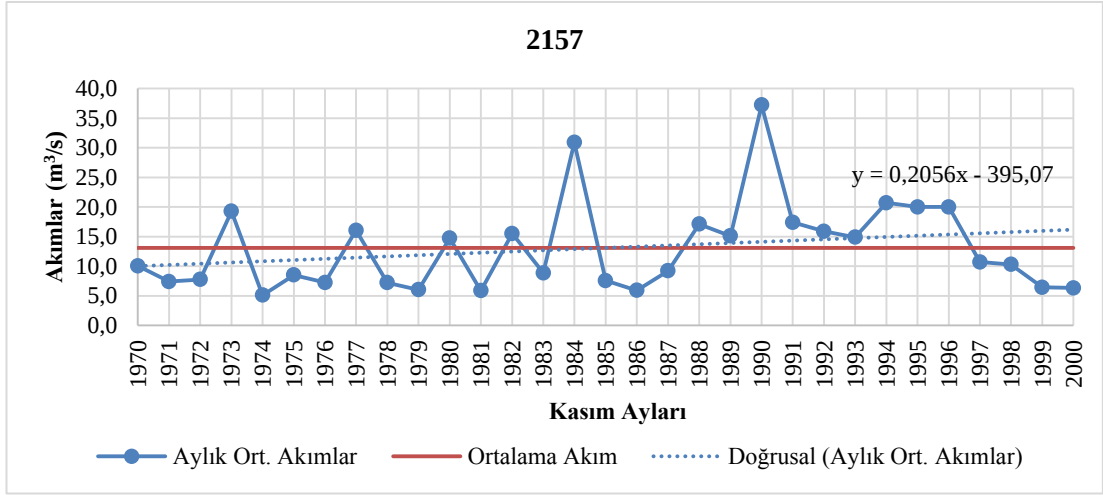
Şekil A.23 : 2122 nolu istasyon Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi.



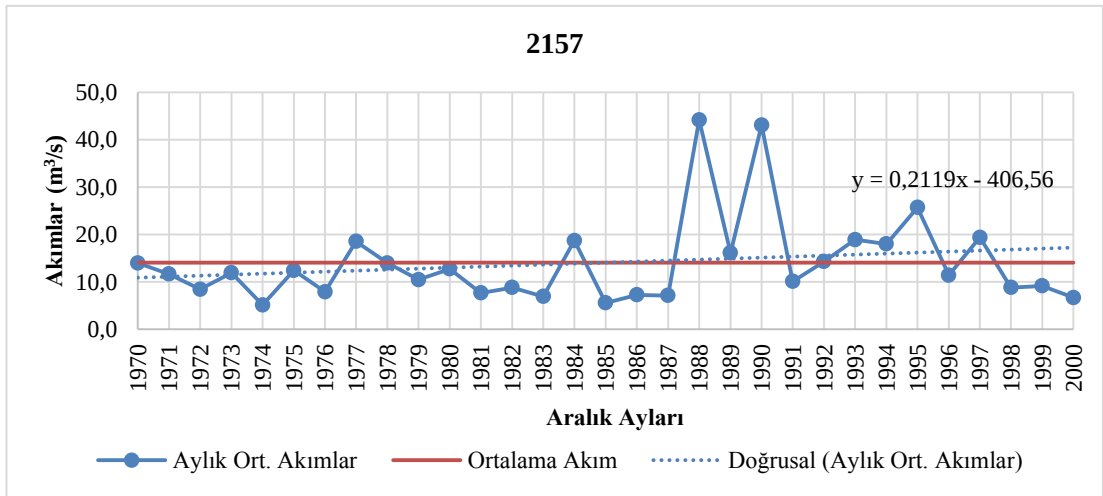
Şekil A.24 : 2122 nolu istasyon Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.



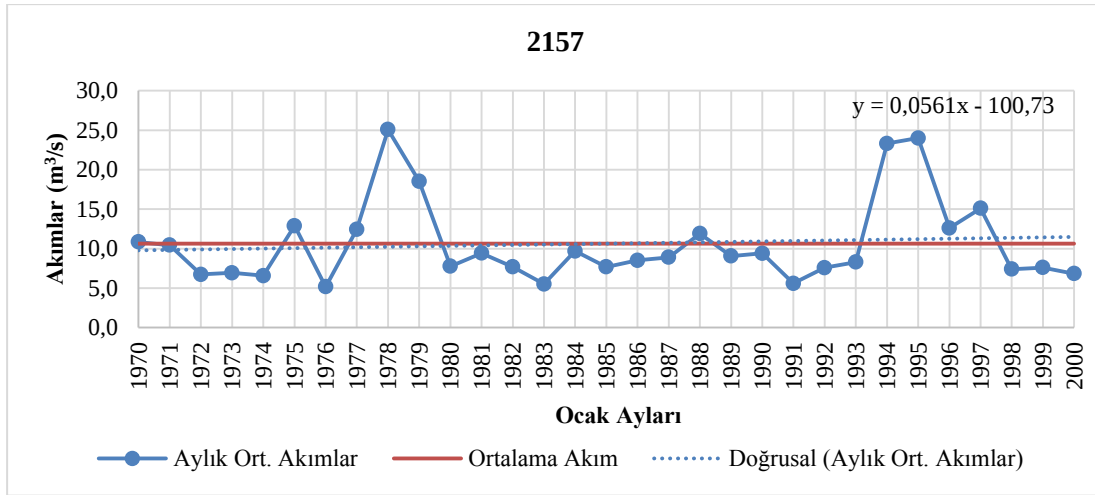
Şekil A.25 : 2157 nolu istasyon Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.



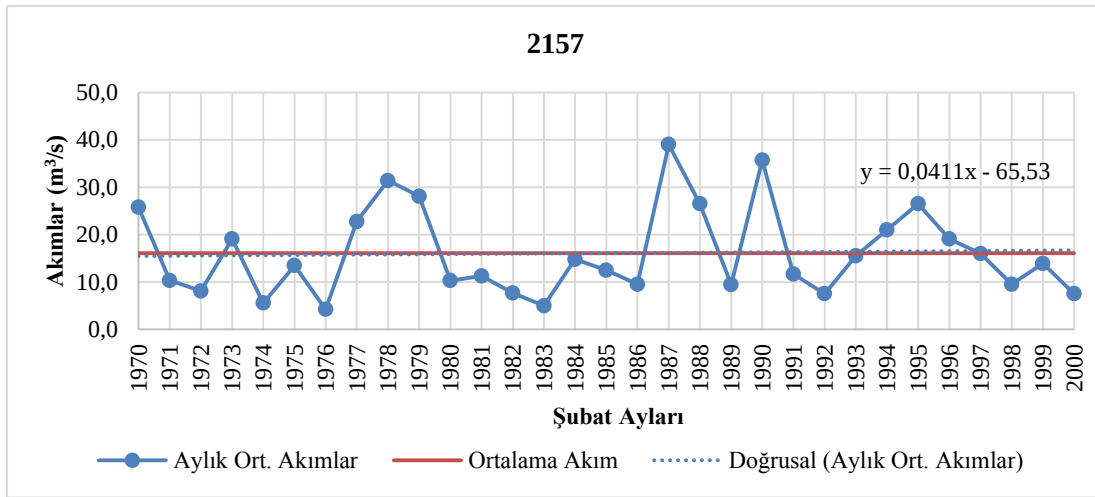
Şekil A.26 : 2157 nolu istasyon Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi.



