T.C.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE FIRAT HAVZASI YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ

İbrahim Halil İFŞAAT

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2020

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE FIRAT HAVZASI YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ

İbrahim Halil İFŞAAT

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
SİMGELER DİZİNİ viii
1.GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. MATERYAL ve YÖNTEM 10
3.1. Çalışma Alanı 10
3.2. Yöntem 13
3.2.1. Çoklu doğrusal regresyon 13
3.2.2. Yapay sinir ağları 13
3.2.3. Gen ekspresyon programlama (GEP) 14
3.2.4. Performans Kriterleri 15
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 16
4.1. 17948-E21A023 İçin Yağış-Akış İlişkisi 17
4.2. 17275-E21A065 İçin Yağış-Akış İlişkisi 23
4.3. 17270-E21A032 İçin Yağış-Akış İlişkisi 29
4.4. 17265-E21A035 İçin Yağış-Akış İlişkisi 34
4.5. 17265-E21A015 İçin Yağış-Akış İlişkisi 40
4.6. 17199-E21A031 İçin Yağış-Akış İlişkisi 46
4.7. 17842-E21A024 İçin Yağış-Akış İlişkisi 52
4.8. 17842-E21A045 İçin Yağış-Akış İlişkisi 58
4.9. 17734-E21A067 İçin Yağış-Akış İlişkisi 64
4.10. 17734-E21A056 İçin Yağış-Akış İlişkisi 70
4.11. 17764-E21A009 İçin Yağış-Akış İlişkisi 76
4.12. 17736-E21A072 İçin Yağış-Akış İlişkisi 82
4.13. 17736-E21A047 İçin Yağış-Akış İlişkisi 88
4.14. 17736-E21A049 İçin Yağış-Akış İlişkisi 94
4.15. 17736-E21A033 İçin Yağış-Akış İlişkisi 99
4.16. 17806-E21A002 İçin Yağış-Akış İlişkisi 106
4.17. 17806-E21A066 İçin Yağış-Akış İlişkisi 112
4.18. 17094-E21A076 İçin Yağış-Akış İlişkisi 118
4.19. 17094-E21A036 İçin Yağış-Akış İlişkisi 124
4.20. 17094-E21A019 İçin Yağış-Akış İlişkisi 130
4.21. 17718-E21A054 İçin Yağış-Akış İlişkisi 136
4.22. 17718-E21A051 İçin Yağış-Akış İlişkisi 142
4.23. 17808-E21A064 İçin Yağış-Akış İlişkisi 148
4.24. 17204-E21A057 İçin Yağış-Akış İlişkisi 154
4.25. 17778-E21A058 İçin Yağış-Akış İlişkisi 160
4.26. 17778-E21A074 İçin Yağış-Akış İlişkisi 166
4.27. 17740-E21A077 İçin Yağış-Akış İlişkisi 172
4.28. 17099-E21A022 İçin Yağış-Akış İlişkisi 178
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 184
KAYNAKLAR 186
ÖZGEÇMİŞ 188

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE FIRAT HAVZASI YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ

İbrahim Halil İFŞAAT

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Veysel GÜMÜŞ
Yıl: 2020, Sayfa: 187

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin en önemli su havzalarından biri olan Fırat Havzası sınırları içerisinde bulunan 28 akım gözlem istasyonuna (AGİ) ait aylık ortalama akım değerleri, Theissen çokgenleri yardımıyla eşleştirilen meteoroloji gözlem istasyonlarına (MGİ) ait aylık toplam yağış verileri kullanılarak tahmin edilmiştir. Yağış ile akış arasındaki ilişkinin kurulmasında Yapay Sinir Ağları (YSA), Genexpresyon programlama (GEP) ve Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan yöntemlerin akım değerlerini belirlemede performansını belirlemek için Ortalama Karesel Hata (OKH), Ortalama Mutlak Göreceli Hata (OMGH) ve belirlilik katsayısı (R^2) parametreleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, toplam 28 istasyon için yapılan akım tahminlerinde ÇDR yöntemi 2 istasyonda, GEP yöntemi 12 istasyonda, YSA yöntemi ise 14 istasyonda en başarılı model olmuştur. Özellikle ilişkiyi lineer olmayan şekilde tanımlayan GEP ve YSA yöntemlerinin yağış ile akış arasındaki ilişkiyi belirlemede oldukça başarılı olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Yağış-Akış ilişkisi, Fırat havzası, Yapay Sinir Ağları, Çoklu Doğrusal regresyon, Genexpresyon programlama

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF RAINFALL-RUNOFF RELATIONSHIP IN EUPHRATES BASIN WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

İbrahim Halil İFŞAAT

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Veysel GÜMÜŞ
Year: 2020, Page: 187

In this study, monthly average streamflow values from 28 streamflow gauge station in Euphrates basin, which is Turkey's most important watershed, are estimated from monthly total precipitation data obtained from meteorological observation stations in the basin paired with Theissen polygons. Artificial Neural Networks (ANN), Genexpression programming (GEP) and traditional Multiple Linear Regression (MLR) methods are used to determine the relationship between rainfall and runoff. Mean Square Error (MSE), Mean Absolute Relative Error (MARE) and determination coefficient (R2) parameters are used as performance criteria to determine best method for estimate the streamflow values. As a result of the study, MLR, GEP and ANN methods are the most successful model at 2, 12 and 14 stations, respectively between 28 stations. Especially GEP and ANN methods, which define the relationship nonlinearly, have been found to be very successful in determining the relationship between rainfall and runoff

KEYWORDS: Rainfall-Runoff relation, Euphrates basin, artificial neural networks, multiple linear regression, Genexpression programming

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan Tez çalışmam ile ilgili karşılaştığım her sorun karşısında yanına çekinmeden gidebildiğim, bana olan desteğinin yanında güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli ve danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren danışman hocam sayın Doç. Dr. Veysel GÜMÜŞ'e, yüksek lisans eğitimime katkıda bulunan Dr. Öğr. Üyesi Reşit GERGER'e, tezin yazılma sürecinde desteklerini esirgemeyen Öğr. Gör. Ahmet Erhan EREN'e, İnş. Yük. Müh. Mehmet PARMAKSIZ'a, İnş. Müh. Alaattin SEVEN'e, İnş. Yük. Müh. Yavuz AVŞAROĞLU'na, İnş. Müh. Celal CAN'a, Dr. Öğr. Üyesi Oğuz ŞİMŞEK'e ve manevi destekleri ile İktisatçı Abdullah GÖK'e, Arb. Av.İbrahim URAL'a, İktisatçı Kemal BİŞİRİCİ'ye, Elektronik Öğretmeni Hikmet GÖK'e, İktisatçı Mehmet ÇİFTÇİ'ye, Arb. Av.Mehmet YILDIRIM'a, Av.Muharrem ÇİNPOLAT'a, Mustafa ÇELİK'e, ve Ecz.Özgür İÇLİ'e teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca desteklerini her zaman yanımda gördüğüm, annem Gazal İFŞAAT, babam Mehmet İFŞAAT ve başta Abim Mahmut İFŞAAT olmak üzere tüm aile üyelerime teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Çalışma Alanı....11
Şekil 3.2. Durum 3'te kullanılan üç tabakalı bir yapay sinir ağı....14
Şekil 4.1. Fırat Havzası'nda bulunan MGİ'lere ait Thiessen çokgenleri....16
Şekil 4.2. E21A023 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....19
Şekil 4.3. E21A023 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....20
Şekil 4.4. E21A023 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....21
Şekil 4.5. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A023)....22
Şekil 4.6. E21A065 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....25
Şekil 4.7. E21A065 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....26
Şekil 4.8. E21A065 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....27
Şekil 4.9. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A065)....28
Şekil 4.10. E21A032 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....30
Şekil 4.11. E21A032 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....31
Şekil 4.12. E21A032 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....32
Şekil 4.13. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A032)....33
Şekil 4.14. E21A035 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....36
Şekil 4.15. E21A035 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....37
Şekil 4.16. E21A035 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....38
Şekil 4.17. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A035)....39
Şekil 4.18. E21A015 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....42
Şekil 4.19. E21A015 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....43
Şekil 4.20. E21A015 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....44
Şekil 4.21. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A015)....45
Şekil 4.22. E21A031 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....48
Şekil 4.23. E21A031 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....49
Şekil 4.24. E21A031 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....50
Şekil 4.25. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı(E21A031)....51
Şekil 4.26. E21A024 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....54
Şekil 4.27. E21A024 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....55
Şekil 4.28. E21A024 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....56
Şekil 4.29. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A024)....57
Şekil 4.30. E21A045 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....60
Şekil 4.31. E21A045 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....61
Şekil 4.32. E21A045 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....62
Şekil 4.33. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A045)....63
Şekil 4.34. E21A067 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....66
Şekil 4.35. E21A067 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....67
Şekil 4.36. E21A067 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....68
Şekil 4.37.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A067)....69
Şekil 4.38. E21A056 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....72
Şekil 4.39. E21A056 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....73
Şekil 4.40. E21A056 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....74
Şekil 4.41.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A056)....75
Şekil 4.42. E21A009 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....78
Şekil 4.43. E21A009 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....79
Şekil 4.44. E21A009 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....80
Şekil 4.45. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A009)....81
Şekil 4.46. E21A072 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....84
Şekil 4.47. E21A072 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)....85
Şekil 4.48. E21A072 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)....86
Şekil 4.49. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A072)....87
Şekil 4.50. E21A047 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)....90

Şekil 4.51. E21A047 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....91
Şekil 4.52. E21A047 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 92
Şekil 4.53.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A047).....93
Şekil 4.54. E21A049 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....96
Şekil 4.55. E21A049 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....97
Şekil 4.56. E21A049 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 98
Şekil 4.57.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A049).....99
Şekil 4.58. E21A033 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....102
Şekil 4.59. E21A033 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....103
Şekil 4.60. E21A033 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 104
Şekil 4.61. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A033)..105
Şekil 4.62. E21A002 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....108
Şekil 4.63. E21A002 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....109
Şekil 4.64. E21A002 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 110
Şekil 4.65. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A002)..111
Şekil 4.66. E21A066 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....114
Şekil 4.67. E21A066 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....115
Şekil 4.68. E21A066 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 116
Şekil 4.69. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A066)..117
Şekil 4.70. E21A076 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....120
Şekil 4.71. E21A076 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....121
Şekil 4.72. E21A076 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 122
Şekil 4.73. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A076)..123
Şekil 4.74. E21A036 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....126
Şekil 4.75. E21A036 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....127
Şekil 4.76. E21A036 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 128
Şekil 4.77. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A036)..129
Şekil 4.78. E21A019 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....132
Şekil 4.79. E21A019 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....133
Şekil 4.80. E21A019 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 134
Şekil 4.81.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A019)...135
Şekil 4.82. E21A054 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....138
Şekil 4.83. E21A054 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....139
Şekil 4.84. E21A054 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 140
Şekil 4.85.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A054)...141
Şekil 4.86. E21A051 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....144
Şekil 4.87. E21A051 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....145
Şekil 4.88. E21A051 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 146
Şekil 4.89. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A051)..147
Şekil 4.90. E21A064 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....150
Şekil 4.91. E21A064 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....151
Şekil 4.92. E21A064 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 152
Şekil 4.93. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A064)..153
Şekil 4.94. E21A057 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....156
Şekil 4.95. E21A057 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....157
Şekil 4.96. E21A057 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 158
Şekil 4.97. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A057)..159
Şekil 4.98. E21A058 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....162
Şekil 4.99. E21A058 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....163
Şekil 4.100. E21A058 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 164
Şekil 4.101. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A058) 165
Şekil 4.102. E21A074 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....168
Şekil 4.103. E21A074 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....169
Şekil 4.104. E21A074 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 170
Şekil 4.105. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A074) 171
Şekil 4.106. E21A077 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....174
Şekil 4.107. E21A077 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....175
Şekil 4.108. E21A077 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 176

Şekil 4.109. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A077) 177
Şekil 4.110. E21A022 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR).....180
Şekil 4.111. E21A022 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA).....181
Şekil 4.112. E21A022 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP) 182
Şekil 4.113. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A022) 183

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Fırat Havzası'nda kullanılan akım gözlem istasyonları ve coğrafi bilgileri 11
Çizelge 3.2. Fırat Havzası'nda kullanılan meteoroloji gözlem istasyonları ve coğrafi bilgileri..... 12
Çizelge 4.1. Fırat Havzası istasyon ilişkileri 16
Çizelge 4.2. Akım tahminin kullanılan model girdi ve çıktı parametreleri 17
Çizelge 4.3. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17948-E21A023).....18
Çizelge 4.4. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17275-E21A065).....24
Çizelge 4.5. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17270-E21A032).....29
Çizelge 4.6. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17265-E21A035).....35
Çizelge 4.7. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17265-E21A015).....41
Çizelge 4.8. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17199-E21A031).....47
Çizelge 4.9. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17842-E21A024).....53
Çizelge 4.10. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17842-E21A045) 59
Çizelge 4.11. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17734-E21A067) 65
Çizelge 4.12. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17734-E21A056) 71
Çizelge 4.13. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17764-E21A009) 77
Çizelge 4.14. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17736-E21A072) 83
Çizelge 4.15. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17736-E21A047) 89
Çizelge 4.16. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17736-E21A049) 95
Çizelge 4.17. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17736-E21A033) 101
Çizelge 4.18. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17806-E21A002) 107
Çizelge 4.19. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17806-E21A066) 113
Çizelge 4.20. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17094-E21A076) 119
Çizelge 4.21. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17094-E21A036) 125
Çizelge 4 22. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17094-E21A019) 131
Çizelge 4.23. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17718-E21A054) 137
Çizelge 4.24. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17718-E21A051) 143
Çizelge 4.25. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17808-E21A064) 149
Çizelge 4.26. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17204-E21A057) 155
Çizelge 4.27. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17778-E21A058) 161
Çizelge 4.28. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17778-E21A074) 167
Çizelge 4.29. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17740-E21A077) 173
Çizelge 4.30. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17099-E21A022) 179

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ANFIS	Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi
A_{ij}	Hücre Katmanları arasındaki bağlantı Ağırlıkları
b_0	Kesim noktası (Regresyon Katsayısı)
b_1	Regresyon katsayısı
b_2	Regresyon katsayısı
b_j	Kısmi Regresyon
b_p	Regresyon katsayısı
ÇDR	Çoklu Doğrusal Regresyon
e	Hata terimi
GA	Genetik Algoritma
GP	Genetik Programlama
GEP	Gen Ekspresyon Programlama
i	Girdi Katman Sayısı
j	Gizli Katman Sayısı
k	Çıktı katmanı
n	Gözlemlenmiş verilerin sayısı
OKH	Ortalama Karesel Hata
OMGH	Ortalama Mutlak Göreceli Hata
$P(d_0)$	Aylık toplam yağış verileri
$P\text{-}1(d_2)$	Bir önceki Ayın Toplam Yağış verileri
$P\text{-}2(d_3)$	İki Ay Önceki Aylık Toplam Yağış verileri
$P\text{-}3(d_4)$	Üç Ay Önceki Aylık Toplam Yağış verileri
R	Korelasyon
y	Bağımlı Değişken
YSA	Yapay Sinir Ağları
x	Bağımsız değişken
Q	Aylık Akım verileri
$Q\text{-}1(d_1)$	Bir Önceki Ayın Akım verileri
Q_G	Gözlenen akım değeri
Q_T	Tahmin edilen akım değeri

1.GİRİŞ

Yağış-akış ilişkisinin doğru modellenmesi şehir planlama, arazi kullanımı, sel ve bir haznenin su kaynakları yönetimi için etkin bilgi verebilmektedir. Yağış-akış ilişkisi aynı zamanda, su kaynakları sistemleri üzerinde kuraklığın etkisinin azaltılabilmesi konusunda da önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle hidroloji mühendisleri 19. yüzyılın ortalarından bu yana yağış-akış ilişkisini modellemeye çalışmaktadırlar. Yaygın olarak kullanılan ilk akış tahmin yöntemi, 1851 yılında Thomas Mulvaney tarafından yayınlanan ve bir drenaj havzasındaki pik debiyi belirlemek için yağış şiddeti, drenaj alanı ve akış katsayısı kullanan Rasyonel Yöndem'dir (Beven, 2012; Xu, 2002). Yağış ile akış arasındaki ilişkiyi belirleyen akış katsayısının belirlenebilmesi için yapılan çalışmalar ile akışı tahmin etmek için grafik bir teknik ortaya çıkmıştır. Grafik tekniği, akış miktarını hesaplamak için önceki yağış, yılın haftası, toprak su tutma indeksi ve son altı saatteki yağış miktarını gösteren bir dizi grafik kullanır (Beven, 2012). Ancak, havzanın fiziksel özellikleri ile yağışın yersel ve zamansal değişiklikler göstermesi yağış-akış ilişkisinin anlaşılmasını zorlaştırmaktadır. Ancak son yıllarda hidrolojik zaman serileri arasındaki ilişkiyi belirlemede fiziksel modelleme dışında veri seti arasındaki ilişkiyi kısıtlı veri ile belirleme kabiliyetine sahip yapay zekâ yöntemleri de kullanılmaktadır.

Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi, literatürde iki veri seti arasındaki lineer olmayan ilişkiyi belirlemede sıklıkla kullanılan kara kutu bir yöntemdir. Hidroloji mühendislerinin YSA yöntemine olan ilgisi, bu yöntemin hidrolojik sistemlerin karmaşık yapısını ve doğrusal olmayan ilişkilerini modelleme konusundaki başarısı ile artmıştır. YSA yöntemi aslında yarı-parametrik regresyon tahmin edicisidir ve hidrolojik modelleme için gayet uygun bir yöntemdir. Diğer modelleme tekniklerine kıyasla YSA'nın en büyük avantajı, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkinin biçimini varsaymak zorunda kalmadan karmaşık ve doğrusal olmayan işlemleri modelleyebilmesidir. Yapay sinir ağı uygulamalarının ortaya çıkması, hidroloji ve su kaynaklarının simülasyonu alanında kabul edilebilir sonuçlar vermiştir (Hornik ve ark., 1989). Son yıllarda hidroloji alanında sıklıkla kullanılan gen ekspresyon

programlama (GEP) yöntemi ise genetik algoritma (GA) ve genetik programlama (GP) gibi, genetik bireylerin nüfusunu kullanarak, bu nüfusları uygunluklarına göre seçen ve bir veya daha fazla genetik operatör kullanarak genetik varyasyonu tanıtan bir yöntemdir. Bu yöntemin, YSA yöntemine kıyasla en önemli avantajı ise doğası gereği açık bir yapıya sahip olmasıdır. Böylece kromozomların, basit, lineer kompakt, nispeten küçük ve kolayca işlenebilir bir durum meydana gelmektedir. Ayrıca GEP modelinin YSA, Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) vb. gibi yöntemlere göre güçlü noktalarından birisi de fiziksel yapılar arasındaki ilişkiler açık formüller ile üretebilme özelliğine sahip olmasıdır (Kisi ve ark., 2012).

Bu tez çalışması kapsamında, Türkiye'nin en büyük su havzası olan Fırat Havzası'nda yer alan 28 akım gözlem istasyonuna ait aylık ortalama akım değerleri, Thiessen çokgenleri ile Meteoroloji Gözlem İstayonlarında ölçülen aylık toplam yağış verileri ile ilişkilendirilmiştir. Yapılan ilişkilendirme neticesinde yağış ile akış arasındaki ilişki farklı senaryolar ile YSA, GEP ve klasik bir yöntem olan Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) yöntemleri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Hidroloji alanında, iki veri seti arasındaki ilişkinin belirlenmesinde yapay zeka yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılan yöntemlerin ülkemizde ve dünyada farklı alanlarda kullanımları aşağıda kısa özetlenmiştir.

Tokar ve Johnson (1999), çalışmalarında Maryland'de bulunan Little Patuxent Nehri için günlük akımları; günlük yağış, sıcaklık ve kar erimesinin bir fonksiyonu olarak tahmin etmek için YSA yöntemini kullanmışlardır. YSA yöntemi ile elde sonuçlar, istatistiksel regresyon ve basit bir kavramsal model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, YSA modelinin daha sistematik bir yaklaşım sağladığı, test verilerinin sayısını azalttığı ve modellerin doğrulanması için harcanan zamanı kısalttığı sonucuna varmışlardır.

Elshorbagy ve ark. (2000), çalışmalarında Kanada'nın güneyindeki Manitoba, Red River Valley'deki akışı, YSA tekniğini kullanarak, doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon teknikleriyle karşılaştırmışlardır. Üç modelleme tekniğinin avantajları ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın sonunda bulunan bulgulara göre, YSA modellerinin çoğu durumda diğer modellere kıyasla daha doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, bazı durumlarda, diğer iki tekniğin performansının kıyaslanabilir olduğu görülmüştür.

Riad ve ark. (2003), Fas'ta yarı kurak bir iklimde bulunan bir havzada yağış-akış ilişkisini modellemek için Çok Katmanlı Algılayıcı (Multilayer Perceptron-MLP) içeren bir YSA yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, YSA yönteminin akım tahmin etmede geleneksel regresyon yöntemlerine göre daha uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Cigizoglu ve Alp. (2004), çalışmalarında ileri beslemeli geri yayınımlı sinir ağı (İBGYSA), radyal tabanlı yapay sinir ağı (RTYSA) ve genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağı (GRYSA) ve geleneksel çoklu doğrusal regresyon (ÇDR) yöntemleri

ile Türkiye'de yağış-akış ilişkisini modellemişlerdir. Çalışmalarında, GRYSA yönteminin negatif akım sonucu vermediğini ve yağış-akış ilişkisinin modellemesinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Kumar ve ark. (2005), çalışmalarında Hindistan'da bulunan iki nehir havzasındaki yağış-akış ilişkisini, YSA yöntemlerinden olan Çok Katmanlı Algılayıcı (Multilayer Perceptron-MLP) ve radyal tabanlı yapay sinir ağı (RTYSA) yapıları ile tahmin etmeye çalışmışlar ve bu iki yapının birbirine olan üstünlüklerini araştırmışlardır. Çalışmalarında, YSA yapılarının tahmin modeli üzerinde oldukça önemli olduğunu ve her iki yapının da belli avantajları ve sınırlamaları olduğunu bildirmişlerdir. MLP yapısında en uygun ara katman sayısının belirlenmesi zor iken, RTYSA yapısında ise eğitim algoritmasının seçiminin tahmin yapısı üzerinde seçiminin oldukça önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Aksoy ve ark. (2008), çalışmalarında Ürdün'de bulunan Baqura, Amman ve Safawi istasyonları için bir sonraki aya ait yağış verilerini, ileri beslemeli geri yayılımlı sinir ağı (İBGYSA), radyal tabanlı yapay sinir ağı (RTYSA) ve genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağı (GRYSA) yöntemleri ile tahmin etmeye çalışmış ve elde edilen sonuçları ÇDR yöntemi ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Farklı performans kriterlerine göre üç farklı istasyonda da en başarılı modelin İBGYSA yöntemi ile elde edildiğini, ancak en kurak istasyon olan Safawi istasyonunda RTYSA ve ÇDR yöntemlerinin de İBGYSA yöntemine benzer sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır.

Dahamsheh ve ark. (2009), Ürdün'de farklı coğrafik özelliklere sahip 4 farklı meteorolojik istasyonda kurak dönemlere ait aylık yağış verilerini tahmin etmek için İBGYSA ve ÇDR yöntemini kullanmışlar ve elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır. Model sonuçlarının karşılaştırılmasında, ortalama karesel hata (OKH) ve belirlilik katsayısı (R^2) parametreleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, aylık toplam yağış tahmininde İBGYSA yönteminin ÇDR yönteminden az da olsa iyi olduğunu belirlemişlerdir.

Yazdani ve ark. (2009), İran'ın merkezinde bulunan Plaszjan havzasındaki beş yağış ve iki sıcaklık istasyonuna ait verilerle YSA yöntemlerini kullanarak Eskandari hidrometrik istasyonuna ait aylık akım verilerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmada farklı girdi parametreleri ve ara katman sayıları ile yapılan tahminlerde YSA yönteminin aylık yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak aylık akım verilerini tahmin etmede başarılı olduğu sonucuna varmışlardır.

Partal (2009), çalışmasında Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan iki adet gözlem istasyondaki verileri dalgacık dönüşüm, ÇDR ve İBYSA yöntemleriyle modellenerek mevsimsel veriler ile toplam buharlaşmayı tahmin etmeye çalışmıştır. Dalgacık dönüşüm analizi sonuçlarını alt zaman serisine ayrıştırılarak mevcut serilere eklenip yeni dalgacık dönüşüm serisi oluşturmuştur. Çalışmanın sonunda, YSA ve dalgacık dönüşümü yöntemlerinin toplam buharlaşmanın tahmin edilmesinde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

Gümüş ve ark. (2010), Orta Fırat Havzası'nda yağış-akış ilişkisini farklı yöntemlerle belirlemeye çalışmışlardır. 17099 numaralı Ağrı istasyonuna ait yağış ve 2122 numaralı Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) arasındaki ilişkiyi belirlemek için İBGYSA ile ÇDR yöntemini kullanmışlardır. Girdi parametresi olarak akım ve yağış verilerinin kullanıldığı modelde, İBGYSA modelinin ÇDR yöntemine göre akım değerlerini belirlemede daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

He ve ark. (2012), çalışmalarında Çin'in kuzeybatısındaki yarı kurak dağlık bölgelerinin hidrolojik veriye dayalı modelleri kullanılarak akışı tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmalarında YSA, Uyarmalı Bulanık Ağ Çıkarım Sistemi (ANFIS) ve Destekçi Vektör Makinesi (SVM) Analiz metotları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ANN, ANFIS ve SVM Metotlarının yarı kurak dağlık alanlarındaki akışı tahminlerinde başarıyla uygulanabileceğini bildirmişlerdir.

Turhan. (2012), çalışmasında Seyhan havzasında gözlenmiş yağış ve akım verilerini kullanarak akım değerlerini tahmin etmiştir. Çalışma kapsamında, İBGYSA ve ÇDR yöntemleri kullanılmış ve kullanılan bu yöntemlerin akımı tahmin etmedeki

performansları araştırılmıştır. Çalışma sonunda İBGYSA yönteminin ÇDR yöntemine göre genelde daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Fernando ve ark. (2012), çalışmalarında dört farklı yöntem ile yağış-akış ilişkisini belirlemeye çalışmışlardır. Farklı iklim ve coğrafik özelliklere sahip havzada GEP yöntemi ile tahmin edilen akım verileri ölçülmüş akım verileri ile karşılaştırılmış ve farklı havzalar ile elde edilen modelin başarılı bir şekilde bu havzalardaki akış verilerini tahmin etmede kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca, çalışmalarında GEP yöntemi gibi sonuçlarını basit matematiksel ifadeler ile verebilen bu yöntemin yapay sinir ağları yöntemi gibi yapay zekâ konularına aşina olmayan kişilerin kullanılabileceği alternatif bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Gümüş. ve ark. (2013), Orta Fırat Havzası'nda 2157 numaralı akım gözlem istasyonuna ait verileri yine aynı bölgede bulunan17204 numaralı Meteroloji Gözlem İstasyonuna ait yağış verilerini kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmada, İBGYSA, Genelleştirilmiş Regresyon Yapay sinir Ağı (GRYSA) ve Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı (RTYSA) yöntemleri geleneksel olarak kullanılan ÇDR yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, yağış akış ilişkisini modellemede kullanılan tüm YSA yöntemlerinin ÇDR yöntemine göre daha başarılı sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir.

Sarkar ve Pandey. (2015), çalışmalarında Hindistanda bulunan Mathura nehrindeki üç farklı yerde (memba, merkez ve mansap) bulunan istasyonlara ait çözünmüş oksijen değerini, debi, pH, sıcaklık ve kimyasal oksijen ihtiyacı parametrelerini kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Tahmin için, farklı girdi kombinasyonları ile İBGYSA yöntemi kullanmışlardır. Çalışma sonucunda tahmin edilen değerler ile ölçülen değerler arasında yüksek korelasyon değerini 0.9 olarak elde etmişlerdir.

Kumar ve ark. (2016), çalışmalarında Hindistan da bulunan Sarada nehir havzasında YSA yöntemini kullanarak farklı giriş kombinasyonları ile yağış-akış arasındaki ilişkiyi modellemişlerdir. Çalışmalarında giriş değerlerini belirlemede

çapraz ve oto korelasyon katsayılarını kullanmışlar ve elde ettikleri değerlere göre altı kombinasyon ile akışı tahmin etmişlerdir. Buna göre, geçmiş dönemlere ait akış ile geçmiş dönemlere ait yağış verilerinin girdi parametresi olarak kullanılmasının modelin akışı tahmin etme başarısını arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca, YSA yönteminin küçük ve yarı kurak havzalarda akışın yağış verileri kullanılarak tahmin edilebileceği sonucuna varmışlardır.

Singh ve ark.(2016) çalışmalarında, yapay sinir ağlarında çok katmanlı algılayıcı (MLP) eğitimi için mevcut olan çeşitli eğitim algoritmalarının ve yağış akış sürecini modellemek için ÇDR yöntemini kullanmışlardır. Modellerin performansı, görsel gözlem ve niteliksel olarak, karekök ortalama karesel hata (KOKH), korelasyon katsayısı (r), verimlilik katsayısı (CE) gibi farklı performans indeksleri kullanılarak nicel olarak değerlendirmişlerdir.

Ahani ve ark. (2017), çalışmaların da İran'nın Daryacheh Namak havzasının önceki yıllara ait verilerini kullanarak yağış akış ilişkisini tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu ilişkinin belirlenmesinde, ÇDR, en yakın k komşularından (k Nearest Neighbors-KNN), YSA ve Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi (ANFIS) metotları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda KNN yönteminin ele alınan diğer modellere göre akışı belirlemede daha başarılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Chavan ve Ukarande (2017), Hindistan'ın Maharashtra şehrinde bulunan Amba nehir havzasında bir gün önceki akım değerlerini tahmin etmek için YSA ve ÇDR yöntemlerini kullanmışlardır. Modellerin performans değerlendirme kriterleri olarak korelasyon katsayısı (R), Ortalama Karesel Hata (OKH), Karekök Ortalama Karesel Hata (KOKH) parametrelerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda günlük akış hidrografının pik değerini belirlemede, YSA yöntemi gözlenen değerden düşük, ÇDR yöntemi ise gözlenen değerden daha büyük belirlediğini bildirmişlerdir.

Hussain ve ark. (2017), çalışmalarında Sarada Havzasında yağış akış ilişkisinin belirlenmesinde kullanılan girdi parametrelerinin ve geri yayılım algoritmasının farklı yapay sinir ağlarının sonuçları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Farklı girdi

parametreleri kullanılarak geliştirilen YSA modellerinde kullanılan girdi ve çıktı parametreleri arasındaki ilişki haritalandırılmıştır. Geliştirilen model doğrulanma ve kalibre aşamalarına tabi tutularak değerlendirilmiştir. ANN modellerinin eğitimi için anlamlı girdi değişkenlerinin belirlenmesinde, çapraz korelasyon, oto korelasyon ve kısmi oto korelasyon fonksiyonu gibi istatistiksel parametreler kullanılmıştır. Yağışları geciktiren ve girdi olarak akımı kullanan modellerin, sadece yağışı girdi olarak kullanan modellere kıyasla daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Geliştirilen yapay sinir ağı modelinin, bu çalışmada ele alınan küçük yarı kurak havza alanı için yağış akış ilişkisinin oldukça iyi bir şekilde tahmin edebileceği sonucuna varılmıştır.

Poul ve ark. (2018), çalışmalarında Amerika Birleşik Devletleri ile Kanada arasında bulunan St. Clair nehrine ait aylık akış verilerini tahmin etmek için ÇDR, YSA ve ANFIS yöntemlerini kullanmıştır. Altı farklı girdi kombinasyonu için modellerin tahmin performansı farklı istatistik parametrelere göre değerlendirmiş ve bir ay önceki akış, sıcaklık ve yağış verilerinin kullanılan yöntemlerin tahmin gücünü önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir.

Unes ve ark. (2018), çalışmalarında Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan Muskegon nehir havzasında, karmaşık hidrolojik problemlerin modellenmesinde yaygın olarak kullanılan YSA ve ÇDR yöntemleriyle oldukça karmaşık bir yapıda olan yağış-akış ilişkisi modellemişlerdir. Çalışmalarında girdi parametresi olarak yağış ve havza ya ait sıcaklık verilerini kullanmışlardır. YSA yöntemi ile düşük hata ve yüksek belirlilik katsayısı elde ederek yağış akış ilişkisinin belirlenmesinde klasik yöntemlere nazaran daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Mehdizadeh (2020), çok değişkenli uyarlanabilir regresyon spline'larından (Multiple Adaptive Regression Splines-MARS) ve KNN'den oluşan iki yapay zekâ tabanlı modelleme tekniklerini kullanarak İran'da bulunan iki istasyondaki aylık yağış miktarını modellemişlerdir. Bunu yaparken, sınırlı iklim verileri altında dokuz farklı senaryo için, minimum, maksimum ve ortalama hava sıcaklıkları, çığ noktası sıcaklığı, istasyon basıncı, buhar basıncı, bağıl nem, rüzgâr hızı ve önceki yağış verileri

kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, aylık yağışın modellenmesinde bir girdi parametresi ile oluşturulan MARS ve KNN performansının düşük olduğunu belirlemiştir.

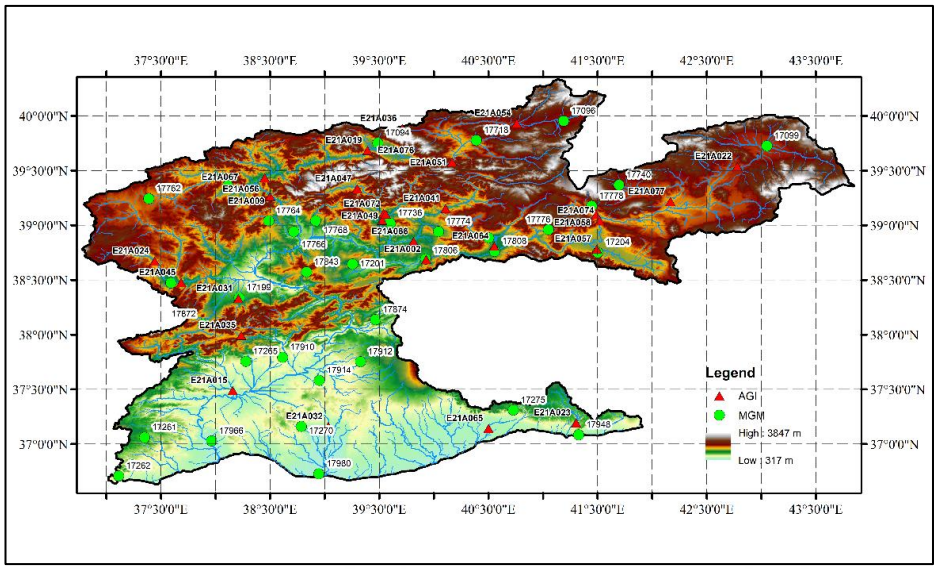
Aghelpour ve Varshavian. (2020) çalışmasında, İran'ın kuzeyindeki Zilakirud nehrinin günlük akışını modellemek ve tahmin etmek için iki stokastik ve üç yapay zekâ modeli sonucu karşılaştırılmıştır. 2001-2015 dönemine ait günlük veriler (23 Eylül 2001'den 22 Eylül 2015'e kadar 14 hidrolojik yıl) kullanılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, yapay zekâ modellerinin stokastik yöntemlerden daha başarılı olduğu belirlemişlerdir.

Yapılan bu çalışmalar incelendiğinde, Fırat Havzası'nda bu kadar kapsamlı bir yağış akış ilişkisinin belirlenmesine rastlanmamıştır. Ayrıca, bu çalışma ile Fırat havzası içerisinde bulunan akış değerlerinin tahmin edilmesinde GEP yönteminin ilk kez kullanıldığı görülmüştür. Böylece Türkiye'nin su potansiyeli açısından en önemli su havzası olan Fırat Havzası'nda akışın tahmin edilmesi ile ilgili detaylı bir çalışma literatüre kazandırılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Fırat Havzası Türkiye'nin toplam akış hacminin %16.2'sine denk gelen, 27.65 km^3 akış hacmine (DSİ, 2016) sahip Türkiye'nin en büyük su havzasıdır (Şekil 3.1). Bu tez çalışması kapsamında 28 akım gözlem istasyonuna (AGİ) ait aylık akım değerleri, yakınında bulunan yağış istasyonlarının verileri kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Verileri kullanılan AGİ'ler 2011 yılına kadar Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİEİ) tarafından işletilmekteyken, 2011 yılında bu idarenin adı ve görev tanımı değiştirilmiş olup, hidrometrik gözlem ile ilgili olan bölümlerinin işletmeciliği Devlet Su İşleri (DSİ) bünyesine geçmiştir. Kullanılan AGİ'ler, ölçüm aralıkları ve onlara ait coğrafi bilgiler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan 28 istasyonun bulundukları yükseklikler 390 ve 1900 m arasında değişmekle beraber, 13 istasyonun yüksekliği 1000 m'nin üzerindedir. Fırat Havzası'na ait aylık toplam yağış verileri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından temin edilmiş olup, kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının (MGİ) ölçüm aralıkları ve coğrafi bilgileri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Buna göre, kullanılan 18 MGİ istasyonunun kotları 488 ile 1715 m arasında değişmekte, 12 istasyonun ise kotu 1000 m'nin üzerindedir. Bu çalışma kapsamında kullanılan Akım Gözlem İstasyonları ve Meteorolojik Gözlem İstasyonları yükseklik haritasında Şekil 3.1 gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma Alanı

Çizelge 3.1. Fırat Havzası'nda kullanılan akım gözlem istasyonları ve coğrafi bilgileri

Sıra	İstasyon No	Adı	Koordinatı	Yükseklik (m)	Veri Aralığı
1	E21A002	PALU	38.4118(K),39.5552(D)	852	1968-2011
2	E21A009	KEMALİYE	39.1554(K),38.3004(D)	810	1937-1974
3	E21A015	MALPINAR	37.2922(K),38.0932(D)	390	1970-2009
4	E21A019	KEMAHBOĞAZI	39.4102(K),39.2337(D)	1123	1956-2016
5	E21A022	TUTAK	39.3219(K),42.4649(D)	1552	1962-2011
6	E21A023	ÇINARKÖY	37.1138(K),41.1814 (D)	560	1969-1993
7	E21A024	YAZIKÖY	38.4023(K),37.2635(D),	1193	1984-2016
8	E21A031	KILAYIK	38.1947(K),38.1238(D)	892	1960-2016
9	E21A032	İNCİRLİ	37.0937(K),39.0202(D)	470	1971-2000
10	E21A033	MELEKBAHÇE	39.0245(K),39.3134(D)	875	1982-2009
11	E21A035	FATOPAŞA	37.5938(K),38.1413(D)	1252	1970-2015
12	E21A036	KOŞMAŞAT	39.532(K),39.4242(D)	1900	1965-2000
13	E21A045	TOHMA SUYU	38.4761 (K),37.6855(D)	933	1963-2011
14	E21A047	DEDİKUŞAĞI	39.204(K),39.1753(D)	1195	1983-1996
15	E21A049	MİKSİSAĞ	39.0637(K),39.3223(D)	896	1982-2011
16	E21A051	DEMİRKAPI(SANSA)	39.3445(K),40.1005(D)	1355	1964-2016
17	E21A054	AŞAĞIKAĞDARİÇ	39.562(K),40.4535(D)	1675	1969-2010
18	E21A056	BAĞIŞTAŞ	39.2605(K),38.2704(D)	865	1976-2011
19	E21A057	KARAKÖPRÜ	38.4702(K),41.2943(D)	1250	1969-2007
20	E21A058	A. RAHMAN PAŞA K.P.	39.063(K),41.2914(D)	1310	1978-2016
21	E21A064	ÇAYAĞZI	38.4831(K),40.3317(D)	990	1980-2015
22	E21A065	HOCAKÖY	37.0832(K),40.303(D)	445	1974-1998
23	E21A066	LOĞMAR	38.513(K),39.4852(D)	845	1970-2011
24	E21A067	DAZLAK	39.2052(K),38.1533(D)	890	1970-1991
25	E21A072	BATMAN KÖPRÜSÜ	39.0609(K),39.3336(D)	896	1982-2006
26	E21A074	AKKONAK	39.0229(K),41.3111(D)	1285	1985-2000
27	E21A076	MUTLU BOĞAZI	39.3529(K),39.5215(D)	1225	1984-2016
28	E21A077	ADIVAR	39.131(K),42.1006(D)	1452	1986-2015

Çizelge 3.2. Fırat Havzası'nda kullanılan meteoroloji gözlem istasyonları ve coğrafi bilgileri

Sıra	İstasyon No	Adı	Koordinatı	Yükseklik (m)	Veri Aralığı
1	17094	ERZİNCAN	39.7523(K),39.4868(D)	1216	1954-2016
2	17099	AĞRI	39.7253(K),43.0522(D)	1646	1962-2011
3	17199	MALATYA	38.3367(K),38.2173(D)	950	1960-2016
4	17204	MUŞ	38.7509(K),41,5023(D)	1322	1969-2007
5	17265	ADIYAMAN	37.7553(K),38.2775(D)	672	1970-2015
6	17270	ŞANLIURFA	37.1608(K),38.2775(D)	550	1971-2000
7	17275	MARDİN	37.3103(K),40.7284(D)	1040	1974-1998
8	17718	TERCAN	39.7769(K),40.3906(D)	1429	1964-2016
9	17734	DİVRİĞİ	39.3618(K),38.1142(D)	1121	1976-2011
10	17736	MAZGİRT	39.0180(K),39.6015(D)	1400	1982-2006
11	17740	HINIS	39.3688(K),41.6957(D)	1715	1986-2015
12	17764	ARAPGİR	39.0405(K),38.4875(D)	1200	1960-1974
13	17774	KARAKOÇAN	38.9425(K),40.0428(D)	1090	1980-1991
14	17778	VARTO	39.1763(K),41.0428(D)	1510	1978-2016
15	17806	PALU	38.6907(K),39.9260(D)	869	1968-2011
16	17808	GENÇ	38.7616(K),40.5577(D)	993	1980-2015
17	17842	DARENDE/BALABAN	38.4728(K),37.5913(D)	1098	1983-2016
18	17948	NUSAYBİN	37.0833(K),41.2343(D)	488	1969-1993

3.2. Yöntem

3.2.1. Çoklu doğrusal regresyon

Çoklu doğrusal regresyon (ÇDR), veri setinde bulunan bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenin değerinin tahmin edilmesi ve hangi bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkilediğini belirlemek amacıyla kullanılan klasik bir yöntemdir.

Çoklu regresyonda, bağımlı değişken *y*, bağımsız değişkenler x_1, x_2,..,x_p olarak ifade edilir. Buna göre;

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + ... + b_jx_j + ... + b_px_p + e \quad (3.1)$$

olarak yazılabilir.

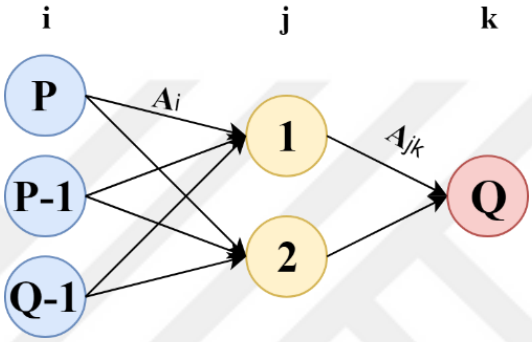
Burada regresyon katsayıları $b_0, b_1, b_2, ..., b_j, ..., b_p$ olarak ifade edilmiştir. Herhangi bir b_j katsayısı, diğer değişkenlerin etkisi ortadan kaldırıldığında, yani diğer değişkenler sabit tutulduğunda, x_j değişkeninde ortaya çıkan bir birimlik değişime karşılık *y* değişkenindeki beklenen değişiklik miktarını verir. Bu nedenle, b_j (*j*=1, 2, …, *p*) parametreleri kısmi regresyon katsayıları olarak adlandırılmaktadır. Denklem (3.1) içerisinde ifade edilen b_0 kesim noktası e ise hata terimini temsil etmektedir (Partal, 2003).

3.2.2. Yapay sinir ağları

Yapay sinir ağları (YSA), nöronların biyolojik modellerinden esinlenilerek geliştirilmiş paralel bilgi işleme yapılarıdır. YSA metotları içerisinde en çok kullanılanı, hataların geriye yayılma (back-propagation) ilkesine göre çalışanıdır. (Lippman, 1987).

Üç katmanlı bir yapay sinir ağı modeli Şekil 3.2.'de verilmiştir. Burada görülen yapay sinir ağı modeli, her katmanda nöronların bulunduğu, girdi katmanı (i), gizli

katman (j) ve çıktı katmanı (k) ile yapılandırılmıştır. Hücre katmanları arasındaki bağlantı ağırlıkları ise A_{ij} ve A_{jk} olarak ifade edilmiştir. Bağlantı ağırlık değerleri başlangıçta rastgele atanır ve eğitme sürecinde elde edilen çıktılarla gözlenen veya ölçülen gerçek çıktı değerleri karşılaştırılarak sürekli değiştirilir ve hataları en aza indirgeyecek bağlantı ağırlık değerlerine yakınsayana kadar hatalar geriye doğru yayılır. Bu tez çalışmasında ağırlıkların ayarlanması için Levenberg-Marquardt yöntemi kullanılmıştır (Marquardt, 1963). En uygun ara katman sayısı da deneme yanılma yöntemi ile ortalama karesel hata parametresine göre belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Durum 3'te kullanılan üç tabakalı örnek bir yapay sinir ağı yapısı

3.2.3. Gen ekspresyon programlama (GEP)

Gen ekspresyon programlama (GEP), genetik bireylerin nüfusunu kullanarak onları uygunluklarına göre seçen ve bir veya daha fazla genetik operatör ile genetik varyasyonu tanıtan genetik algoritma ve genetik programlamaya benzer bir yöntemdir. Genetik algoritmada, girdiler doğrusal ve sabit uzunluktadır, ancak genetik programlamada girdiler farklı uzunluk ve şekillerde olup doğrusal değildir. GEP yönteminde ise girdiler başlangıçta sabit uzunlukta değerlendirilir, daha sonra boyut ve şekilleri doğrusal olmayacak şekilde tanımlanır (Ferreira, 2001). GEP yönteminin uygulamadaki avantajı açık bir yapıya sahip olmasıdır. Bunun yanında GEP modelinin diğer veri odaklı yöntemlere (YSA, ANFIS) göre en güçlü yanı ise fiziksel ilişkiler arasında açık formüller üretebilmesidir (Kişi ve ark., 2012). GEP yönteminde ilk olarak tahmin için, en iyileme yapılacak uygunluk fonksiyonunun seçilmesi gerekmektedir. Uygunluk fonksiyonunun belirlenmesi için bağıl hata, mutlak hata veya belirlilik katsayısı kullanılabilir.

Bu tez çalışması kapsamında GEP yönteminde tahmin modeli tasarlanırken uygunluk fonksiyonu olarak karekök ortalama karesel hata parametresi seçilmiştir. Akım değerlerini tahmin etmek için üç alt fonksiyon kullanılmış ve bu alt fonksiyonların bağlantısı "toplama" işlemi ile yapılmış ve Denklem 3.2'de verilmiş olan ana fonksiyon elde edilmiş olmaktadır.

$$PE = SubET_1 + SubET_2 + SubET_3 \tag{3.2}$$

3.2.4. Performans Kriterleri

Çalışma kapsamında en uygun tahmini yapan modeli belirlemek amacıyla üç değerlendirme kriteri kullanılmıştır. Bunlar, korelasyon katsayısı (R), Ortalama Karesel Hata (OKH) ve Ortalama Mutlak Göreceli Hata (OMGH) parametreleridir. Burada, R değerinin 1 değerine yakın olması, bunun yanında OKH ve OMGH değerlerinin 0'a yakın olması modelin tahmin başarısının arttığını göstermektedir. R, OKH ve OMGH parametreleri Denklem 3.3- 3.5'te verilmiştir.

$$R = \frac{n\sum_{i=1}^{n} Q_G Q_T - \left(\sum_{i=1}^{n} Q_G\right)\left(\sum_{i=1}^{n} Q_T\right)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^{n} {Q_G}^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Q_G\right)^2\right]\left[\sum_{i=1}^{n} {Q_T}^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Q_T\right)^2\right]}} \tag{3.3}$$

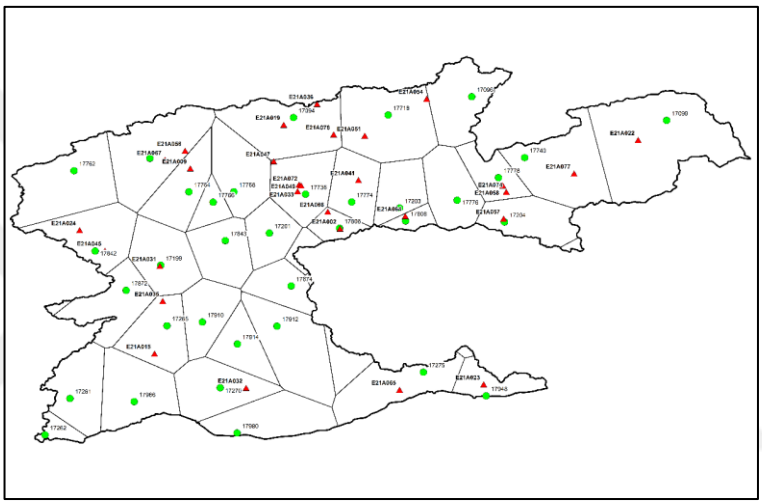
$$OKH = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (Q_G - Q_T)^2 \tag{3.4}$$

$$OMGH = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{Q_G - Q_T}{Q_G}\right) \tag{3.5}$$

Burada, Q_G ve Q_T sırasıyla gözlenen ve tahmin edilen debi değerini ifade etmektedir.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında yağış akış ilişkisinin belirlenebilmesi için istasyonlar öncelikli olarak birbirleri ile eşleştirilmiştir. Bunun için Fırat havzasında bulunan MGİ'larına ait Thiessen çokgenleri oluşturulmuş (Şekil 4.1) ve bu çokgenler içerisinde bulunan AGİ'ye ait aylık ortalama akım değerleri, yine aynı çokgenin içinde bulunan MGİ aylık toplam yağışları ile ilişiklendirilmiştir.



Şekil 4.1. Fırat Havzası'nda bulunan MGİ'lere ait Thiessen çokgenleri

Havzada kullanılan 28 istasyonun akım verilerinin yağış verileri kullanılarak tahmin edilebilmesi için toplam 28 ilişki kurulmuş olup istasyonlar arasındaki ilişkiler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Fırat Havzası istasyon ilişkileri

No	MGİ	AGİ	No	MGİ	AGİ	No	MGİ	AGİ
01	17948	E21A023	*11*	17764	E21A009	*21*	17718	E21A054
02	17275	E21A065	*12*	17736	E21A072	*22*	17718	E21A051
03	17270	E21A032	*13*	17736	E21A047	*23*	17808	E21A064
04	17265	E21A035	*14*	17736	E21A049	*24*	17204	E21A057
05	17265	E21A015	*15*	17736	E21A033	*25*	17778	E21A058
06	17199	E21A031	*16*	17806	E21A002	*26*	17778	E21A074
07	17842	E21A045	*17*	17806	E21A066	*27*	17740	E21A077
08	17842	E21A024	*18*	17094	E21A076	*28*	17099	E21A022
09	17734	E21A067	*19*	17094	E21A036			
10	17734	E21A056	*20*	17094	E21A019			

Çalışma kapsamında yağış verilerinden akım verilerini tahmin etmek için beş farklı model kurulmuştur. Kurulan modeller Çizelge 4.2'de verilmiştir. Buna göre, DM01 için aylık akım değerini tahmin etmek için sadece aylık toplam yağış verileri (P), DM02'de P değerinin yanısıra bir önceki ayın akım verileri (Q-1), DM03'te bir önceki ayın toplam yağış verileri (P-1), DM04'te iki ay önceki aylık toplam yağış verileri (P-2), DM05'te ise üç ay önceki aylık toplam yağış verileri (P-3) kullanılarak akım verileri Q tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, Çizelge 4.2'de parantez içerisinde verilen kısaltmalar GEP'te kullanılan girdi parametrelerini göstermektedir.