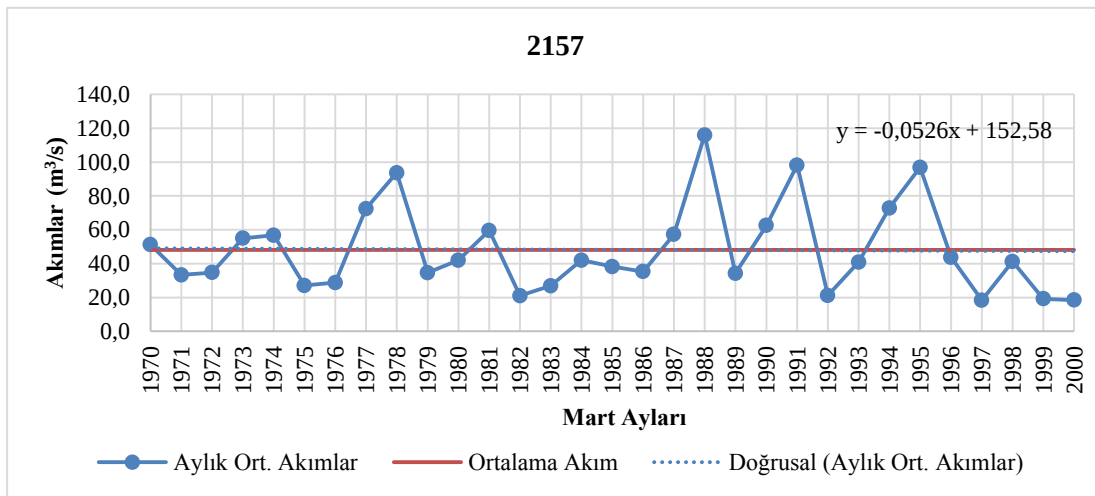
Şekil A.27 : 2157 nolu istasyon Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi.



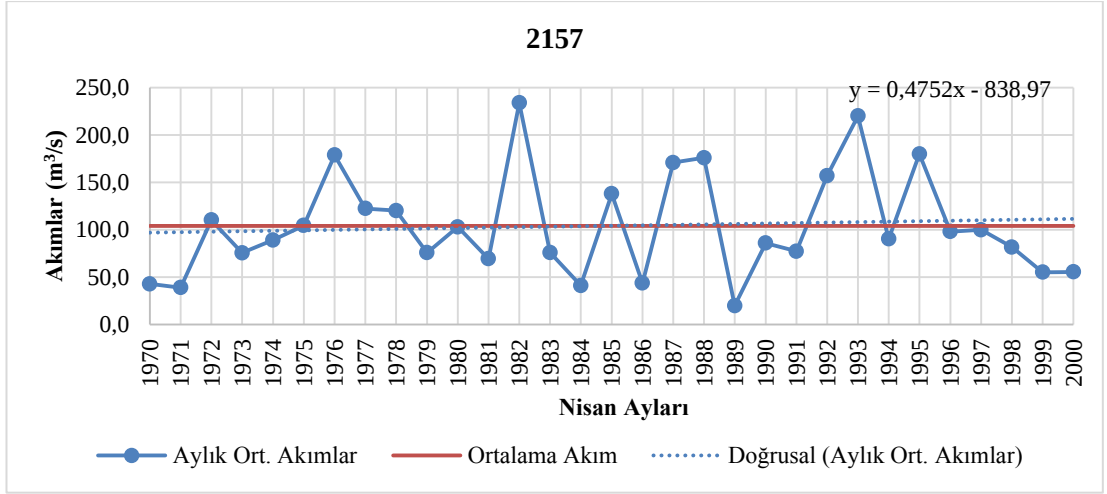
Şekil A.28 : 2157 nolu istasyon Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi.



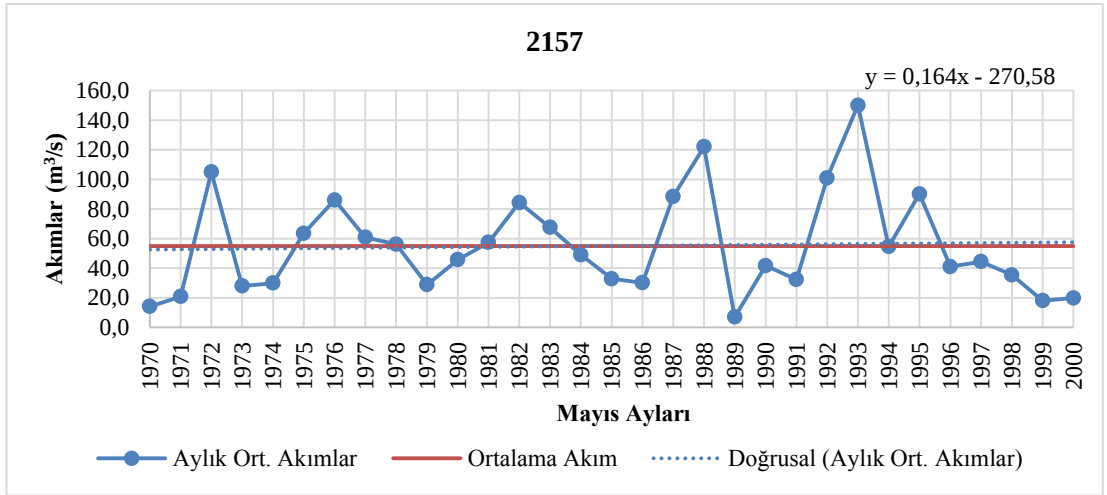
Şekil A.29 : 2157 nolu istasyon Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi.



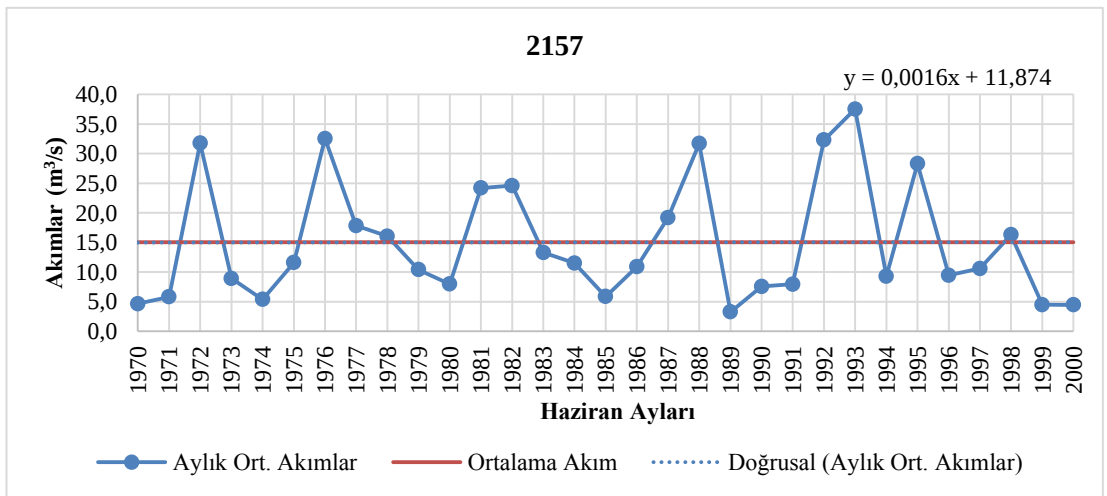
Şekil A.30 : 2157 nolu istasyon Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.



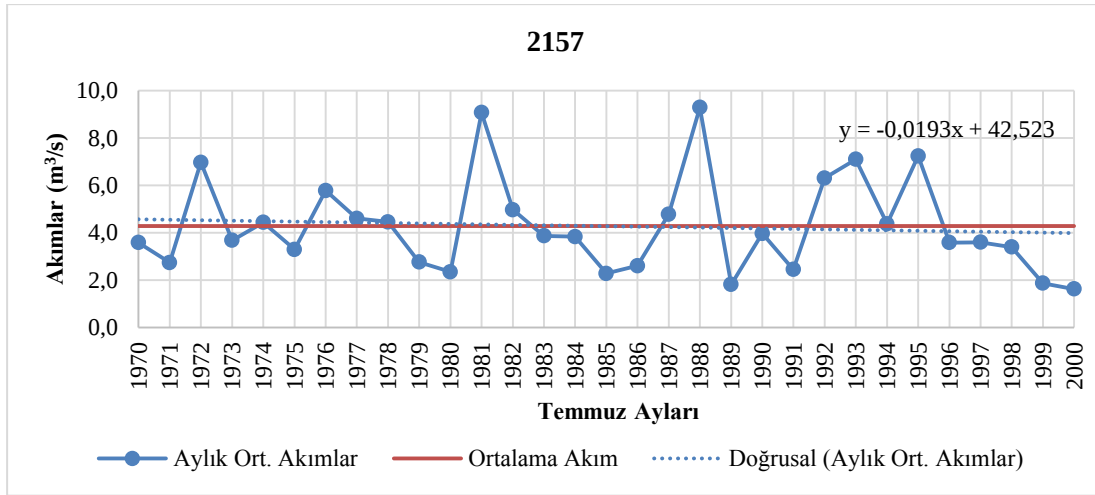
Şekil A.31 : 2157 nolu istasyon Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi.