Çizelge 4.2. Akım tahminin kullanılan model girdi ve çıktı parametreleri

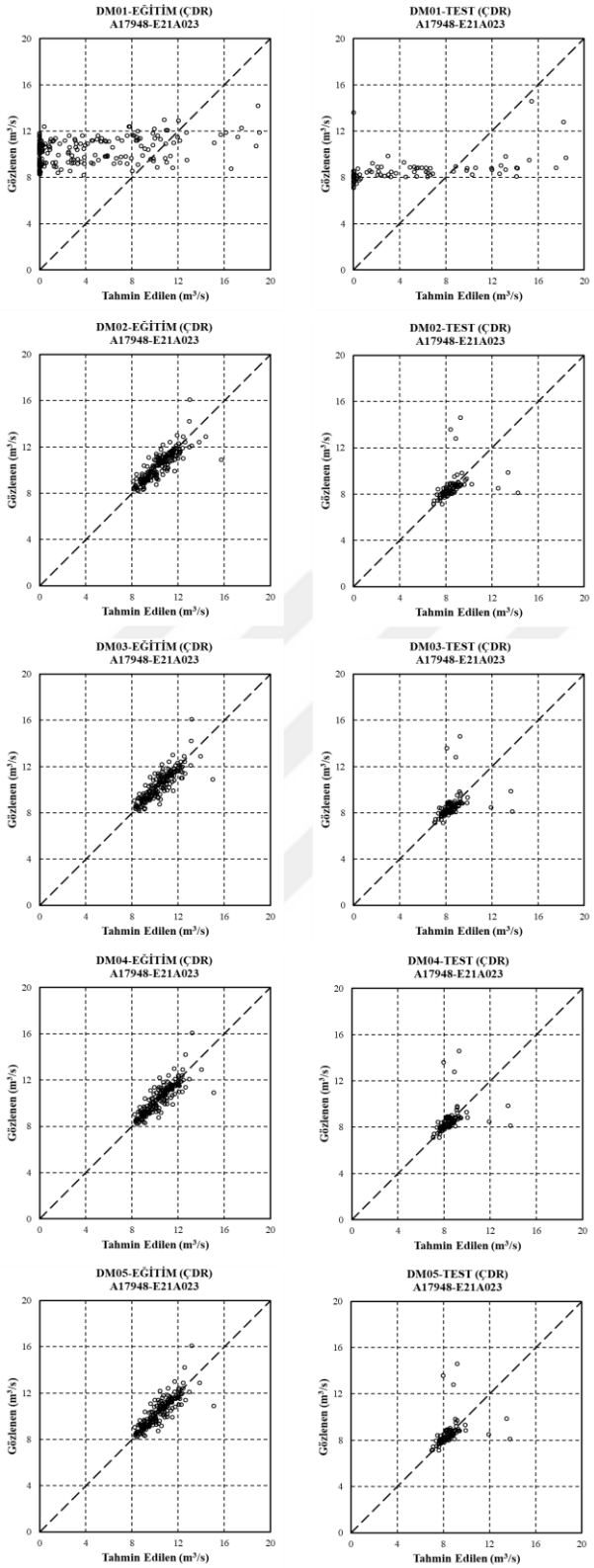
Durum	**Girdi**	**Çıktı**
DM01	P (d_0)	Q
DM02	P, Q-1 (d_1)	Q
DM03	P, P-1 (d_2), Q-1	Q
DM04	P, P-1, P-2 (d_3), Q-1	Q
DM05	P, P-1, P-2, P-3 (d_4), Q-1	Q

4.1. 17948-E21A023 İçin Yağış-Akış İlişkisi

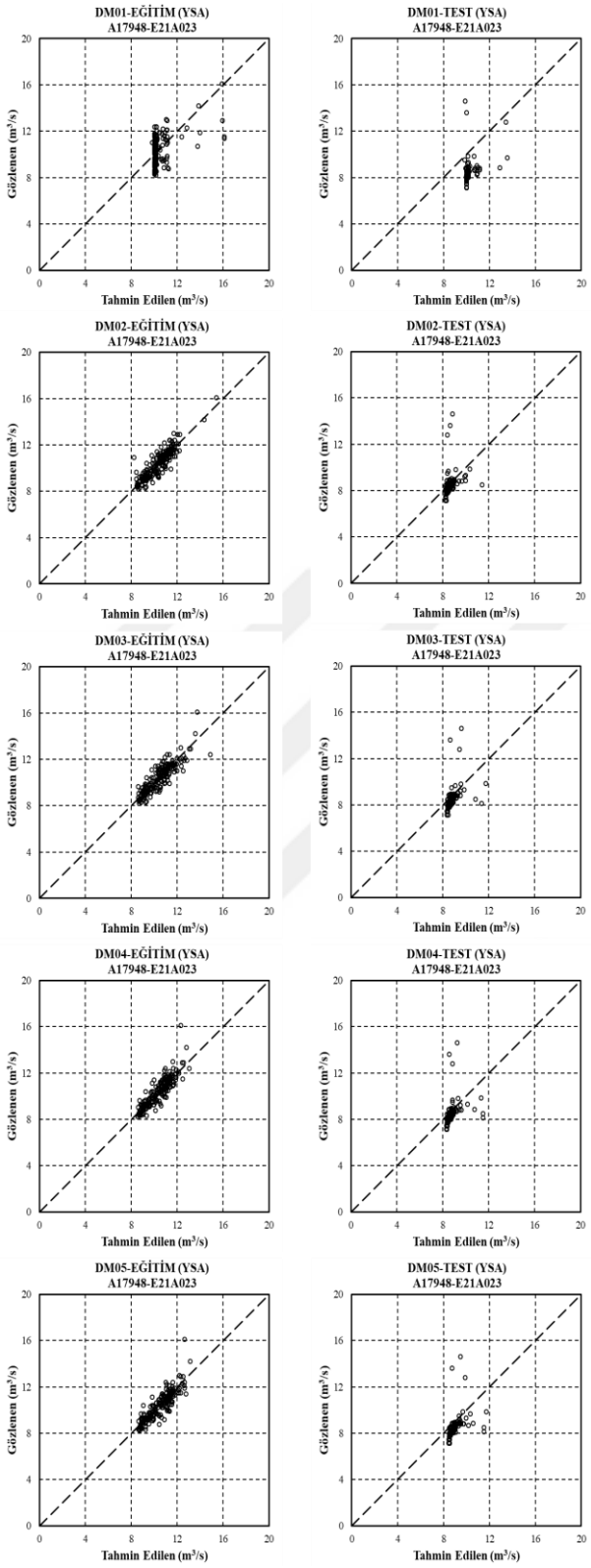
E21A023'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için Çizelge 4.2'de verilmiş olan girdi parametrelerine göre beş farklı durum için, ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmiştir. YSA yönteminin yanında parantez içerisinde yazılan değer deneme yanılma yöntemi ile en düşük OKH değerine göre belirlenen ara katman sayısını ifade etmektedir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede başarısının düşük olduğu görülmektedir. Burada korelasyon katsayısının 0.094 ile 0.375 arasında değiştiği, ayrıca OKH değerinin de en düşük 1.165 $(m^3/s)^2$ olduğu görülmektedir. Beş farklı durum üç farklı yönteme göre en başarılı modelin Durum 3'te YSA yöntemi olduğu belirlenmiş olup, ara katman sayısı 10 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17948-E21A023)

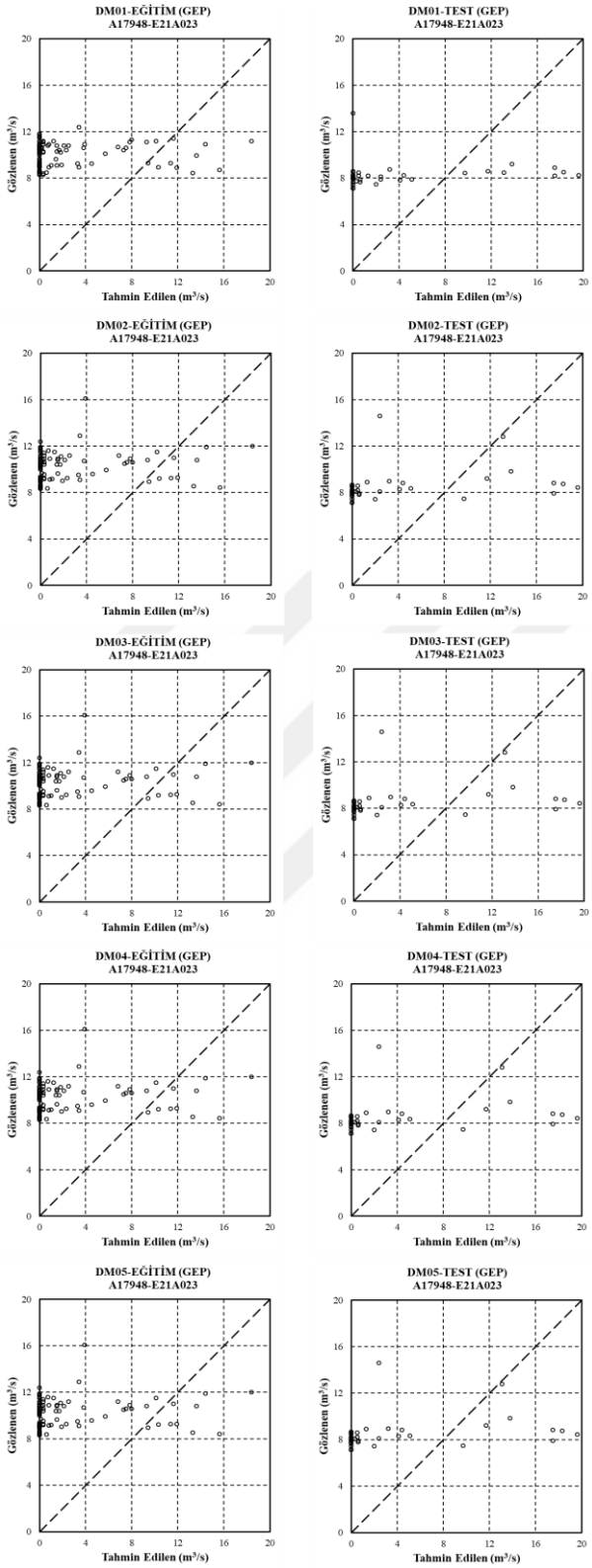
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.416***	***60.247***	***6.941***	***0.483***	***40.419***	***5.802***
YSA (9)	0.416	1.397	0.983	0.334	4.144	1.913
GEP	0.416	2762.326	34.887	0.483	2722.860	34.743
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.842***	***0.470***	***0.454***	***0.325***	***1.697***	***0.612***
YSA (9)	0.893	0.285	0.391	0.274	1.200	0.587
GEP	0.233	2780.314	34.973	0.094	2761.046	34.862
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.853	0.414	0.424	0.308	1.636	0.606
YSA (10)	***0.883***	***0.314***	***0.399***	***0.375***	***1.165***	***0.651***
GEP	0.233	2780.314	34.973	0.094	2761.046	34.862
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.855***	***0.406***	***0.408***	***0.308***	***1.623***	***0.596***
YSA (3)	0.887	0.304	0.372	0.270	1.327	0.681
GEP	0.233	2780.314	34.973	0.094	2761.046	34.862
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.855	0.405	0.405	0.306	1.629	0.595
YSA (8)	***0.881***	***0.322***	***0.396***	***0.373***	***1.342***	***0.770***
GEP	0.233	2780.314	34.973	0.094	2761.046	34.862



Şekil 4.2. E21A023 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

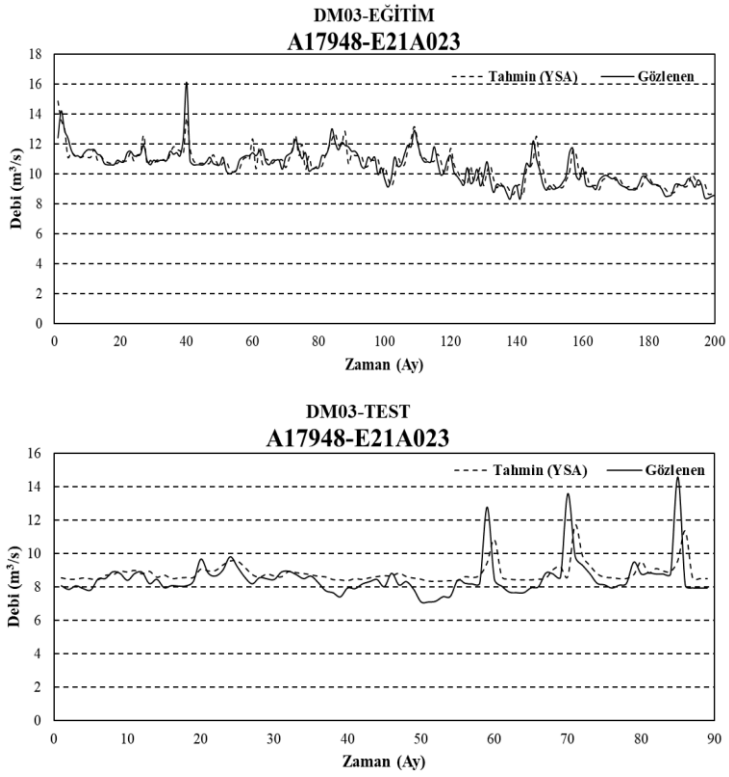


Şekil 4.3. E21A023 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.4. E21A023 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A023 istasyonunu tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.2'de, YSA için Şekil 4.3'te, GEP için Şekil 4.4'te verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde DM01 dışında kalan modellerde ÇDR ve YSA başarılı sonuç verseler de test sürecinde tahmin yetenekleri kısıtlı kalmıştır. GEP yöntemi ise tüm modellerde eğitim ve test sürecinde akım değerlerini tahmin etmede yetersiz kalmıştır. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM03'de elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılımı Şekil 4.5'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 8 m^3/s ile 16 m^3/s aralığında olup, özellikle 8 m^3/s -14 m^3/s arasındaki değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise YSA yöntemi ile DM03 de elde edilen değerler incelendiğinde 8 m^3/s -12 m^3/s aralığında gözlenen değerlerde kısmen de olsa başarı olmuş yüksek değerlere yakınsamada yetersiz olmuştur.



Şekil 4.5. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı E21A023)

4.2. 17275-E21A065 İçin Yağış-Akış İlişkisi

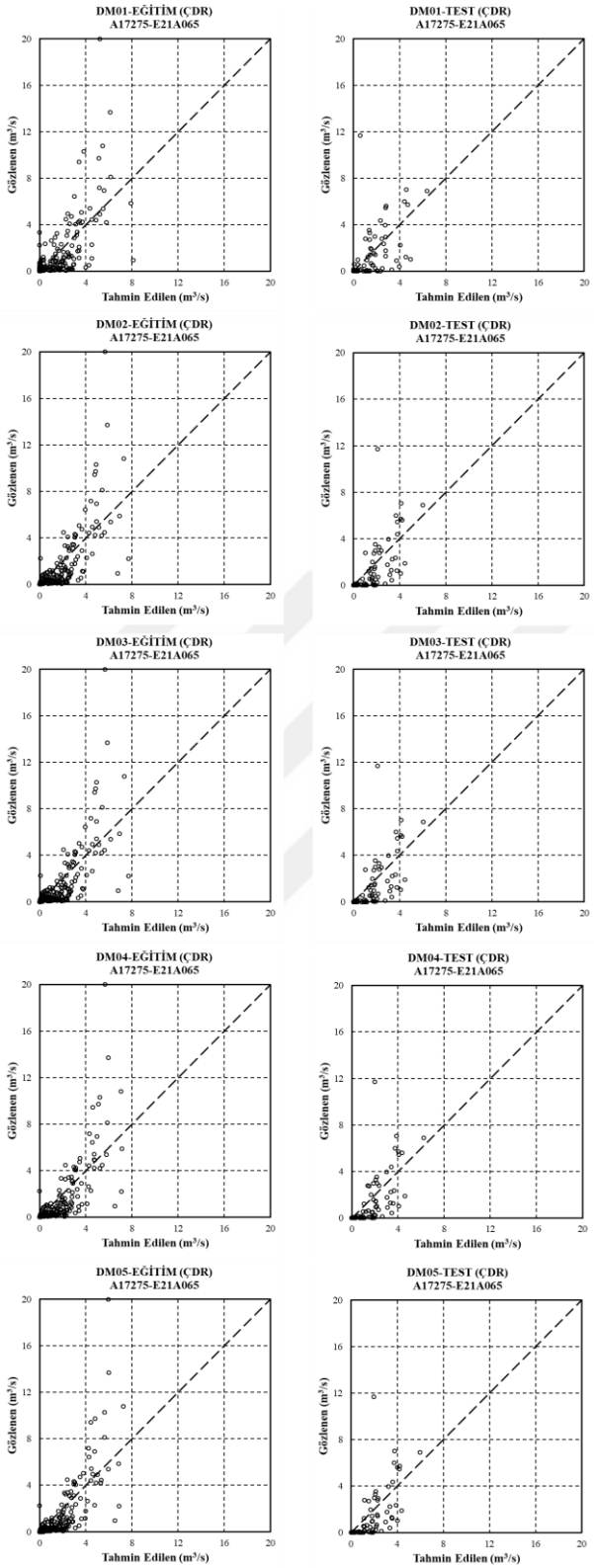
E21A065'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.4'te verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 5'te 0.797 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 1.611 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, sadece yağışın girdi parametresi olarak alındığı Durum 1'de en başarılı model 0.560 korelasyon ve 2.985 $(m^3/s)^2$ ile GEP modeli ile belirlenmiştir. GEP modeli ile sadece yağıştan akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.1'de verilmiştir.

$$Q = \sqrt[3]{\sin\left(-0.317\sqrt{d_0}\right)} + \sqrt[9]{\sin\left(-0.317\sqrt{d_0}\right)} + 0.83\sqrt[4]{d_0} \qquad 4.1$$

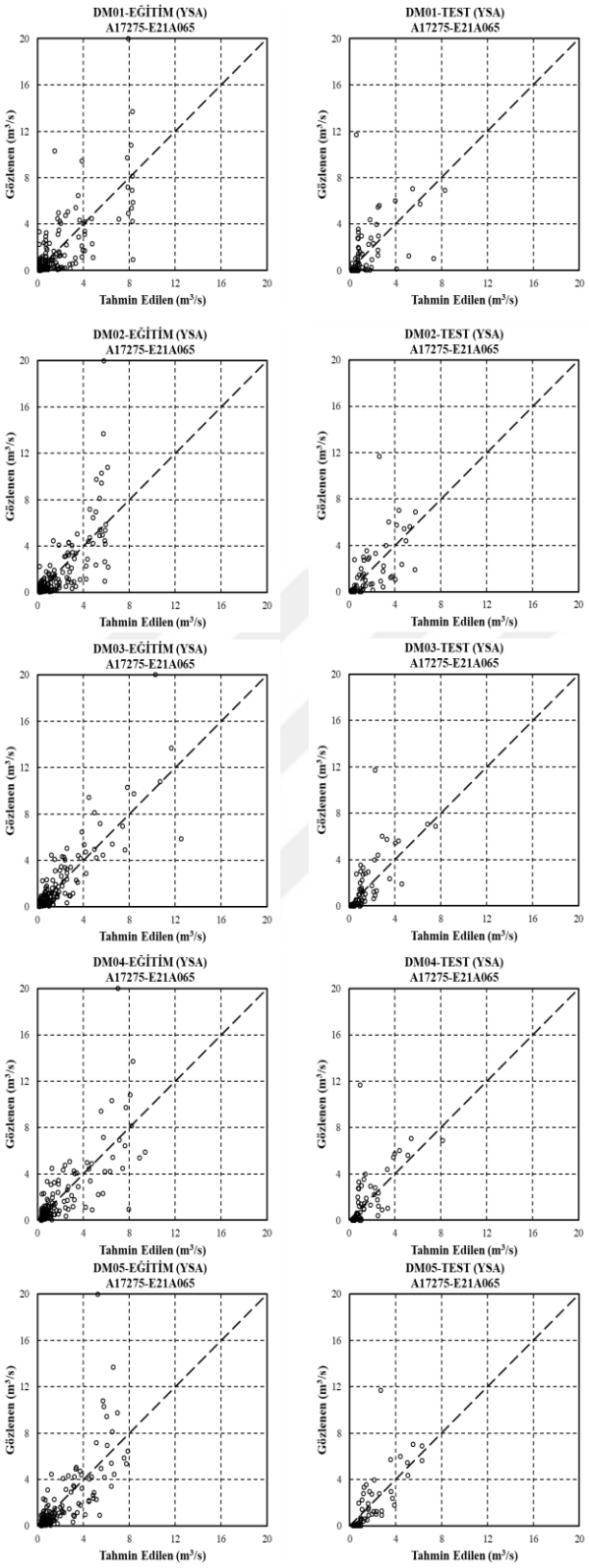
Yağış verisinin yanına Q-1 parametresinin eklenmesi ile elde edilen Durum 2'de ise korelasyon katsayısı bariz bir şekilde artmış ve GEP için, 0.560'tan 0.624'e, ÇDR için 0.554'ten 0.675'e, YSA için ise 0.541'tan 0.707 değerine çıkmıştır. Burada Q-1'in akım üzerinde bariz bir etkisinin olduğu görülmektedir. Bunun yanında, P-1'in akım üzerine etkisinin sınırlı olduğu, yani model başarısını bariz bir şekilde arttırmadığı Durum 3'teki OKH değerleri incelendiğinde anlaşılmaktadır. Durum 4'te ise P-2'nin akımı tahmin etmede olumlu etkisinin olmadığı, Durum 5'te modelin girdi parametrelerine eklenen P-3'ün ise akımı tahmin etmede olumlu etki sergilediği görülmüştür.

Çizelge 4.4. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17275-E21A065)

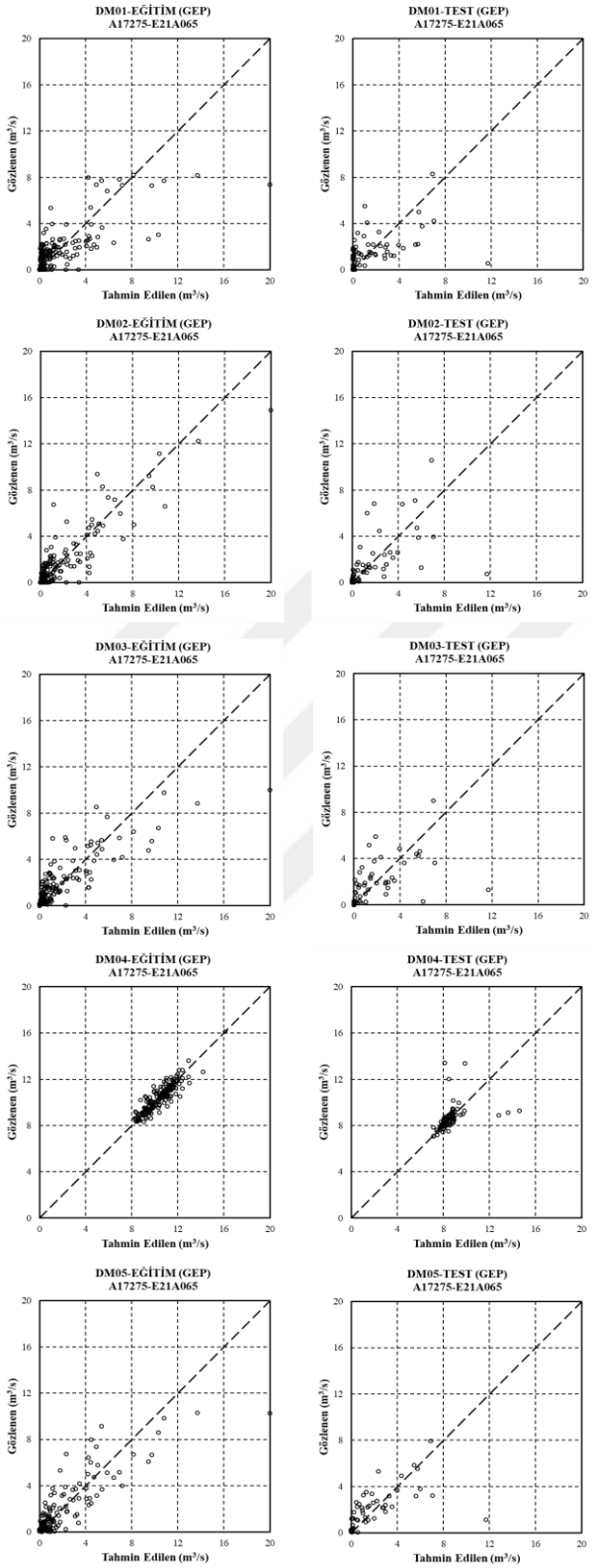
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.680	3.468	0.997	0.554	3.040	0.957
YSA (6)	0.739	2.949	0.903	0.541	3.185	0.962
GEP	***0.762***	***2.718***	***0.932***	***0.560***	***2.985***	***0.952***
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.736	3.001	0.907	0.675	2.349	0.895
YSA (2)	***0.768***	***2.682***	***0.782***	***0.707***	***2.131***	***0.844***
GEP	0.896	1.272	0.651	0.624	3.006	0.796
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.736	3.001	0.907	0.675	2.350	0.895
YSA (7)	***0.882***	***1.458***	***0.603***	***0.753***	***1.875***	***0.739***
GEP	0.842	1.913	0.768	0.614	2.996	0.980
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.745	2.953	0.930	0.667	2.423	0.953
YSA (1)	***0.803***	***2.296***	***0.770***	***0.707***	***2.125***	***0.787***
GEP	0.906	0.256	0.350	0.367	1.442	0.570
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.753	2.923	0.951	0.665	2.455	0.993
YSA (3)	***0.778***	***2.584***	***0.831***	***0.797***	***1.611***	***0.771***
GEP	0.872	1.551	0.698	0.693	2.244	0.768



Şekil 4.6. E21A065 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

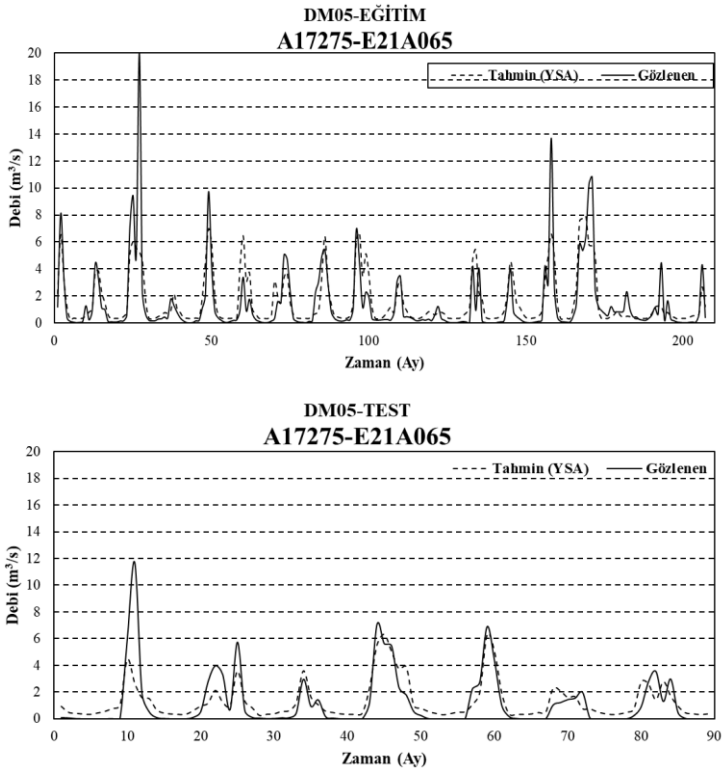


Şekil 4.7. E21A065 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.8. E21A065 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A065 istasyonunu tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.6'de, YSA için Şekil 4.7'te, GEP için Şekil 4.8'te verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde Çizelge 4.4'te ki modellerde ÇDR, YSA ve GEP başarılı sonuç verseler de Durum 4'te GEP model sonuç olarak test sürecinde tahmin sonuçları kısıtlı kalmıştır. ÇDR, YSA ve GEP yöntemi tüm modellerde eğitim ve test sürecinde akım değerler tatmin edici olmuştur. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM05'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılımı Şekil 4.9'da verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 0.1 ile 8 aralığın da olup, özellikle 0.1 m^3/s - 6 m^3/s arasındaki değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise YSA yöntemi ile DM05 de elde edilen değerler incelendiğinde 0,1 m^3/s - 8 m^3/s aralığında gözlenen değerlerde kısmen de olsa başarılı olmuş olsa da yüksek değerlere yakınsamada yetersiz olmuştur.



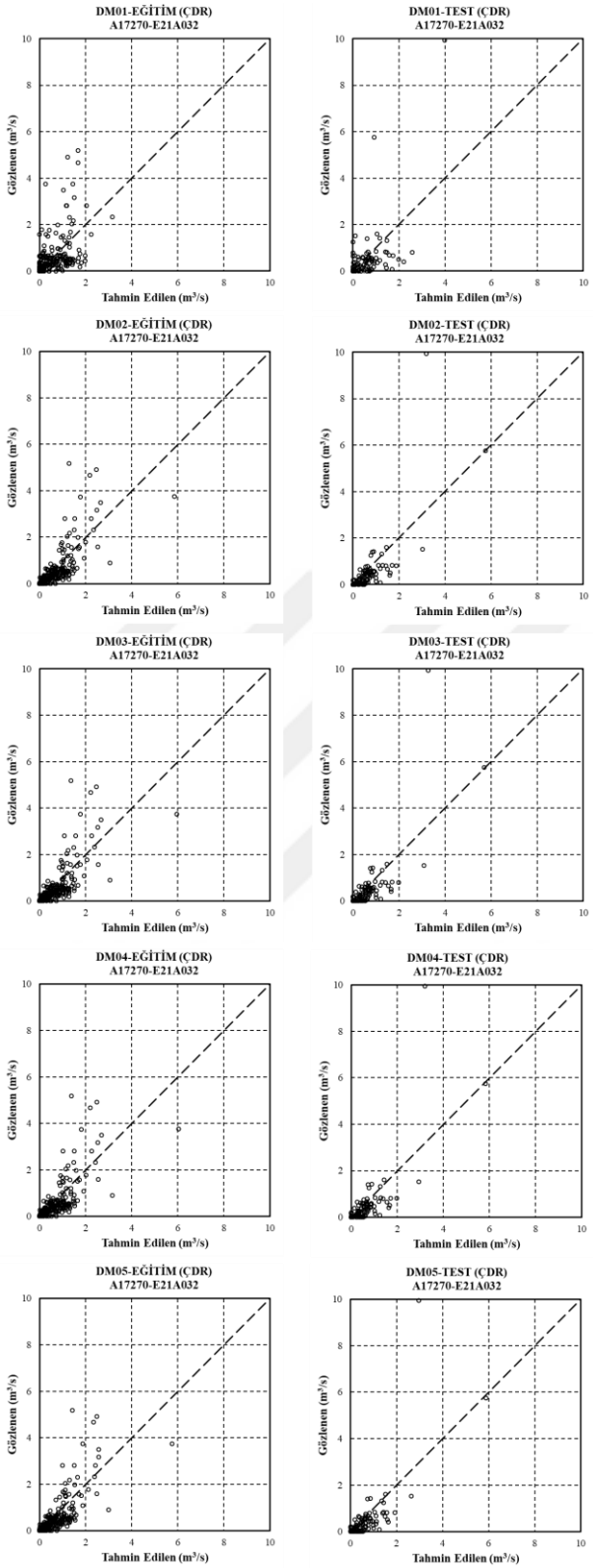
Şekil 4.9. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A065)

4.3. 17270-E21A032 İçin Yağış-Akış İlişkisi

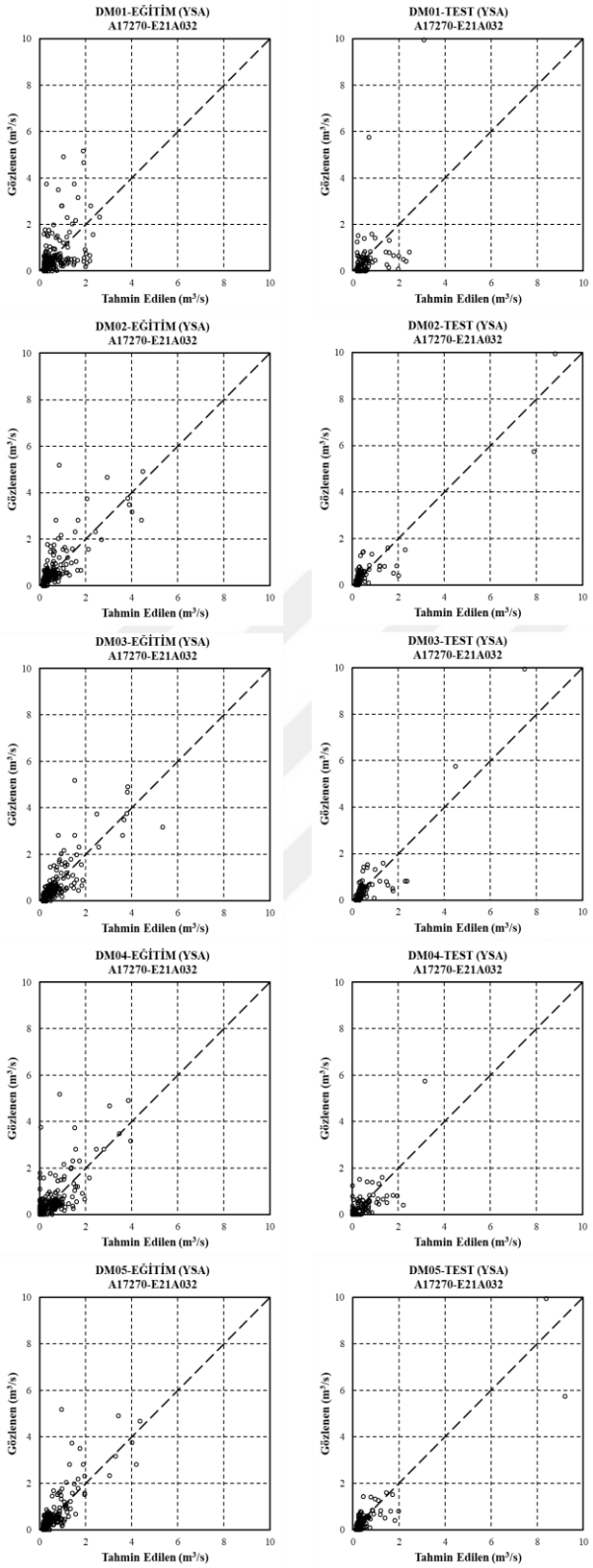
E21A032'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile yapılan analizlere göre eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.5'te verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede, YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 2'de 0.935 olarak ve OKH değerinin ise 0.177 $(m^3/s)^2$ olarak YSA yöntemi ile belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Durum 1'de en başarılı model 0.587 korelasyon ve 0.830 $(m^3/s)^2$ ÇDR modeli ile belirlenirken, Durum 3, Durum 4 ve Durum 5'te korelasyon değerleri sırasıyla 0.920, 0.910 ve 0.921 YSA yöntemleri ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17270-E21A032)

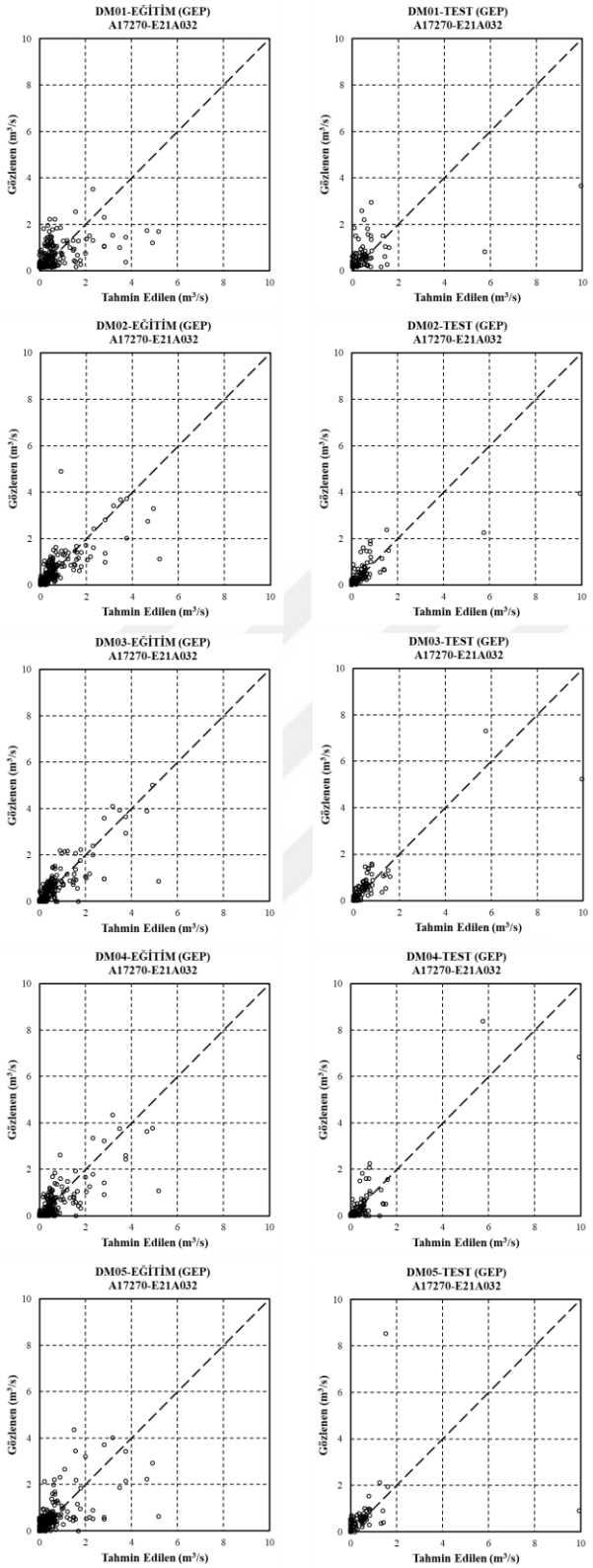
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.489***	***0.853***	***0.445***	***0.587***	***0.830***	***0.432***
YSA (3)	0.505	0.828	0.451	0.493	0.962	0.462
GEP	0.491	0.842	0.466	0.546	0.901	0.468
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.729	0.529	0.341	0.747	0.581	0.321
YSA (4)	***0.884***	***0.244***	***0.275***	***0.935***	***0.177***	***0.260***
GEP	0.853	0.305	0.283	0.792	0.555	0.298
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.728	0.528	0.341	0.748	0.576	0.320
YSA (6)	***0.901***	***0.212***	***0.272***	***0.920***	***0.223***	***0.285***
GEP	0.885	0.240	0.255	0.872	0.306	0.227
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.728	0.527	0.341	0.745	0.579	0.316
YSA (7)	***0.820***	***0.377***	***0.324***	***0.910***	***0.228***	***0.275***
GEP	0.863	0.298	0.297	0.876	0.307	0.266
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.739	0.515	0.357	0.732	0.610	0.330
YSA (5)	***0.894***	***0.239***	***0.272***	***0.921***	***0.236***	***0.272***
GEP	0.738	0.512	0.411	0.514	2.383	0.501



Şekil 4.10. E21A032 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

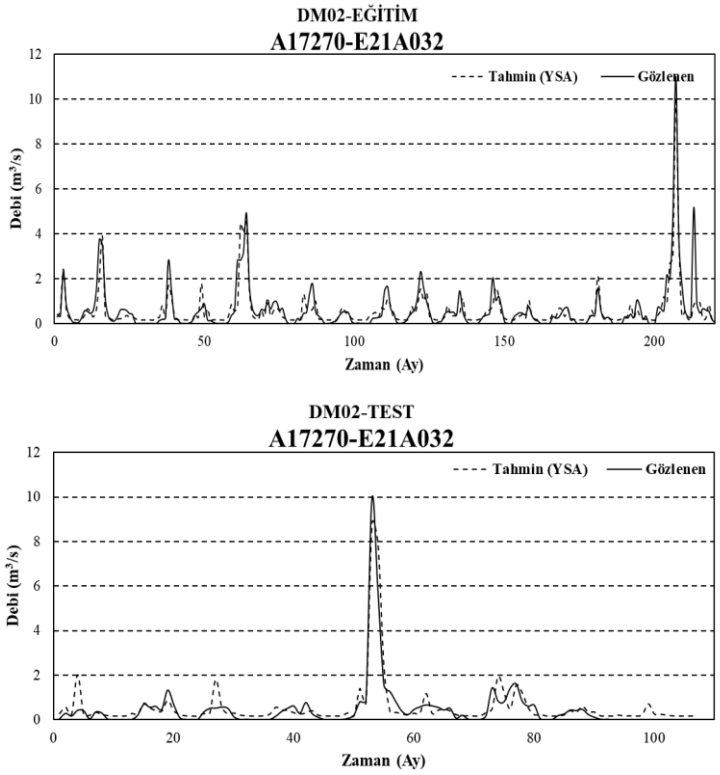


Şekil 4.11. E21A032 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.12. E21A032 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A032 istasyonunu tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.10'da, YSA için Şekil 4.11'de, GEP için Şekil 4.12'de verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP modelleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM02'de elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılımı Şekil 4.13'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 0 m^3/s ile 11 m^3/s aralığında olup, özellikle 0.1 m^3/s değerinden yüksek akım değerlerini tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.13. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A032)

4.4. 17265-E21A035 İçin Yağış-Akış İlişkisi

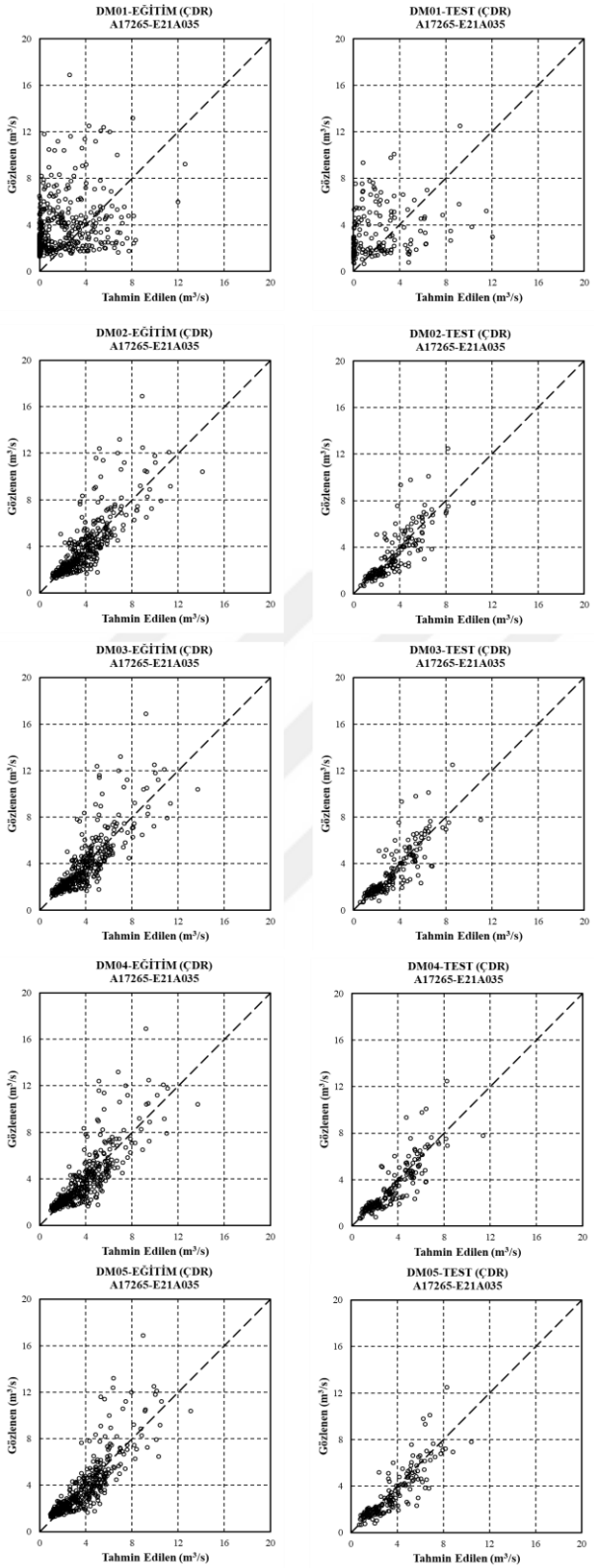
E21A035'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile gerçekleştirilen analizlerde eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede YSA, ÇDR ve GEP analiz sonuçları yakın benzerlik göstermişse de ÇDR yönteminin YSA ve GEP yöntemine kıyasla başarılı olduğu görülmüştür. Eğitim sürecinde ve test sürecinde gözlenen ve tahmin edilen veriler yüksek benzerlik göstermiş, korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 5'te 0.864 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 1.240 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. ÇDR yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen ifade Denklem 4.2' de verilmiştir.

$$Q = 0.012d_0 + 0.623d_1 + 0.003d_2 + 0.003d_3 + 0.007d_4 \quad (4.2)$$

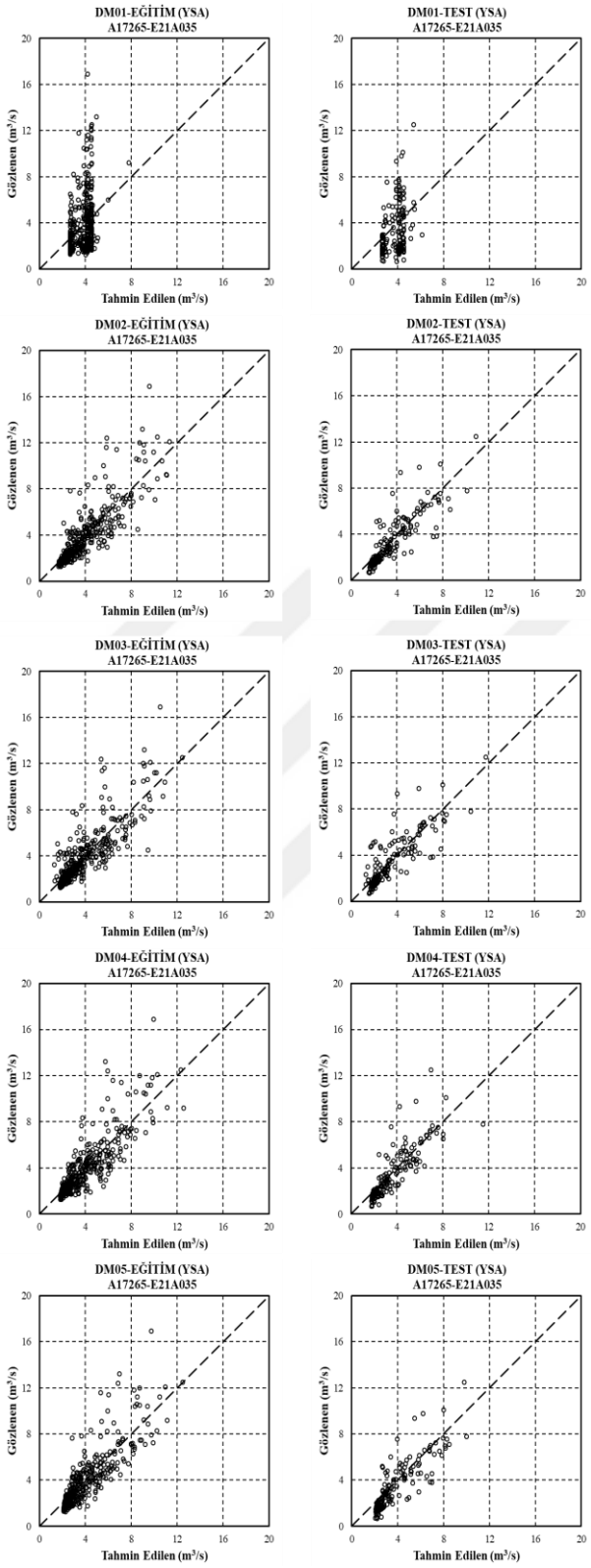
Durum 1'de en başarılı model 0.347 korelasyon ve 4.157 $(m^3/s)^2$ YSA yöntemi ve ara katman sayısı 6 olarak belirlenirken diğer Durum 2, Durum 3 ve Durum 4'te ise korelasyon değerleri sırasıyla 0.857 (YSA), 0.859 (GEP), 0.856 (GEP) yöntemleri ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17265-E21A035)

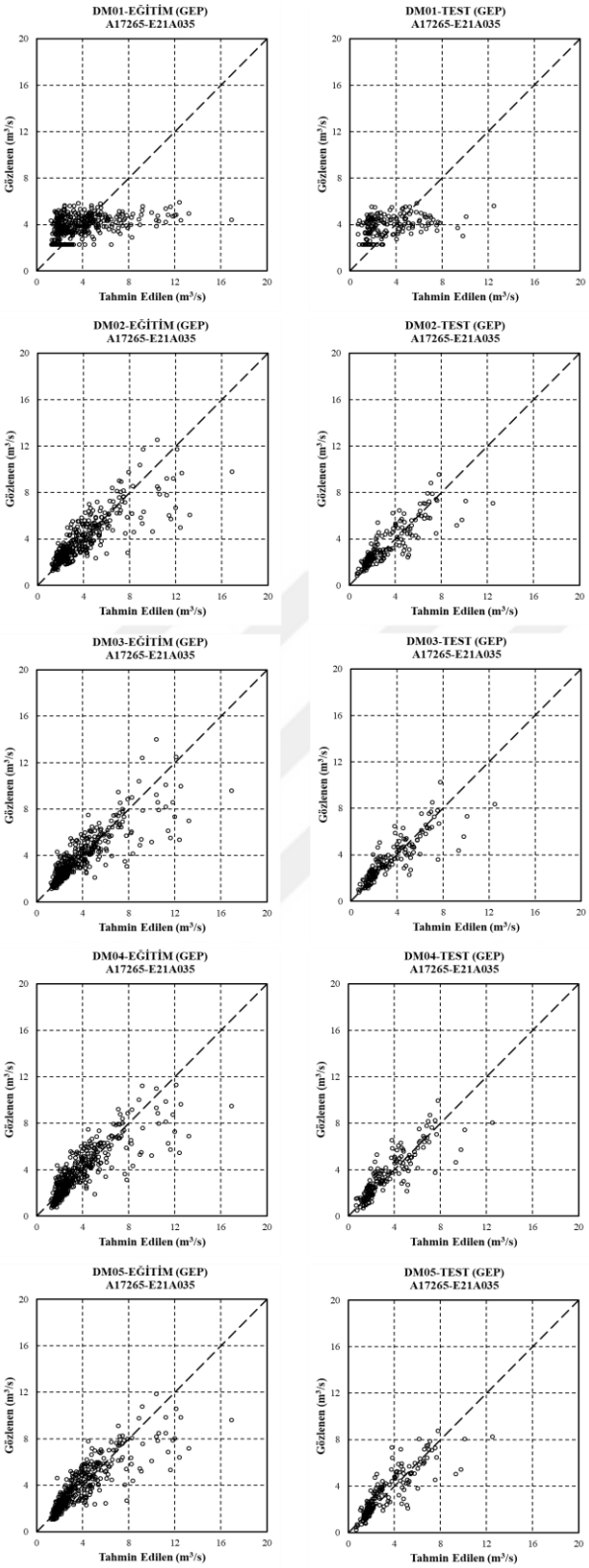
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.270	11.178	2.657	0.250	9.574	2.481
YSA (6)	***0.333***	***5.244***	***1.621***	***0.347***	***4.157***	***1.672***
GEP	0.392	4.987	1.598	0.339	4.316	1.689
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.814	1.992	0.882	0.821	1.500	0.827
YSA (5)	***0.855***	***1.588***	***0.786***	***0.857***	***1.256***	***0.764***
GEP	0.834	1.799	0.854	0.847	1.307	0.808
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.820	1.934	0.869	0.825	1.475	0.795
YSA (5)	0.843	1.709	0.814	0.840	1.367	0.775
GEP	***0.844***	***1.699***	***0.789***	***0.859***	***1.204***	***0.715***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.827	1.869	0.859	0.850	1.302	0.752
YSA (8)	0.855	1.590	0.794	0.851	1.281	0.746
GEP	***0.842***	***1.716***	***0.842***	***0.856***	***1.247***	***0.747***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.839***	***1.744***	***0.861***	***0.864***	***1.240***	***0.782***
YSA (7)	0.855	1.596	0.845	0.859	1.334	0.869
GEP	0.848	1.660	0.844	0.850	1.291	0.793



Şekil 4.14. E21A035 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

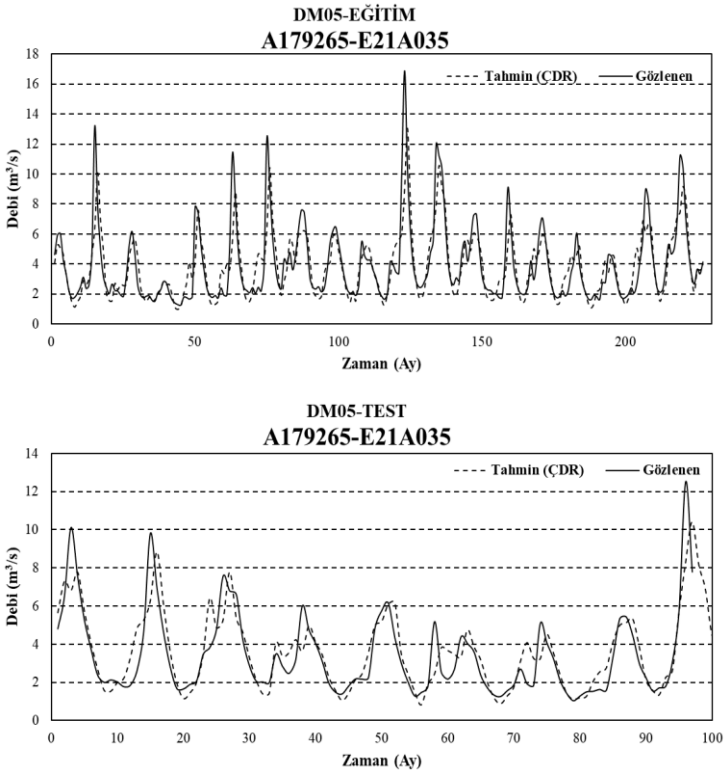


Şekil 4.15. E21A035 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.16. E21A035 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A035 istasyonu tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.14'de, YSA için Şekil 4.15'te, GEP için Şekil 4.16'da verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleriyle elde edilen sonuçlar ile test sürecinde elde edilen sonuçlar, akımı tahmin etmede saçılımları birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. Ayrıca elde edilen akım değerleri ile gözlenen değerler ÇDR, YSA ve GEP deki tüm modellerde uyumlu oldukları görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini ÇDR yöntemi ile DM05'de gözlenen grafikte değerlerin zamansal dağılımı Şekil 4.17' de verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerlerin gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 1 m^3/s ile 18 m^3/s aralığında olup özellikle 1 m^3/s değerinden yüksek değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise gözlenen debi değerlerine yakınsamalarda genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.17. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A035)

4.5. 17265-E21A015 İçin Yağış-Akış İlişkisi

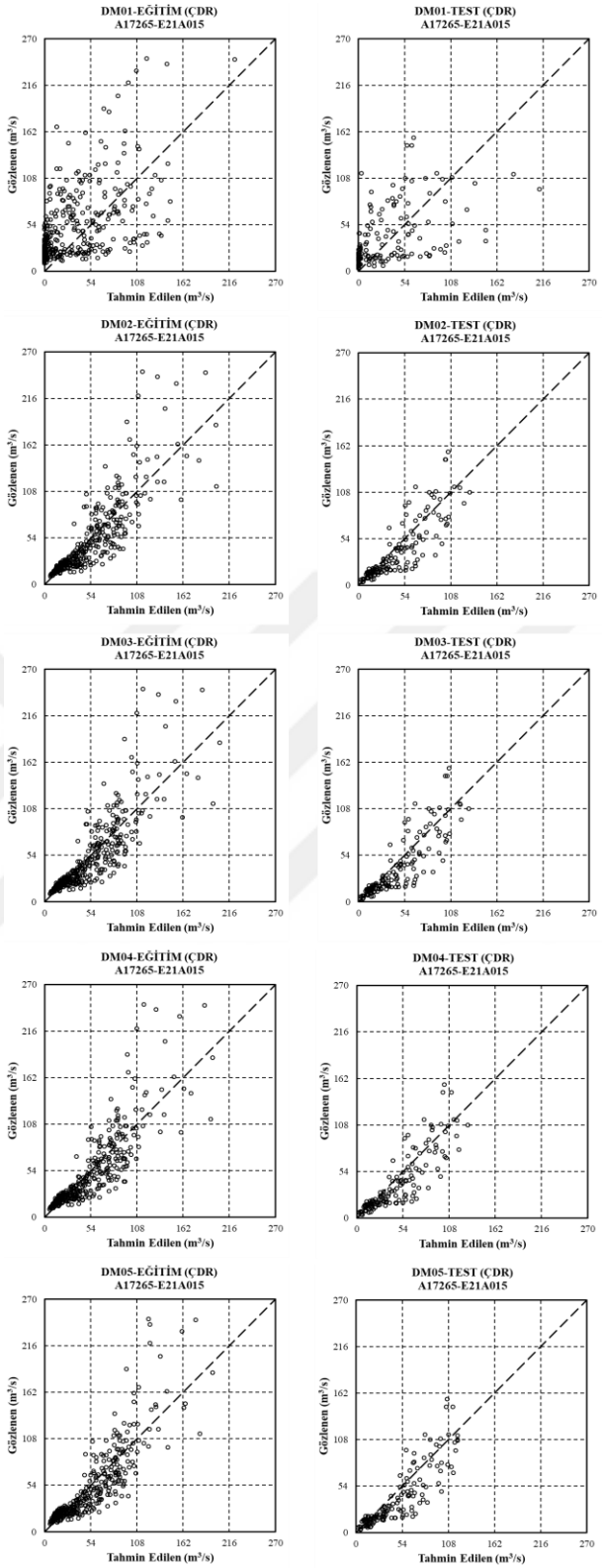
E21A015'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile yapılan analizlere göre eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.7' de verilmiştir. Buna göre ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede GEP yönteminin YSA ve ÇDR yöntemine kıyasla başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 2' de olarak 0.892 ve OKH değerlerinin ise 247.028 (m^3/s $)^2$ olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. GEP modeli ile yağış (P) ve bir ay önceki akım (Q-1) değerinden akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklemi 4.3' de verilmiştir.