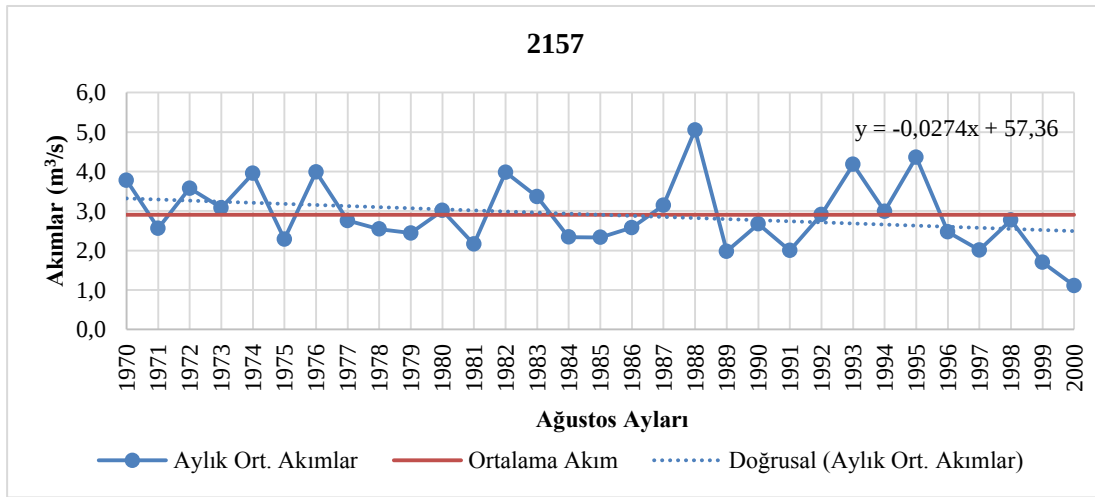
Şekil A.32 : 2157 nolu istasyon Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.



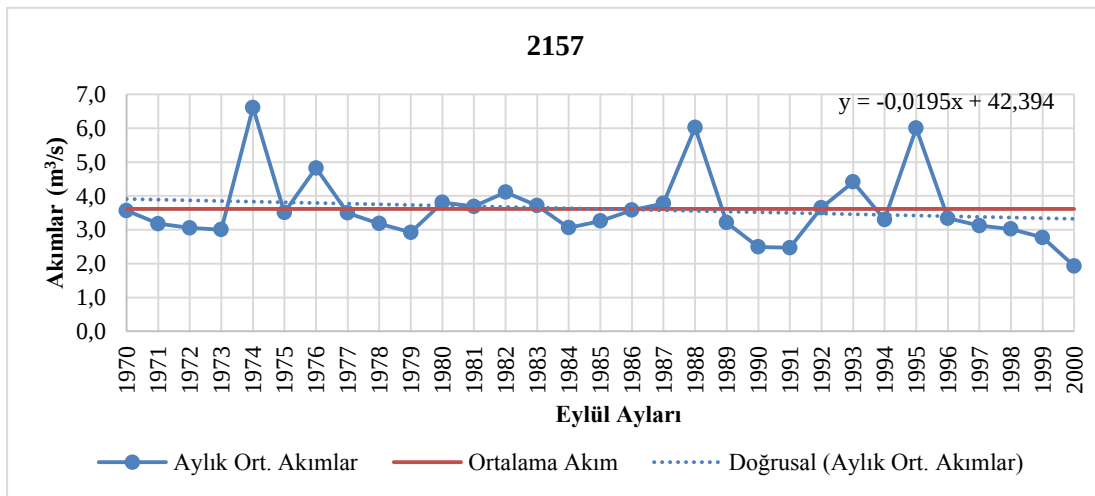
Şekil A.33 : 2157 nolu istasyon Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.



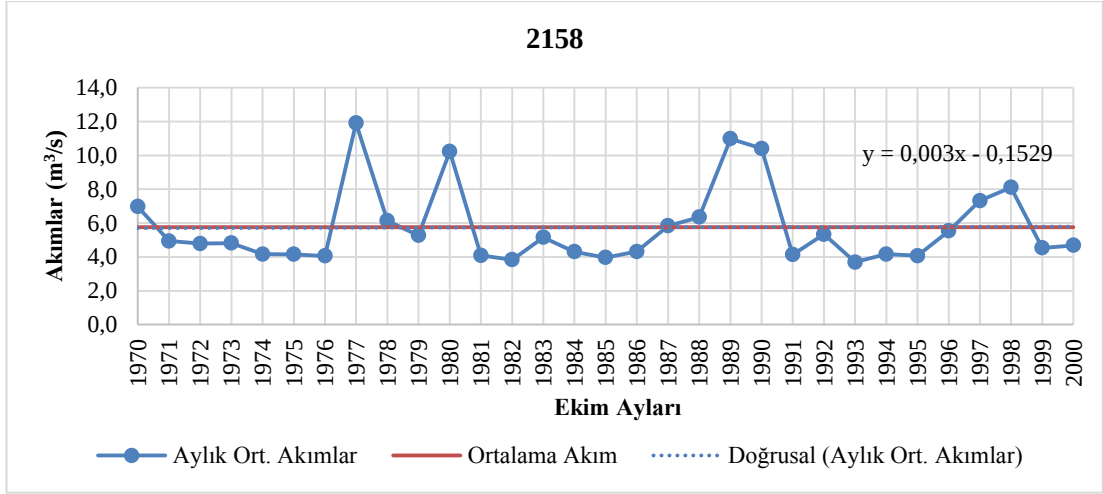
Şekil A.34 : 2157 nolu istasyon Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi.



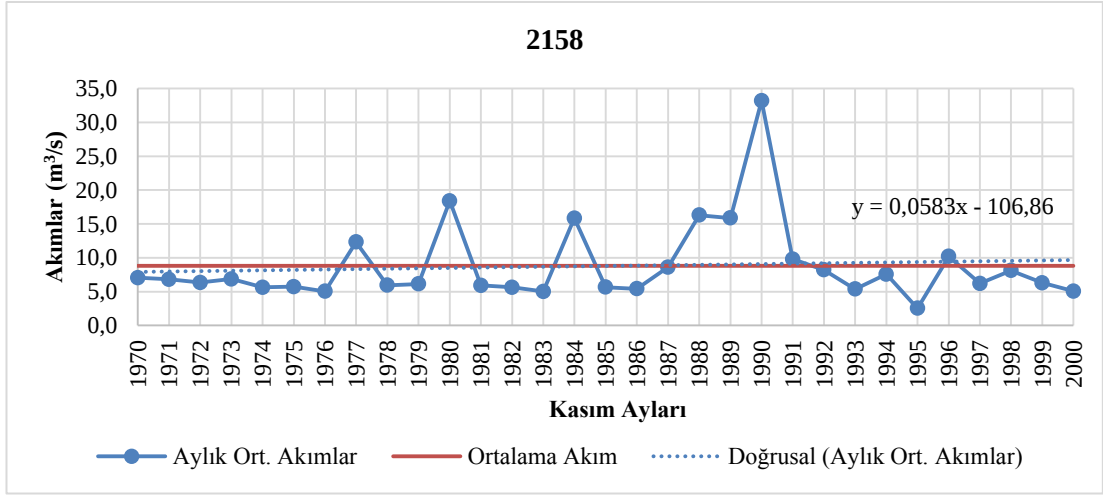
Şekil A.35 : 2157 nolu istasyon Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi.