$$Q = -0.07\left(\sqrt[3]{d_1^{\,4}} - \sqrt[3]{d_0^{\,3}}\right) + \left[1.10d_1 - 2.82\right] - \frac{0.15\left(d_1 - d_0\right)}{\left(\frac{d_1 + 9.96}{d_1 - 9.96}\right)} \qquad 4.3$$

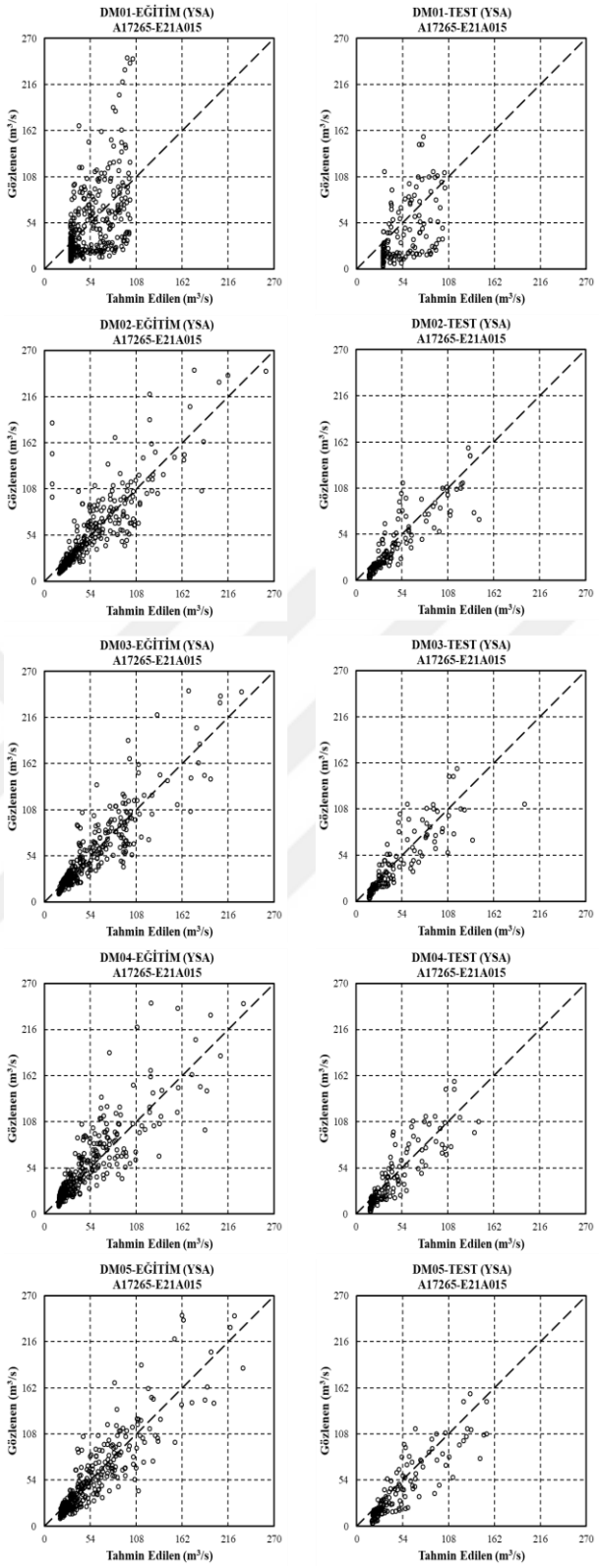
Durum 1'de başarılı model 0.516 korelasyon ve 1080.111 (m^3/s $)^2$ OKH değerlerine sahip YSA yöntemi ile ara katman sayısı 2 olarak belirlenirken, Durum 3, Durum 4 ve Durum 5' deki model değerleri sırasıyla 0.885 (GEP), 0.878 (GEP) ve 0.885 (YSA) yöntemleri ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17265-E21A015)

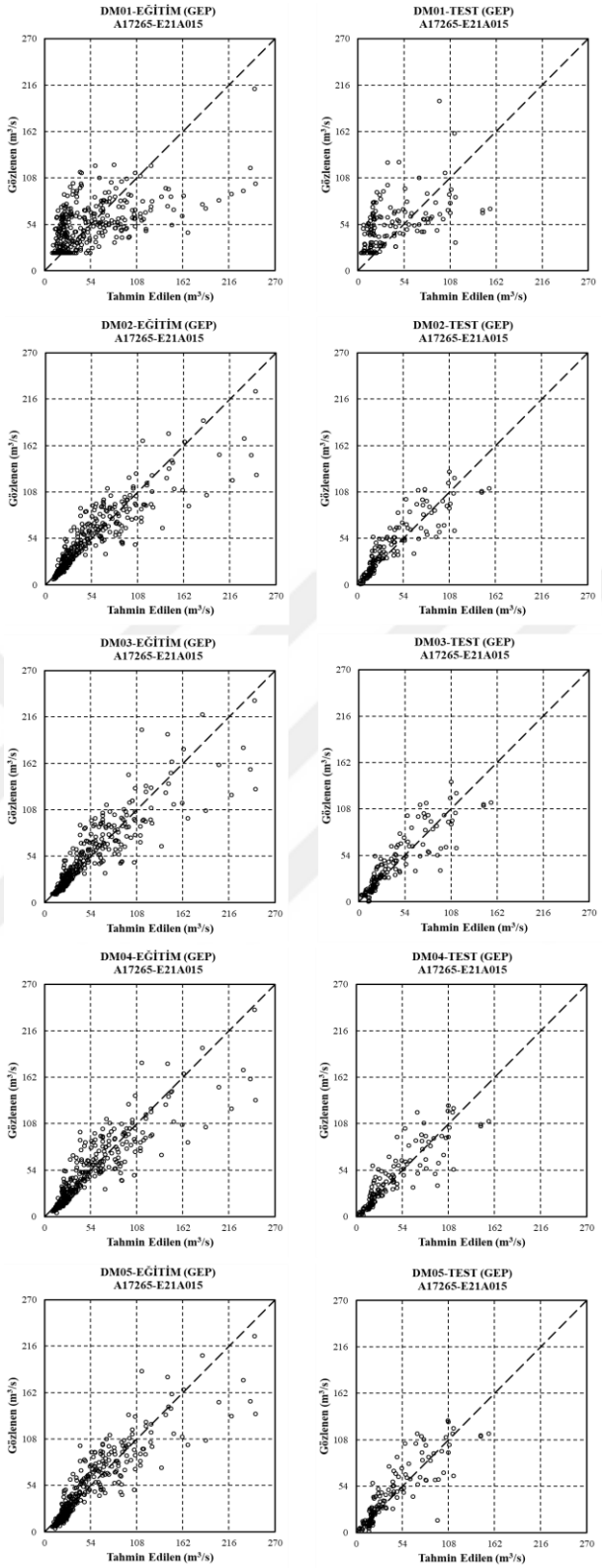
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.525	2016.531	34.212	0.491	1463.185	28.810
YSA (2)	***0.511***	***1502.201***	***27.616***	***0.516***	***1080.111***	***27.008***
GEP	0.549	1421.376	26.278	0.510	1149.362	26.471
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.851	562.158	14.711	0.854	351.171	13.001
YSA (7)	0.794	757.634	13.667	0.885	282.360	12.037
GEP	***0.890***	***429.956***	***12.184***	***0.892***	***247.028***	***10.992***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.852	560.148	14.694	0.858	344.727	13.028
YSA (5)	0.902	378.495	11.763	0.862	327.966	12.655
GEP	***0.889***	***424.374***	***12.178***	***0.885***	***261.402***	***11.032***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.854	552.113	14.722	0.866	338.483	12.964
YSA (5)	0.874	501.218	13.660	0.876	273.493	12.029
GEP	***0.887***	***437.582***	***12.764***	***0.878***	***278.891***	***10.962***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.864	522.384	14.644	0.870	358.200	13.806
YSA (3)	***0.897***	***397.670***	***13.006***	***0.885***	***346.467***	***14.065***
GEP	0.894	409.656	12.677	0.868	323.497	12.085



Şekil 4.18. E21A015 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

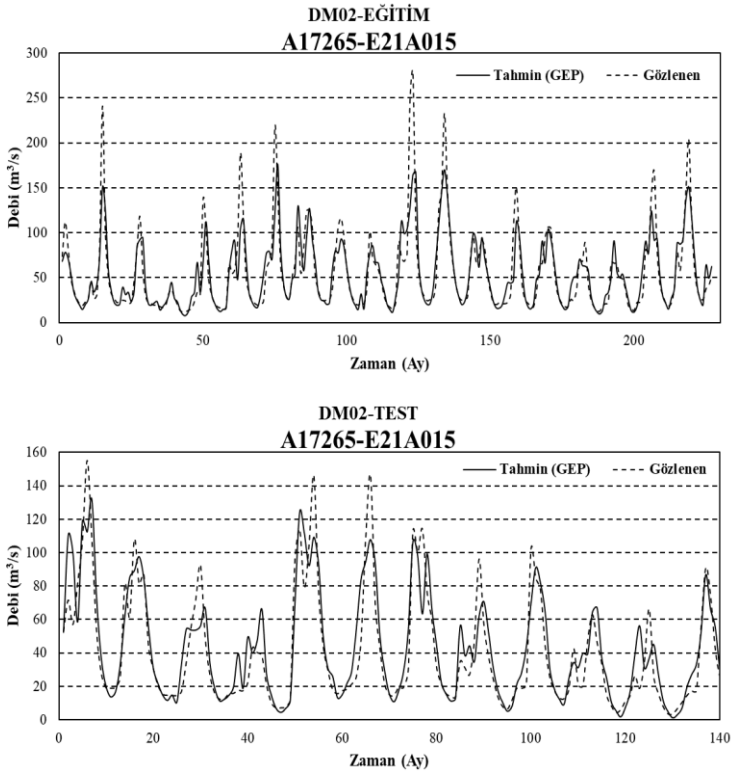


Şekil 4.19. E21A015 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.20. E21A015 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A015 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.18'de, YSA için Şekil 4.19'te, GEP için Şekil 4.20'te verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen grafik saçılım sonuçları benzerlik olup akımı tahmin etmede birbirileri ile uyumlu grafik sergilemektedir. Ayrıca, ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri tüm modellerde elde edilen akım değerleri gözlenen değerler ile uyumlu oldukları görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM2'de elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.21'de verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlere kısmi olarak yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 10 m^3/s ile 160 m^3/s aralığında olup, 10 m^3/s değerinden yüksek değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınlık gösterip genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.21. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A015)

4.6. 17199-E21A031 İçin Yağış-Akış İlişkisi

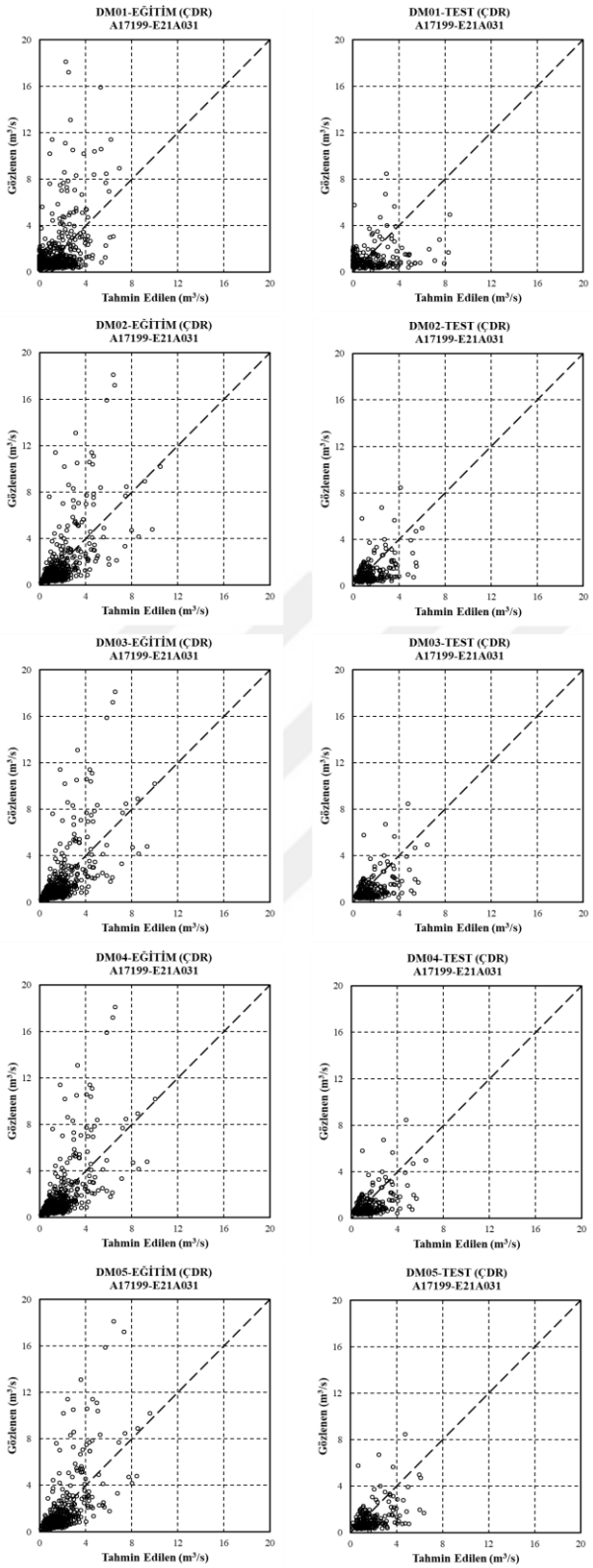
E21A031'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.8'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 5'te 0.635 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 1.239 $(m^3/s)^2$ olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. DM05 modelinde girdi parametresi P, P-1, P-2, P-3 ve Q-1 veriler girilerek GEP yöntemi ile akımı tahmin edilmiştir. GEP yöntemi ile elde edilen formül Denklem 4.4'te verilmiştir.

$$Q = (-5.89) + \left(\ln(d_4 + 5.89)(-1.42)\right) + \sqrt[4]{11.94 d_1 (d_0 + 8.34)} + \sqrt[9]{\sin\left(\frac{(d_0 d_1)}{-5.88915}\right)} \qquad 4.4$$

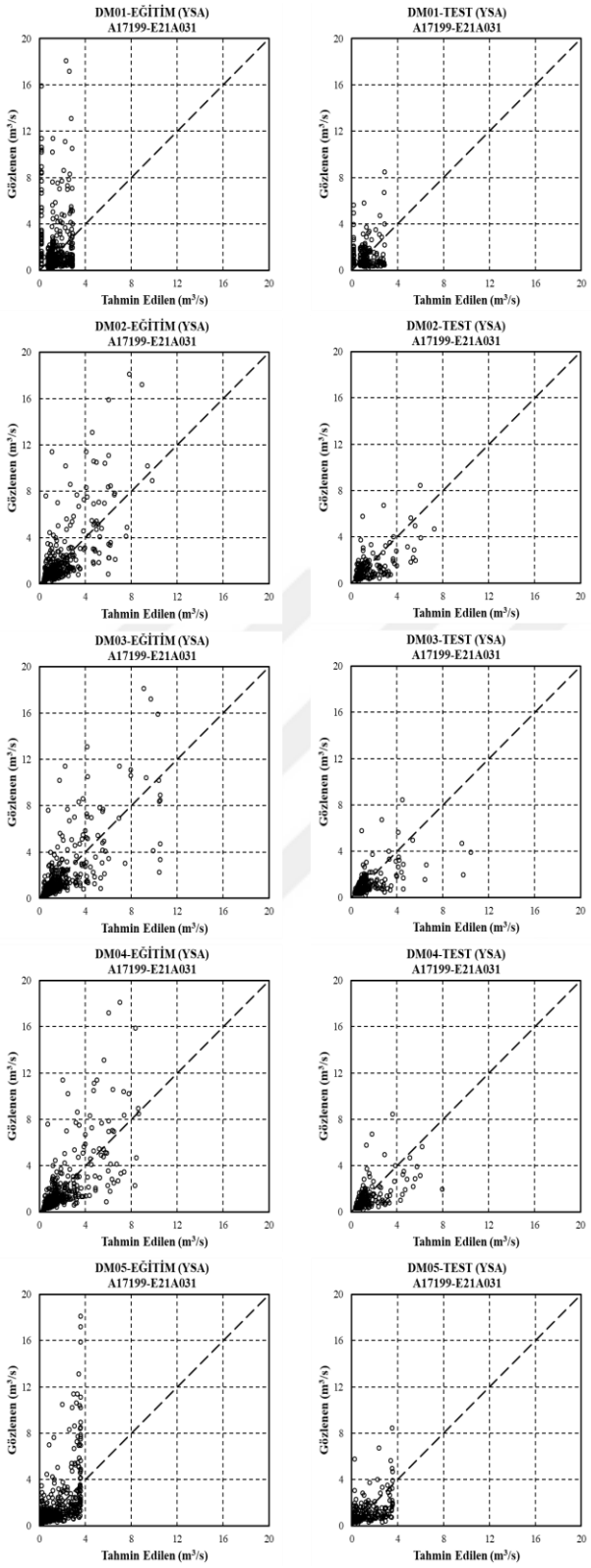
Durum 1'de en başarılı model 0.222 korelasyon ve 3.634 $(m^3/s)^2$ ile ÇDR yöntemiyle belirlenirken, Durum 2, Durum 3 ve Durum 4 te model sonuçları sırasıyla 0.625 (YSA), 0.635 (GEP) ve 0.632 (GEP) yöntemleri ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17199-E21A031)

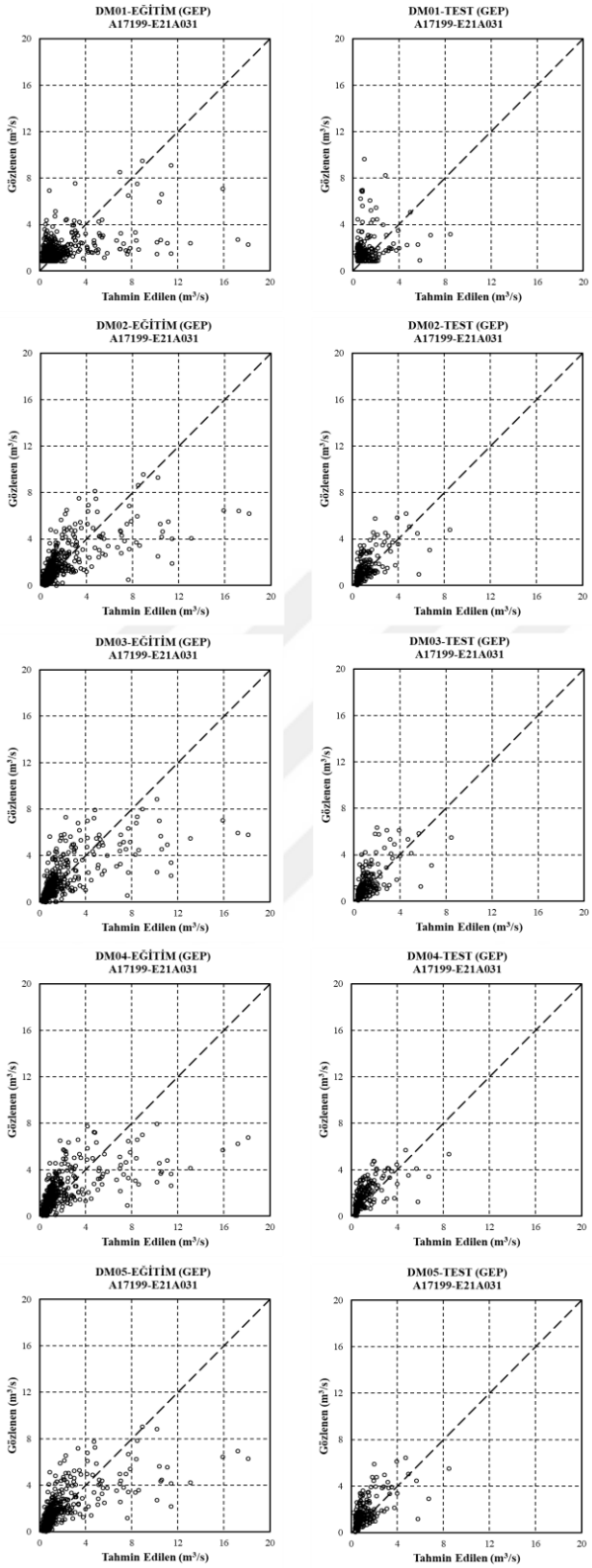
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.439***	***4.735***	***1.340***	***0.222***	***3.634***	***1.356***
YSA (10)	0.055	6.128	1.304	0.088	1.652	0.905
GEP	0.483	4.308	1.180	0.164	3.321	1.234
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.632	3.372	1.032	0.455	1.684	0.910
YSA (10)	***0.723***	***2.740***	***0.805***	***0.625***	***1.193***	***0.681***
GEP	0.683	2.995	0.946	0.624	1.124	0.721
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.635	3.352	1.043	0.475	1.699	0.936
YSA (4)	0.731	2.641	0.849	0.568	1.770	0.751
GEP	***0.688***	***2.966***	***0.925***	***0.635***	***1.270***	***0.747***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.635	3.352	1.043	0.475	1.699	0.936
YSA (3)	0.718	2.722	0.820	0.568	1.322	0.679
GEP	***0.635***	***3.382***	***1.129***	***0.632***	***1.239***	***0.852***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.657	3.216	1.033	0.464	1.912	0.996
YSA (1)	0.573	3.994	1.067	0.464	1.352	0.811
GEP	***0.690***	***2.955***	***0.965***	***0.635***	***1.239***	***0.795***



Şekil 4.22. E21A031 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

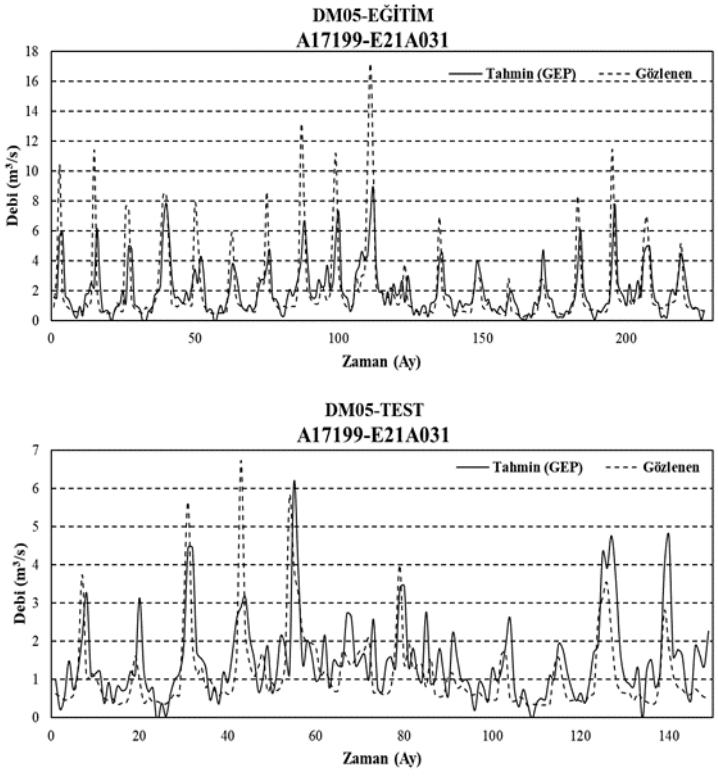


Şekil 4.23. E21A031 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.24. E21A031 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A031 istasyonunu tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.22'de, YSA için Şekil 4.23'te, GEP için Şekil 4.24'te verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP elde edilen sonuçlar ile test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilenmektedir. Ayrıca GEP yöntemi Durum 1 dışında diğer durumlarda, YSA ise Durum 2 ve 3'te başarılı uyum gösterirken ÇDR yöntemi Durum 2, Durum 3 ve Durum 5 dışında diğer durumlarda kısıtlı kalmıştır. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini GEP yöntemi ile DM05'de elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.25'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler, gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecindeki tahmin edilen değerler 0 m^3/s ile 10 m^3/s aralığında olup 0 m^3/s değerinden yüksek değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise 0.2 m^3/s değerler kısmen düşük yakınsamalar gösterse de yüksek debideki değerlerine yakın tahminde genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.25. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı(E21A031)

4.7. 17842-E21A024 İçin Yağış-Akış İlişkisi

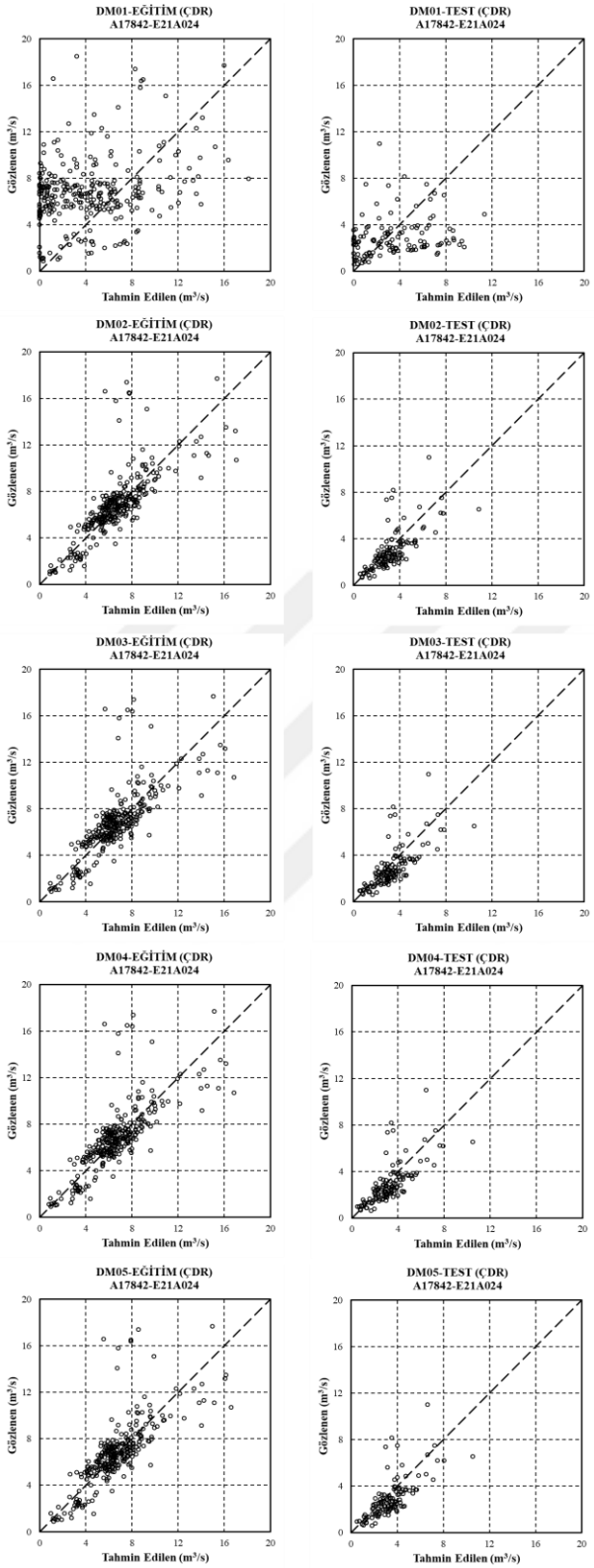
E21A024'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.9'da verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında, akımı tahmin etmede GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemlerine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 5'te 0.745 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 1.915 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. Başarılı olan DM05 modelinde girdi parametresi olarak (P), (P-1), (P-2), (P-3) ve (Q-1) verileri kullanılarak GEP yöntemi ile akımı tahmin edilmiştir. GEP yöntemi ile elde edilen formül Denklem 4.5'te verilmiştir.

$$Q = \ln d_1 + 1.82\sqrt[3]{\ln d_1} + \ln\sqrt{0.28 + d_0} \qquad 4.5$$

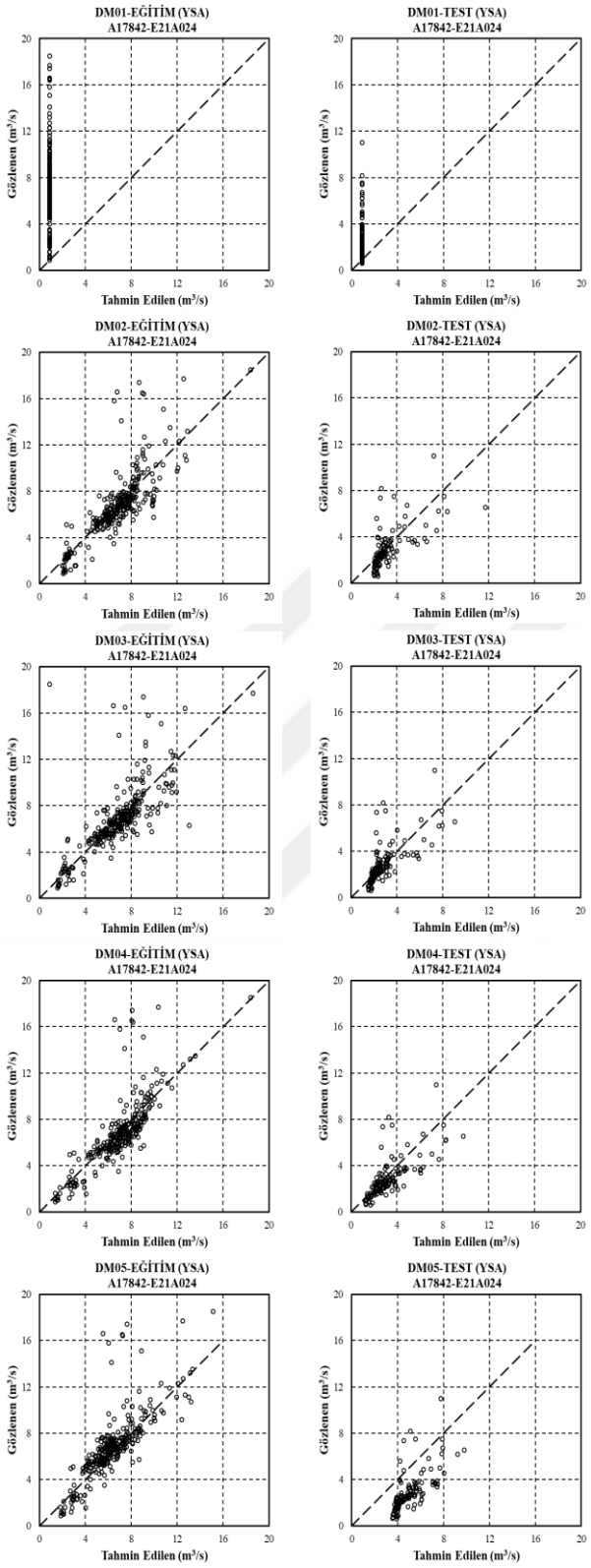
Durum 1'de test sürecinde en iyi korelasyon katsayısı 0.221 ve 8.945 (m3/s)2 OKH değeriyle ÇDR yöntemi ile belirlenirken, Durum 2, Durum 3 ve Durum 4'te sırasıyla 0.737 (GEP), 0.736 (GEP) ve 0.730 (YSA) yöntemleri ile en büyük korelasyon değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17842-E21A024)

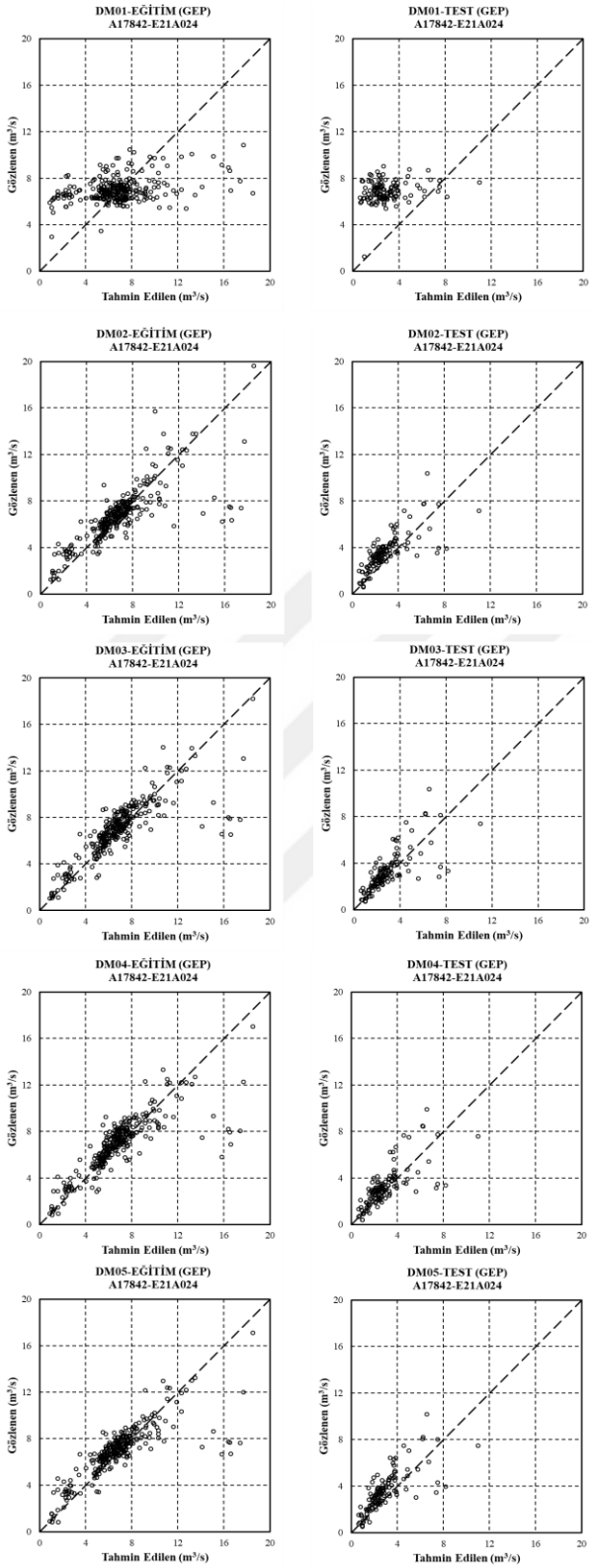
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.280***	***24.668***	***4.005***	***0.221***	***8.945***	***2.288***
YSA (2)	0.029	46.586	6.007	0.129	6.955	2.031
GEP	0.378	9.040	2.010	0.204	18.766	4.058
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.722	5.331	1.222	0.711	1.688	0.912
YSA (5)	0.764	4.394	1.080	0.660	1.895	0.898
GEP	***0.764***	***4.404***	***1.058***	***0.737***	***1.868***	***1.088***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.726	5.237	1.272	0.716	1.737	0.962
YSA (4)	0.697	5.457	1.134	0.709	1.531	0.768
GEP	***0.752***	***4.574***	***1.045***	***0.736***	***1.619***	***0.865***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.727	5.232	1.259	0.715	1.722	0.952
YSA (3)	***0.726***	***5.919***	***1.155***	***0.730***	***1.661***	***0.896***
GEP	0.754	4.539	1.047	0.729	1.629	0.875
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.728	5.151	1.259	0.714	1.810	1.001
YSA (3)	0.742	5.042	1.114	0.722	1.538	0.897
GEP	***0.743***	***4.767***	***1.084***	***0.745***	***1.915***	***1.057***



Şekil 4.26. E21A024 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

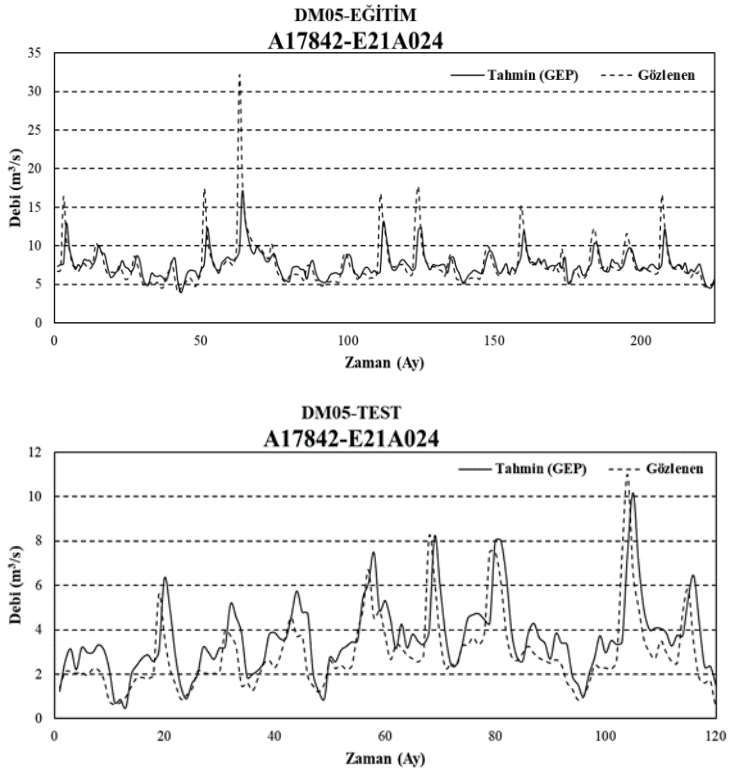


Şekil 4.27. E21A024 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.28. E21A024 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A024 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.26'da, YSA için Şekil 4.27'de, GEP için Şekil 4.28'te verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP modelleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlarla, ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri durum DM01 dışında tüm saçılım grafikler kıyasla benzer olduğu ve akım tahmin etmede birbirlerine uyumlu oldukları görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM05'de elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılımı Şekil 4.29'da verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 4 m^3/s ile 18 m^3/s aralığında olup, özellikle 4 m^3/s değerinden yüksek değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak kısıtlı başarı göstermiştir.



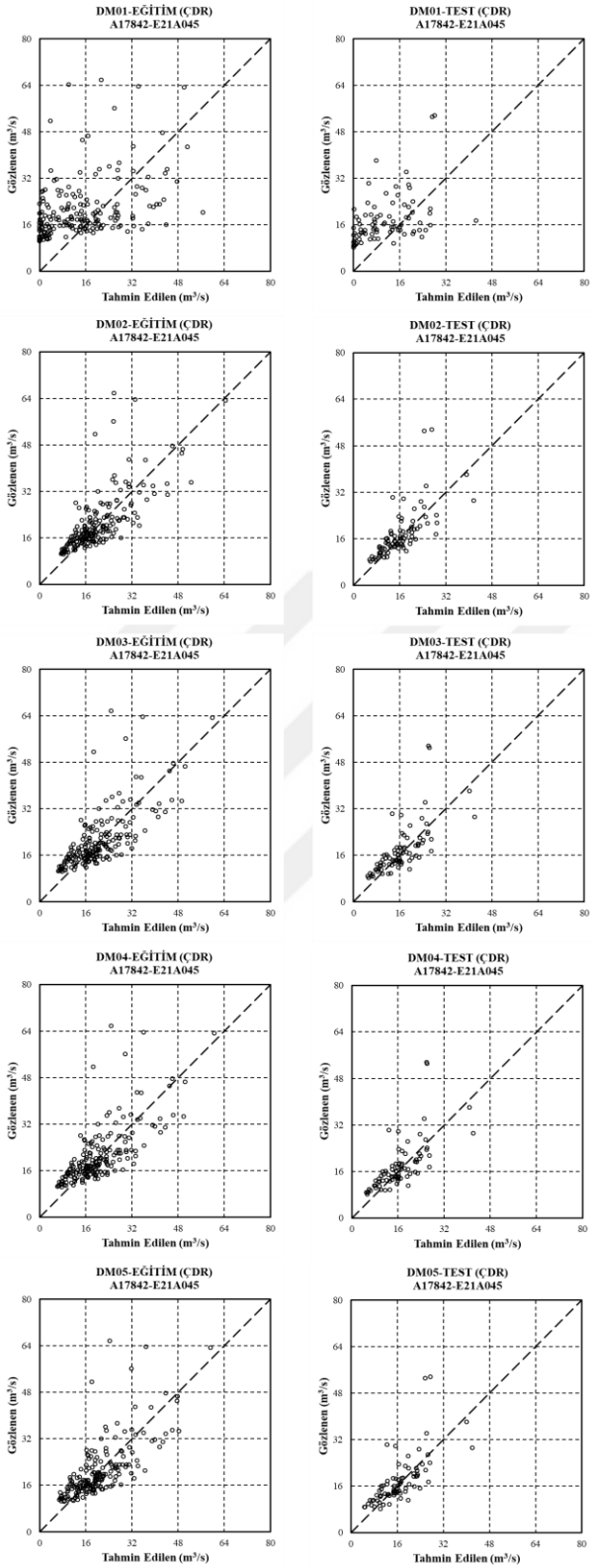
Şekil 4.29. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A024)

4.8. 17842-E21A045 İçin Yağış-Akış İlişkisi

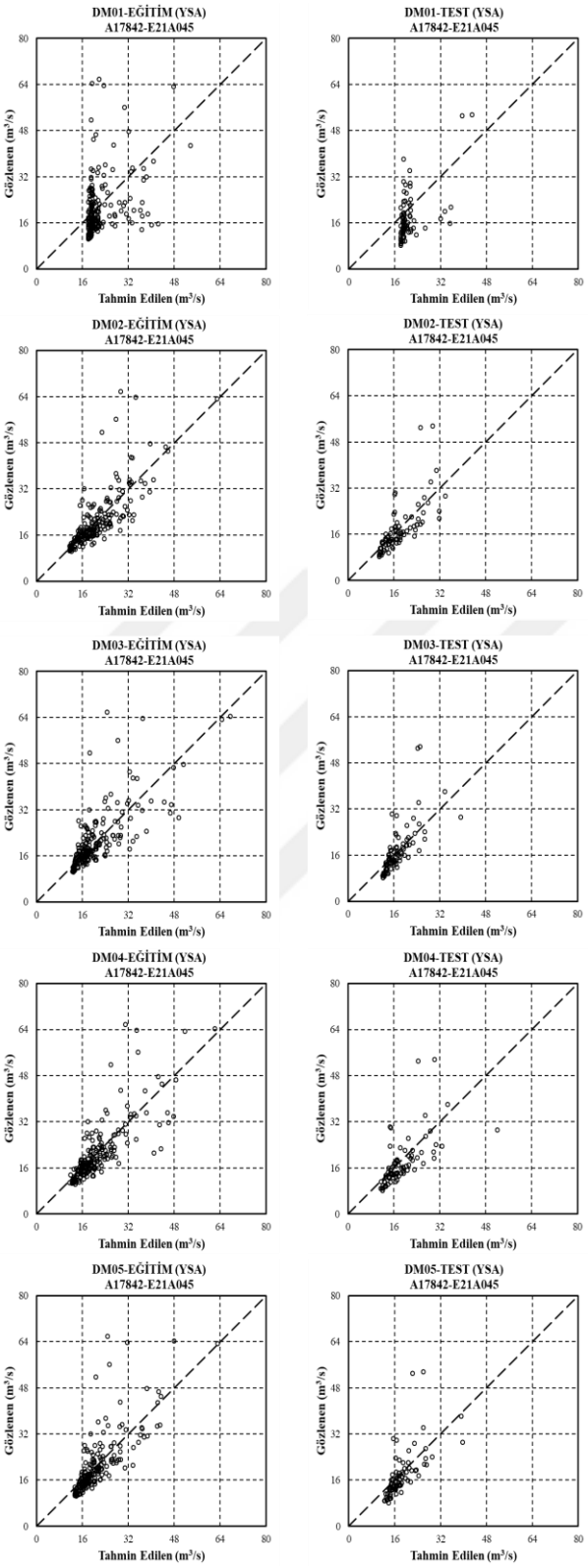
E21A045'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında, akımı tahmin etmede YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemlerine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 2'de 0.720, aynı modelde OKH değeri ise 32.638 (m3/s)2 olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Durum 1'de en başarılı modelde 0.558 korelasyon ve OKH değeri ise 57.266 $(m^3/s)^2$ olarak YSA yöntemi ile belirlenirken, Durum 3, Durum 4 ve Durum 5'te sırasıyla 0.706, 0.698 ve 0.704 korelasyon değerlerinin yanında aynı durumlar için OKH değerleri sırasıyla 34.361 $(m^3/s)^2$, 35.274 $(m^3/s)^2$ ve 35.370 $(m^3/s)^2$ değerleriyle GEP yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17842-E21A045)

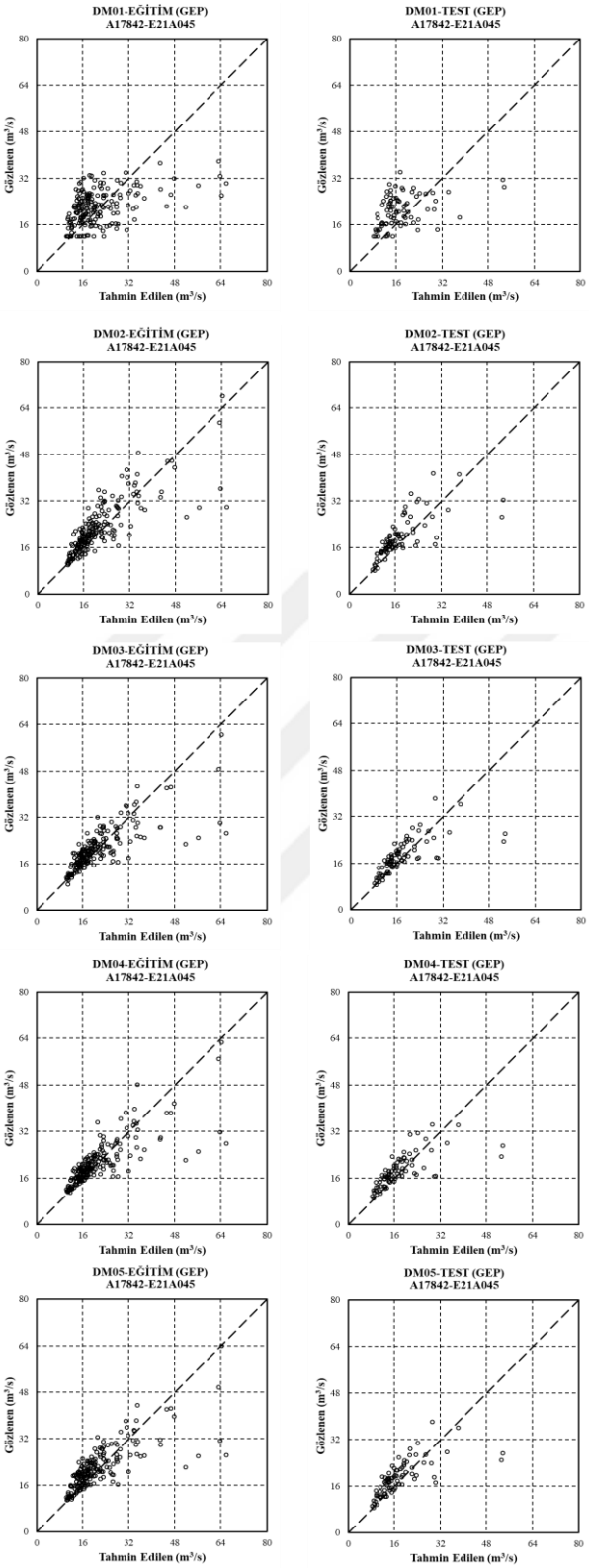
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.339	294.362	12.402	0.429	128.817	9.441
YSA (8)	***0.384***	***165.976***	***7.498***	***0.558***	***57.266***	***6.370***
GEP	0.417	159.994	7.413	0.412	69.933	6.684
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.629	124.756	5.409	0.694	37.952	3.863
YSA (3)	***0.574***	***147.851***	***4.716***	***0.720***	***32.638***	***3.632***
GEP	0.695	101.181	4.787	0.716	36.831	4.253
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.646	118.532	5.763	0.692	38.220	4.036
YSA (7)	0.751	85.809	4.628	0.700	35.509	3.560
GEP	***0.857***	***52.216***	***4.117***	***0.706***	***34.361***	***3.569***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.648	118.392	5.753	0.688	38.928	4.080
YSA (7)	0.710	97.600	4.328	0.638	42.861	4.156
GEP	***0.891***	***40.785***	***3.756***	***0.698***	***35.274***	***3.726***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.649	115.837	5.547	0.689	38.139	3.914
YSA (2)	0.662	112.250	4.508	0.662	38.665	3.965
GEP	***0.877***	***45.020***	***4.266***	***0.704***	***35.370***	***3.921***



Şekil 4.30. E21A045 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılımı grafiği (ÇDR)

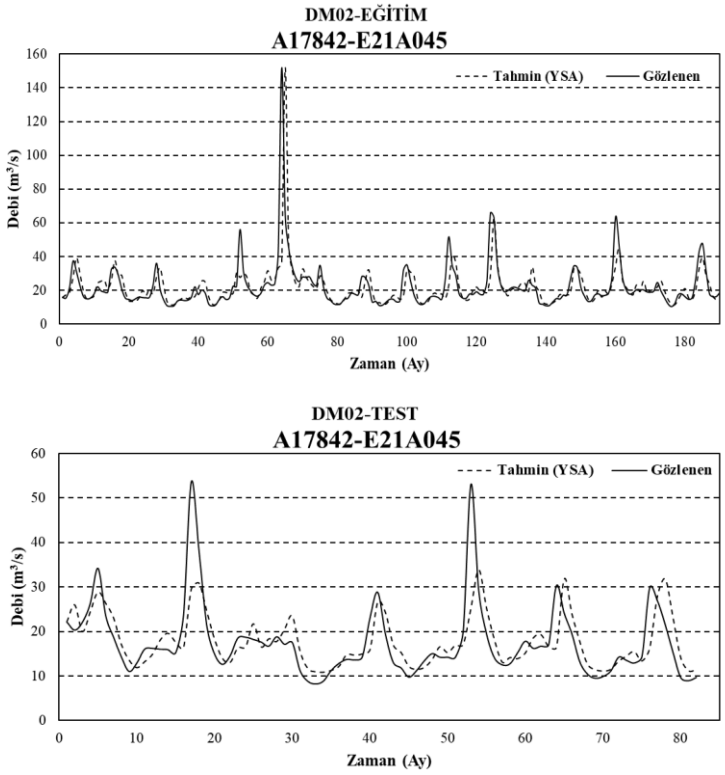


Şekil 4.31. E21A045 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.32. E21A045 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A045 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.30'da, YSA için Şekil 4.31'de, GEP için Şekil 4.32'de verilmiştir Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP modellerden elde edilen sonuçlar ile test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu oldukları görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM02'de elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.33'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde, tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde, tahmin değerler 10 m^3/s ile 150 m^3/s aralığında olup, özellikle 10 m^3/s değerinden yüksek değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine, yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



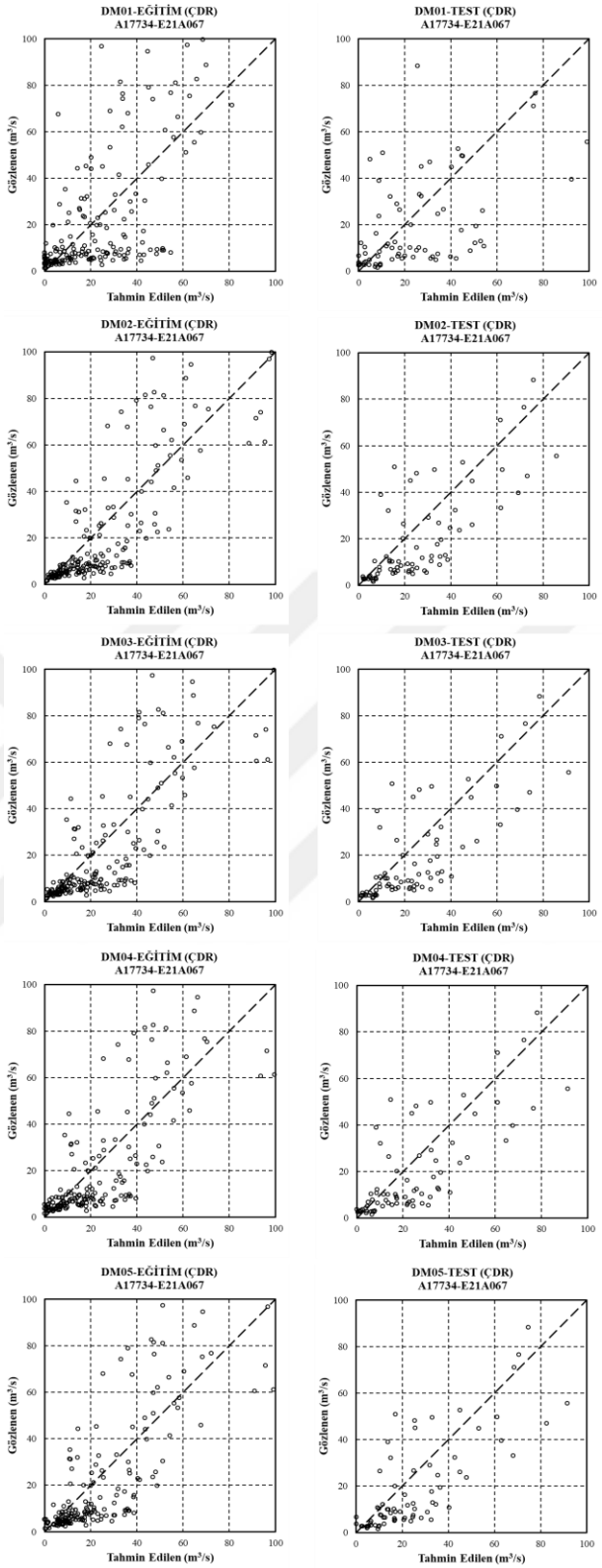
Şekil 4.33. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A045)