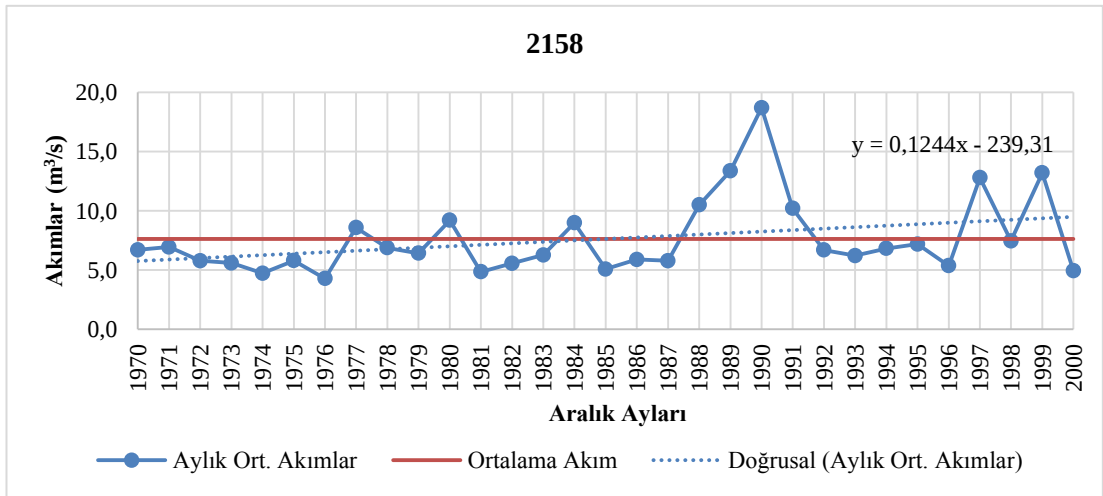
Şekil A.36 : 2157 nolu istasyon Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.



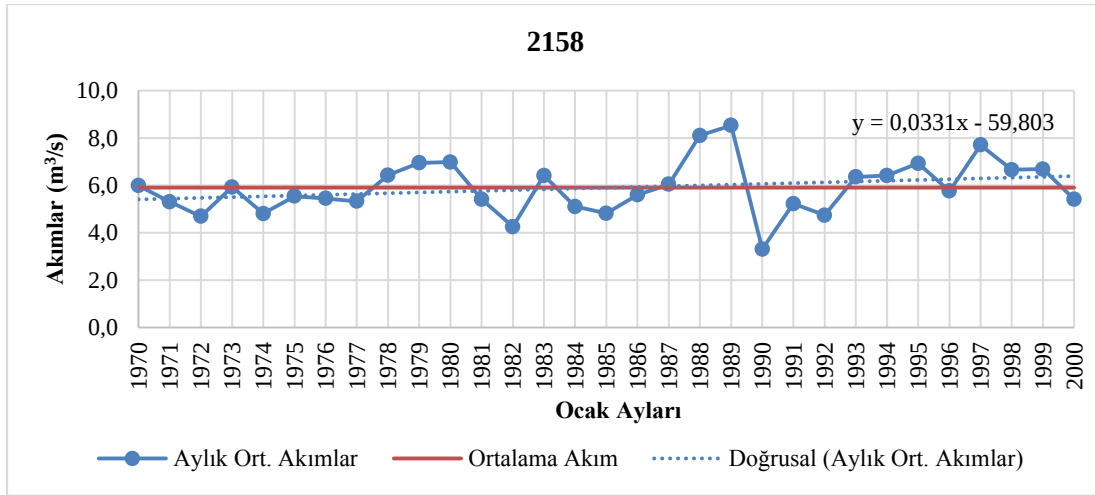
Şekil A.37 : 2158 nolu istasyon Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.



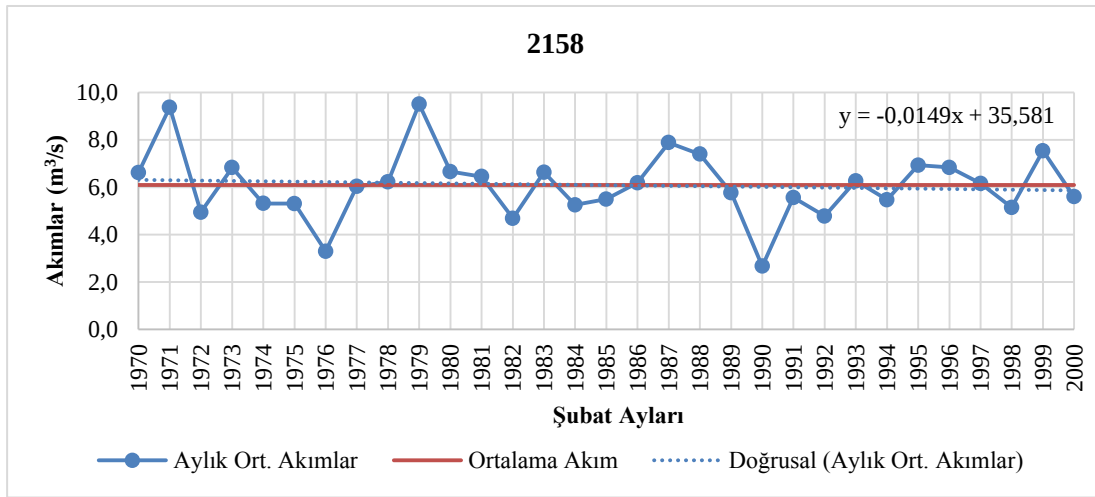
Şekil A.38 : 2158 nolu istasyon Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi.



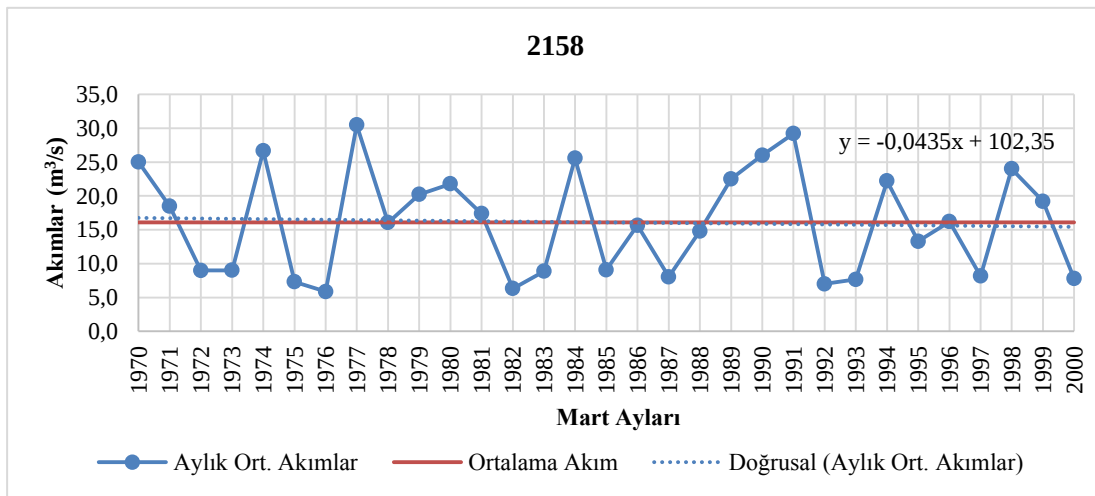
Şekil A.39 : 2158 nolu istasyon Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi.



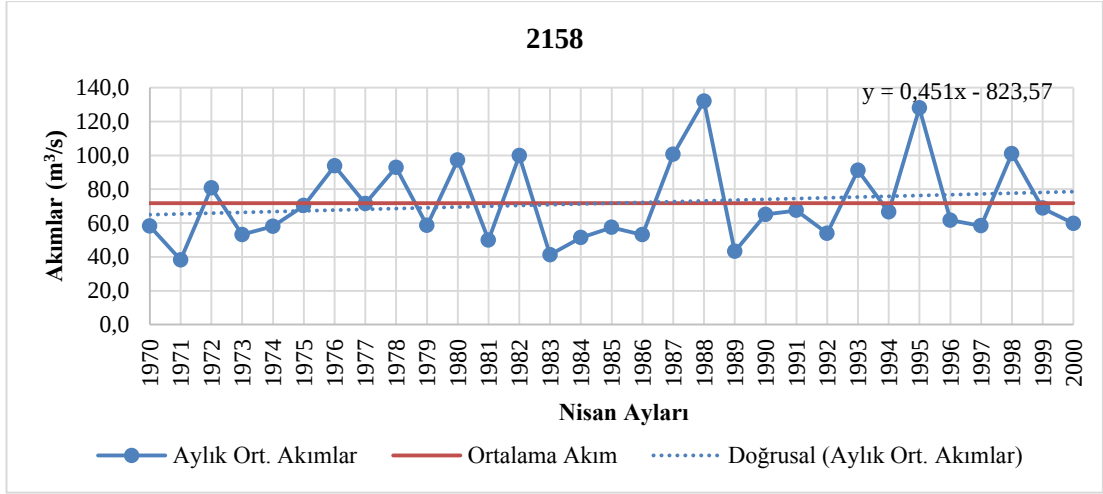
Şekil A.40 : 2158 nolu istasyon Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi.