4.9. 17734-E21A067 İçin Yağış-Akış İlişkisi

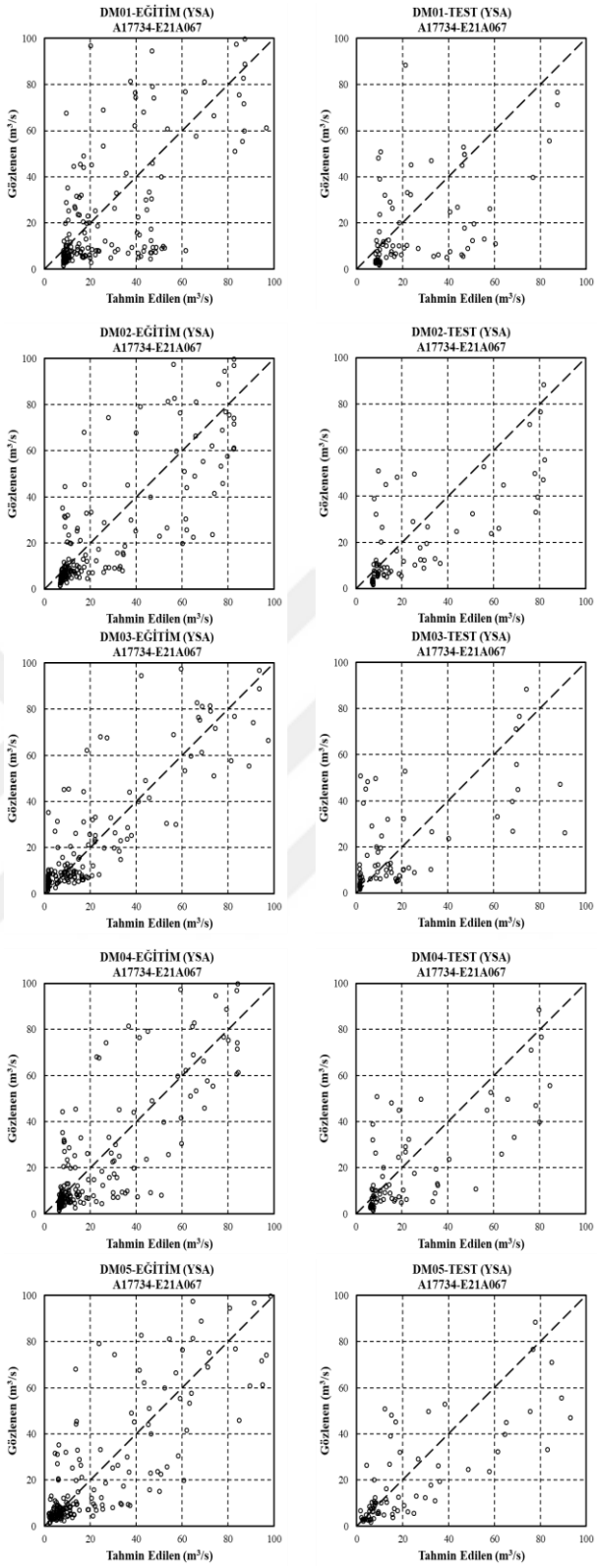
E21A067'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.11'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 3'te 0.656 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 1062.39 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 7 olarak belirlenmiştir. ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri tüm durumlarda yakın benzerlik göstermiştir. Durum 1'de en başarılı model 0.387 korelasyon ve OKH değeri 1554.4 $(m^3/s)^2$ sonucu GEP yöntemi ile belirlenirken, Durum 2, Durum 4 ve Durum 5'te sırasıyla 0.590 (YSA), 0.632 (GEP) ve 0.628 (GEP) korelasyon değerleri ve aynı durumlar için OKH değerleri sırasıyla 1161.39 $(m^3/s)^2$, 1072.82 $(m^3/s)^2$ ve 1084.48 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17734-E21A067)

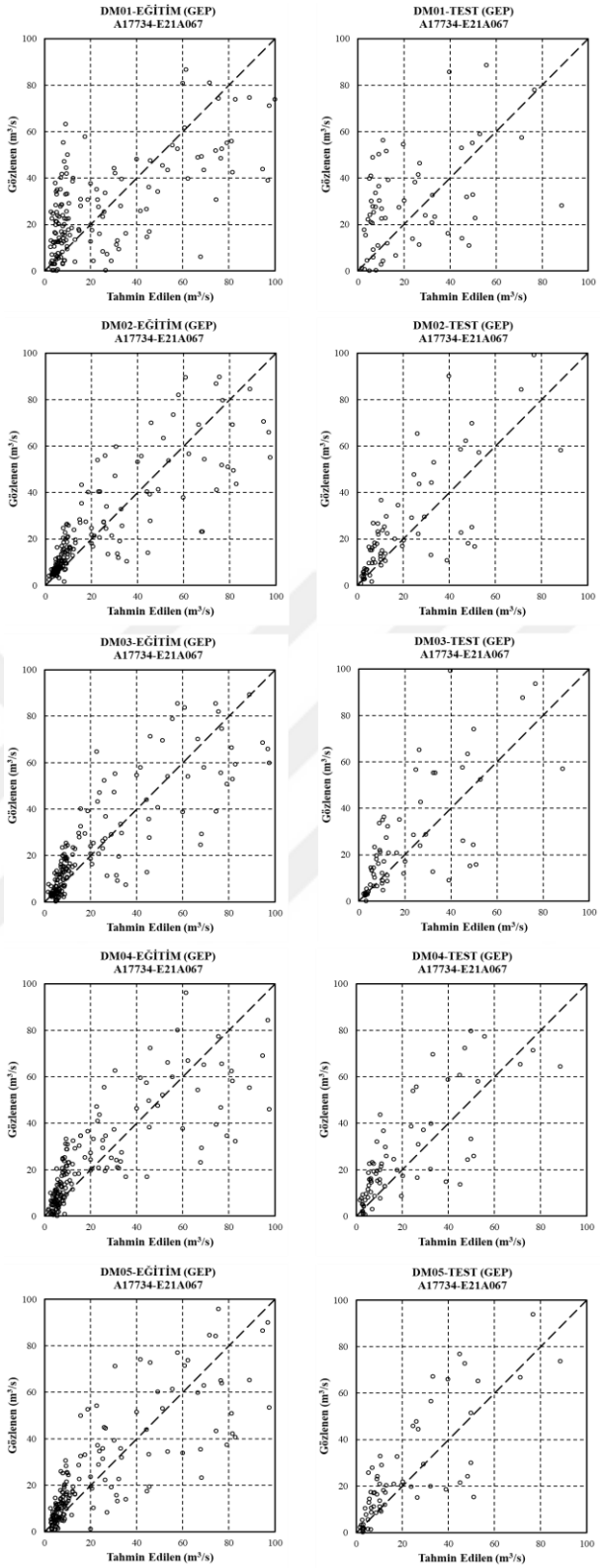
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.612	598.390	15.892	0.355	1602.678	20.425
YSA (7)	0.636	579.962	15.906	0.369	1567.355	20.601
GEP	***0.675***	***520.495***	***15.777***	***0.387***	***1554.376***	***21.532***
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.748	425.685	12.752	0.550	1248.542	17.102
YSA (2)	***0.778***	***378.089***	***11.675***	***0.590***	***1161.388***	***16.366***
GEP	0.790	359.282	10.826	0.564	1227.692	15.906
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.748	423.291	12.594	0.534	1290.123	17.034
YSA (7)	***0.837***	***318.481***	***9.839***	***0.656***	***1062.393***	***17.017***
GEP	0.800	344.755	10.484	0.565	1235.011	16.436
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.749	419.446	12.583	0.543	1271.790	16.874
YSA (1)	0.782	372.023	11.367	0.512	1322.263	16.505
GEP	***0.781***	***372.075***	***11.552***	***0.632***	***1072.816***	***15.605***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.755	413.196	12.842	0.553	1246.792	16.916
YSA (1)	0.777	380.389	11.320	0.612	1116.877	15.375
GEP	***0.812***	***324.530***	***11.225***	***0.628***	***1084.482***	***15.479***



Şekil 4.34. E21A067 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

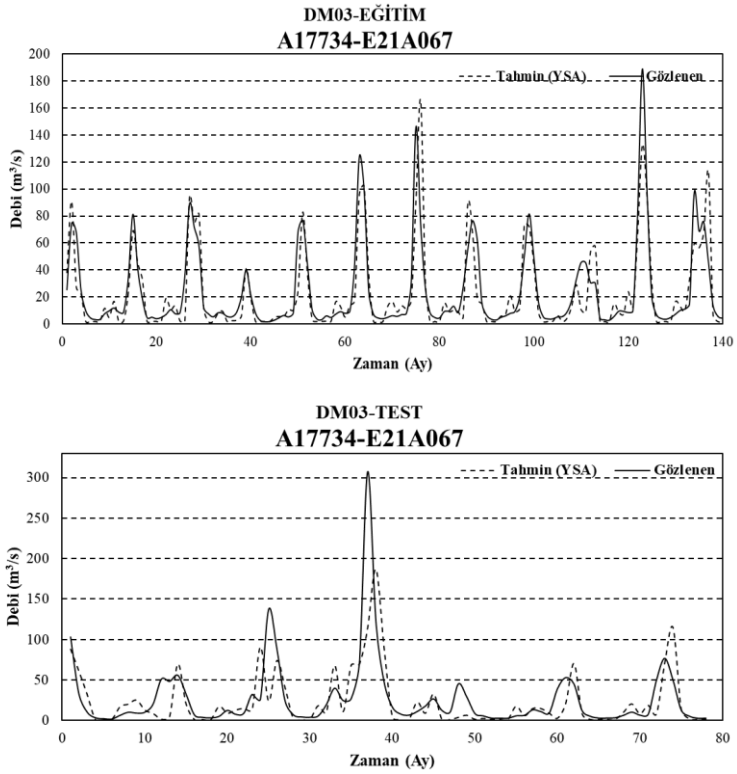


Şekil 4.35. E21A067 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.36. E21A067 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A067 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.34'te, YSA için Şekil 4.35'te, GEP için Şekil 4.36'da verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemler ile elde edilen sonuçların test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirileri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. Ayrıca, ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri tüm modellerde elde edilen akım değerleri gözlenen değerler ile uyumlu olduğu görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM03'te edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılımı Şekil 4.37'de verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde, tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde, tahmin edilen değerler 0 m^3/s ile 170 m^3/s aralığında olup özellikle 0.1 m^3/s değerinden yüksek değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



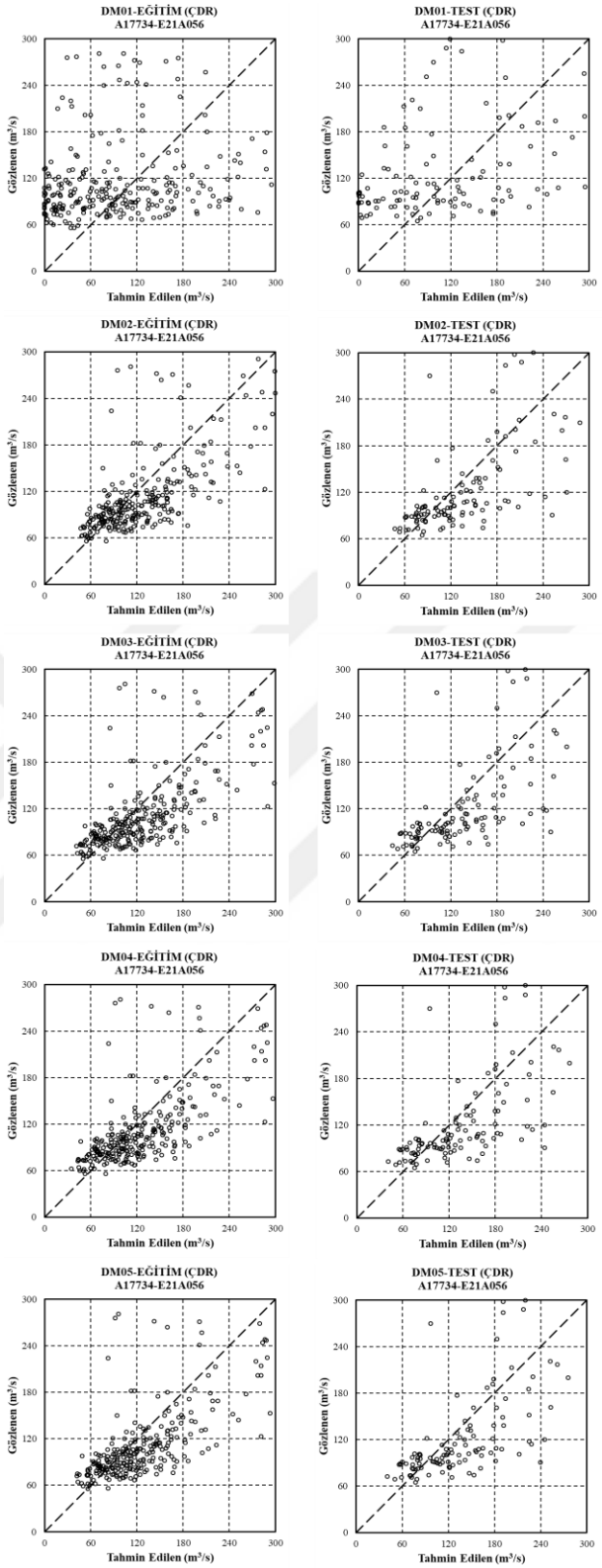
Şekil 4.37. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A067)

4.10. 17734-E21A056 İçin Yağış-Akış İlişkisi

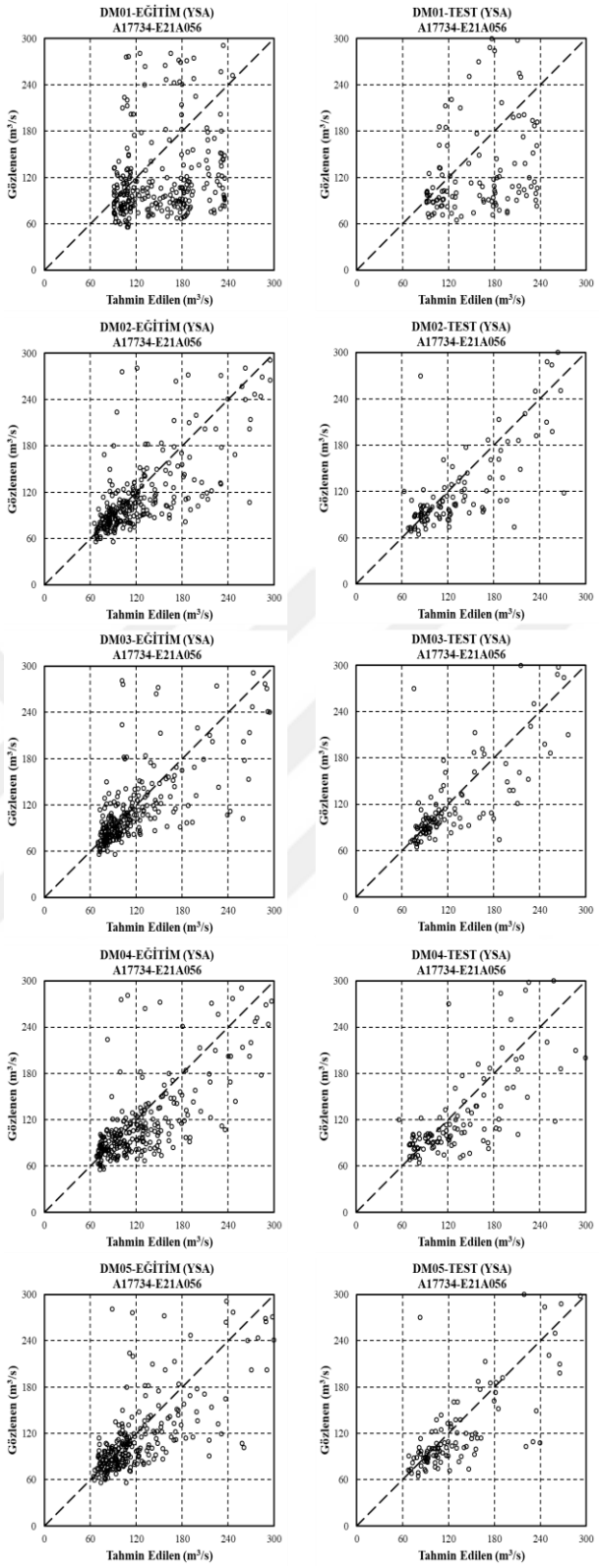
E21A056'a ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.12'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin eğitim süreci ile test süreci analiz sürecindeki korelasyon değerleri benzerlik göstermektedir. Test süreci analizi dikkate alındığında akımı tahmin etmede YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 5'te 0.800 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 3930.1 (m3/s)2 olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 2 olarak belirlenmiştir. Durum 4'te başarılı model 0.768 korelasyon ve 4305.8 $(m^3/s)^2$ GEP yöntemi ile belirlenirken, Durum 1, Durum 2 ve Durum 3'te sırasıyla 0.433, 0.796 ve 0.789 ile aynı modelde bulunan OKH değerleri sırasıyla 8339.44 $(m^3/s)^2$ 4064.10 $(m^3/s)^2$ ve 4321.60 $(m^3/s)^2$ YSA yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17734-E21A056)

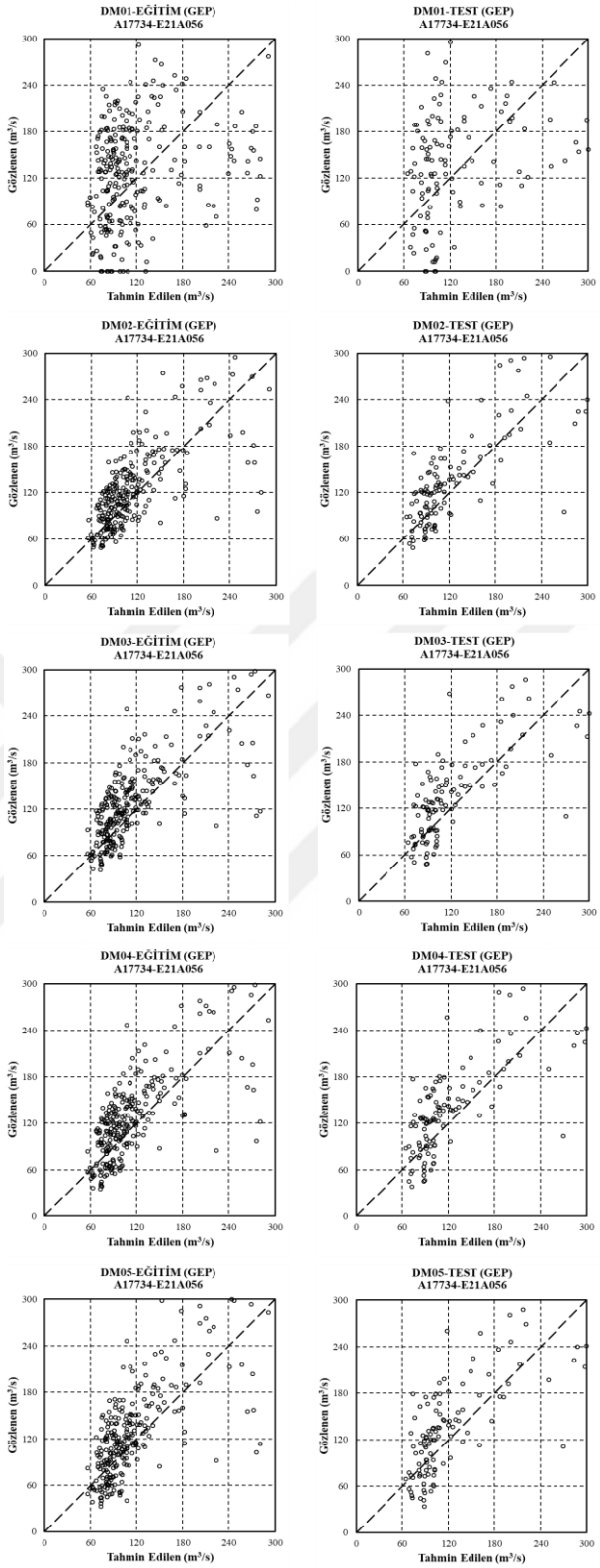
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.428	14161.458	90.071	0.406	12973.403	89.088
YSA (7)	***0.451***	***10243.318***	***73.524***	***0.433***	***8339.444***	***70.206***
GEP	0.419	11242.240	79.485	0.412	8983.835	75.140
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.746	5705.635	48.780	0.714	4938.082	48.010
YSA (3)	***0.800***	***4670.533***	***39.395***	***0.796***	***4064.102***	***38.214***
GEP	0.788	4881.245	42.693	0.765	4307.365	43.105
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.754	5527.820	48.642	0.721	4856.398	48.783
YSA (6)	***0.837***	***3858.032***	***36.132***	***0.789***	***4321.601***	***38.343***
GEP	0.787	4898.100	44.939	0.772	4093.498	44.114
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.756	5500.025	48.228	0.722	4844.391	48.166
YSA (5)	0.790	4873.232	42.318	0.759	4242.194	42.078
GEP	***0.784***	***4950.145***	***46.084***	***0.768***	***4305.823***	***45.719***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.757	5489.037	47.880	0.721	4863.512	48.381
YSA (2)	***0.824***	***4130.485***	***39.477***	***0.800***	***3930.111***	***38.087***
GEP	0.781	5020.117	47.378	0.761	4499.080	48.178



Şekil 4.38. E21A056 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

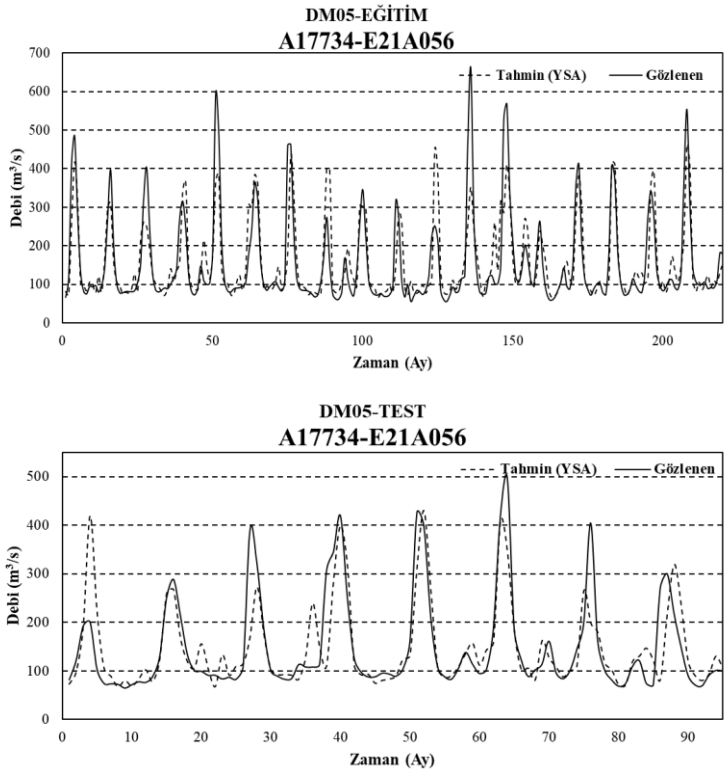


Şekil 4.39. E21A056 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.40. E21A056 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A056 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.38'de, YSA için Şekil 4.39'da, GEP için Şekil 4.40'ta verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu grafik sergilemektedir. Ayrıca, ÇDR, YSA ve GEP yöntemleriyle tüm modellerde elde edilen akım değerleri, gözlenen değerler ile uyumlu oldukları görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM05'te elde edilen değerler ile zamansal dağılımı Şekil 4.41'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde, tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 50 m^3/s ile 650 m^3/s aralığında olup özellikle 100 m^3/s değerlerinden büyük değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine genel olarak, olsa da başarılı olmuştur.



Şekil 4.41.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A056)

4.11. 17764-E21A009 İçin Yağış-Akış İlişkisi

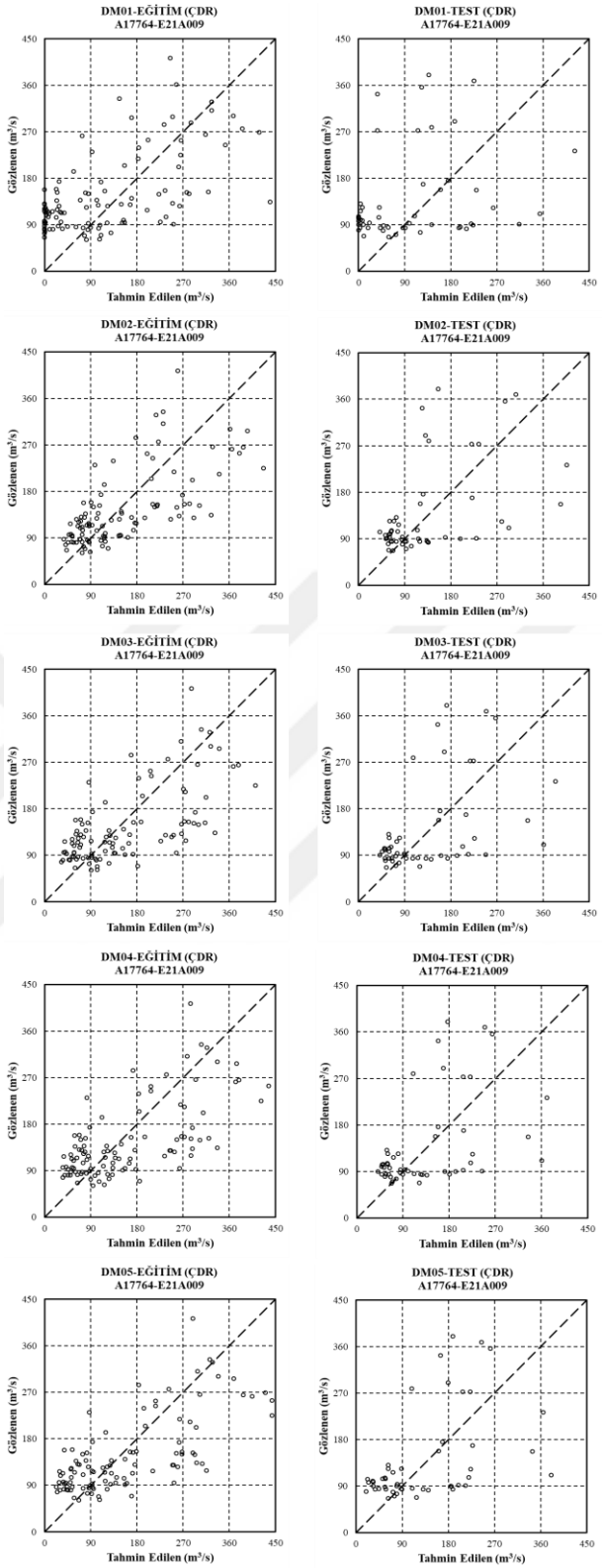
E21A009'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.13'te verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 3'te 0.762 ve OKH değerinin ise 13382.15 $(m^3/s)^2$ olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. DM03 model için girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2) ve Q-1 (d_1) veriler tanımlanırken, GEP yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen Denklem 4.6'da verilmiştir.

$$Q=0.66d_0+15.86+\frac{9.27}{\sin d_1}+0.51d_1+0.49d_2 \qquad 4.6$$

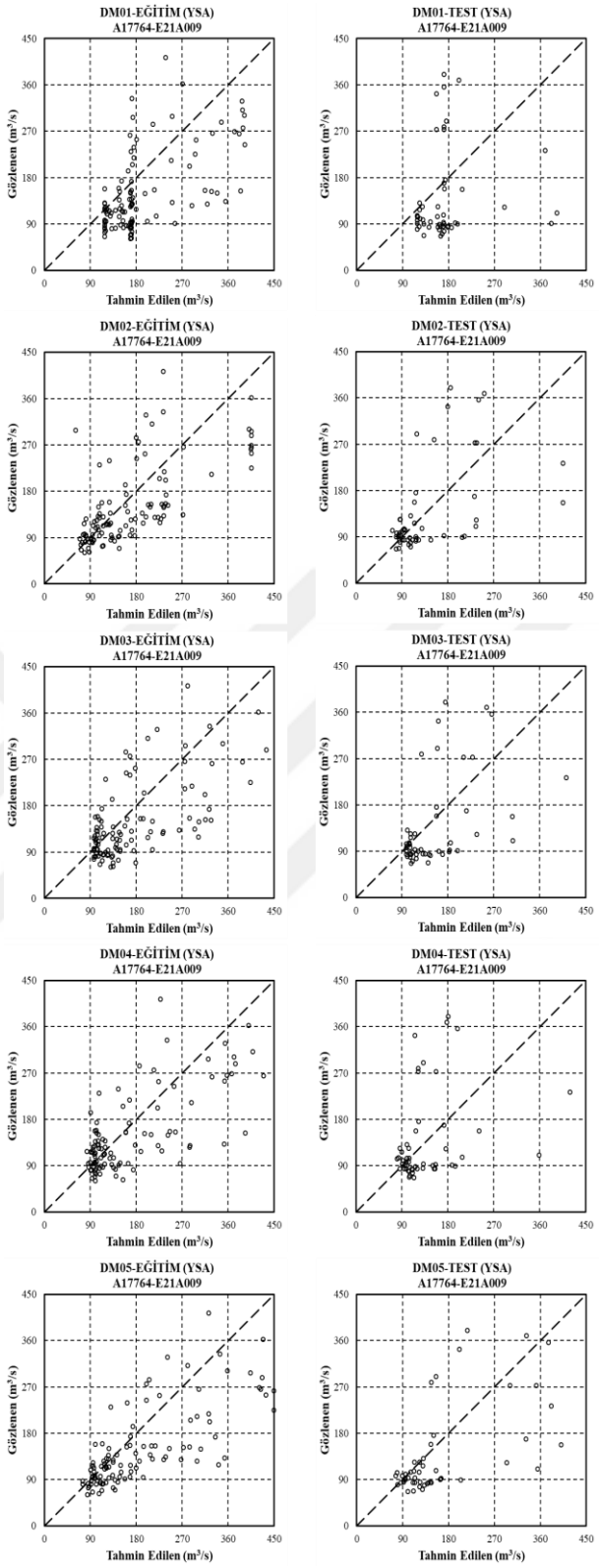
Durum 1'de en başarılı model 0.295 korelasyon ve 18165.7 $(m^3/s)^2$ OKH değeri ile ÇDR olarak belirlenirken, Durum 2, Durum 4 ve Durum 5'te korelasyon değerleri sırasıyla 0.665 (GEP), 0.638 (GEP) ve 0.669 (YSA) modeller ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17764-E21A009)

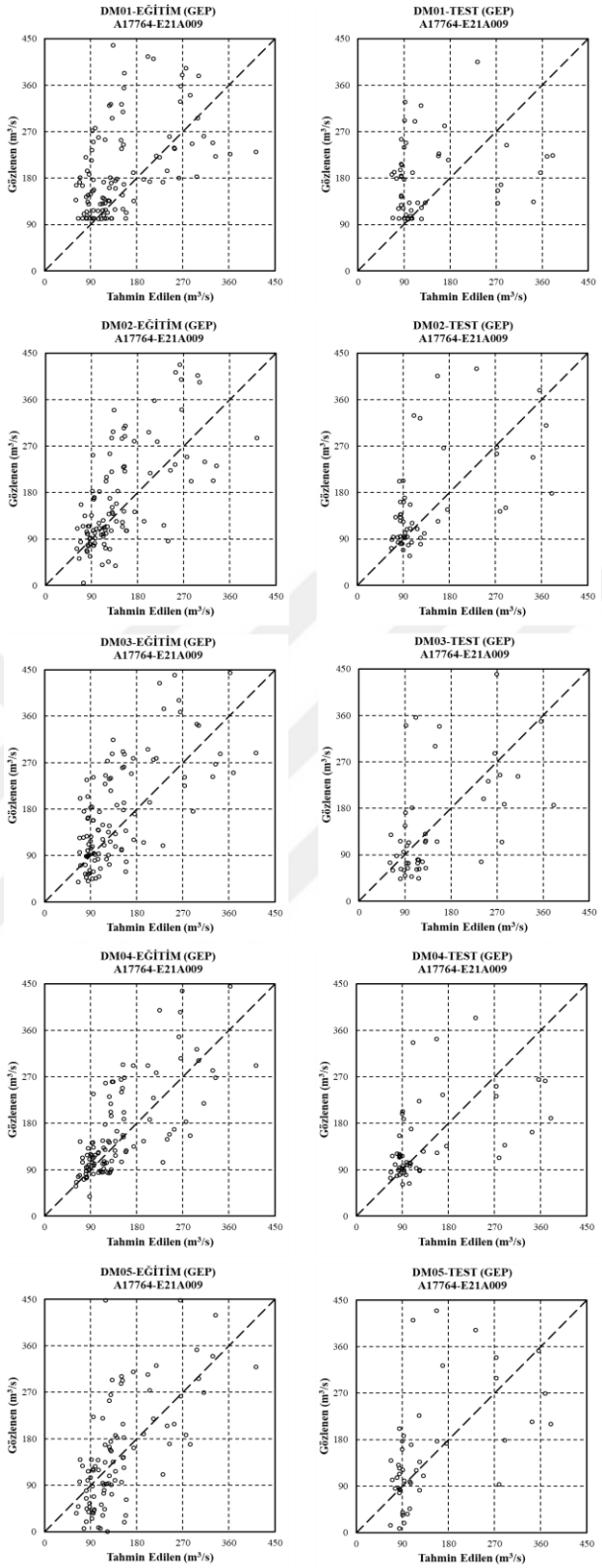
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.482***	***33798.956***	***126.543***	***0.295***	***18165.748***	***105.847***
YSA (7)	0.514	25727.463	103.295	0.285	12830.603	87.461
GEP	0.569	23566.343	102.112	0.183	14913.391	93.813
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.694	18728.073	88.053	0.611	8500.540	66.616
YSA (7)	0.620	22198.327	88.307	0.617	7720.820	59.089
GEP	***0.763***	***14911.800***	***83.656***	***0.665***	***7547.633***	***58.922***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.723	16923.846	86.954	0.593	8691.218	69.914
YSA (7)	0.723	16597.913	81.206	0.626	7430.627	62.488
GEP	***0.766***	***11817.963***	***79.532***	***0.762***	***13382.148***	***78.695***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.723	16850.819	88.254	0.589	8682.777	70.038
YSA (2)	0.759	14749.355	78.583	0.460	9895.919	69.457
GEP	***0.758***	***14999.985***	***74.947***	***0.638***	***7307.015***	***58.728***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.734	16481.730	86.415	0.600	8859.028	72.636
YSA (2)	***0.725***	***16703.276***	***82.024***	***0.699***	***7183.635***	***57.755***
GEP	0.706	23442.408	100.804	0.655	10504.492	77.471



Şekil 4.42. E21A009 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

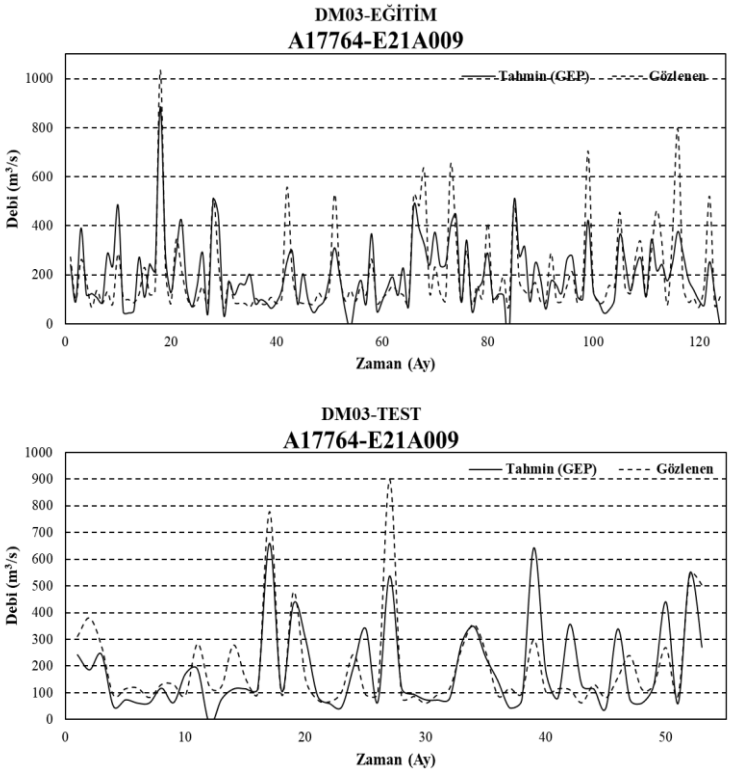


Şekil 4.43. E21A009 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.44. E21A009 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A009 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.42'de, YSA için Şekil 4.43'te, GEP için Şekil 4.44'te verilmiştir Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. Ayrıca GEP yönteminde Durum 1 ve YSA'da Durum 3, dışında tüm modellerde elde edilen akım değerleri, gözlenen değerler ile uyumlu oldukları görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM03'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.45'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 0.1 m^3/s ile 700 m^3/s aralığında olup, özellikle 100 m^3/s değerlerinden büyük değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise zamansal dağılımda düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.45. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A009)

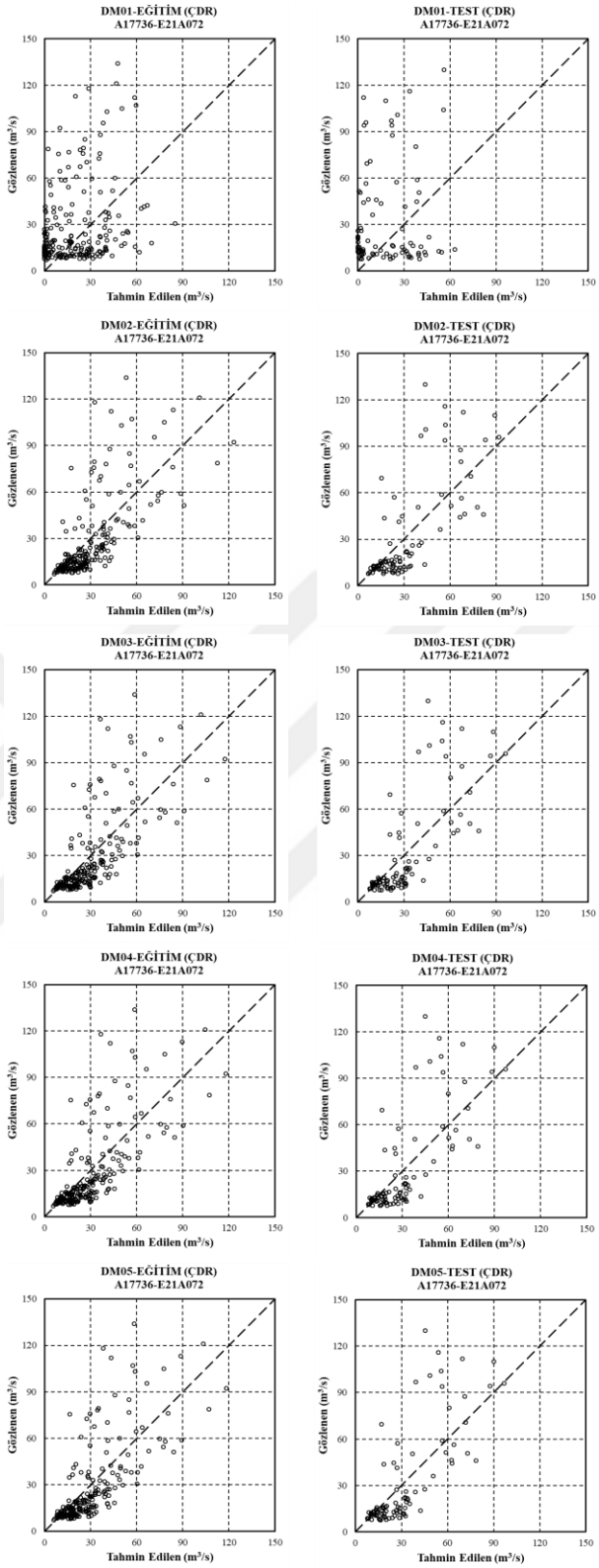
4.12. 17736-E21A072 İçin Yağış-Akış İlişkisi

E21A072'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.4'te verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 2'de 0.844 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 290.9 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 7 olarak belirlenmiştir. DM02 model için girdi parametresi olarak P ve Q-1 verileri tanımlanmıştır.

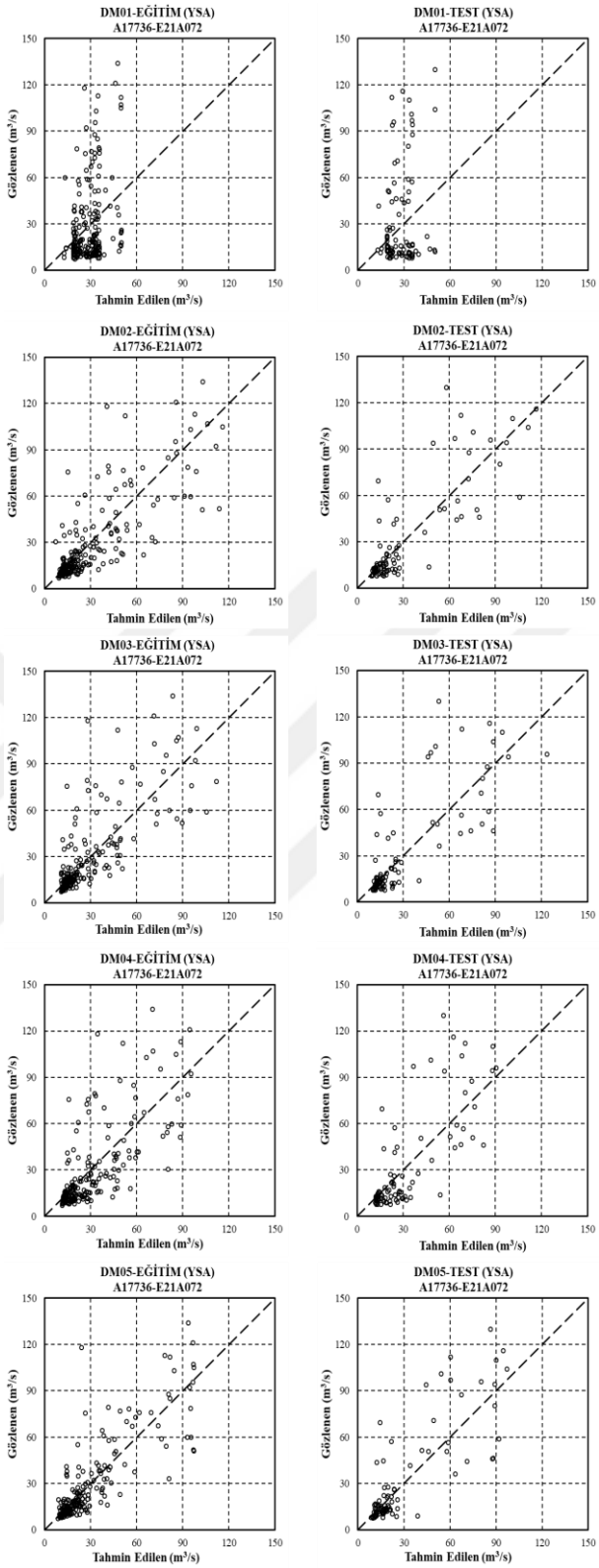
Durum 3 ve 4'te en başarılı model sırasıyla 0.823 ve 0.819 korelasyon ile OKH ise sırasıyla 351.8 ve 344.3 $(m^3/s)^2$ sonuçları GEP modeli ile belirlenirken, Durum 1 ve 5'te en başarılı model ise sırasıyla 0.242 ve 0.834 korelasyon ve OKH değeri ise sırasıyla 967.4 ve 310.2 $(m^3/s)^2$ sonuçlarıyla YSA modeli olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17736-E21A072)

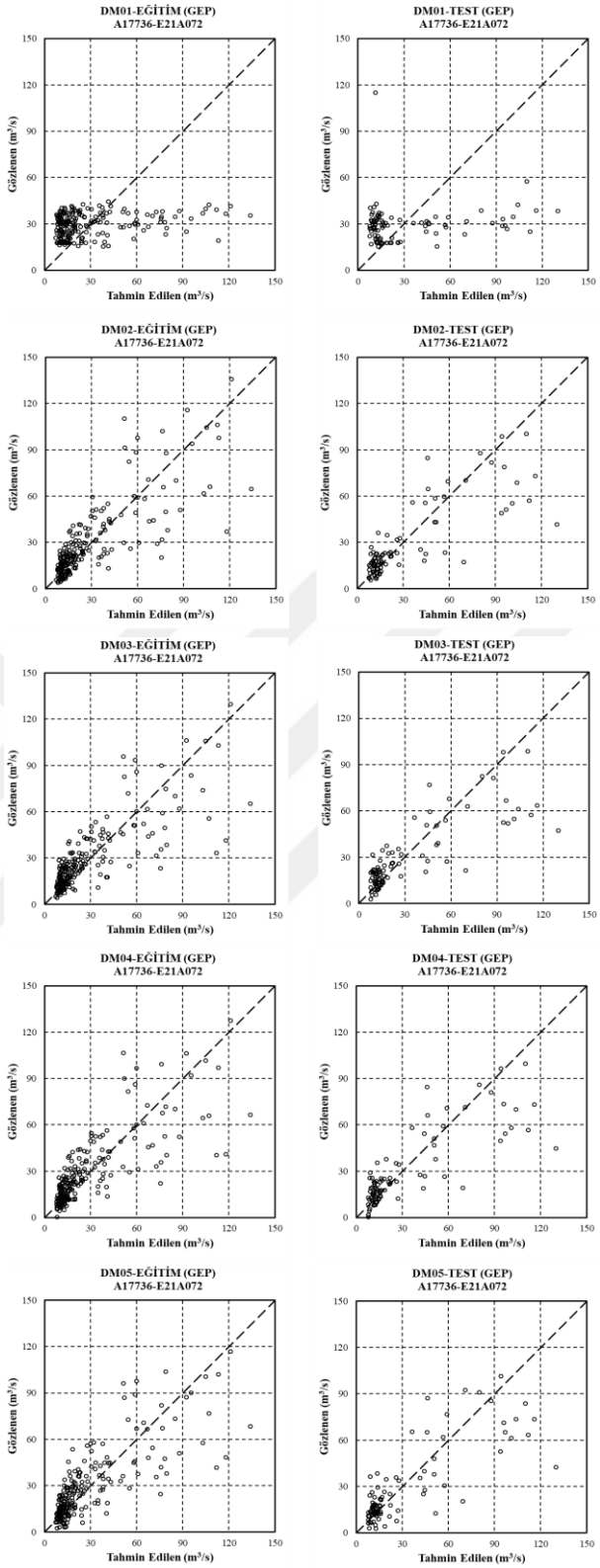
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.234	1034.645	22.795	0.125	1346.184	27.420
YSA (9)	***0.307***	***786.041***	***19.427***	***0.242***	***967.400***	***23.052***
GEP	0.411	720.543	19.374	0.147	1040.539	23.939
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.743	389.623	12.915	0.748	448.307	14.261
YSA (7)	***0.805***	***308.615***	***10.479***	***0.844***	***290.899***	***10.120***
GEP	0.806	304.272	10.697	0.814	352.534	11.222
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.752	379.767	12.983	0.763	430.683	14.060
YSA (6)	0.797	318.540	10.389	0.806	354.808	10.978
GEP	***0.810***	***299.159***	***10.550***	***0.823***	***351.814***	***11.692***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.753	377.825	12.823	0.758	436.501	14.017
YSA (1)	0.756	372.606	12.190	0.784	395.069	13.032
GEP	***0.794***	***319.500***	***10.953***	***0.819***	***344.333***	***11.364***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.754	377.318	12.834	0.761	432.382	13.967
YSA (3)	***0.834***	***265.152***	***9.119***	***0.834***	***310.245***	***11.062***
GEP	0.814	292.099	11.348	0.802	368.172	12.519



Şekil 4.46. E21A072 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

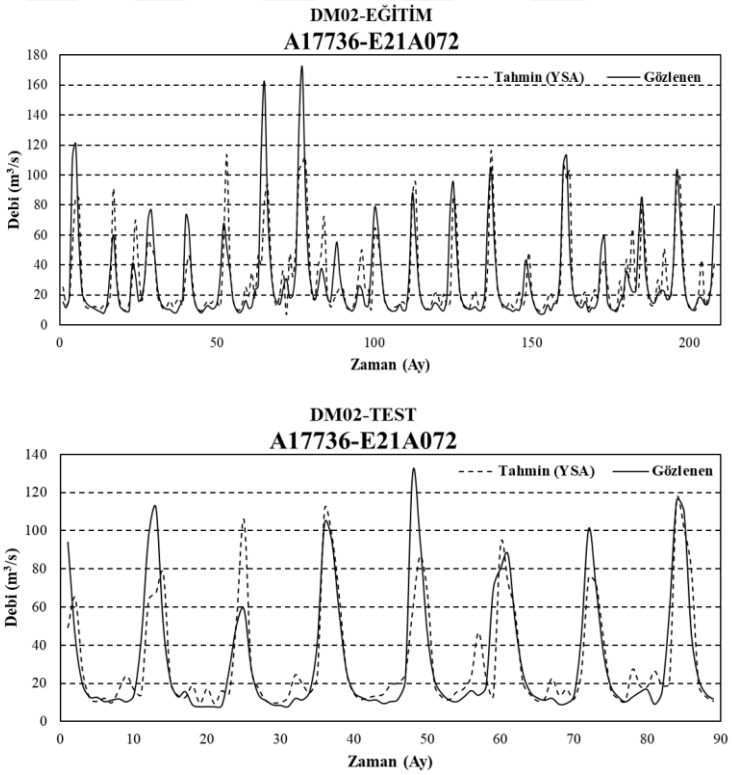


Şekil 4.47. E21A072 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.48. E21A072 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A072 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.46'da, YSA için Şekil 4.47'de, GEP için Şekil 4.48'te verilmiştir. Ayrıca ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri tüm modellerde elde edilen akım değerlerinin gözlenen değerler ile uyumlu oldukları görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM02'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.49'da verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlerle yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 10 m^3/s ile 120 m^3/s aralığında olup özellikle 10 m^3/s değerlerinden büyük değerleri kıyasla tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.49. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A072)

4.13. 17736-E21A047 İçin Yağış-Akış İlişkisi

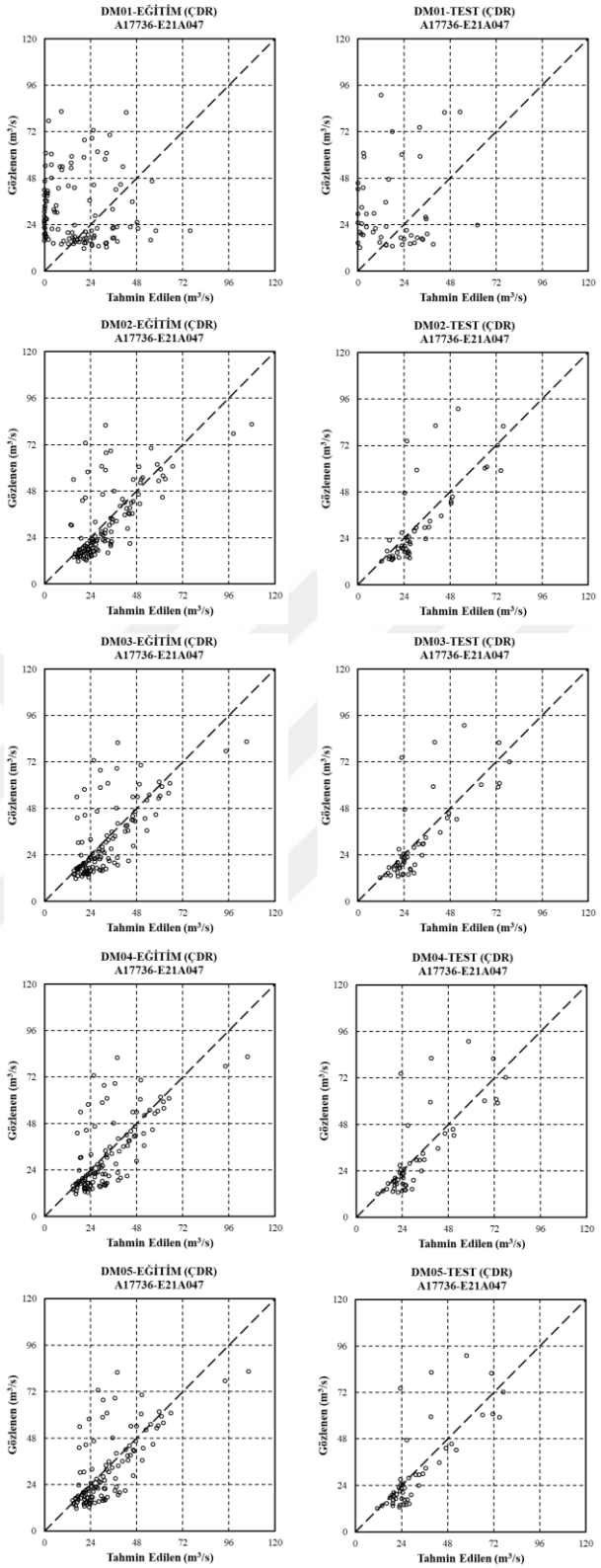
E21A047'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.15'te verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede Durum 1 dışında bütün durumlarda eğitim ve test süreçlerine ait analiz sonuçlarında korelasyon değerleri birbirine benzerlik göstermiştir. Durum 4 gözlemlendiğinde ÇDR yönteminin YSA ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 4'te 0.787 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 170.47 $(m^3/s)^2$ olarak ÇDR ile belirlenmiştir. DM04 modelinde girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3), ve Q-1 (d_1) ait veriler tanımlanmış olup, ÇDR yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.7'de verilmiştir.

$$y = 0.057d_0 + 0.745d_1 + 0.050d_2 + 0.027d_3 \quad (4.7)$$

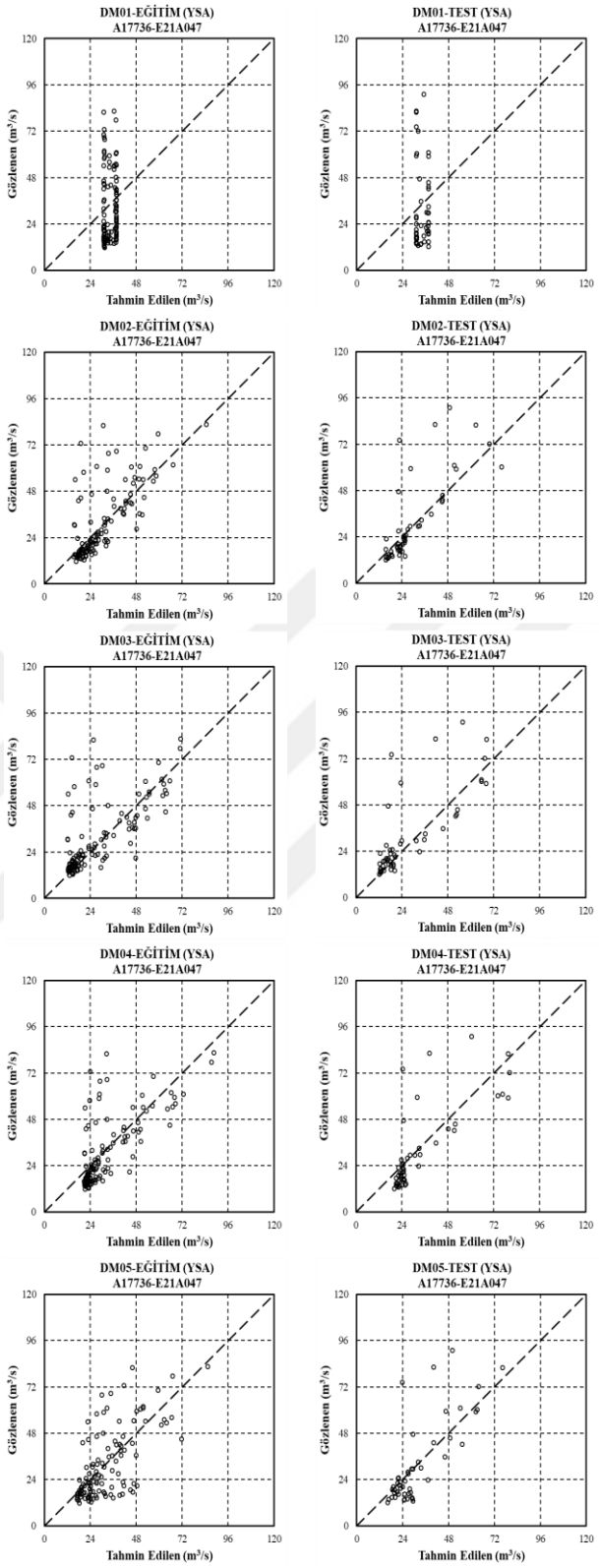
Durum 2'de en başarılı model 0.778 korelasyon ve 186.92 $(m^3/s)^2$ OKH değeriyle YSA yöntemi olarak belirlenirken, Durum 1, Durum 3 ve Durum 5' sırasıyla 0.128, 0.781 ve 0.787 korelasyon değerleri ÇDR yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17736-E21A047)