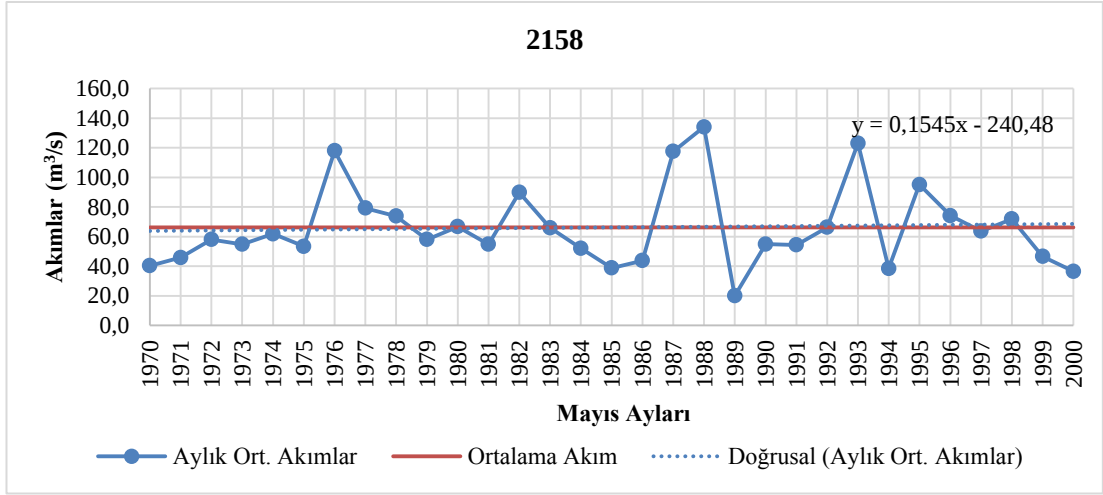
Şekil A.41 : 2158 nolu istasyon Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi.



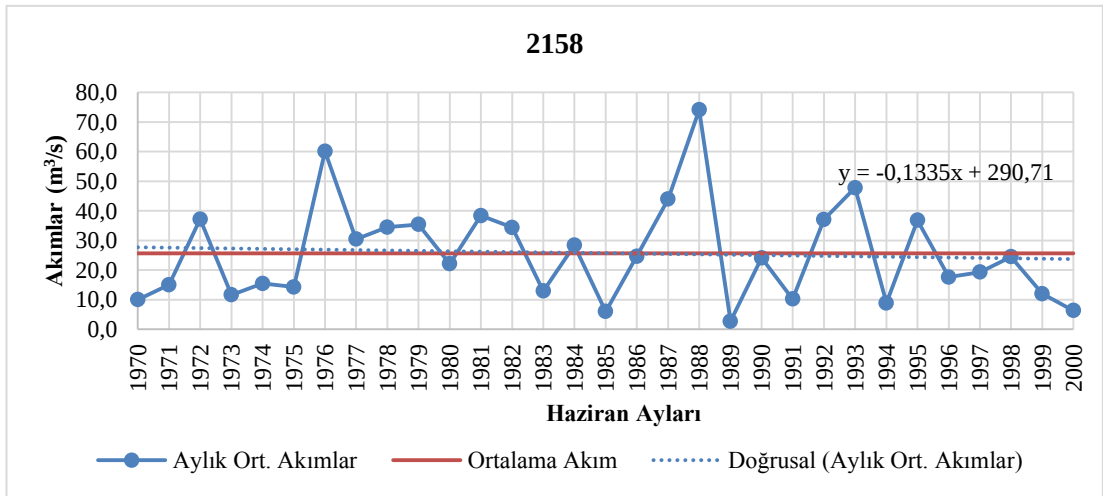
Şekil A.42 : 2158 nolu istasyon Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.



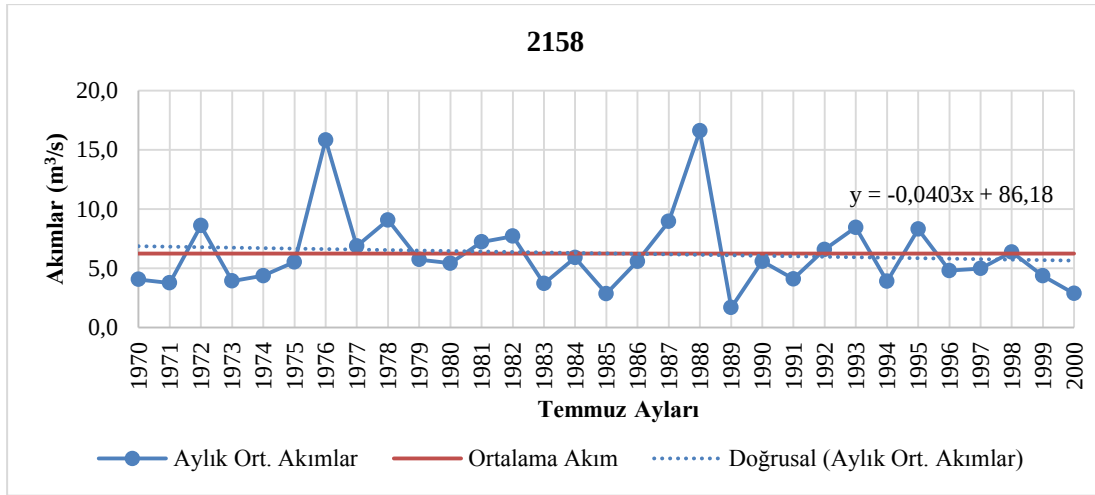
Şekil A.43 : 2158 nolu istasyon Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi.



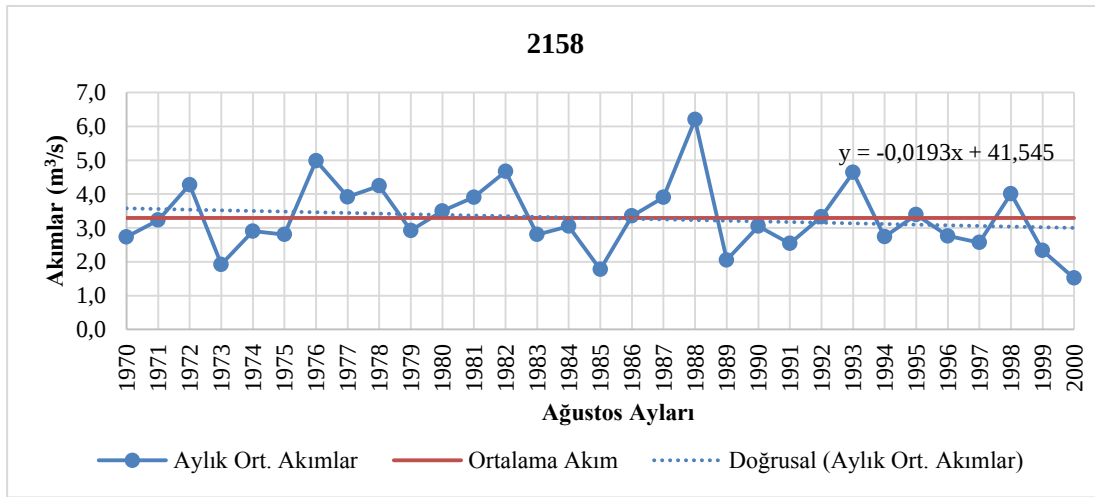
Şekil A.44 : 2158 nolu istasyon Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.



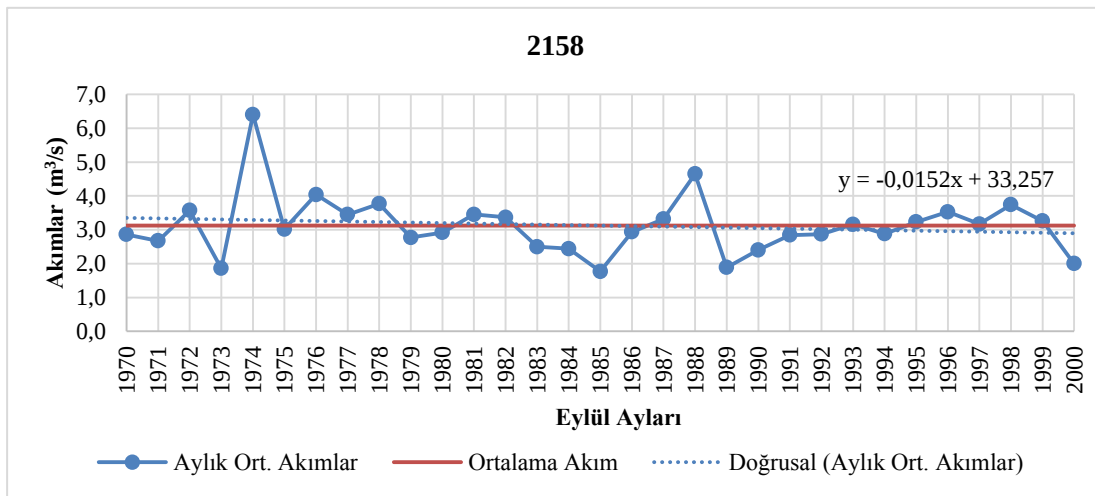
Şekil A.45 : 2158 nolu istasyon Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.



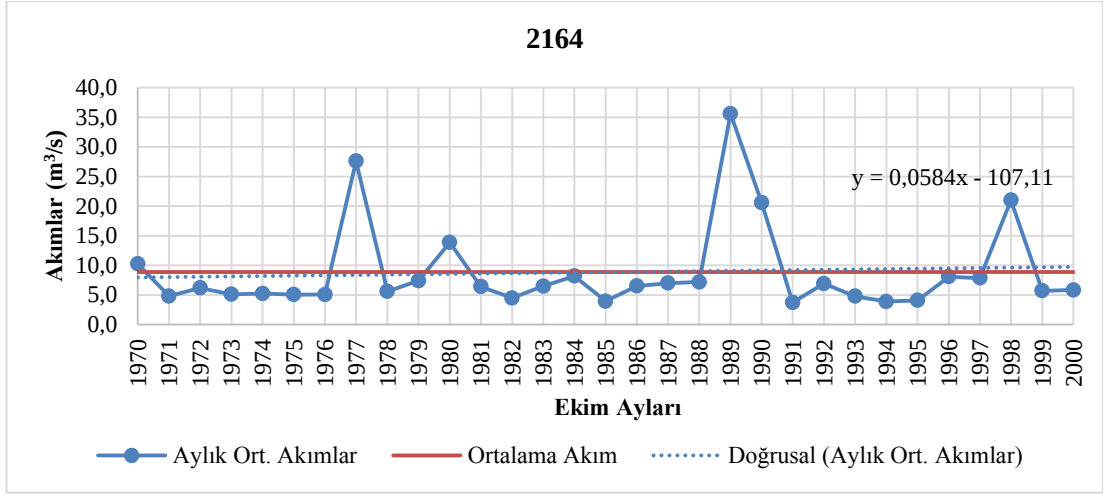
Şekil A.46 : 2158 nolu istasyon Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi.



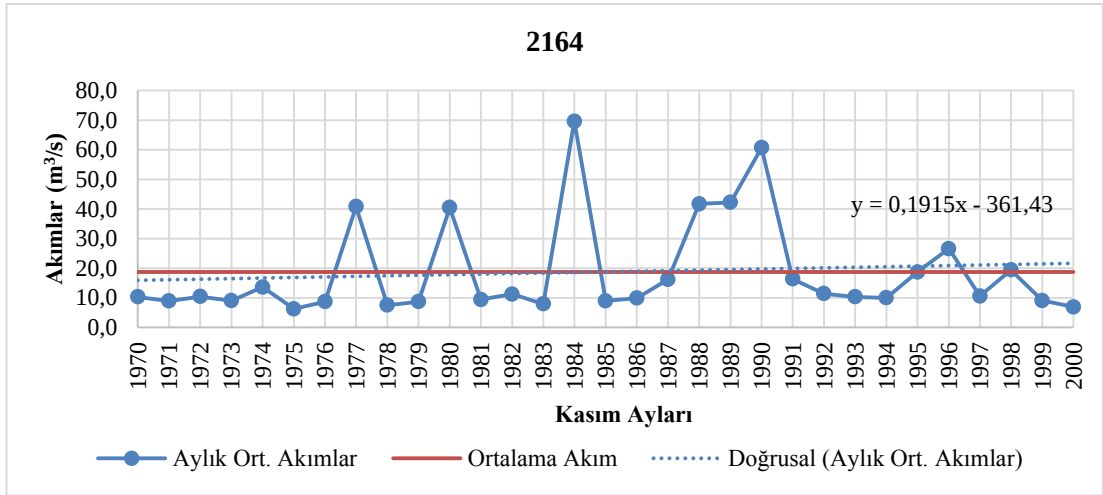
Şekil A.47 : 2158 nolu istasyon Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi.



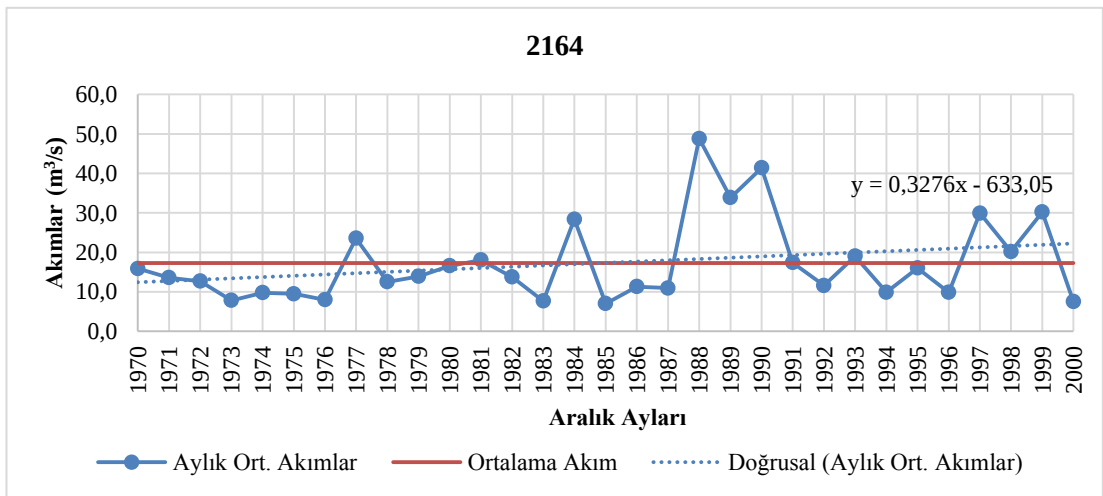
Şekil A.48 : 2158 nolu istasyon Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.



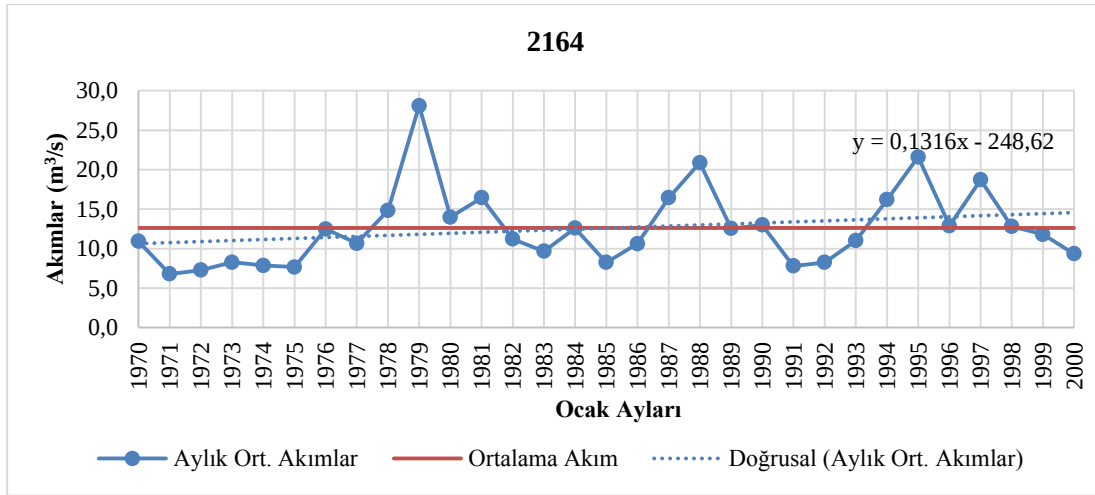
Şekil A.49 : 2164 nolu istasyon Ekim aylarına ait debi-zaman eğrisi.