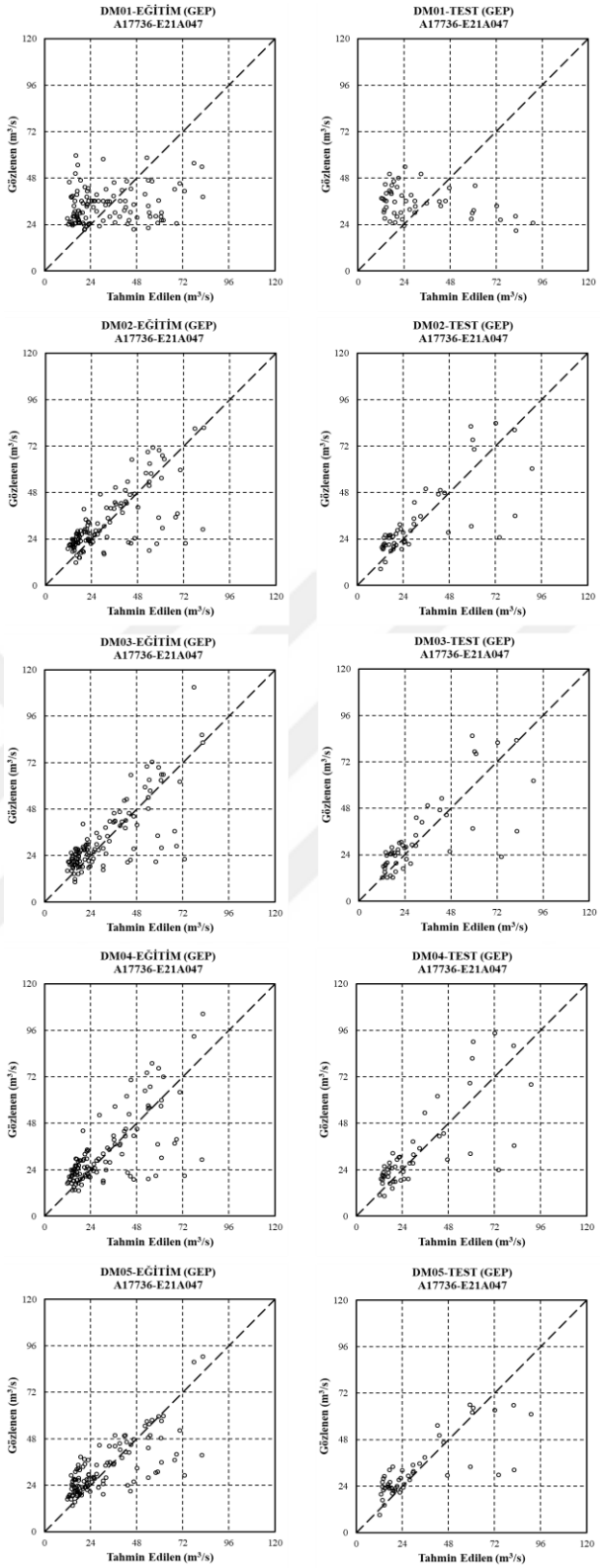
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.078***	***1029.387***	***24.571***	***0.128***	***793.149***	***22.664***
YSA (1)	0.107	464.817	16.785	0.037	465.645	17.860
GEP	0.204	469.700	16.476	-0.351	632.499	20.304
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.706	236.319	9.886	0.776	178.255	8.438
YSA (10)	***0.718***	***239.335***	***9.078***	***0.778***	***186.922***	***7.806***
GEP	0.748	206.611	9.511	0.765	191.462	9.208
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.720***	***226.241***	***9.736***	***0.781***	***174.558***	***8.165***
YSA (2)	0.703	262.463	9.168	0.778	196.715	8.053
GEP	0.787	180.932	8.826	0.768	195.210	9.442
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.723***	***224.589***	***9.752***	***0.787***	***170.473***	***8.118***
YSA (1)	0.735	215.930	9.911	0.772	183.974	9.006
GEP	0.747	214.985	9.912	0.765	209.576	9.911
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.723***	***223.993***	***9.808***	***0.787***	***170.804***	***8.147***
YSA (9)	0.682	252.162	10.801	0.782	179.452	8.318
GEP	0.764	201.554	9.390	0.783	178.748	8.704



Şekil 4.50. E21A047 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

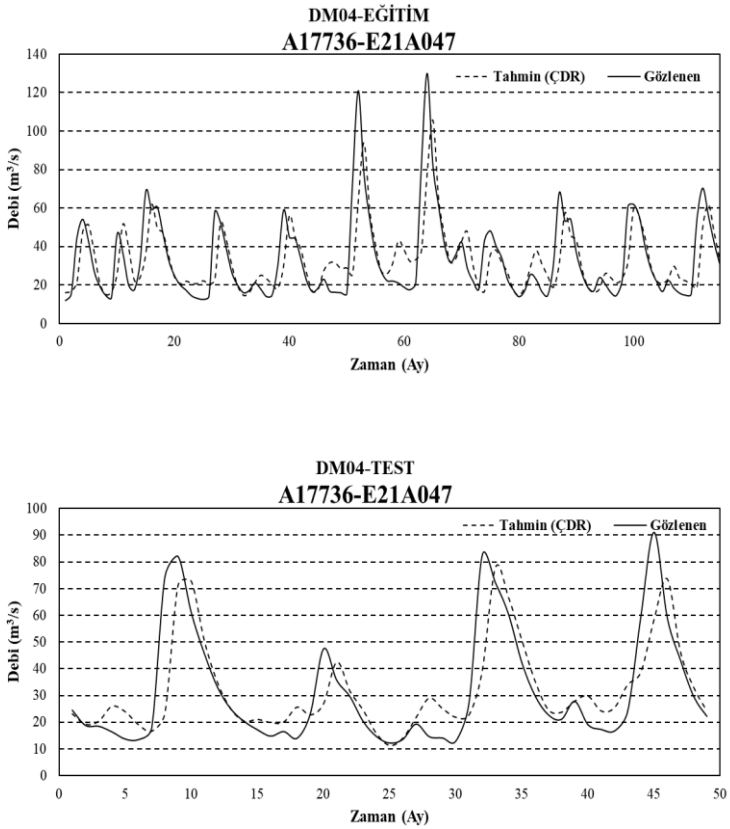


Şekil 4.51. E21A047 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.52. E21A047 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A047 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.50'de, YSA için Şekil 4.51'de, GEP için Şekil 4.52'de verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar test sürecinde elde edilen sonuçlarla benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. Ayrıca GEP yöntemi Durum 1 dışında üç model diğer tüm modellerde elde edilen akım değerlerinin gözlenen değerleri ile uyumlu oldukları görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan ÇDR yöntemi ile DM04'te elde edilen değerlerin gözlenen değerleri ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.53'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde, tahmin edilen değerler gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde, tahmin edilen değerler, 10 m^3/s ile 130 m^3/s aralığında olup özellikle 10 m^3/s değerlerine yüksek değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Bunun yanında test sürecinde ise aylık zaman dilimlerde düşük debi ve yine kıyasla bazı aylık zaman dilimlerinde yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.53.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A047)

4.14. 17736-E21A049 İçin Yağış-Akış İlişkisi

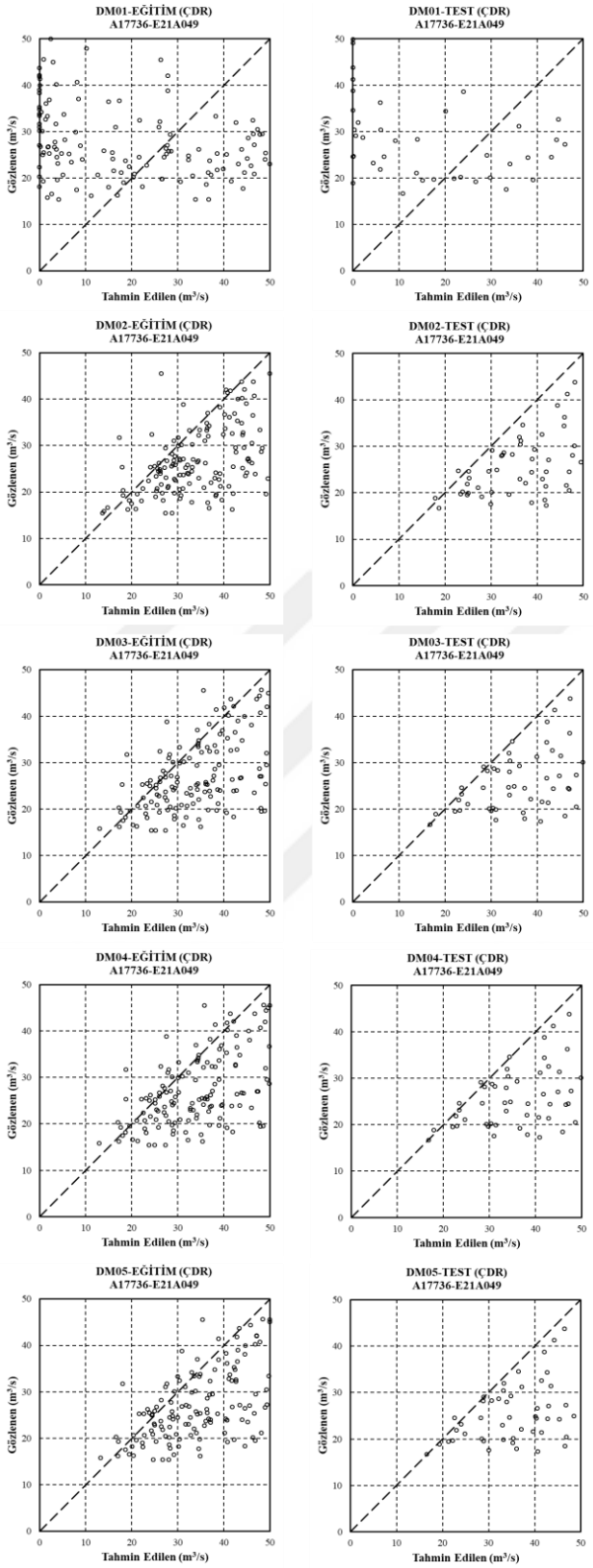
E21A049'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.16'da verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede Durum 1, Durum 2 ve Durum 3 dışında GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen verileri arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 4'te 0.808 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 811.55 $(m^3/s)^2$ olarak GEP modeli olarak belirlenmiştir. DM04 modelde girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3), Q-1 (d_1) verileri tanımlanmıştır. GEP yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.8'de verilmiştir.

$$Q = \sqrt[3]{-18.16 + d_3\sqrt[3]{d_0}} + \sqrt[3]{d_1 d_0 + d_2 d_0 + 9.62 d_2 + 7.62 d_1 + 83.98} + 0.90 d_1 + 1 - \left[\frac{d_3 + d_2}{d_1 + 9.87}\right] \qquad 4.8$$

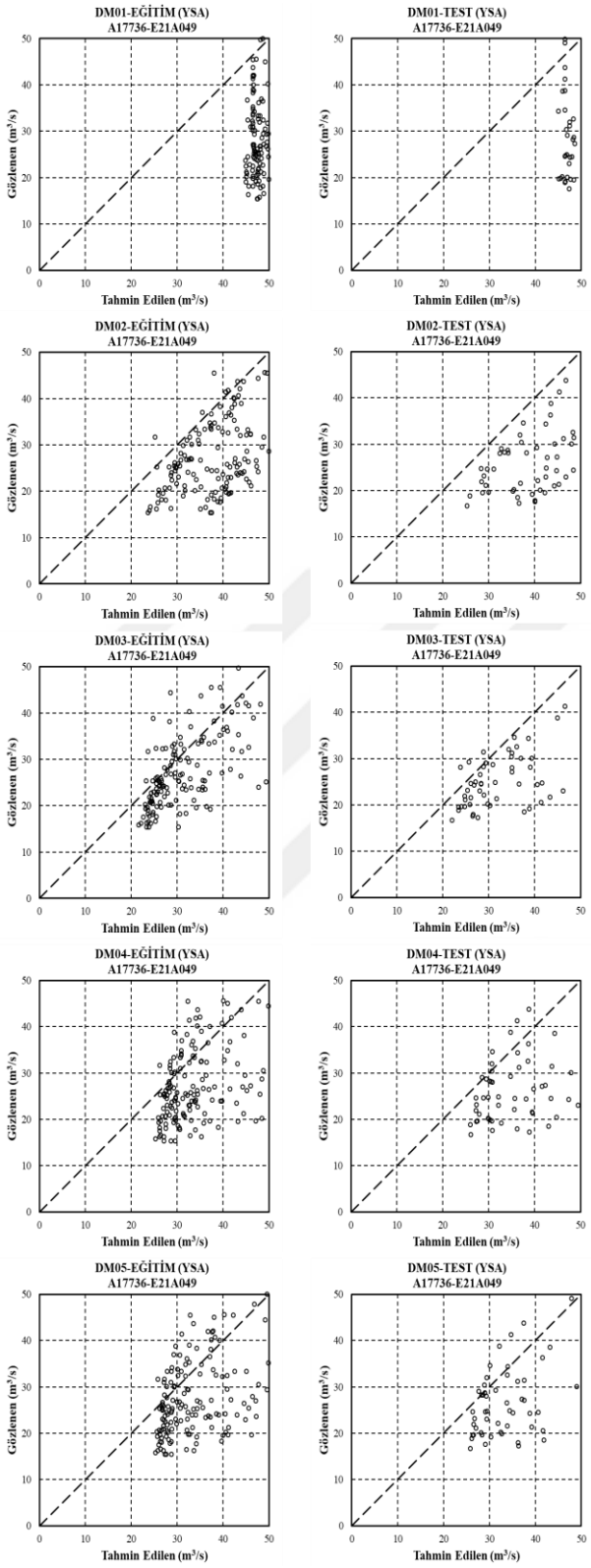
Durum 5'te en başarılı model 0.805 korelasyon ve 837.68 $(m^3/s)^2$ OKH değeriyle GEP yöntemi ile belirlenirken, Durum 1, 2 ve 3'te sırasıyla 0.220, 0.772 ve 0.800 korelasyon değerleri YSA yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17736-E21A049)

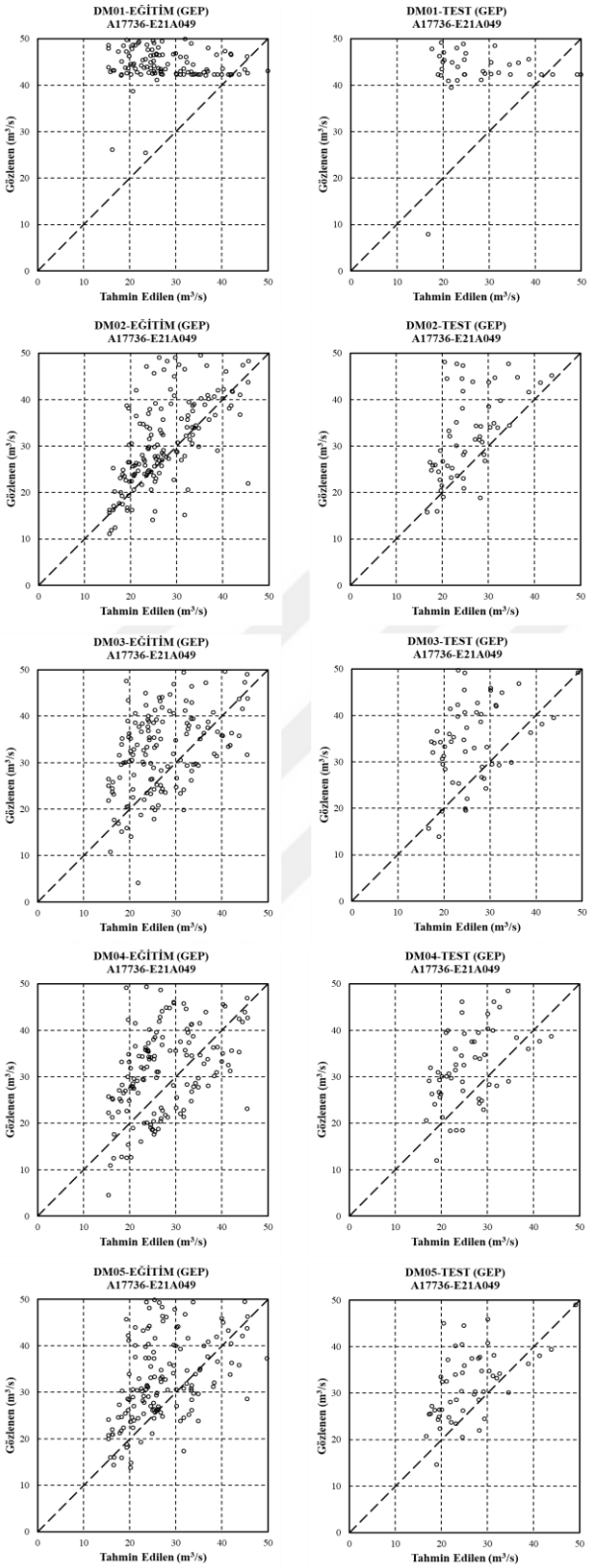
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.150	2516.678	38.894	0.187	3560.025	46.626
YSA (9)	***0.052***	***1735.503***	***31.135***	***0.220***	***2395.953***	***37.465***
GEP	0.357	1444.584	28.880	0.085	2673.716	38.879
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.728	773.944	17.459	0.760	984.690	20.514
YSA (5)	***0.779***	***666.534***	***18.079***	***0.772***	***946.540***	***21.424***
GEP	0.766	690.344	15.556	0.767	1033.997	19.350
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.737	753.364	17.524	0.770	947.625	20.309
YSA (10)	***0.740***	***757.410***	***16.545***	***0.800***	***857.805***	***18.425***
GEP	0.769	673.898	16.631	0.808	807.483	19.020
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.737	753.120	17.550	0.773	939.197	20.265
YSA (1)	0.748	728.806	17.776	0.789	882.041	20.541
GEP	***0.771***	***670.151***	***16.648***	***0.808***	***811.557***	***18.136***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.741	747.056	17.704	0.775	930.636	20.061
YSA (2)	0.751	718.097	17.637	0.796	861.182	19.989
GEP	***0.775***	***656.895***	***15.986***	***0.805***	***837.679***	***18.884***



Şekil 4.54. E21A049 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

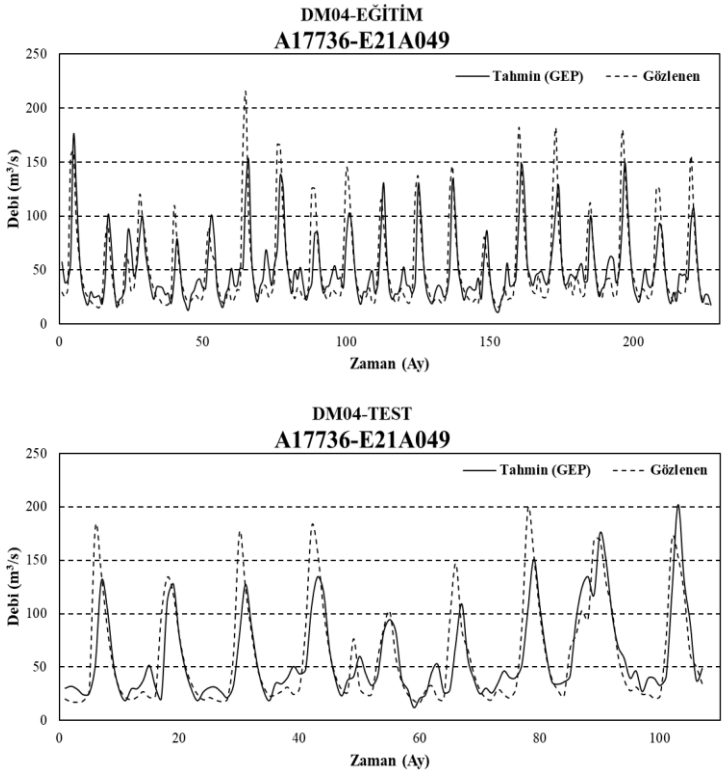


Şekil 4.55. E21A049 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.56. E21A049 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A049 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.54'te, YSA için Şekil 4.55'te, GEP için Şekil 4.56'da verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlarla ÇDR ile GEP'de Durum 1, ve YSA'da Durum 1 ile Durum 2 dışında tüm modellerde, elde edilen akım değerleri gözlenen değerlerle uyumlu oldukları görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM04'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.57'de verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlerle yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 20 m^3/s ile 170 m^3/s aralığında olup, özellikle 20 m^3/s değerleri tahmin etme başarısı yüksek 20 m^3/s'den büyük değerleri ise genel olarak kıyasla başarılı olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada, genel olarak başarılı olmuştur.



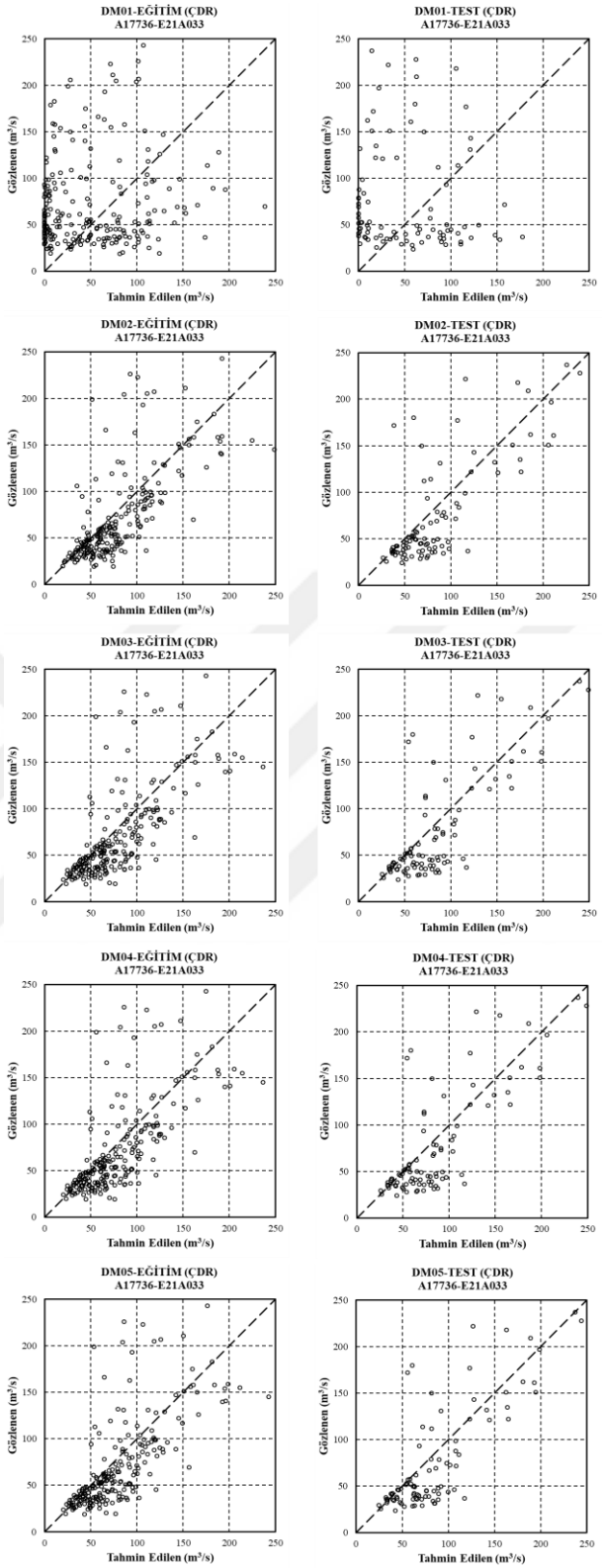
Şekil 4.57.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A049)

4.15. 17736-E21A033 İçin Yağış-Akış İlişkisi

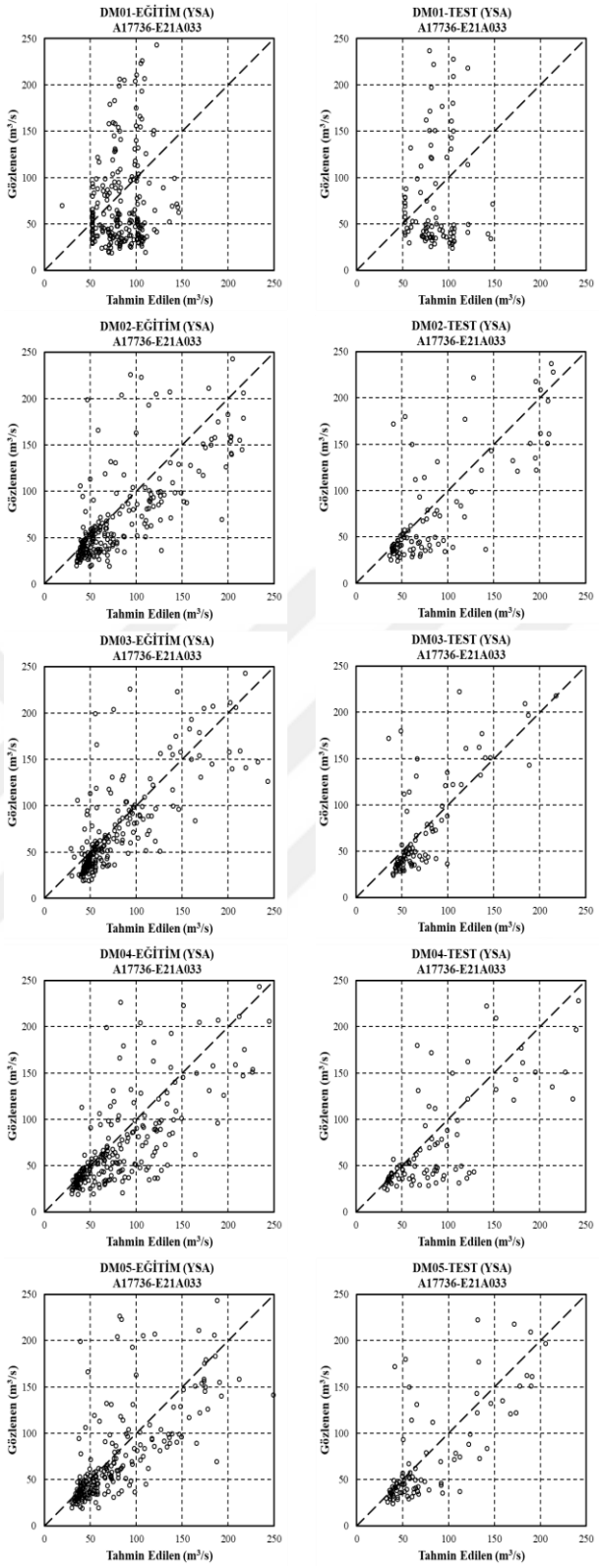
E21A033'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.17'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 3'te 0.812 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 2234.03 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 5 olarak belirlenirken aynı model girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), Q-1 (d_1) veriler tanımlanmıştır. Durum 2'de en başarılı model 0.795 korelasyon ve 2343.77 $(m^3/s)^2$ OKH değeri ile GEP modeli ile belirlenirken, Durum 1, 4 ve 5'te sırasıyla 0.265, 0.795 ve 0.784 korelasyon değerleri YSA yöntemleri ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17736-E21A033)

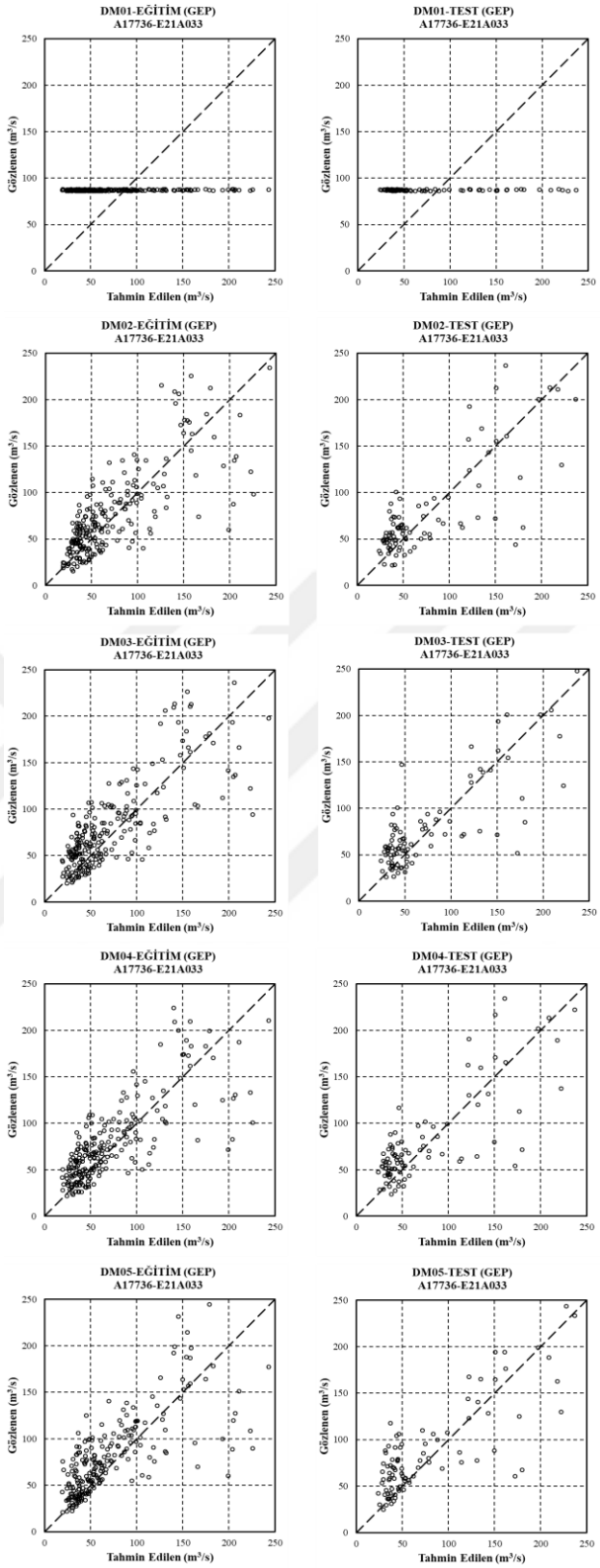
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.208	7213.468	63.843	0.110	9148.594	74.068
YSA (9)	***0.282***	***4841.516***	***51.965***	***0.265***	***5832.290***	***60.363***
GEP	0.240	5237.287	53.127	0.136	6255.180	61.855
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.736	2414.238	30.138	0.748	2789.529	34.366
YSA (2)	0.737	2401.640	31.284	0.774	2517.256	33.401
GEP	***0.785***	***2030.876***	***28.570***	***0.795***	***2343.771***	***30.772***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.746	2337.650	30.364	0.763	2671.304	33.653
YSA (5)	***0.811***	***1801.151***	***25.547***	***0.812***	***2234.035***	***29.581***
GEP	0.793	1954.385	29.349	0.794	2378.887	30.849
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.746	2337.642	30.373	0.763	2670.364	33.655
YSA (9)	***0.781***	***2150.484***	***30.203***	***0.795***	***2335.390***	***33.822***
GEP	0.781	2048.236	28.569	0.787	2399.427	31.854
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.750	2319.971	30.520	0.771	2613.458	33.452
YSA (3)	***0.767***	***2166.340***	***28.528***	***0.784***	***2440.308***	***32.038***
GEP	0.762	2226.777	29.451	0.783	2514.074	32.560



Şekil 4.58. E21A033 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

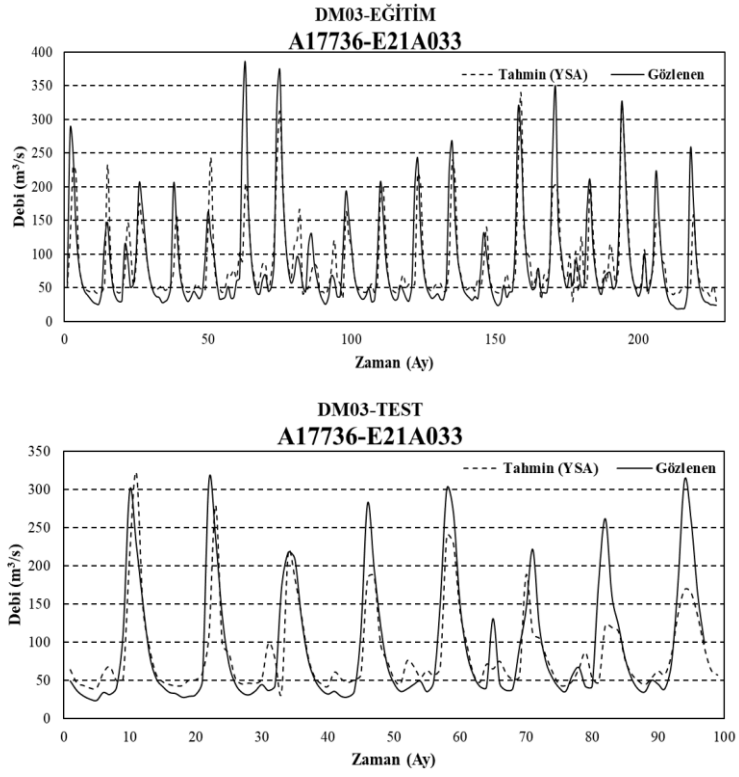


Şekil 4.59. E21A033 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.60. E21A033 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A033 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.58'de, YSA için Şekil 4.59'da, GEP için Şekil 4.60'ta verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemler ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilenmektedir. Üç yöntem de tüm modellerde elde edilen akım değerlerinin gözlenen değerler ile uyumlu oldukları görülmüştür. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi DM03'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.61'de verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlerle yakınlık göstermiş olup ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler, 20 m^3/s ile 380 m^3/s aralığında olup özellikle 20 m^3/s değerinden büyük akım değerlerini tahmin etmede başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde grafikte ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada, genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.61.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A033)

4.16. 17806-E21A002 İçin Yağış-Akış İlişkisi

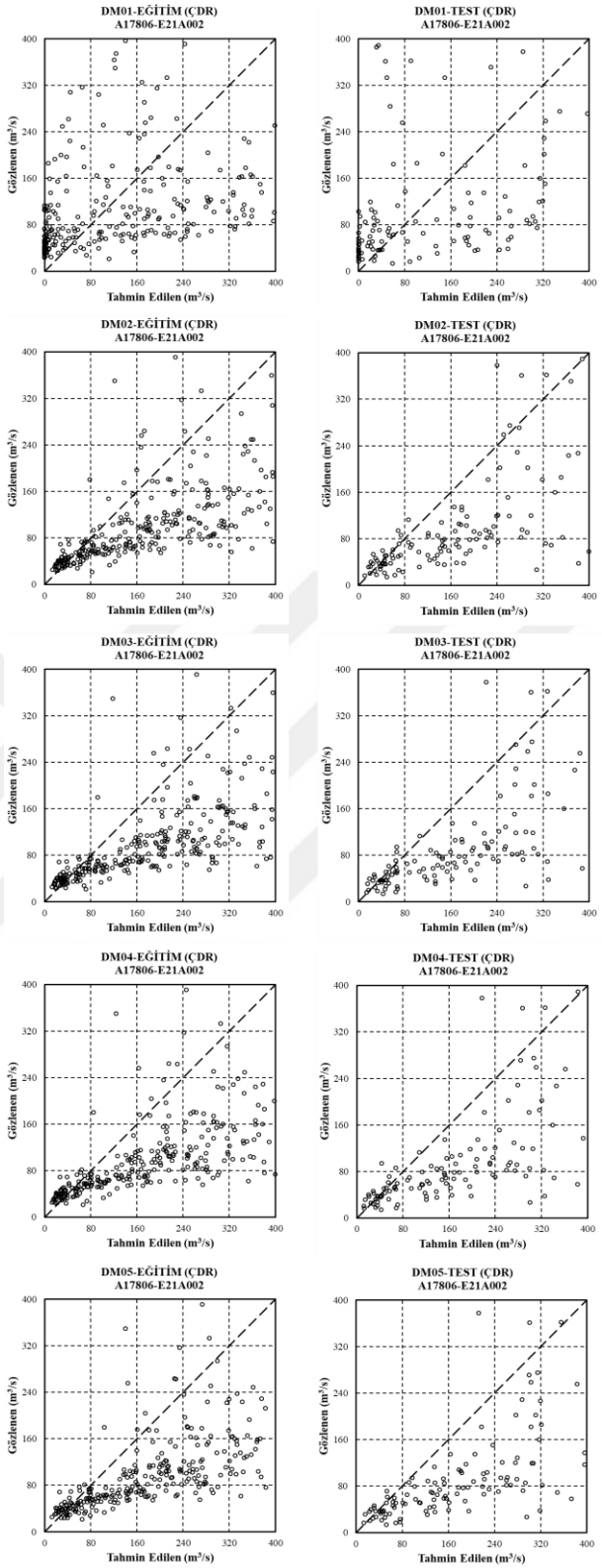
E21A002'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.18'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede Durum 2 dışında GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 4'te 0.783 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 30771.29 $(m^3/s)^2$ olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. En iyi model DM04 girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3), ve Q-1 (d_1) veriler tanımlanmıştır. GEP yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.9'da verilmiştir.

$$Q = \sin\left(d_2\left(d_3 - 6.03\right)\right)\left(-0.44d_0 - d_2\right) + \sqrt{d_1\left(\sqrt{d_3 + d_2} + d_0\sqrt{d_2}\right)} + \sin\left(d_2 + 8.09\left(1 - d_1\right)\right)\left(1 - d_0\right) \quad 4.9$$

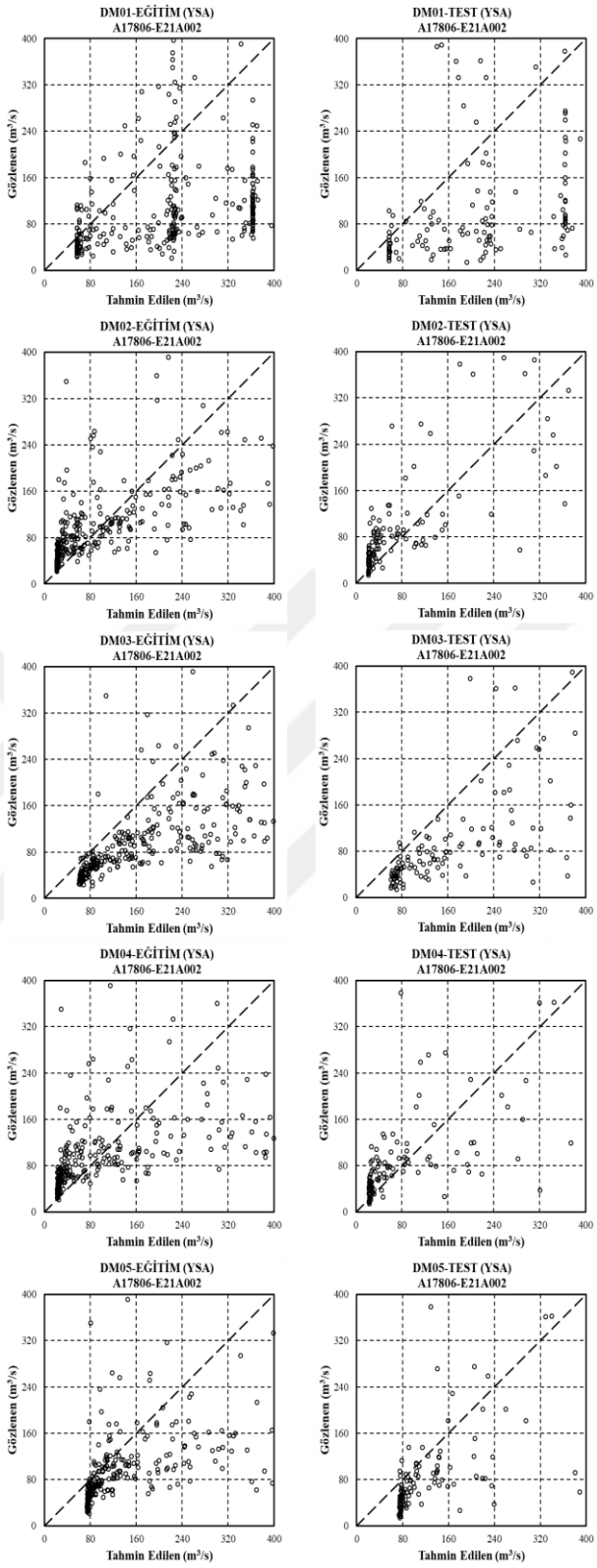
Durum 2'de en başarılı model 0.774 korelasyon ve 40576.37 $(m^3/s)^2$ OKH değeri ile YSA modeli olarak belirlenirken, bu modelde ara katman sayısı 5 olarak belirlenmiştir. Durum 1, Durum 3 ve Durum 5'te korelasyon katsayısı sırasıyla 0.441, 0.771 ve 0.755 olarak GEP yöntemiyle belirlenmiştir.

Çizelge 4.18. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17806-E21A002)

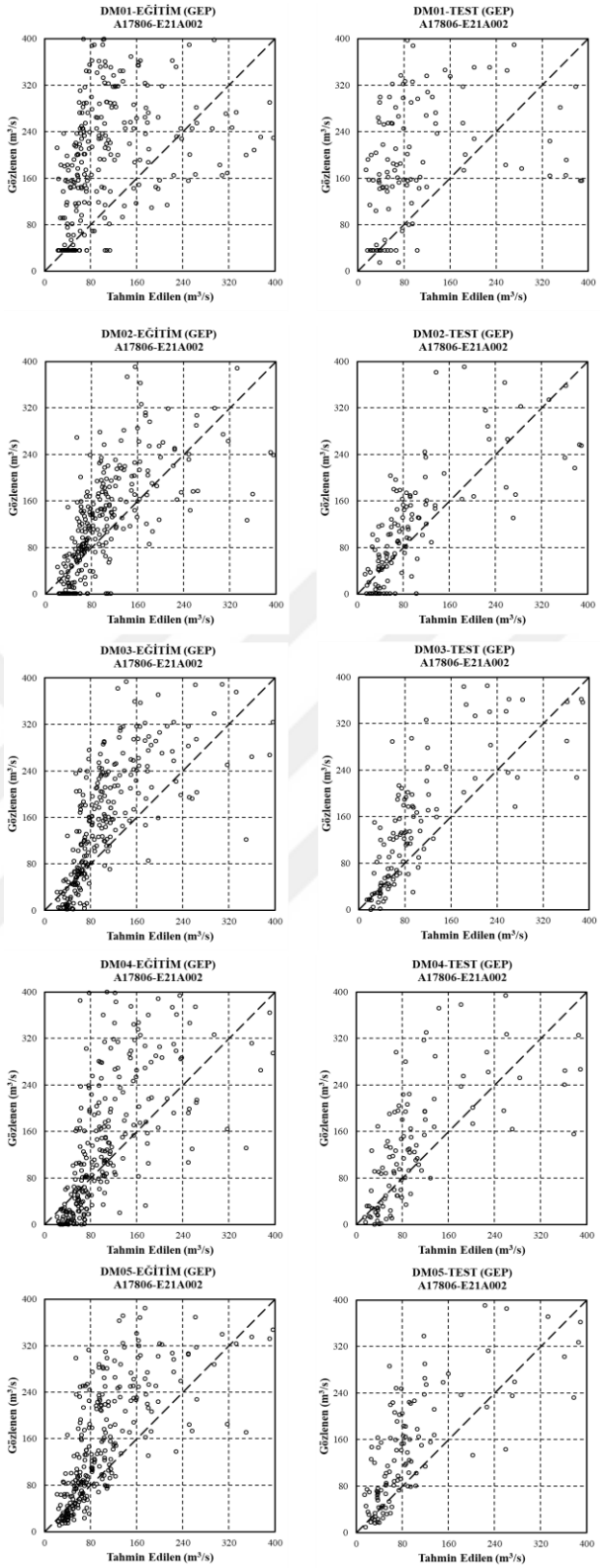
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.398	102670.580	208.844	0.435	69949.901	180.272
YSA (5)	0.426	94076.573	206.859	0.429	62906.635	182.963
GEP	***0.451***	***91537.580***	***204.126***	***0.441***	***61988.114***	***181.493***
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.715	56619.243	145.187	0.703	38589.592	125.753
YSA (5)	***0.804***	***41552.331***	***112.569***	***0.774***	***40576.377***	***116.959***
GEP	0.779	45480.295	116.827	0.771	33625.802	108.540
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.723	55778.867	147.080	0.717	37689.401	128.047
YSA (1)	0.740	53402.636	144.296	0.723	39486.631	133.164
GEP	***0.765***	***47595.580***	***127.088***	***0.771***	***31917.033***	***106.392***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.723	55579.660	145.529	0.712	38020.478	126.358
YSA (2)	0.759	49222.019	129.794	0.764	38520.714	117.629
GEP	***0.795***	***42646.237***	***122.666***	***0.783***	***30771.294***	***104.891***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.726	55340.336	146.931	0.708	38666.075	129.604
YSA (2)	0.721	57188.319	134.943	0.707	36968.548	116.049
GEP	***0.769***	***47290.065***	***123.890***	***0.755***	***33128.558***	***112.883***



Şekil 4.62. E21A002 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

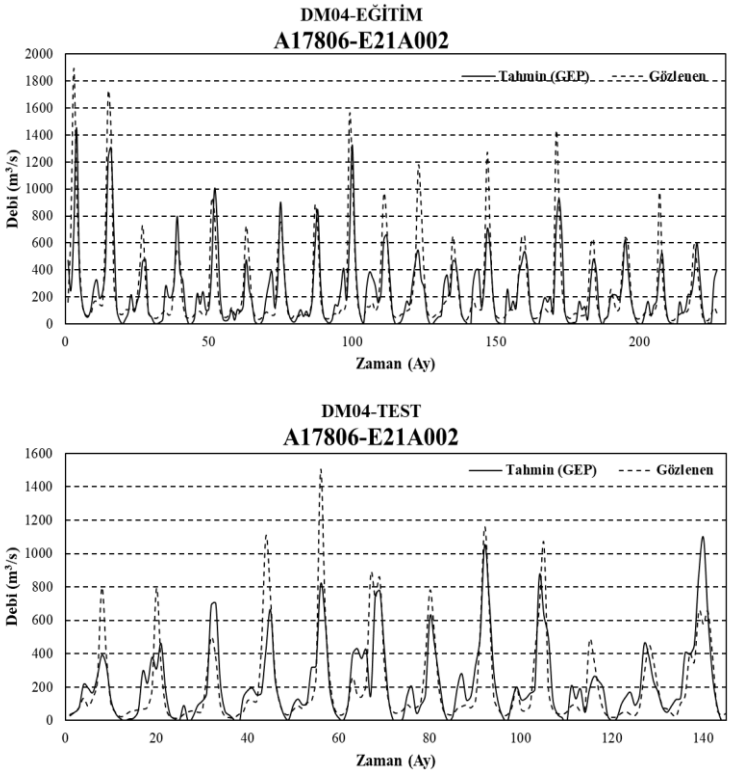


Şekil 4.63. E21A002 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.64. E21A002 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A002 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.62'de, YSA için Şekil 4.63'te, GEP için Şekil 4.64'te verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM04'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.65'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler, gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 0.1 m^3/s ile 1410 m^3/s aralığında olup özellikle 0.1 m^3/s değerlerinden büyük değerleri tahmin etmedeki başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.65.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A002)

4.17. 17806-E21A066 İçin Yağış-Akış İlişkisi

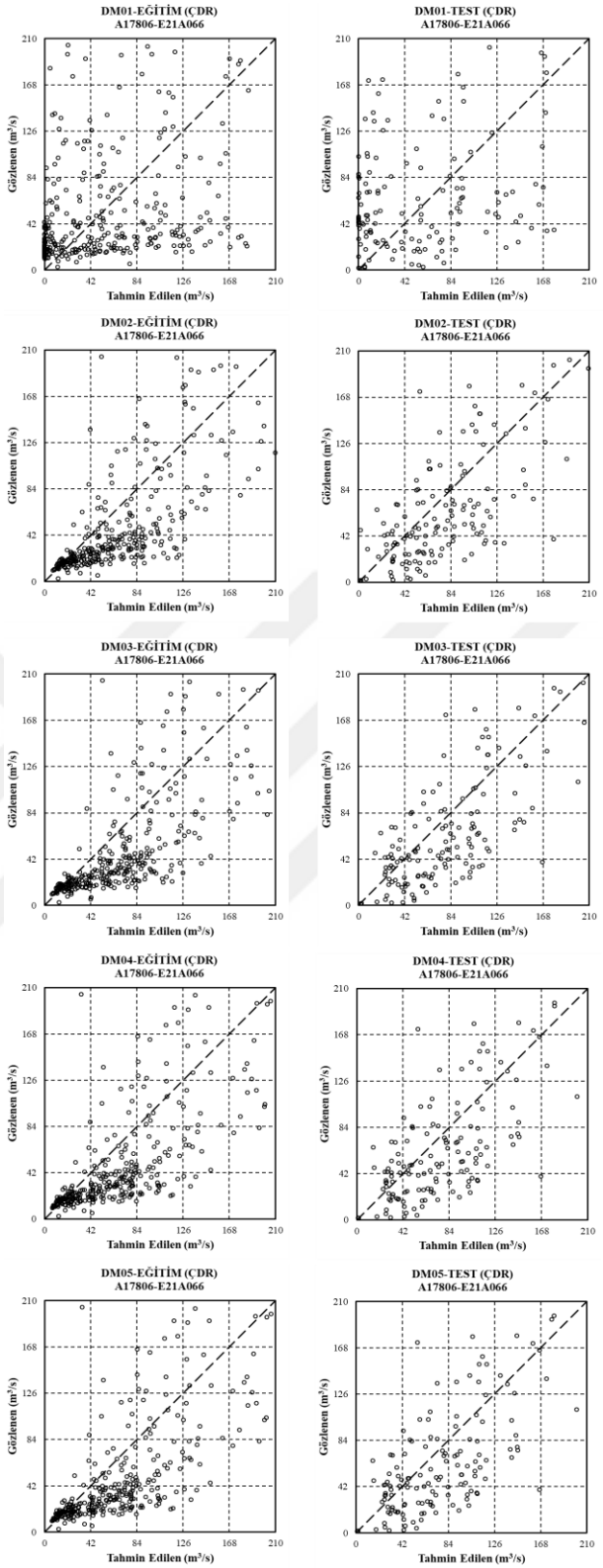
E21A066'a ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.4.19'da verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 3'te 0.760 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 1950.57 $(m^3/s)^2$ olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. DM03 model için girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2) ve Q-1(d_1) akım verileri tanımlanmıştır. Ayrıca, GEP yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.10'da verilmiştir.

$$Q = \sqrt[3]{\left[-21.14+d_1\right]\left[3.22+0.29d_0\right]} + \sqrt[3]{\left[d_0 d_1 - 13.3 d_0\right]} + 2\sqrt[4]{\left(d_0+d_2\right)d_1} \qquad 4.10$$

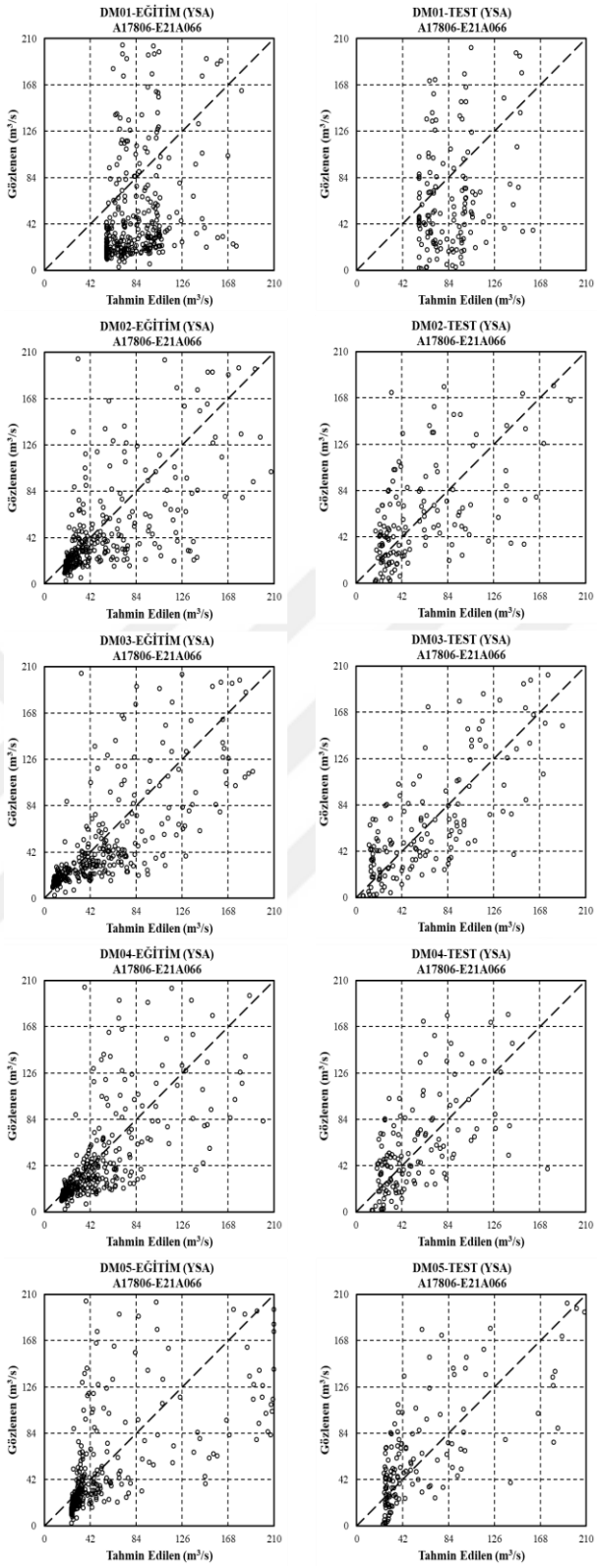
Durum 1'de en başarılı model 0.285 korelasyon ve 5813.29 $(m^3/s)^2$ OKH değeri ile ÇDR modeli belirlerken, Durum 2 ve Durum.4 sırasıyla 0.724 ile 0.759 sonuçları GEP modeliyle, Durum 5'te 0.745 korelasyon değeri YSA yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17806-E21A066)