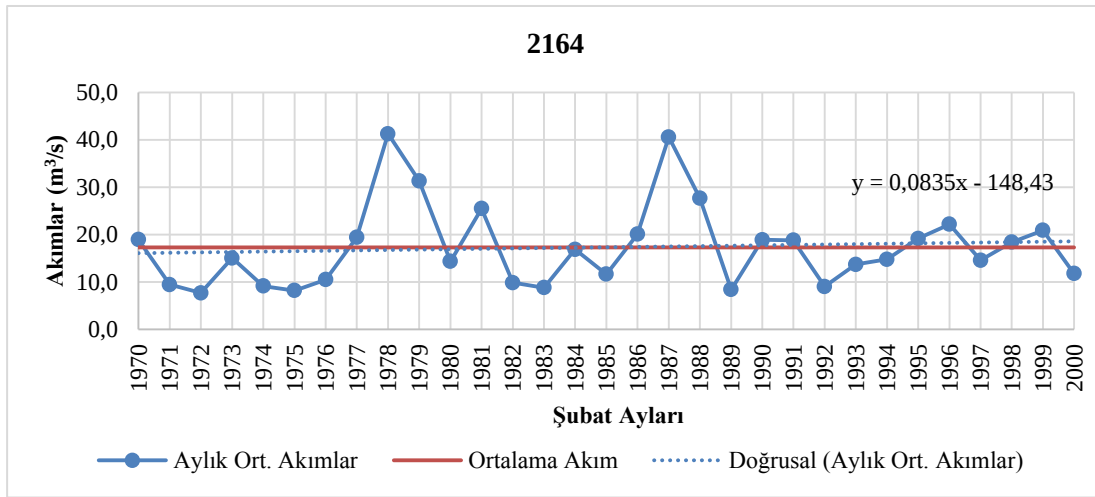
Şekil A.50 : 2164 nolu istasyon Kasım aylarına ait debi-zaman eğrisi.



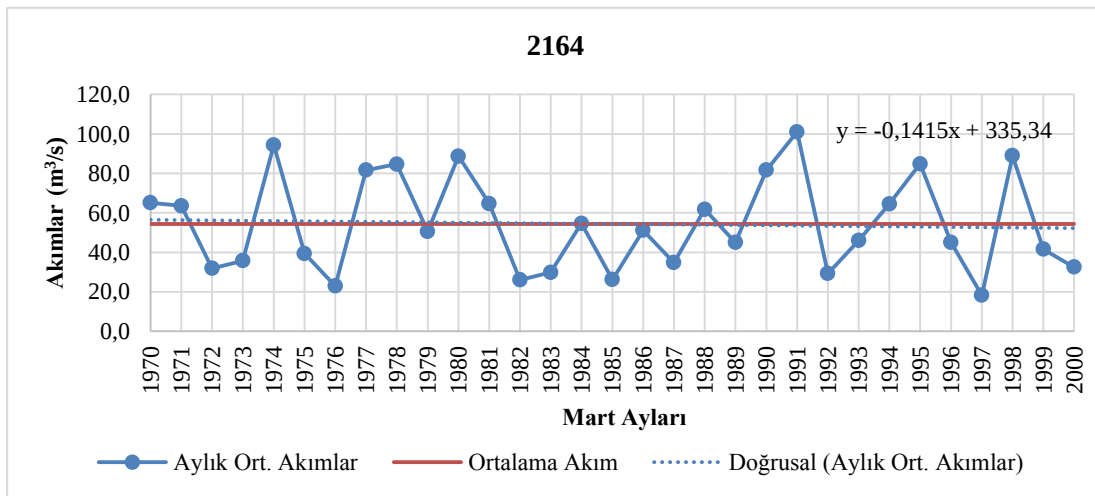
Şekil A.51 : 2164 nolu istasyon Aralık aylarına ait debi-zaman eğrisi.



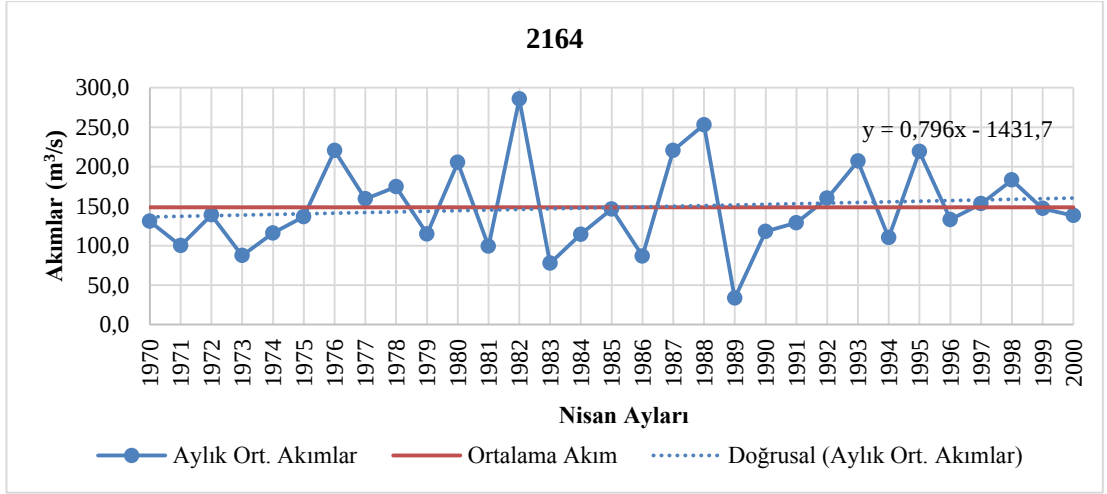
Şekil A.52 : 2164 nolu istasyon Ocak aylarına ait debi-zaman eğrisi.



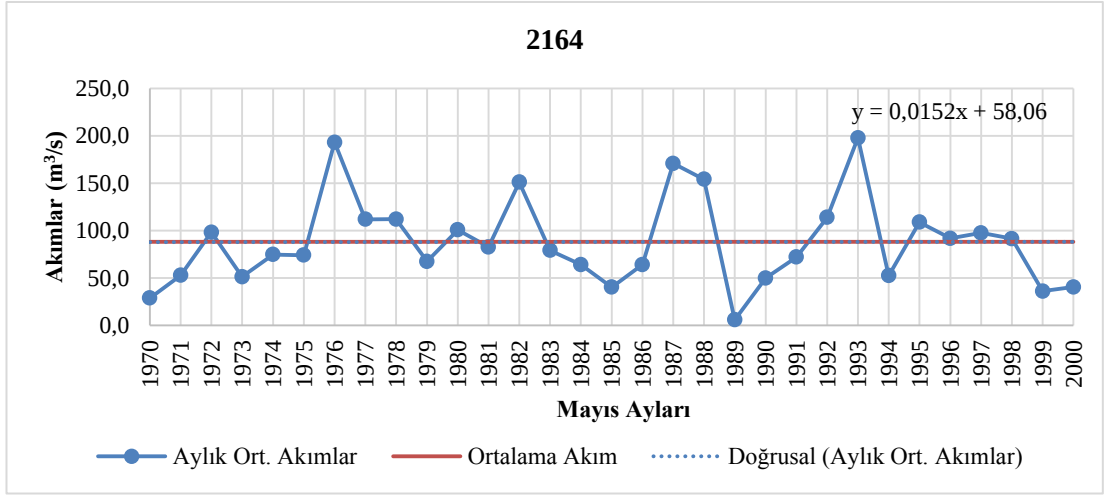
Şekil A.53 : 2164 nolu istasyon Şubat aylarına ait debi-zaman eğrisi.



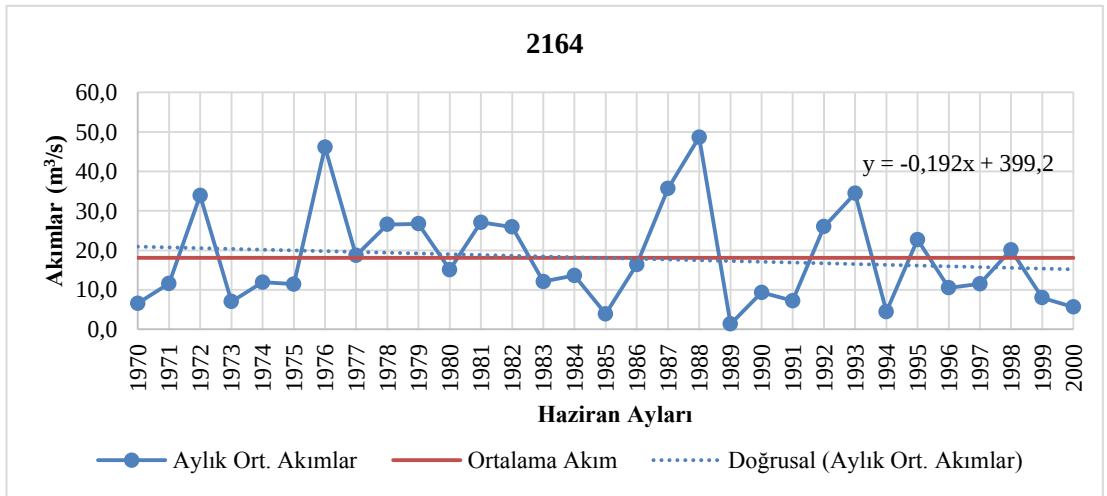
Şekil A.54 : 2164 nolu istasyon Mart aylarına ait debi-zaman eğrisi.



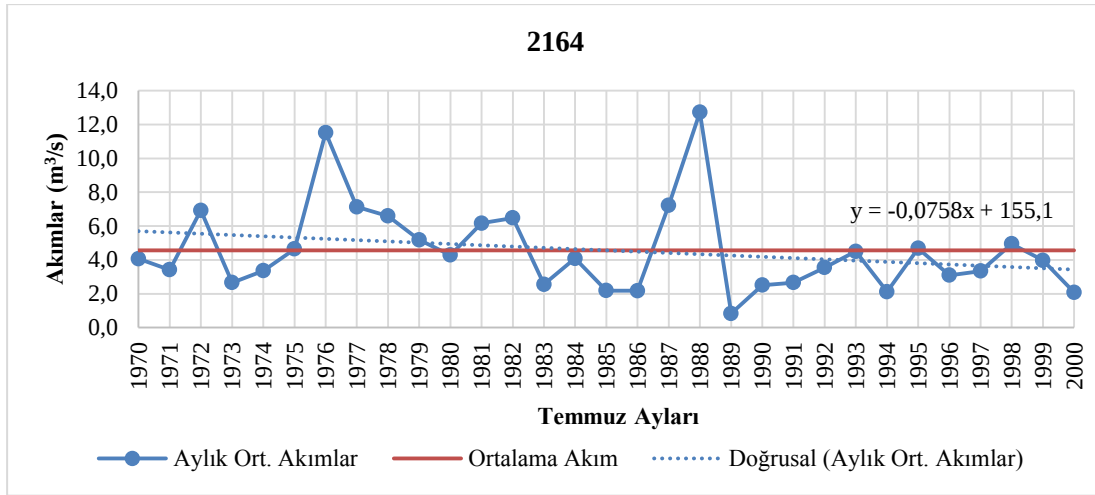
Şekil A.55 : 2164 nolu istasyon Nisan aylarına ait debi-zaman eğrisi.



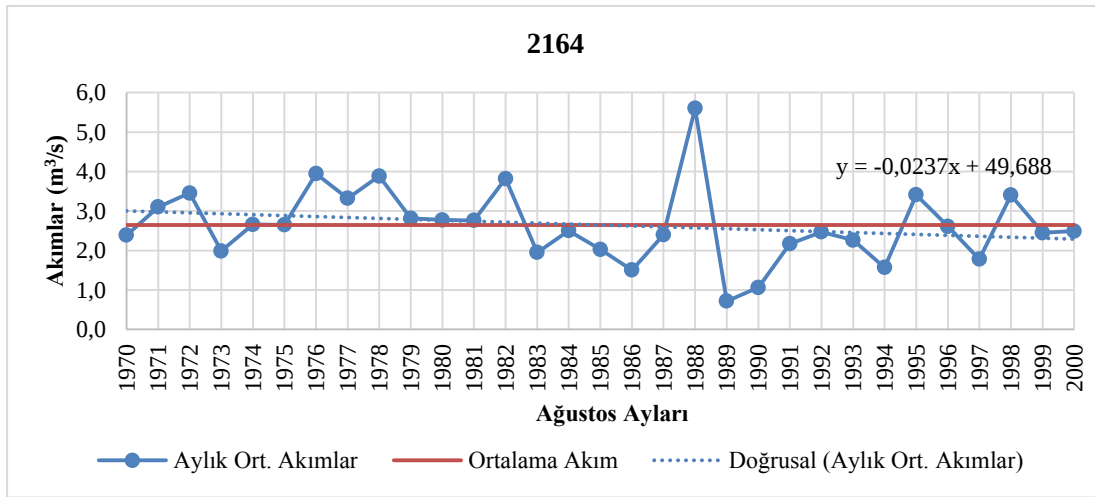
Şekil A.56 : 2164 nolu istasyon Mayıs aylarına ait debi-zaman eğrisi.



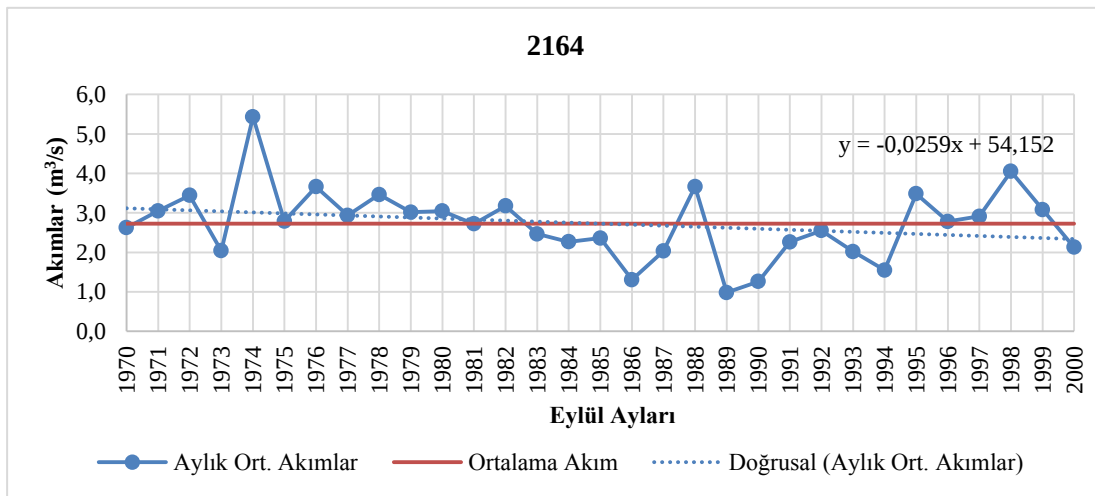
Şekil A.57 : 2164 nolu istasyon Haziran aylarına ait debi-zaman eğrisi.



Şekil A.58 : 2164 nolu istasyon Temmuz aylarına ait debi-zaman eğrisi.



Şekil A.59 : 2164 nolu istasyon Ağustos aylarına ait debi-zaman eğrisi.



Şekil A.60 : 2164 nolu istasyon Eylül aylarına ait debi-zaman eğrisi.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Mustafa Utku YILMAZ

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara, 02.07.1986

E-Posta: utkuyilmaz@hotmail.com

Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü (Haziran, 2011)

Mesleki Deneyim ve Ödüller: Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Araştırma Görevlisi (2013-Halen)