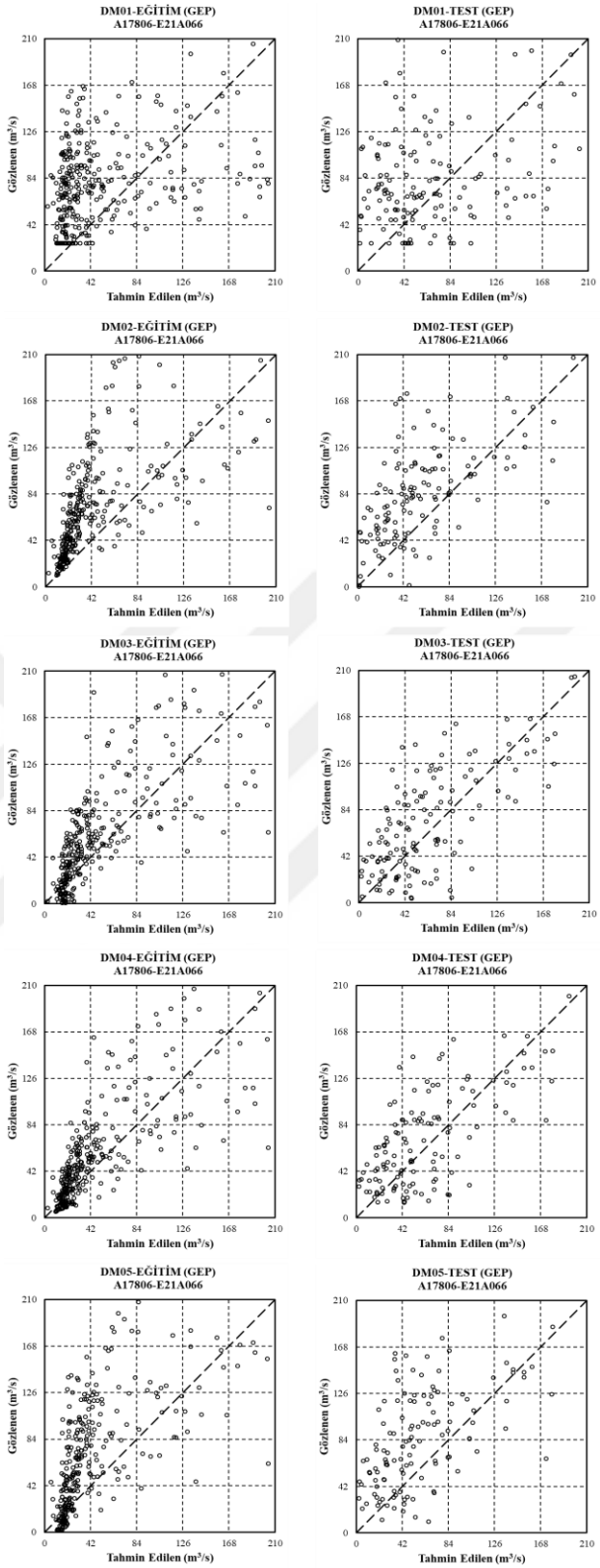
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.346***	***9155.637***	***63.665***	***0.285***	***5813.296***	***58.491***
YSA (7)	0.379	8120.573	66.620	0.267	4205.686	51.566
GEP	0.416	7774.636	61.949	0.279	4051.002	50.238
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.754	4124.164	42.585	0.674	2197.369	35.890
YSA (1)	0.767	3875.500	37.293	0.636	2756.904	37.332
GEP	***0.720***	***6064.482***	***51.499***	***0.724***	***3031.419***	***42.329***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.766	4000.135	42.477	0.720	2016.406	35.010
YSA (3)	0.625	6242.471	42.487	0.754	1587.155	29.915
GEP	***0.812***	***3242.632***	***35.988***	***0.760***	***1950.567***	***34.103***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.766	3962.153	41.969	0.699	2103.333	35.503
YSA (5)	0.798	3454.001	33.367	0.694	2581.890	35.554
GEP	***0.817***	***3118.374***	***33.859***	***0.759***	***1969.332***	***34.048***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.766	3961.722	41.972	0.698	2106.775	35.598
YSA (2)	***0.739***	***4485.242***	***38.600***	***0.745***	***1825.738***	***30.629***
GEP	0.747	5774.578	51.041	0.701	3848.978	47.102



Şekil 4.66. E21A066 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

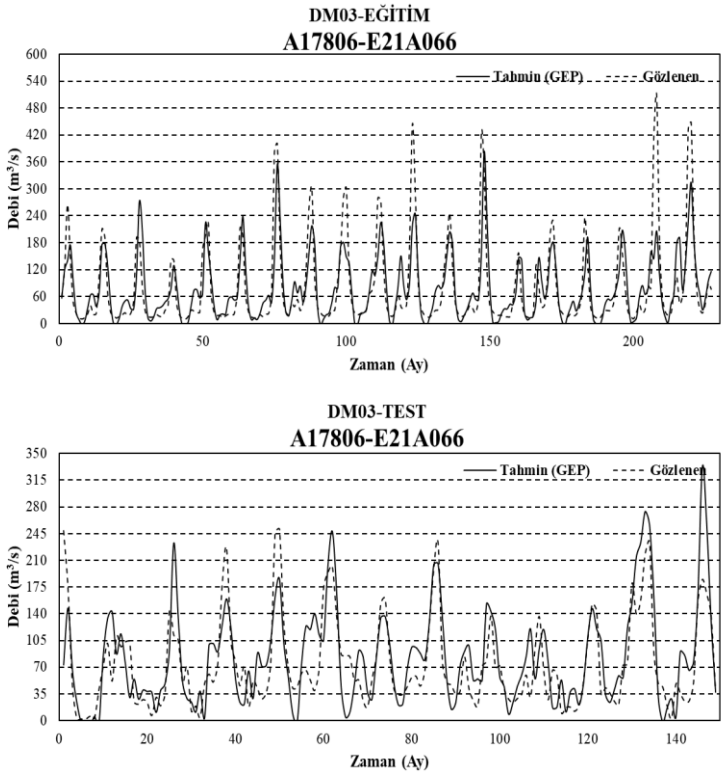


Şekil 4.67. E21A066 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.68. E21A066 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A066 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.66'da, YSA için Şekil 4.67'de, GEP için Şekil 4.68'te verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP. modelleri ile elde edilen sonuçlar ile test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM03'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılımı Şekil 4.69'da verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 0.1 m^3/s ile 420 m^3/s aralığında olup, özellikle 0.1 m^3/s değerlerinden büyük akım değerlerini tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.69. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A066)

4.18. 17094-E21A076 İçin Yağış-Akış İlişkisi

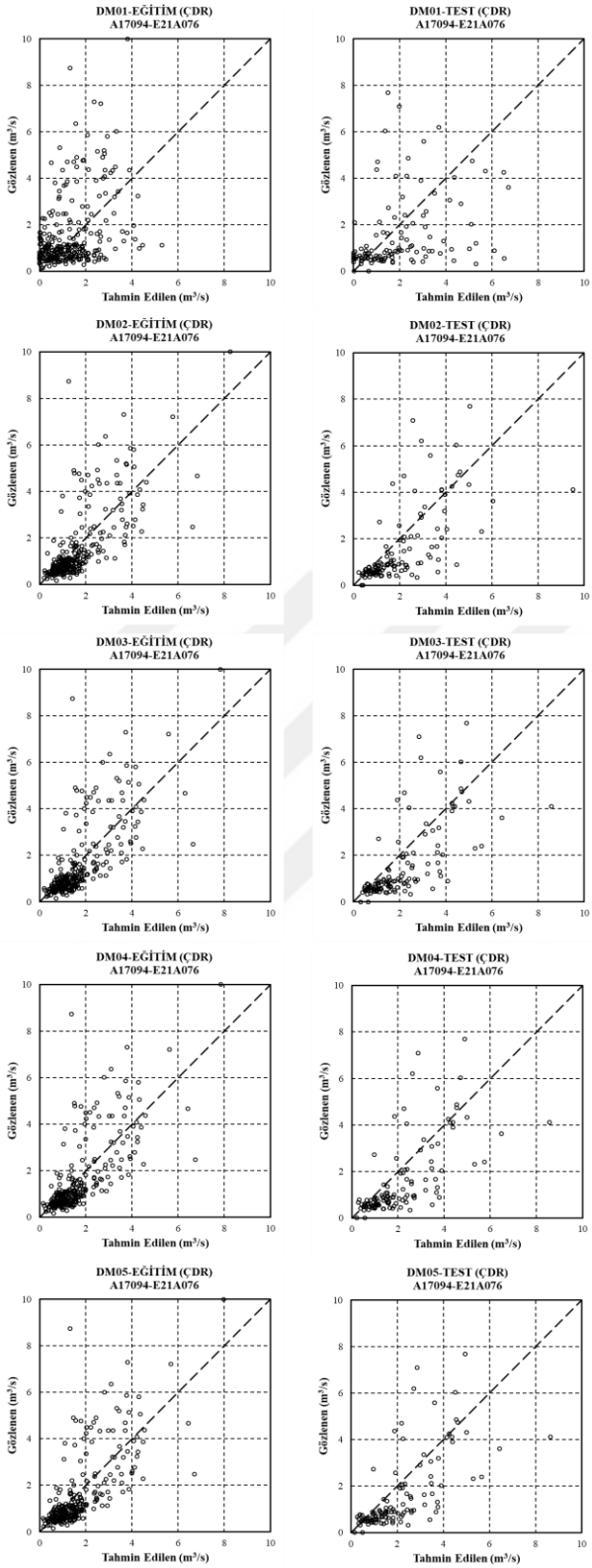
E21A076'a ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş ve eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.20'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede Durum 3 ve 4 dışında GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen verileri arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 5'te 0.747 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 1.431 (m3/s)2 olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. Model DM05'te girdi parametre olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3), P-3 (d_4) ve Q-1 (d_1) verileri tanımlanmıştır. Ayrıca, GEP yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.11'de verilmiştir.

$$Q = \sqrt[3]{0.34 d_1^{\,2} \sqrt{d_0}} + \sin\left[-0.14 \sqrt[3]{d_0 d_2} - \sqrt[3]{d_1}\right] + \sin \sqrt[3]{0.64 \sin d_1} \qquad 4.11$$

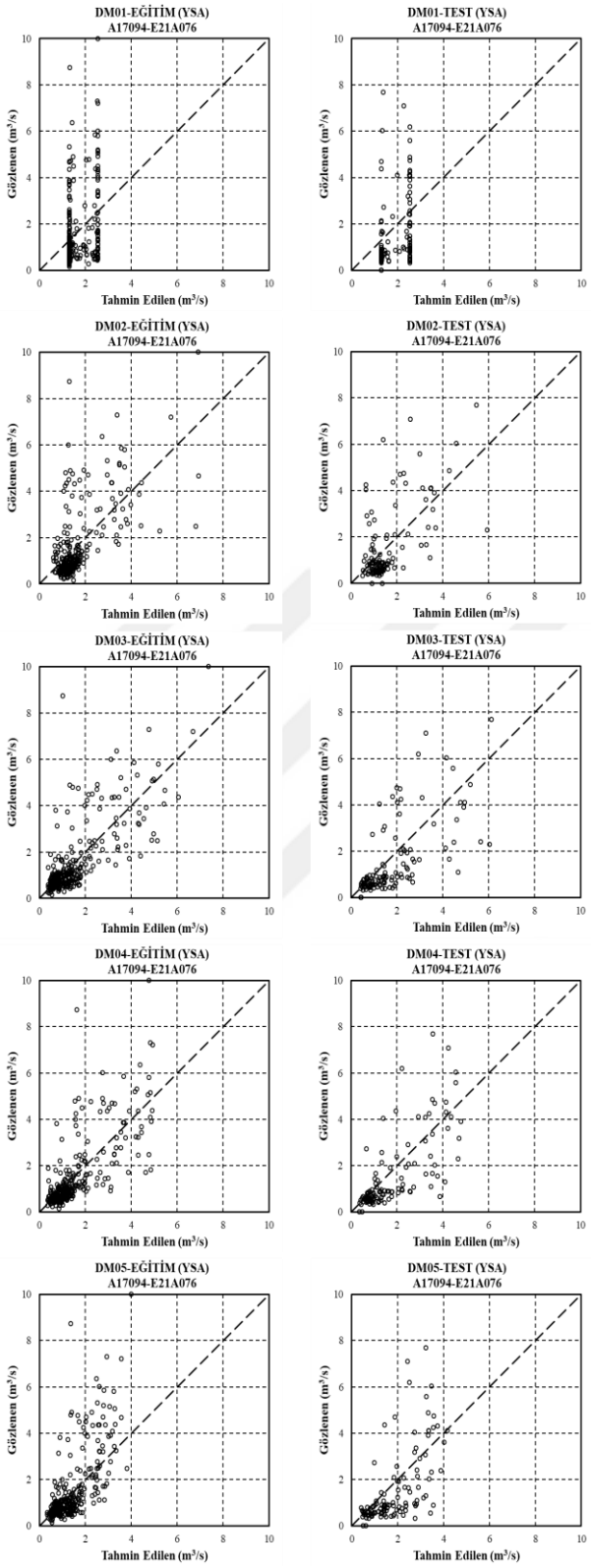
Durum 1'de en başarılı model 0.364 korelasyon ve 2.675 (m^3/s)^2 OKH değeri ile GEP modeli belirlerken, Durum 3'te 0.682 ÇDR, Durum 4'te 0.724 ile ara katman değeri 6 sayısı olarak YSA yöntemiyle ve Durum 5'te 0.747 sonucuyla GEP yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17094-E21A076)

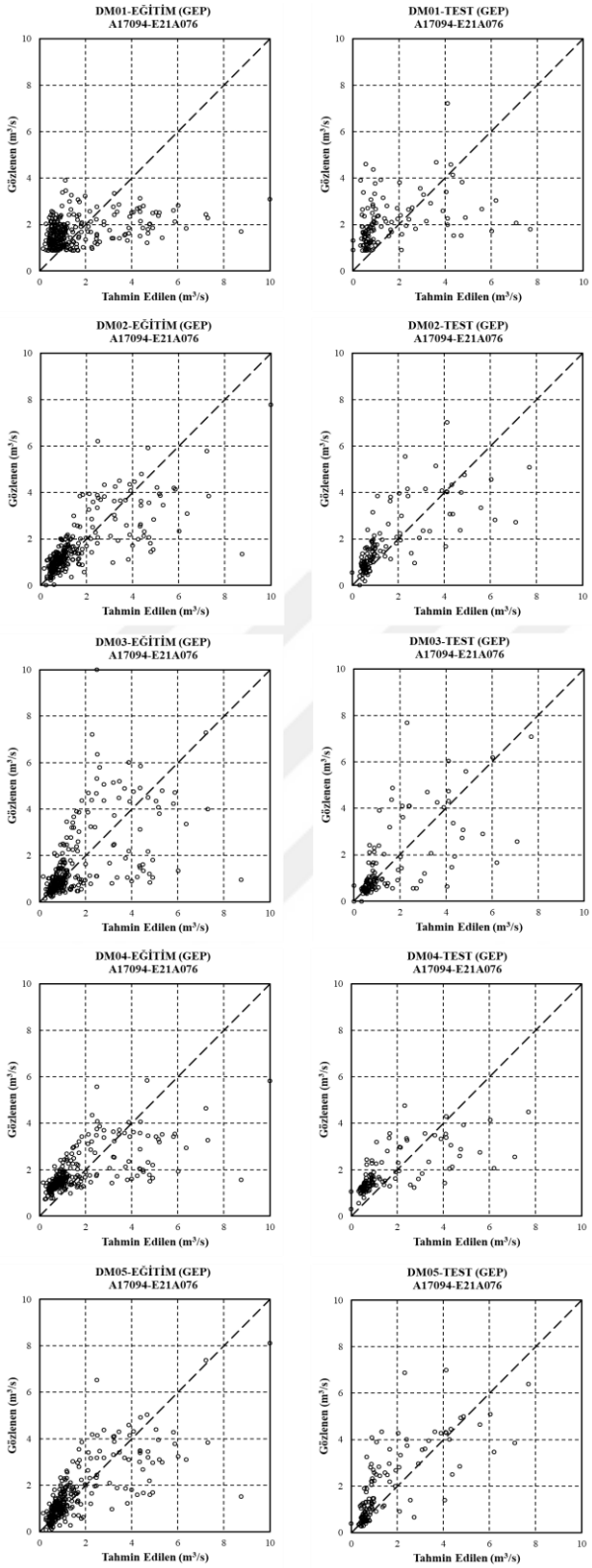
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.350	2.972	1.138	0.362	4.002	1.373
YSA (1)	0.341	2.681	1.096	0.342	2.304	1.183
GEP	***0.351***	***2.654***	***1.107***	***0.364***	***2.675***	***1.243***
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.705	1.523	0.741	0.664	1.794	0.897
YSA (4)	0.640	1.793	0.868	0.616	1.565	0.883
GEP	***0.775***	***1.212***	***0.676***	***0.739***	***1.231***	***0.757***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.714***	***1.492***	***0.756***	***0.682***	***1.811***	***0.972***
YSA (5)	0.752	1.318	0.661	0.665	1.558	0.886
GEP	0.625	2.270	0.855	0.667	1.675	0.783
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.714	1.489	0.751	0.678	1.793	0.953
YSA (6)	***0.716***	***1.483***	***0.682***	***0.724***	***1.260***	***0.767***
GEP	0.665	1.796	0.949	0.704	1.398	0.928
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.714	1.486	0.750	0.680	1.767	0.937
YSA (1)	0.692	1.791	0.741	0.638	1.572	0.882
GEP	***0.758***	***1.292***	***0.677***	***0.747***	***1.431***	***0.820***



Şekil 4.70. E21A076 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

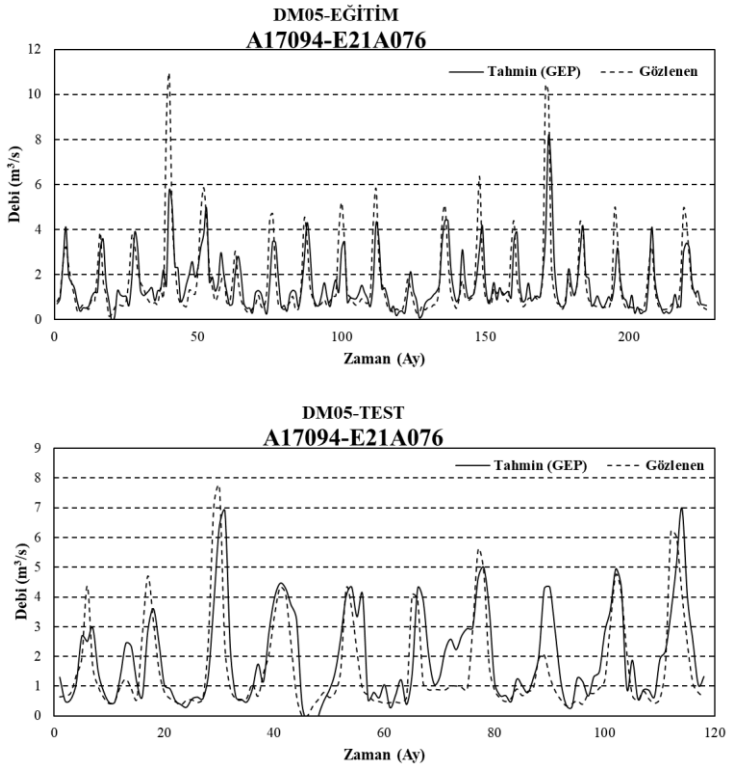


Şekil 4.71. E21A076 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.72. E21A076 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A076 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.70'te, YSA için Şekil 4.71'de, GEP için Şekil 4.72'de verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP. modelleri ile elde edilen sonuçlar ile test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM05'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılımı Şekil 4.73'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 0.1 m^3/s ile 9 m^3/s aralığında olup, özellikle 0.1 m^3/s değerlerinden büyük değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



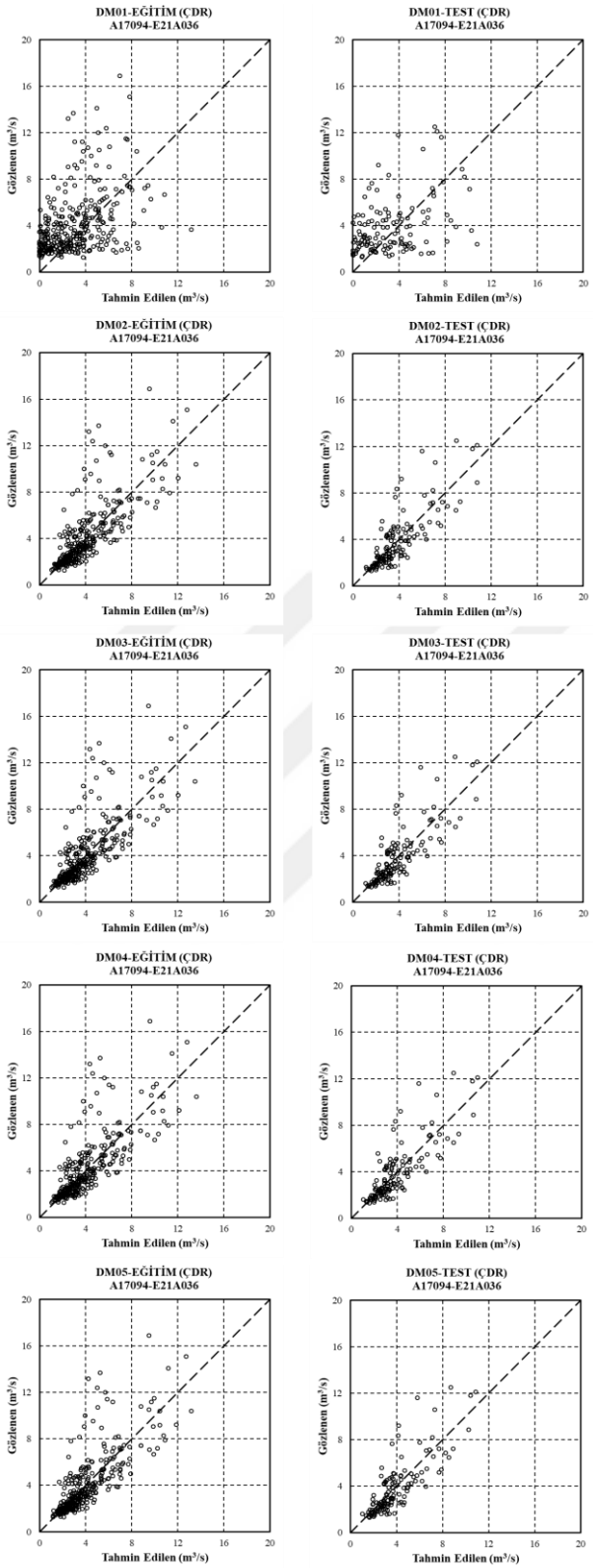
Şekil 4.73. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A076)

4.19. 17094-E21A036 İçin Yağış-Akış İlişkisi

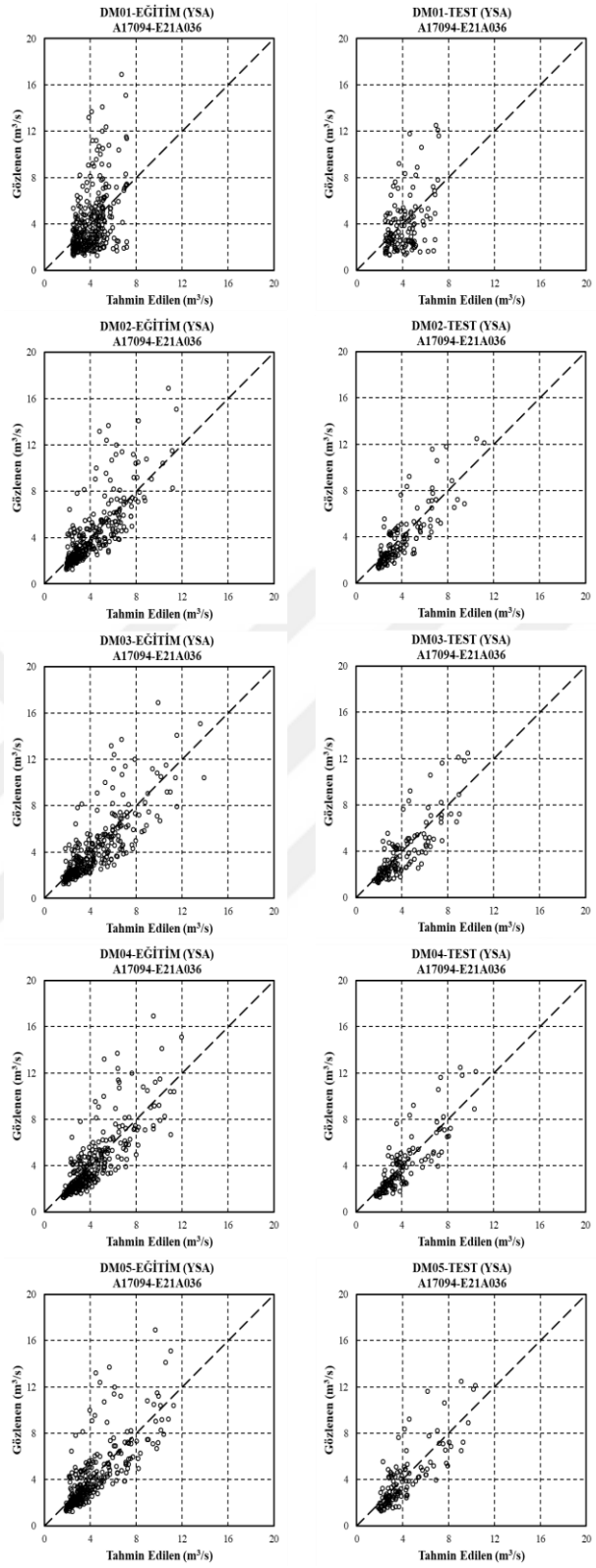
E21A036'a ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.21'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 4'te 0.839 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 1.726 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Ayrıca en başarılı model DM04 girdi parametre olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3), ve Q-1 (d_1) ait akım verileri tanımlanmıştır. Durum 2'de en başarılı model 0.826 korelasyon ve 1.856 $(m^3/s)^2$ OKH değeri ile GEP modeli ile belirlenirken, Durum 1 ve 3'te sırasıyla 0.432 ve 0.818 YSA modeli ile Durum 5'te ise 0.824 korelasyon değerleri GEP modeli ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.21. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17094-E21A036)

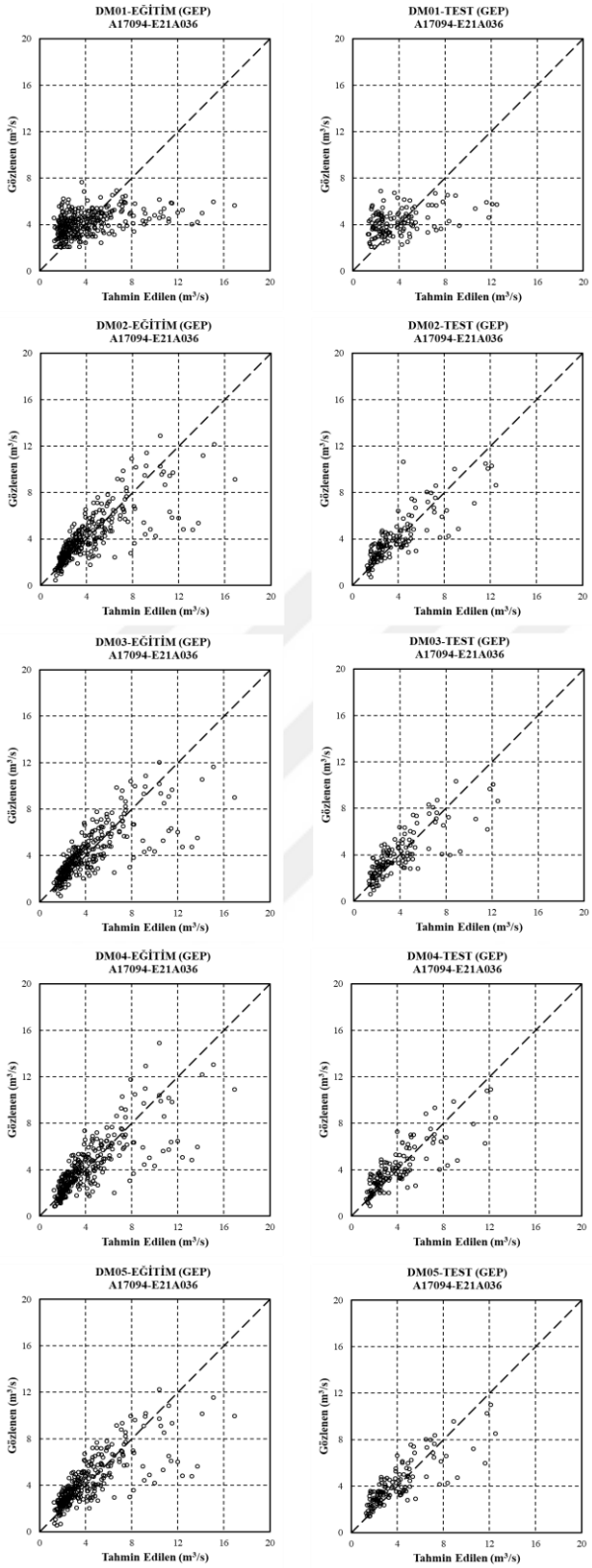
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.414	8.749	2.186	0.397	8.011	2.208
YSA (3)	***0.443***	***5.878***	***1.718***	***0.432***	***4.786***	***1.674***
GEP	0.420	6.029	1.758	0.396	4.957	1.701
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.772	3.015	1.056	0.809	1.987	0.985
YSA (10)	0.793	2.733	1.024	0.822	1.869	0.988
GEP	***0.792***	***2.729***	***1.058***	***0.826***	***1.856***	***0.982***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.772	3.010	1.060	0.808	1.997	0.991
YSA (10)	***0.802***	***2.653***	***1.066***	***0.818***	***1.928***	***1.010***
GEP	0.785	2.811	1.072	0.806	2.023	1.059
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.773	3.006	1.056	0.810	1.984	0.983
YSA (4)	***0.810***	***2.517***	***1.034***	***0.839***	***1.726***	***0.943***
GEP	0.788	2.806	1.089	0.822	1.876	0.991
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.773	2.976	1.068	0.808	1.996	1.016
YSA (1)	0.773	2.948	1.104	0.807	2.015	1.062
GEP	***0.786***	***2.797***	***1.118***	***0.824***	***1.897***	***1.024***



Şekil 4.74. E21A036 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

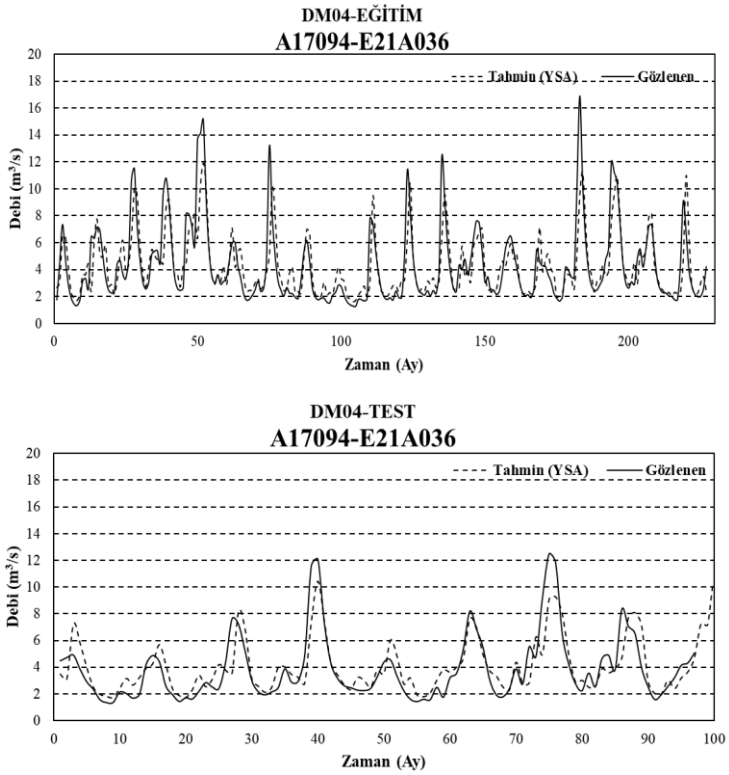


Şekil 4.75. E21A036 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.76. E21A036 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A036 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.74'te, YSA için Şekil 4.75'te, GEP için Şekil 4.76'da verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP. yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM04'te elde edilen değerlerinin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.77'de verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 1 m^3/s ile 17 m^3/s aralığında olup, özellikle 1 m^3/s değerlerinden yüksek değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur, test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



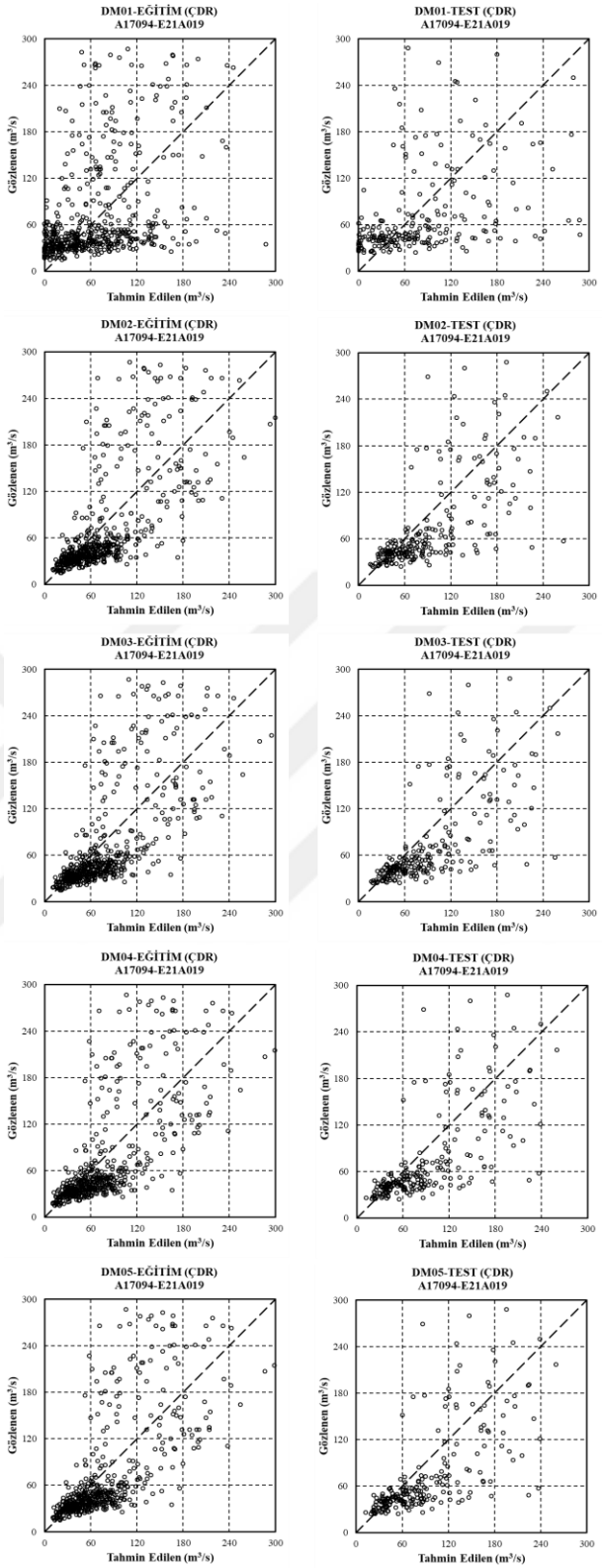
Şekil 4.77.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A036)

4.20. 17094-E21A019 İçin Yağış-Akış İlişkisi

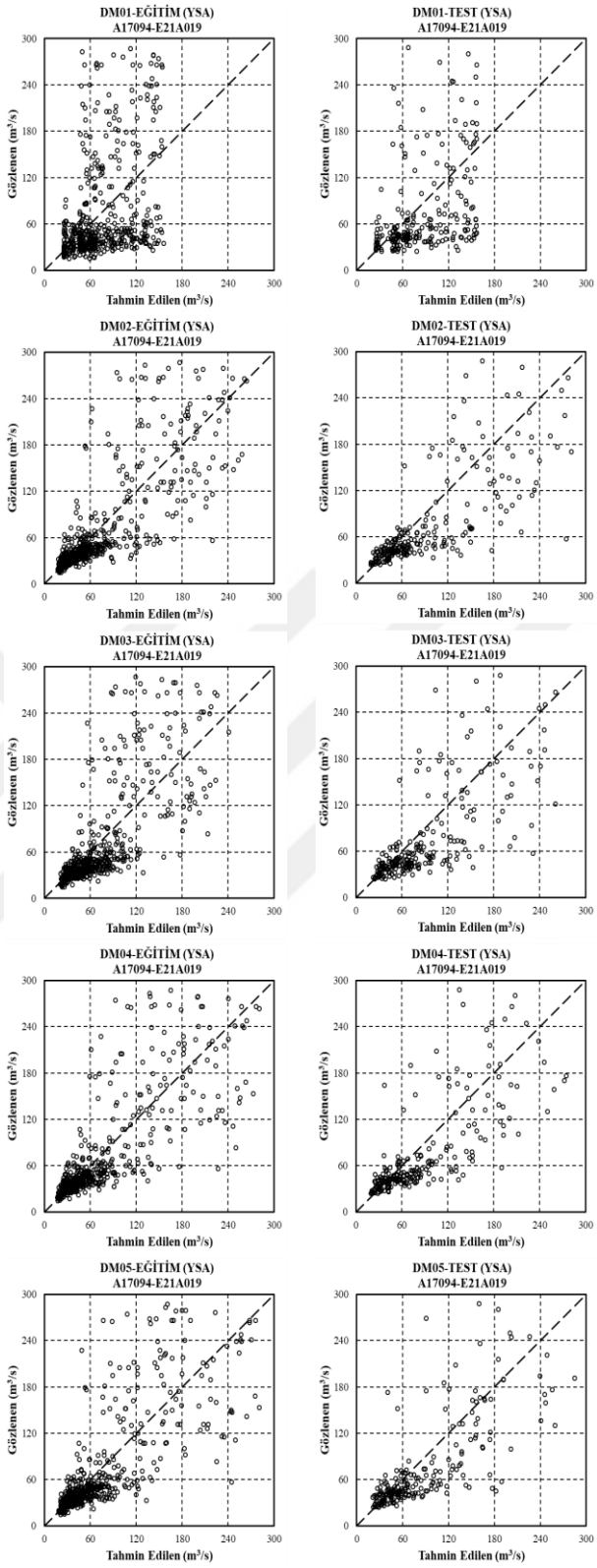
E21A019'A ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.22'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 5'te 0.759 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 2293.72 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Durum 1 ve 3'te en başarılı model sırasıyla 0.427, ve 0.732 sonuçları GEP model ile belirlerken, Durum 2 ve 4'te sırasıyla 0.749 ve 0.751 sonuçları yine sırasıyla ara katman sayılar 2 ve 3 olarak YSA yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4 22. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17094-E21A019)

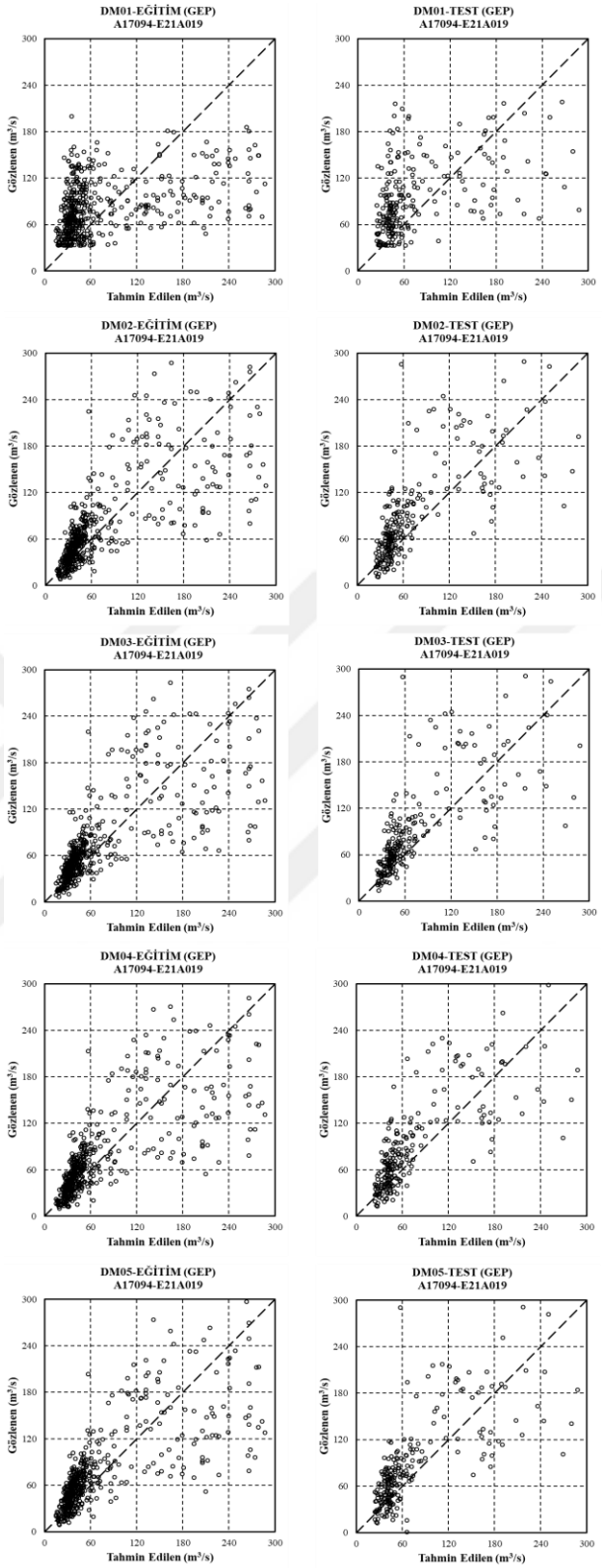
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.432	6268.430	53.296	0.401	7263.766	57.691
YSA (4)	0.427	5843.622	50.351	0.414	4168.246	45.495
GEP	***0.448***	***5801.932***	***52.159***	***0.427***	***4401.740***	***47.909***
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.716	3472.563	37.628	0.662	3236.915	37.739
YSA (2)	***0.786***	***2737.033***	***28.996***	***0.749***	***2593.833***	***34.097***
GEP	0.772	2933.960	32.388	0.728	2888.226	35.276
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.718	3455.720	37.701	0.676	3156.398	37.901
YSA (3)	0.753	3228.730	33.391	0.720	2537.371	33.781
GEP	***0.770***	***2951.012***	***32.071***	***0.732***	***2768.773***	***33.841***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.719	3439.604	37.163	0.681	3070.392	37.141
YSA (3)	***0.798***	***2588.006***	***27.903***	***0.751***	***2347.680***	***32.545***
GEP	0.768	2974.102	32.645	0.715	3062.072	35.230
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.719	3439.489	37.182	0.680	3078.017	37.215
YSA (4)	***0.795***	***2618.317***	***28.950***	***0.759***	***2293.727***	***30.968***
GEP	0.765	3022.899	33.769	0.726	2580.154	34.233



Şekil 4.78. E21A019 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

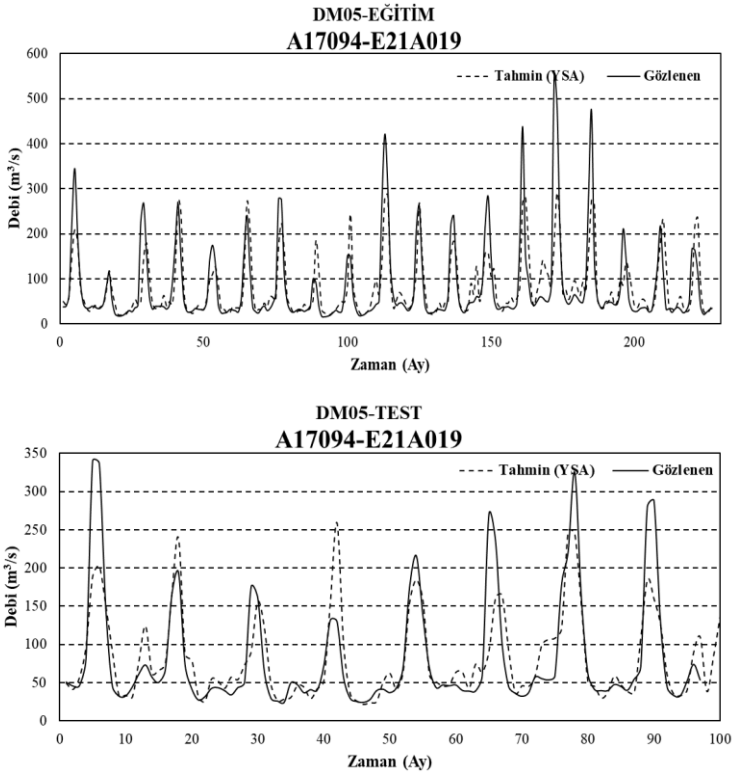


Şekil 4.79. E21A019 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.80. E21A019 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A019 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.78'de, YSA için Şekil 4.79'da, GEP için Şekil 4.80'de verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM05'te elde edilen değerlerinin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.81'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 20 m^3/s ile 550 m^3/s aralığında olup özellikle 20 m^3/s değerlerinden yüksek akım değerlerini tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



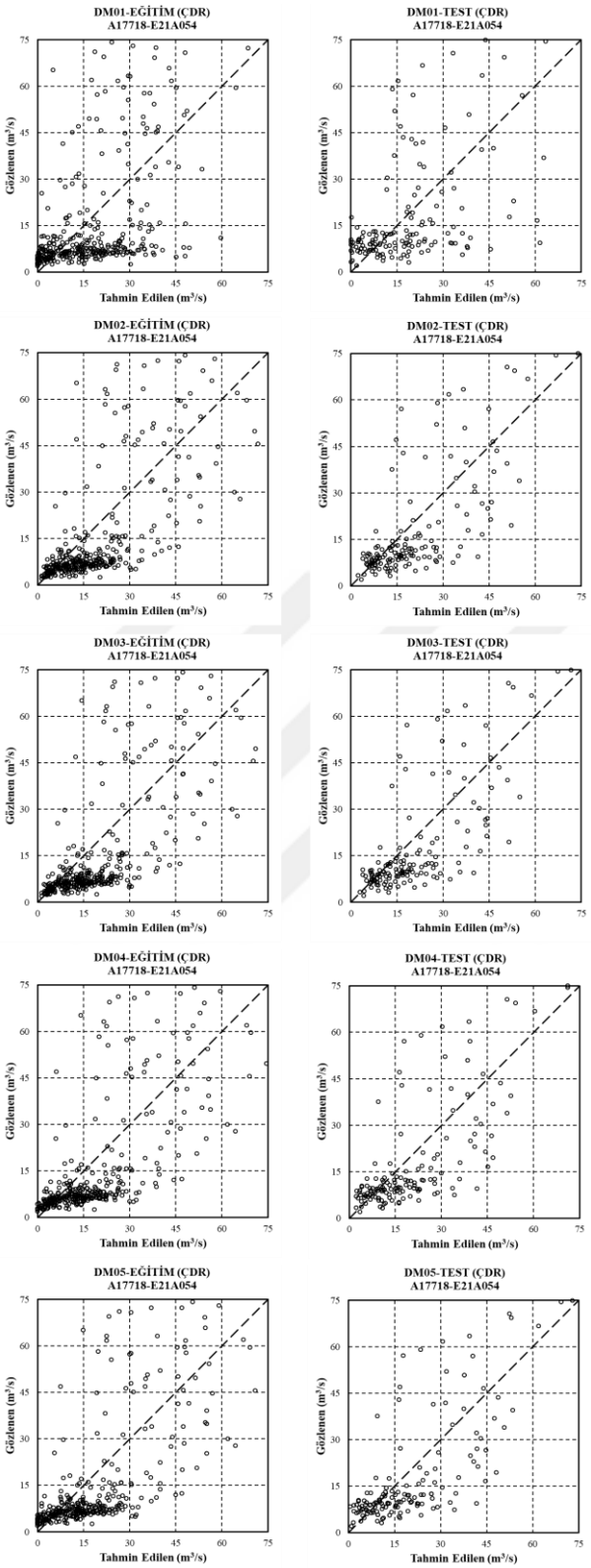
Şekil 4.81.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A019)

4.21. 17718-E21A054 İçin Yağış-Akış İlişkisi

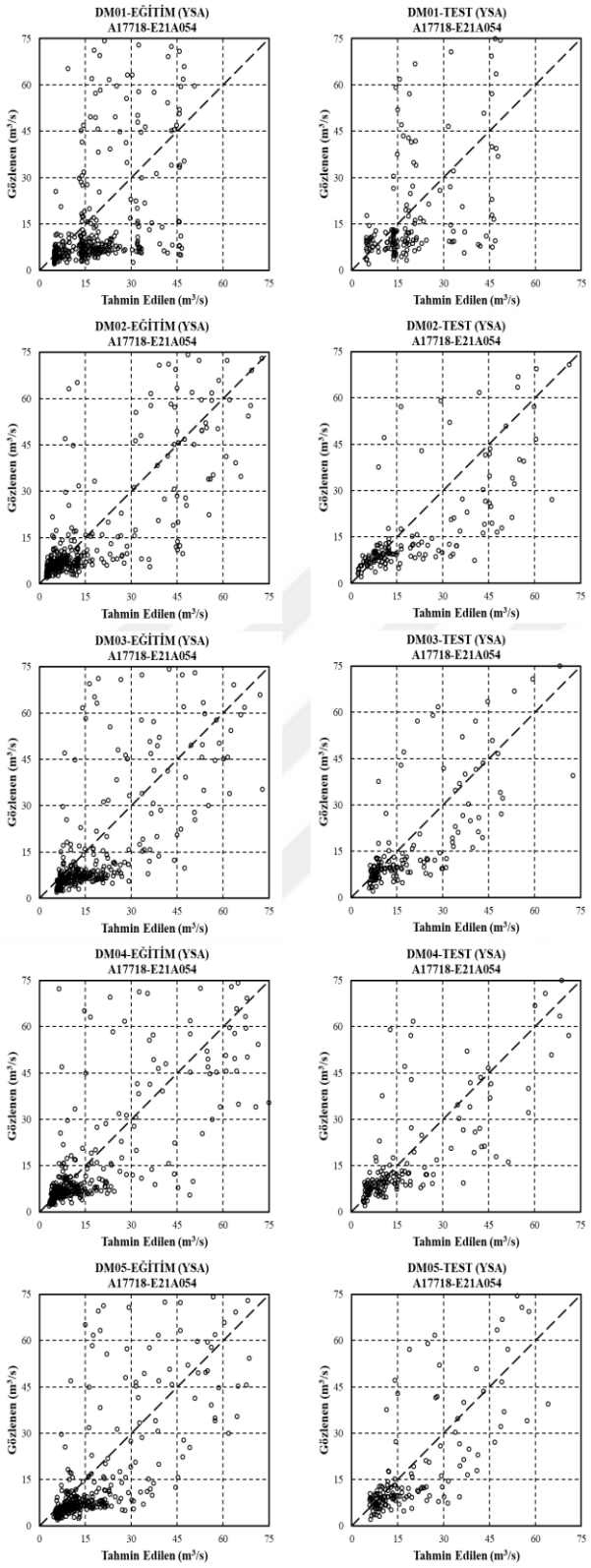
E21A054'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.23'te verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede Durum 1 dışında YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 4'te 0.760 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 194.22 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca en başarılı model DM05 için girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3), ve Q-1(d_1) ait veriler tanımlanmıştır. Durum 1'de en başarılı model 0.501 korelasyon ve 347.58 $(m^3/s)^2$ OKH değeri ile GEP modeli ile belirlenirken, Durum 2, 3 ve 5'de sırasıyla 0.733, 0.746 ve 0.731 değerleri ile ara katman sayıları sırasıyla 7, 8, ve 6 olarak YSA yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.23. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17718-E21A054)

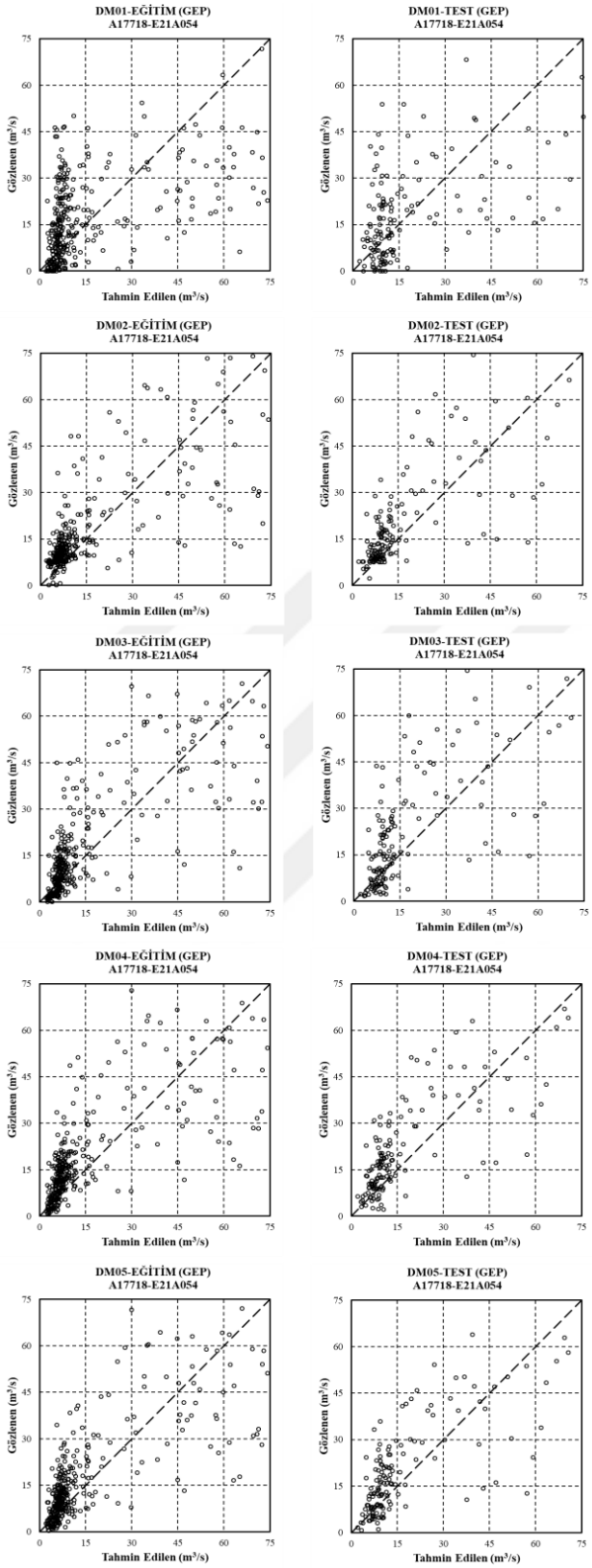
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.486	500.380	14.691	0.494	352.322	13.034
YSA (7)	0.492	492.575	14.463	0.488	335.422	12.482
GEP	***0.516***	***481.459***	***14.173***	***0.501***	***347.579***	***13.094***
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.691	343.202	12.250	0.669	242.478	10.362
YSA (7)	***0.791***	***244.204***	***8.709***	***0.733***	***242.561***	***10.168***
GEP	0.746	289.376	9.856	0.729	226.833	9.464
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.694	342.386	12.292	0.684	233.560	10.274
YSA (8)	***0.729***	***306.487***	***10.493***	***0.746***	***194.911***	***8.887***
GEP	0.762	272.973	9.722	0.712	249.590	10.819
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.695	337.655	11.988	0.688	230.408	10.305
YSA (3)	***0.759***	***276.672***	***8.568***	***0.760***	***194.222***	***8.158***
GEP	0.749	288.035	10.521	0.740	207.189	9.817
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.696	336.247	12.017	0.692	227.551	10.257
YSA (6)	***0.732***	***306.213***	***10.677***	***0.731***	***202.323***	***8.994***
GEP	0.765	271.046	9.773	0.730	209.840	9.674



Şekil 4.82. E21A054 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

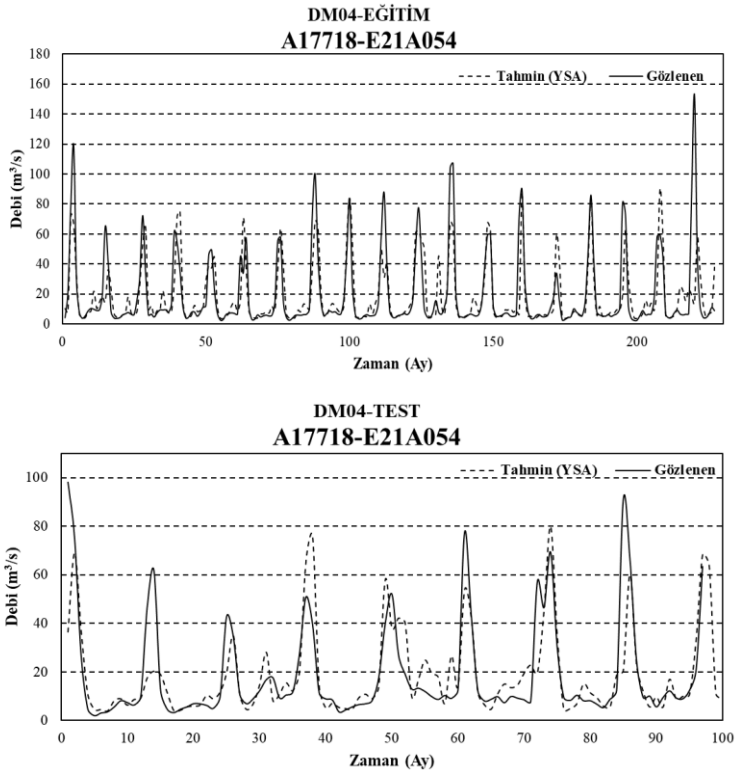


Şekil 4.83. E21A054 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.84. E21A054 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A054 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.82'de, YSA için Şekil 4.83'te, GEP için Şekil 4.84'te verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlarla benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM04'te elde edilen değerlerinin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.85'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 5 m^3/s ile 160 m^3/s aralığında olup özellikle 5 m^3/s değerlerinden yüksek akım değerlerini tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



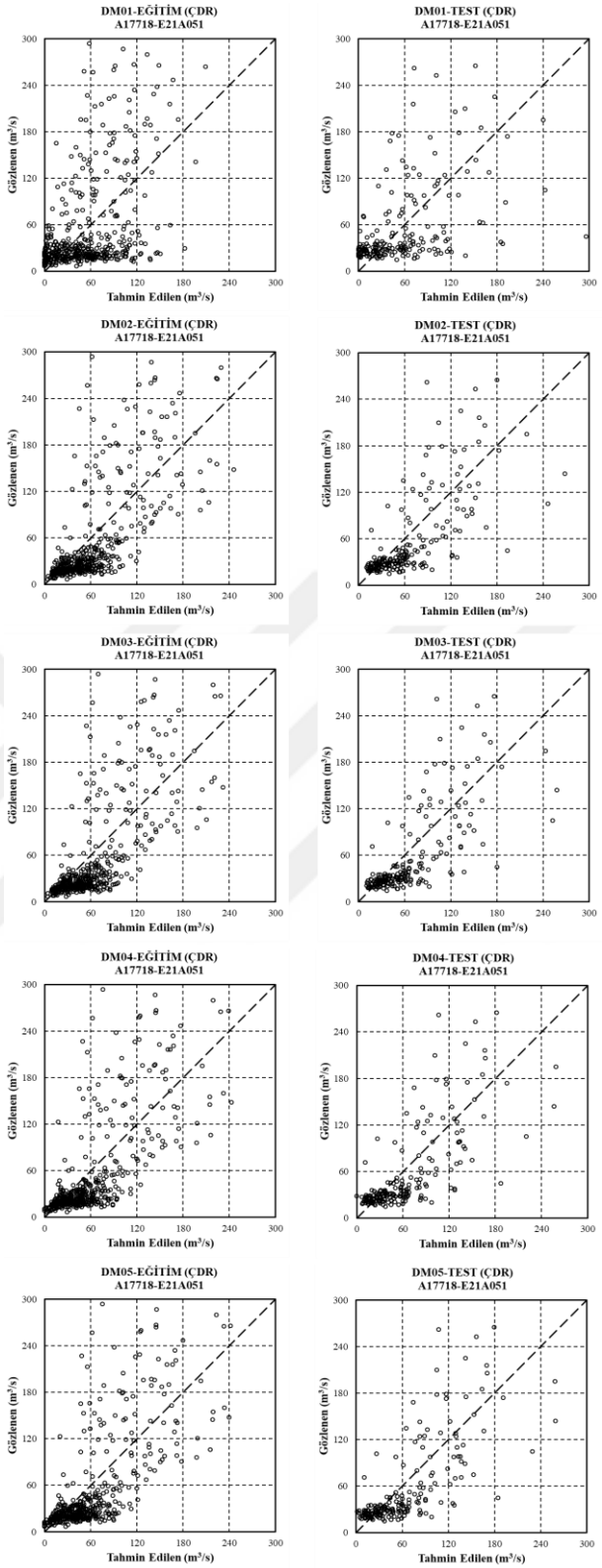
Şekil 4.85.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A054)

4.22. 17718-E21A051 İçin Yağış-Akış İlişkisi

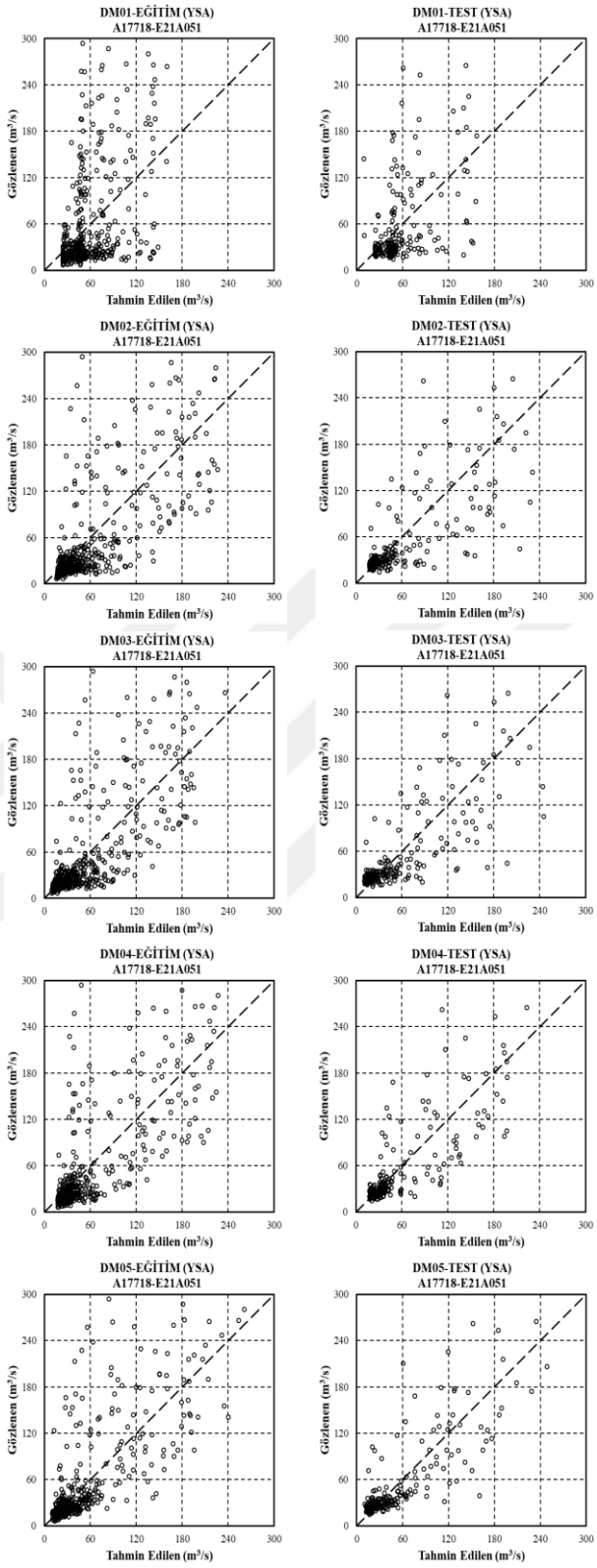
E21A051'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.24'te verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modeller test süreci korelasyon değerleri ile eğitim sürecindeki korelasyon değerleriyle benzerlik göstermiştir. Test süreçleri dikkate alındığında akımı tahmin etmede YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 4'te 0.798 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 1130.93 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Ayrıca en başarılı model olan DM04 için girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3) ve Q-1(d_1) verileri tanımlanmıştır. Durum 1 ve 2'de en başarılı model sırasıyla 0.483, 0.776 korelasyon ve OKH değerleri sırasıyla 2865.08 $(m^3/s)^2$ ve 1462.72 $(m^3/s)^2$ sonuçları GEP yöntemleri ile belirlenirken, Durum 3 ve 5'te ise en başarılı model sırasıyla 0.762, 0.786 korelasyon ve OKH değerleri sırasıyla 1464.36 $(m^3/s)^2$ ve 1371.61 $(m^3/s)^2$ değerleri YSA yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.24. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17718-E21A051)

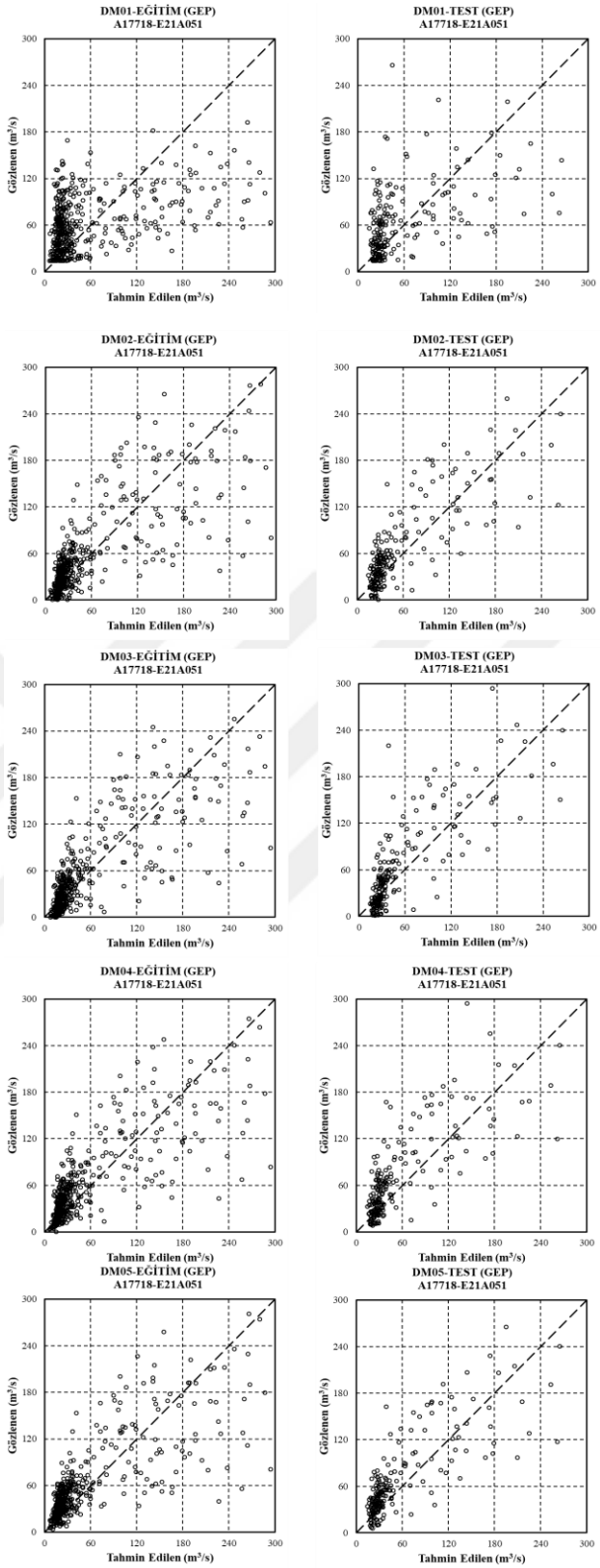
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.474	4523.382	45.687	0.483	3272.920	39.361
YSA (5)	0.471	4496.450	44.078	0.475	2329.405	33.016
GEP	***0.474***	***4450.614***	***45.258***	***0.483***	***2865.088***	***36.383***
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.711	2876.110	34.595	0.709	1625.676	27.880
YSA (1)	0.722	2746.485	31.092	0.732	1693.391	25.648
GEP	***0.771***	***2330.971***	***28.261***	***0.776***	***1462.727***	***26.446***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.716	2859.968	35.045	0.725	1565.002	27.796
YSA (3)	***0.734***	***2673.306***	***29.461***	***0.762***	***1464.361***	***25.035***
GEP	0.809	2005.344	26.733	0.757	2349.703	29.266
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.716	2823.168	34.041	0.728	1538.800	27.649
YSA (4)	***0.741***	***2588.471***	***28.626***	***0.798***	***1130.931***	***21.085***
GEP	0.778	2269.532	28.458	0.756	1887.047	29.604
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.715	2817.093	33.972	0.730	1530.622	27.653
YSA (9)	***0.763***	***2440.267***	***26.256***	***0.786***	***1371.612***	***22.227***
GEP	0.769	2356.636	28.946	0.765	1545.257	27.111



Şekil 4.86. E21A051 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

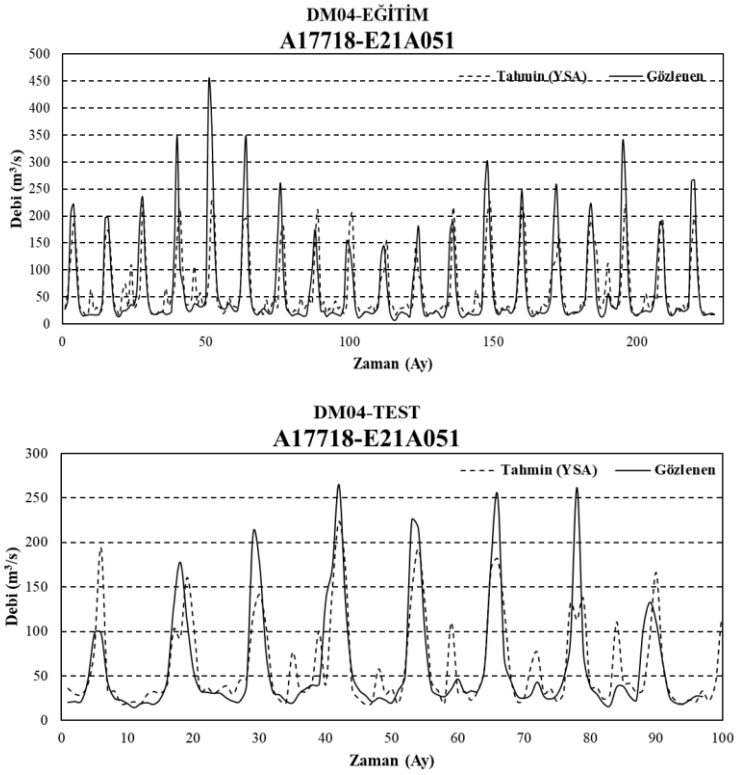


Şekil 4.87. E21A051 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.88. E21A051 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A051 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.86'de, YSA için Şekil 4.87'de, GEP için Şekil 4.88'te verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM04'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.89'da verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 5 m^3/s ile 460 m^3/s aralığında olup, özellikle 5 m^3/s değerlerinden yüksek değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.89. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A051)

4.23. 17808-E21A064 İçin Yağış-Akış İlişkisi

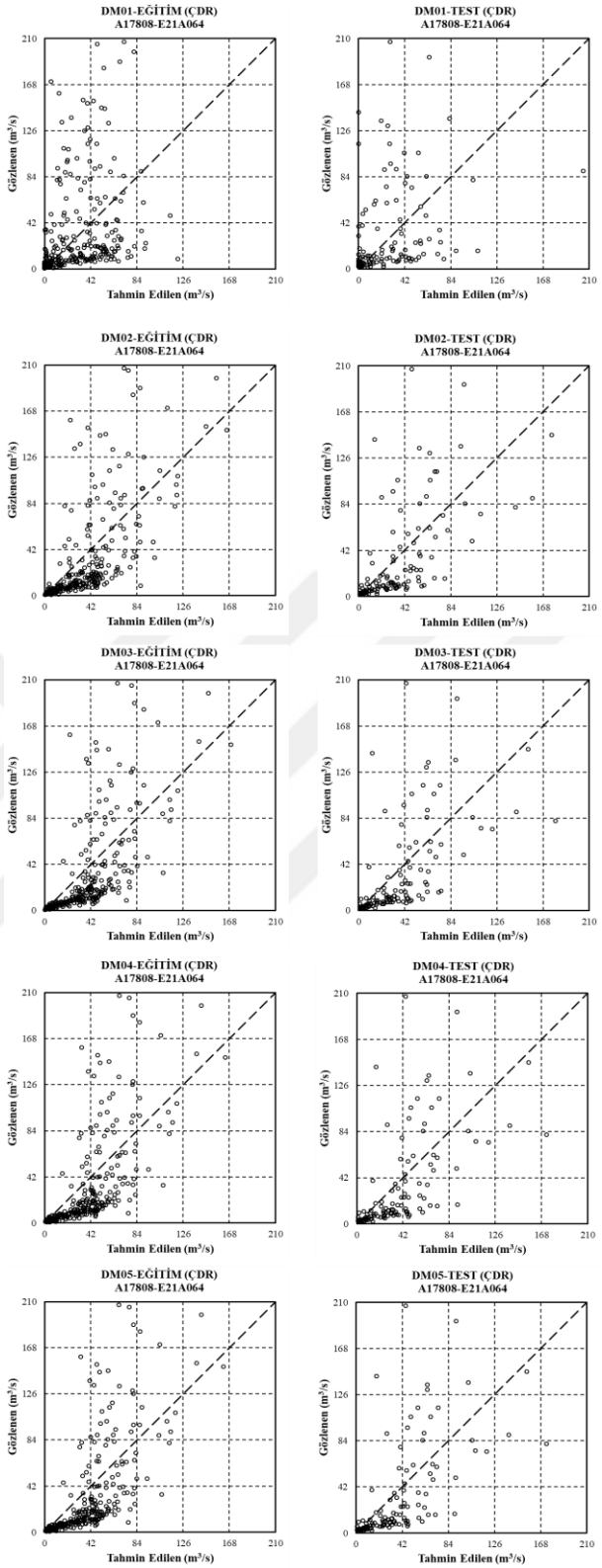
E21A033'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.25'da verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede Durum 3 dışında GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 4'te 0.693 ve aynı modelde OKH değeri ise 919.57 $(m^3/s)^2$ olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. En başarılı model DM04 için girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3), ve Q-1(d_1) verileri tanımlanmış, GEP yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.12'de verilmiştir.

$$Q = -0.11d_0 + \sqrt{d_1}\left(1+\sqrt{d_0}\right) + d_3 \qquad 4.12$$

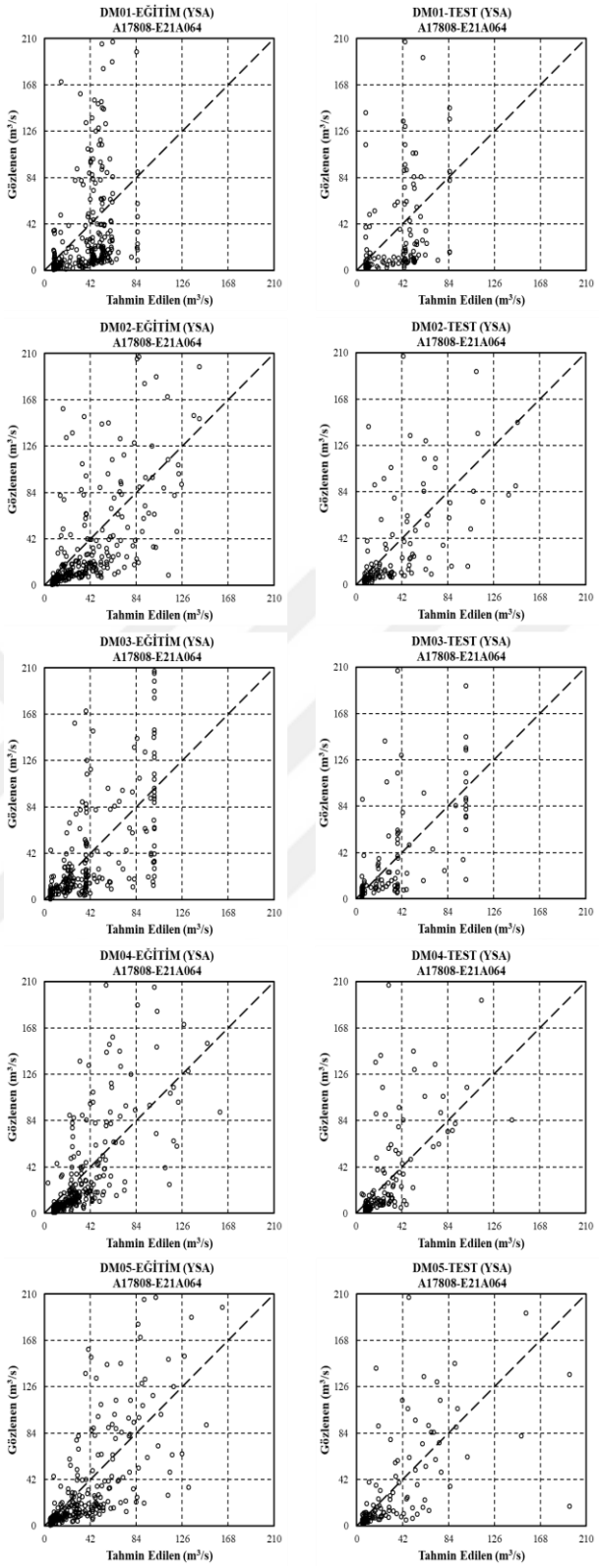
Durum 3'te en başarılı model 0.677 korelasyon ve 955.05 $(m^3/s)^2$ OKH değeriyle ara katman sayısı 4 olarak YSA modeli ile belirlenirken, Durum 1, 2 ve 5'te sırasıyla 0.402, 0.687 ve 0.674 olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.25. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17808-E21A064)

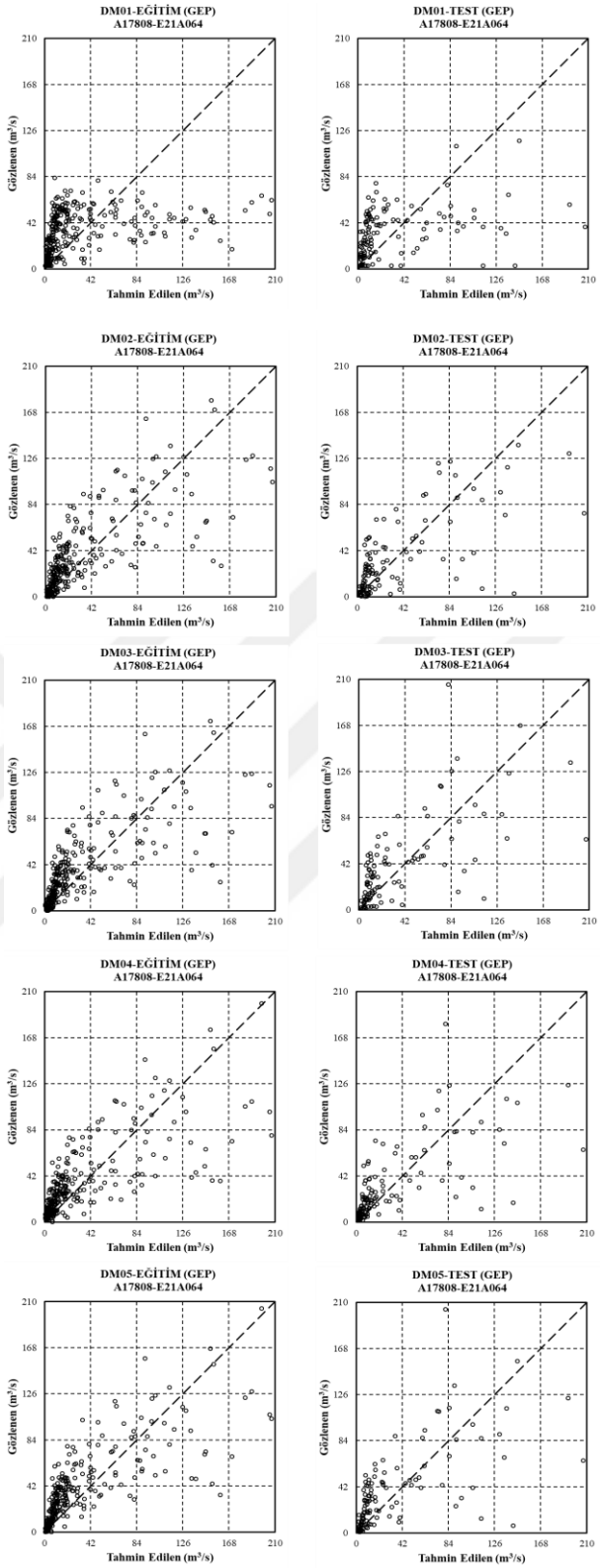
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.394	2163.383	28.660	0.400	1781.936	26.910
YSA (5)	0.416	2052.577	30.699	0.398	1508.753	27.634
GEP	***0.413***	***2052.484***	***29.325***	***0.402***	***1496.753***	***26.400***
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.644	1453.726	22.903	0.637	1077.307	20.912
YSA (1)	0.651	1434.066	23.048	0.621	1116.802	21.023
GEP	***0.746***	***1096.815***	***18.867***	***0.687***	***998.565***	***18.563***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.661	1412.956	23.385	0.626	1121.188	21.318
YSA (4)	***0.700***	***1269.276***	***20.509***	***0.677***	***955.059***	***17.257***
GEP	0.743	1107.578	19.693	0.679	1047.076	20.263
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.665	1407.687	23.626	0.639	1087.342	21.188
YSA (9)	0.747	1113.269	20.217	0.642	1045.114	18.559
GEP	***0.714***	***1219.362***	***19.790***	***0.693***	***919.570***	***18.245***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.666	1407.209	23.690	0.640	1085.088	21.295
YSA (6)	0.733	1162.190	20.384	0.636	1117.841	18.462
GEP	***0.751***	***1093.850***	***19.687***	***0.674***	***1017.746***	***19.550***



Şekil 4.90. E21A064 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

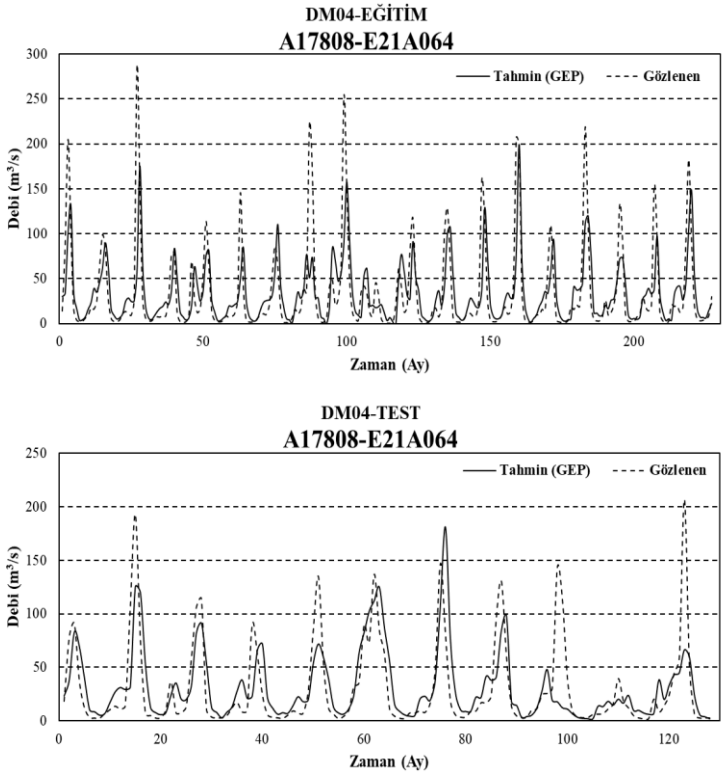


Şekil 4.91. E21A064 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.92. E21A064 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A064 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.90'da, YSA için Şekil 4.91'de, GEP için Şekil 4.92'de verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP. yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM04'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılımı Şekil 4.93'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 5 m^3/s ile 200 m^3/s aralığında olup, özellikle 5 m^3/s değerlerinden yüksek akım değerlerini tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.93. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A064)

4.24. 17204-E21A057 İçin Yağış-Akış İlişkisi

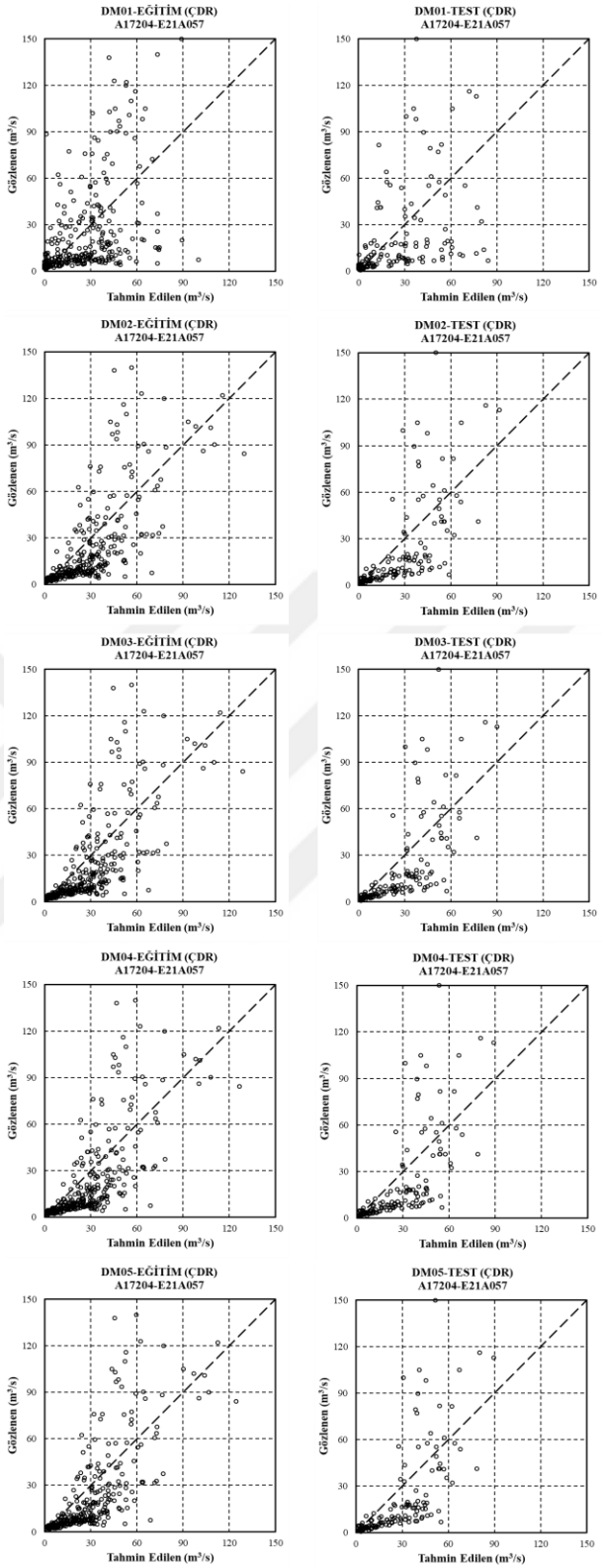
E21A057'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş ve eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.26'da verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Durum 5 dışında gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 4'te 0.808 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 331.73 $(m^3/s)^2$ olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. En başarılı model olan DM04 için girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3) ve Q-1 (d_1) verileri tanımlanmış, GEP yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.13'te verilmiştir.

$$Q = \sin^{(-0.08d_3 - 0.36)} \sqrt[3]{d_2} + \sin 2\left(\frac{d_1 - 4.04}{d_1 + 4.04}\right) + d_0 + \sin^{\left(\frac{-4.49+d1}{-4.49-d1}\right)} \sqrt[3]{d_2} \qquad 4.13$$

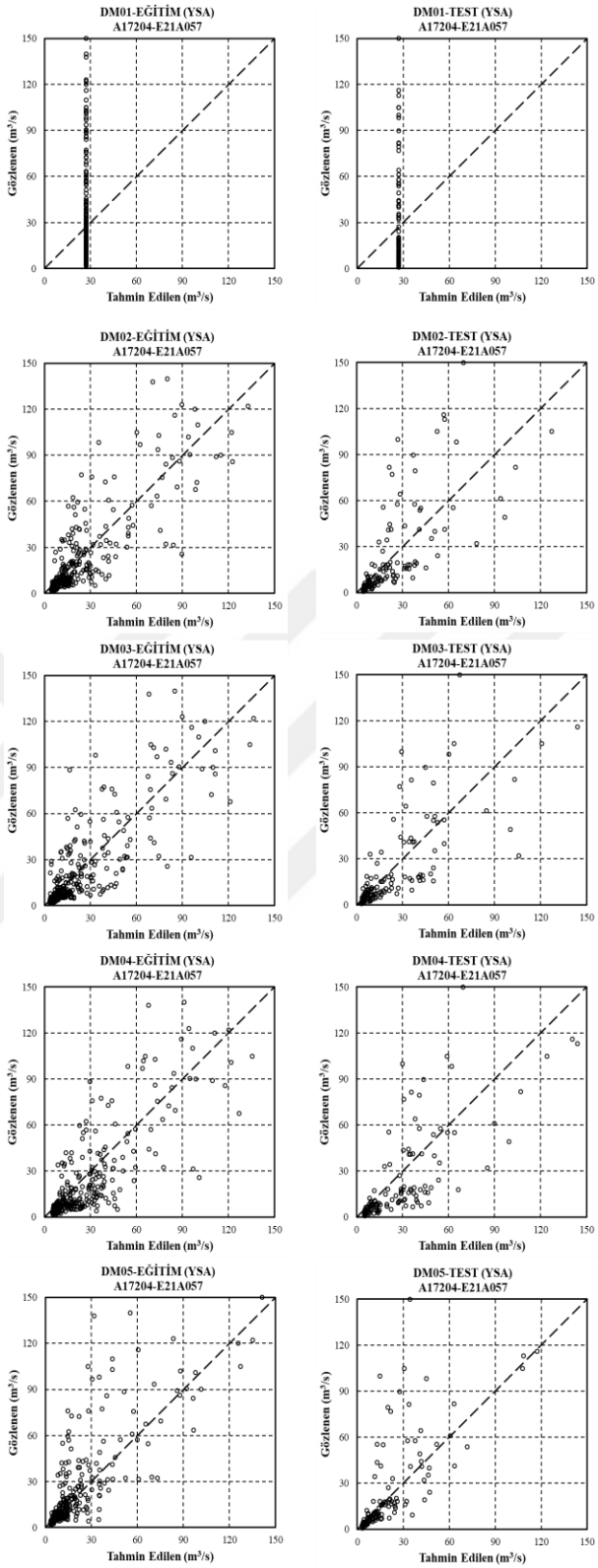
Durum 1'de en başarılı model 0.459 korelasyon ve 771.44 $(m^3/s)^2$ OKH ile GEP modeli belirlerken, Durum 5'te en başarılı model 0.737 korelasyon ve 391.14 $(m^3/s)^2$ OKH ile YSA modeli belirlenmiştir. Ayrıca, Durum 2 ve 3'te en başarılı model sırasıyla 0.787, 0.790 korelasyonla ve 341.13 ve 340.83 $(m^3/s)^2$ OKH ile GEP modeliyle belirlenmiştir.

Çizelge 4.26. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17204-E21A057)

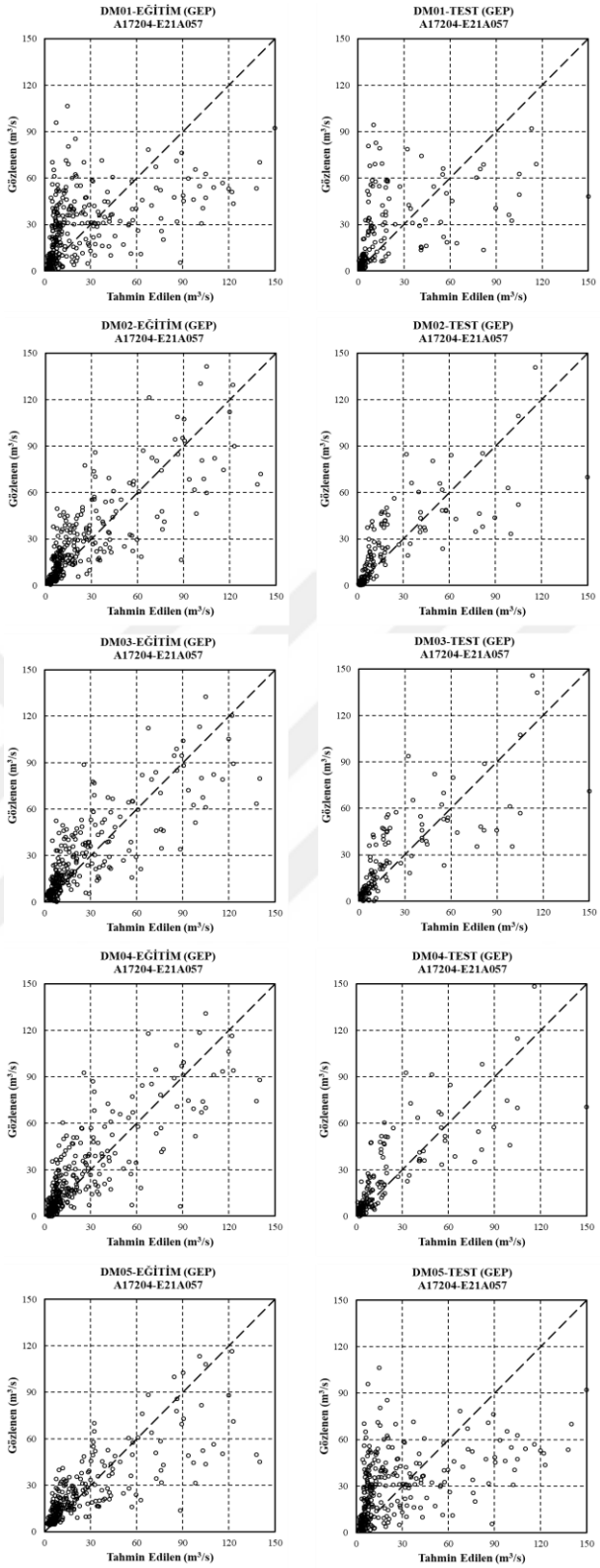
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.503***	***1101.707***	***20.833***	***0.450***	***771.440***	***18.840***
YSA (1)	0.054	1466.947	25.966	0.052	860.404	23.623
GEP	0.529	1060.391	20.881	0.459	804.764	19.314
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.692	772.919	16.364	0.679	471.249	14.838
YSA (7)	0.816	494.903	11.392	0.725	395.231	12.117
GEP	***0.791***	***549.012***	***12.554***	***0.787***	***341.130***	***11.436***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.694	771.672	16.400	0.691	461.009	14.818
YSA (5)	0.822	479.830	11.312	0.782	348.361	11.026
GEP	***0.799***	***530.282***	***12.931***	***0.790***	***340.833***	***11.921***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.698	769.249	16.600	0.689	467.439	15.232
YSA (3)	0.809	512.135	12.790	0.761	393.849	13.209
GEP	***0.809***	***506.720***	***12.676***	***0.808***	***331.733***	***11.471***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.700	768.323	16.698	0.690	469.396	15.426
YSA (9)	***0.763***	***664.115***	***11.311***	***0.737***	***391.147***	***9.350***
GEP	0.761	653.297	12.497	0.529	1060.391	20.881



Şekil 4.94. E21A057 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

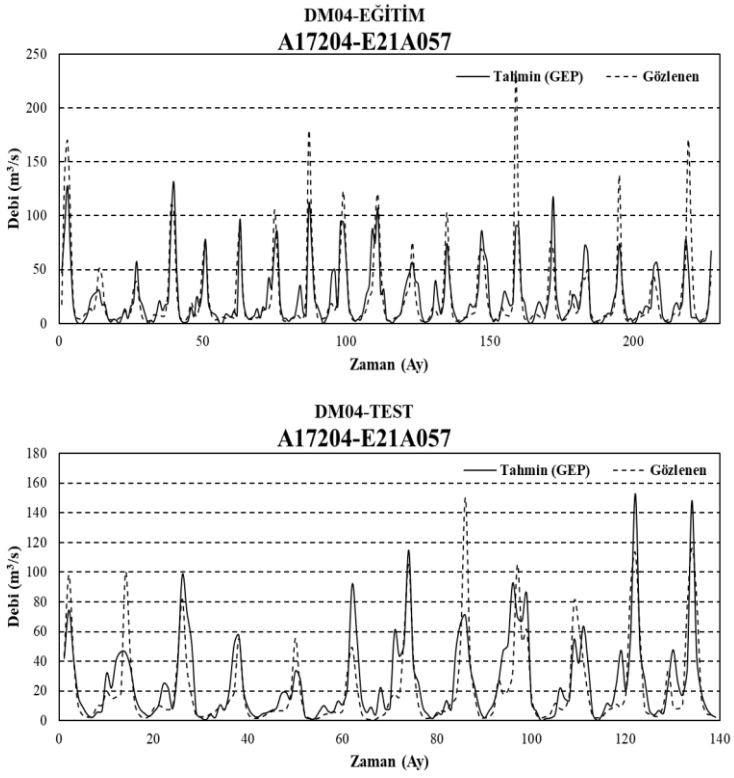


Şekil 4.95. E21A057 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.96. E21A057 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A057 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.94'te, YSA için Şekil 4.95'te, GEP için Şekil 4.96'da verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP modelleri ile elde edilen sonuçlar ile test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM04'te elde edilen değerlerinin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.97'de verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 0.1 m^3/s ile 150 m^3/s aralığında olup özellikle 0.1 m^3/s değerlerinden büyük değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.97. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A057)

4.25. 17778-E21A058 İçin Yağış-Akış İlişkisi

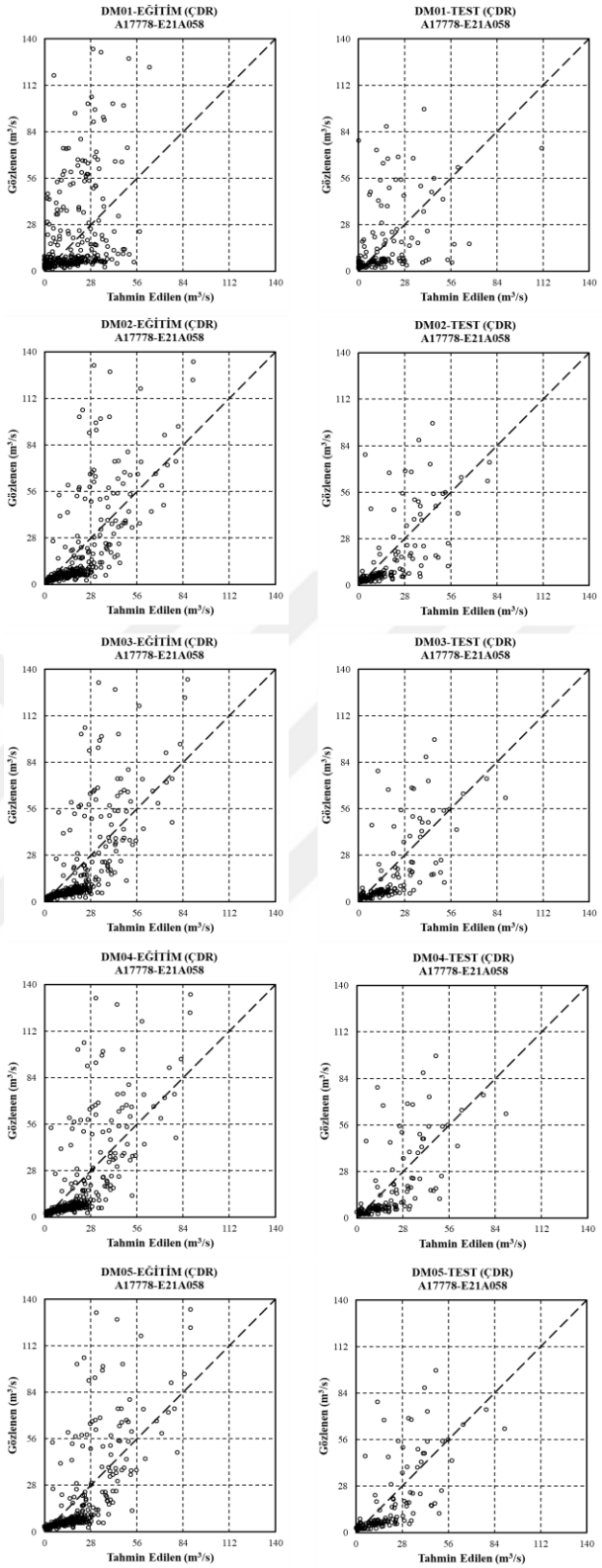
E21A058'a ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.27'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 5'te 0.770 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 210.40 $(m^3/s)^2$ olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. En başarılı model olan DM05 için girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3), P-3 (d_4) ve Q-1 (d_1) verileri tanımlanmış, GEP yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.14'te verilmiştir.

$$Q = \ln d_1 \left(-1.47 + \sqrt[9]{d_2 - d_3}\right) + \sqrt{1.26 d_1 \sqrt[3]{{d_0}^2 + d_1}} + d_0 \sin\left(\frac{\sin\sqrt{d_1}}{\sin d_3 - 7.85}\right) \qquad 4.14$$

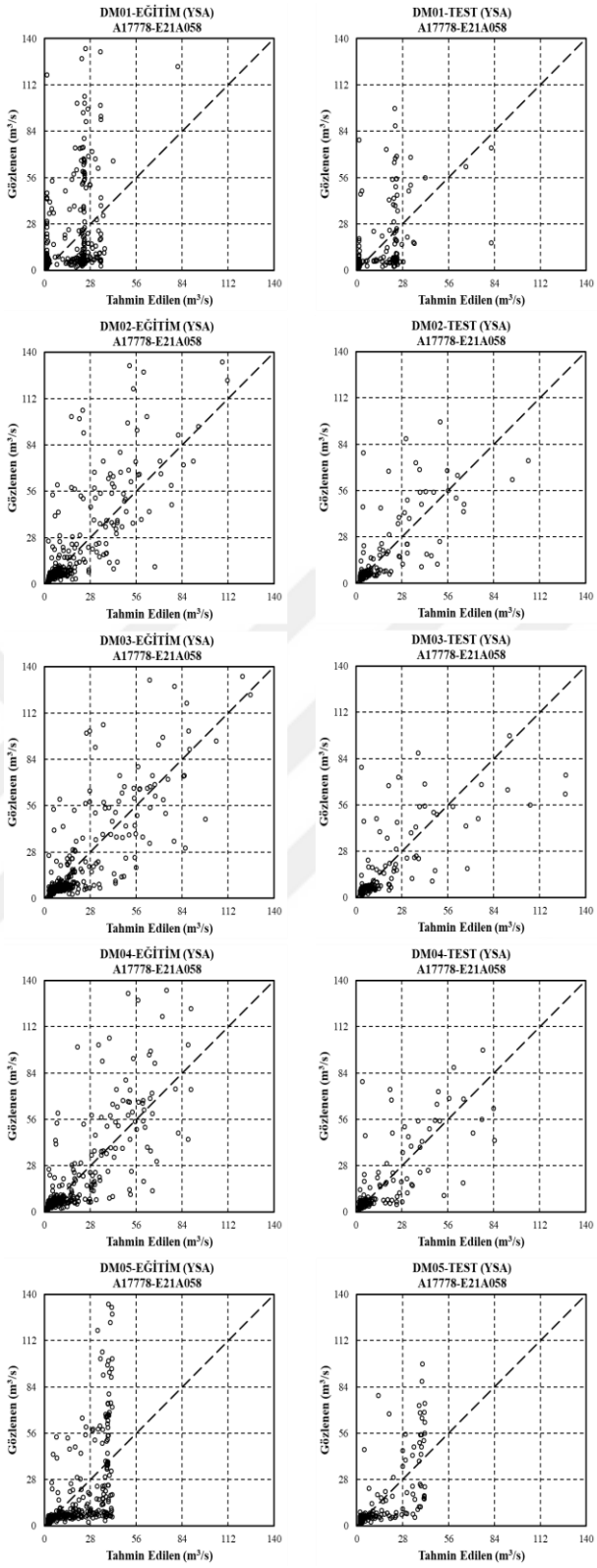
Durum 1, 2 ve 4'te en başarılı model sırasıyla 0.427, 0.738 ve 0.750 korelasyon ile 393.69 m^2/s^2, 216.01 $(m^3/s)^2$ ve 210.14 $(m^3/s)^2$ OKH sonuçları YSA modeli ile belirlenmiştir. Ayrıca, Durum 3'te 0.736 korelasyon ve 245.63 $(m^3/s)^2$ OKH sonuçları GEP modeliyle belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17778-E21A058)

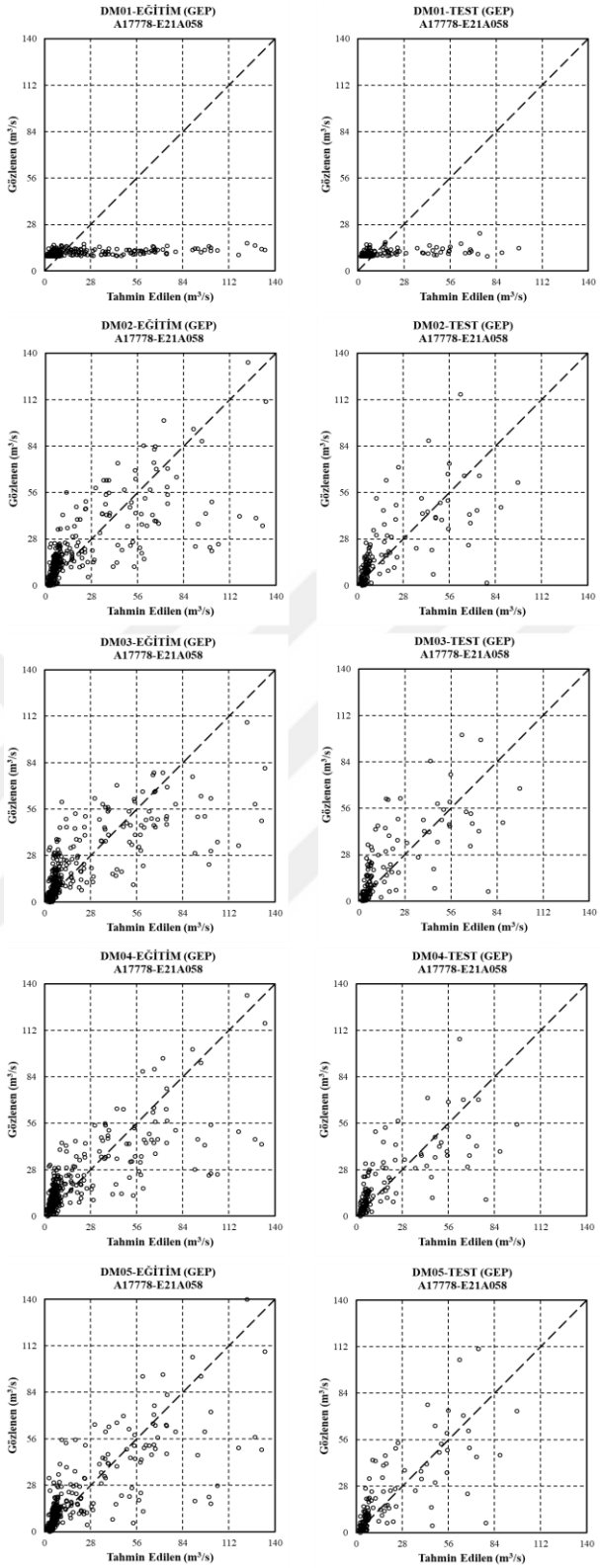
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.392	604.859	16.643	0.413	439.603	13.640
YSA (10)	***0.346***	***626.095***	***17.298***	***0.427***	***393.697***	***13.492***
GEP	0.392	727.036	15.115	0.413	450.697	12.851
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.706	356.196	12.237	0.662	263.206	10.474
YSA (4)	***0.797***	***261.880***	***8.135***	***0.738***	***216.018***	***8.021***
GEP	0.747	307.909	10.497	0.715	250.905	9.689
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.715	351.070	12.434	0.686	248.221	10.644
YSA (7)	0.819	229.829	8.495	0.734	274.899	8.703
GEP	***0.765***	***289.275***	***10.211***	***0.736***	***245.632***	***9.790***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.714	348.946	12.179	0.684	248.959	10.548
YSA (4)	***0.796***	***255.612***	***8.522***	***0.750***	***210.146***	***8.111***
GEP	0.771	282.316	10.448	0.734	218.898	9.469
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.713	348.043	12.151	0.690	244.919	10.423
YSA (3)	0.602	445.002	13.130	0.677	242.885	9.710
GEP	***0.787***	***265.435***	***9.090***	***0.770***	***210.404***	***8.893***



Şekil 4.98. E21A058 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

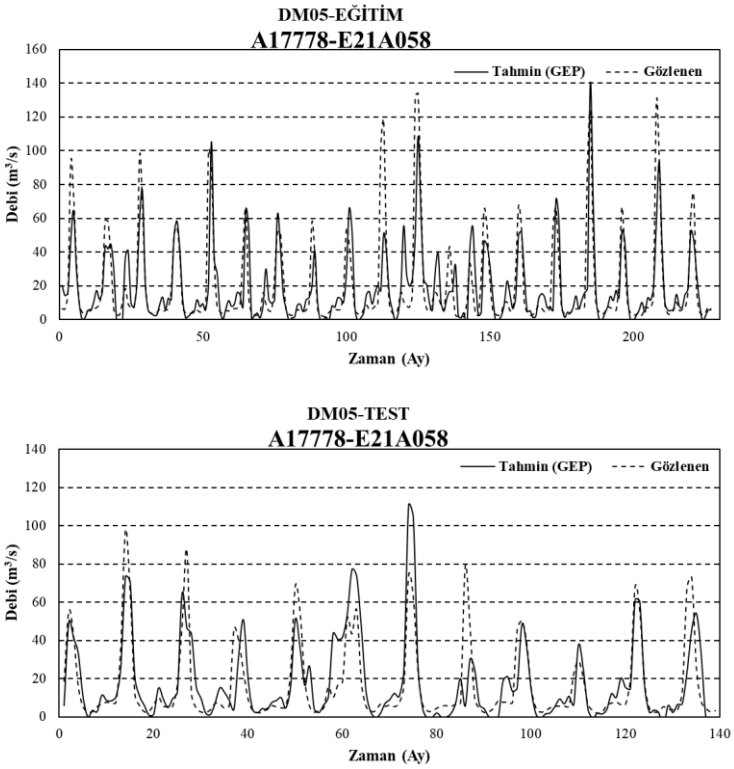


Şekil 4.99. E21A058 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.100. E21A058 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A058 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.98'de, YSA için Şekil 4.99'te, GEP için Şekil 4.100'de verilmiştir Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP. yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM05'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.101'de verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerler yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 2 m^3/s ile 140 m^3/s aralığında olup, özellikle 2 m^3/s değerlerinden genel olarak büyük akım değerlerini tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



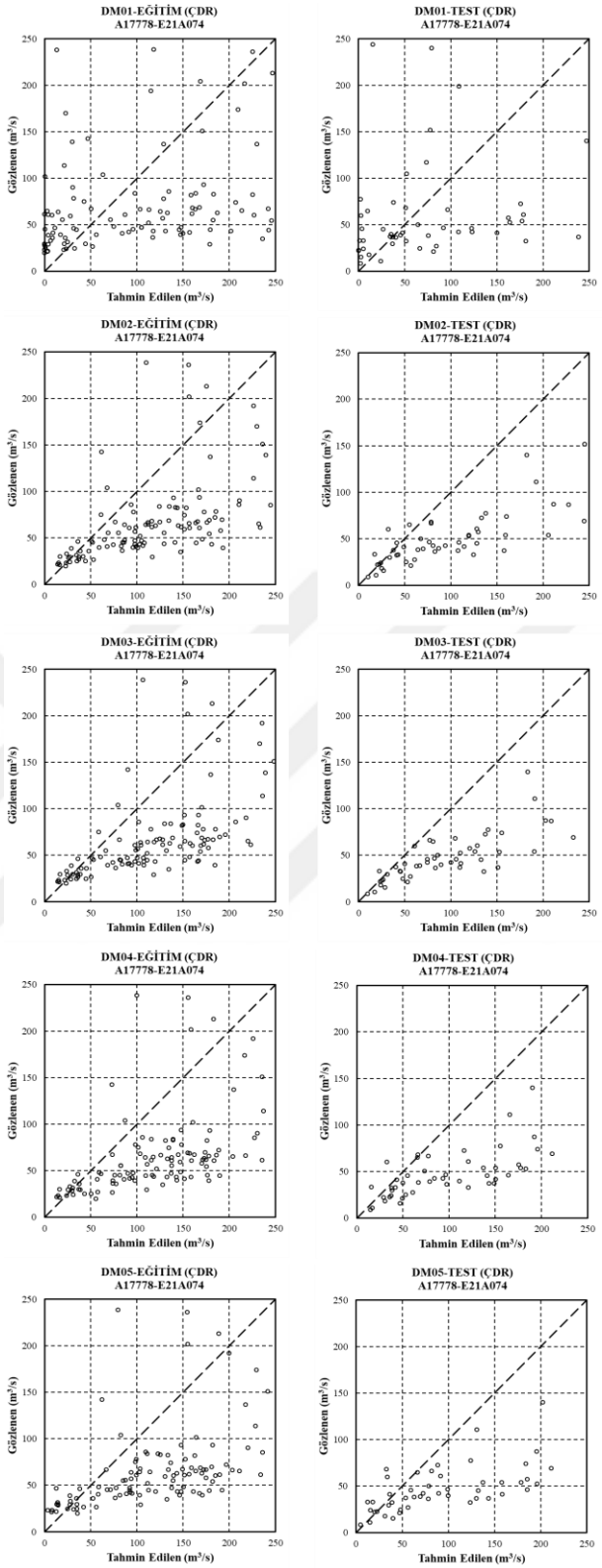
Şekil 4.101.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A058)

4.26. 17778-E21A074 İçin Yağış-Akış İlişkisi

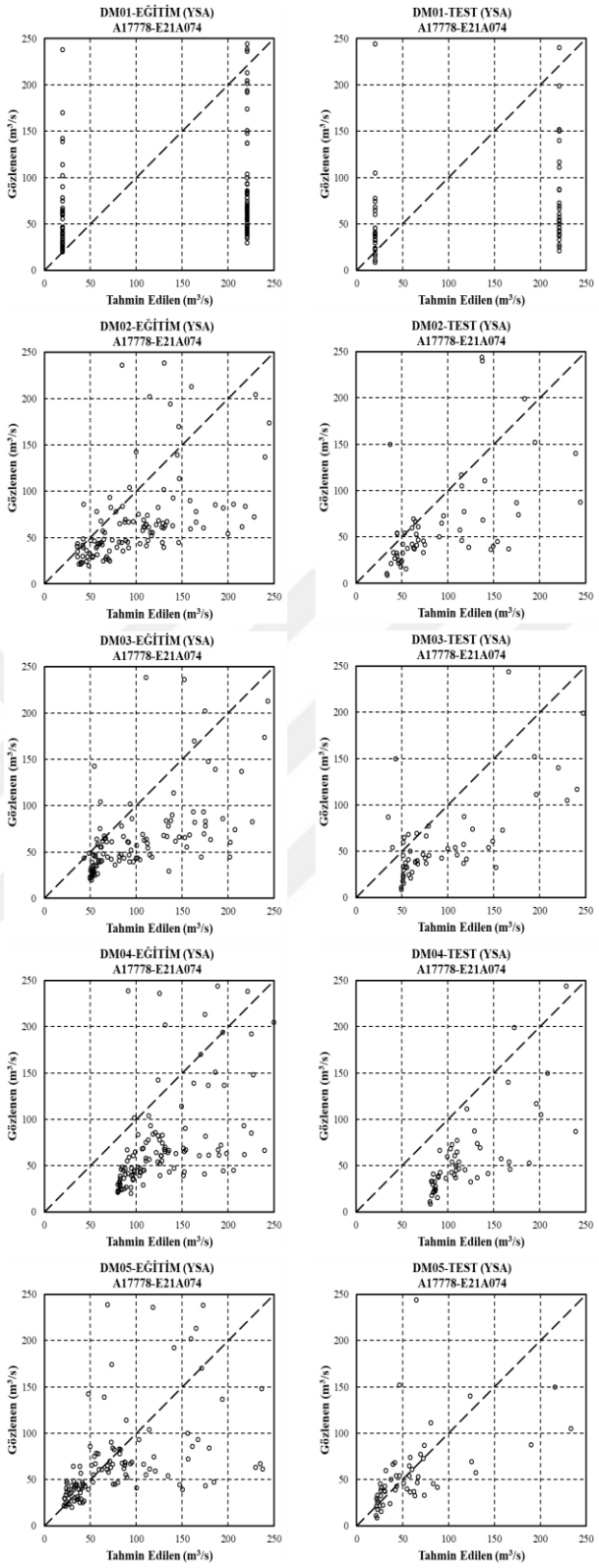
E21A074'e ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.28'de verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede YSA yönteminin ÇDR ve GEP yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 3'te 0.788 olarak, aynı modelde OKH değeri ise 7457.76 $(m^3/s)^2$ olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan YSA'da ara katman sayısı 6 olarak belirlenmiştir. En başarılı model olan DM05 için girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), P-2 (d_3), ve Q-1(d_1) verileri tanımlanmıştır. Durum 1'de en başarılı model 0.400 korelasyon ve 19142.73 $(m^3/s)^2$ ile ÇDR modeli, Durum 2 ve 4'te en başarılı model sırasıyla 0.727, 0.686 korelasyon ile 9576.76 m^2/s^2, 11334.33 $(m^3/s)^2$ OKH sonuçları GEP modeli, Ayrıca, Durum 5'te en başarılı model 0.722 korelasyon ile 9454.87 $(m^3/s)^2$ OKH değerleri YSA modeli ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17778-E21A074)

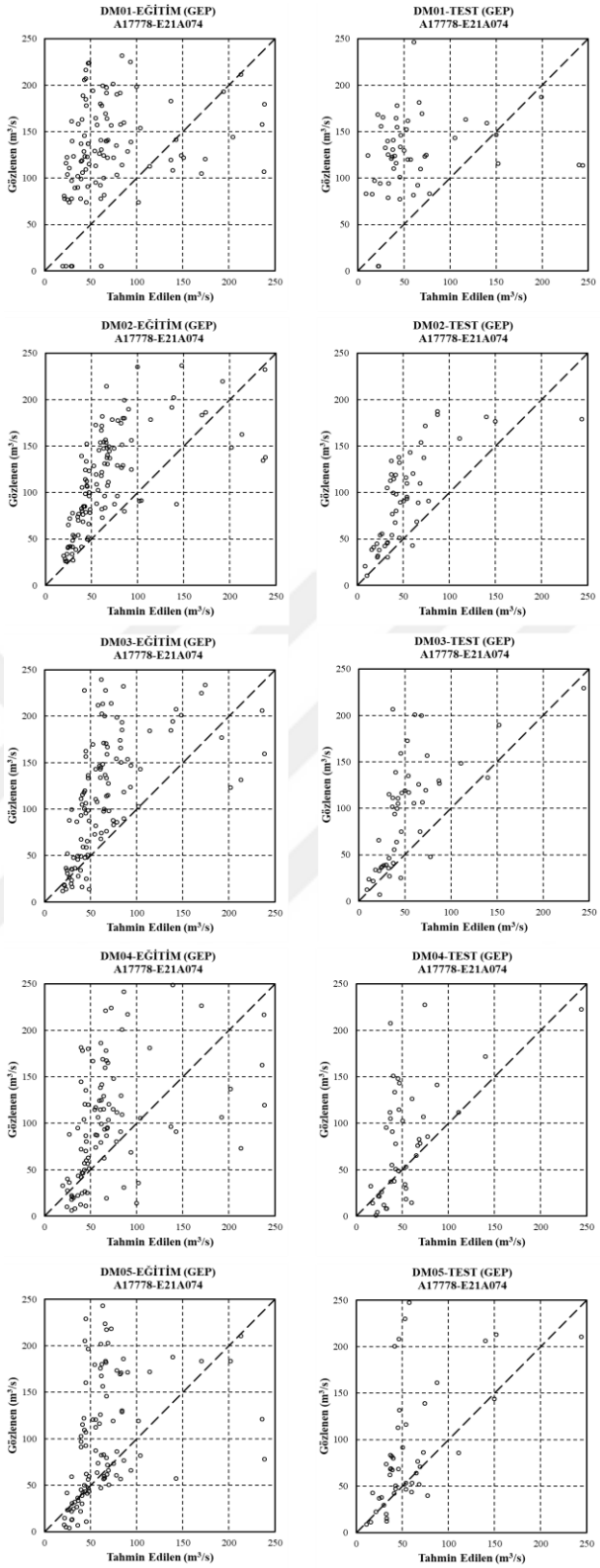
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.293***	***51760.803***	***149.647***	***0.400***	***19142.730***	***100.273***
YSA (4)	0.190	54022.487	157.849	0.378	19147.998	109.600
GEP	0.408	44440.846	143.198	0.326	19728.693	111.909
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.638	31559.588	110.784	0.658	11565.827	76.249
YSA (7)	0.710	28975.167	96.131	0.721	10044.985	63.447
GEP	***0.674***	***29150.998***	***103.420***	***0.727***	***9576.767***	***70.901***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.640	31472.315	111.999	0.685	10883.630	75.120
YSA (6)	***0.664***	***29840.274***	***102.156***	***0.788***	***7457.762***	***61.878***
GEP	0.693	27708.684	102.816	0.714	10332.565	72.764
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.649	30990.423	115.438	0.634	12964.189	84.145
YSA (1)	0.606	37406.367	122.089	0.661	11855.349	85.850
GEP	***0.709***	***26496.435***	***104.716***	***0.686***	***11334.335***	***71.471***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.650	30868.791	114.735	0.634	12926.822	82.336
YSA (6)	***0.799***	***19346.986***	***76.821***	***0.722***	***9454.877***	***54.534***
GEP	0.713	26241.257	100.198	0.707	11168.715	66.698



Şekil 4.102. E21A074 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

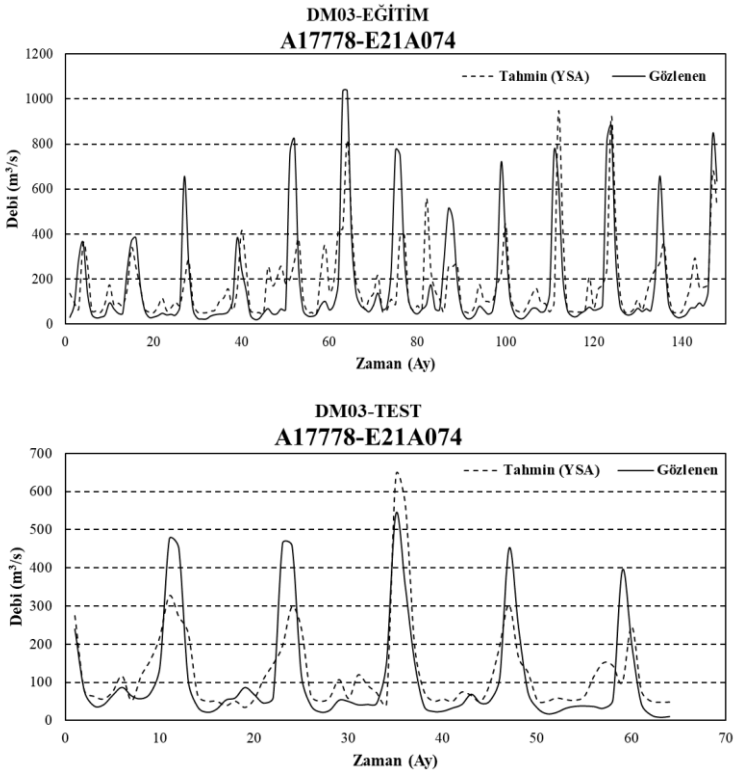


Şekil 4.103. E21A074 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.104. E21A074 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A074 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.102'de, YSA için Şekil 4.103'te, GEP için Şekil 4.104'de verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan YSA yöntemi ile DM03'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.105'te verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 20 m^3/s ile 1050 m^3/s aralığında olup, özellikle 20 m^3/s değerlerinden büyük değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.105.En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A074)

4.27. 17740-E21A077 İçin Yağış-Akış İlişkisi

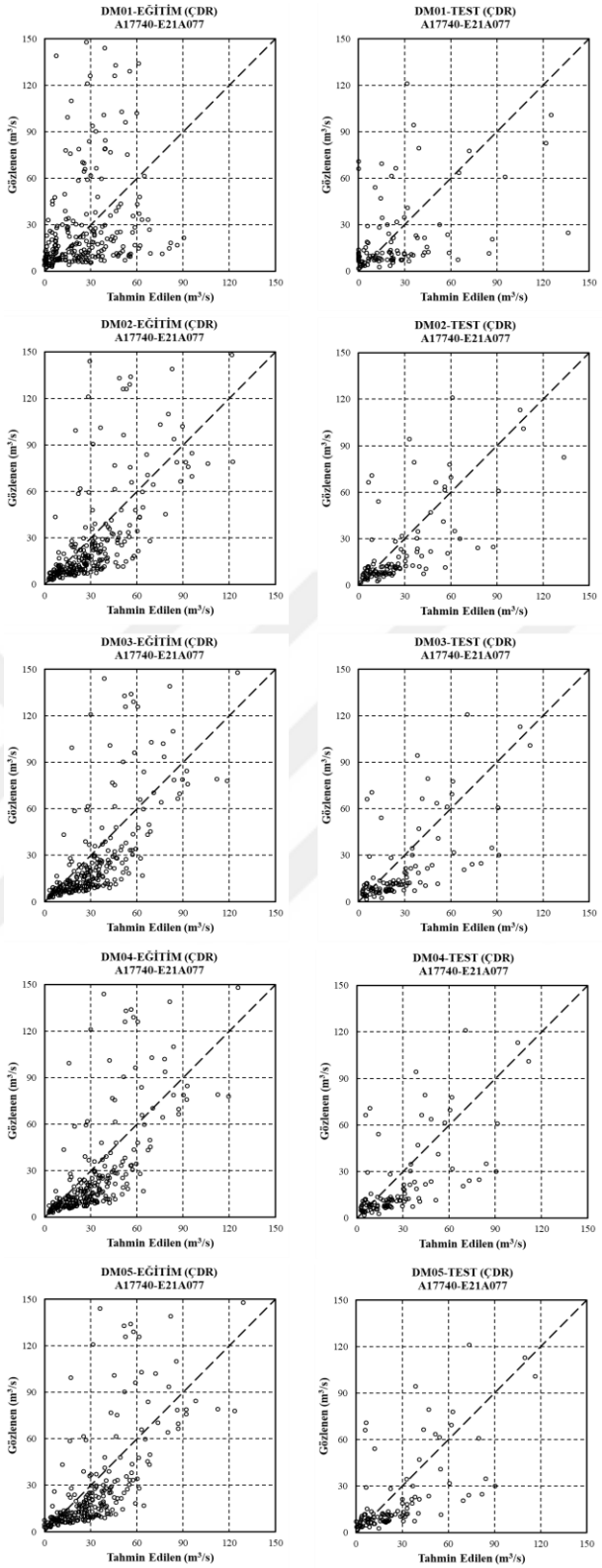
E21A077'a ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş, eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.29'da verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede Durum 1 ve 3 dışında GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 2'de 0.716 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 460.31 $(m^3/s)^2$ olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. En başarılı model olan DM02 için girdi parametresi olarak P (d_0) ve Q-1 (d_1) verileri tanımlanmış, GEP yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.15'de verilmiştir.

$$Q = \left[\sin\left(2d_1\right) + \left(d_1 + d_0\right)\right] + \frac{\sqrt[18]{d_0}}{\sqrt[3]{d_1 + d_0}} d_0 + \frac{\sqrt[9]{d_0}}{\sqrt[3]{d_1}}\left(1.30 - d_1 - d_0\right) \qquad 4.15$$

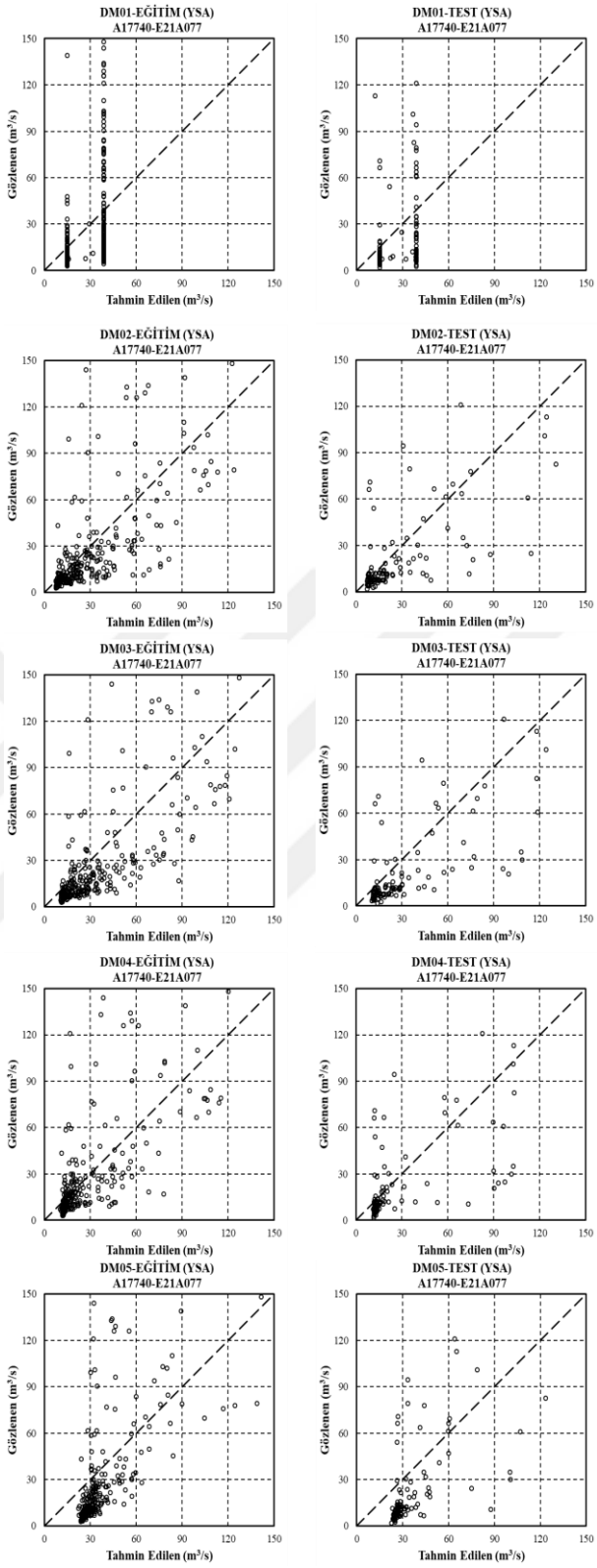
Durum 1'de en başarılı model 0.514 korelasyon ve 761.92 $(m^3/s)^2$ OKH değeriyle ÇDR modeli belirlerken, Durum 3'te en başarılı model 0.703 korelasyon ve 568.10 $(m^3/s)^2$ OKH ile YSA modeli, Durum 4 ve 5'te en başarılı model sırasıyla 0.693 ile 0.714 korelasyon ile 548.77, 462.77 $(m^3/s)^2$ OKH sonuçları GEP modeliyle ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.29. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17740-E21A077)

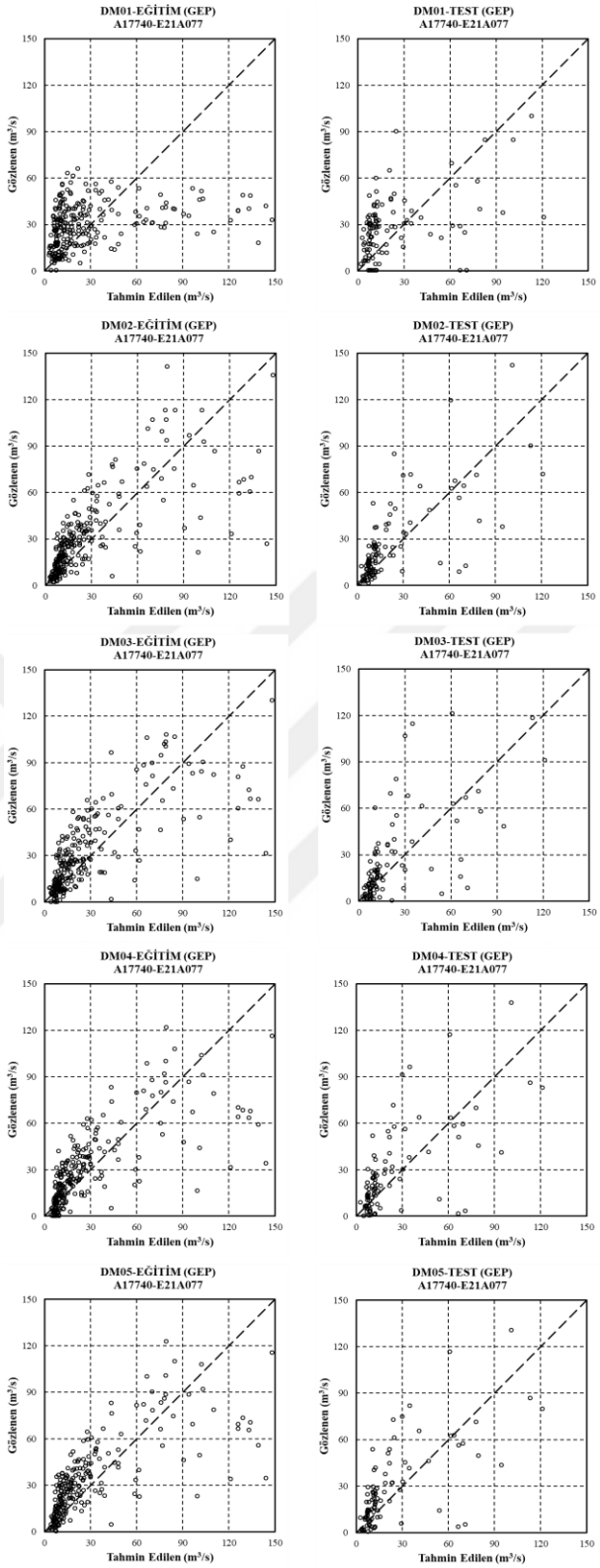
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.368***	***1339.257***	***24.293***	***0.514***	***761.929***	***18.699***
YSA (4)	0.305	1330.128	24.499	0.196	715.850	20.973
GEP	0.403	1231.027	23.266	0.472	593.801	18.483
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.676	798.763	17.161	0.676	428.117	13.796
YSA (1)	0.671	811.576	17.049	0.668	519.125	13.766
GEP	***0.727***	***697.319***	***16.113***	***0.716***	***460.314***	***13.083***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.698	766.664	17.575	0.667	487.200	15.385
YSA (6)	***0.722***	***763.357***	***18.971***	***0.703***	***568.108***	***16.331***
GEP	0.760	619.952	15.780	0.694	697.096	15.465
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.698	766.402	17.478	0.668	483.768	15.299
YSA (4)	0.713	724.964	15.644	0.623	554.340	13.873
GEP	***0.736***	***671.507***	***15.559***	***0.693***	***548.773***	***14.794***
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.698	759.225	17.378	0.681	472.168	14.773
YSA (5)	0.620	958.328	22.416	0.565	655.547	21.852
GEP	***0.736***	***675.024***	***16.139***	***0.714***	***462.736***	***14.027***



Şekil 4.106. E21A077 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

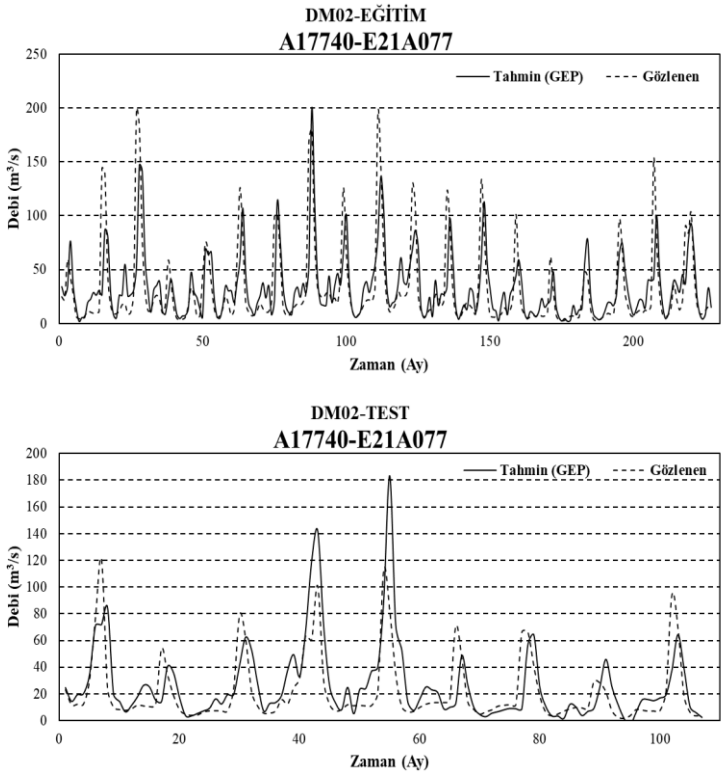


Şekil 4.107. E21A077 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.108. E21A077 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A077 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.106'da, YSA için Şekil 4.107'de, GEP için Şekil 4.108'de verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM02'de elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.109'da verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 10 m^3/s ile 200 m^3/s aralığında olup, özellikle 10 m^3/s değerlerinden yüksek değerleri tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.109. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A077)

4.28. 17099-E21A022 İçin Yağış-Akış İlişkisi

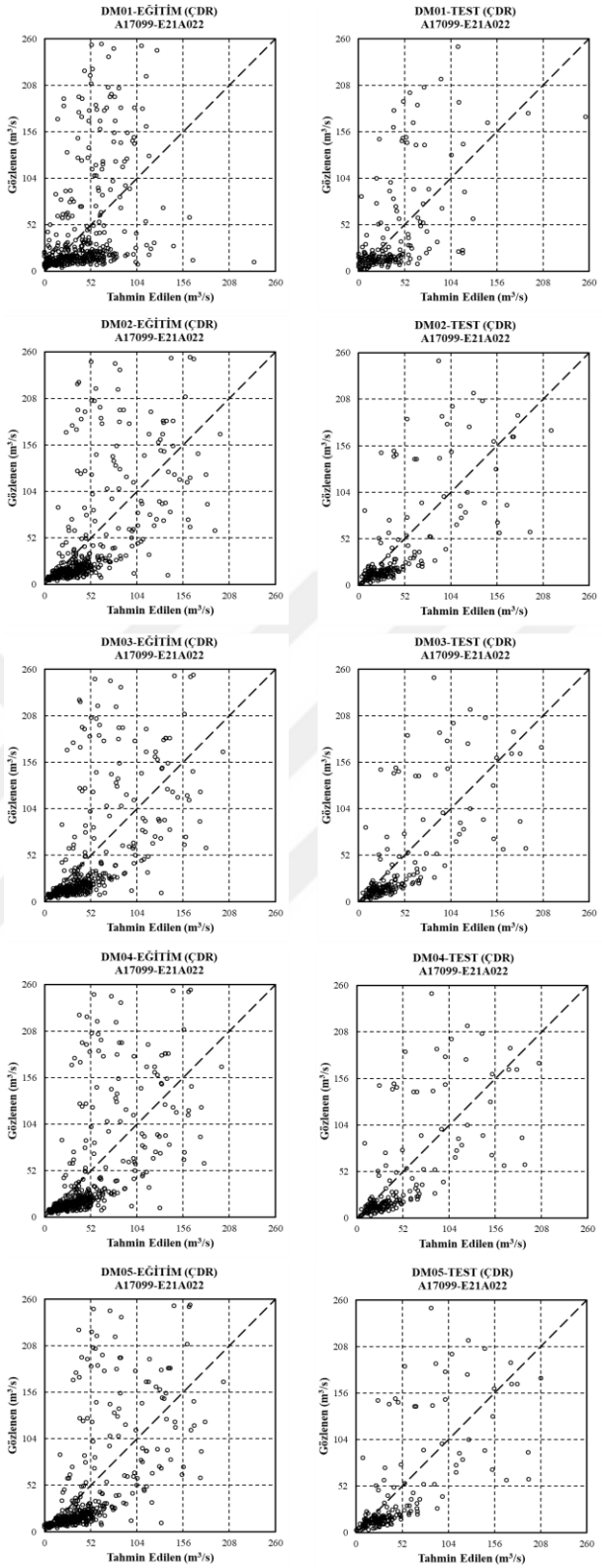
E21A022'a ait aylık akım verilerinin tahmin edilmesi için ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiş ve eğitim ve test süreçleri için sonuçlar Çizelge 4.30'da verilmiştir. Buna göre, ele alınan tüm modellerin test süreci dikkate alındığında akımı tahmin etmede Durum 1 ve 4 dışında GEP yönteminin ÇDR ve YSA yöntemine kıyasla daha başarılı olduğu görülmüştür. Gözlenen ve tahmin edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı ise test sürecinde en yüksek Durum 3'te 0.736 olarak, aynı modelde OKH değerinin ise 1926.08 $(m^3/s)^2$ olarak GEP yöntemi ile belirlenmiştir. En başarılı model olan DM03 için girdi parametresi olarak P (d_0), P-1 (d_2), ve Q-1(d_1) verileri tanımlanmış, GEP yöntemi ile akımı tahmin etmek için elde edilen formül Denklem 4.16'da verilmiştir.

$$Q = \sqrt[3]{-57.12d_0 + 3d_0d_1} + \sqrt[3]{3d_0\left(1-\frac{9.52}{d_1}\right)} + \sqrt[3]{d_1d_0 + d_1{d_0}^2} \qquad 4.16$$

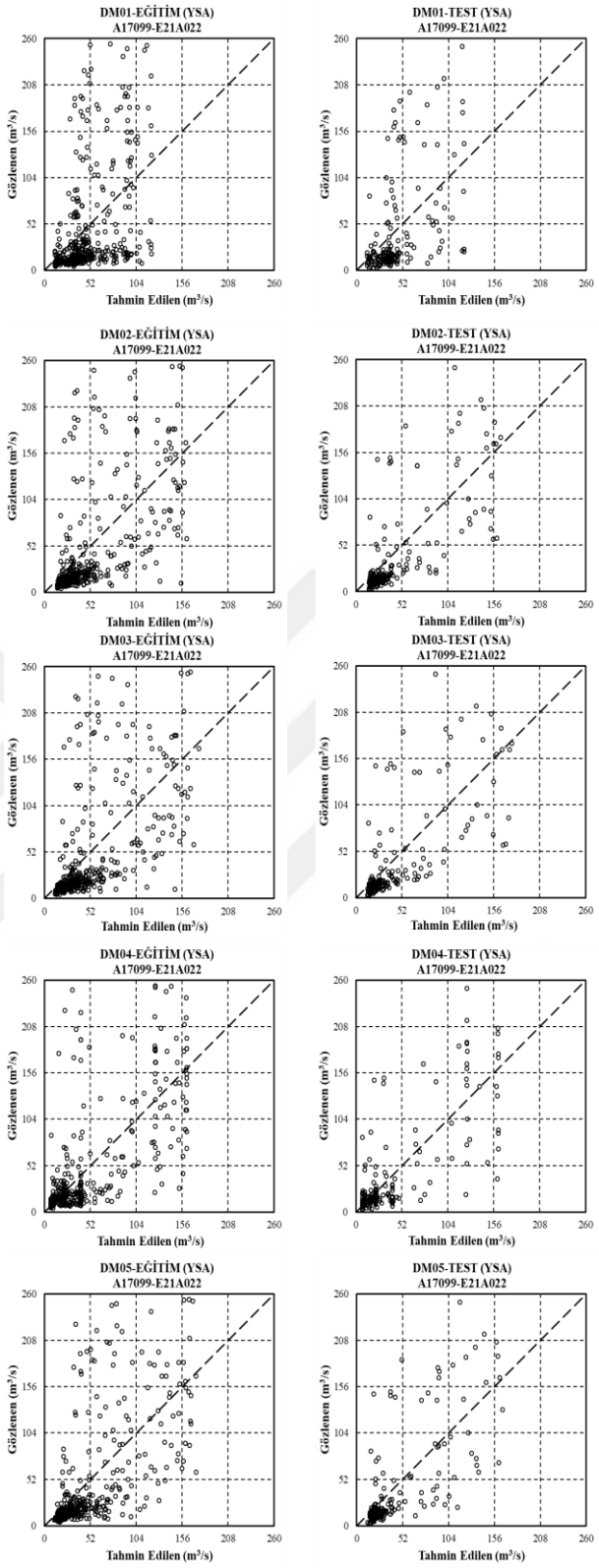
Durum 4'de en başarılı model 0.729 korelasyon ve 1956.04 (m3/s)2 OKH değeri ile YSA yöntemi, Durum 1'de en başarılı model 0.582 korelasyon ve 2790.40 $(m^3/s)^2$ OKH değeri ile ÇDR yöntemi, Durum 2 ve 5'te en başarılı model sırasıyla 0.717 ve 0.723 korelasyon ile 2034.46 $(m^3/s)^2$ ve 2005.54 $(m^3/s)^2$ OKH sonuçları GEP yöntemi ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.30. Tüm durumlar için eğitim ve test sonuçları (17099-E21A022)

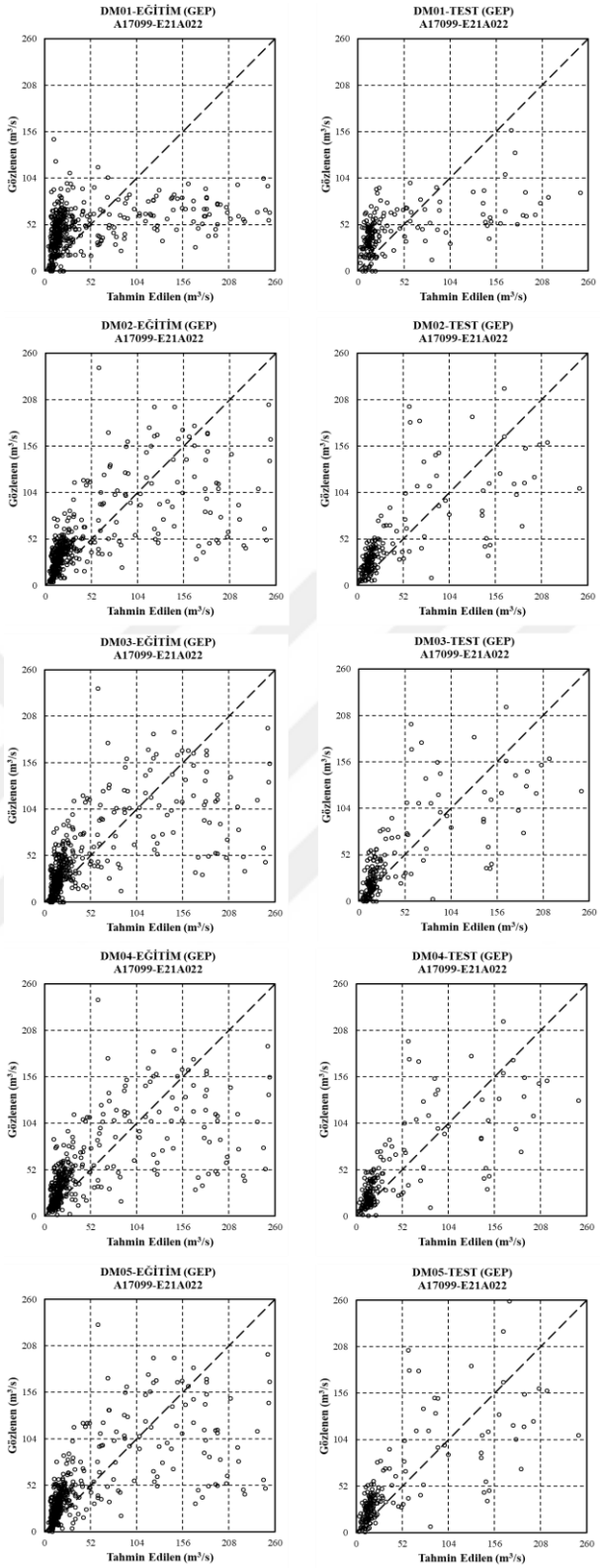
	Durum 1					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	***0.377***	***3696.409***	***38.884***	***0.582***	***2790.403***	***32.916***
YSA (8)	0.362	3692.472	40.219	0.550	2909.604	36.398
GEP	0.391	3558.427	41.099	0.573	2916.751	36.860
	Durum 2					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.638	2487.936	31.158	0.685	2199.590	27.859
YSA (1)	0.638	2493.358	31.353	0.710	2063.194	27.531
GEP	***0.669***	***2322.974***	***29.930***	***0.717***	***2034.460***	***28.209***
	Durum 3					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.642	2474.293	31.787	0.683	2212.119	28.317
YSA (1)	0.639	2487.303	31.513	0.693	2154.544	27.810
GEP	***0.686***	***2224.609***	***28.183***	***0.736***	***1926.083***	***26.527***
	Durum 4					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.643	2472.783	32.037	0.676	2250.468	28.758
YSA (4)	***0.726***	***1984.368***	***24.994***	***0.729***	***1956.044***	***24.901***
GEP	0.688	2213.732	28.567	0.716	2098.054	27.600
	Durum 5					
	Eğitim			**Test**		
	R	**OKH**	**OMGH**	**R**	**OKH**	**OMGH**
ÇDR	0.643	2464.588	31.814	0.680	2234.307	28.259
YSA (2)	0.675	2293.750	29.666	0.678	2255.746	27.511
GEP	**0.680**	**2253.640**	**29.345**	**0.723**	**2005.541**	**28.162**



Şekil 4.110. E21A022 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (ÇDR)

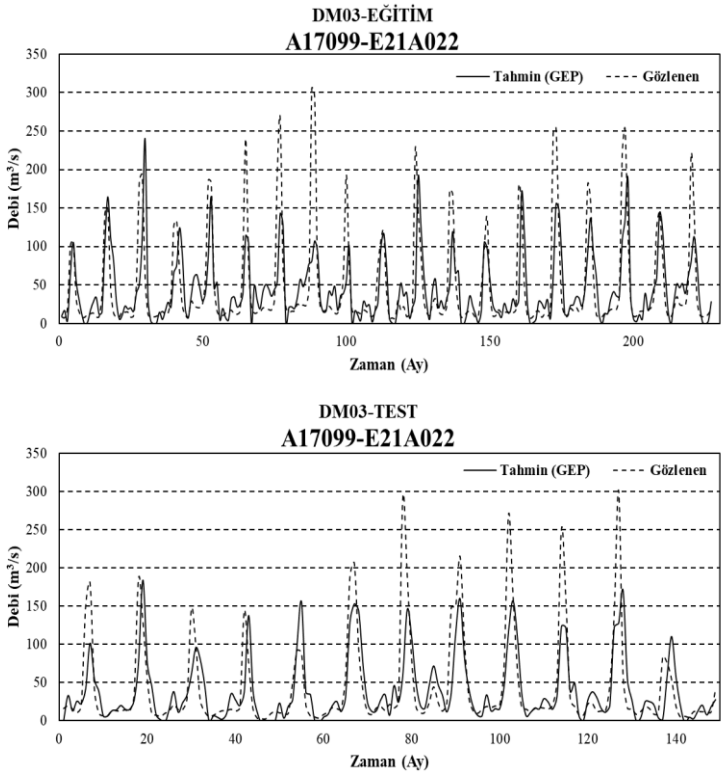


Şekil 4.111. E21A022 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (YSA)



Şekil 4.112. E21A022 için tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafiği (GEP)

Tüm durumlar için E21A022 istasyonunda tahmin edilen ve gözlenen akım değerlerinin saçılım grafikleri ÇDR için Şekil 4.110'da, YSA için Şekil 4.111'de, GEP için Şekil 4.112'de verilmiştir. Buna göre, eğitim sürecinde ÇDR, YSA ve GEP yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile test sürecinde elde edilen sonuçlara benzer olup, akımı tahmin etmede birbirleri ile uyumlu bir grafik sergilemektedir. OKH ve R değerlerine göre en başarılı tahmini yapan GEP yöntemi ile DM03'te elde edilen değerlerin gözlenen değerler ile zamansal dağılım grafiği Şekil 4.113'de verilmiştir. Buna göre eğitim sürecinde tahmin edilen değerler gözlenen değerlere yakın olmuş ve eğitim sürecinde tahmin edilen değerler 0.1 m^3/s ile 250 m^3/s aralığında olup özellikle 0.1 m^3/s değerlerinden büyük akım değerlerini tahmin etme başarısı yüksek olmuştur. Test sürecinde ise düşük ve yüksek debi değerlerine yakınsamada genel olarak başarılı olmuştur.



Şekil 4.113. En başarılı model ile hesaplanan ve gözlenen akımların zamansal dağılımı (E21A022)

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Fırat Havzası içerisinde bulunan akım gözlem istasyonlarına ait akım ile yağış verileri arasındaki ilişki yapay zekâ yöntemlerinden YSA ve GEP ile değerlendirilmiş, elde edilen bulgular geleneksel bir yöntem olan ÇDR yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Akım verilerinin tahmin edilmesi için yağış ve geçmiş akım değerleri kullanılarak farklı durumlar için yapılan modellemelerde akımı tahmin etmede en başarılı modeller belirlenmiş ve sonuçlar tüm istasyonlar için Çizelge 5.1'de verilmiştir. Buna göre, toplam 28 istasyon için yapılan akım tahminlerinde ÇDR yöntemi 2 istasyonda, GEP yöntemi 12 istasyonda, YSA yöntemi ise 14 istasyonda en başarılı model olmuştur. Özellikle ilişkiyi lineer olmayan şekilde tanımlayan GEP ve YSA yöntemlerinin yağış ile akış arasındaki ilişkiyi belirlemede ÇDR yöntemine kıyasla oldukça başarılı olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.1. Test sürecine göre tüm istasyonlarda belirlenen en başarı modeller

NO	AKIM GÖZLEM İSTASYONU		METEOROLOJİ GÖZLEM İSTASYONU		YÖNTEM	EN İYİ MODEL	(R)	(OKH)
1	E21A002	PALU	17806	PALU	GEP	DM04	0.783	30771
2	E21A009	KEMALİYE	17764	ARAPGİR	GEP	DM03	0.762	13382
3	E21A015	MALPINAR	17265	ADIYAMAN	GEP	DM02	0.892	247
4	E21A019	KEMAHBOĞAZI	17094	ERZİNCAN	YSA	DM05	0.759	2293
5	E21A022	TUTAK	17099	AĞRI	GEP	DM03	0.736	1926
6	E21A023	ÇINARKÖY	17948	NUSAYBİN	YSA	DM03	0.375	1.16
7	E21A024	YAZIKÖY	17842	BALABAN	GEP	DM05	0.745	1.915
8	E21A031	KILAYIK	17199	MALATYA	GEP	DM05	0.635	1.239
9	*E21A032*	*İNCİRLİ*	*17270*	*ŞANLIURFA*	*YSA*	*DM02*	*0.935*	*0.177*
10	E21A033	MELEKBAHÇE	17736	MAZGİRT	YSA	DM03	0.812	2234
11	E21A035	FATOPAŞA	17265	ADIYAMAN	ÇDR	DM05	0.864	1.240
12	E21A036	KOŞMAŞAT	17094	ERZİNCAN	YSA	DM04	0.839	1.726
13	E21A045	TOHMA SUYU	17842	BALABAN	YSA	DM02	0.720	32.63
14	E21A047	DEDİKUŞAĞI	17736	MAZGİRT	ÇDR	DM04	0.787	170.4
15	E21A049	MİKSİSAĞ	17736	MAZGİRT	GEP	DM03	0.808	807.5
16	E21A051	DEMİRKAPI (SANSA)	17718	TERCAN	YSA	DM04	0.798	1130
17	E21A054	AŞAĞIKAĞDARİÇ	17718	TERCAN	YSA	DM04	0.760	194.2
18	E21A056	BAĞIŞTAŞ	17734	DİVRİĞİ	YSA	DM05	0.800	3930.1
19	E21A057	KARAKÖPRÜ	17204	MUŞ	GEP	DM04	0.808	331.7
20	E21A058	A. RAHMAN PAŞA KÖPRÜSÜ	17778	VARTO	YSA	DM05	0.770	210.4
21	E21A064	ÇAYAĞZI	17808	GENÇ	GEP	DM04	0.693	919.5
22	E21A065	HOCAKÖY	17275	MARDİN	YSA	DM05	0.797	1.611
23	E21A066	LOĞMAR	17806	PALU	GEP	DM03	0.760	1950
24	E21A067	DAZLAK	17734	DİVRİĞİ	YSA	DM03	0.656	1062
25	E21A072	BATMAN KÖPR:	17736	MAZGİRT	YSA	DM02	0.844	290
26	E21A074	AKKONAK	17778	VARTO	YSA	DM03	0.788	7457
27	E21A076	MUTLU BOĞAZI	17094	ERZİNCAN	GEP	DM05	0.747	1.431
28	E21A077	ADIVAR	17740	HINIS	GEP	DM02	0.716	460.3

En başarılı yöntemlerde kullanılan farklı girdi parametrelerine göre oluşturulan DM01, DM02, DM03, DM04 ve DM05 modelleri sırasıyla 0, 5, 8, 7 ve 8 kez kullanıldığı görülmüştür. DM01 modeli dışında tüm modellerde girdi parametresi olarak kullanılan bir ay önceki aya ait akım değerlerinin tahmin performansını önemli bir şekilde etkilediği de bu sonuçtan görülmüştür. Tüm modellerde en düşük R değeri E21A023 numaralı istasyona ait akım değerlerini DM03 modeli ile tahmin edildiği modelde 0.375 olarak, en yüksek R değeri ise E21A032 numaralı istasyona ait akım değerlerini DM02 ile tahmin edildiği modelde 0.935 olarak belirlenmiştir. Tüm modeller ile elde edilen R değerlerinin ortalaması ise 0.799 olarak belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda, özellikle arazi ile ilgili bilginin az olduğu ve ölçüm yapılmamış istasyonlarda akım değerlerinin tahmin edilmesi için YSA ve GEP yöntemlerinin alternatif yöntemler olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, GEP yöntemi gibi sonuçlarını basit matematiksel ifadeler ile verebilen bir yöntemin yapay sinir ağları yöntemi gibi yapay zekâ konularına aşina olmayan kişilerin kullanılabileceği alternatif bir yöntem olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

AGHELPOUR, P. ve VARSHAVIAN. V., Evaluation of stochastic ve artificial intelligence models in modeling ve predicting of river daily flow time series. Stochastic Environmental Research ve Risk Assessment, 1-18.

AHANI, A. SHOURIAN. M. ve RAD. P. R., 2018. Performance assessment of the linear, nonlinear ve nonparametric data driven models in river flow forecasting. Water Resources Management, 32(2), 383-399.

AKSOY, H. ve DAHAMSHEH. A., 2009. Artificial neural network models for forecasting monthly precipitation in Jordan. Stochastic Environmental Research ve Risk Assessment, 23(7), 917-931.

BEVEN, K. J. 2012. Rainfall-Runoff Modelling: The Primer (2nd ed.): Wiley-Blackwell.

CIGIZOGLU, H. K. ve ALP, M. 2004, June. Rainfall-runoff modelling using three neural network methods. In International Conference on Artificial Intelligence ve Soft Computing (pp. 166-171). Springer, Berlin, Heidelberg.

CHAVAN, P. M. ve UKARANDE, S. K. 2017. Comparison of Rainfall-Runoff Model Using ANN ve MLR. International Journal Of Recent Advances in Engineering ve Tecnology (IJRAET), 1-7. http://www.irdindia.in/journal_ijraet/volume_5_issue_1.html (Erişim Tarihi: 10.01.2020)

DAHAMSHEH, A. ve AKSOY, H. 2009. Artificial neural network models for forecasting intermittent monthly precipitation in arid regions. Meteorological Applications: A journal of forecasting, practical applications, training techniques ve modelling, 16(3), 325-337.

ELSHORBAGY, A., SIMONOVIC, S. P. ve PANU, U. S. 2000. Performance evaluation of artificial neural networks for runoff prediction. Journal of Hydrologic Engineering, 5(4), 424-427.

FERNANDO, A. K., SHAMSELDIN, A. Y. ve ABRAHART, R. J. 2012. Use of gene expression programming for multimodel combination of rainfall-runoff models. Journal of Hydrologic Engineering, 17(9), 975-985.

GÜMÜŞ, V., SOYDAN, N. G., SİMSEK, O., AKÖZ, M. S. ve KIRKGÖZ, M. S. (2013). Yağış-Akış İlişkisinin Belirlenmesinde Farklı Yapay Sinir Ağı Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(1), 37-50.

GÜMÜŞ, V., KAVSUT, M. E. ve YENİGÜN, K. 2015. Yağış-Akış İlişkisinin Modellenmesinde YSA Kullanımının Değerlendirilmesi: Orta Fırat Havzası Uygulaması Engineering Sciences, 6(1), 389-397.Sarkar, A., ve Pandey, P. 2015. River water quality modelling using artificial neural network technique. Aquatic Procedia, 4, 1070-1077.

HE, Z., WEN, X., LIU, H. ve DU, J. 2014. A comparative study of artificial neural network, adaptive neuro fuzzy inference system ve support vector machine for forecasting river flow in the semiarid mountain region. Journal of Hydrology, 509, 379-386.

HUSSAIN, D., USMANI, A., VERMA, D. K., JAMAL, F. ve KHAN, M. A. 2017. Rainfall Runoff Modelling Using Artificial Neural Network. International Journal of Advance Research, Ideas ve Innovations in Technology, 3(6), 1528-1533.

KUMAR, P. S., PRAVEEN, T. V. ve PRASAD, M. A. 2016. Artificial neural network model for rainfall-runoff-A case study. International Journal of Hybrid Information Technology, 9(3), 263-272.

MEHDIZADEH, S. 2020. Using AR, MA ve ARMA Time Series Models to Improve the Performance of MARS ve KNN Approaches in Monthly Precipitation Modeling under Limited Climatic Data. Water Resources Management, 34(1), 263-282.

PARTAL, T. 2009. Modelling evapotranspiration using discrete wavelet transform ve neural networks. Hydrological Processes: An International Journal, 23(25), 3545-3555.

POUL, A. K., SHOURIAN, M. ve EBRAHIMI, H. 2019. A comparative study of MLR, KNN, ANN ve ANFIS models with wavelet transform in monthly stream flow prediction. Water Resources Management, 33(8), 2907-2923.

RIAD, S., MANIA, J., BOUCHAOU, L. ve NAJJAR, Y. 2004. Rainfall-runoff model usingan artificial neural network approach. Mathematical ve Computer Modelling, 40(7-8), 839-846.

SARKAR, A. ve PANDEY, P. 2015. River water quality modelling using artificial neural network technique. Aquatic Procedia, 4, 1070-1077.

SENTHIL KUMAR, A. R., SUDHEER, K. P., JAIN, S. K. ve AGARWAL, P. K. 2005. Rainfall-runoff modelling using artificial neural networks: comparison of network types. Hydrological Processes: An International Journal, 19(6), 1277-1291.

SINGH, V. K., KUMAR, P. ve SINGH, B. P. 2016. Rainfall-runoff modeling using artificial neural networks (ANNs) ve multiple linear regression (MLR) techniques. Indian J Ecol, 43(2), 436-442.

TOKAR, A. S. ve JOHNSON, P. A. 1999. Rainfall-runoff modeling using artificial neural networks. Journal of Hydrologic Engineering, 4(3), 232-239.

TURHAN, E., 2012. Seyhan Havzası'nın Yağış-Akış İlişkisinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 81-82.

UNES, F., BOLUK, O., KAYA, Y. Z., TASAR, B. ve VARCIN, H. 2018. Estimation of Rainfall-Runoff Relationship Using Artificial Neural Network Models for Muskegon Basin. International Journal of Advanced Engineering Research ve Science (ISSN: 2349-6495 (P)| 2456-1908 (O)), 5(12), 198-205.

XU, C. Y., (2002). Hydrologic Models (Vol. 2). Sweden: Uppsala University Department of Earth Sciences Hydrology.

YAZDANI, M. R., SAGHAFIAN, B., MAHDIAN, M. H. ve SOLTANI, S. 2009. Monthly runoff estimation using artificial neural networks.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İbrahim Halil İFŞAAT
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa / 02.02.1982
Telefon : 0 (532) 634 18 49
e-mail : ibrahim.ifsaat@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe / İl	Bitirme Yılı
Lise	Orhangazi Lisesi	Şanlıurfa	2003
Önlisans	Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya MYO, İnşaat Teknolojileri	Hatay	2011
Lisans	Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü	Şanlıurfa	2017
Y.Lisans	Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	Şanlıurfa	2020

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011-2013	İfşat Mühendislik ve İnşaat	İnşaat Teknikerliği

UZMANLIK ALANI:

Yapay zekâ yöntemleri, yağış-akış ilişkisi, hidrolojik çevrim

YABANCI DİLLER:

İngilizce

YAYINLAR:

CAN M.C., GÜMÜŞ. V., ŞİMŞEK. O., **İFŞAAT, İ.H.**, PARMAKSIZ. M., ve AVŞAROĞLU. Y., 2019 Farklı Kapak Açıklıklarına Sahip Açık Kanal Akımının Su Yüzünün RNG Türbülans Modeli ile Sayısal Analizi. 3. Uluslararası GAP Mühendislik Kongresi.2019, 29 Kasım-01Aralık, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa

İFŞAAT. İ.H., GÜMÜŞ. V., ve ŞİMŞEK. O., 2019 Evaluation of Gene Expression Method for Rainfall-Runoff Relationship: Case study of the E21A057 Station.7. International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science.2019, 22-24 November, Harran University (ISITES2019 Sanlıurfa-TURKEY)

İFŞAAT. H.İ., GÜMÜŞ. V., ŞİMŞEK. O., ve AVŞAROĞLU. Y., 2020. E21A032 İstasyonuna Ait Akım Değerlerinin Aylık Yağış Verileri Kullanılarak Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Belirlenmesi. 6th International Conference On Engineering & Natural Sciences, 24-26 Ocak 2020, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa