TÜBİTAK

Tek Yıldıza Dönüşüm Yolundaki Değen Çift Yıldızlar

Program Kodu: 1001

Proje No: 114F166

Proje Yürütücüsü:

Prof. Dr. İbrahim BULUT

Araştırmacılar:

Prof. Dr. Osman DEMİRCAN

Yrd. Doç. Dr. S. Serkan DOĞRU

Arş. Gör. Dr. Afşar KABAŞ

Uzm. Dr. Ahmet BULUT

Bursiyerler:

Mümin GÜNEŞ

Çağlayan NEHİR

Neslihan KÖRPE

Sinan ALLAK

Halil ÇETİNKAYA

Mert DOĞAN

KASIM 2017

ÇANAKKALE

Önsöz

Projede 2008 yılında farklı bir nova olarak patlayan V1309 Sco değen çift yıldızının literatür verileri dikkate alınarak seçilen bir grup değen çift yıldız için tek yıldıza dönüşüm evresine kadar olan süreçler incelenmiştir. Bu kapsamda seçilen W UMa-türü ışık eğrilerine sahip çift yıldızların yeni gözlemleri yapılmış, bunlar analiz edilerek sistemlerin salt parametreleri elde edilmiştir. Bu parametrelerle güncel çift yıldız evrim modelleri kullanılarak çift yıldızın ne zaman nova olarak patlayıp tek yıldıza dönüşeceği tahmin edilmeye çalışılmış. Evrim modellerinde eşpotansiyelli yüzeyler kuramı, birinci kritik ve ikinci kritik Roche yüzeyleri, birinci ve ikinci Lagrange noktalarından farklı oranlarla kütle transferi ve kütle kaybı dikkate alınarak bileşen yıldızların kütle, yarıçap, yörünge dönemi gibi salt parametre ve yörünge parametrelerinin evrimi incelenmiştir.

Bu proje TÜBİTAK tarafından 1001 - Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı kapsamında 114F166 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

İçindekiler

Önsöz i
Tablolar iv
Şekiller vii
Özet xiii
Abstract xiv
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 3
3. GEREÇ VE YÖNTEM 5
4. GÖZLEMLER 6
5. GÖZLEMSEL VERİLERİN ANALİZİ 10
5.1 Işık Eğrisi Analizleri 10
5.1.1 BI CVn 11
5.1.2 OO Aql 14
5.1.3 RW Com 17
5.1.4 VW Cep 20
5.1.5 EZ Hya 23
5.1.6 CN And 26
5.1.7 BX Peg 29
5.1.8 SS Ari 32
5.1.9 U Peg 34
5.1.10 V502 Oph 37
5.1.11 W UMa 40
5.1.12 AW UMa 43
5.1.13 V376 And 46
5.1.14 V2150 Cyg 48
5.1.15 OU Ser 50
5.1.16 GSC 3581 1856 53
5.1.17 GSC 1042 2191 56
5.1.18 XY Boo 58
5.1.19 V1309 Sco 61
5.2 (O-C) Analizleri 68
5.2.1 BI CVn 72
5.2.2 OO Aql 74
5.2.3 RW Com 75

5.2.4 VW Cep 77
5.2.5 EZ Hya 79
5.2.6 CN And 80
5.2.7 BX Peg 82
5.2.8 SS Ari 83
5.2.9 U Peg 85
5.2.10 V502 Oph 87
5.2.11 W UMa 89
5.2.12 AW UMa 90
5.2.13 V401 Cyg 92
5.2.14 OU Ser 93
5.2.15 XY Boo 94
5.2.16 FG Hya 96
5.2.17 VW Boo 97
5.2.18 EM Cep 99
5.2.19 TW Cet 100
5.2.20 V1010 Oph 101
5.2.21 CC Ser 103
5.2.22 HN UMa 104
5.2.23 V1363 Ori 105
5.2.24 HX UMa 106
5.2.25 MW Pav 107
5.2.26 V376 And 108
5.2.27 V2150 Cyg 109
5.2.28 AO Cas 109
5.2.29 V745 Cas 110
5.2.30 V402 Aur 110
5.2.31 CC Lyn 111
5.2.32 V2082 Cyg 111
5.2.33 EL Aqr 112
5.2.34 UU Cas 112
5.2.35 CW Tuc 113
5.2.36 WY Hor 113
5.2.37 TU Hor 114
5.2.38 V870 Ara 114
5.2.39 DX Tuc 115
6. ÇİFT YILDIZ EVRİM MODELLEMELERİ VE YÖNTEMLER 116

6.1. Yöntemler 117
6.1.1. Literatürdeki Başlangıç Kütlesi Bulma Yöntemi 117
6.1.2. İterasyon Yöntemi 117
6.1.3. BSE (Binary Star Evolution) Kodu ve Değişiklikler 120
6.1.4. Ev (STARS/TWIN) Kodu 121
6.2. Evrim Modeli Uygulamaları 122
6.2.1. BI Cvn 124
6.2.2. OO Aql 128
6.2.3. RW Com 131
6.2.4. VW Cep 133
6.2.5. EZ Hya 135
6.2.6. CN And 137
6.2.7. BX Peg 139
6.2.8 SS Ari 141
6.2.9. U Peg 143
6.2.10. V502 Oph 145
6.2.11. W UMa 147
6.2.12. XY Boo 149
6.2.13. V376 And 151
6.2.14. V2150 Cyg 153
6.2.15. OU Ser 155
6.2.16. V401 Cyg 157
6.2.17. GSC3581-1856 159
6.2.18. GSC1042-2191 161
6.2.19. V1309 Sco 163
7. TARTIŞMA / SONUÇ VE ÖNERİLER 167
KAYNAKLAR 171

Tablolar

Tablo 1. Proje süresince ışık eğrisi elde edilen yıldızlar 8
Tablo 2. Proje süresince çeşitli nedenlerle gözlenememiş yıldızlar 9
Tablo 3. BI CVn'nin ışık eğrisi analiz sonuçları. 13
Tablo 4. OO Aql'nın ışık eğrisi analiz sonuçları. 16
Tablo 5. RW Com'un ışık eğrisi analiz sonuçları. 19
Tablo 6. VW Cep'in ışık eğrisi analiz sonuçları. 21
Tablo 7. EZ Hya'nin ışık eğrisi analiz sonuçları. 24
Tablo 8. CN And sisteminin ışık eğrisi analiz sonuçları. 27
Tablo 9. BX Peg'in ışık eğrisi analiz sonuçları. 29
Tablo 10. SS Ari'nin ışık eğrisi analiz sonuçları. 32
Tablo 11. U Peg'in ışık eğrisi analiz sonuçları. 35
Tablo 12. V502 Oph'un ışık eğrisi analiz sonuçları. 38
Tablo 13. W UMa sisteminin ışık eğrisi analiz sonuçları. 41
Tablo 14. AW UMa'nın ışık eğrisi analiz sonuçları. 43
Tablo 15. V376 And sisteminin ışık eğrisi analiz sonuçları. 46
Tablo 16. V2150 Cyg'nin ışık eğrisi analiz sonuçları. 48
Tablo 17. OU Ser'in ışık eğrisi analiz sonuçları. 50
Tablo 18. GSC 3581 1856'nın ışık eğrisi analiz sonuçları. 53
Tablo 19. GSC 1042 2191'in ışık eğrisi analiz sonuçları. 56
Tablo 20. XY Boo sisteminin ışık eğrisi analiz sonuçları. 57
Tablo 21. V1309 Sco'nun ışık eğrilerinin analiz sonuçları. 62
Tablo 22. V1309 Sco'nın mutlak parametreleri. 66
Tablo 23. Proje süresince minimum zamanları elde edilmiş yıldızlar 69
Tablo 24. Projede (O-C) diyagramı oluşturulan yıldızların minimum zamanı sayılarına ilişkin genel bilgiler. 71
Tablo 25. BI CVn sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 72
Tablo 26. OO Aql sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 74
Tablo 27. RW Com sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 76
Tablo 28. VW Cep sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 78
Tablo 29. EZ Hya sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 79
Tablo 30. CN And sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 81
Tablo 31. BX Peg sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 82
Tablo 32. SS Ari sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 84
Tablo 33. U Peg sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 86
Tablo 34. V502 Oph sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 87

Tablo 35. W UMa sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 89
Tablo 36. AW UMa sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 90
Tablo 37. V401 Cyg sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 92
Tablo 38. OU Ser sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri..... 93
Tablo 39. XY Boo sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 95
Tablo 40. FG Hya sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 96
Tablo 41. VW Boo sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 98
Tablo 42. EM Cep sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri..... 100
Tablo 43. TW Cet sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 100
Tablo 44. V1010 Oph sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. ... 102
Tablo 45. CC Ser sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri..... 103
Tablo 46. HN UMa sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri..... 104
Tablo 47. V1363 Ori sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 105
Tablo 48. HX UMa sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 106
Tablo 49. MW Pav sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri. 107
Tablo 50. Proje kapsamında ışık eğrisi elde edilen sistemlerin mutlak parametreleri. ... 124
Tablo 51. V1309 Sco'nın büyük kütleli bileşenin anakolda olması durumundaki mutlak parametreleri. 165
Tablo 52. V1309 Sco'nın bileşenlerin anakol ile devler arasında olması durumundaki mutlak parametreleri. 165
Tablo 53. Evrim durumları incelenen sistemlerin gözlemlerden hesaplanan kütleleri ve başlangıç kütleleri ……..……..…169

Şekiller

Şekil 1. BI CVn'nin B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu. .. 14
Şekil 2. BI CVn'nin radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu. 14
Şekil 3. 0.24 evresinde BI CVn'nin bileşenlerinin Roche geometrisi. 15
Şekil 4. OO Aql'nın B, V, R filtrelerindeki lekesiz ışık eğrileri 17
Şekil 5. OO Aql sisteminin B, V, R filtrelerindeki leke parametreleri kullanılmış ışık eğrileri.. 17
Şekil 6. OO Aql sisteminin dikine hız eğrisi..... 18
Şekil 7. RW Com'un B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri. 20
Şekil 8. RW Com sisteminin dikine hız eğrisi.. 21
Şekil 9. VW Cep'in B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu. .. 23
Şekil 10. VW Cep'in radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu. 24
Şekil 11. EZ Hya'nın B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu. 26
Şekil 12. EZ Hya'nin radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu. 27
Şekil 13. CN And sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri.. 29
Şekil 14. CN And sisteminin dikine hız eğrisi. 29
Şekil 15. BX Peg'in V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu. 32
Şekil 16. BX Peg'in radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu. 32
Şekil 17. SS Ari'nin V ve R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu. .. 34
Şekil 18. SS Ari'nin radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu. 35
Şekil 19. U Peg'in B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu. 37
Şekil 20. U Peg'in radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu. 38
Şekil 21. 0.75 evresinde U Peg'in bileşenlerinin Roche geometrisi. 38
Şekil 22. V502 Oph'un B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu. 40
Şekil 23. V502 Oph'un radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu. 41
Şekil 24. W UMa sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri. 43
Şekil 25. W UMa sisteminin dikine hız eğrisi. 44
Şekil 26. AW UMa'nın U, B, V, R ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu. 46
Şekil 27. V376 And sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri. 48
Şekil 28. V376 And sisteminin dikine hız eğrisi. 49
Şekil 29. V2150 Cyg'nin B, V, R ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu. 50
Şekil 30. OU Ser sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri..... 52
Şekil 31. OU Ser sisteminin dikine hız eğrisi 54
Şekil 32. GSC 3581 1856 için V ışık eğrisinde yapılan kütle oranı taraması. 56
Şekil 33. GSC 3581 1856'nın BVRI ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileri ile uyumu.. 56
Şekil 34. GSC 1042 2191 için V ışık eğrisinde yapılan kütle oranı taraması. 57

Şekil 35. GSC 1042 2191'in BVRI ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileri ile uyumu. 59
Şekil 36. XY Boo sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri 61
Şekil 37. XY Boo sisteminin dikine hız eğrisi. 61
Şekil 38. V1309 Sco'nun OGLE projesi kapsamında 2001-2010 yılları arasında I filtresinde yapılmış olan gözlemlerinden oluşturulan ışık değişimi..... 62
Şekil 39. V1309 Sco'nun 2001-2006 yılları arasında yıllık ortalama ışık eğrileri..... 63
Şekil 40. V1309 Sco'nun 2 numaralı ışık eğrisi ile kuramsal ışık eğrisi. 65
Şekil 41. V1309 Sco'nun 2 numaralı ışık eğrisi için yapılan q-taraması. 66
Şekil 42. V1309 Sco'nın 3 numaralı ışık eğrisi ile kuramsal ışık eğrisi. 66
Şekil 43. V1309 Sco'nın 3 numaralı ışık eğrisi için yapılan q-taraması. 66
Şekil 44. V1309 Sco'nın 5 numaralı ışık eğrisi ile kuramsal ışık eğrisi. 67
Şekil 45. V1309 Sco'nın 5 numaralı ışık eğrisi için yapılan q-taraması. 67
Şekil 46. V1309 Sco'nın 6 numaralı ışık eğrisi ile kuramsal ışık eğrisi. 67
Şekil 47. V1309 Sco'nın 6 numaralı ışık eğrisi için yapılan q-taraması. 68
Şekil 48. 0.25 evresinde V1309 Sco'nın bileşenlerinin Roche geometrisi. 68
Şekil 49. BI CVn sisteminin (O-C) eğrisi 74
Şekil 50. BI CVn sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi. 74
Şekil 51. OO Aql sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 76
Şekil 52. OO Aql sisteminin (O-C) eğrisinde sadece dördüncü cisim etkisi. 76
Şekil 53. RW Com sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 78
Şekil 54. RW Com sisteminin (O-C) eğrisinde sadece dördüncü cisim etkisi..... 78
Şekil 55. VW Cep'in (O-C) eğrisi. 79
Şekil 56. VW Cep'in üçüncü cisim sinus eğrisi. 80
Şekil 57. EZ Hya'nın (O-C) eğrisi..... 81
Şekil 58. EZ Hya'nın üçüncü cisim sinus eğrisi. 81
Şekil 59. CN And sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 82
Şekil 60. CN And sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi. 83
Şekil 61. BX Peg sisteminin (O-C) eğrisi ve üçüncü cisim sinüs eğrisi. 84
Şekil 62. SS Ari sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 86
Şekil 63. SS Ari sisteminin (O-C) eğrisinde sadece dördüncü cisim etkisi. 86
Şekil 64. U Peg'in (O-C) eğrisi..... 87
Şekil 65. U Peg'in üçüncü cisim sinus eğrisi. 88
Şekil 66. V502 Oph sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 89
Şekil 67. V502 Oph sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi. 89
Şekil 68. W UMa sisteminin (O-C) eğrisi ve olası üçüncü / dördüncü cisim eğrisi..... 91
Şekil 69. AW UMa'nın (O-C) eğrisi. 92
Şekil 70. AW UMa'nın üçüncü cisim sinus eğrisi. 92

Şekil 71. V401 Cyg sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 93
Şekil 72. V401 Cyg sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi. 94
Şekil 73. OU Ser sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 95
Şekil 74. OU Ser sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi. 95
Şekil 75. XY Boo sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 96
Şekil 76. XY Boo sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi. 97
Şekil 77. FG Hya'nın (O-C) eğrisi. 98
Şekil 78. FG Hya'nın üçüncü cisim sinus eğrisi. 98
Şekil 79. VW Boo sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 99
Şekil 80. V502 Oph sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi. 100
Şekil 81. EM Cep sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 100
Şekil 82. TW Cet sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 102
Şekil 83. TW Cet sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi. 102
Şekil 84. V1010 Oph'un (O-C) eğrisi. 103
Şekil 85. V1010 Oph'un üçüncü cisim sinus eğrisi. 104
Şekil 86. CC Ser sisteminin (O-C) eğrisi ve üçüncü cisim sinüs eğrisi 105
Şekil 87. HN UMa sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 106
Şekil 88. V1363 Ori sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 107
Şekil 89. HX UMa sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 108
Şekil 90. MW Pav sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları. 109
Şekil 91. V376 And'ın (O-C) diyagramı. 109
Şekil 92. V2150 Cyg'nin (O-C) diyagramı. 110
Şekil 93. AO Cas'ın (O-C) diyagramı. 110
Şekil 94. V745 Cas'ın (O-C) diyagramı. 111
Şekil 95. V402 Aur'un (O-C) diyagramı. 111
Şekil 96. CC Lyn'in (O-C) diyagramı. 112
Şekil 97. V2082 Cyg'nin (O-C) diyagramı. 112
Şekil 98. EL Aqr'un (O-C) diyagramı. 113
Şekil 99. UU Cas'ın (O-C) diyagramı 113
Şekil 100. CW Tuc'un (O-C) diyagramı. 114
Şekil 101. WY Hor'un (O-C) diyagramı. 114
Şekil 102. TU Hor'un (O-C) diyagramı. 115
Şekil 103. V870 Ara'nın (O-C) diyagramı. 115
Şekil 104. DX Tuc'un (O-C) diyagramı. 116
Şekil 105. İterasyon süreci ile yörünge dönemi değişimi. 121
Şekil 106. BI CVn sistemi için log R – M grafiği. 125
Şekil 107. BI CVn sistemi için kütle – zaman grafiği. 126

Şekil 108. BI CVn sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 127
Şekil 109. BI CVn sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 128
Şekil 110. BI CVn sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 128
Şekil 111. OO Aql sistemi için log R – M grafiği. 130
Şekil 112. OO Aql sistemi için kütle – zaman grafikleri. 130
Şekil 113. OO Aql sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 131
Şekil 114. OO Aql sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 131
Şekil 115. OO Aql sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 131
Şekil 116. RW Com sistemi için log R – M grafiği. 132
Şekil 117. RW Com sistemi için kütle – zaman grafiği 132
Şekil 118. RW Com sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 133
Şekil 119. RW Com sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 133
Şekil 120. RW Com sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 133
Şekil 121. VW Cep sistemi için log R – M grafiği. 134
Şekil 122. VW Cep sistemi için kütle – zaman grafiği 134
Şekil 123. VW Cep sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 135
Şekil 124. VW Cep sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 135
Şekil 125. VW Cep sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 135
Şekil 126. EZ Hya sistemi log R – M grafiği. 136
Şekil 127. EZ Hya sistemi için kütle – zaman grafiği. 136
Şekil 128. EZ Hya sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 137
Şekil 129. EZ Hya sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 137
Şekil 130. EZ Hya sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 137
Şekil 131. CN And sistemi için log R – M grafiği. 138
Şekil 132. CN And sistemi için kütle – zaman grafiği. 138
Şekil 133. CN And sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 139
Şekil 134. CN And sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 139
Şekil 135. CN And sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 139
Şekil 136. BX Peg sistemi için log R – M grafiği. 140
Şekil 137. BX Peg sistemi için kütle – zaman grafiği 140
Şekil 138. BX Peg sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 141
Şekil 139. BX Peg sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 141
Şekil 140. BX Peg sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 141
Şekil 141. SS Ari sistemi için log R – M grafiği. 142
Şekil 142. SS Ari sistemi için kütle – zaman grafiği. 142
Şekil 143. SS Ari sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 143
Şekil 144. SS Ari sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 143

Şekil 145. SS Ari sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 143
Şekil 146. U Peg sistemi için log R – M grafiği. 144
Şekil 147. U Peg sistemi için kütle – zaman grafiği. 144
Şekil 148. U Peg sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 145
Şekil 149. U Peg sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 145
Şekil 150. U Peg sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 145
Şekil 151. V502 Oph sistemi için log R – M grafiği. 146
Şekil 152. V502 Oph sistemi için kütle – zaman grafiği. 146
Şekil 153. V502 Oph sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 147
Şekil 154. V502 Oph sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 147
Şekil 155. Şekil. V502 Oph sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 147
Şekil 156. W UMa sistemi için log R – M grafiği. 148
Şekil 157. W UMa sistemi için kütle – zaman grafiği. 148
Şekil 158. W UMa sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 149
Şekil 159. W UMa sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 149
Şekil 160. W UMa sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 149
Şekil 161. XY Boo sistemi için log R – M grafiği. 150
Şekil 162. XY Boo sistemi için kütle – zaman grafiği 150
Şekil 163. XY Boo sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 151
Şekil 164. XY Boo sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 151
Şekil 165. XY Boo sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 151
Şekil 166. V376 And sistemi log R – M grafiği. 152
Şekil 167. V376 And sistemi için kütle – zaman grafiği. 152
Şekil 168. V376 And sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 153
Şekil 169. V376 And sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 153
Şekil 170. V376 And sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 153
Şekil 171. V2150 Cyg sistemi için log R – M grafiği. 154
Şekil 172. V2150 Cyg sistemi için kütle – zaman grafiği 154
Şekil 173. V2150 Cyg sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 155
Şekil 174. V2150 Cyg sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 155
Şekil 175. V2150 Cyg sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 155
Şekil 176. OU Ser sistemi için log R – M grafiği. 156
Şekil 177. OU Ser sistemi için kütle – zaman grafiği 156
Şekil 178. OU Ser sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 157
Şekil 179. OU Ser sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 157
Şekil 180. OU Ser sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 157
Şekil 181.V401 Cyg sistemi log R – M grafiği. 158

Şekil 182. V401 Cyg sistemi için kütle – zaman grafiği. 158
Şekil 183. V401 Cyg sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 159
Şekil 184. V401 Cyg sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 159
Şekil 185. V401 Cyg sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 159
Şekil 186. GSC3581-1856 sistemi için log R – M grafiği. 160
Şekil 187. GSC3581-1856 sistemi için kütle – zaman grafikleri. 161
Şekil 188. GSC3581-1856 sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 161
Şekil 189. GSC3581-1856 sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 161
Şekil 190. GSC3581-1856 sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 162
Şekil 191. GSC1042-2191 sistemi için log R – M grafiği. 162
Şekil 192. GSC1042-2191 sistemi için kütle – zaman grafiği. 163
Şekil 193. GSC1042-2191 sistemi için yarıçap – zaman grafiği. 163
Şekil 194. GSC1042-2191 sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 163
Şekil 195. GSC1042-2191 sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 164
Şekil 196. V1309 Sco sistemi için log R – M grafiği. 166
Şekil 197. V1309 Sco sistemi için Kütle – zaman grafiği 166
Şekil 198. V1309 Sco sistemi için Yarıçap – zaman grafiği. 167
Şekil 199. V1309 Sco sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği. 167
Şekil 200. V1309 Sco sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği. 167

Özet

Soğuk yıldızlar manyetik frenleme yoluyla açısal momentum kaybederek yavaşlar. Yörüngeye kilitli soğuk çift yıldız bileşenlerinden açısal momentum kaybı yörüngeden karşılanır, sonuçta yörünge küçülür, yörünge dönemi azalır. Yörünge küçülmesi ve bileşenlerin nükleer evrim sonucu genişlemesi sonucu önce büyük kütleli bileşen Roche lobunu doldurur ve diğer bileşene kütle ve açısal momentum aktarmaya başlar. Belli bir zaman sonra kütleler eşitlenir vesonra kütle oranı ters döner, yani ikinci bileşen büyük kütleli hale gelir ve bu bileşen de Roche lobunu doldurduğunda değen çift yıldız sistemi oluşur. Sürecin devamında ikinci kritik Roche yüzeyi de dolduğunda sistem ikinci Lagrange noktasında kütle kaybetmeye başlar. Değen çift yıldız sisteminin konvektif zarfından devam eden kütle ve açısal momentum kaybı yörüngeyi küçültmeye devam eder ve sonunda iki bileşen iç içe girerek sistem hızlı dönen bir tek yıldıza dönüşür.

Değen çift yıldızların tek yıldıza dönüşümünü gösteren tek gözlemsel kanıt 2008 yılında kırmızı nova olarak patlayan Nova Sco 2008 (V1309 Sco)'nin OGLE projesiyle patlama öncesinde yapılmış olan fotometrik gözlemleridir. Bu nova patlamasının, beklendiği gibi kataklizmik değişen kaynaklı olmayıp 1.4 günlük yörünge dönemine sahip bir değen çift yıldız sisteminden kaynaklandığı sürpriz bir şekilde kanıtlanmıştır.

Proje kapsamında seçilen değen çift yıldızlarda nova benzeri bir patlamayla tek yıldıza dönüşüm süreçleri incelenmiştir. Seçilen değen çift yıldızların yeni gözlemlerinden elde edilen salt parametreleri ve dönem değişimleri nükleer evrim modelleriyle birleştirilmiş bu sistemlerin yörünge evrimleri tek yıldıza dönüşüm evresine kadar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Değen çift yıldızlar, değen çift yıldızların tek yıldıza dönüşümü, kırmızı nova

Abstract

Cool stars lose angular momentum and slows down by magnetic braking. Due to tidal coupling between the rotation of the component stars and the orbital motion in close binary systems, the lose of rotational angular momentum is supplied from the orbital angular momentum, and thus the binary orbit shrinks, the orbital period decreases. Due to orbital shrinkage and evolutionary expansion, the more massive component fills its Roche lobe, and starts transfering mass and angular momentum to other component. Eventually the mass ratio reverses, e.i. the secondary component becomes the more massive component, then when it also fills its Roche lobe, a contact binary system is formed. On going process of mass and angular momentum loss from the convective common envelope of contact configuration causes the further shrinking in orbit and in the end two component stars spiral into each other through a merger process forming a rapidly rotating single star.

An observational evidence that the progenitor of a nova like exploding star is a contact binary comes from the OGLE Project observations of the contact binary v1309 Sco before exploding as Nova Sco in 2008. It was proved that the origin of the Nova Sco was not a cataclysmic binary but surprisingly a contact binary with the period of 1.4 days.

In the Project the pre-merging process in some selected contact binaries have been studied. New absolute parameters and orbital period changes obtained from new observations of some selected contact binaries have been combined with the theoretical models to understand the orbital evolution until merging prosess of these systems.

Keywords: Contact binaries, Merging contact binaries, Red nova

1. GİRİŞ

Bu proje çalışmasında, 2008 yılında kırmızı nova olarak patlamış değen çift yıldız V1309 Scorpia örnek alınarak benzer değen çift yıldızların tek yıldıza dönüşüm süreçleri incelenmiştir.

Soğuk yıldızlar manyetik frenleme yoluyla açısal momentum kaybederek yavaşlar. Yörüngeye kilitli soğuk çift yıldız bileşenlerinden açısal momentum kaybı yörüngeden karşılanır ve sonuçta yörünge küçülür, yörünge dönemi azalır. Yörünge küçülmesi, büyük kütleli bileşen Roche lobunu doldurana kadar devam eder. Sonra büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene kütle ve açısal momentum transferi ile kütle oranı ters döner, yani ikinci bileşen büyük kütleli hale gelir ve bu bileşen de Roche lobunu doldurduğunda değen çift yıldız sistemi oluşur. Değen çift yıldız sisteminin konvektif zarfından devam eden kütle ve açısal momentum kaybı yörüngeyi küçültmeye devam eder ve sonunda iki bileşen iç içe girerek sistem hızlı dönen bir tek yıldıza dönüşür. Yakın çift yıldızlarda tek yıldız oluşumuna giden bütün bu süreçler 1960'lardan bu yana daha çok kuramsal olarak geliştirilmiştir. Kuramsal süreçler; soğuk tek yıldızlardaki manyetik frenlemenin yörüngeye kilitlenmiş çift yıldız bileşenlerine uyarlanmasından ibarettir.

Değen çift yıldızların tek yıldıza dönüşümünü gösteren tek gözlemsel kanıt 2008 yılında kırmızı nova olarak patlayan Nova Sco 2008 (V1309 Sco)'in OGLE projesiyle patlama öncesinde yapılmış olan fotometrik gözlemleridir. 10 kadirlik parlama oluşturan bu nova patlamasının, düşünüldüğü gibi kataklizmik değişen kaynaklı olmayıp 1.4 günlük yörünge dönemine sahip bir değen çift yıldız sistemindeki bileşenlerin çarpışarak iç içe geçmesi sonucu oluştuğu ortaya konmuştur **(Tylenda vd., 2011)**.

Tylenda vd. (2011)'de V1309 Sco için kırmızı nova olarak patlama öncesi özelliklerine ilişkin elde ettikleri iki temel bulgu, yörünge döneminin hızla küçülmesi ve duyarlılığı düşük olan OGLE projesi fotometrik gözlemlerinden oluşturulan ışık eğrilerinde ikinci maksimumun, patlama öncesinde hızla küçülerek kısa sürede yok olmasıdır. Bu proje çalışmasında bu iki temel bulgu dikkate alınmış, iki grup değen çift yıldız sistemi seçilmiştir:

(i) Yörünge dönemi azalması gösteren değen çift yıldızlar:

CN And, OO Aql, SS Ari, VW Boo, BI CVn, VW Cep, EM Cep, TW Cet, RW Com, EZ Hya, FG Hya, U Peg, BX Peg, V502 Oph, V1010 Oph, W UMa, AW UMa, CC Ser.

(ii) Işık eğrileri şekil olarak V1309 Sco'ya benzeyen (minimum derinlikleri eşit ve O'Connell etkisi gösteren) değen çift yıldızlar:

AO Cas, V745 Cas, CW Tuc, DT Cet, WY Hor, V376 And, Tau1 Ari, TU Hor, IW Per, **b** Per, TV Pic, V402 Aur, V1363 Ori, CC Lyn, PP Hya, HN UMa, HX UMa, LM Vir, V824 Cen, CU CVn, V992 Cen, OU Ser, V867 Ara, V870 Ara, V401 Cyg, V2082 Cyg, IV Pav, MW Pav, V2150 Cyg, LZ Cep, EL Aqr, UU Cas, DX Tuc.

Bu sistemlere GSC 3581 1856 ve GSC 1042 2191 değen çift yıldız sistemleride dahil edilmiştir. Seçilen bu değen çift yıldız sistemleri tek yıldıza dönüşüm yolundaki değen çift yıldız adaylarıdır. Bu proje çalışmasında, yukarıda belirtilen bu değen çift yıldızların gözlemlerinden elde edilen salt parametreler ve dönem değişimleri nükleer evrim modelleriyle birleştirilmiş ve bu sistemlerin yörünge evrimleri ve sistem parametrelerinin yörünge evrimiyle değişimi tek yıldıza dönüşüm evresine kadar incelenmiştir.

Bu sayede, proje kapsamında ele alınan çift yıldızlardan hangisinin ne zaman nova olarak patlayıp tek yıldıza dönüşeceği, kırmızı nova olarak patlama evresine kadar sistem özelliklerinin (kütle, yarıçap, dönemin) nasıl değişeceği ve yörünge evrimi süresince ne kadar kütlenin sistemi terk edeceği bilgilerine ulaşılmıştır.

Değen çift yıldızların nova benzeri bir patlamayla tek yıldıza dönüşümü süreci yıldızlar astrofiziğinde oldukça yeni bir bilgi ve çok önemli bir araştırma alanıdır. Tek yıldıza dönüşümde bu son aşama yeni, güncel ve gözlemsel bilgi gereksinimi nedeniyle oldukça önem arz etmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bir ayrık çift yıldız sisteminin bileşenlerinden en az biri konvektif üst katmana sahipse yani manyetik etkinlik gösteriyor ve manyetik rüzgarla büyük açısal momentum kaybediyorsa manyetik frenleme ile yavaşlamaya zorlanır **(Schatzman, 1959; Skumenich, 1972)**. Diğer taraftan çift yıldız sisteminde bileşenler birbirine yeterince yakınsa yani sistem yakın çift yıldız sistemi (etkileşen çift yıldız sistemi) ise bileşen yıldızlar yörüngeye kilitlenir, yani bileşenlerin dönme dönemi yörünge dönemine eşit olur. Bu olaya dönme yörünge senkronizasyonu denir. Anakol bileşenleri birkaç gün dönemli yörüngelerde kilitlenirken alt dev veya dev bileşenler birkaç on günlük yörüngelerde kilitli olabilmektedir **(Zahn, 1977, 1989; Habets ve Zwaan, 1989)**. Yörüngeye kilitli bileşenler manyetik frenlemeyle yavaşlayamazlar, kayıp açısal momentum yörünge açısal momentumundan karşılanır dolayısıyla yörünge küçülür, bileşen yıldızlar birbirine yaklaşır ve sonuçta ayrık çift yıldızlar değen çift yıldızlara evrimleşir **(Metsel, 1984; van't Veer, 1979, 1993; Guinan ve Bradstreet, 1988)**. **Demircan (1999)**'da kısa dönemli ayrık çift yıldızların değen çift yıldızlara dönüşüm zaman ölçeğinin başlangıç yörünge dönemine bağlı olarak 2-4 milyar yıl arasında olduğu gösterilmiştir. Sonraki yıllarda ayrık ve değen çift yıldız sistemlerinin güncel verileriyle kinematik yaşlarını temel alan yörünge küçülmeleri daha detaylı çalışılmıştır **(Karataş vd., 2004; Bilir vd., 2005; Demircan vd., 2006; Eker vd., 2006)**.

Bu sürecin devamında değen çift yıldızların da tek yıldızlara dönüşümü beklenmektedir. Değen çift yıldız sisteminin konvektif zarfından kütle ve açısal momentum kaybı devam eder ve bu durum yörüngeyi küçültür, sonunda iki bileşen iç içe girerek sistem kendi ekseni etrafında hızlı dönen bir tek yıldıza dönüşür. Yıldız kümelerinde gözlenen ve mavi direnenler (blue strugglers) denen hızlı dönen tek yıldızların, değen çift yıldızların tek yıldızlara dönüşümü sonucunda oluşan tek yıldızlar olabileceği ifade edilmektedir **(McCrea, 1964; Van't Veer F, 1979; Mochnacki, 1981; Rahunen, 1981; Mateo vd., 1990; Dryomova ve Svechnikov, 2002)** Bu araştırmacılar değen çift yıldızların tek yıldızlara dönüşüm zaman ölçeğini 0.02-10 Gyr arasında çok farklı değerlerde bulmuşlardır.

Değen çift yıldızların tek yıldıza dönüşürken farklı bir nova parlaması gösterdikleri anlaşılmıştır. Ancak bu dönüşümün doğasında bilinmeyen daha çok şey vardır. Patlamanın başlangıç koşullarının neler olduğu, her değen çift yıldızın sonunda patlayıp patlamayacağı, patlama öncesinde yıldız özelliklerinin (örneğin kütle oranının) nasıl değiştiği, ne kadar

kütlenin sistemi terk ettiği ve bu kütlenin çevrede nasıl bir yapı oluşturduğu, patlama sonrası oluşan çift çekirdekli yeni yıldızların özellikleri henüz iyi bilinmemektedir.

Stepien (2011a), 2004 ve 2006 yıllarında kütle transferi ve kütle kaybını da dikkate alarak değen çift yıldızların yörünge evrimi için geliştirdiği bir yöntemi V1309 Sco'nun yörünge evrimini anlamak için uygulamış ve bu sistem için başlangıç (sıfır yaş ana kol) kütlelerinin 1.8-2.0 Güneş kütlesi ve başlangıç yörünge döneminin 2.5-3.1 gün aralığında olması gerektiğini bulmuştur. **Stepien (2011b, 2011c)**'de ise aynı yöntemi farklı başlangıç koşullarında teorik değen çift yıldız modellerine uygulayarak teorik yörünge evrim modelleri oluşturmuştur. Değen çift yıldızların yörünge evrimini oluşturmada Stepien yönteminin eksiği bileşen yıldızlar arası kütle transferini konservatif kütle transferi kabul etmesi ve kütle kaybında Alfven yarıçapını dikkate almamasıdır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Proje kapsamında gözlemler Çanakkale Osekiz Mart Üniversitesi (ÇOMÜ) Gözlemevi'nde T30, T40, T60 ve T122 teleskopları (sırasıyla 30, 40, 60 ve 122 cm çaplı teleskoplar), Apogee Alta U42 ve U47, SBIG ST-10XME, FLI 4720 CCD kameraları kullanılarak yapılmış ve diferansiyel fotometri yöntemi uygulanmıştır. Gözlemlerin indirgenmesinde **MaximDL 5** ve **C-Munipack** (Hroch, 1998) indirgeme programları kullanılmıştır.

Fotometrik gözlemlerden elde edilen ışık eğrilerinin analizleri için iyi bilinen ve yaygın kullanılan **Wilson ve Devinney (1971)** yöntemi kullanılmıştır. Işık eğrisi analizlerinde literatürde sisteme ait radyal hız verileri varsa bunlarda analizlere dahil edilmiştir. analizlerden bulunan kesirsel yarıçap, sıcaklık gibi fiziksel parametreler ve yörünge eğimi, yörünge dönemi gibi yörünge parametreleri kullanılarak bileşen yıldızlara ait yarıçap, kütle, ışınım gücü gibi salt parametrelere ulaşılmıştır.

Sistemlerin yörünge küçülmesi bilgisi, ayrı bir yöntem olarak minimum zamanlarının (O-C) analizi yöntemiyle incelenmiştir. Yeni gözlemlerden elde edilen minimum zamanları literatürdeki minmum zamanlarıyla birleştirilerek (O-C) analizleri yapıldı. minimum zamanları ve hataları Kwee ve van Woerden (1956) yöntemiyle hesaplanmıştır. Analizler sonucunda sistemde kütle kaybı, kütle transferi ve üçüncü cisim varlığı hakkında sonuçlara ulaşıldı. (O-C) değişimleri tek yıldıza dönüşüm öncesinde yörünge dönemi küçülmesi hakkında kesin bilgi verebilmektedir. Bu yolla yörünge dönemindeki değişimler bulunmuştur.

Sonraki adımda sistemlerin hesplanan salt parametreleri kullanılarak evrim durumları incelenmiştir. Sistemlerin evrim durumlarının modellenmesinde Eggleton kodu olarakta bilinen **Ev (STARS/TWIN) Kodu** ve Hurley vd. (2002) tarafından geliştirilmiş **BSE (Binary Star Evolution) Kodu** kullanılmıştır. Özellikle Ev Kod dinamo kökenli kütle ve açısal momentum kayıp hesaplamalarında Alven yarıçapını dikkate almaktadır.

Bu kodlarda gerektiğinde değişiklerde yapılmıştır. Yöntemlerle ilgili detaylı bilgiler Bölüm 6.2. verilmiştir. Bu kodların sonuçları geliştirdiğimiz programlarla analiz edilmiştir. Sistemlerin kütle, yarıçap, dönem ve göreli yarıçaplarının zamana göre değişimleri belirlenmiştir. Ayrıca sistemlerin yaşları ve birleşme yaşlarıda hesaplanmıştır.

.

4. GÖZLEMLER

Proje çalışması süresince, çalışma kapsamında gözlemi hedeflenen ve Giriş bölümünde adı geçen değen çift yıldızların fotometrik gözlemleri, gözlem mevsimine, hava şartlarına, yıldız konumuna ve parlaklığına, sistem içinde gözlenebilirliğine ve sistemin teknik durumuna bağlı olarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi (ÇOMÜG) bünyesinde yapılmıştır. Gözlemlerde, Apogee Alta U42, Apogee Alta U47, FLI 4720, SBIG ST-10XME CCD dedektörleri ile birlikte temel özellikleri aşağıda verilen teleskoplar kullanılmıştır:

T30: 30 cm ayna çaplı Meade LX200 Schmidt-Cassegrain tipi teleskop (3048 mm, f/10).
T40: 40 cm ayna çaplı Meade LX200 Schmidt-Cassegrain tipi teleskop (4064 mm, f/10).
T60: 60 cm ayna çaplı Cassegrain tipi teleskop (4800 mm, f/8).
T122: 122 cm ayna çaplı Cassegrain-Nasymth tipi teleskop (10220 mm, f/10).

Fotometrik gözlemler, ışık eğrilerini oluşturmak ve/veya minimum zamanlarını belirlemek amacıyla planlanmıştır.

Listesi Tablo 1'de verilen 18 adet değen çift yıldızın ışık eğrisi elde edilmiş, Bölüm 5.2'de ise bu yıldızlara ilişkin elde edilen minimum zamanları Tablo 23'te sunulmuştur. Gözlenen yıldızların ışık eğrileri, varsa literatürden alınan radyal hız verileri ile analiz edilmiş ve sistemlere ait salt parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler yıldızlar için evrim modeli oluşturmada girdi verisi olarak kullanılmıştır.

Bununla birlikte, yüksek parlaklık değerleri, CCD görüş alanı içerisinde uygun parlaklıkta mukayese yıldızının bulunmaması ve çok düşük dik açıklık değerleri (Güney yarımküre) gibi nedenlerle hedeflenen yıldızlardan bazıları gözlenememiştir. Bu sistemlerin katalog bilgileri **SIMBAD** Astronomical Database, (O-C) Atlas **(Kreiner vd., 2001; Kreiner, 2004)**, (O-C) Gateway **(Paschke ve Brat, 2006)**, **AAVSO** (American Association of Varibale Star Observer) gibi kataloglar ile literatürden alınarak Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de yer alan V401 Cyg ve HN UMa'nın ışık eğrisi bütünüyle elde edilememiş ancak yeni minimum zamanı belirlenebilecek kadar gözlemi yapılabilmiştir. Bu gözlenememiş yıldızlardan literatürde verisi bulunabilenler için, (O-C) analizi ve/veya evrim modelleri oluşturulmuştur.

Işık eğrilerinin elde edilmesi için, bu proje kapsamında **MaximDL 5** ve **C-Munipack** indirgeme programları kullanılmıştır. Fotometrik veriler, diferansiyel CCD fotometrisi yoluyla elde edilmiş olup, indirgemede standart bias, dark ve flat kalibrasyonları uygulanmıştır. Kullanılan sistemin görüş alanı içerisinde yer alan ve hedef yıldızın (değişen yıldızın) parlaklık ve renk değerlerine mümkün mertebe yakın parlaklık ve renklere sahip mukayese

ve denet yıldızları fotometrik indirgeme için seçilmiştir. Gözlemlerde Johnson-Cousins BVR filtreleri temel alınmış, gerekli görünen durumlarda U ve/veya I filtreleri de dahil edilmiştir. Gözlem gününe ve kullanılan filtreye bağlı gözlem duyarlılıkları (gözlemin standart sapmaları) proje kapsamında yapılan gözlemler süresince ≤ 0.03 kadirdir. Elde edilen ışık eğrileri evrelendirilirken, zaman eksenine HJD dönüşümü yapılmış ve sonra Tablo 1'de verilen ışık elemanları kullanılmıştır. Ayrıca, yine Tablo 1'de gözlemlerde kullanılan aletler (teleskop/CCD/filtre), gözlem tarihleri ve mukayese yıldızı bilgileri de verilmiştir.

Tablo 1. Proje süresince ışık eğrisi elde edilen yıldızlar. Tabloda yer alan Gurup bilgisi, I: Yörünge dönemi azalması gösteren değen çift yıldızları, II: Işık eğrileri şekil olarak V1309 Sco'ya benzeyen (minimum derinlikleri eşit ve O'Connell etkisi gösteren) değen çift yıldızları ifade eder. Tablodaki T_0 ve dönem değerleri AAVSO'dan alınmıştır.

No	Gurup	Yıldız	V(m)	T_0 (HJD) (2400000+)	Dönem (gün)	Muk.	Teleskop/ CCD	Gözlem Tarihi (gg.aa.yyyy)	Filtre
1	**I**	**BI CVn**	10.99	44365.197	0.38416920	GSC 2534 0313	T30/ Ap. U47	12.04.2015 28.04.2015 08.05.2015 09.05.2015	BVR BVR BVR BVR
2	**I**	**OO Aql**	9.49	26892.069	0.50679321	GSC 058 289	İST60/ Ap. U42	05.08.2015 12.08.2015	BVR BVR
3	**I**	**RW Com**	11.25	47613.439	0.23734818	GSC 1991 1695	T30/ Ap. U47	17.03.2015 19.03.2015 16.04.2015 21.04.2015	BVRI BVR BVR BVR
4	**I**	**VW Cep**	7.38	52500.047	0.27830840	GSC 4585 2167	T30/ Ap. U47	04.11.2015 16.11.2015 23.07.2016 30.07.2016	BVR BVR BVR BVR
5	**I**	**EZ Hya**	10.56	46449.812	0.44975350	TYC 5472 1225	T40/ FLI 4720	17.03.2016 20.03.2016 28.03.2016 30.03.2016	BVR BVR BVR VR
6	**I**	**CN And**	9.71	46711.522	0.46278570	GSC 2787 1843	İST60/ Ap. U42	09.08.2015 16.08.2015 19.08.2015	BVR BVR BVR
7	**I**	**BX Peg**	11.14	48174.533	0.28041930	GSC 2197 1723	T30/ Ap. U47	04.09.2015	BVR
8	**I**	**SS Ari**	10.15	44694.769	0.40599174	TYC 1758 439	T40/ FLI 4720	02.09.2016 03.09.2016 05.09.2016 16.09.2016	VR BVR BVR BVR
9	**I**	**U Peg**	9.63	38691.742	0.37477680	GSC 1722 413	T30/ Ap. U47	05.12.2015 27.12.2015	BVR BVR
10	**I**	**V502 Oph**	8.51	39639.900	0.45338640	TYC 383 1127	T40/ FLI 4720	16.04.2016 19.04.2016 26.04.2016 30.04.2016 13.05.2016 26.05.2016	BVR BVR BVR BVR BVR BVR
11	**I**	**W UMa**	7.75	35918.417	0.33363370	GSC 3810 1010	T30/Ap.	28.03.2016 17.04.2016	BVR BVR

12	**I**	**AW UMa**	6.92	43576.739	0.43872380	GSC 1984 145	T30	12.05.2015	UBVR
13	**II**	**V376 And**	7.77	54018.369	0.79867600	TYC 3303 1319	T30	09.10.2015	BVR
14	**II**	**V2150 Cyg**	8.11	48500.434	0.59185760	GSC 2703 1161	T30/ Ap. U47	14.10.2014 19.10.2014 17.07.2015 19.07.2015 20.08.2015 22.08.2015 19.08.2016 23.08.2016 31.08.2016	BVR BV BVR BVR BVR BVR BVR BVR BVR
15	**II**	**OU Ser**	8.27	48500.278	0.29676950	GSC 1487 814	T30/ Ap. U47	30.05.2015 31.05.2015	UBVR BVR
16		**GSC 3581 1856**	10.93	57283.517	0.27851370	TYC 3581 2009	T40/ SBIG ST-10XME	17.09.2015 18.09.2015	BVRI BVRI
17		**GSC 1042 2191**	9.31	56841.325	0.42380060	TYC 1042212	T40/ SBIG ST-10XME	11.06.2015 12.06.2015 13.06.2015	BVRI BVRI BVRI
18		**XY Boo**	10.54	52500.170	0.37057020	GSC 1466 88	T30/ Ap. U47	13.04.2015 20.04.2015 19.05.2015 14.06.2015	BVR BVR BVR BVR

Tablo 2. Proje süresince çeşitli nedenlerle (kötü hava şartları, yüksek parlaklık değerleri, CCD görüş alanı içerisinde uygun parlaklıkta mukayese yıldızının bulunmaması ve çok düşük dik açıklık değerleri gibi nedenler) gözlenememiş yıldızlar.

No	**Gurup**	**Yıldız**	**V** (m)	**T_0 (HJD) (2400000+)**	**Dönem (gün)**	**Tayf Türü**	**Kaynak**
1	**I**	**FG Hya**	9.9	36968.820	0.32783240	G0	**(O-C) Atlas**
2	**I**	**VW Boo**	10.66	55300.146	0. 34231553	G5V	**Liu vd. (2011)**
3	**I**	**EM Cep**	7.03	40134.733	0.80618000	B1IVE	**Pustylnik vd. (2005)**
4	**I**	**TW Cet**	10.43	52500.258	0.31685100	G5	**Duerbeck ve Rucinski (2007)**
5	**I**	**V1010 Oph**	6.19	38937.713	0.66143716	A7V-F6	**(O-C) Atlas**
6	**I**	**CC Ser**	10.0	37480.798	0.51604356	A6	**(O-C) Atlas**
7	**II**	**V401 Cyg**	10.70	28838.346	0.58272720	F0	**(O-C) Atlas**
8	**II**	**HN UMa**	9.83	48500.310	0.38261000	F8	**(O-C) Gateway**
9	**II**	**AO Cas**	6.10	32191.142	3.52348460	O9.5	**(O-C) Atlas**
10	**II**	**V745 Cas**	8.06	52501.063	1.41057000	B0IV	**(O-C) Atlas**
11	**II**	**DT Cet**	9.06	48500.276	0.99453200	A3 D	**AAVSO**

12	**II**	**Tau1 Ari**	5.26	48500.579	2.20356000	B5IV	**AAVSO**
13	**II**	**IW Per**	5.76	48500.523	0.91718000	A3V C	**Rucinski vd. (2005)**
14	**II**	**b Per**	5.52	43141.728	1.52736430	A1II C	**(O-C) Gateway**
15	**II**	**V402 Aur**	8.84	52500.563	0.60349560	F2	**(O-C) Atlas**
16	**II**	**V1363 Ori**	10.35	52500.053	0.43192510	F5 E	**(O-C) Atlas**
17	**II**	**CC Lyn**	6.42	52500.005	0.35431340	F0 D	**(O-C) Gateway**
18	**II**	**PP Hya**	6.83	48500.695	0.75231100	A3III C	**(O-C) Gateway**
19	**II**	**LM Vir**	6.29	48500.148	0.98756800	A0V C	**AAVSO**
20	**II**	**CU CVn**	7.56	48500.022	0.06783400	F0	**AAVSO**
21	**II**	**V2082 Cyg**	6.72	48500.115	0.71408400	F0 D	**AAVSO**
22	**II**	**LZ Cep**	5.56	41931.868	3.07047000	O8.5III+O9 Vn	**(O-C) Gateway**
23	**II**	**EL Aqr**	10.35	52500.107	0.48140920	F3 V	**(O-C) Atlas**
24	**II**	**UU Cas**	10.4	28751.720	8.51929000	B0 D	**(O-C) Gateway**
25	**II**	**HX UMa**	8.89	52500.103	0.37915455	F6II C	**(O-C) Atlas**
26	**II**	**V1309 Sco**	7.9	55233.500	1.44560000	M3/7III	**AAVSO Tylenda vd. (2011)**
27	**II**	**CW Tuc**	9.44	52500.146	1.05384420	A5IV C	**(O-C) Atlas**
28	**II**	**WY Hor**	9.55	48500.221	0.39892900	G1/3IV/V E	**(O-C) Gateway**
29	**II**	**TU Hor**	5.9	43055.620	0.93597100	A1V C	**(O-C) Gateway**
30	**II**	**TV Pic**	7.37	48500.841	0.85199400	A2V	**AAVSO**
31	**II**	**V824 Cen**	6.3		1.27200000	A0p(Si)	**AAVSO**
32	**II**	**V992 Cen**	6.23	48500.532	1.21156000	A5III/IV	**AAVSO**
33	**II**	**V867 Ara**	7.40	52764.738	0.49371230	A0/A1V	**(O-C) Atlas**
34	**II**	**V870 Ara**	9.00	52500.043	0.39977300	F8	**(O-C) Atlas**
35	**II**	**IV Pav**	10.57	51873.829	0.40779300	F	**(O-C) Atlas**
36	**II**	**MW Pav**	8.80	40862.610	0.79498360	A5	**(O-C) Atlas**
37	**II**	**DX Tuc**	9.63	51869.350	0.30297600	F6/8IV/V E	**(O-C) Atlas**

5. GÖZLEMSEL VERİLERİN ANALİZİ

5.1 Işık Eğrisi Analizleri

Sistemlerin ışık eğrisi çözümleri, **Wilson ve Devinney (1971)** (WD) tarafından geliştirilmiş olan çift yıldızların ışık eğrisi çözümlerinde kullanılan yöntemi temel alan PHOEBE **(Prša ve Zwitter 2005)** programı kullanılarak yapılmıştır. WD yöntemi yıldız yüzeylerini Roche eşpotansiyel yüzeyler olarak kabul eder. Çözümlerde sistemlerin her iki bileşeninin de Roche lobunu doldurduğu varsayılarak, WD programında aşırı değen sistemlerin çözümünde uygulanan MODE-03 seçilmiştir. Çözümü yapılan yıldızların karakteristik fiziğine uygun olarak bazı parametreler sabit alınmıştır. Buna göre bileşen yıldızların çekim kararma katsayıları ve bolometrik albedoları eğer bileşenlerin yüzey sıcaklıkları 7400 K altında olması durumunda bileşenlerin konvektif atmosfere sahip olduğu kabulüyle sırasıyla $g_1 = g_2 = 0.32$ **(Lucy, 1967)** ve $A_1 = A_2 = 0.5$ **(Rucinski, 1969)** olarak alınmış, bileşenlerin yüzey sıcaklıkları 7400 K üstünde olması durumunda ise bileşenlerin ışımasal atmosferlere sahip olduğu kabulü altında $g_1 = g_2 = 1.0$ ve $A_1 = A_2 = 1.0$ olarak dikkate alınmıştır. Doğrusal ve logaritmik kenar kararma katsayıları x_1 ve x_2, **Van Hamme (1993)**'teki tablolardan PHOEBE programı tarafından otomatik olarak ara değer bulma yöntemiyle hesaplanmıştır. Birinci bileşenlerin sıcaklıkları (T_1) renk ölçeğine ya da tayf türüne göre literatürden belirlenmiştir.

Literatürde sisteme ait radyal hız eğrileri varsa bunlarla birlikte ışık eğrilerinin tüm gözlem noktaları kullanılarak tüm bantlarında eşzamanlı çözümler yapılmıştır. Çözümlerde yörünge eğim açısı (i), kütle oranı (q), bileşenlerin yüzey potansiyelleri ($\Omega_1=\Omega_2$), ikinci bileşenin etkin sıcaklığı (T_2) ve birinci bileşenin kesirsel monokromatik ışınım gücü (L_1). serbest bırakılan parametreler olmuştur.

O'Connell etkisi olarak bilinen ve kendisini maksimum ışık seviyeleri arasında belirgin farklar olarak gösteren ışık eğrisi asimetrileri, bileşen yıldızların yüzey parlaklık dağılımındaki düzensizliklerle açıklanmaktadır ve ışık eğrisi çözümlerinde bileşen yıldızların yüzeyine geometrik çözümle uygun olarak soğuk ve/veya sıcak lekeler yerleştirilerek modellenmektedir. Bu çalışmada da sistemlerin ışık eğrisi çözümlerinde maksimum ışık seviyeleri arasındaki farkların açıklanması için yıldız yüzeylerine leke yerleştirilmiştir. Lekelerle ile ilgi parametreler; lekenin koordinatları (boylam (λ), enlem (β)), lekenin açısal çapı (θ) ve sıcaklık faktörü ($T_f=T_d/T_s$)'dür.

Proje kapsamında toplamda 18 adet yıldızın ÇOMÜ Gözlemevi'nde elde edilen ışık eğrileri yukarıda belirtilen açıklamalara uygun olarak çözülmüş, sistemlere ilişkin çözüm parametreleri ile birlikte literatürde yer alan çözüm sonuçları aşağıda verilmiştir.

Ayrıca Bölüm 5.1.19'da 2008 yılında kırmızı nova olarak patlayan V1309 Sco'nın OGLE projesiyle patlama öncesinde yapılmış olan fotometrik gözlemlerinin analiz sonuçları sunulmuştur.

5.1.1 BI CVn

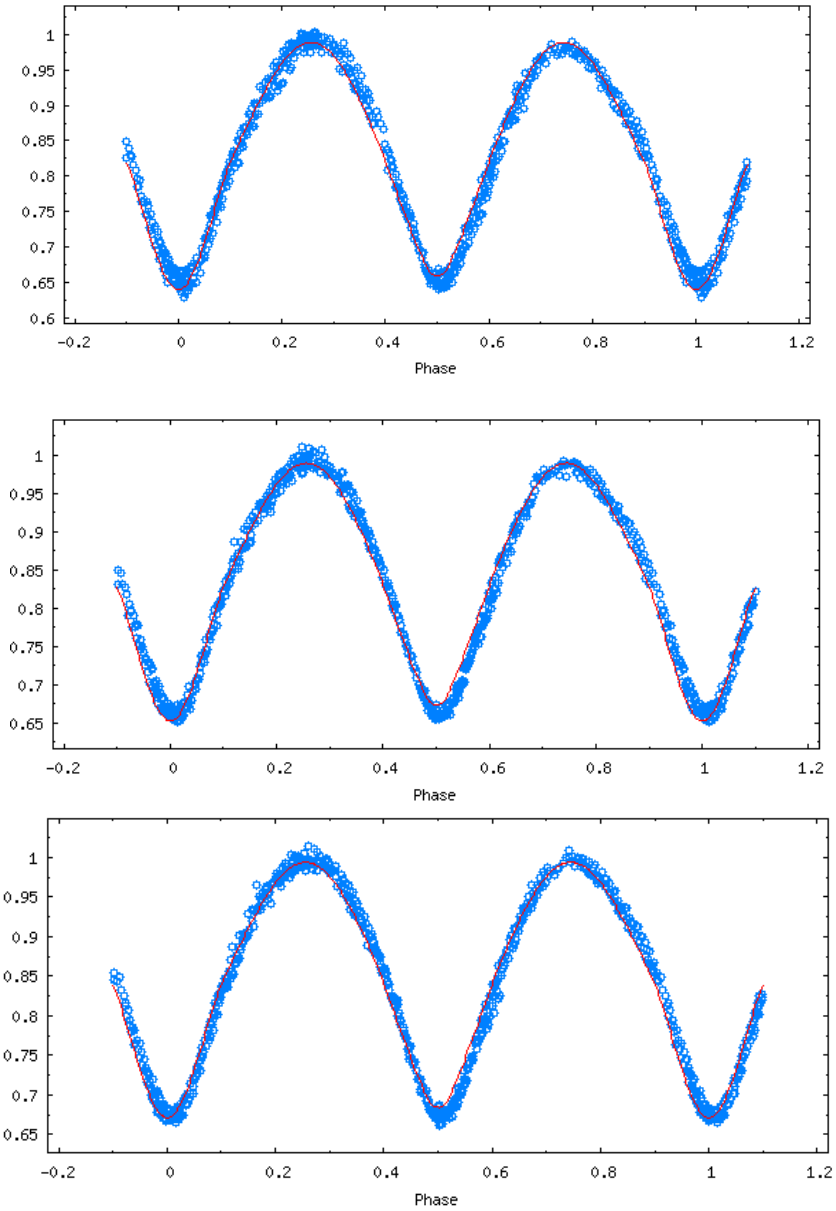
BI Canum Venaticorum (GSC 2534 1628 = HIP 63701) **Kippenhahn (1955)** tarafından ilk kez keşfedilmiştir. **Filatov (1960)** sistemin W UMa tipi değişken olduğunu belirtmiştir. **Zhukov (1982)**, UBV geniş bantlarında fotoelektrik ışık eğrileri elde etmiş, yörünge elemanlarını hesaplamıştır. **Liu ve Tan (1984)**'te UBV ışık eğrileri elde edilmiştir. **Demircan (1987)**, sistemin B ve V bantlarında gözlemlerini yaparak, yörünge dönemini 0.3841692 gün olarak vermiştir. Aynı çalışmada, bu sisteminin W-alt türü olduğunu ve yörünge dönemindeki artışın kütle transferinden kaynaklandığı önerilmiştir. Diğer yandan, **Maceroni ve Van't (1996)**, sistremi A-alt türü olarak sınıflandırmıştır. **Liu ve Tan (1988)**'de, fotometrik öğelere dayalı olarak bulunan mutlak parametreler sunulmuştur. **Vanderbroere (1998)**, Cenevre fotometrik sistemi ile elde edilen ışık eğrileri ile renk (B-V) arasındaki korelasyon eksikliğine dayanarak ilk kez yüzey düzensizliklerinin yıldız lekelerinden kaynaklandığını belirtmiştir. Son olarak, **Qian vd. (2008)** B, V ve R'de CCD ışık eğrilerini elde etmiş ve sistemin WD analizini gerçekleştirmiştir. **Lu (1988)**'de bulunan spektroskopik kütle oranının A-alttür sınıflamasını gösterdiğini, ancak bileşenler arasındaki sıcaklık farkının W-alt türün özelliğini gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, bu yazarlar sistemin 12 yeni minimum zamanını elde etmiş ve dönem analizi yaparak dönemin 27.0 yıllık bir döngüsel değişime sahip olduğunu ve uzun dönemli bir düşüş sürecine girdiğini belirtmişlerdir. **Qian vd. (2008)** sistemin fotometrik gözlemlerini yaparak analiz etmişlerdir. Son olarak **Nelson vd. (2014)** yıldızın fotometrik ve tayfsal gözlemlerini yaparak sistemi modellemişlerdir. Bu çalışmada sistemin W-alt türü WUMa olduğu gösterilmiştir.

Proje kapsamında bu yıldız için elde edilen BVR fotometrik verileri, **Nelson vd. (2014)**'te BI CVn için yapılan radyal hız gözlem verileri ile birlikte eşzamanlı olarak analiz edilmiş ve sistemin fotometrik parametreleri bu şekilde belirlenmiştir. Çözümlerde ışık eğrisinin maksimumlarında görünen seviye farkının O'Connell etkisinden kaynaklı olduğu düşünülmüş ve birinci yıldıza soğuk leke yerleştirilerek modelleme yapılmıştır.

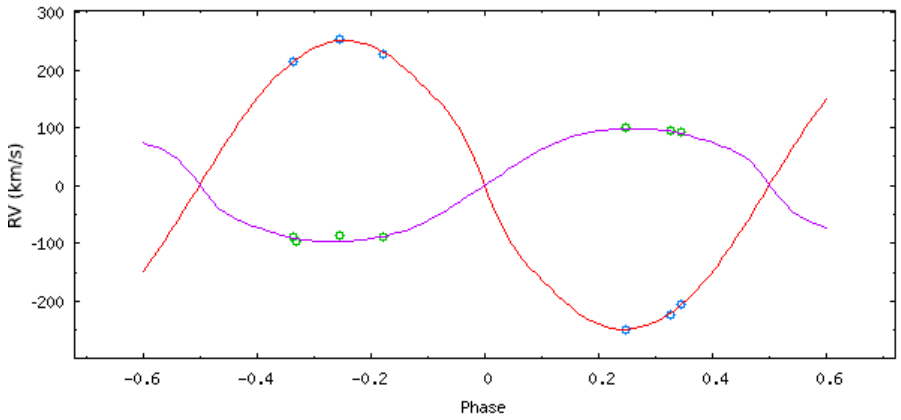
Sonuçlar, literatürde yer alan önceki çalışmaların sonuçlarıyla birlikte Tablo 3'te verilmiştir. Gözlemsel ışık eğrisi ile kuramsal ışık eğrisi arasındaki uyum Şekil 1'de, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 2'de gösterilmiştir. Ayrıca, BI CVn'nin 0.24 evresindeki Roche geometrisi Şekil 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. BI CVn'nin ışık eğrisi analiz sonuçları.

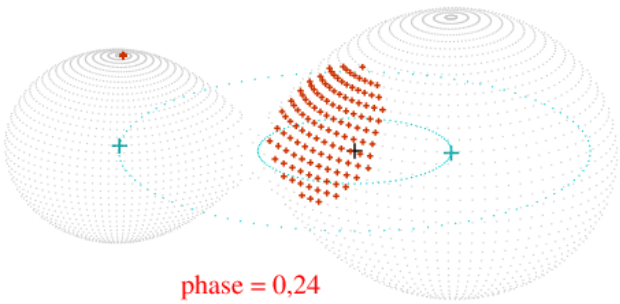
Parametre	Nelson vd. (2014)	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2456385.9752 ± 0.0033	2456385.9771 ± 0.0003
P (gün)	0.384210	0.384210
i (º)	71.30 ± 0.40	70.08 ± 0.09
T_1 (K)	6125 ± 2	6125
T_2 (K)	6093	6093
$\Omega_1 = \Omega_2$	5.698 ± 0.004	5.7538 ± 0.0054
q	2.437 ± 0.004	2.436 ± 0.003
x_1	0.744	0.733
x_2	0.744	0.733
$A_1 = A_2$	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32
$L_1/(L_{Toplam})$(B)	-	0.330 ± 0.021
$L_1/(L_{Toplam})$(V)	0.317 ± 0.003	0.331 ± 0.022
$L_1/(L_{Toplam})$(R)	0.316 ± 0.003	0.320 ± 0.020
$L_2/(L_{Toplam})$(B)	-	0.670
$L_2/(L_{Toplam})$(V)	-	0.669
$L_2/(L_{Toplam})$(R)	-	0.680
$L_3/(L_{Toplam})$(B)	-	-
$L_3/(L_{Toplam})$(V)	-	-
$L_3/(L_{Toplam})$(R)	-	-
r_1 (pole)	0.2974 ± 0.0005	0.2929 ± 0.0005
r_1 (side)	0.3120 ± 0.0006	0.3066 ± 0.0006
r_1 (back)	0.3548 ± 0.0011	0.3454 ± 0.0011
r_2 (pole)	0.4429 ± 0.0004	0.4386 ± 0.0004
r_2 (side)	0.4755 ± 0.0005	0.4698 ± 0.0005
r_2 (back)	0.5073 ± 0.0007	0.4999 ± 0.0007
f (%)	14.6 ± 1.1	16.1 ± 6.0
Leke Parametreleri	**1. Bileşen**	
θ (radyan)	1.256	1.256
ϕ (radyan)	0.6039	0.6039
r (radyan)	0.4791	0.4791
$T_f=T_d/T_s$	0.965	0.965



Şekil 1. BI CVn'nin yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu.



Şekil 2. BI CVn'nin radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu.



Şekil 3. 0.24 evresinde BI CVn'nin bileşenlerinin Roche geometrisi.

5.1.2 OO Aql

G-tipi bir değen çift sistem olan OO Aql (GSC 1058 507) **Hoffleit (1932)** tarafından değişen bir yıldız olarak sınıflandırılmıştır. Sonrasında sistem, **Binnendijk (1968), Pohl (1969), Pohl ve Kızılırmak (1970, 1975), Lafta ve Grainger (1985), Hrivnak (1989) ve Djurasevic ve Erkapic (1998)** tarafından gözlenmiştir. **Hrivnak (1989)** sistemin tayf türü ve ışıtma sınıfına göre birinci bileşenin sıcaklığını T_1 = 5700K olarak hesaplamıştır. **Hrivnak (1989) ve İçli vd. (2013)** tarafından sistemin yaşı ve uzaklığı yaklaşık olarak 8 Gyr ve 136 pc bulunmuştur. **Djurasevic ve Erkapic (1998)**, sistemin ışık değişimini detaylı olarak çalışmış ve farklı gözlem zamanlarında elde edilen ışık eğrilerini, ikinci bileşene sıcak leke modellemesi kullanarak analiz etmişlerdir. **Pribulla vd. (2007)** tarafından yapılan tayf çalışmasında, sistem bileşenlerinin tayf sınıflarının geç F türü ile geç G türü arasında ve anakol ışıtma sınıfında olduğunu belirlemiş ve sistemin rengini, birinci ve ikinci bileşenlerin kütlelerini, sistemin kütle oranını ve ortalama hızını sırasıyla B-V = 0.76, M_1 = 1.058 $M_\odot$, M_2 = 0.895 $M_\odot$, q=0.846 ve V_0=-53.71 km/s olarak hesaplamışlardır. Sistemin ışık eğrisi **İçli vd. (2013) ve Li vd. (2016)** tarafından da analiz edilmiştir. **İçli vd. (2013)** tarafından yapılan dönem analizinde sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü ve dördüncü bir cismin varlığı belirtilmiş ve dönemleri sırası ile 20 ve 52 yıl olarak hesaplanmıştır.

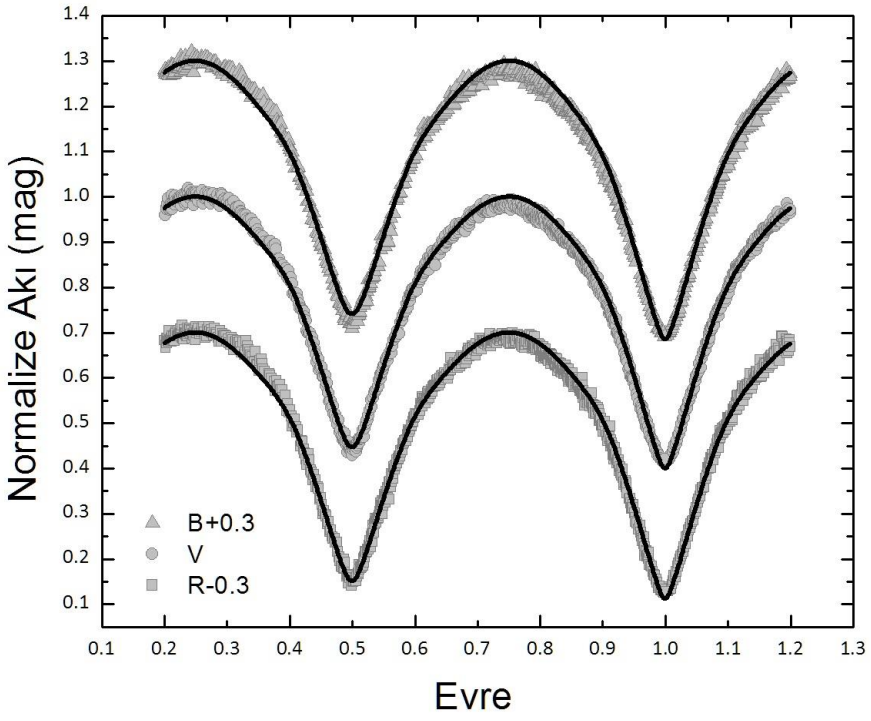
Proje kapsamında ÇOMÜ Gözlemevi'nde bu yıldız için yapılan gözlemlerle elde edilen ışık eğrileri ve **Pribulla vd. (2007)** tarafından elde edilen dikine hız verileri eş zamanlı olarak analiz edilmiştir. Birinci bileşenin sıcaklığı, sistemin tayf sınıflaması ve rengi dikkate alınarak **Hrivnak (1989)** tarafından kullanılan 5700K değeri alınmıştır. Işık eğrilerinde yaklaşık 0.38 evre civarında bir kambur görülmektedir. Ayrıca 0.75 evresindeki maksimum noktaları, 0.25 evresindeki maksimum noktalarına göre yaklaşık 0.05 parlaklık farkı değerinde daha aşağıda görülmektedir. Leke modellemesi kullanılmadan yapılan ilk analizden elde edilen fit eğrisi ile ışık eğrileri karşılaştırıldığında, kambur kısımda ve maksimum noktalarında bir

uyumsuzluk görülmüştür. Bu uyumsuzluk **Djurasevic ve Erkapic (1998)** makalesindeki sıcak lekeli çözüm dikkate alınıp, sıcak leke modellemesi uygulanarak giderilmiştir.

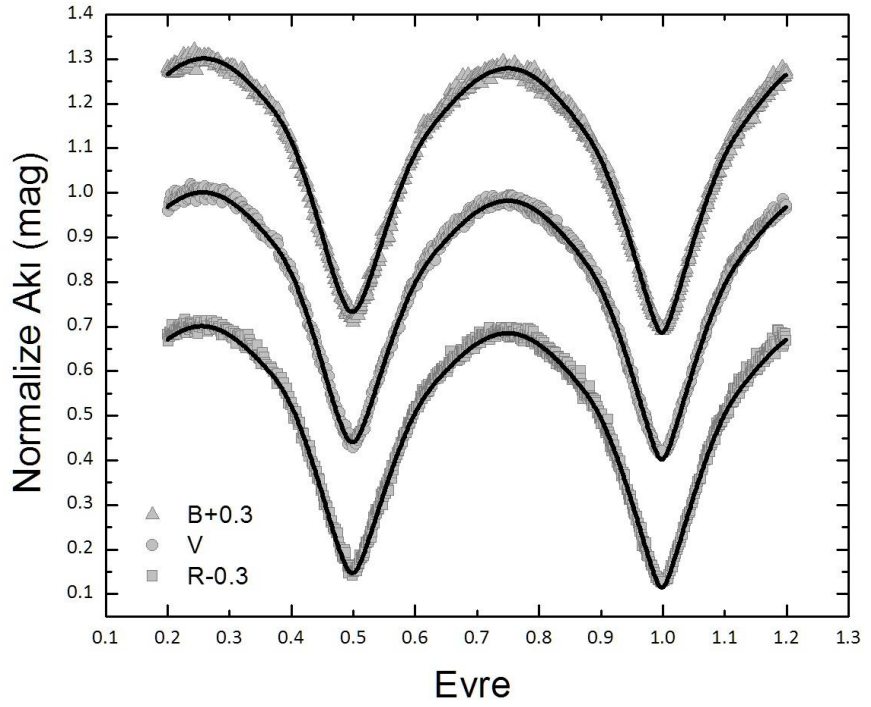
Sonuçlar, literatürde yer alan önceki çalışmaların sonuçlarıyla birlikte Tablo 4'te verilmiştir. Lekesiz analiz sonucunda elde edilen gözlemsel veriler ile kuramsal eğri arasındaki uyum Şekil 4'te, lekeli analiz sonucunda elde edilenler ise Şekil 5'te verilmiştir. Yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 6'da gösterilmiştir.

Tablo 4. OO Aql'nın ışık eğrisi analiz sonuçları.

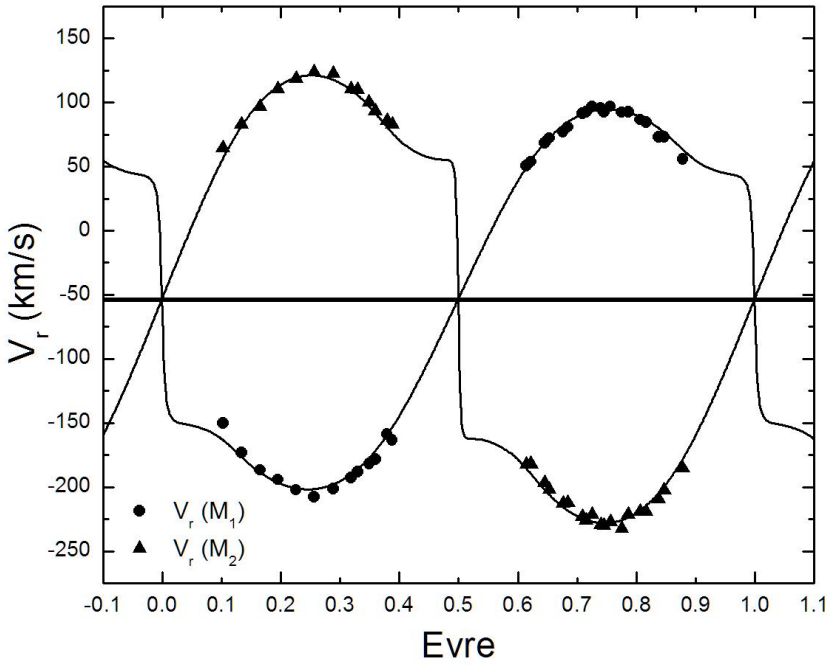
Parametre	Hrivnak (1989) (BV)	İçli vd. (2013) (VRI)	Li vd. (2016) (BVR)	Bu Çalışma (Lekesiz) (BVR)	Bu Çalışma (Lekeli) (BVR)
T_0 (HJD)	2445185.2551	2449193.4990	2439322.6964	2426892.0690	2426892.0690
P (gün)	0.50678914	0.50678852	0.50679200	0.50679200	0.50679200
i (º)	90.000 ± 0.160	85.600 ± 0.100	87.720 ± 0.090	88.546 ± 0.223	88.182 ± 0.140
T_1 (K)	5700	5700	6100	5700	5700
T_2 (K)	5635 ± 8	5472 ± 55	5926 ± 4	5604 ± 4	5628 ± 3
$\Omega_1 = \Omega_2$	3.364 ± 0.003	3.391 ± 0.003	3.347 ± 0.007	3.434 ± 0.006	3.416 ± 0.003
q	0.843 ± 0.002	0.844 ± 0.008	0.846 ± 0.011	0.855 ± 0.004	0.839 ± 0.002
x_1	-	0.534	0.824	0.648	0.648
x_2	-	0.535	0.931	0.649	0.649
$A_1 = A_2$	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
$L_1/(L_{Top})$(B)	0.552 ± 0.004	-	0.5801 ± 0.0006	0.5568 ± 0.0140	0.5558 ± 0.0100
$L_1/(L_{Top})$(V)	0.550 ± 0.004	0.58	0.5690 ± 0.0004	0.5536 ± 0.0130	0.5534 ± 0.0100
$L_1/(L_{Top})$(R)	-	0.58	0.5627 ± 0.0003	0.5506 ± 0.0130	0.5512 ± 0.0090
$L_1/(L_{Top})$(I)	-	0.57	-	-	-
$L_2/(L_{Top})$(B)	0.448 ± 0.004	-	0.4199 ± 0.0006	0.4432 ± 0.0140	0.4442 ± 0.0100
$L_2/(L_{Top})$(V)	0.450 ± 0.004	0.42	0.4310 ± 0.0004	0.4464 ± 0.0130	0.4466 ± 0.0100
$L_2/(L_{Top})$(R)	-	0.42	0.4373 ± 0.0003	0.4494 ± 0.0130	0.4488 ± 0.0100
$L_2/(L_{Top})$(I)	-	0.43	-	-	-
$L_3/(L_{Top})$(B)	-	-	-	-	-
$L_3/(L_{Top})$(V)	-	-	-	-	-
$L_3/(L_{Top})$(R)	-	-	-	-	-
r_1 (pole)	0.388 ± 0.004	-	0.3907± 0.0005	0.3796 ± 0.0003	0.3799 ± 0.0001
r_1 (side)	0.412 ± 0.005	-	0.4154 ± 0.0006	0.4014 ± 0.0003	0.4017 ± 0.0001
r_1 (back)	0.451 ± 0.007	-	0.4571 ± 0.0009	0.4370 ± 0.0004	0.4365 ± 0.0002
r_2 (pole)	0.359 ± 0.004	-	0.3630 ± 0.0005	0.3536 ± 0.0009	0.3507 ± 0.0005
r_2 (side)	0.380 ± 0.005	-	0.3844 ± 0.0006	0.3725 ± 0.0012	0.3692 ± 0.0007
r_2 (back)	0.422 ± 0.008	-	0.4290 ± 0.0009	0.4098 ± 0.0019	0.4059 ± 0.0011
f (%)	27.0	-	37.0	12.9	14.3
Leke Paramet.	**2. Bileşen**				
θ (derece)	-	-	-	-	90
ϕ (derece)	-	-	-	-	20
r (derece)	-	-	-	-	25.520
$T_f=T_d/T_s$	-	-	-	-	1.078



Şekil 4. OO Aql'nın B, V, R filtrelerindeki lekesiz ışık eğrileri. Analiz sonucu elde edilen kuramsal ışık eğrileri düz çizgi ile gösterilmektedir.



Şekil 5. OO Aql sisteminin B, V, R filtrelerindeki leke parametreleri kullanılmış ışık eğrileri. Analiz sonucu elde edilen kuramsal ışık eğrileri düz çizgi ile gösterilmektedir.



Şekil 6. OO Aql sisteminin dikine hız eğrisi. Dairesel şekiller birinci bileşeni, üçgen şekiller ikinci bileşeni temsil etmektedir. Düz çizgi ise sistemin ortalama dikine hızını (-53.71 km/s) göstermektedir.

5.1.3 RW Com

İlk kez **Jordan (1923)**, RW Com (HIP 61243)'un bir W UMa tipi yıldız olduğunu keşfetmiştir. İlerleyen yıllarda sistemin fotometrik gözlemleri **Hoffman (1979)**, **Davidge vd. (1981)** tarafından yapılmıştır. **O'Connell (1951)**, ışık eğrisinde asimetri ve değişkenlik olduğuna işaret etmiştir. **Milone vd. (1980)**, kendi çalışmalarına kadar olan zaman boyunca elde ettikleri verilerden faydalanarak ışık eğrileri üretmiş ve ayrıca ışık eğrilerindeki değişkenliği ve maksimumlar arasındaki seviye farklılıklarına da dikkat çekmişlerdir. **Milone vd. (1980, 1985, 1987)** tarafından yapılan fotometrik ve tayfsal bir dizi çalışma, RW Com'un W-alt türü ve kütle oranı q = 0.34 olan aşırı değen bir çift yıldız olduğunu göstermiştir. **Milone vd. (1985)**, kendi tayfsal çalışmaları sonucu kütle oranını 0.34 olarak bulmuş ve sistemi G5-G8 tayf türünden W-alt türü W UMa olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmanın sonuçlarını temel alarak, **Milone vd. (1987)**, WD kodunu kullanarak sistemin UBV ışık eğrilerini analiz etmişlerdir. Tahmini tayf tipi aralığına (G5-G8) dayalı olarak üç farklı sıcaklık değerini sabit tutmuşlar ve farklı çözümleri test etmişlerdir. Bu çözümlere soğuk ve sıcak leke konfigürasyonlarını da dahil etmişler ve gözlemlerle en iyi uyuşan çözümün mutlak parametrelerini vermişlerdir. **Srivastava (1987)** yaptığı detaylı yörünge dönemi çalışması ile yörünge döneminin değerini 0.2373455 gün olarak belirlemiştir. İlk (O-C) diyagramını yayınlamıştır ve sistemin 3.cisim varlığından söz etmiştir. Sistemin fiziksel parametreleri

Maceroni ve van't Veer (1996) tarafından verilmiştir. Sistemin kütle oranı 0.343, bileşenlerin kütleleri M_1=0.92 $M_\odot$, M_2=0.31 $M_\odot$; yarıçapları R_1=0.84 $R_\odot$, R_2=0.52 $R_\odot$ olarak hesaplanmıştır. **Qian (2002)** sistemin dönem değişimini incelenmiş ve bu değişimin görünmeyen bir üçüncü cismin varlığından veya manyetik aktiviteden ileri gelebileceğini belirtmiştir. **Djuraševic vd. (2011)** çalışmasında sistemin BVR ışık eğrileri, radyal hız eğrileri ile eş zamanlı olarak çözülmüş, RW Com'un W alt tipi W UMa ikili olduğu ve sistemin bileşenleri arasındaki boyun bölgesinde parlak leke bulunduğu belirtilmiştir. **Deb ve Singh (2011)** sistemin **ASAS** veri tabanındaki verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada ışık eğrisini modellemiş, sistemin fiziksel ve geometrik parametrelerini elde etmişlerdir. **Yıldız ve Doğan (2013) ve Yıldız (2014)** tarafından yapılan çalışmalarda; yörünge dönemi 0.237 gün, bileşenlerin yarıçapları R_1=0.71 $R_\odot$, R_2=0.46 $R_\odot$, kütleleri M_1=0.56 $M_\odot$, M_2=0.20 $M_\odot$ ve bileşenler arası uzaklık 1.471 $R_\odot$ olarak hesaplanmıştır.

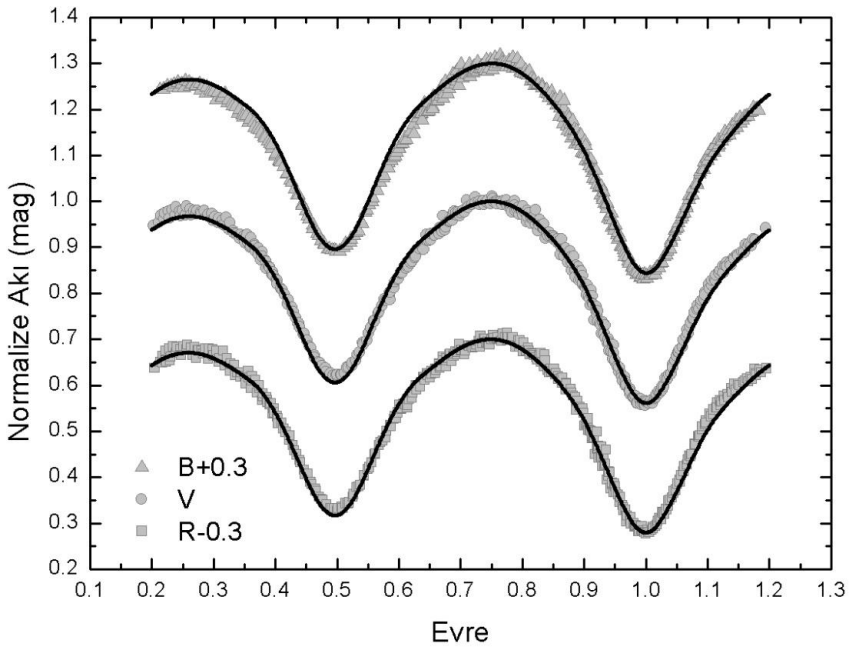
Bu çalışmada, ÇOMÜ Gözlemevi'nde elde edilen RW Com yıldızına ait ışık eğrileri eşzamanlı olarak analiz edilmiştir. Analizler yapılırken birinci bileşenin sıcaklığı **Djurašević vd. (2011)**'in kullandıkları sıcaklık alınmıştır. Sistemin maksimumları arasında yaklaşık 0.05 kadir değerinde parlaklık farkı vardır. Bu farkın giderilmesi için birinci cisme soğuk bir leke eklenmiştir. Analiz sırasında kullanılan dikine hız verileri **Pribulla vd. (2009)** tarafından elde edilmiştir.

Sistem W-alt türü W UMa olduğu için kütlesi büyük olan bileşen diğerine göre daha soğuktur. Bu nedenle birinci minimum daha sığ görünmektedir. Minimumlarda görülen bu farklılık nedeniyle soğuk bileşene ikinci bir soğuk leke daha eklenerek çözüme gidilmiştir. Sonuçlar, literatürde yer alan önceki çalışmaların sonuçlarıyla birlikte Tablo 5'te verilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri Şekil 7'de görülmektedir. Yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 8'de gösterilmiştir.

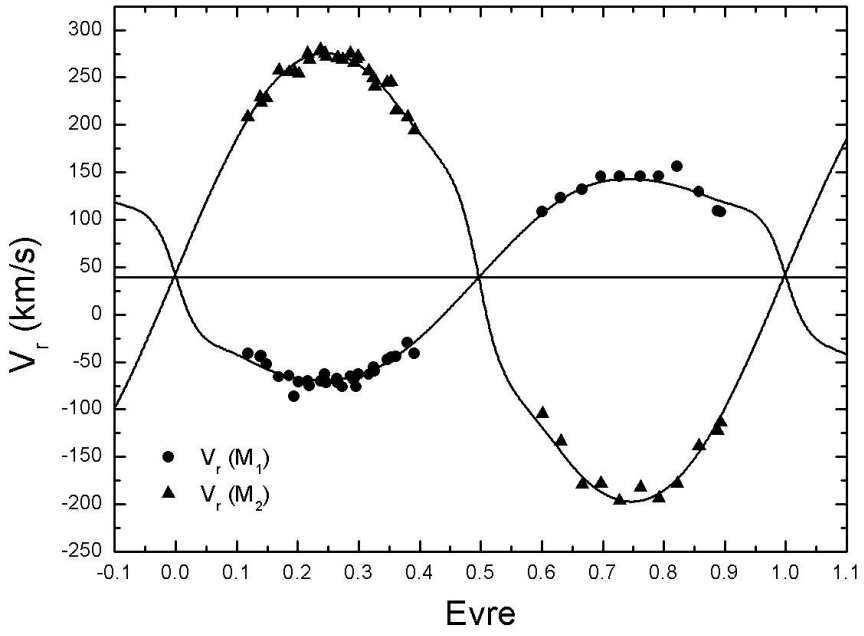
Tablo 5. RW Com'un ışık eğrisi analiz sonuçları**.**

Parametre	Deb ve Singh (2011)	Djuraševic vd. (2011)	Yıldız ve Doğan (2013)	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2454918.69817	2454272.8826	-	2452500.1246
P (gün)	0.237348	0.2373463	0.237	0.237345
i (º)	72.43 ± 0.29	74.9 ± 0.1	-	75.732 ± 0.098
T_1 (K)	4830 ± 115	4720 ± 20	5120 ± 10	4720
T_2 (K)	4517 ± 98	4900	5400 ± 10	4745 ± 5
$\Omega_1 = \Omega_2$	5.319 ± 0.009	2.80 ± 0.01	-	2.7772 ± 0.0054
q	0.471 ± 0.006	0.471 ± 0.006	-	0.4532 ± 0.0026
x_1	0.77	-	-	0.637
x_2	0.77	-	-	0.643

$A_1 = A_2$	-	0.5	-	0.5	
$g_1 = g_2$	-	-	-	0.32	
$L_1/(L_{Toplam})(B)$	-	0.60	-	0.6665 ± 0.0245	
$L_1/(L_{Toplam})(V)$	0.40 ± 0.02	0.61	0.6596	0.6671 ± 0.0236	
$L_1/(L_{Toplam})(R)$	-	0.62	-	0.6680 ± 0.0224	
$L_2/(L_{Toplam})(B)$	-	-	-	0.3335	
$L_2/(L_{Toplam})(V)$	0.60 ± 0.02	-	0.34 ± 0.01	0.3329	
$L_2/(L_{Toplam})(R)$	-	-	-	0.3320	
$L_3/(L_{Toplam})(B)$	-	-	-	-	
$L_3/(L_{Toplam})(V)$	-	-	-	-	
$L_3/(L_{Toplam})(R)$	-	-	-	-	
r_1 (pole)	-	-	-	0.4237 ± 0.0004	
r_1 (side)	-	-	-	0.4512 ± 0.0005	
r_1 (back)	-	-	-	0.4792 ± 0.0005	
r_2 (pole)	-	-	-	0.2934 ± 0.0014	
r_2 (side)	-	-	-	0.3063 ± 0.0017	
r_2 (back)	-	-	-	0.3397 ± 0.0028	
r_1	0.326 ± 0.001	0.42 ± 0.01	-	-	
r_2	0.457 ± 0.001	0.30 ± 0.01	-	-	
f (%)	15	6.1 ± 1.0	-	1.2	
Leke Parametreleri				**1. Bileşen**	
θ (derece)	-	0	-	90	60
ϕ (derece)	-	169.9 ± 3.0	-	270	340
r (derece)	-	14.2 ± 1.0	-	13	25
$T_f=T_d/T_s$	-	1.09 ± 0.02	-	0.95	0.90



Şekil 7. RW Com'un B, V, R filtrelerindeki (sırasıyla üstten aşağıya doğru) ışık eğrileri.



Şekil 8. RW Com sisteminin dikine hız eğrisi. Dairesel şekiller birinci bileşeni, üçgen şekiller ikinci bileşeni temsil etmektedir.

5.1.4 VW Cep

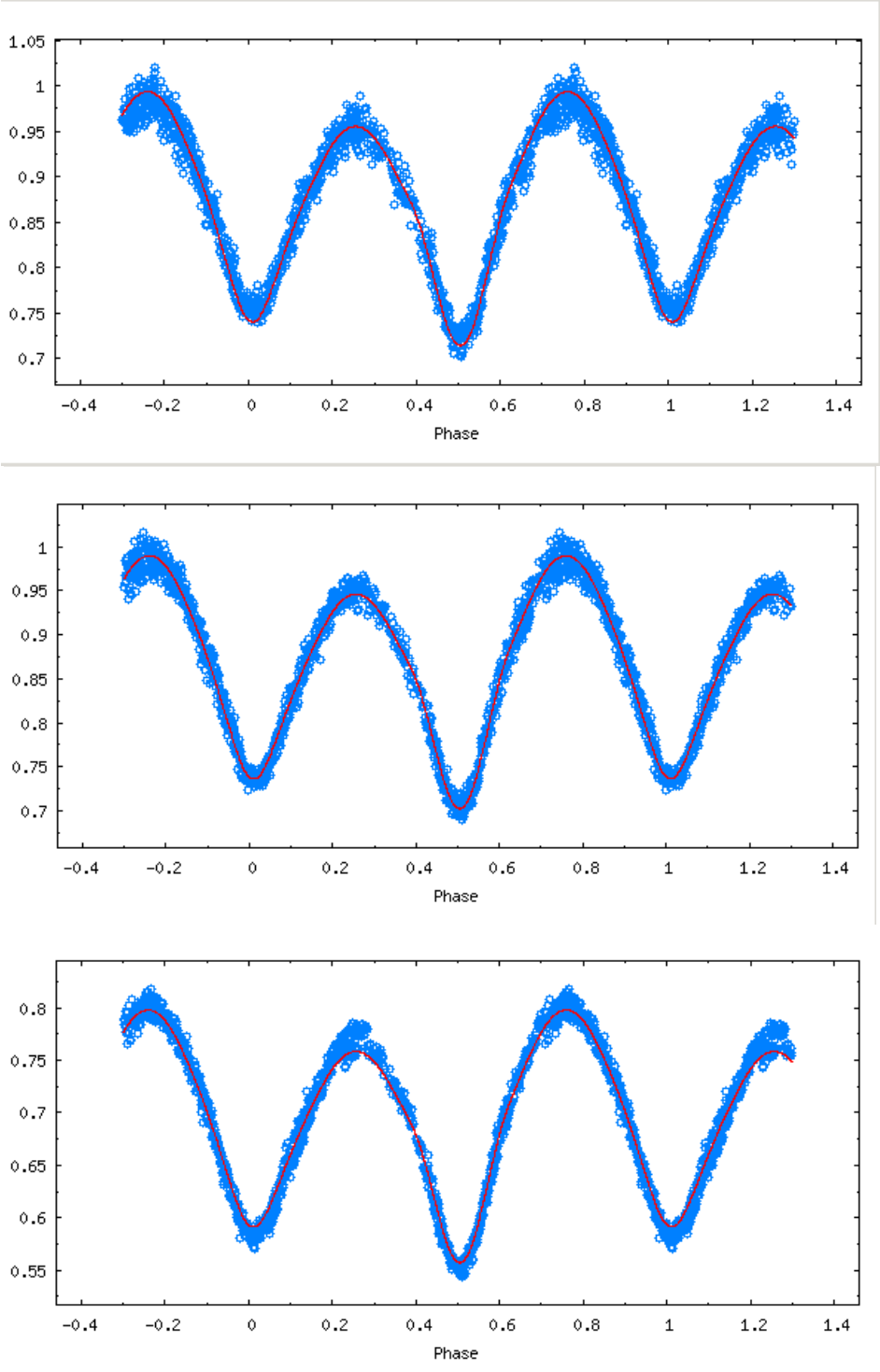
VW Cep sistemi (HIP 101750), iyi bilinen ve literatürde çok sayıda fotometrik gözlemi olan sistemlerden biridir. Işık değişimi ilk defa **Schilt (1926)** tarafından keşfedilen VW Cep, W UMa tipi örten çift yıldızların W-türünün özelliklerini (periyod değişimlerinin eşlik ettiği kısa bir döneme sahip oluşu, ışık değişiminde O'Connell etkisinin görülmesi, bileşenlerin ışık eğrisinin şeklini ve tutulmaların derinliğini değiştiren değişken yüzey aktiviteleri göstermesi) göstermektedir **(Essam, vd., 2008)**. Fotometrik gözlemlerine göre tayfsal gözlemleri daha az olan VW Cep, ilk kez **Popper (1948)** tarafından tayfsal olarak gözlenmiştir. Daha sonra yine tayfsal olarak, **Binnendijk (1967), Kaszas vd. (1998)** tarafından da gözlenmiştir.

Proje kapsamında elde edilen ışık eğrileri analiz edilmiş, çözümler VW Cep'in **Kaszas vd. (1998)**'den alınan radyal hız verileriyle birlikte BVR ışık eğrileri kullanılarak eşzamanlı yapılmış ve sistemin fotometrik parametreleri belirlenmiştir.

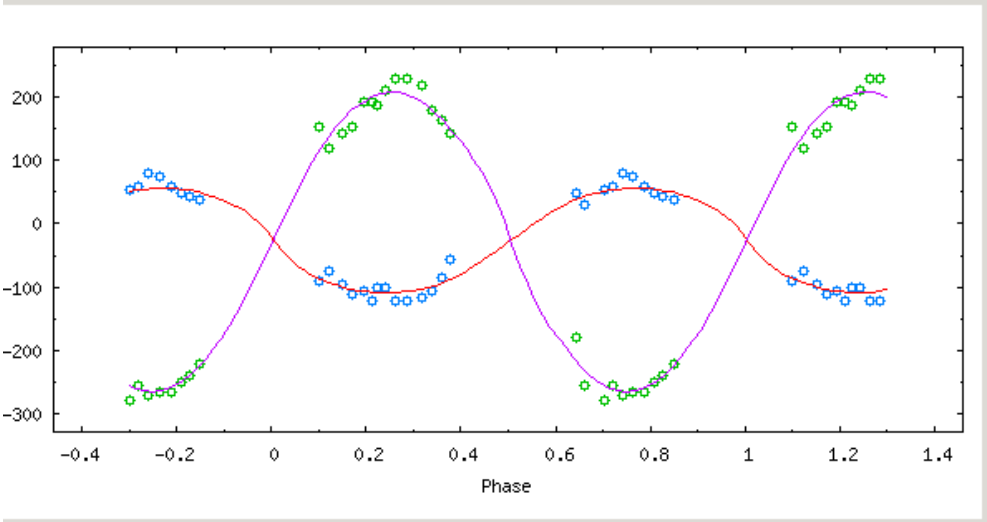
Sonuçlar, literatürde yer alan önceki çalışmaların sonuçlarıyla birlikte Tablo 6'da verilmiştir. Analiz sırasında ikinci yıldıza soğuk bir leke modellenmiş ve kuramsal ışık eğrisi ile gözlemsel eğri arasındaki uyumun en iyi şekle getirilmesi sağlanmıştır (Bkz. Şekil 9). Yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 10'da gösterilmiştir.

Tablo 6. VW Cep'in ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Essam vd. (2008)	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2449988.27602 ± 0.00015	2449907.42553 ± 0.00099
P (gün)	0.277892	0.278310
i (º)	67.418 ± 0.369	66.218 ± 0.037
T_1 (K)	4970 ± 13.58	4965
T_2 (K)	4650	5226 ± 4
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.321 ± 0.087	2.560 ± 0.005
q	0.335 ± 0.004	0.365
x_1	0.534	0.500
x_2	0.535	0.500
$A_1 = A_2$	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32
$L_1/(L_{Toplam})$(B)	0.7970 ± 0.1050	0.4899 ± 0.1200
$L_1/(L_{Toplam})$(V)	0.8060 ± 0.0297	0.6282 ± 0.0310
$L_1/(L_{Toplam})$(R)	-	0.6465 ± 0.0910
$L_2/(L_{Toplam})$(B)	0.2030	0.5101
$L_2/(L_{Toplam})$(V)	0.2040	0.3718
$L_2/(L_{Toplam})$(R)	-	0.3535
$L_{3/}(L_{Toplam})$(B)	-	-
$L_{3/}(L_{Toplam})$(V)	-	-
$L_{3/}(L_{Toplam})$(R)	-	-
r_1 (pole)	0.4649 ± 0.0022	0.4491 ± 0.0030
r_1 (side)	0.5034 ± 0.0031	0.4826 ± 0.0018
r_1 (back)	0.5360 ± 0.0043	0.5122 ± 0.0026
r_2 (pole)	0.2884 ± 0.0035	0.2850 ± 0.0045
r_2 (side)	0.3034 ± 0.0044	0.2983 ± 0.0040
r_2 (back)	0.3540 ± 0.0097	0.3383 ± 0.0082
f (%)	48.87 ± 8.04	20.48 ± 3.12
Leke Parametreleri	**2. Bileşen**	
θ (radyan)	1.5708	1.5776
ϕ (radyan)	1.8326	1.8626
r (radyan)	0.4363	0.4348
$T_f=T_d/T_s$	0.7589	0.7689



Şekil 9. VW Cep'in yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu.



Şekil 10. VW Cep'in radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu.

5.1.5 EZ Hya

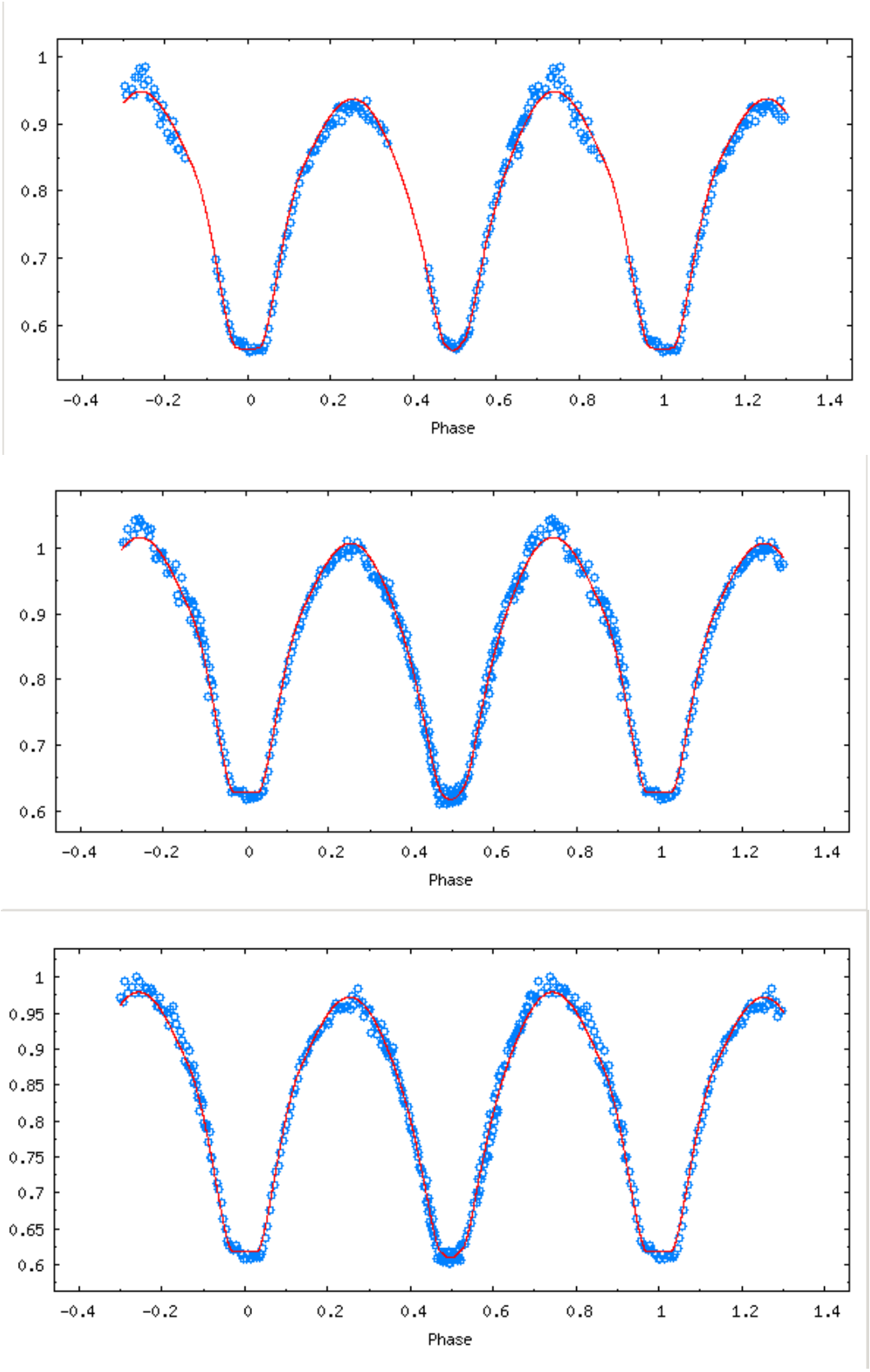
Spektral tipi F9 V olan düşük kütle oranına sahip W UMa tipi bir çift yıldızdır. EZ Hya (GSC 5471 566), **Hoffmeister (1931)** tarafından değişen yıldız olarak tanımlanmıştır. **Zessewitsch (1949)**, bu yıldızı dönemi 0.449768 gün olan W UMa tipi örten çift olarak sınıflamıştır. Tayfsal çalışması **King ve Hilditch (1984)** tarafından yapılmış olan bu sistemin literatürde daha çok dönem analizi çalışmaları mevcuttur. **Savedoff (1951)**, EZ Hya'yi eksantrik yörüngeli örten çift kataloğuna dahil etmiştir. Tayf türü, **MacDonald (1964)** tarafından G5 olarak ve daha sonra da **Götz ve Wenzel (1967)** tarafından F9 olarak verilmiştir. **King ve Hilditch (1984)**'te yıldızın tayfsal çalışması yapılmış, radyal hız verileri yayınlamış ve tayfsal kütle oranı belirlenmiştir. **Yang vd. (2004)**'te, EZ Hya'nın B ve V bantlarındaki CCD ışık eğrileri sunulmuştur. Aynı kaynakta, yıldızın fotometrik ve tayfsal çözümü yapılmış ve radyal hız değerleri ile birlikte yapılan analizlerde yıldıza ilişkin fiziksel parametreler bulunmuştur.

Proje kapsamında yapılan çalışmada, **King ve Hilditch (1984)**'te yer alan EZ Hya'ya ilişkin radyal hız gözlem verileri ile birlikte BVR ışık eğrileri eşzamanlı olarak analiz edilmiş ve sistemin fotometrik parametreleri belirlenmiştir. Çözümlerde ışık eğrisinin maksimumlarında görülen seviye farkı O'Connell etkisinden kaynaklı olduğu düşünülmüş ve birinci yıldıza soğuk leke yerleştirilerek modellenmiştir.

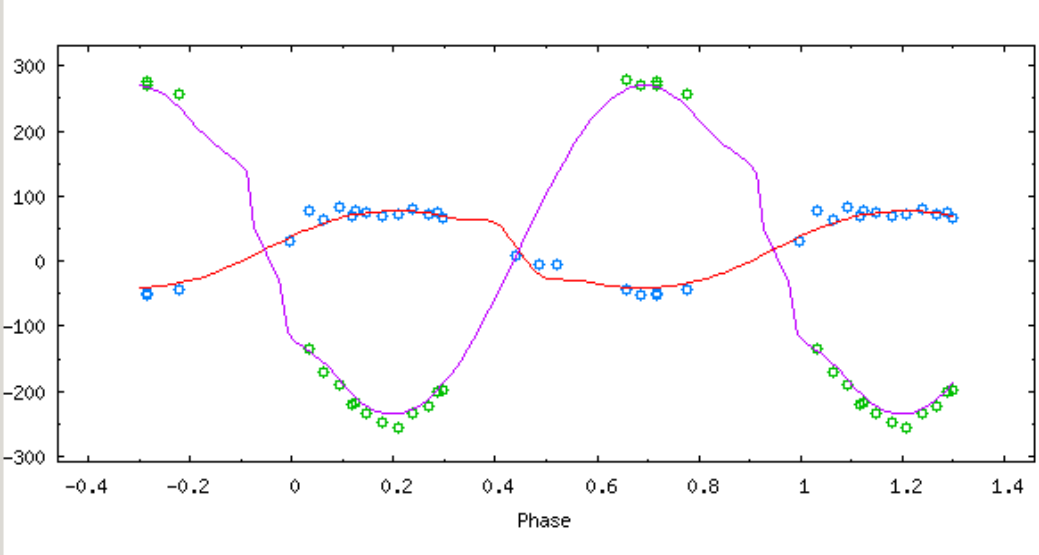
Sonuçlar, **Yang vd. (2004)**'te yer alan çalışmaların sonuçlarıyla birlikte Tablo 7'de verilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri Şekil 11'da, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 12'de gösterilmiştir.

Tablo 7. EZ Hya'nin ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Yang vd. (2004)	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2446449.7797	2446449.8813 ± 0.0024
P (gün)	0.4497460	0.4497460
i (º)	83.3	84.1 ± 0.2
T_1 (K)	5721 ± 9	5721
T_2 (K)	6100	5909 ± 10
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.3137 ± 0.0084	2.356 ± 0.003
q	0.257 ± 0.001	0.275 ± 0.001
x_1	-	0.838
x_2	-	0.838
$A_1 = A_2$	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32
$L_1/(L_{Toplam})$(B)	0.6928	0.6971 ± 0.0007
$L_1/(L_{Toplam})$(V)	0.7140	0.7354 ± 0.0016
$L_1/(L_{Toplam})$(R)	-	0.7286 ± 0.0012
$L_2/(L_{Toplam})$(B)	0.2030	0.3029 ± 0.0007
$L_2/(L_{Toplam})$(V)	0.2040	0.2646 ± 0.0016
$L_2/(L_{Toplam})$(R)	-	0.2714 ± 0.0013
$L_3/(L_{Toplam})$(B)	-	-
$L_3/(L_{Toplam})$(V)	-	-
$L_3/(L_{Toplam})$(R)	-	-
r_1 (pole)	0.4803 ± 0.0017	0.474256
r_1 (side)	0.5223 ± 0.0024	0.514470
r_1 (back)	0.5507 ± 0.0030	0.5431 ± 0.0014
r_2 (pole)	0.2635 ± 0.0023	0.3244 ± 0.0020
r_2 (side)	0.2762 ± 0.0029	0.2803 ± 0.0011
r_2 (back)	0.3216 ± 0.0058	0.2675 ± 0.0010
f (%)	34.20 ± 8.04	31.01 ± 6.16
Leke Parametreleri	**1. Bileşen**	
θ (radyan)	-	1.3963 ± 0.1396
ϕ (radyan)	-	0.6981 ± 0.1745
r (radyan)	-	0.2967 ± 0.0698
$T_f=T_d/T_s$	-	0.9600 ± 0.0088



Şekil 11. EZ Hya'nın yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu.



Şekil 12. EZ Hya'nin radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu.

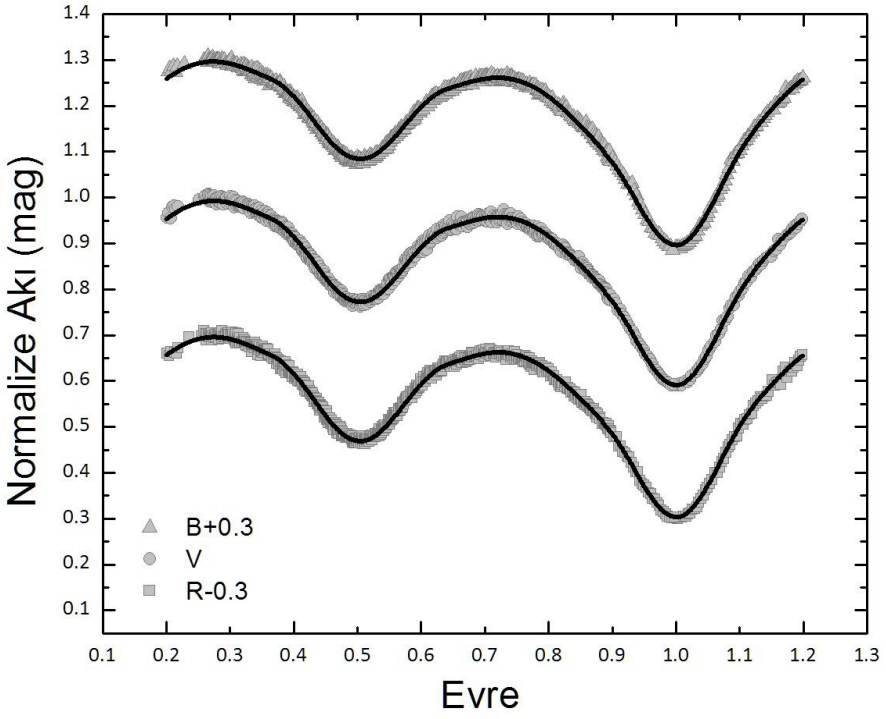
5.1.6 CN And

CN And (GSC 2787 1815) çift yıldız sisteminin ışık değişimi ilk kez **Hoffmeister (1949)** tarafından keşfedilmiştir. **Löchel (1960)** sistemin, 0.462798 gün dönemli W UMa türü bir sistem olduğunu açıklamıştır. **Bozkurt vd. (1976)** B ve V filtrelerinde elde edilen ışık eğrilerinde asimetri olduğunu vurgulamış ve **Kaluzny (1983)** elde edilen bu ışık eğrilerine göre sistemin β Lyr türü değişen bir sistem olabileceğini tartışmıştır. Sistemde, **Yang ve Liu (1985)** tarafından 1981 yılında iki flare olayı gerçekleştiği ve **Shaw vd. (1996)** tarafından sistemden X-ışın yayılımı olduğu belirtilmiştir. CN And sisteminin ışık eğrisi gözlemleri, **Rafert vd. (1985), Keskin (1989) ve Samec vd. (1998)** tarafından elde edilmiştir. Işık eğrisi analizleri, **Branly (1992), Van Hamme vd. (2001), Çiçek vd. (2005) ve Lee ve Lee (2006)** tarafından hesaplanmıştır. **Rucinski vd. (2000)** yaptıkları tayf çalışmasında CN And sisteminin A-alttürü olduğunu belirtmiş ve kütle oranını 0.39 olarak hesaplamıştır. **Zola vd. (2005)** sistemin bileşenlerinin tayf türlerinin F5-G5 aralığında olduğunu açıklamıştır.

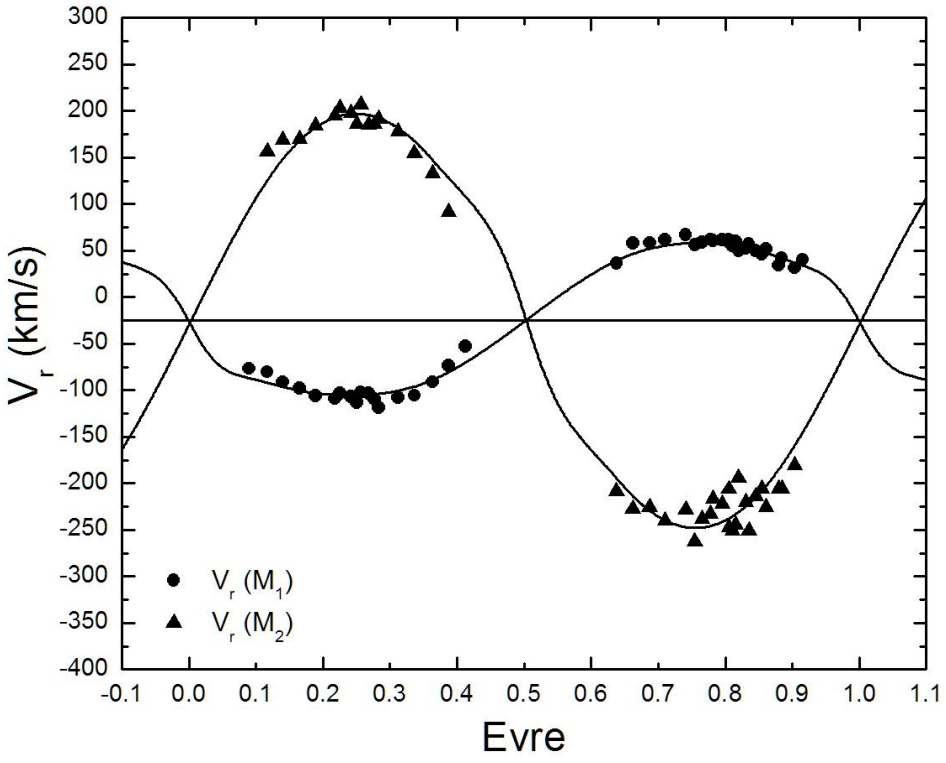
Sisteme ait dönem değişimi analizleri **Kaluzny (1983), Evren vd. (1987), Samec vd. (1998), Van Hamme vd. (2001) ve Çiçek vd. (2005)** tarafından yapılmış ve birinci bileşenden ikinci bileşene kütle transferi veya manyetik yıldız rüzgarları nedeniyle birinci bileşenden kütle kaybı sonucunda sistemin döneminin azaldığı belirtilmiştir.

Tablo 8. CN And sisteminin ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Branly (1992) (BVR)	Van Hamme vd. (2001) (UBV)	Çiçek vd. (2005) (BVR)	Lee ve Lee (2006) (BVRI)	Bu Çalışma (BVR)
T_0 (HJD)	2448195.7077	2450698.9430	2452185.4226	2446711.5318	2457254.3652
P (gün)	0.46279970	0.46279520	0.46278845	0.46279252	0.46278940
i (º)	69.720 ± 0.680	68.510 ± 0.170	68.020 ± 0.150	69.900 ± 0.100	69.874 ± 0.162
T_1 (K)	6500	6500	6500	6500	6500
T_2 (K)	5860 ± 210	5922 ± 24	5947 ± 12	5890 ± 4	5872 ± 12
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.654 ± 0.002	2.655 ± 0.004	2.667 ± 0.006	2.658 ± 0.002	2.588 ± 0.003
q	0.388	0.389 ± 0.002	0.394 ± 0.002	0.390 ± 0.001	0.360 ± 0.001
x_1	0.639	0.639	0.638	0.638	0.642
x_2	0.644	0.645	0.644	0.644	0.646
$A_1 = A_2$	-	-	-	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32	-	0.32	0.32
$L_1/(L_{Top})$ (U)	-	0.827 ± 0.007	-	-	-
$L_1/(L_{Top})$ (B)	0.817 ± 0.027	0.809 ± 0.006	0.798 ± 0.002	0.814 ± 0.003	0.809 ± 0.004
$L_1/(L_{Top})$ (V)	0.792 ± 0.026	0.786 ± 0.006	0.778 ± 0.003	0.789 ± 0.003	0.798 ± 0.005
$L_1/(L_{Top})$ (R)	0.777 ± 0.024	-	0.765 ± 0.002	0.774 ± 0.002	0.785 ± 0.005
$L_1/(L_{Top})$ (I)	-	-	-	0.762 ± 0.002	-
$L_2/(L_{Top})$ (U)	-	0.173	-	-	-
$L_2/(L_{Top})$ (B)	0.183	0.191	0.202	0.186	0.191
$L_2/(L_{Top})$ (V)	0.208	0.214	0.222	0.211	0.202
$L_2/(L_{Top})$ (R)	0.223	-	0.235	0.226	0.215
$L_2/(L_{Top})$ (I)	-	-	-	0.238	-
$L_3/(L_{Top})$ (B)	-	-	-	-	-
$L_3/(L_{Top})$ (V)	-	-	-	-	-
$L_3/(L_{Top})$ (R)	-	-	-	-	-
r_1 (pole)	0.435 ± 0.003	0.435 ± 0.001	-	-	0.4426 ± 0.0003
r_1 (side)	0.465 ± 0.004	0.465 ± 0.001	-	-	0.4738 ± 0.0004
r_1 (back)	0.491 ± 0.005	0.491 ± 0.001	-	-	0.5004 ± 0.0004
r_2 (pole)	0.280 ± 0.003	0.279 ± 0.001	-	-	0.2758 ± 0.0010
r_2 (side)	0.292 ± 0.004	0.291 ± 0.002	-	-	0.2875 ± 0.0012
r_2 (back)	0.325 ± 0.006	0.323 ± 0.002	-	-	0.3212 ± 0.0020
f (%)					3.2
Leke Paramet.	1. Bileşen				
θ (derece)	25 ± 31	22.3 ± 2.4	22.6 ± 4.5	19.8 ± 2.0	28.50
ϕ (derece)	8.5 ± 8.7	16.9 ± 2.0	17.5 ± 3.5	11.5 ± 2.0	15.70
r (derece)	29 ± 16	32.9 ± 2.0	32.1 ± 6.4	34.9 ± 1.0	32.10
$T_f=T_d/T_s$	0.650	0.650	0.650	0.650	0.650
Leke Paramet.	2. Bileşen				
θ (derece)	75.3 ± 7.0	84 ± 5	83.1 ± 2.0	87.5 ± 2.0	84.10
ϕ (derece)	1.3 ± 4.9	1.1 ± 2.0	1.3 ± 3.0	3.6 ± 2.3	4.60
r (derece)	20.1 ± 5.2	19.5 ± 1.8	20.1 ± 4.0	23.3 ± 2.1	22.87
$T_f=T_d/T_s$	1.150 ± 0.064	1.104 ± 0.013	1.093 ± 0.022	1.092 ± 0.014	1.091



Şekil 13. CN And sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri. Analiz sonucu elde edilen kuramsal ışık eğrileri düz çizgi ile gösterilmektedir.



Şekil 14. CN And sisteminin dikine hız eğrisi. Dairesel şekiller birinci bileşeni, üçgen şekiller ikinci bileşeni temsil etmektedir. Düz çizgi ise sistemin ortalama dikine hızını (-24.86 km/s) göstermektedir.

Proje kapsamında ÇOMÜ Gözlemevi'nde bu yıldız için elde edilen veriler, **Rucinski vd. (2000)** tarafından elde edilen dikine hız verileriyle eş zamanlı olarak çözülmüştür. Birinci bileşenin sıcaklığı olarak, sistemin **Rucinski vd. (2000)** tarafından önerilen F5V tayf sınıflaması ve rengi dikkate alınarak 6500K değeri kullanılmıştır. Analiz sırasında birinci bileşene soğuk, ikinci bileşene sıcak bir leke modeli uygulanmıştır. Sonuçlar, literatürde yer alan çalışmaların sonuçlarıyla birlikte Tablo 8'de verilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri Şekil 13'te, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 14'te gösterilmiştir.

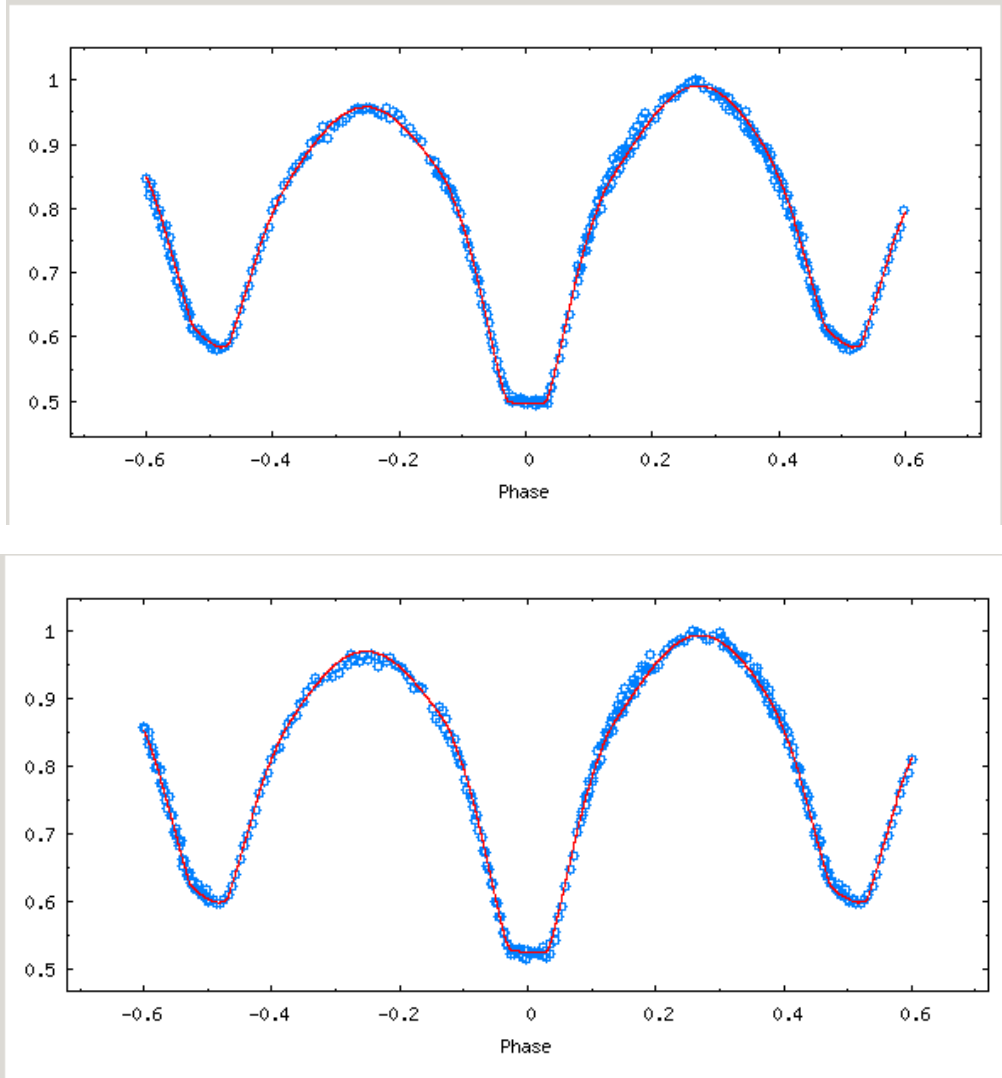
5.1.7 BX Peg

BX Peg (GSC 2197 1458) **Shapley ve Hughes (1934)** tarafından ilk kez bir değişen yıldız olarak tanımlandı. Sistemin fotoelektrik gözlemleri **Zhai ve Zhang (1979)** tarafından yapılmıştır. **Hoffman (1982)** sistemin BV filtrelerinde ilk fotometrik gözlemlerini yapmış ve yeni minimum zamanları elde etmiştir. Yörünge periyodunu 0.2804 gün olarak belirlemiştir. **Kaluzny (1984)**'in V filtresindeki fotoelektrik ışık eğrilerini analiz etmiştir. **Leung vd. (1985)** BV filtrelerindeki gözlemlerinin analizleri sonucu bileşenlerin değme derecesini %11 bulmuştur. **Samec ve Bookmyer (1987)** VI filtrelerinde ışık eğrisini ve yeni minimum zamanlarını elde etmişlerdir. **Hrivnak (1990)** sistemin tayfsal gözlemlerini yapmıştır. **Samec (1990)** BV fotoelektrik gözlemlerini yapmış, lekeli ve lekesiz analizini gerçekleştirmiştir. Değme derecesini %12 bulmuştur. **De Young vd. (1991)** BX Peg'in ışık eğrisini ve yeni minimum zamanlarını elde etmiştir. **Samec ve Hube (1991)** sistemin fotometrik ve tayfsal gözlemlerini gerçekleştirmiş, fiziksel parametrelerini elde etmişlerdir. Sistem bileşenlerinin kütlelerini M_1=1.02 $M_\odot$, M_2=0.38 $M_\odot$ ve yarıçapları R_1=0.966 $R_\odot$, R_2=0.623 $R_\odot$ olarak hesaplamışlardır. **Lee vd. (2004)** sistemin fotometrik gözlemlerini yapmış, periyodunun azalmakta olan parabol üzerine binmiş sinüsoidal bir değişime sahip olduğunu bulmuştur. **Samolyk (2008)** sisteme ait yeni minimum zamanlarını elde etmiştir. BX Peg'in BVR ışık eğrilerinin ve periyod değişiminin detaylı incelemesi **Lee vd. (2009)** tarafından yapılmıştır. Ayrıca sistemin W alt türü bir W UMa olduğunu ve çok belirgin O'Connell etkisi gösterdiğini bulmuşlardır. **Li vd. (2015)** BVRI filtrelerindeki ışık eğrisini lekeli ve lekesiz olarak analiz etmişlerdir.

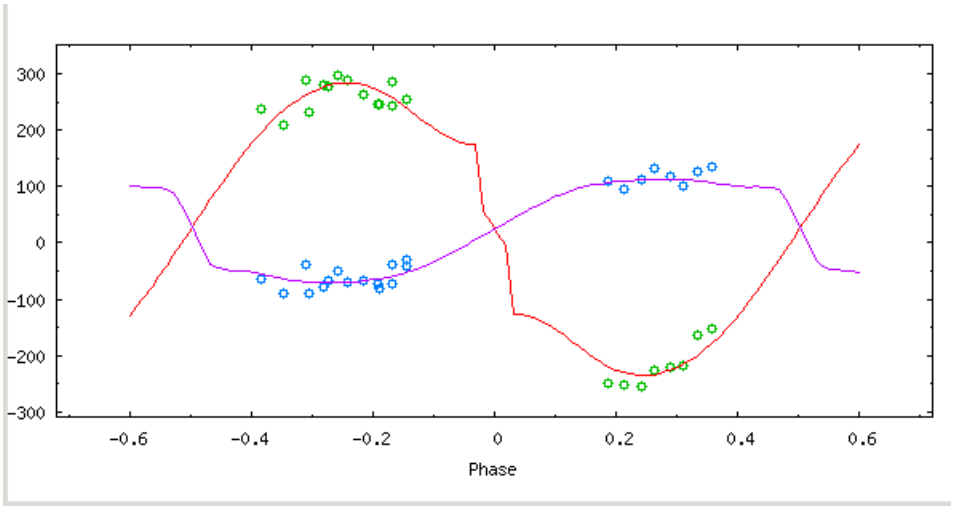
Proje kapsamında bu yıldız için yapılan ışık eğrisi analizinin sonuçları, literatürde yer alan çalışmaların sonuçlarıyla birlikte Tablo 9'da verilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri Şekil 15'te, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 16'da gösterilmiştir.

Tablo 9. BX Peg'in ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Lee vd. (2009)		Samec ve Hube (1991)	Leung vd. (1985)	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2453208.3118 ± 0.0035		-	2453208.3096	2453208.3096
P (gün)	0.28041759 ± 0.00000064		0.2804126 ± 0.0000014	-	0.2804175901
i (°)	87.693 ± 0.095		87.5	88.4	90.085 ± 0.095
T_1 (K)	5532 ± 20		5528	5721	5731
T_2 (K)	5300		5300	5500	5334 ± 10
$\Omega_1 = \Omega_2$	6.135 ± 0.010		6.049	-	6.07 ± 0.01
q	2.6897 ± 0.0045		2.660	2.800	2.62 ± 0.01
x_1	0.517		0.80	0.80	0.763
x_2	0.525		0.80	0.80	0.763
$A_1 = A_2$	0.5		-	-	0.5
$g_1 = g_2$	0.32		-	-	0.32
$L_1/(L_{Toplam})$(B)	0.352 ± 0.001		-	-	-
$L_1/(L_{Toplam})$(V)	0.348 ± 0.001		0.348	0.331	0.359 ± 0.001
$L_1/(L_{Toplam})$(R)	0.341 ± 0.001		0.337	0.322	0.325 ± 0.001
$L_2/(L_{Toplam})$(B)	0.648		-	-	-
$L_2/(L_{Toplam})$(V)	0.652		0.652	0.669	0.641 ± 0.001
$L_2/(L_{Toplam})$(R)	0.659		0.663	0.678	0.675 ± 0.001
r_1 (pole)	0.2820 ± 0.0009		0.287	0.278	0.2760 ± 0.0009
r_1 (side)	0.2946 ± 0.0010		0.300	0.290	0.2996 ± 0.0010
r_1 (back)	0.3310 ± 0.0016		0.339	0.327	0.3350 ± 0.0016
r_2 (pole)	0.4435 ± 0.0007		0.446	0.446	0.4465 ± 0.0007
r_2 (side)	0.4752 ± 0.0009		0.479	0.479	0.4742 ± 0.0009
r_2 (back)	0.5034 ± 0.0012		0.508	0.506	0.5064 ± 0.0012
f (%)	34.20 ± 8.04		20	-	19
Leke Parametreleri	**1. Bileşen**				
θ (radyan)	-		90	-	37.2
ϕ (radyan)	-		58	-	143.7
r (radyan)	-		6	-	11.0
$T_f=T_d/T_s$	-		0.92	-	0.720
Leke Parametreleri	**2. Bileşen**				
θ (radyan)	76.2 ± 1.5	61.5 ± 1.4	90	-	55.5
ϕ (radyan)	143.7 ± 2.0	40.7 ± 3.1	11	-	40.7
r (radyan)	15.1 ± 1.2	14.6 ± 2.0	12	-	16.3
$T_f=T_d/T_s$	0.75 ± 0.03	1.12 ± 0.01	0.90	-	1.224



Şekil 15. BX Peg'in yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu.



Şekil 16. BX Peg'in radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu.

5.1.8 SS Ari

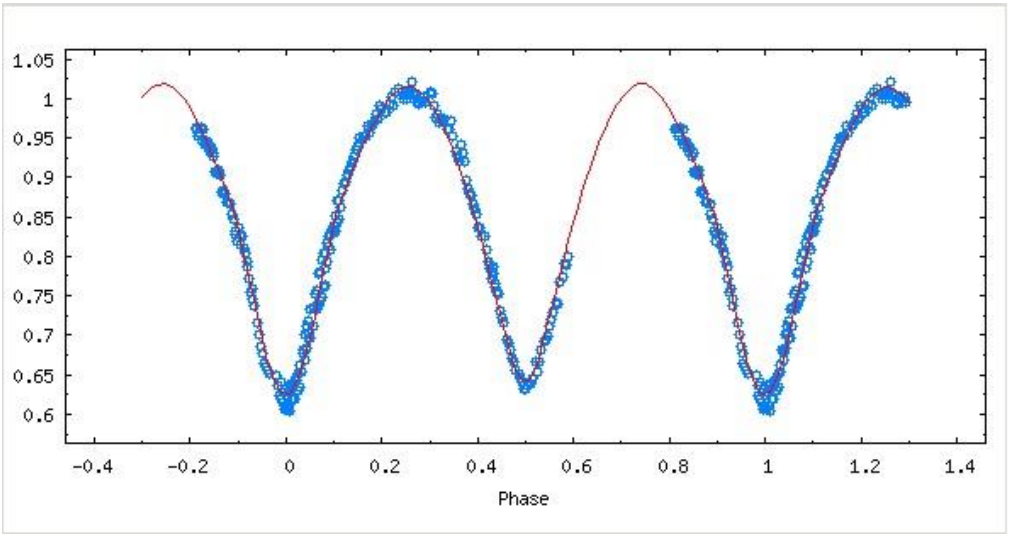
SS Ari (GSC 1758 116) ilk kez **Hoffmeister (1934)** tarafından değişen yıldız olarak tanımlanmıştır. İlk fotometrik gözlemlerin verileri, **Zhukov (1975), Kaluzny ve Pojmanski (1984), Rainger vd. (1992), Liu vd. (1993)**'te verilmiştir. Tayfsal gözlem çalışmaları ilk kez **Lu (1991) ve Rainger vd. (1992)** tarafından bildirilmiştir. F8 tayf türüne sahip bu W-türü W UMa yıldızının dönem değişimleri, **Braune (1970), Kurpinska-Winiarska ve Zakrzewski (1990), Rainger vd. (1992), Demircan ve Selam (1993), Kim vd. (1997, 2003)** gibi yayınlarda incelenmiştir. **Liu vd. (2009)**'da SS Ari'nin kütle oranı 3.25 olarak bulunmuş ve sistemde üçüncü bir cismin varlığı çift çözümlü olarak elde edilmiştir.

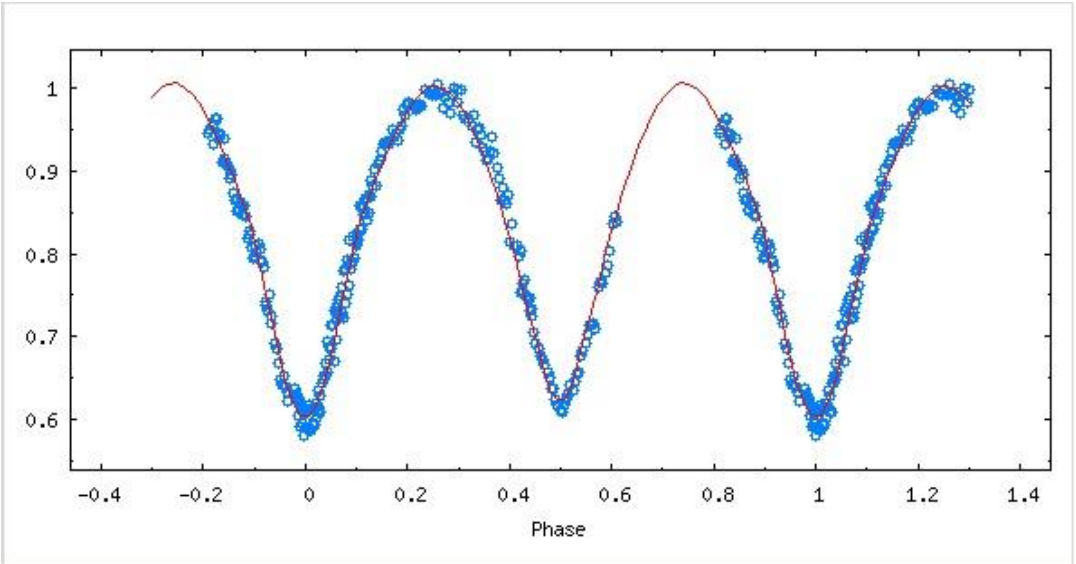
Proje kapsamında yapılan çalışmalarda, B filtresinde elde edilen veriler fazla saçılmalı olduğundan çözüme dahil edilmemiştir. Radyal hız ile birlikte, ikinci bileşen üzerine sıcak bir leke modellenerek ışık eğrisi analizi yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlar Tablo 10'da gösterilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri Şekil 17'de, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 18'de gösterilmiştir.

Tablo 10. SS Ari'nin ışık eğrisi analiz sonuçları.

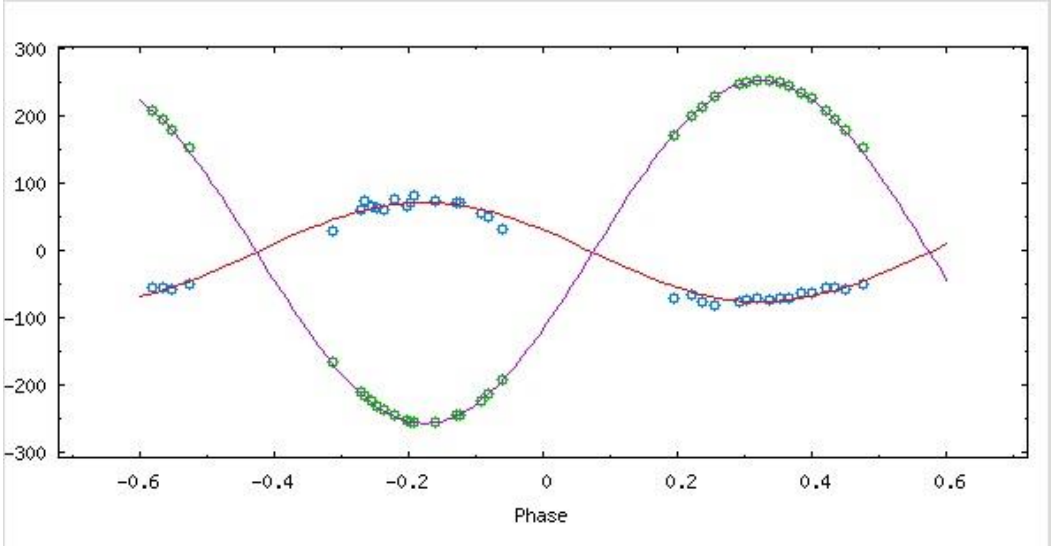
Parametre	Lu (1991)	Liu vd. (1993)	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2445260.1809	2448569.1490	2445260.0903
P (gün)	0.4059917	0.4059853	0.4059917149
i (º)	75.34 ± 0.26	74.32	76.67 ± 0.01
T_1 (K)	5745 ± 12	5528	5745
T_2 (K)	5950	5300	5515 ± 10
$\Omega_1 = \Omega_2$	6.9384 ± 0.0116	6.309 + 0.004	6.77 ± 0.01
q	3.308	3.030	3.33 ± 0.01
x_1	0.61	0.560	0.761
x_2	0.61	0.560	0.761
$A_1 = A_2$	0.5	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32	0.32
$L_1 / (L_{Toplam})$(B)	0.2902 ± 0.0018	-	-
$L_1 / (L_{Toplam})$(V)	0.2835 ± 0.0015	-	0.301 ± 0.001
$L_1/(L_{Toplam})$(R)	-	-	0.296 ± 0.001
$L_2/(L_{Toplam})$(B)	0.7098	-	-
$L_2/(L_{Toplam})$(V)	0.7168	-	0.699 ± 0.001
$L_2/(L_{Toplam})$(R)	-	-	0.704 ± 0.001
r_1 (pole)	0.4604 ± 0.0060	-	0.4760 ± 0.0009
r_1 (side)	0.4962 ± 0.0009	-	0.4996 ± 0.0010

r_1 (back)	0.5231 ± 0.0006	-	0.5350 ± 0.0016
r_2 (pole)	0.2672 ± 0.0050	0.2802 ± 0.0004	0.2560 ± 0.0007
r_2 (side)	0.2789 ± 0.0061	0.2930 ± 0.0004	0.2742 ± 0.0009
r_2 (back)	0.5034 ± 0.0012	0.3314 ± 0.0008	0.5064 ± 0.0012
***f* (%)**	-	-	44.9
Leke Parametreleri	**2. Bileşen**		
θ (radyan)	-	-	0.9774
ϕ (radyan)	-	-	0.6283
r (radyan)	-	-	0.2269
$T_f=T_d/T_s$	-	-	0.9456





Şekil 17. SS Ari'nin yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla V ve R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu.



Şekil 18. SS Ari'nin radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu.

5.1.9 U Peg

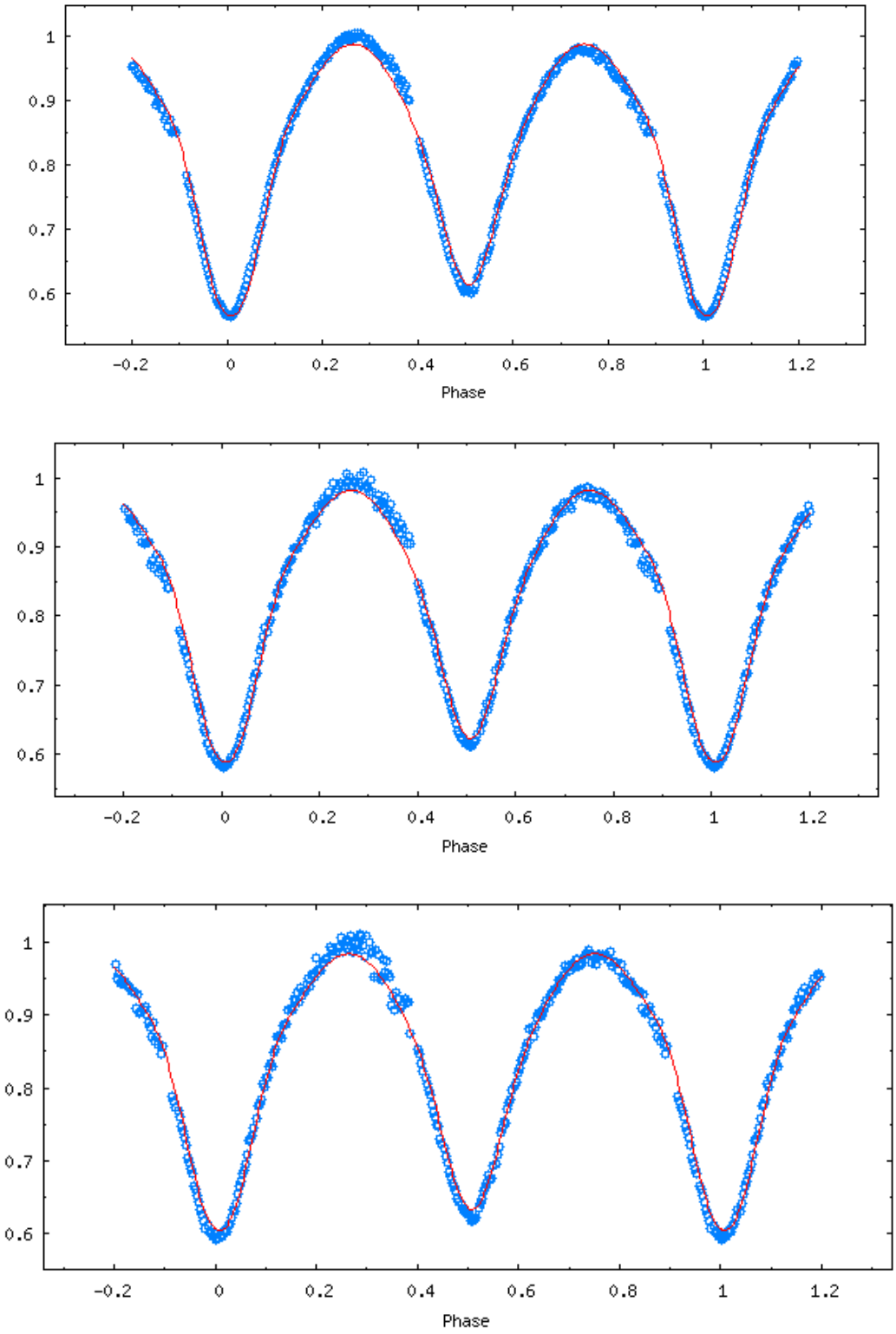
U Peg (GSC 1722 533, spektral tip = G2V) **Chandler (1895)** tarafından keşfedilmiştir. Aynı kaynakta sistemin W UMa tipi örten çiftlerin W-alt türüne ait olduğu da belirtilmiştir. U Peg'in spektral tipi ile ilgili olarak, **Adams vd. (1924)**'te F3 olarak sınıflandırılmış, ancak daha sonra tayf türü G3 olarak düzeltilmiştir **(Adams vd., 1935)**. **Struve vd. (1950)**'de, sistemin dört spektrumundan iki bileşenin radyal hızları hesaplanmış, ancak daha sonra daha doğru radyal hız gözlemleri **Lu (1985)** tarafından yapılmıştır. Sistemin ışık eğrilerinin bazıları daha önce farklı yöntemlerle analiz edilmiştir; Örneğin: Klasik Russell modeli **(Binnendijk, 1960)**, Kopal frekans alanı teknikleri **(Lafta vd., 1986)** veya WD kodu **(Russo vd., 1982), Zhai vd. (1984), Zhai vd. (1988)** kullanılmıştır. U Peg'in fotoelektrik gözlemleri **(Fahr, 1952), Binnendijk (1960), Rigterink (1972), Zhai vd. (1984) ve Maupome vd. (1991)** tarafından yörünge ve fiziksel parametreleri belirlemek için analiz edilmiştir. **Zhai vd. (1984)** tarafından ilk kez sisteme ilişkin çok yönlü bir çalışma yapılmıştır. İlk olarak 1896 yılından 1980 yılına kadar elde edilen tüm minimum zamanlarına, yeni hesaplanan minimum zamanları da ilave edilerek sistemin dönem analizi yapılmıştır. **Djuraševic vd. (2001)**, 1950-1989 arasındaki, zaman aralığında sistemin uzun vadeli fotometrik değişimlerini araştırmıştır. Işık eğrilerinin karmaşık varyasyonlarının bileşenin değişken leke aktivitesi ile açıklanabileceği sonucuna varmışlardır. Dönem araştırması 1894 ile 2001 yılları arasında (O-C) diyagramının özelliklerini analiz eden **Pribulla & Vanko (2002)** tarafından yapılmıştır. Bu yazarlar, daha büyük kütleliden daha az kütleliye korunumlu kütle transferi olduğunu ve dönemindeki azalmayı açıklamışlardır. Ayrıca, üçüncü cismin periyodunu P3 = 18.8 ± 3.9 yıl olarak belirtmiş ve düşük genlikli salınım yaptığını da ifade etmişlerdir. Bu özellik daha önce **Zhai**

vd. (1984) tarafından da bildirilmiştir. **Özuyar ve Selam (2007)** tarafından üçüncü cismin dönemi yaklaşık 76 yıl olarak verilmiştir.

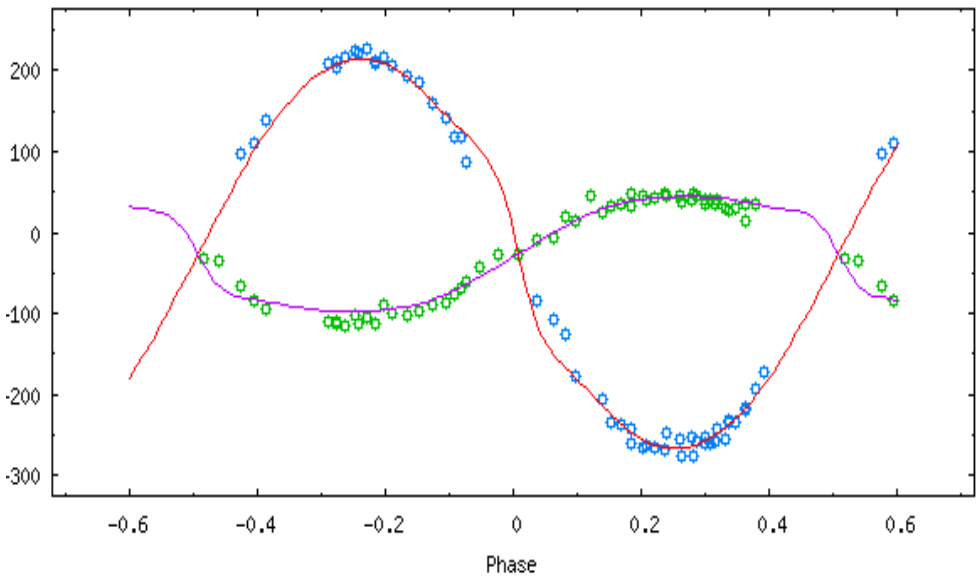
Wenxian (1985)'te U Peg için elde edilen radyal hız verileri, proje kapsamında elde edilen BVR ışık eğrileriyle eşzamanlı olarak analiz edilmiş ve sistemin fotometrik parametreleri belirlenmiştir. Çözümlerde ışık eğrisinin maksimumlarında görünen seviye farkının O'Connell etkisinden kaynaklı olduğu düşünülmüş ve birinci yıldıza soğuk leke yerleştirilip modelleme bu şekilde yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, **Özuyar ve Selam (2007)**'deki sonuçlarla birlikte Tablo 11'de gösterilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri Şekil 19'da, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 20'de gösterilmiştir. Bir de bu yıldız için Şekil 21'de, 0.75 evredeki Roche geometrisi sunulmuştur.

Tablo 11. U Peg'in ışık eğrisi analiz sonuçları.

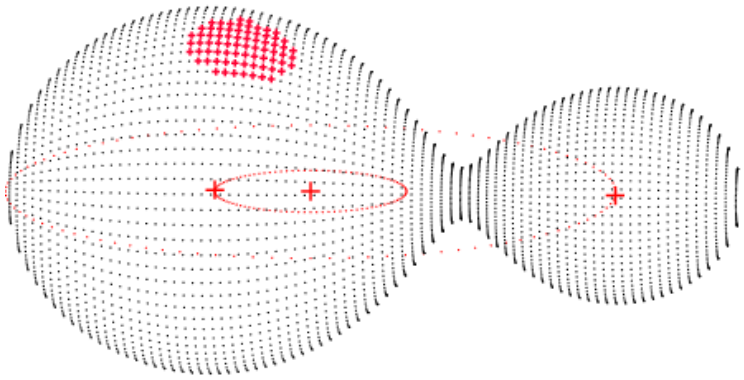
Parametre	**Özuyar ve Selam (2007)**	**Bu Çalışma**
T_0 (HJD)	2452500.1180 ± 0.0004	2452500.1186 ± 0.0003
P (gün)	0.3747768	0.3747768
i (º)	77.39 ± 1.08	77.81 ± 0.17
T_1 (K)	5850	5850
T_2 (K)	5598 ± 39	5598 ± 28
$\Omega_1 = \Omega_2$	6.79 ± 0.02	6.77 ± 0.03
q	3.183 ± 0.040	3.183
x_1	0.833	0.756
x_2	0.842	0.771
$A_1 = A_2$	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32
$L_1/(L_{Toplam})$(B)	-	0.319 ± 0.024
$L_1/(L_{Toplam})$(V)	-	0.303 ± 0.020
$L_1/(L_{Toplam})$(R)	-	0.295 ± 0.018
$L_2/(L_{Toplam})$(B)	-	0.681
$L_2/(L_{Toplam})$(V)	-	0.697
$L_2/(L_{Toplam})$(R)	-	0.705
r_1 (pole)	0.2822 ± 0.0025	0.2703 ± 0.0005
r_1 (side)	0.2952 ± 0.0031	0.2823 ± 0.0006
r_1 (back)	0.3343 ± 0.0057	0.3195 ± 0.0011
r_2 (pole)	0.4499 ± 0.0004	0.4576 ± 0.0004
r_2 (side)	0.4834 ± 0.0006	0.4928 ± 0.0005
r_2 (back)	0.5124 ± 0.0009	0.5200 ± 0.0007
***f* (%)**	7	13.6 ± 5.0
Leke Parametreleri	**1. Bileşen**	
θ (radyan)	0.45	0.45
ϕ (radyan)	5.12	5.12
r (radyan)	0.30	0.30
$T_f=T_d/T_s$	0.80	0.80



Şekil 19. U Peg'in yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu.



Şekil 20. U Peg'in radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu.



Şekil 21. 0.75 evresinde U Peg'in bileşenlerinin Roche geometrisi.

5.1.10 V502 Oph

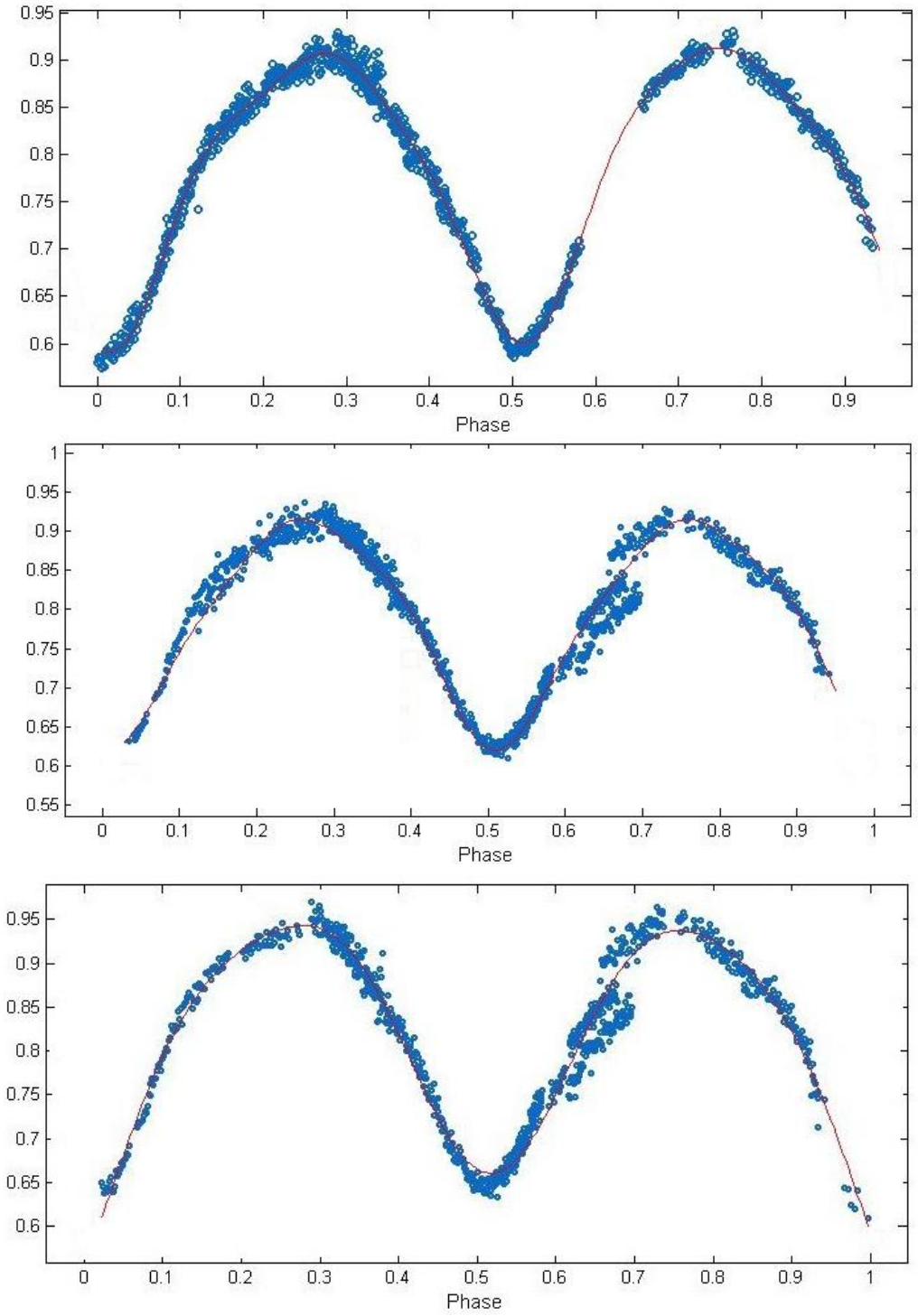
V502 Oph (GSC 383 916), ilk kez **Hoffmeister (1935)** tarafından değişen olarak tanımlanmıştır. Sonrasında **Lause (1937)**, yıldızın ışık elemanlarını yayınlamıştır. İlk detaylı fotoelektrik gözlemler **Kwee (1958, 1968), Hinderer (1960), Magalashvili ve Kumsishvili (1964) ve Wilson (1967)** tarafından yayınlanmıştır. Bunun gibi farklı dönemlerde elde edilmiş ışık eğrilerinin çoğunun birbirinden farklı olduğu dikkati çekmiştir. Bu nedenle farklı zamanlarda elde edilen ışık eğrileri çözüldüğünde, bulunan fiziksel parametreler de birbirinden farklı olabilmektedir. **Struve ve Gratton (1948)**'de yıldızın radyal hız eğrileri yayınlanmıştır. **Rovithis vd. (1988)**'de, güncel tayfsal kütle oranı kullanılarak fotometrik yörünge çözümü elde edilmiştir. Birincil bileşenin tayf tipi G1 V, ikincil bileşenin ise F9 V

olarak verilmiştir **(Pych vd., 2004)**. **Selam vd. (2009)**'da, W türü bir W UMa sistemi olan V502 Oph'un ışık eğrileri **PHOEBE** programı ile analiz edilmiş, birinci bileşen üzerine yerleştirilen soğuk bir leke ile V502 Oph sisteminin fiziksel parametreleri hesaplanmıştır. V502 Oph sistemine ilişkin çok sayıda dönem analizi yapılmıştır. Sistemin dönem değişimi ilk kez **Kwee (1958)** tarafından ortaya konmuştur. **Liu ve Yang (2006)**'da, sistemin dönem değişimi daha güncel verilerle incelenmiştir. **Selam vd. (2009)**'da V502 Oph'un fiziksel parametreleri bulunurken, birinci bileşen üzerine soğuk bir leke modellenmiştir. Çözümlerde, ışık eğrisinin maksimumlarında görünen seviye farkı O'Connell etkisinden kaynaklı olduğu düşünülerek birinci yıldıza soğuk leke yerleştirilip modellenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürdeki sonuçlarla birlikte Tablo 12'de gösterilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri Şekil 22'de, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 23'te gösterilmiştir.

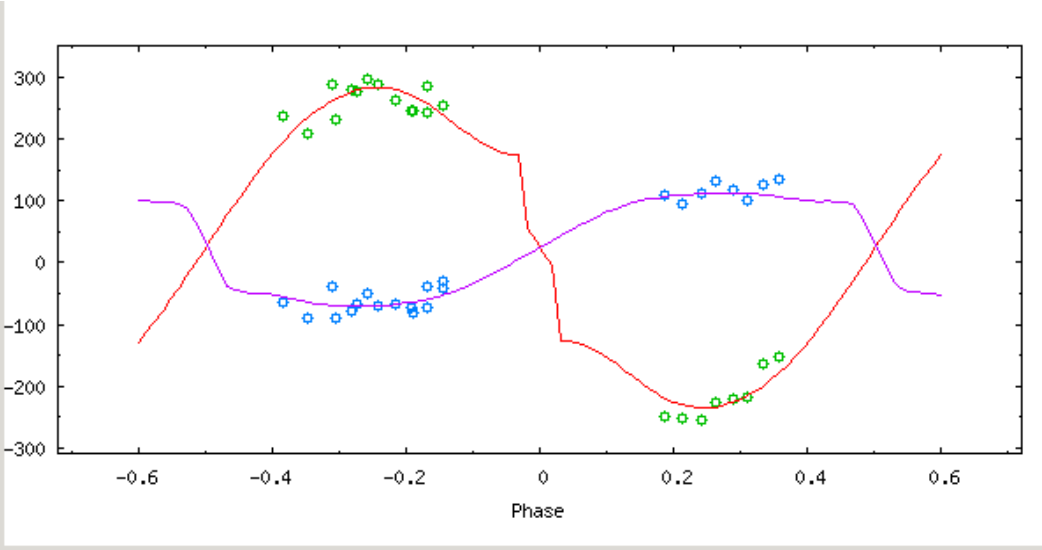
Tablo 12. V502 Oph'un ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Rovithis vd. (1988)	Selam vd. (2009)	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2443668.7951	2439639.9508	2438747.6748
P (gün)	0.453388363	0.45333905	0.45332814
i (º)	71.43 ± 6.00	73.03 ± 1.52	75.32 ± 0.20
T_1 (K)	6200	5861	6200
T_2 (K)	5960	5769 ± 56	5859 ± 66
$\Omega_1 = \Omega_2$	6.489 ± 0.598	2.80 ± 0.01	2.770 ± 0.198
q	2.70	2.985	2.890 ± 0.003
x_1	0.63 (R)	0.75	0.76
x_2	0.77 (R)	0.76	0.72
$A_1 = A_2$	0.5	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	-	0.32	0.32
$L_1/(L_{Toplam})$(B)	-	0.294 ± 0.020	0.6229 ± 0.0245
$L_1/(L_{Toplam})$(V)	-	0.287 ± 0.020	0.6321 ± 0.0235
$L_1/(L_{Toplam})$(R)	0.73 ± 0.01	0.283 ± 0.020	0.6359 ± 0.0224
$L_2/(L_{Toplam})$(B)	-	-	0.3771
$L_2/(L_{Toplam})$(V)	-	-	0.3679
$L_2/(L_{Toplam})$(R)	0.26± 0.02	-	0.3641
r_1 (pole)	0.452	0.276 ± 0.430	0.4237 ± 0.0004
r_1 (side)	0.487	0.228 ± 0.051	0.4512 ± 0.0005
r_1 (back)	0.518	0.326 ± 0.087	0.4792 ± 0.0005
r_2 (pole)	0.291	0.454 ± 0.040	0.2934 ± 0.0014
r_2 (side)	0.305	0.486 ± 0.054	0.3063 ± 0.0017
r_2 (back)	0.349	0.514 ± 0.069	0.3397 ± 0.0028
***f* (%)**	-	17.4	18.3

Leke Parametreleri	1. Bileşen		
θ (radyan)	3.1416	3.14	3.12
ϕ (radyan)	6.2832	6.28	6.28
r (radyan)	3.1416	3.14	3.14
$T_f=T_d/T_s$	0.7000	0.80	0.76



Şekil 22. V502 Oph'un yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu.



Şekil 23. V502 Oph'un radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu.

5.1.11 W UMa

W UMa sistemi (GSC 3810 1210), W UMa türü değen çift yıldız sistemlerinin ilk örneğidir. **Muller ve Kempf (1903)** tarafından keşfedilmesinin ardından hakkında sayısız çalışma yapılmıştır. W UMa türü değişen yıldızların dönemleri saatler mertebesindedir. **Kreiner (2004)** W UMa sisteminin döneminin P=0.3336337 olduğunu belirlemiştir. Sistem, görsel çift yıldız olan ADS 7494 (WDS J09438+5557)'ün, 6.4 arcsec ayrıklığında bulunan parlak bileşenidir. Hipparcos Kataloğu'nda W UMa değen çift yıldız sistemi astrometrik çift olarak listelenmiştir. **Rucinski (1974, 1983)** tayfsal çalışmalarında sistemin W-alt türü olduğunu söylemiştir. W UMa, Linnell tarafından sıklıkla çalışılmıştır. **Linnell (1987)** fotometrik çalışmasında, **Rucinski (1974, 1983)**, çalışmalarını referans göstererek W-alt türü modelinin UBVRI filtrelerinde elde ettiği verilerin analizlerinde iyi sonuçlar verdiğini fakat UV gözlemlerinden elde edilen verilerin analizlerinde sistemin açıkça A-alt türü olduğunu belirtmiştir. **Linnel (1991)** tarafından sistemin elde edilen ışık eğrilerinin maksimum kısımlarında O'Connel etkisi olarak adlandırılan seviye farklarının olduğunu açıklanmıştır. **Kim vd. (2001)** tarafından lekeli ve lekesiz olmak üzere iki ayrı analiz yapılmış ve üçüncü cismin, sistemin toplam ışınımına katkısı belirtilmiştir. Diğer yandan W UMa sisteminin tayfsal çalışmaları da oldukça fazladır. Bu çalışmalar ve çalışmalarda elde edilen kütle oranları; **Worden ve Whelan (1973)** q=0.54, **McLean (1981)** q=0.49, **Hrivnak (1993)** q=0.44 **Rucinski vd. (1993)** q=0.479 ve **Pribulla vd. (2007)** q=0.484 şeklinde kısaca özetlenebilir. **Pribulla vd. (2007)** çalışmasında, bu kadar iyi gözlenmiş bir değen sistemin dönem-renk-ışıtma ilişkisindeki tuhaflıkların henüz açıklanamadığını belirtmiştir.

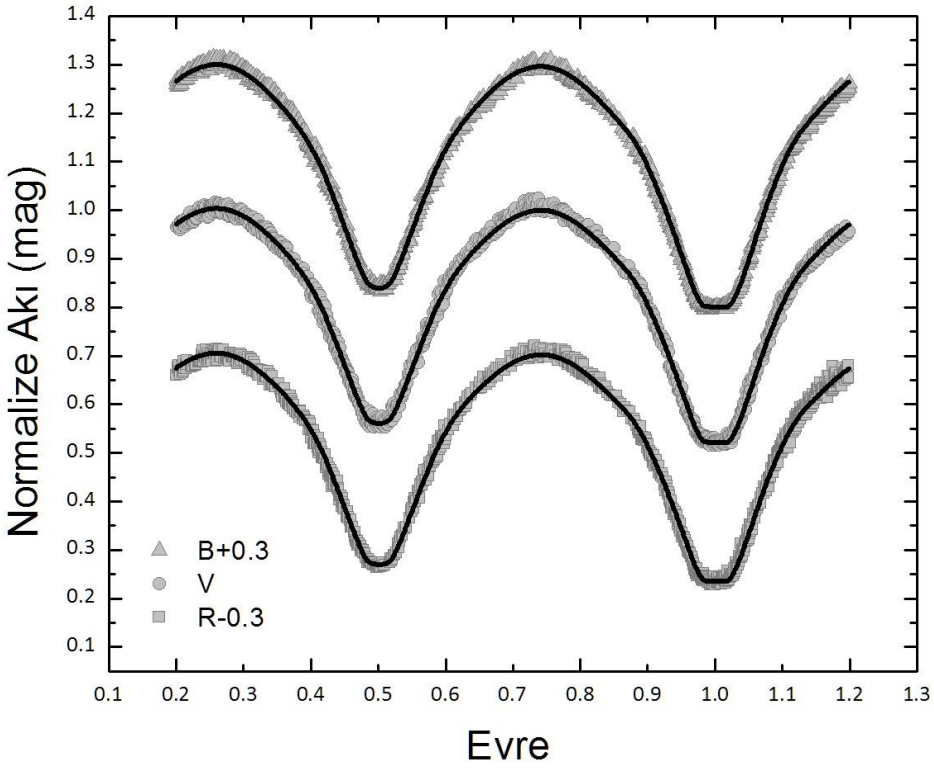
Proje kapsamında ÇOMÜ Gözlemevi'nde bu yıldız için elde edilen ışık eğrileri ve Pribulla vd. (2007) tarafından elde edilen dikine hız verileri eş zamanlı olarak analiz edilmiştir. Analizlerde soğuk bileşenin sıcaklığı **Yakut ve Eggleton (2005)** tarafından belirtilen 6026K değeri kullanılmıştır. Analiz yapılırken kütle oranı q (M_2/M_1), kesirsel olarak ters (M_1/M_2) biçimde girilmiştir. Kütle oranı olarak, **Pribulla vd. (2007)** tarafından elde edilen q=0.484 değeri kullanılmış ve analizler sırasında sabit tutulmuştur. h altindisi sıcak bileşeni, c altindisi ise soğuk bileşeni temsil etmektedir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürdeki sonuçlarla birlikte Tablo 13'te gösterilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri Şekil 24'te, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 25'te gösterilmiştir.

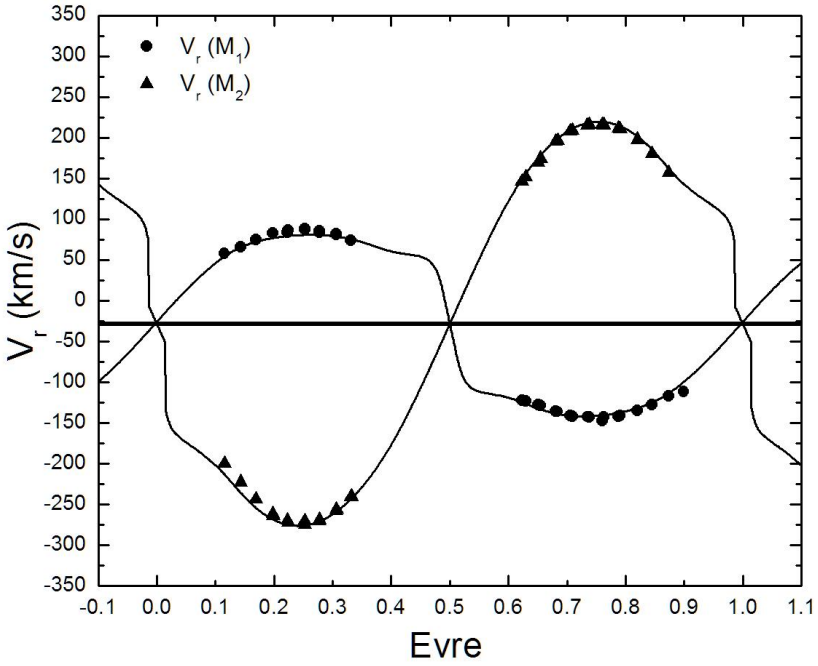
Tablo 13. W UMa sisteminin ışık eğrisi analiz sonuçları.

			Kim vd. (2001)		
Parametre	**Linnell (1987)**	**Linnell (1991)**	**Lekesiz**	**Lekeli**	**Bu Çalışma**
T_0 (HJD)	2443194.7289	2445765.7385	2435918.4459		2457523.360455
P (gün)	0.33363696	0.33363737	0.33363687		0.3336337
i (º)	85.7	86.00 ± 0.02	87.3 ± 0.5	87.6 ± 0.5	85.448 ± 0.116
T_h (K)	6100	6100	6175 ± 2	6194 ± 6	6320 ± 6
T_c (K)	5800	5875 ± 25	5875	5875	6026
$\Omega_h = \Omega_c$	-	5.25 ± 0.03	5.249 ± 0.006	5.276 ± 0.005	5.2613 ± 0.001
q	2.128	2.041 ± 0.030	2.089 ± 0.006	2.121 ± 0.005	2.066
x_1	-	-	0.646	0.646	0.644
x_2	-	-	0.648	0.6488	0.646
$A_1 = A_2$	0.5	0.50	0.50	0.50	0.50
$g_1 = g_2$	0.08	0.08	0.32	0.32	0.32
$L_h/(L_{Top})(B)$	-	-	0.380 ± 0.006	0.382 ± 0.006	0.604 ± 0.002
$L_h/(L_{Top})(V)$	-	-	0.372 ± 0.006	0.372 ± 0.022	0.611 ± 0.002
$L_h/(L_{Top})(R)$	-	-	-	-	0.620 ± 0.002
$L_c/(L_{Top})(B)$	-	-	0.572	0.571	0.396
$L_c/(L_{Top})(V)$	-	-	0.574	0.575	0.389
$L_c/(L_{Top})(R)$	-	-	-	-	0.380
$L_3/(L_{Top})(B)$	-	-	0.048 ± 0.003	0.048 ± 0.002	-
$L_3/(L_{Top})(V)$	-	-	0.053 ± 0.003	0.053 ± 0.004	-
$L_3/(L_{Top})(R)$	-	-	-	-	-
r_h (pole)	-	0.3032	0.3075 ± 0.0006	0.3078 ± 0.0001	0.3044 ± 0.0011
r_h (side)	-	0.3182	0.3226 ± 0.0007	0.3231 ± 0.0001	0.3188 ± 0.0013
r_h (back)	-	0.3530	0.3631 ± 0.0012	0.3650 ± 0.0001	0.3562 ± 0.0021
r_c (pole)	-	0.4208	0.4286 ± 0.0005	0.4313 ± 0.0001	0.4239 ± 0.0010
r_c (side)	-	0.4490	0.4581 ± 0.0007	0.4615 ± 0.0001	0.4521 ± 0.0013

r_c (back)	-	0.4780	0.4903 ± 0.0010	0.4942 ± 0.0001	0.4827 ± 0.0018
f (%)	-	9.7	21.4	24.3	13.9
Leke Parametreleri	**Sıcak Bileşen**				
θ (radyan)	-	-	-	144 ± 6	141
ϕ (radyan)	-	-	-	116 ± 4	28
r (radyan)	-	-	-	22.9 ± 0.2	26.0
$T_f=T_d/T_s$	-	-	-	0.756 ± 0.030	0.770
Leke Parametreleri	**Soğuk Bileşen**				
θ (radyan)	-	-	-	147 ± 1	133
ϕ (radyan)	-	-	-	289 ± 3	143
r (radyan)	-	-	-	24.0 ± 0.7	14.0
$T_f=T_d/T_s$	-	-	-	0.870 ± 0.009	0.820



Şekil 24. W UMa sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri. Analiz sonucu elde edilen kuramsal ışık eğrileri düz çizgi ile gösterilmektedir.



Şekil 25. W UMa sisteminin dikine hız eğrisi. Dairesel şekiller birinci bileşeni, üçgen şekiller ikinci bileşeni, düz çizgi ise sistemin ortalama hızını (V_0= -28.4 km/s) temsil etmektedir.

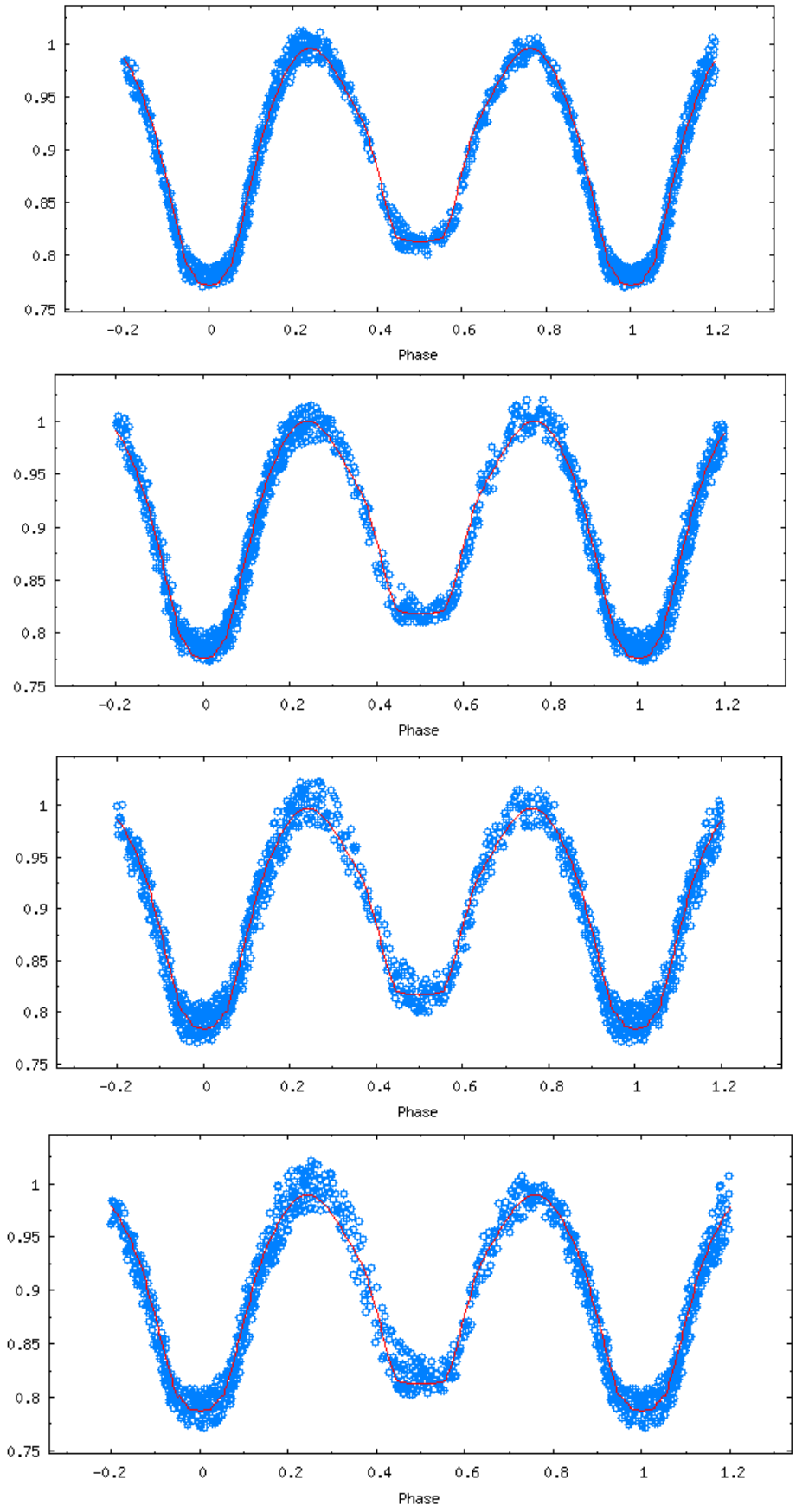
5.1.12 AW UMa

Değen çift yıldız olan AW UMa (HD 99946, GSC 1984 113) **Paczynski (1964)** tarafından keşfedilmiştir. Tayf türünü F0-F2 olarak belirlemiştir. Sistemin literatürdeki ışık eğrisi çalışmaları **Kalish (1965)**, **Mochnacki & Doughty (1972), Wilson & Devinney (1973), Dworak ve Kurpińska (1975), Kurpinska-Winiarska (1980), Woodward vd. (1980), Hrivnak (1982), Anderson vd. (1983), Srivastava ve Padalia (1986), Srivastava (1989), Bakos vd. (1991), Pribulla vd. (1999)** tarafından yapılmış ve yeni minimum zamanları hesaplanmıştır. **Brancewicz ve Dworak (1980)** hazırladıkları katalogda sistemin fiziksel ve geometrik parametrelerini elde etmiştir. Tayfsal gözlemlerini **Mc Lean (1981)** yapmış, ilk kez kütle oranını hesaplamış ve fotometrik değerler ile karşılaştırıp fark olmadığını belirtmiştir. **Demircan vd. (1992), Rovithis-Livaniou vd. (2005)** sistemin yörünge dönemi değişimini çalışmışlar ve yeni minimum değerlerini elde etmişlerdir. **Pribulla vd. (1999)** UBV fotoelektrik ve tayfsal gözlemleri yapmış, üçlü veya dörtlü yıldız modelleriyle analizi gerçekleştirmiştir. **Pribulla ve Rucinski (2008)** sistemin değen çift olmadığını ve her iki bileşenin de iç Roche loblarından daha küçük olduğunu belirmişlerdir. **Rucinski (2015)**'teki yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemlerin sonucunda, ikili sistemin yarı-ayrık olduğu ve kütle aktarımının büyük bileşenden küçük bileşene doğru gerçekleştiği anlaşılmış ve bu durum yine aynı kaynakta belirtilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, **Pribulla ve Rucinski (2008)**'deki sonuçlarla birlikte Tablo 14'te gösterilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri arasındaki uyum ise Şekil 26'da verilmiştir.

Tablo 14. AW UMa'nın ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Pribulla ve Rucinski (2008)	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2452500.0313 ± 0.0001	2452500.0467 ± 0.0003
P (gün)	0.4387238	0.4387238
i (º)	-	78.67 ± 0.03
T_1 (K)	6980	6980
T_2 (K)	6475 ± 28	6646 ± 10
$\Omega_1 = \Omega_2$	1.9962 ± 0.0120	1.933 ± 0.004
q	0.1079 ± 0.0004	0.0985 ± 0.0002
x_1	-	0.802
x_2	-	0.803
$A_1 = A_2$	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32
$L_1/(L_{Toplam})(U)$	-	0.909 ± 0.010
$L_1/(L_{Toplam})(B)$	-	0.908 ± 0.010
$L_1/(L_{Toplam})(V)$	-	0.903 ± 0.009
$L_1/(L_{Toplam})(R)$	-	0.899 ± 0.008
$L_2/(L_{Toplam})(U)$	-	0.091
$L_2/(L_{Toplam})(B)$	-	0.092
$L_2/(L_{Toplam})(V)$	-	0.097
$L_2/(L_{Toplam})(R)$	-	0.101
r_1 (pole)	-	0.5417 ± 0.0001
r_1 (side)	-	0.6076 ± 0.0001
r_1 (back)	-	0.6272 ± 0.0002
r_2 (pole)	-	0.1969 ± 0.0001
r_2 (side)	-	0.2058 ± 0.0002
r_2 (back)	-	0.2467 ± 0.0002
f (%)	-	33.4 ± 12.5



Şekil 26. AW UMa'nın yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla U, B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu.

5.1.13 V376 And

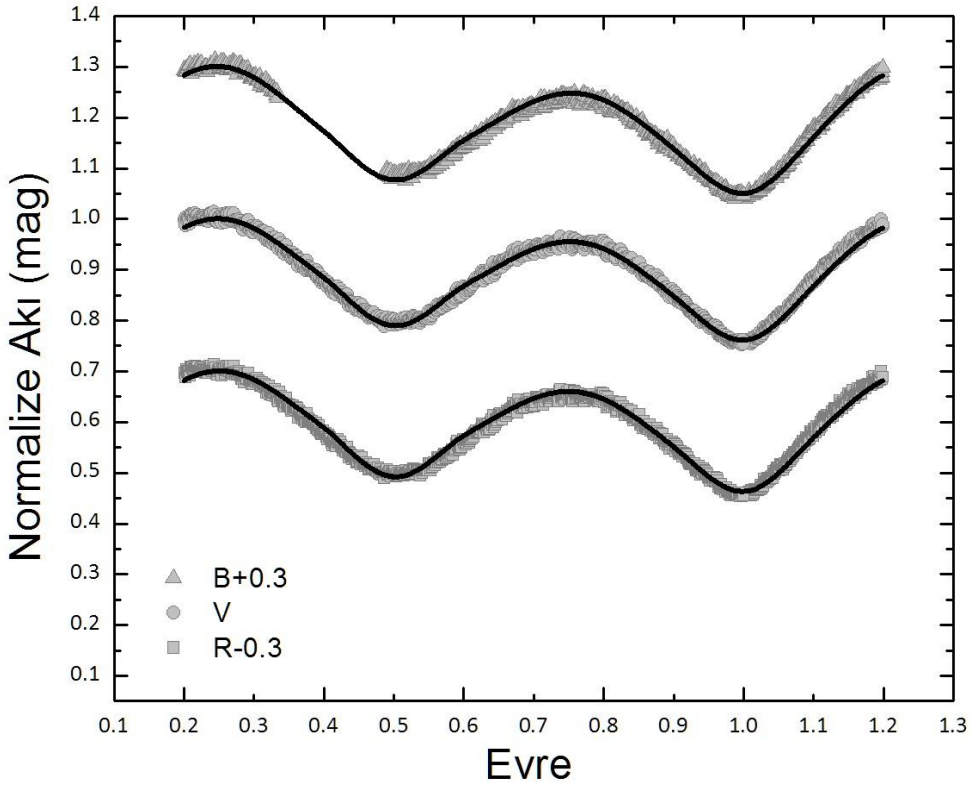
V376 And (GSC 3303 979) değen çift yıldız sistemi Hipparcos görevi **(ESA, 1997)** sırasında keşfedilmiştir. **Rucinski vd. (2001)** sistemin A-alttürü olduğunu, tayf türünün ise tahminen A4 olduğu belirtmiştir. Bilinen çok az sayıda erken tayf türü değen çift yıldız sistemi vardır **(Zola vd., 2010). Rucinski vd. (2001)** sistemin dönemini, bileşenlerin kütle oranını ve ortalama hızını sırasıyla P=0.798669 gün, q=0.305 ve V_0=22.83 km/s olarak hesaplamıştır. Ayrıca V376 And sisteminin varlığının bize açıkça dış konvektif zarfın bileşenler arasında iyi bir ısısal ilişki için gerekli şart olmadığını gösterdiğini söylemiştir. **Çiçek (2011)** çalışmasında sistemin ışık eğrisinin maksimum olduğu bölgelerde asitmetri olduğunu belirtmiş ve iki ayrı çözümde sıcak ve soğuk leke modeli uygulamıştır.

Proje kapsamında bu yıldız için elde edilen fotometrik veriler, **Rucinski vd. (2001)** tarafından elde edilen dikine hız verileriyle eş zamanlı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen ışık eğrisinin maksimum noktaları arasında yaklaşık 0.07 kadir parlaklık farkına karşılık gelen bir asimetri vardır. **Djurasevic vd. (2008)** çalışmasında 2003 ve 2004 yıllarında sistemin farklı konumlarda elde edilen ışık eğrilerini analiz etmiştir. Sistemin analizi yapılırken, kütlesi büyük olan birinci bileşenin sıcaklığı olarak **Djurasevic vd. (2008)** tarafından kullanılan 8460K değeri alınmış ve ikinci bileşene soğuk leke modeli uygulanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürdeki sonuçlarla birlikte Tablo 15'te gösterilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri Şekil 27'de, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 28'de gösterilmiştir.

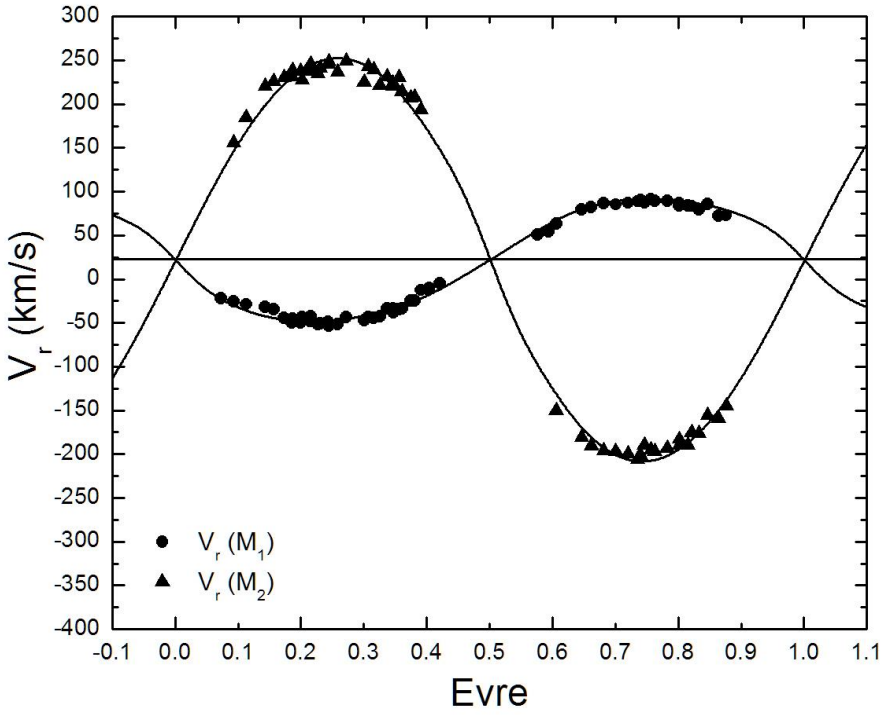
Tablo 15. V376 And sisteminin ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Djurasevic vd. (2008)		Zola vd. (2010) (BVRI)	Bu Çalışma (BVR)
T_0 (HJD)	2448500.7431 ± 0.0041	2448500.7431 ± 0.0041	2452500.4920	2452500.4890
P (gün)	0.79867150 ± 0.00000090	0.79867150 ± 0.00000090	0.79867200	0.79867600
i (º)	61.6 ± 0.3	62.0 ± 0.4	61.9 ± 0.4	62.518 ± 0.214
T_1 (K)	8460	8460	8350	8460
T_2 (K)	7620 ± 31	7583 ± 37	7335 ± 120	7727 ± 21
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.4096	2.3723	2.463 ± 0.004	2.446 ± 0.005
q	0.305 ± 0.005	0.305 ± 0.005	0.320	0.316 ± 0.002
x_1	-	-	-	0.661
x_2	-	-	-	0.641
$A_1 = A_2$	0.5	0.5	-	1
$g_1 = g_2$	0.08	0.08	-	1
$L_1/(L_{Top})$ (U)	-	0.833	-	-
$L_1/(L_{Top})$ (B)	0.817	0.827	0.7803 ± 0.0096	0.7085 ± 0.0089
$L_1/(L_{Top})$ (V)	0.811	0.822	0.7538 ± 0.0086	0.6937 ± 0.0092

$L_1/(L_{Top})$ (R)	-	-	0.7435 ± 0.0079	0.7030 ± 0.0090
$L_1/(L_{Top})$ (I)	-	-	-	-
$L_2/(L_{Top})$ (U)	-	0.167	-	-
$L_2/(L_{Top})$ (B)	0.183	0.173	0.1629	0.1721
$L_2/(L_{Top})$ (V)	0.189	0.178	0.1729	0.1811
$L_2/(L_{Top})$ (R)	-	-	0.1825	0.1962
$L_2/(L_{Top})$ (I)	-	-	-	-
r_1 (pole)	-	-	-	0.4630 ± 0.0005
r_1 (side)	-	-	0.4966 ± 0.0011	0.5002 ± 0.0007
r_1 (back)	-	-	-	0.5297 ± 0.0008
r_2 (pole)	-	-	-	0.2768 ± 0.0016
r_2 (side)	-	-	0.2890 ± 0.0011	0.2901 ± 0.0019
r_2 (back)	-	-	-	0.3330 ± 0.0038
f (%)	55	36	25	28.18
Leke Paramet.	**2. Bileşen**			
θ (derece)	101.2 ± 3.6	118.3 ± 3.4	102.2 ± 8.9	108
ϕ (derece)	285.0 ± 3.7	271.0 ± 4.3	104.0 ± 3.1	85
r (derece)	48.8 ± 0.8	38.4 ± 0.8	22.8 ± 6.0	23.4
$T_f=T_d/T_s$	0.77 ± 0.03	0.86 ± 0.03	0.788 ± 0.041	0.770



Şekil 27. V376 And sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri. Analiz sonucu elde edilen kuramsal ışık eğrileri düz çizgi ile gösterilmektedir.

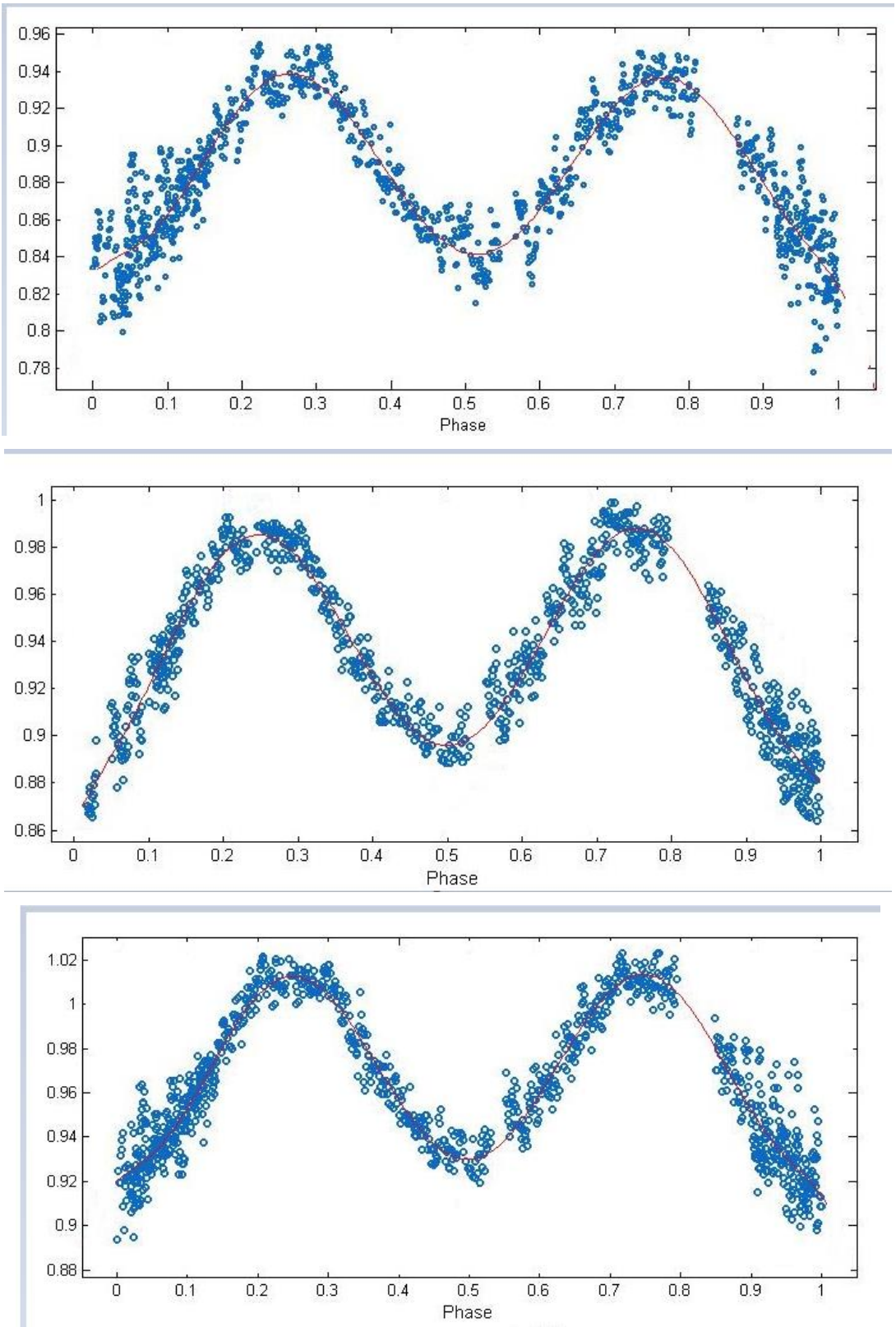


Şekil 28. V376 And sisteminin dikine hız eğrisi. Dairesel şekiller birinci bileşeni, üçgen şekiller ikinci bileşeni temsil etmektedir. Düz çizgi ise sistemin ortalama dikine hızını (22.83 km/s) göstermektedir.

5.1.14 V2150 Cyg

V2150 Cyg (HIP 105162) Hipparcos uydusu tarafından keşfedilen bir örten çift yıldız sistemidir. Küçük bir fotometrik genlik (0.12 kadir) gösteren sistemin tayf türü **Abt (1981)**'de A5 V olarak verilmiştir. Sistemin tayf gözlemleri **Lu vd. (2001)** tarafından yapılarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda kütle oranı 0.802, mutlak parlaklığı 1.21±0.74 olarak elde edilmiş, tayf türüde A6 V olarak düzeltilmiştir. Aynı çalışmada sistemin A türü bir W UMa olduğu belirtilmiştir. **Kreiner vd. (2003)** ışık eğrisi analizini yapmıştır. Sistemin Hipparcos uydusu gözlemlerinin analizi **Selam (2004)** tarafından yapılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, yıldızın ışık eğrisi analizini yapmış olan **Kreiner vd. (2003)**'teki sonuçlarla birlikte Tablo 16'da ve gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri ise Şekil 29'da gösterilmiştir.



Şekil 29. V2150 Cyg'nin yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla B, V, R filtresindeki ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileriyle uyumu.

Tablo 16. V2150 Cyg'nin ışık eğrisi analiz sonuçları.

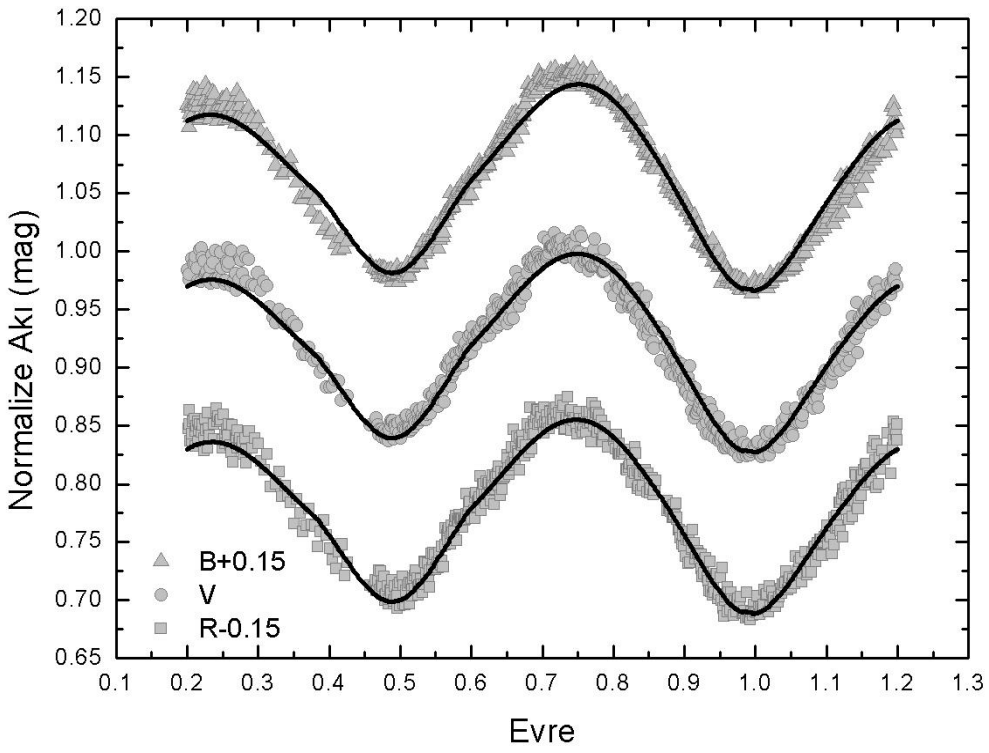
Parametre	Kreiner vd. (2003)	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2452477.4250	2452500.5220
P (gün)	0.591856	0.591856
i (º)	43.39 ± 0.84	46.218 ± 0.090
T_1 (K)	8000	8000
T_2 (K)	7920 ± 84	7680 ± 46
$\Omega_1 = \Omega_2$	3.318 ± 0.010	3.560 ± 0.005
q	0.802	0.868 ± 0.002
x_1	-	0.500
x_2	-	0.500
$A_1 = A_2$	-	0.5
$g_1 = g_2$	-	0.32
$L_1/(L_{Toplam})$(B)	5.593 ± 0.180	5.490 ± 0.120
$L_1/(L_{Toplam})$(V)	4.785 ± 0.030	4.688 ± 0.031
$L_1/(L_{Toplam})$(R)	4.872	4.746 ± 0.091
$L_2/(L_{Toplam})$(B)	4.404	4.5101
$L_2/(L_{Toplam})$(V)	3.795	3.3718
$L_2/(L_{Toplam})$(R)	3.883	3.3535
r_1 (pole)	0.4649 ± 0.0022	0.449 ± 0.003
r_1 (side)	0.4132 ± 0.0019	0.482 ± 0.002
r_1 (back)	0.4509 ± 0.0017	0.532 ± 0.001
r_2 (pole)	0.3528 ± 0.0015	0.285 ± 0.004
r_2 (side)	0.3723 ± 0.0019	0.298 ± 0.003
r_2 (back)	0.4130 ± 0.0019	0.338 ± 0.008
f (%)	19	20.56 ± 3.36

5.1.15 OU Ser

OU Ser, (HIP 75269, HD 136924) Hipparcos görevi tarafından keşfedilen W UMa türü, yüksek hızlı değişen bir çift yıldız sistemidir. **Olsen (1994)** sistemin Stromgren fotometrisini elde ederek tayf türünü G1/G2V olarak belirlemiştir. **Rucinski vd. (2000)** radyal hız ölçüm değerlerini vermiş, sistemin tayf türünü F9/G0 olarak güncellemiş ve yörünge elemanlarını elde etmiştir. Sistemin küçük kütle oranına sahip A tipi bir W UMa olduğunu tanımlamıştır. Sistemin ilk yer tabanlı fotoelektrik gözlemleri **Pribulla ve Vanko (2002)** tarafından yapılmış, B ve V filtrelerinde ışık eğrileri analiz edilmiştir. Hipparcos verilerine göre birinci minimum

derinliğinin daha sığ olduğunu görmüş ve W tipi bir W UMa olduğunu bulmuştur. Tayfsal ve fotometrik veriler analiz edilerek, sistemin mutlak parametreleri verilmiştir. **Yeşilyaprak (2002)** V filtresinde yaptığı gözlemler sonucu OU Ser'in ışık eğrisini ve 4 yeni minimum zamanını elde etmiştir. **Zola vd. (2005)** BVR filtrelerinde elde ettikleri ışık eğrilerini tayfsal veriler ile eş zamanlı analiz etmiş ve sistemin fiziksel parametrelerine ulaşmıştır. Üçüncü bir ışık varlığına dair bulgu bulunamamıştır. **Bilir vd. (2005)** yaptığı çalışmada sistemin kinematik ve fiziksel parametrelerini hesaplamıştır. **Deb ve Singh (2011)** OU Ser'in **ASAS** veri tabanındaki verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada ışık eğrisini modellemiş, sistemin fiziksel ve geometrik parametrelerini elde etmişlerdir.

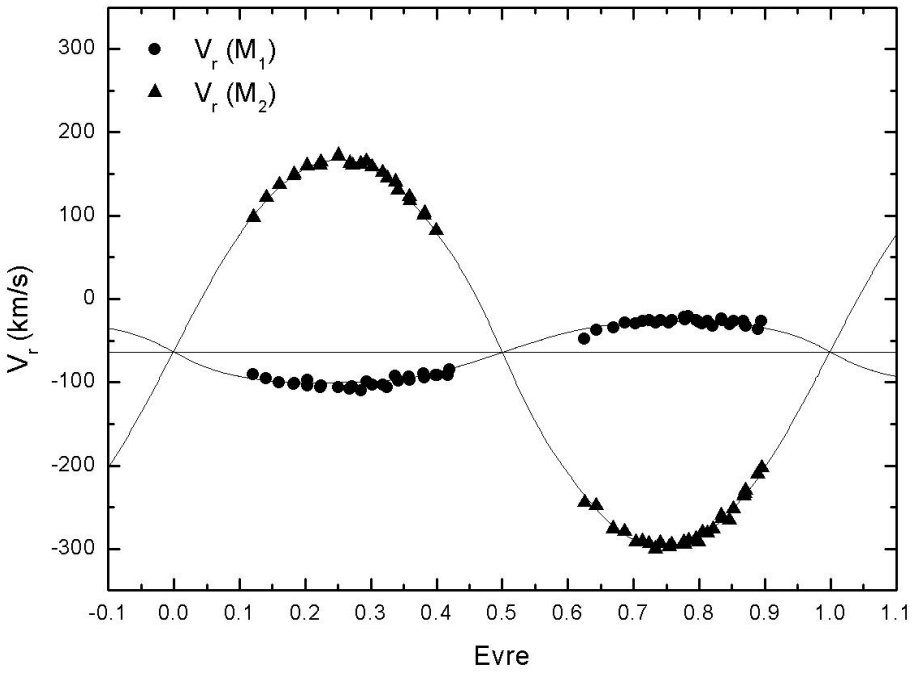
Proje kapsamında bu yıldız için elde edilen fotometrik veriler, **Rucinski vd. (2000)** tarafından elde edilen dikine hız verileriyle eş zamanlı olarak analiz edilmiştir. Sistemin birinci bileşenin sıcaklığı **Pribulla ve Vanko (2002)** tarafından kullanılan 5960 K değeri olarak sabit parametre alınmıştır. Işık eğrilerinde I. ve II. maksimumlarda görülen yaklaşık 0.03 parlaklık farkının O'Connell etkisinden kaynaklandığı düşünülmüş ve ikinci bileşene soğuk leke yerleştirilip çözüme gidilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürdeki sonuçlarla birlikte Tablo 17'de ve gözlemsel ve kuramsal ışık eğrilerinin uyumu Şekil 30'da, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 31'de gösterilmiştir.



Şekil 30. OU Ser sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri. Analiz sonucu elde edilen kuramsal ışık eğrileri düz çizgi ile gösterilmektedir.

Tablo 17. OU Ser'in ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Pribulla ve Vanko (2002) (BV)	Zola vd. (2005) (BVR)	Deb ve Singh (2011) (V)	Bu Çalışma (Lekeli) (BVR)
T_0 (HJD)	2452052.4200	2452500.0710	2454891.8585	2457174.4626
P (gün)	0.296764	0.296759	0.296768	0.2967695
i (º)	54.23 ± 0.41	52.1 ± 0.8	50.47 ± 2.24	58.688 ± 0.336
T_1 (K)	5960	5950	5940 ± 144	5960
T_2 (K)	6380	6226 ± 73	5759 ± 283	5756 ± 35
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.1300 ± 0.0030	2.113 ± 0.007	2.090 ± 0.017	2.1388 ± 0.0074
q	0.173	0.172	0.173 ± 0.017	0.1729 ± 0.0005
x_1	-	-	0.73	0.647
x_2	-	-	0.73	0.648
$A_1 = A_2$	-	-	-	0.5
$g_1 = g_2$	-	-	-	0.32
$L_1/(L_{Top})$(B)	0.7707 ± 0.0017	0.7868 ± 0.123	-	0.8554 ± 0.0369
$L_1/(L_{Top})$(V)	0.7778 ± 0.0014	0.7914 ± 0.112	-	0.8485 ± 0.0373
$L_1/(L_{Top})$(R)	-	0.7964 ± 0.104	-	0.8446 ± 0.0376
$L_1/(L_{Top})$(I)	-	-	-	-
$L_2/(L_{Top})$(B)	-	0.2132	-	0.1446
$L_2/(L_{Top})$(V)	-	0.2086	-	0.1515
$L_2/(L_{Top})$(R)	-	0.2036	-	0.1554
$L_2/(L_{Top})$(I)	-	-	-	-
r_1 (pole)	-	-	-	0.5051 ± 0.0001
r_1 (side)	-	0.5624 ± 0.0028	-	0.5551 ± 0.0002
r_1 (back)	-	-	-	0.5799 ± 0.0003
r_2 (pole)	-	-	-	0.2362 ± 0.0008
r_2 (side)	-	0.2483 ± 0.0026	-	0.2471 ± 0.0010
r_2 (back)	-	-	-	0.2910 ± 0.0023
r_1	0.5477 ± 0.0011	-	0.552 ± 0.005	-
r_2	0.2542 ± 0.0014	-	0.260 ± 0.006	-
f (%)	31	44	68	23
Leke Paramet.				**2. Bileşene**
θ (derece)	-	-	-	90
ϕ (derece)	-	-	-	110
r (derece)	-	-	-	35
$T_f=T_d/T_s$	-	-	-	0.87



Şekil 31. OU Ser sisteminin dikine hız eğrisi. Dairesel şekiller birinci bileşeni, üçgen şekiller ikinci bileşeni temsil etmektedir. Düz çizgi ise sistemin ortalama dikine hızını göstermektedir.

5.1.16 GSC 3581 1856

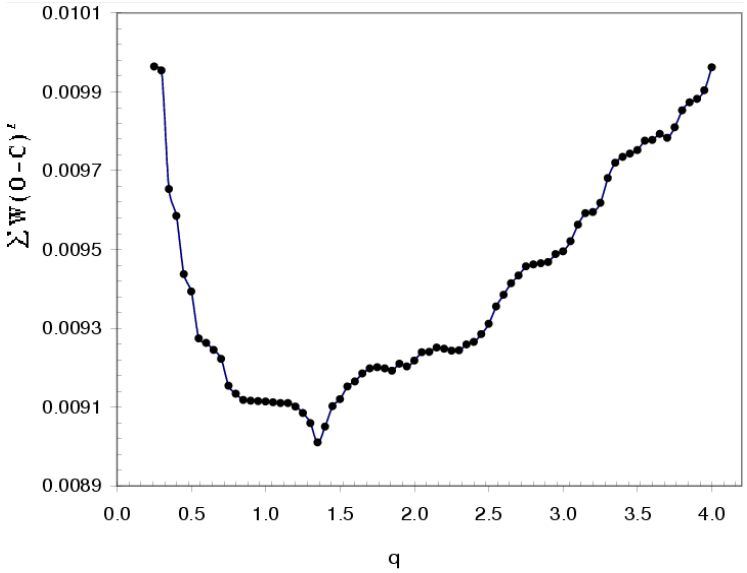
GSC 3581 1856 değen çift yıldız sistemi **Otero vd. (2004)** tarafından yayınlanan ve NSVS gözlemlerinden belirlenen yeni örten çift yıldızlar arasında yer almaktadır. Aynı çalışmada sistemin dönemi 0.278537 gün tayf türü ise G5-8V olarak verilmiştir. Sistemin literatürde ne fotometrik ne de tayfsal çalışması bulunmaktadır. Proje kapsamında sistemin yeni gözlemleri yapılarak analiz edilmiş fotometrik ve mutlak parametreleri hesaplanmıştır. Bu sonuçlar makaleye dönüştürülerek yayınlanmıştır **(Bulut vd., 2018)**.

Sistemin daha önce yapılmış tayf çalışması olmadığından kütle oranını (q) belirlemek için 0.2-4.0 aralığında q taraması yapılmıştır. Taramayla elde edilen sonuçlar Şekil 32'de görülmektedir. Buna göre q = 1.35 değerinde, fark kareler toplamı ($\sum W(O-C)^2$) minimum olmuştur. Bu değer kütle oranı için ilk değer girilerek BVRI ışık eğrilerinin birlikte çözümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuç değerler Tablo 18'de gözlemsel ışık eğrilerinin teorik eğrilerle uyumu ise Şekil 33'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre sistem W-türü değen çift yıldız olup doldurma parametresi f = %16.89 ± 3.17 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca daha küçük ve düşük kütleli bileşen sıcak bileşen olarak bulunmuştur. Muhtemelen büyük kütleli bileşenin

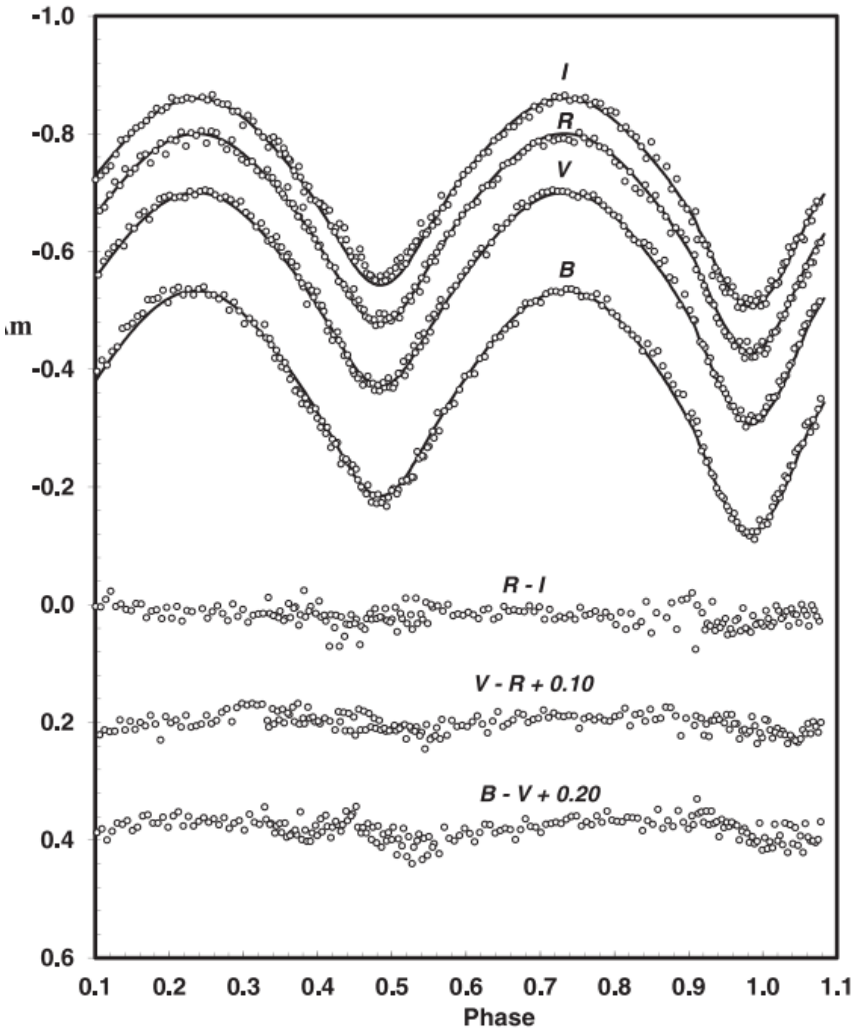
etrafında disk olabileceği öngörülmektedir. Değen çift yıldız evrimi süresi boyunca birinci bileşen kütlesinin %30'unu transfer etmiştir.

Tablo 18. GSC 3581 1856'nın ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2457283.5170
P (gün)	0.27851370
i (º)	64.33 ± 0.04
T_1 (K)	5590
T_2 (K)	5295 ± 8
$\Omega_1 = \Omega_2$	4.1873 ± 0.0048
q	1.3362 ± 0.0042
x_1	0.842 (B) 0.771 (V) 0.679 (R) 0.584 (I)
x_2	0.842 (B) 0.771 (V) 0.679 (R) 0.584 (I)
$A_1 = A_2$	0.5
$g_1 = g_2$	0.32
$L_1 /(L_{Toplam})$(B)	0.513 ± 0.025
$L_1 /(L_{Toplam})$(V)	0.512 ± 0.022
$L_1 /(L_{Toplam})$(R)	0.492 ± 0.020
$L_1 /(L_{Toplam})$(I)	0.473 ± 0.020
$L_2/(L_{Toplam})$(B)	0.487
$L_2/(L_{Toplam})$(V)	0.488
$L_2/(L_{Toplam})$(R)	0.508
$L_2/(L_{Toplam})$(I)	0.527
r_1 (pole)	0.3414 ± 0.0007
r_1 (side)	0.3591 ± 0.0008
r_1 (back)	0.3967 ± 0.0014
r_2 (pole)	0.3906 ± 0.0006
r_2 (side)	0.4138 ± 0.0008
r_2 (back)	0.4482 ± 0.0012
f (%)	16.89 ± 3.17



Şekil 32. GSC 3581 1856 için V ışık eğrisinde yapılan kütle oranı taraması.

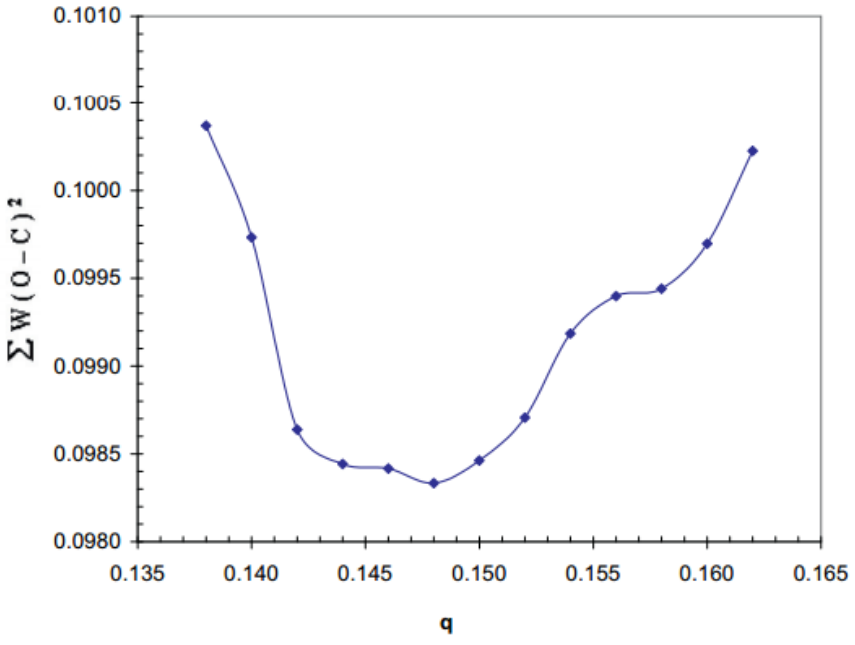


Şekil 33. GSC 3581 1856'nın BVRI gözlemsel ışık eğrilerinin kuramsal ışık eğrileri ile uyumu.

5.1.17 GSC 1042 2191

GSC 1042 2191 değen çift yıldız sistemi **Otero vd. (2004)** tarafından yayınlanan ve NSVS gözlemlerinden belirlenen yeni örten çift yıldızlar arasında yer almaktadır. Bu çalışmada sistemin dönemi 0.423796 gün olarak verilmiştir. Sistemin literatürde ne fotometrik nede tayfsal çalışması bulunmaktadır.

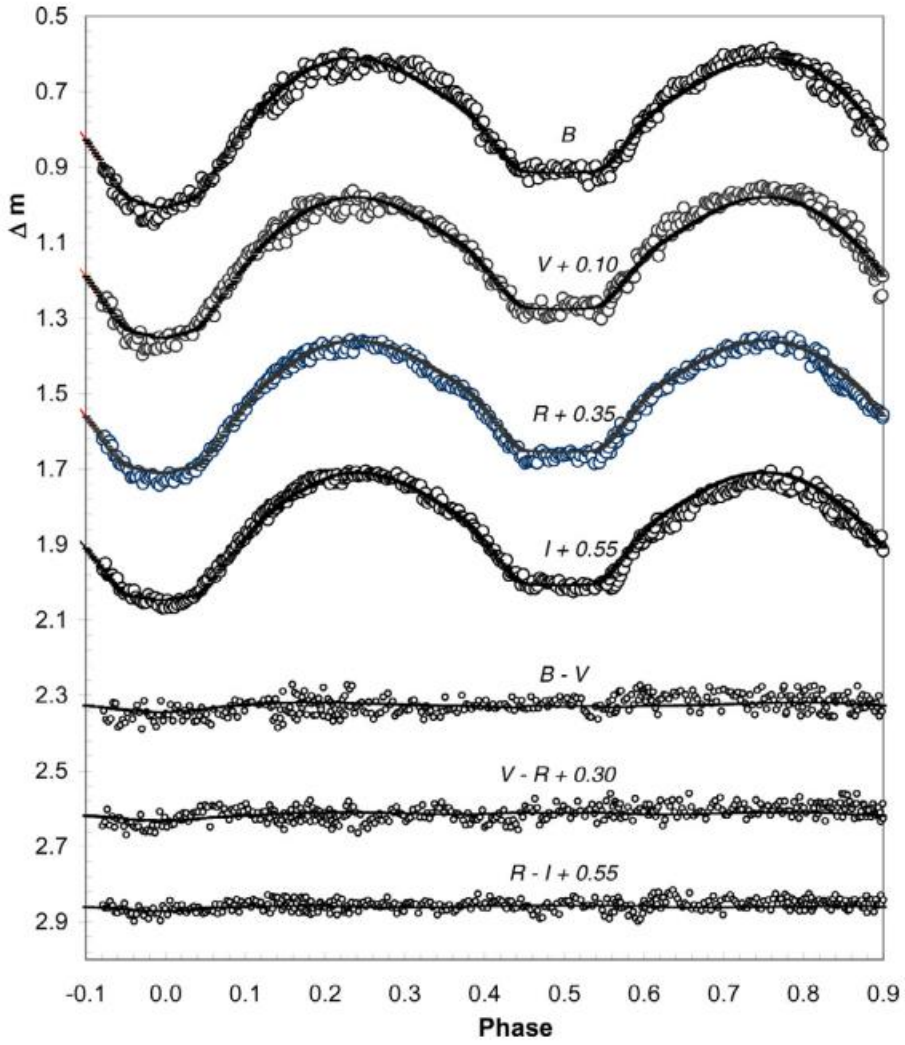
Sistemin daha önce yapılmış tayfsal çalışması olmadığından kütle oranını (q) belirlemek için 0.2–1.0 aralığında q taraması yapılmıştır. Taramayla elde edilen sonuçlar Şekil 34'te görülmektedir. Buna göre q = 0.148 değerinde fark kareler toplamı ($\sum W(O-C)^2$) minimum olmuştur. Bu değer kütle oranı için ilk değer girilerek BVRI ışık eğrilerinin birlikte çözümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuç değerler Tablo 19'da, gözlemsel ışık eğrilerinin teorik eğrilerle uyumu ise Şekil 35'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre A-tipi değen çift yıldız olup doldurma parametresi %77 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu çalışma makaleye dönüştürülüp yayınlanmıştır **(Bulut vd., 2017)**.



Şekil 34. GSC 1042 2191 için V ışık eğrisinde yapılan kütle oranı taraması**.**

Tablo 19. GSC 1042 2191'in ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2456841.3245
P (gün)	0.4238006
i (º)	80.49 ± 0.12
T_1 (K)	6315
T_2 (K)	6114 ± 15
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.0303 ± 0.0049
q	0.1464 ± 0.0017
x_1	0.812(B) 0.720(V) 0.627(R) 0.535(I)
x_2	0.811(B) 0.719(V) 0.626(R) 0.534(I)
$A_1 = A_2$	0.5
$g_1 = g_2$	0.32
$L_1 /(L_{Toplam})$(B)	0.869 ± 0.019
$L_1 /(L_{Toplam})$(V)	0.863 ± 0.016
$L_1 /(L_{Toplam})$(R)	0.854 ± 0.015
$L_1 /(L_{Toplam})$(I)	0.847 ± 0.013
$L_2/(L_{Toplam})$(B)	0.131
$L_2/(L_{Toplam})$(V)	0.137
$L_2/(L_{Toplam})$(R)	0.146
$L_2/(L_{Toplam})$(I)	0.153
r_1 (pole)	0.5273 ± 0.0014
r_1 (side)	0.5874 ± 0.0023
r_1 (back)	0.6128 ± 0.0029
r_2 (pole)	0.2312 ± 0.0042
r_2 (side)	0.2434 ± 0.0053
r_2 (back)	0.3048 ± 0.0078
f (%)	65.01 ± 12.18



Şekil 35. GSC 1042 2191'in BVRI gözlemsel ışık eğrilerinin, kuramsal ışık eğrileri ile uyumu.

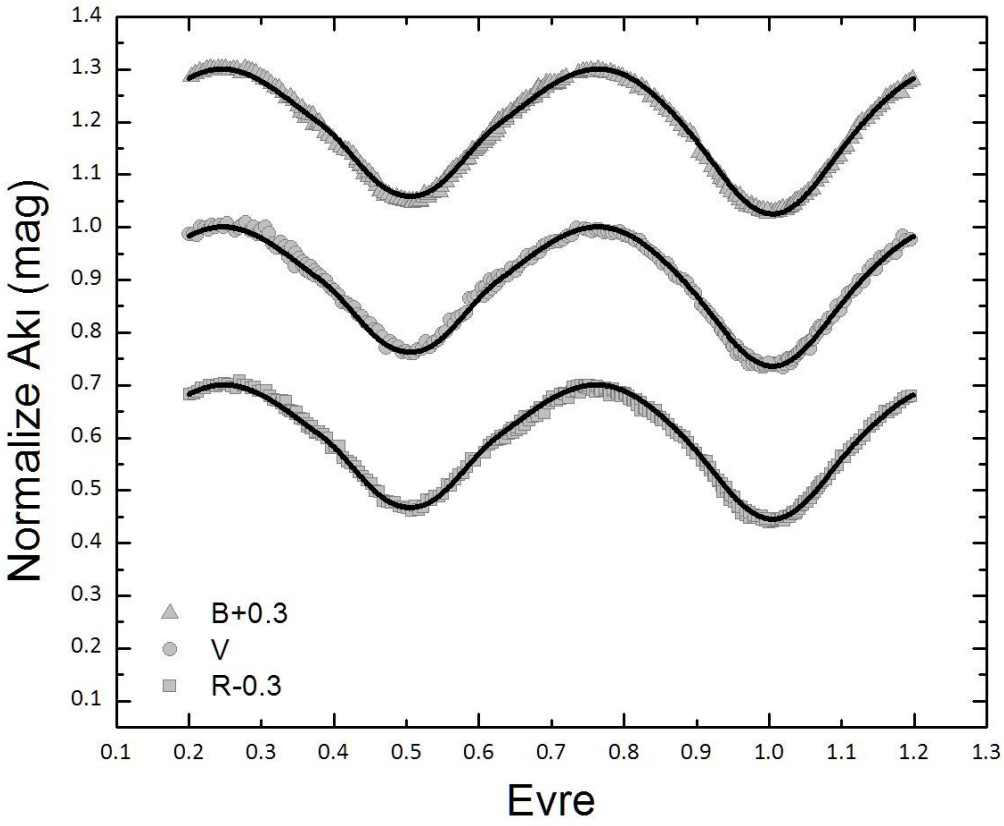
5.1.18 XY Boo

A-alt türü W UMa türü bir örten çift yıldız olan XY Boo (GSC 1466 122) sisteminin değişen olduğu **Hoffmeister (1935)** tarafından keşfedilmiştir. **Wood (1965)** sistemin dönemini 0.37054 gün olarak belirlemiştir. **Binnendijk (1971)** tarafından yapılan fotometrik gözlemler **Winkler (1977)** tarafından analiz edilerek sistemin fotometrik parametreleri elde edilmiştir. **Winkler (1977)** bu fotometrik çalışmasında kendisi ve **Binnendijk (1971)** tarafından elde edilen ışık eğrilerinden sistemin kütle oranını sırasıyla q=0.1818 ve q=0.1845 olarak hesaplamıştır. Daha sonraki zamanlarda **Awadalla ve Yamasaki (1984) ve Yang vd. (2005)** tarafından fotometrik olarak gözlenip analizleri yapılmıştır. XY Boo'nun ilk tayfsal gözlemi **McLean ve Hilditch (1983)** tarafından yapılmıştır. **McLean ve Hilditch (1983)** XY Boo sisteminin tayfsal olarak kütle oranını q=0.16 hesaplamıştır. Sistemin farklı araştırmacılar **(Awadalla ve Yamasaki, 1984; Molik ve Wolf, 1998; vb.)** tarafından dönem değişimi de incelenmiştir.

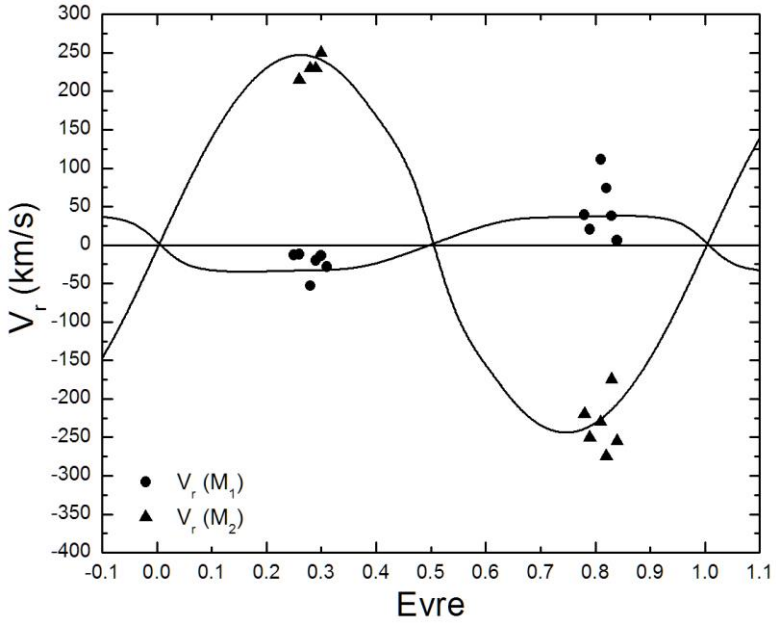
Proje kapsamında ÇOMÜ Gözlemevi'nde bu yıldız için elde edilen ışık eğrileri ve **McLean ve Hilditch (1983)** tarafından elde edilen dikine hız verileri eş zamanlı olarak analiz edilmiştir. Analizlerde birinci bileşenin sıcaklığı **Pribulla vd. (2003)** tarafından belirlenen 7200K değeri kullanılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürdeki sonuçlarla birlikte Tablo 20'de gösterilmiştir. Gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri Şekil 36'da, yıldızın radyal hız eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu da Şekil 37'de gösterilmiştir.

Tablo 20. XY Boo sisteminin ışık eğrisi analiz sonuçları.

Parametre	Binnendijk (1971)	Winkler (1977)	Awadalla ve Yamasaki (1984)	Yang vd. (2005)	Bu Çalışma
T_0 (HJD)	2440389.7321	2439953.962	2440389.732	2453774.6988 ± 0.0002	2457877.465643
P (gün)	0.37055251	0.370546	0.37055251	0.37055240	0.3705663
i (º)	69.5 ± 0.75	68.97± 0.16	70 ± 1.0	69 ± 0.2	69.885 ± 0.870
T_1 (K)	6250	7200	6500	6324	7200
T_2 (K)	-	6900	6500	6307 ± 24	6868 ± 48
$\Omega_1 = \Omega_2$	-	2.129 ± 0.018	-	2.0757 ± 0.0053	2.0746 ± 0.0118
q	-	0.1845 ± 0.0010	0.16	0.1855 ± 0.0026	0.1646 ± 0.0056
x_1	-	0.63	0.58	0.534	0.643
x_2	-	0.77	0.72	0.535	0.642
$A_1 = A_2$	-	0.5	0.5	0.5	0.50
$g_1 = g_2$	-	0.32	0.32	0.32	0.32
$L_1/(L_{Top})$(B)	0.797 ± 0.005	0.806 ± 0.005	0.812 ± 0.005	0.8109 ± 0.037	0.8514 ± 0.0488
$L_1/(L_{Top})$(V)	0.801 ± 0.005	0.800 ± 0.005	0.788 ± 0.01	0.8106 ± 0.035	0.8451 ± 0.0464
$L_1/(L_{Top})$(R)	-	-	-	-	0.8411 ± 0.0446
$L_2/(L_{Top})$(B)	0.203 ± 0.005	0.194 ± 0.005	0.188 ± 0.005	0.1891	0.1486
$L_2/(L_{Top})$(V)	0.199 ± 0.005	0.200 ± 0.005	0.212 ± 0.010	0.1894	0.1549
$L_2/(L_{Top})$(R)	-	-	-	-	0.1589
$L_3/(L_{Top})$(B)	-	-	-	-	-
$L_3/(L_{Top})$(V)	-	-	-	-	-
$L_3/(L_{Top})$(R)	-	-	-	-	-
r_1 (pole)	0.518	0.517	0.520	0.5279 ± 0.0026	0.5185 ± 0.0016
r_1 (side)	0.574 ± 0.002	0.572 ± 0.002	0.576 ± 0.004	0.5884 ± 0.0042	0.5749 ± 0.0025
r_1 (back)	0.600	0.597	0.603	0.6137 ± 0.0054	0.6017 ± 0.0029
r_2 (pole)	0.236	0.234	0.238	0.2307 ± 0.0084	0.2404 ± 0.0097
r_2 (side)	0.248 ± 0.002	0.246 ± 0.002	0.250	0.2430 ± 0.0106	0.2531 ± 0.0122
r_2 (back)	0.304	0.298	0.309	0.3048 ± 0.0356	0.3136 ± 0.0376
f (%)	-	-	-	67.40	63.69



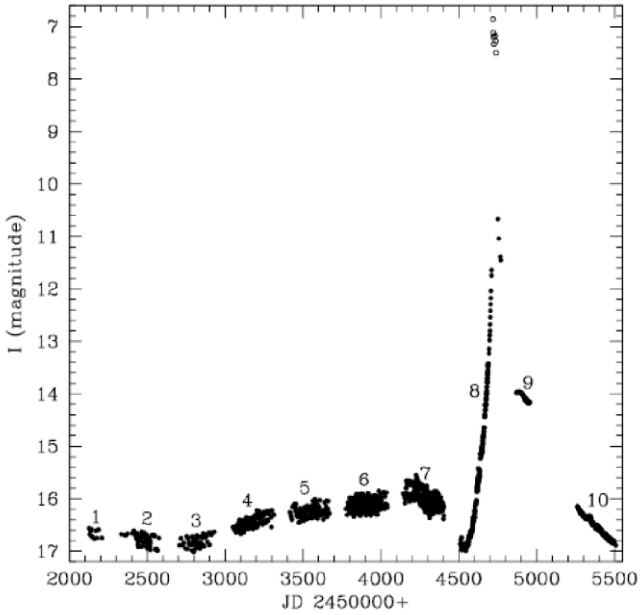
Şekil 36. XY Boo sisteminin B, V, R filtrelerindeki ışık eğrileri. Analiz sonucu elde edilen kuramsal ışık eğrileri düz çizgi ile gösterilmektedir.



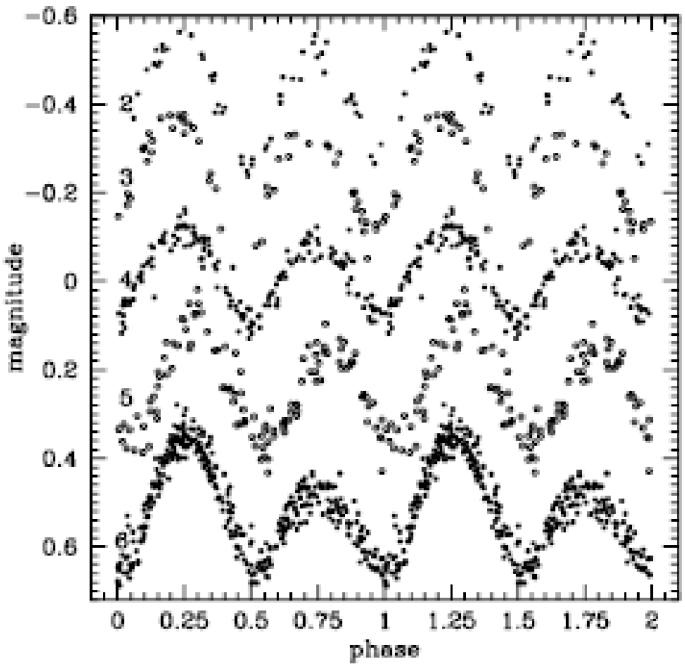
Şekil 37. XY Boo sisteminin dikine hız eğrisi. Dairesel şekiller birinci bileşeni, üçgen şekiller ikinci bileşeni temsil etmektedir.

5.1.19 V1309 Sco

Nova Sco 2008, **Nakano vd. (2009)** tarafından 2 Eylül 2008'de keşfedilmiştir (ID 2454712). Bunun bir V838 Mon tipi kırmızı nova salınımı olduğu, birkaç ayda yaklaşık parlaklığının 10 kadir arttığı, daha sonra 8 ayda da parlaklığı düşerek etkin sıcaklığı geç M tipi bir devin seviyesine indiği tespit edilmiştir **(Mason vd. 2010, Tylenda ve Soker 2006)**. Nova Sco 2008, patlamadan önceki 8 yıl boyunca OGLE-III ve OGLE-IV projelerinde **(Udalski, 2003)** izlenen alanın içinde yer almış, Ağustos 2001'den, cismin Eylül 2008'de bir nova olarak keşfine kadar Cousins fotometrik sisteminin I bandında yaklaşık 1340 gözlemi yapılmıştır (Şekil 38) **(Udalski vd., 2008)**. **Tylenda vd. (2011)** eski gözlemlerdeki büyük saçılmalardan (yaklaşık 0.5 kadir) Nova Sco 2008'ın öncesinde kısa dönemli W UMa tipi değen çift sistem V1309 Sco olduğunu keşfetmiştir. Tüm gözlem verileri kullanarak 2002-2007 zaman aralığı için V1309 Sco'nın birkaç tane ışık eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 39). Bu ışık eğrisinden 1.4 günlük döneminin hızla kısalmakta olduğu belirlenmiştir (6 yıl içinde %1.2). Bu durum Tablo 21'de görülebilir. 2007'de ışık eğrilerindeki ikinci maksimum hızla azalmakta, kırmızı nova patlamasından hemen önce iki bileşeninin birleşmesiyle hızlı dönen basit bir nesneyi oluşturacak şekilde kaybolmaktadır. Hiç şüphe yok ki, V1309 Sco'nun kırmızı nova patlaması (Nova Sco 2008), ikili bileşenlerin birleşmesinin bir sonucudur.



Şekil 38. V1309 Sco'nun OGLE projesi kapsamında 2001-2010 yılları arasında I filtresinde yapılmış olan gözlemlerinden oluşturulan ışık değişimi. Grafikteki rakamlar gözlem yıllarının son rakamlarıdır. 2001-2007 gözlemleri ÖGLE Projesi gözlemleri, diğerleri ise AAVSO gözlemleridir (Tylenda vd. 2011).



Şekil 39. V1309 Sco'nun 2001-2006 yılları arasında yıllık ortalama ışık eğrileri (Tylenda vd. 2011).

Tylenda vd. (2011), V1309 Sco'nun atasının etkin sıcaklığını K1-2 III tayf türünü kullanarak 4500 K olarak tahmin etmiştir. Tayf türü 2006 gözlemleri (V - I = 2.15) ve yıldızlararası kırmızılaşma E_{B-V} = 0.8 kullanılarak belirlenmiştir. Aynı araştırmacılar Roche geometrisini kullanılarak değen çiftin toplam kütlesinin 1.0 $M_{\odot}$ <M_1+M_2 < 3.0 $M_{\odot}$ ve kütle oranının 0.07 < q < 1.0 olduğunu, bileşenler arası uzaklığın 5.4 $R_{\odot}$ < a < 7.7 $R_{\odot}$, ışınım gücünün de 3.0 < L /$L_{\odot}$ < 8.6 olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, bolometrik düzeltme ve yıldızlararası kırmızılaşmayı göz önüne alıp, 2006 yılında gözlemlenen ortalama parlaklığı V = 18.22 kullanarak, yıldıza olan uzaklığın yaklaşık 3.0 ± 0.7 kpc olduğunu tahmin etmişlerdir. Tüm tahminler Nova Sco 2008'in atasının, kırmızı dev sınıfının başında yaklaşık 1.0 $M_{\odot}$ kütleli bir yıldızın teorik evrim yoluyla uyumlu olduğunu göstermektedir.

Yukarıda ifade edilen tahminler kabaca yapılmış tahminlerdir. Olayın daha iyi anlaşılabilmesi için patlama öncesi ışık eğrilerinin detaylı olarak analiz edilmesi ve ikili sistemin fiziksel özelliklerinin elde edilmesi gerekmektedir. Yalnızca 2002 ışık eğrisi **Li vd. (2016)** tarafından çözülmüştür. Aynı makalede 2004 ışık eğrisinin çözülemediği belirtilerek, bu durum 2004 yılında ikili sistemin ortak konvektif zarfının kaybolduğu ve ikincil bileşenin birinci bileşenin zarfının içinde kaldığı şeklinde yorumlanmıştır. Bununla birlikte, **Tylenda vd. (2011)** ışık eğrilerinin şeklini ve argümanları göz önüne alarak ikinci bileşenin 2007'de meydana geldiğini ve ana patlamanın Mart 2008'de başladığını ifade etmektedir. Sonuç olarak öncü

ikili sistemin fiziksel özellikleri, mutlak parametreleri ve bu parametrelerin evrimi hala bilinmemektedir. Bu çalışmada, kırmızı nova patlaması öncesinde varlığı belirlenen ikili sistem V1309 Sco'nun tüm mevcut gözlem verilerini kullanarak, fiziksel özelliklerini elde etmek, mutlak boyutlarını tahmin etmek ve sistemin birleşmeye doğru evrimini daha iyi anlamak amaçlanmıştır.

V1309 Sco'nın OGLE-III ve OGLE-IV projelerinde elde edilen ve Şekil 39'da verilen ışık eğrilerinden 2, 3, 5 ve 6 numaralı ışık eğrileri analiz edilerek sonuçlar sunulmuştur. 4 numaralı ışık eğrisinin özellikle maksimum ve minimumlarında gözlem noktalarının çok saçılmalı olması nedeniyle anlamlı bir sonuca ulaşılamamıştır.

V1309 Sco'nun ışık eğrilerinin çözümleri birbirinden bağımsız olarak **PHOEBE** programı kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle çözümlerde sistemin fiziğine uygun olarak bazı parametreler için başlangıç değerleri belirlenmiştir. Buna göre birinci (sıcak) bileşenin sıcaklığı için **Tylenda vd. (2011)** tarafından verilen T_1=4500 K değeri kullanılmıştır. Konvektif atmosfer kabulüyle çekim kararma katsayıları ($g_{1,2}$ = 0.32), yansıma katsayıları ise ($A_{1,2}$ = 0.5) alınmıştır. Kütle oranının en olası değerlerini belirlemek için her iki ışık eğrisinde q-taraması yapılmıştır. Tarama sonuçları Şekil 41, 43, 45 ve 47'de görülmektedir. Işık eğrilerine bakıldığında maksimumlarda seviye farkının olduğu görülmektedir. Buna O'Connell etkisinin yol açtığı düşünülerek lekeli çözümler yapılmıştır. Bu durum büyük bileşen üzerine yerleştirilen soğuk leke ile modellenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 21'de verilmiştir. Çözümlerle elde edilen kuramsal ışık eğrilerinin gözlemlerle uyumu ise Şekil 40, 42, 44 ve 46'da görülmektedir. V1309 Sco'nın yıllara göre hesaplanan mutlak parametreleri Tablo 22'de ve bileşenlerinin Roche geometrisi de Şekil 48'de verilmiştir.

Tablo 21. V1309 Sco'nun ışık eğrilerinin analiz sonuçları.

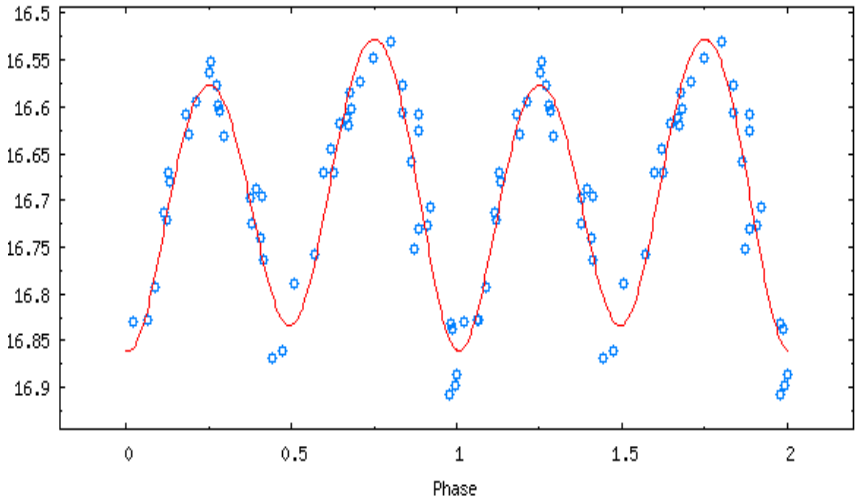
Parametre	2 Numaralı Işık Eğrisi	3 Numaralı Işık Eğrisi	5 Numaralı Işık Eğrisi	6 Numaralı Işık Eğrisi
T_0 (HJD)	2455233.5000	2455233.5000	2455233.5000	2455233.5000
P (gün)	1.4380214	1.4378635	1.4334310	1.4279810
i (º)	42.3 ± 1.9	39.1 ± 2.7	38.0 ± 2.2	37.8 ± 0.6
T_1 (K)	4500	4500	4500	4500
T_2 (K)	5497 ± 215	5846 ± 380	7232 ± 257	7395 ± 114
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.197 ± 0.063	1.869 ± 0.036	1.850 ± 0.043	1.788 ± 0.014
q	0.275 ± 0.037	0.114 ± 0.020	0.098 ± 0.012	0.072 ± 0.004
x_1	0.804	0.804	0.804	0.804
x_2	0.805	0.805	0.805	0.805
$A_1 = A_2$	0.5	0.5	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32	0.32	0.32
$L_1/(L_1 + L_2)$	0.510 ± 0.043	0.570 ± 0.064	0.278 ± 0.020	0.433 ± 0.017

$L_2/(L_1 + L_2)$	0.490	0.430	0.722	0.567
r_1 (pole)	0.529 ± 0.019	0.567 ± 0.013	0.568 ± 0.008	0.578 ± 0.005
r_1 (side)	0.597 ± 0.034	0.654 ± 0.025	0.655 ± 0.017	0.672 ± 0.010
r_1 (back)	0.649 ± 0.059	0.686 ± 0.037	0.684 ± 0.023	0.695 ± 0.012
r_2 (pole)	0.310 ± 0.060	0.246 ± 0.091	0.235 ± 0.057	0.209 ± 0.031
r_2 (side)	0.338 ± 0.089	0.267 ± 0.129	0.253 ± 0.079	0.224 ± 0.042
r_2 (back)*	-0.597	-1.000	-1.000	-0.453
Leke Parametreleri				
θ (radyan)	1.31	1.56	1.57	1.57
ϕ (radyan)	4.81	4.70	4.71	4.71
r (radyan)	0.53	0.57	0.88	0.88
$T_f=T_d/T_s$	0.90	0.90	0.85	0.80

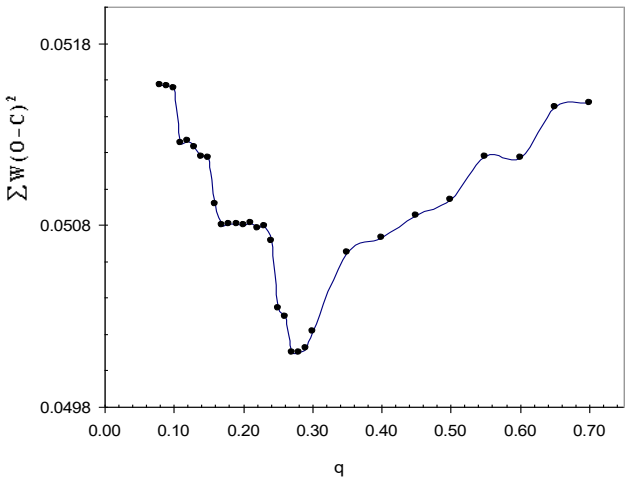
***İkinci yıldızın geri yarıçapı r_2 (back)'in hesabındaki belirsizlik Roche modelinde ikinci Lagrange noktasına ulaştığı için oluşan matematiksel belirsizliktir. Işık eğrisinin oluşturulduğu bu evrelerde ikinci Roche lobunu doldurduğu ikinci Lagrange noktasından uzaya madde kaybettiği anlaşılmaktadır. Bu evreler tek yıldıza dönüşümün hızlı evreleri olmalıdır.

Tablo 21'de verilen Şekil 40, 42, 44 ve 46'da gözlemsel ışık eğrileriyle uyumu gösterilen analiz sonuçlarına göre, V1309 Sco'nun fiziksel yapısı yıllar içinde büyük ölçüde değişmiştir. Yörünge döneminin sürekli azaldığı, kütle oranının ise sürekli düştüğü ve sistemin genişlemiş olduğu görülmektedir. İkinci bileşen kütle aktardığı için küçülmüş, birinci bileşen büyümüştür. Soğuk leke ile modellenen O'Connel etkisi aslında birinci Lagrange noktasından çıkıp büyük bileşenin bir yüzünü kaplayan soğuk maddeden kaynaklanmış olmalıdır. Leke boyutunun yıllar içerisinde büyüdüğü görülmektedir.

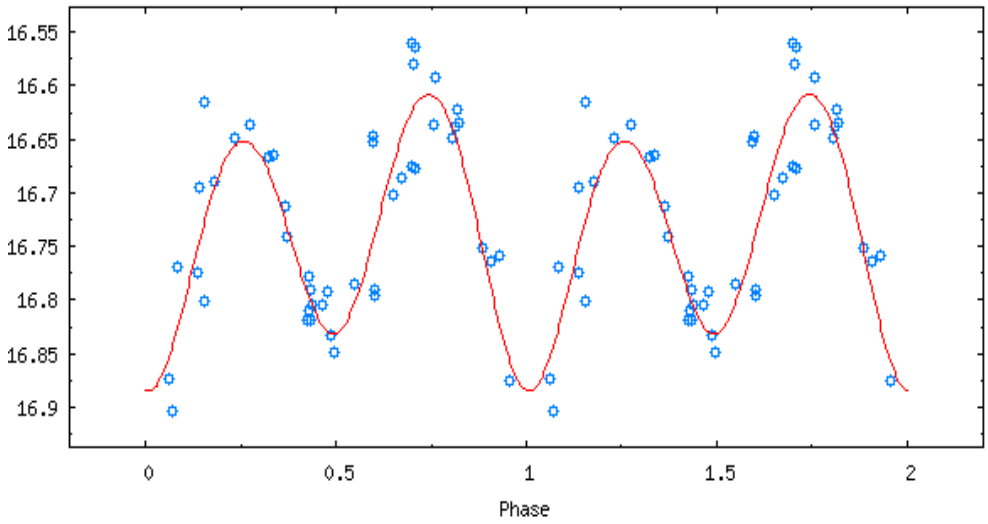
Işık eğerisi analiz sonuçları kullanılarak kütle alan büyük kütleli bileşenin anakol yıldızı kabulü altınada toplam kütleye olası 1.00-2.50 aralığında değerler vererek hesaplanan V1309 Sco ait mutlak parametreler Tablo 22'de verilmiştir.



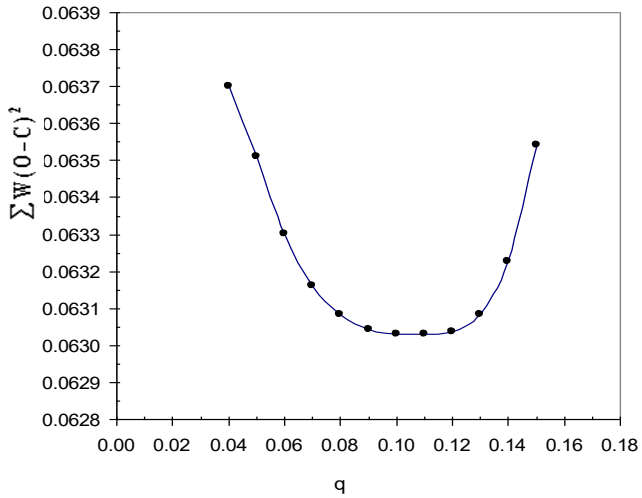
Şekil 40. V1309 Sco'nun 2 numaralı ışık eğrisi ile kuramsal ışık eğrisi.



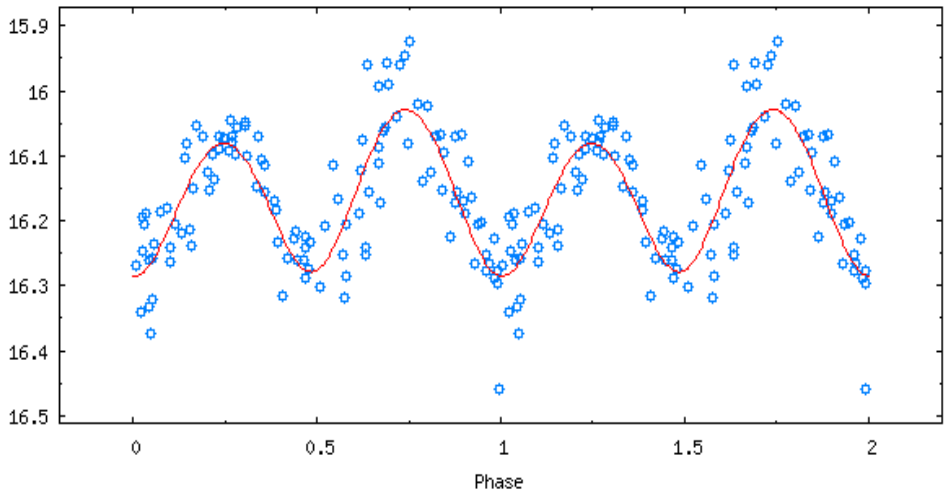
Şekil 41. V1309 Sco'nun 2 numaralı ışık eğrisi için yapılan q-taraması**.**



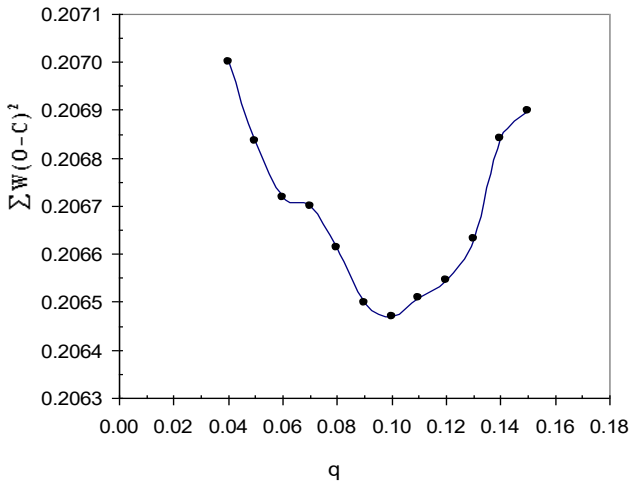
Şekil 42. V1309 Sco'nın 3 numaralı ışık eğrisi ile kuramsal ışık eğrisi.



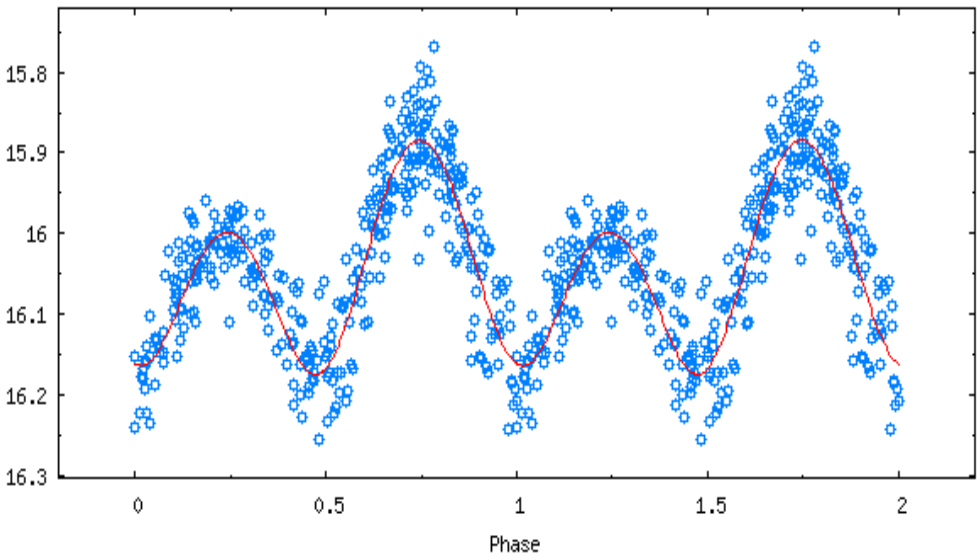
Şekil 43. V1309 Sco'nın 3 numaralı ışık eğrisi için yapılan q-taraması.



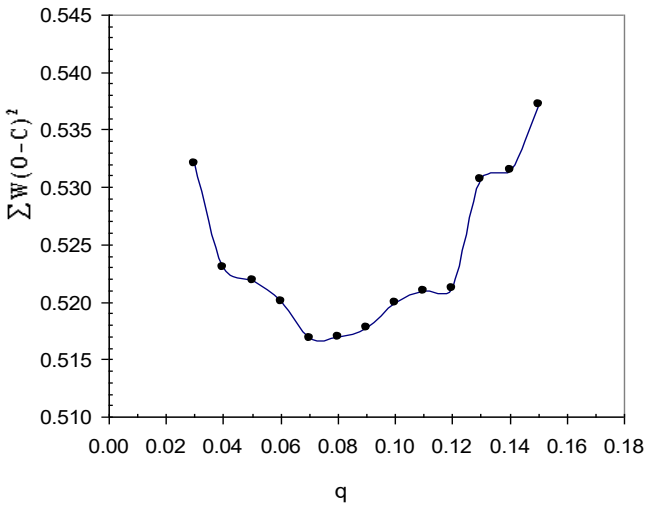
Şekil 44. V1309 Sco'nın 5 numaralı ışık eğrisi ile kuramsal ışık eğrisi.



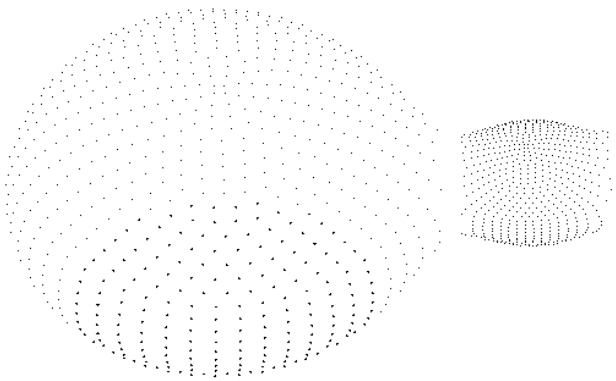
Şekil 45. V1309 Sco'nın 5 numaralı ışık eğrisi için yapılan q-taraması.



Şekil 46. V1309 Sco'nın 6 numaralı ışık eğrisi ile kuramsal ışık eğrisi.



Şekil 47. V1309 Sco'nın 6 numaralı ışık eğrisi için yapılan q-taraması.



Şekil 48. 0.25 evresinde V1309 Sco'nın bileşenlerinin Roche geometrisi.

Tablo 22. V1309 Sco'nın kütle alan büyük kütleli bileşenin anakol yıldızı kabulü altında bulunan mutlak parametreleri

Parametre	2002	2003	2005	2006
T_1 (K)	4500 ± 500	4500 ± 500	4500 ± 500	4500 ± 500
L_1 ($L_\odot$)	0.20± 0.02	0.20± 0.02	0.20± 0.02	0.20± 0.02
M_1 ($M_\odot$)	0.76 ± 0.08	0.76 ± 0.08	0.76 ± 0.08	0.76 ± 0.08
R_1 ($R_\odot$)	0.76 ± 0.03	0.76 ± 0.03	0.76 ± 0.03	0.76 ± 0.03
q	0.275	0.114	0.098	0.072
a ($R_\odot$)	1.27	1.16	1.16	1.13
T_2 (K)	5497	5846	7232	7395
L_2 ($L_\odot$)	0.17	0.10	0.21	0.17
M_2 ($M_\odot$)	0.21	0.09	0.07	0.05
R_2 ($R_\odot$)	0.43	0.31	0.29	0.25

5.2. (O-C) Analizleri

Çift yıldızlarda dönem değişimi çalışmaları kütle aktarımı, manyetik aktivite, eksen dönmesi ve üçüncü cisim gibi birçok fiziksel mekanizmanın açıklanmasına olanak verir. Bu tür çalışmalar çift yıldızların gözlenen minimum zamanlarıyla oluşturulan (O-C) eğrilerinin analiziyle yapılır.

Değen çift yıldızlarda (O-C) eğrileri genelde karmaşık bir yapı sergiler. Bunlar çoğunlukla parabolik bir değişim üstüne binmiş bir kaç çevrimsel değişimi içerir. Buradaki parabolik değişim bileşenlerin birbirlerine kütle aktarmasından kaynaklanırken, sinüsel değişimler ise büyük olasılıkla değen çift sistemin etrafında dönen ilave bileşenlerden kaynaklandığı kabul edilir.

Çift yıldız sistemlerinde bileşenlerden birinin Roche lobunu doldurması sonucu L_1 Lagrange noktasından diğer bileşene doğru kütle aktarması gerçekleşir ve bu "korunumlu kütle aktarımı" olarak ifade edilir. Korunumlu kütle aktarımında, aktarılan kütlenin tamamı diğer bileşen tarafından alınacak, sistemde kütle kaybı olmayacaktır. Bu durumda toplam kütle ve açısal momentum da korunacaktır.

(O-C) grafiğinde kütle aktarımının sebep olduğu düzenli artan veya azalan bir parabol oluşumunu temsil eden denklem aşağıda verilmiştir.

$$O - C = Q.E^2 + E.\Delta P + \Delta T_o$$

Burada Q kütle aktarımı nedeniyle dönemde meydana gelen değişimi gösteren katsayıdır. $Q>0$ olduğu durumda; kütle aktarımının küçük kütleye sahip olan bileşenden büyük kütleli bileşene doğru olduğu ve dönemin düzgün bir şekilde arttığının göstergesidir. Bu durumun tam tersi olan $Q<0$ olduğu durum ise; kütle aktarımının büyük kütleye sahip olan bileşenden küçük kütleli bileşene doğru olduğu ve dönemin düzgün bir şekilde azaldığının göstergesidir.

Seçilen sistemlerin dönem değişiminin incelenmesinde kullanılan minimum zamanları (O-C) Gateway veri tabanından **(Paschke ve Brat, 2006)** alınmıştır. Ayrıca bu veri setinde olmayan literatürdeki diğer minimum zamanları ile bu proje kapsamında yapılmış gözlemlerden hesaplanan ve Tablo 23'te verilen yeni minimum zamanları bunlara eklenmiştir. Yeni minimum zamanları ve hataları Kwee ve van Woerden (1956) yöntemiyle hesaplanmıştır. Proje kapsamındaki gözlemlerden elde edilen minimum zamanları Bulut vd. (2017) tarafından yayınlamıştır.

(O-C) diyagramı oluşturulan yıldızların toplanan minimum zamanlarına ilişkin özet bilgiler Tablo 24'te görülmektedir. Tüm minimum zamanları kullanılarak oluşturulan (O-C)

eğrilerinde, (O-C) artıkları hesaplanırken, söz konusu yıldızlar için Bölüm 5.2'de verilen tablolardaki ışık elemanları kullanılmıştır.

Dönem analizleri **Zasche (2009)** tarafından yazılan ve **MATLAB** ortamında çalışan örten çift yıldızlarda dönem değişimlerini hesaplayan bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Çözümlerde görsel, fotografik ve fotoelektrik/CCD minimum zamanları için ağırlıklar sırasıyla 1, 5 ve 10 olarak alınmıştır. Eğer sistemin (O-C) eğrisinde parabolik değişimlerle birlikte çevrimsel değişimler de varsa ışık zaman etkisi dikkate alınarak çözümler yapılmış ilave bileşenlerin parametreleri de elde edilmiştir. Aşağıda (O-C) analizlerden elde dilen sonuçlar literatürdeki diğer analiz sonuçlarıyla birlikte verilmiştir. Çözümlerin verildiği tablolarda T_o, P_{12} çift sistemin ışık elemanlarını; Q kütle aktarımı sonucunda dönemde meydana gelen değişimi temsil eden katsayıyı; a'_{12}, e_3, ω_3 üçüncü bileşenin yörüngesinin yarı büyük eksen uzunluğunu, dış merkezliğini, enberi noktasının boylamını; A_3, P_3, (O-C) eğrisinde ışık-zaman etkisinin oluşturduğu sinüsün yarı genliğini ve dönemini; $f(m_3)$ üçüncü bileşenin kütle fonksiyonunu, m_3 de farklı i değerleri için üçüncü bileşenin hesaplanan kütlesini göstermektedir.

V376 And, V2150 Cyg, GSC 3581 1856, GSC 1042 2191, AO Cas, V745 Cas, DT Cet, Tau1 Ari, IW Per, b Per, V402 Aur, CC Lyn, PP Hya, LM Vir, CU CVn, V2082 Cyg, LZ Cep, EL Aqr, UU Cas, V1309 Sco, CW Tuc, WY Hor, TU Hor, TV Pic, V824 Cen, V992 Cen, V867 Ara, V870 Ara, IV Pav, DX Tuc sistemlerinin (O-C) analizi yapacak kadar literatürde yeterli sayıda minimum zamanları mevcut değildir, bu nedenle bu yıldızların (O-C) analizi yapılmamıştır. Aşağıda bu sistemlerin sadece (O-C) Atlas **(**Kreiner vd., 2001; Kreiner, 2004) ya da (O-C) Gateway (Paschke ve Brat, 2006)'den alınan (O-C) diyagramları verilmiştir.

Tablo 23. Proje süresince minimum zamanları elde edilmiş yıldızlar (Bulut vd., 2017).

No	Yıldız	Minimum Zamanı (HJD) (2400000+)	Hatası (Gün)	Minimum Türü	Kullanılan Filtre	Teleskop
1	BI CVn	57125.3925	0.0002	II	BVR	T30
		57125.5822	0.0001	I	BVR	T30
		57141.3373	0.0003	I	BVR	T30
		57141.5297	0.0003	II	BVR	T30
		57151.3264	0.0002	I	BVR	T30
		57151.5190	0.0002	II	BVR	T30
		57152.4788	0.0002	I	BVR	T30
2	OO Aql	57240.5483	0.0001	II	BVR	İST60
		57247.3888	0.0001	I	BVR	İST60
		57260.3130	0.0002	II	BVR	İST60
3	RW Com	57099.4578	0.0002	I	BVRI	T30
		57129.3634	0.0002	I	BVR	T30
		57129.4818	0.0001	II	BVR	T30
		57134.3478	0.0002	I	BVR	T30

4	**VW Cep**	57331.3372	0.0002	II	BVR	T30
		57343.3032	0.0001	II	BVR	T30
		57343.4462	0.0003	I	BVR	T30
		57593.4838	0.0033	II	BVR	T40
		57600.4120	0.0012	I	BVR	T40
5	**EZ Hya**	57231.5354	0.0004	II	BVR	T40
		57476.2982	0.0003	I	BVR	T40
		57478.3242	0.0003	II	BVR	T40
6	**CN And**	57244.4176	0.0003	II	BVR	İST60
		57251.3595	0.0003	II	BVR	İST60
		57254.3652	0.0002	I	BVR	İST60
7	**BX Peg**	57252.4269	0.0001	I	BVR	T30
		57270.4405	0.0002	I	BVR	T30
		57270.3005	0.0001	II	BVR	T30
		57495.5418	0.0003	I	BVR	T40
		57498.5442	0.0003	I	BVR	T40
		57509.3875	0.0003	I	BVR	T40
8	**SS Ari**	57385.2454	0.0011	I	BVR	T30
		57385.3541	0.0021	II	BVR	T30
		57634.5158	0.0002	II	VR	T40
		57637.5596	0.0002	I	VR	T40
		57655.4241	0.0014	I	VR	T40
9	**U Peg**	57362.2868	0.0001	II	BVR	T30
		57384.2106	0.0001	I	BVR	T30
10	**V502 Oph**	57123.3120	0.0002	I	BVR	T30
		57124.3758	0.0002	II	BVR	T30
		57130.3193	0.0007	I	BVR	T30
		57131.4254	0.0002	II	BVR	T30
		57495.5418	0.0003	II	BVR	T30
		57498.5442	0.0003	I	BVR	T30
		57505.5824	0.0004	II	BVR	T40
		57509.3875	0.0002	I	BVR	T40
		57542.4681	0.0005	I	BVR	T40
		57543.3749	0.0002	I	BVR	T40
		57544.5107	0.0008	II	BVR	T40
		57582.3674	0.0002	I	BVR	T40
11	**W UMa**	57476.3183	0.0003	I	BVR	T30
		57476.4853	0.0001	II	BVR	T30
		57496.3362	0.0001	I	BVR	T30
		57496.5031	0.0001	II	BVR	T30
		57523.3605	0.0001	I	BVR	T30
12	**AW UMa**	57123.3120	0.0002	I	BVR	T30
		57124.3758	0.0023	II	BVR	T30
		57130.3193	0.0007	I	BVR	T30
		57131.4254	0.0002	II	BVR	T30
		57155.3427	0.0006	I	UBVR	T30
		57483.2823	0.0005	II	UBVR	T30
		57483.4998	0.0003	I	UBVR	T30
		57506.3105	0.0007	I	UBVR	T30
		57516.4033	0.0003	I	UBVR	T30
13	**V376 And**	57134.3478	0.0002	I	BVR	T30
		57362.4344	0.0001	II	VR	T40
		57364.4204	0.0002	I	BVR	T40
14	**V2150 Cyg**	56945.3872	0.0004	I	BVR	T30
		56950.3830	0.0005	II	BV	T30
		57255.3538	0.0004	I	BVR	T30
		57620.4085	0.0004	II	BVR	T40
		57624.3005	0.0007	II	BVR	T40
		57632.2891	0.0006	I	BVR	T40
15	**V401 Cyg**	57230.3695	0.0002	I	BVR	T30
		57231.5354	0.0003	I	BVR	T30

		57256.3101	0.0006	II	BVR	T30
		57258.3377	0.0003	I	BVR	T30
16	**HN UMa**	57385.5690	0.0005	I	BVR	T60
17	**OU Ser**	57173.4168	0.0006	II	UBVR	T30
		57174.4622	0.0003	I	BVR	T30
		57543.3432	0.0005	I	BVR	T30
		57592.3212	0.0010	I	BVR	T30
		57173.4166	0.0006	II	UBVR	T30
		57174.3157	0.0008	II	BVR	T30
		57543.4882	0.0007	II	BVR	T30
		57573.4596	0.0007	II	BVR	T30
		57574.3542	0.0006	II	UBVR	T30
		57601.3599	0.0002	II	BVR	T30
18	**GSC 3581 1856**	56803.3648	0.0004	II	BVRI	T40
		56840.4063	0.0004	I	BVRI	T40
		56844.4444	0.0005	I	BVRI	T40
		57283.5187	0.0002	I	BVRI	T40
		57283.3805	0.0003	II	BVRI	T40
		57284.3543	0.0003	I	BVRI	T40
		57284.4944	0.0008	II	BVRI	T40
19	**GSC 1042 2191**	56841.3276	0.0004	I	BVRI	T40
		56841.5356	0.0005	II	BVRI	T40
		56845.3502	0.0006	II	BVRI	T40
		56845.5608	0.0004	I	BVRI	T40
		56849.3763	0.0006	II	BVRI	T40
		57215.5391	0.0010	I	BVRI	T40
		57216.3875	0.0005	I	BVRI	T40
		57217.4492	0.0007	II	BVRI	T40
20	**XY Boo**	56384.4471	0.0002	I	BVR	T122
		56387.4123	0.0002	I	BVR	T122
		56387.5998	0.0001	II	BV	T122
		56448.3711	0.0002	II	BV	T122
		57126.4146	0.0003	I	BVR	T30
		57162.3595	0.0001	I	BR	T30
		57188.4856	0.0003	II	B	T30

Tablo 24. Proje kapsamında (O-C) diyagramı oluşturulan yıldızların minimum zamanı sayılarına ilişkin genel bilgiler.

No	**Sistem**	**Veri aralığı**	**Görsel**		**Fotografik**		**Fotoelektrik**		**CCD**		**Toplam**
		(yıllar)	I.min	II.min	I.min	II.min	I.min	II.min	I.min	II.min	
1	**BI CVn**	1949 - 2016	-	-	4	8	4	3	59	44	122
2	**OO Aql**	1932 - 2016	-	-	44	33	14	10	141	83	325
3	**RW Com**	1910 - 2017	153	133	31	23	4	4	134	110	592
4	**VW Cep**	1926 - 2016	546	390	33	12	255	220	315	259	2030
5	**EZ Hya**	1944 - 2016	6	5	-	-	12	10	21	15	69
6	**CN And**	1972 - 2016	-	-	-	-	6	4	52	46	108
7	**BX Peg**	1926 - 2016	79	70	2	-	8	8	83	135	385
8	**SS Ari**	1941 - 2016	84	70	3	-	14	14	114	96	395
9	**U Peg**	1894 - 2015	371	116	10	4	37	20	96	74	728
10	**V502 Oph**	1937 - 2016	15	7	1	1	30	21	29	26	130
11	**W UMa**	1902 - 2017	770	126	38	33	131	41	279	110	1528
12	**AW UMa**	1963 - 2017	27	22	-	-	44	25	56	41	215
13	**V401 Cyg**	1938 - 2016	31	15	42	4	5	1	71	47	216

14	**OU Ser**	1991 - 2016	-	-	-	-	-	-	22	19	41
15	**XY Boo**	1955 - 2016	-	-	-	-	6	5	69	55	135
16	**FG Hya**	1944 - 2016	1	2	-	1	12	9	62	51	138
17	**VW Boo**	1938 - 2016	35	17	11	3	3	1	49	38	157
18	**EM Cep**	1958 - 2011	-	-	-	-	17	17	9	8	51
19	**TW Cet**	1934 - 2016	140	123	-	-	5	5	19	5	297
20	**V1010 Oph**	1900 - 2015	191	17	123	35	18	2	27	10	423
21	**CC Ser**	1944 - 2015	31	11	-	1	-	-	44	33	120
22	**HN UMa**	1991 - 2016	-	-	-	-	-	-	9	10	19
23	**V1363 Ori**	1991 - 2016	-	-	-	-	-	-	19	10	29
24	**HX UMa**	1991 - 2016	-	-	-	-	-	-	13	5	18
25	**MW Pav**	1963 - 2016	-	-	13	20	-	-	8	6	47

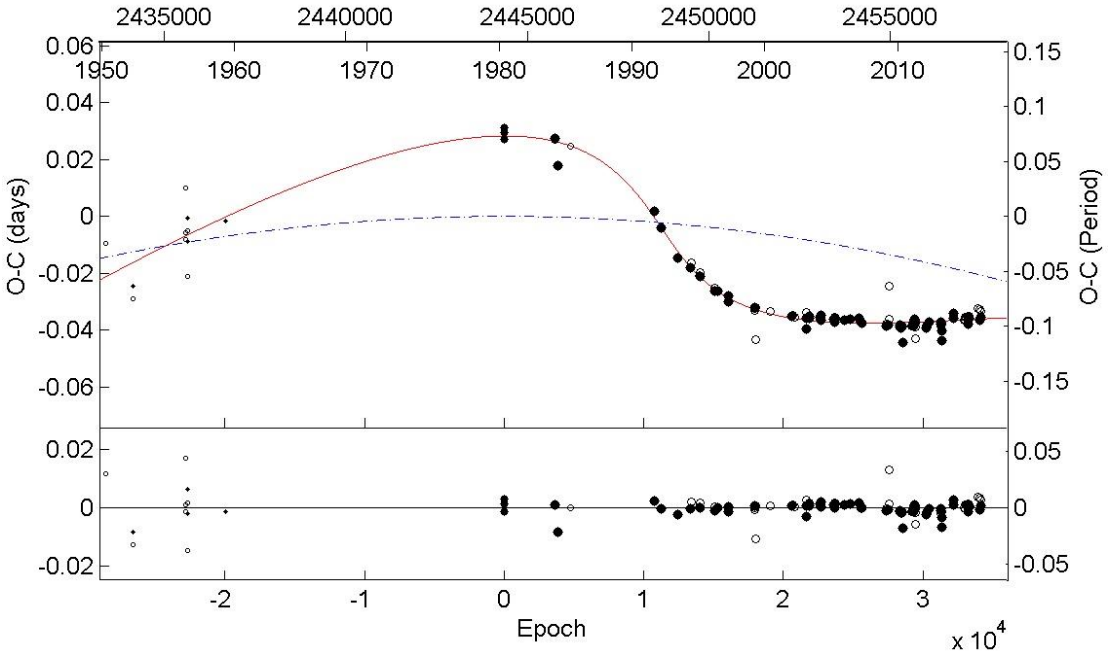
5.2.1 BI CVn

Sistemin yapılan dönem analizi çalışmalarında döneminin azaldığını ve sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cismin varlığı belirlenmiştir. **Lacy vd. (2001) ve Qian vd. (2008)** çalışmalarında üçüncü cismin dönemini sırasıyla yaklaşık olarak 43 ve 27 yıl olarak hesaplamışlardır. **Qian vd. (2008)** dönem azalmasının nedenini birinci bileşenden ikinci bileşene doğru kütle aktarımı veya manyetik yıldız rüzgarları nedeniyle açısal momentum kaybı olarak açıklamıştır. Bu çalışmada (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 25'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 49 ve 50'de gösterilmiştir.

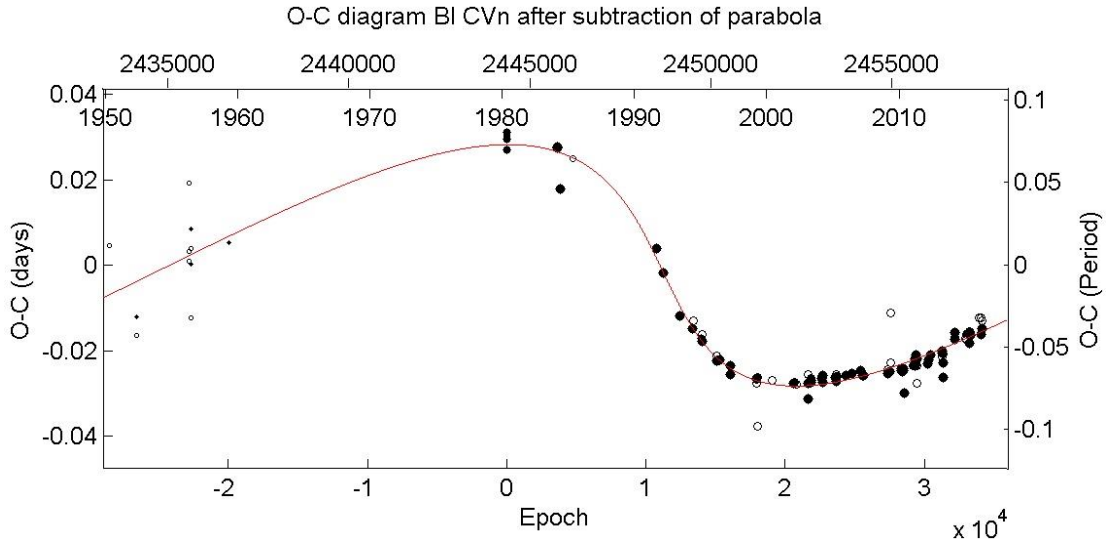
Tablo 25. BI CVn sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Lacy vd. (2001)	Qian vd. (2008)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2444365.2410 ± 0.0114	2444364.8549 ± 0.0022	2444365.2226494 ± 0.0031373
P_{12} (gün)	0.384209685 ± 0.000000003	0. 3842099 ± 0000001	0.38421045 ± 0.00000015
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-0.4763	-4.134 ± 0.329	-0.91877 ± 0.00068
3. Cisim			
a'$_{12}$sini'(AB)	3.22	2.62 ± 0.29	6.24375 ± 0.17794
e_3	-	-	0.6221 ± 0.0587
ω_3(°)	4.67	-	183.5589 ± 2.9869
T_3(HJD)	245489	-	2474959.361 ± 703.711
P_3 (yıl)	43.06 ± 6.46	27	71.8456 ± 1.9582
A_3 (gün)	0.01863	0.0151 ± 0.0022	0.0282684 ± 0.0008056

$f(m_3)(M_\odot)$	0.01811	0.025 ± 0.008	0.04715587 ± 0.02232610
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	0.49	0.58 ± 0.13	0.76772811 ± 0.17078370
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	0.58	-	0.91423061 ± 0.16002668
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	1.15	1.37 ± 0.23	1.88559135 ± 0.39065135



Şekil 49. BI CVn sisteminin (O-C) eğrisi. Üst panel: parabol (kesikli çizgiler) üstüne binmiş sinüs (düz çizgi) fitini; alt panel: gözlem noktalarının teorik fitten olan artıkları temsil etmektedir. İçi dolu semboller birinci minimumları, içi boş semboller ikinci minimumları göstermektedir.



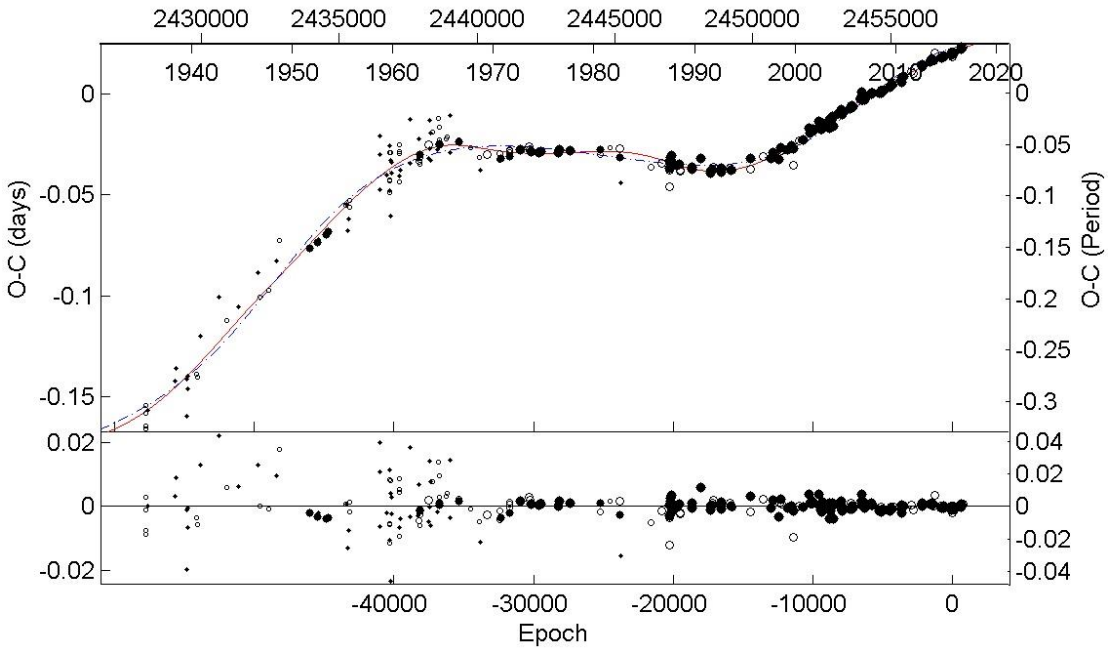
Şekil 50. BI CVn sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi.

5.2.2 OO Aql

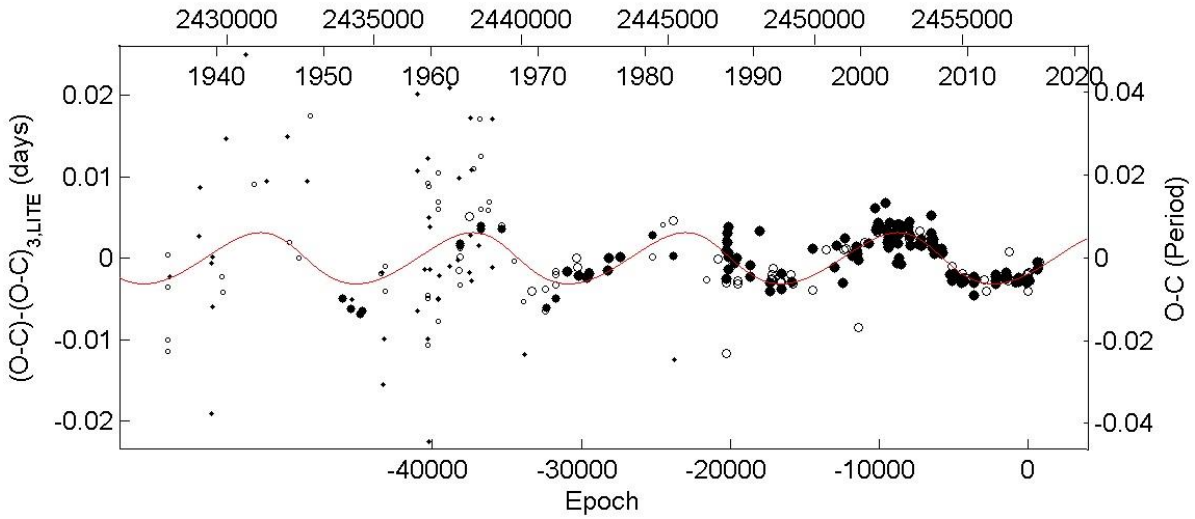
İçli vd. (2013) ve Li vd. (2016) yaptıkları dönem analizi çalışmalarında sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü ve dördüncü cisimlerin varlığından bahsetmişler ve dönemlerini sırasıyla, üçüncü cisim için 52 ve 69.3, dördüncü cisim için 20 ve 21.5 yıl olarak elde etmişlerdir. **İçli vd. (2013)** sistemin döneminin arttığını söylemiştir. **Li vd. (2016)**, 21.5 yıl elde ettikleri dördüncü cismin döneminin aslında manyetik aktivite nedeniyle olabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş iki sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 26'da verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 51 ve 52 gösterilmiştir.

Tablo 26. OO Aql sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	İçli vd. (2013)	Li vd. (2016)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2438239.696 ± 0.002	2439322.6964 ± 0.0006	2457247.3689997 ± 0.0028192
P_{12} (gün)	0.50679020 ± 0.00000008	0.50679200 ± 0.00000005	0.50678889 ± 0.00000010
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	0.6845	-0.9945 ± 0.0829	-1.53397 ± 0.00001
	3. Cisim		
$a'_{12}sini'$(AB)	-	-	4.5234 ± 0.0052
e_3	0.22 ± 0.02	-	0.258 ± 0.025
ω_3(°)	20	-	0.1368 ± 4.0696
T_3(HJD)	2455622	-	2454248.753 ± 235.845
P_3 (yıl)	52 ± 2	69.3 ± 0.9	58.70 ± 0.42
A_3 (gün)	0.019 ± 0.001	-	0.0252 ± 0.0003
$f(m_3)(M_\odot)$	0.0130	-	0.0268658 ± 0.0000008
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	0.42	0.62 ± 0.02	0.553702 ± 0.000007
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	0.49	-	0.656709 ± 0.000008
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	0.95	-	1.323212 ± 0.000018
	4. Cisim		
$a'_{12}sini'$(AB)	-	-	0.55218 ± 0.00169
e_4	0.44 ± 0.07	-	0.177 ± 0.154
ω_4(°)	164	-	154.3678 ± 45.2426
T_4(HJD)	2454392	-	2453931.035 ± 936.981
P_4 (yıl)	20 ± 1	21.5 ± 0.2	19.78 ± 0.35
A_4 (gün)	0.0041 ± 0.0002	-	0.00315 ± 0.00028
$f(m_4)(M_\odot)$	0.0011	-	0.00043022 ± 0.00000004
m_4 (i=90°)$_{(M\odot)}$	0.19	0.14 ± 0.01	0.14487572 ± 0.00000434
m_4 (i=60°)$_{(M\odot)}$	0.23	-	0.17273370 ± 0.00000520
m_4 (i=30°)$_{(M\odot)}$	0.47	-	0.55218 ± 0.00169



Şekil 51. OO Aql sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.



Şekil 52. OO Aql sisteminin (O-C) eğrisinde sadece dördüncü cisim etkisi.

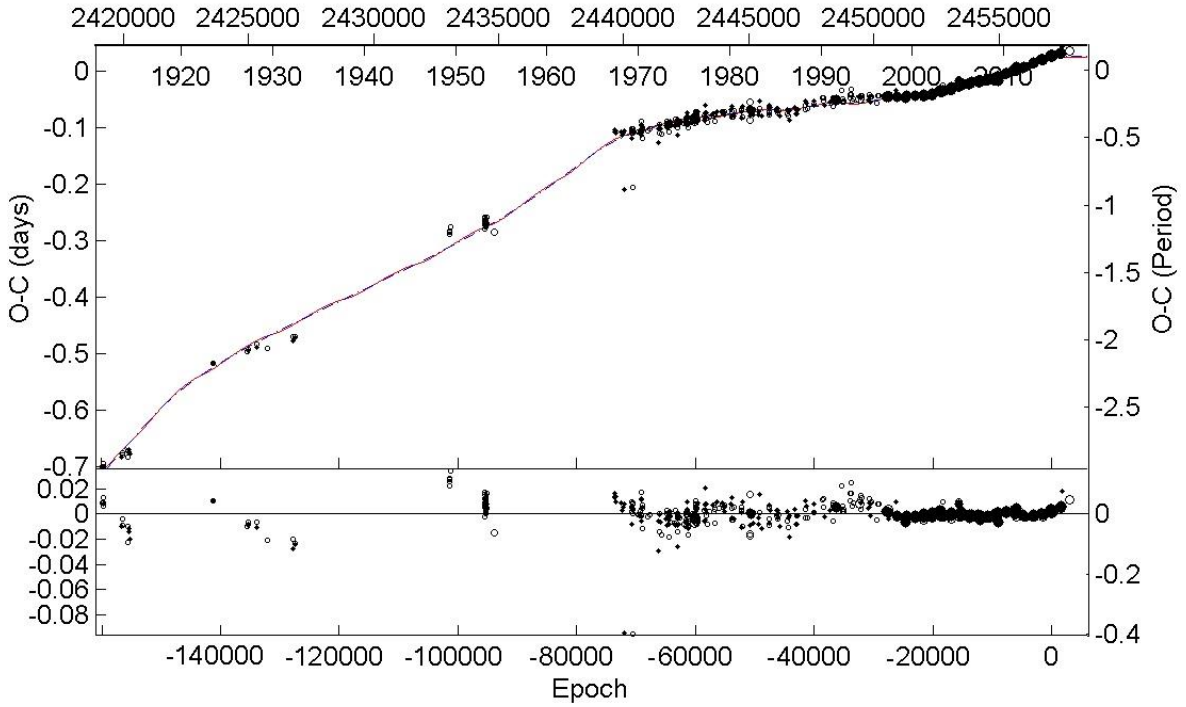
5.2.3 RW Com

Sistemin dönem analizi çalışmalarında döneminin zamanla azaldığı belirlenmiştir. **Qian (2002) ve Yang ve Liu (2003)** çalışmalarında sistemin (O-C) eğrisinde yaklaşık 13 yıllık sinüsoidal bir değişimin olduğunu ve dönemin yüzyılda sırasıyla 0.52 ve 0.37 saniye azaldığını hesaplamışlardır. **Qian (2002)** çalışmasında bu değişimin sisteme çekimsel olarak bağlı bir cisim veya bileşenlerin geri tayf türü oldukları için manyetik aktivite nedeniyle olabileceğini söylemiştir. Bu çalışmada (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş iki sinüs

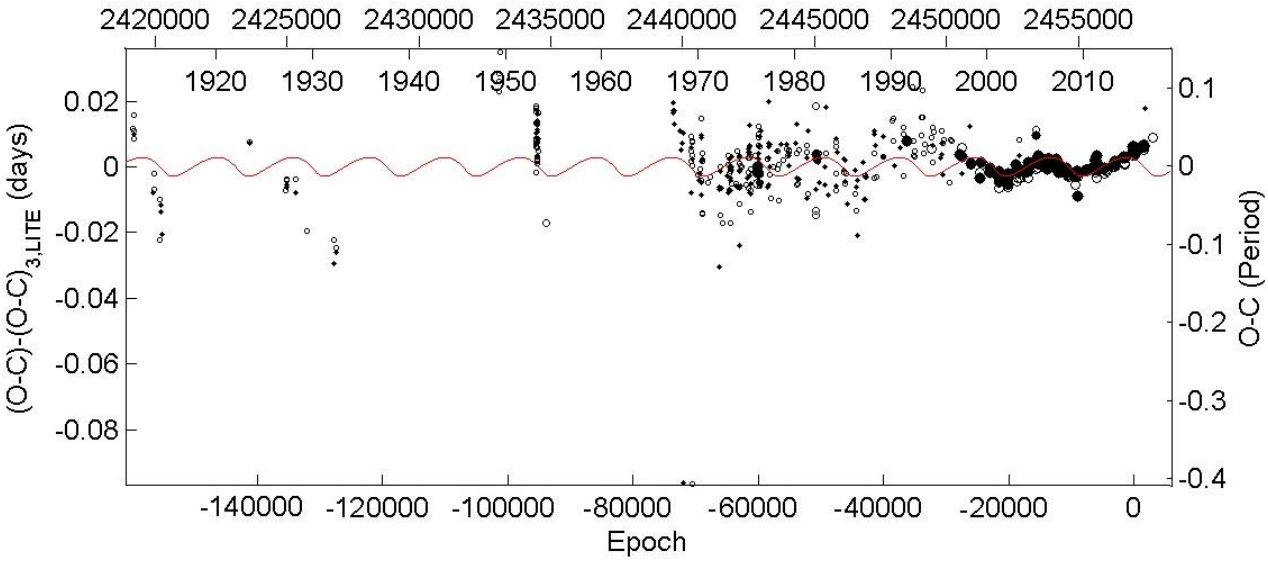
eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 27'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 53 ve 54'de gösterilmiştir.

Tablo 27. RW Com sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Qian (2002)	Yang ve Li (2003)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2419127.2290 ±0.0033	2450563.4012 ± 0.0006	2457099.4301953 ± 0.0101086
P_{12} (gün)	0.2373499 ± 0.0000001	0.23734464 ± 0.00000007	0.23734411 ± 0.00000018
Q $(dP/dt)x10^{-10}$(gün)	-1.66 ± 0.05	-1.1797 ± 0.1685	-2.32574 ± 0.00001
	3. Cisim		
$a'_{12}sini'$(AB)	-	-	5.0526 ± 0.0104
e_3	-	-	0.397 ± 0.036
ω_3(°)	-	-	40.844 ± 5.467
T_3(HJD)	-	-	2456721.783 ± 242.989
P_3 (yıl)	-	-	48.70 ± 0.35
A_3 (gün)	-	-	0.0278 ± 0.0006
$f(m_3)(M_\odot)$	-	-	0.054396 ± 0.000009
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	-	-	0.424074 ± 0.000032
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	-	0.514230 ± 0.000041
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	-	1.177892 ± 0.000115
	4. Cisim		
$a'_{12}sini'$(AB)	-	-	0.52231 ± 0.00288
e_4	-	-	0.340 ± 0.366
ω_4(°)	-	-	210.918 ± 54.471
T_4(HJD)	-	-	2454819.281 ± 427.328
P_4 (yıl)	13.3	13.7	7.86 ± 0.08
A_4 (gün)	0.0035	-	0.0029 ± 0.0006
$f(m_4)(M_\odot)$	-	-	0.002308 ± 0.000004
m_4 (i=90°)$_{(M\odot)}$	0.133	-	0.161040 ± 0.000094
m_4 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	-	0.197441 ± 0.000116
m_4 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	-	0.475575 ± 0.000293



Şekil 53. RW Com sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.



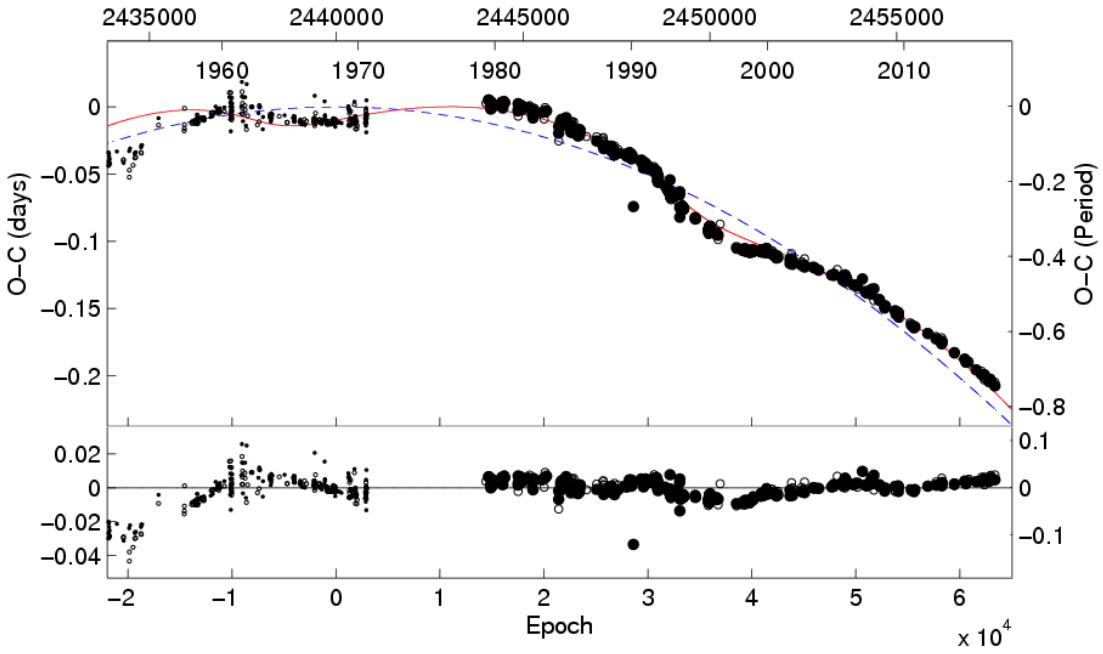
Şekil 54. RW Com sisteminin (O-C) eğrisinde sadece dördüncü cisim etkisi.

5.2.4 VW Cep

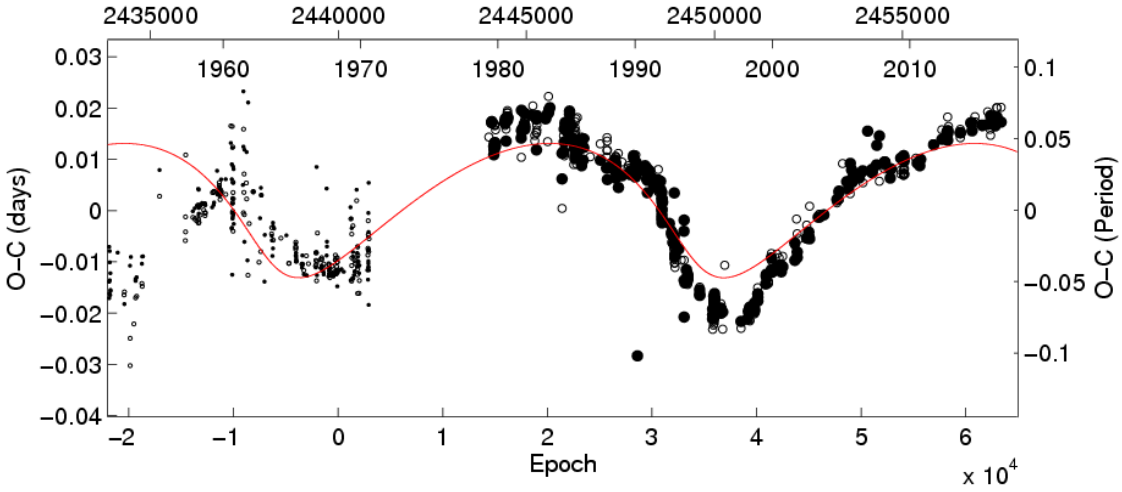
VW Cep'in (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 28'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 55 ve 56'da gösterilmiştir.

Tablo 28. VW Cep sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Zasche ve Wolf (2007)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2437001.4327 ± 0.0025	2439987.4357 ± 0.0014
P_{12} (gün)	0.27831535 ± 0.00000012	0.27831387 ± 0.00000005
Q (dP/dE)x10^{-10}(gün)	-	-0.560
Eğer 3. Cisim varsa		
$a'_{12}sini'(AB)$	4.33 ± 0.20	2.37 ± 0.10
e_3	0.633 ± 0.007	0.010
$\omega_3(°)$	239.28 ± 2.88	226.45 ± 11.28
T_3(HJD)	2450390.6 ± 37.3	2585149.7 ± 45.4
P_3 (yıl)	29.79 ± 0.08	30.95 ± 0.38
A_3 (gün)	0.0131 ± 0.0004	0.0131 ± 0.0005
$f(m_3)(M_\odot)$	0.0154 ± 0.0016	0.0140 ± 0.0003
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	-	0.3811
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	0.4511
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	0.8884



Şekil 55. VW Cep'in (O-C) eğrisi.



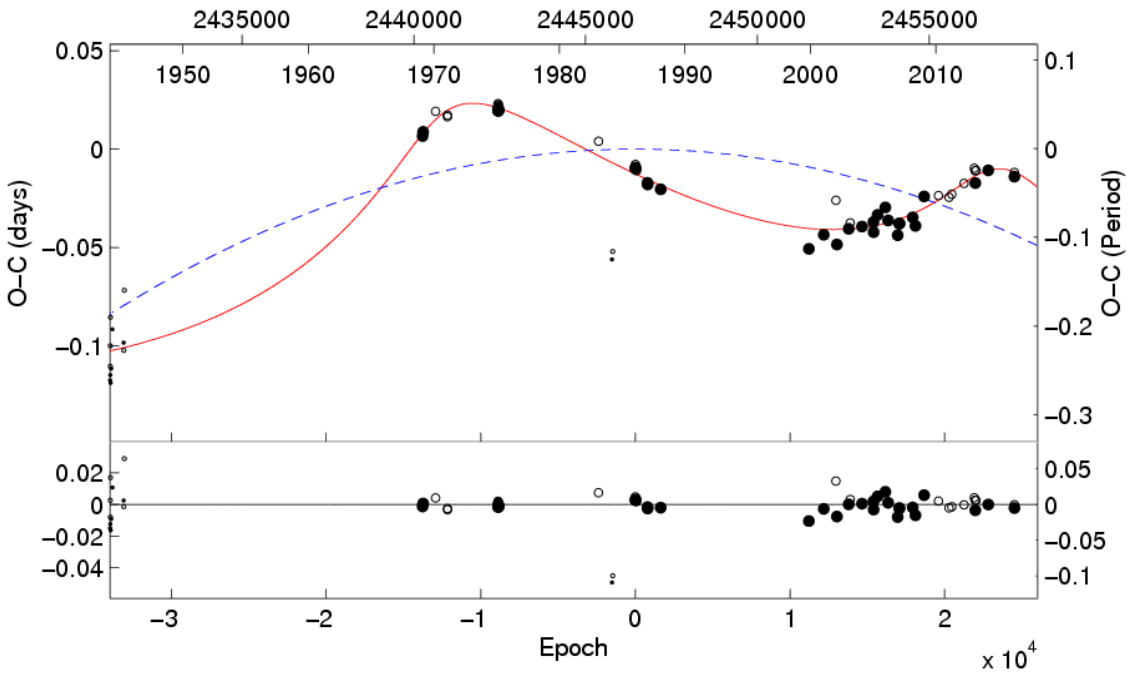
Şekil 56. VW Cep'in üçüncü cisim sinus eğrisi.

5.2.5 EZ Hya

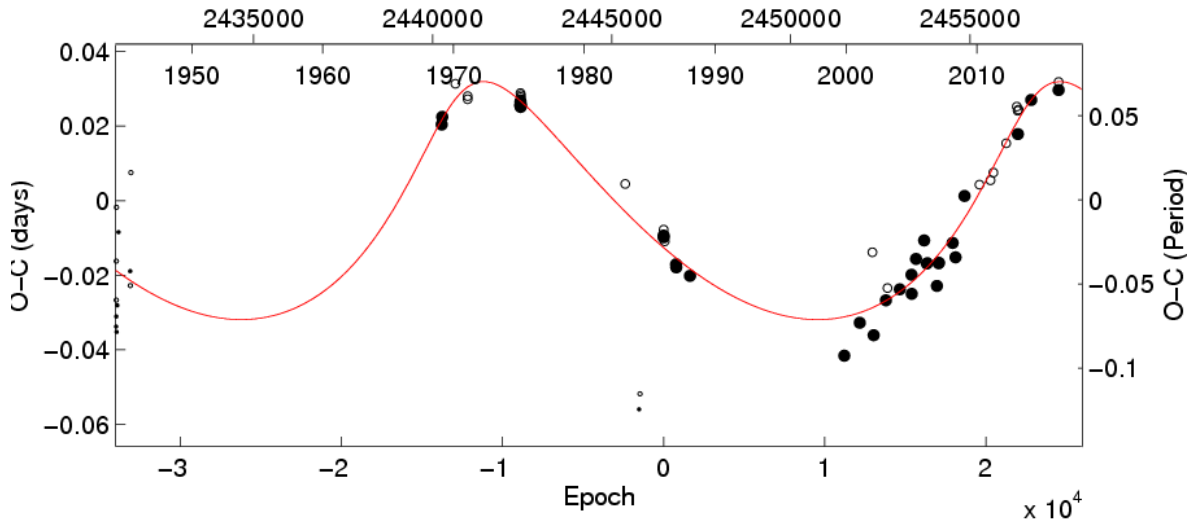
EZ Hya'nın (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 29'da verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 55 ve 56'da gösterilmiştir.

Tablo 29. EZ Hya sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Yang ve Qian (2004)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2453055.2413 ± 0.0019	2446449.7957 ± 0.0063
P_{12} (gün)	0.4497475 ± 0.0000002	0.4497498 ± 0.0000003
Q (dP/dE)x10^{-10}(gün)	-	-0.726
	3. Cisim	
$a'_{12}sini'(AB)$	-	5.74 ± 0.55
e_3	-	0.467
$\omega_3(°)$	-	54.43 ± 1.15
T_3(HJD)	-	2440619.6 ± 45.2
P_3 (yıl)	30.9 ± 0.61	44.1 ± 2.7
A_3 (gün)	0.0185 ± 0.0012	0.032 ± 0.003
$f(m_3)(M_\odot)$	-	0.0975 ± 0.0005
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	-	0.775
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	0.939
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	2.143



Şekil 57. EZ Hya'nın (O-C) eğrisi.



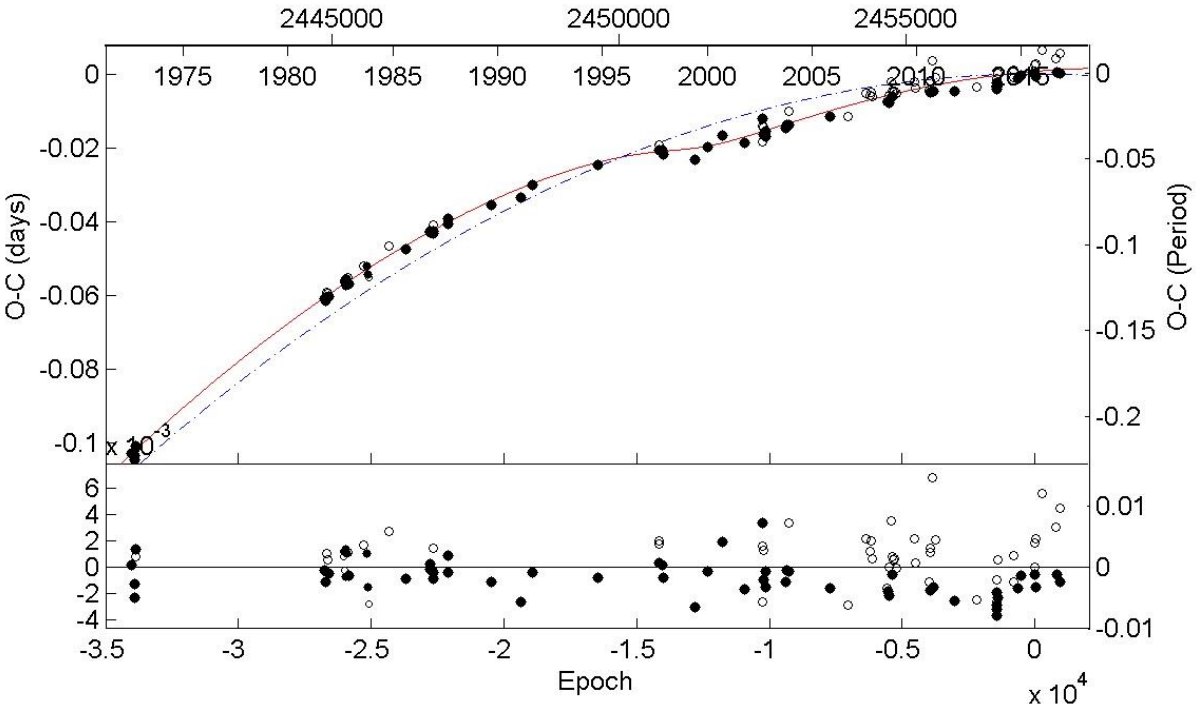
Şekil 58. EZ Hya'nın üçüncü cisim sinus eğrisi.

5.2.6 CN And

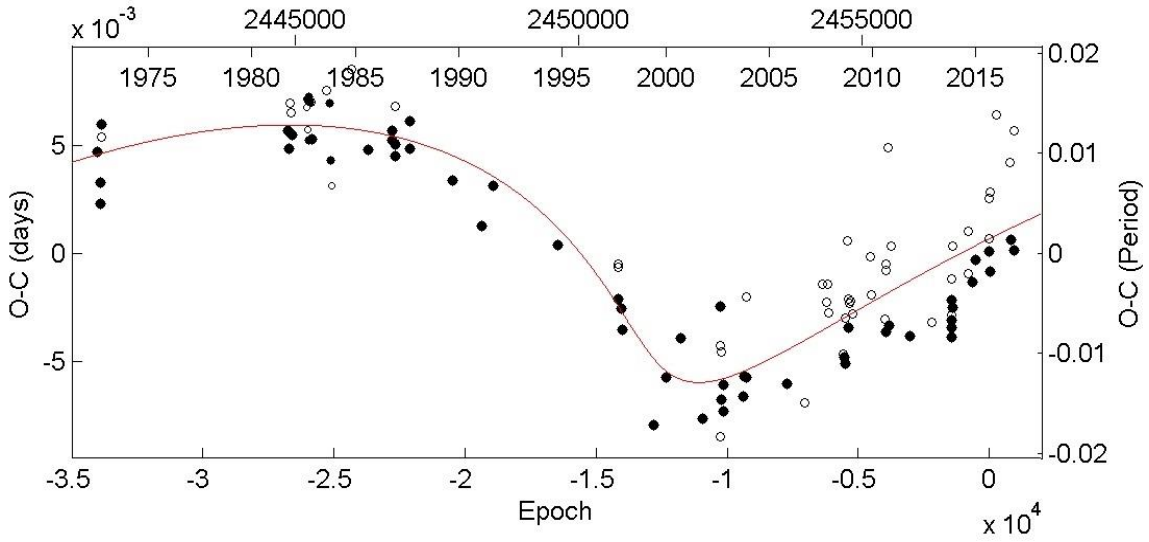
Sistemin dönemi ile ilgili yapılan çalışmalar bize sistemin döneminin zamanla azaldığını göstermektedir. **van Hamme vd. (2001), Çiçek vd. (2005) ve Lee ve Lee (2006)** çalışmalarında dönemdeki değişimi sırasıyla, yüzyılda -1.95, -1.98 ve -1.57 saniye olarak elde etmişlerdir. Ayrıca bu balışmalarda birinci bileşenden ikinci bileşene kütle transferi veya manyetik yıldız rüzgarları nedeniyle birinci bileşenden kütle kaybı sonucunda sistemin döneminin azaldığı belirtilmiştir.

Tablo 30. CN And sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Çiçek vd. (2005)	Lee ve Lee (2006)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2452185.4226 ± 0.0001	2446711.53184 ± 0.00008	2457254.3650828 ± 0.0008831
P_{12} (gün)	0.46278845 ± 0.00000003	0.462792448 ± 0.000000008	0.46278870 ± 0.00000016
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-6.27 ± 0.13	-4.98 ± 0.03	-4.01998 ± 0.00047
	3. Cisim		
a'$_{12}$sini'(AB)	-	-	1.168 ± 0.057
e_3	-	-	0.637 ± 0.097
ω_3(°)	-	-	222.9392 ± 10.7566
T_3(HJD)	-	-	2412316.449 ± 356.247
P_3 (yıl)	-	-	53.29790 ± 0.00003
A_3 (gün)	-	-	0.00597 ± 0.00029
f(m_3)($M_\odot$)	-	-	0.0005605 ± 0.0000005
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	-	-	0.12771 ± 0.00004
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	-	0.14852 ± 0.00004
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	-	0.26762 ± 0.00008



Şekil 59. CN And sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.



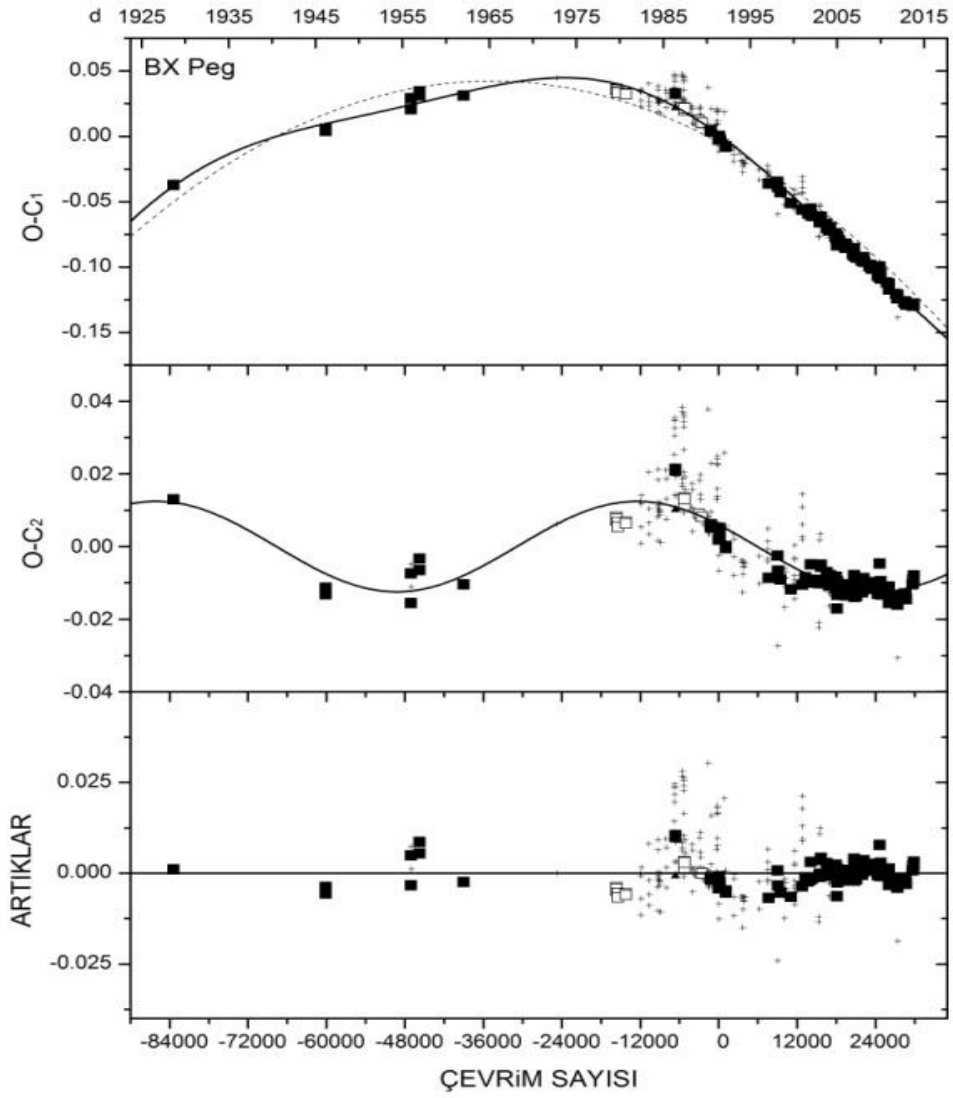
Şekil 60. CN And sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi.

5.2.7 BX Peg

BX Peg'in (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 31'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 61'de gösterilmiştir.

Tablo 31. BX Peg sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Değer	Hatası
$T_0\,(HJD)$	2448174.5284	0.0006
$P\,(gün)$	0.2804192937	0.000000029
$Q\,(gün)\times10^{-10}$	-0.39	0.01
$P_3\,(yıl)$	56.48	1.89
$a_{12}\sin i\,(AU)$	2.15	0.16
$T_{12}\,(HJD)$	2433359	1868
e	0	--
$\omega_{12}\ (derece)$	--	--
$f(m_3)\ (M_\odot)$	0.0033	0.0008
$\sum(O-C)^2\ (gün^2)$	0.0332	



Şekil 61. BX Peg sisteminin (O-C) eğrisi ve üzerine uydurulan teorik eğri (en üst panel), parabolik değişimin artıkları ve üzerine uydurulan üçüncü cisim fiti (orta panel) ve (O-C) eğrisi ile teorik eğrinin artıkları (en alt panel).

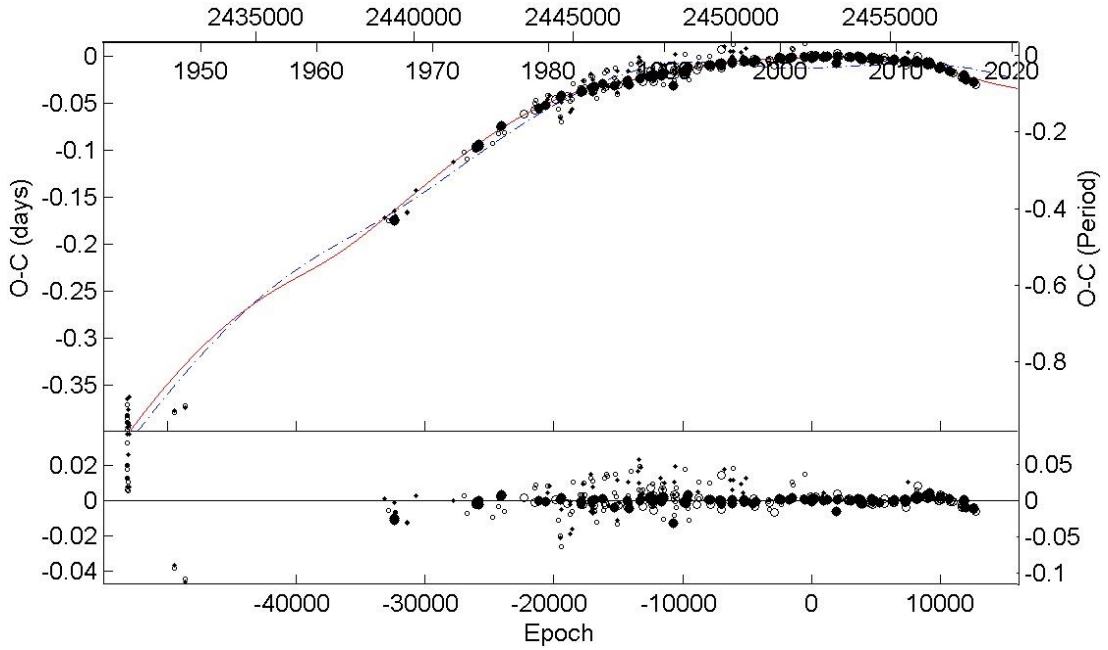
5.2.8 SS Ari

Sistemin **Kim vd. (2003)** tarafından yapılan dönem analizi çalışmasında büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene doğru kütle aktarımı veya manyetik yıldız rüzgarları sonucu açısal momentum kaybı nedeniyle döneminin zamanla azaldığı açıklanmış ve azalma değeri yüzyılda 2.7 saniye olarak hesaplanmıştır. Ayrıca sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü ve dördüncü cisimlerin varlığı belirlenmiştir. Dönemleri ise sırasıyla yaklaşık olarak 88 ve 40 yıl olarak hesaplanmıştır. Diğer yandan **Demircan ve Selam (1992)** çalışmalarında dönemi yaklaşık 45 yıl olan sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cismin varlığını belirmiştir. Bu çalışmada sistemin (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş iki sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir.

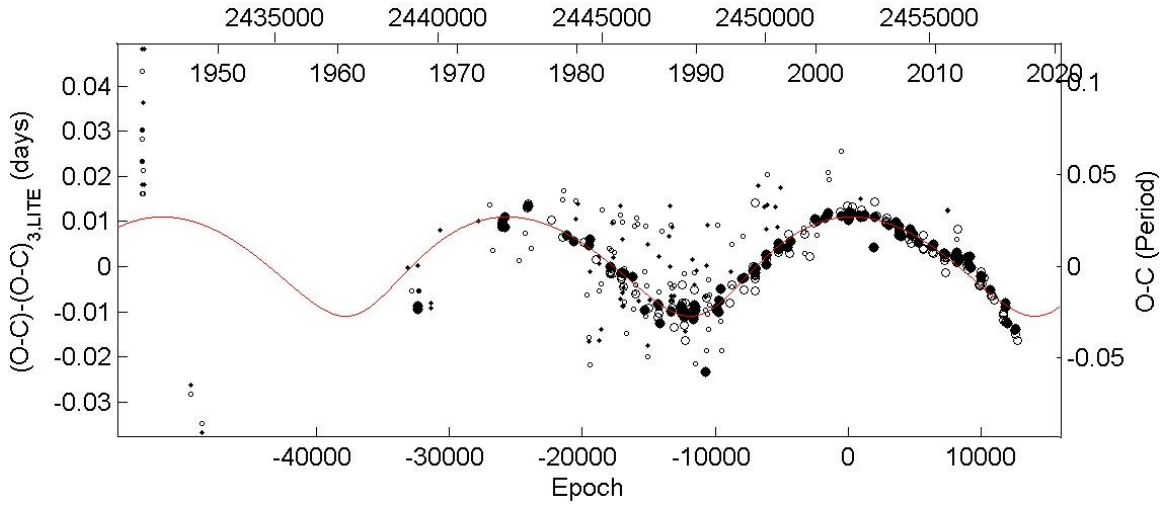
Sonuçlar Tablo 32'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 55 ve 56'da gösterilmiştir.

Tablo 32. SS Ari sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Kim vd. (2003)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2444469.4495 ± 0.0016	2452528.9101134 ± 0.0060686
P_{12} (gün)	0.40598558 ± 0.00000015	0.40598226 ± 0.00000035
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-8.4584	-7.23037 ± 0.00021
	3. Cisim	
$a'_{12}sini'$(AB)	-	2.16385 ± 0.00011
e_3	-	0.17 ± 0.30
ω_3(°)	36.6 ± 1.9	214.1405 ± 139.0750
T_3(HJD)	-	58684.017 ± 4182.603
P_3 (yıl)	88.2 ± 5.0	33.75900 ± 0.00004
A_3 (gün)	0.0858 ± 0.0019	0.01237 ± 0.01398
$f(m_3)(M_\odot)$	0.4210	0.00889 ± 0.00085
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	2.38	0.3336 ± 0.0122
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	0.3926 ± 0.0146
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	0.7563 ± 0.0309
	4. Cisim	
$a'_{12}sini'$(AB)	-	1.91688 ± 0.31815
e_4	-	0.291 ± 0.183
ω_4(°)	165.0 ± 6.4	290.723 ± 43.140
T_4(HJD)	-	2458669.936 ± 2444.768
P_4 (yıl)	39.7 ± 2.3	28.84 ± 5.47
A_4 (gün)	0.0205 ± 0.0021	0.01101 ± 0.01457
$f(m_4)(M_\odot)$	0.0282	0.00847 ± 0.00108
m_4 (i=90°)$_{(M\odot)}$	1.96	0.3664 ± 0.0180
m_4 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	0.4383 ± 0.0218
m_4 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	1.91688 ± 0.31815



Şekil 62. SS Ari sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.



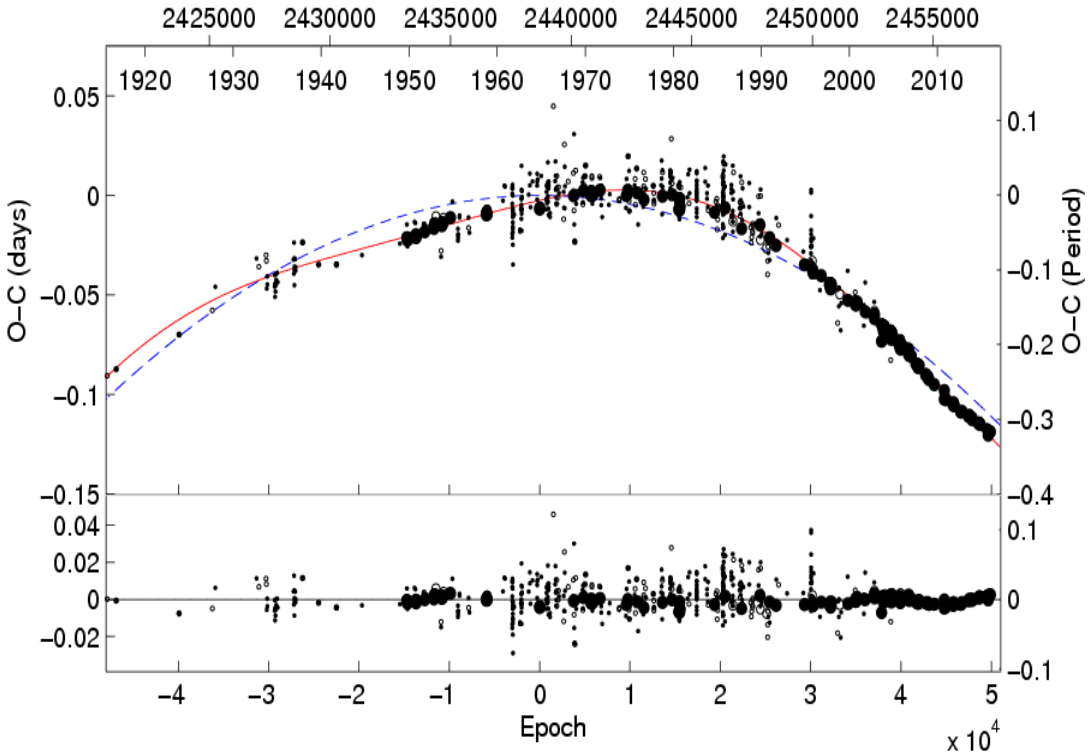
Şekil 63. SS Ari sisteminin (O-C) eğrisinde sadece dördüncü cisim etkisi.

5.2.9 U Peg

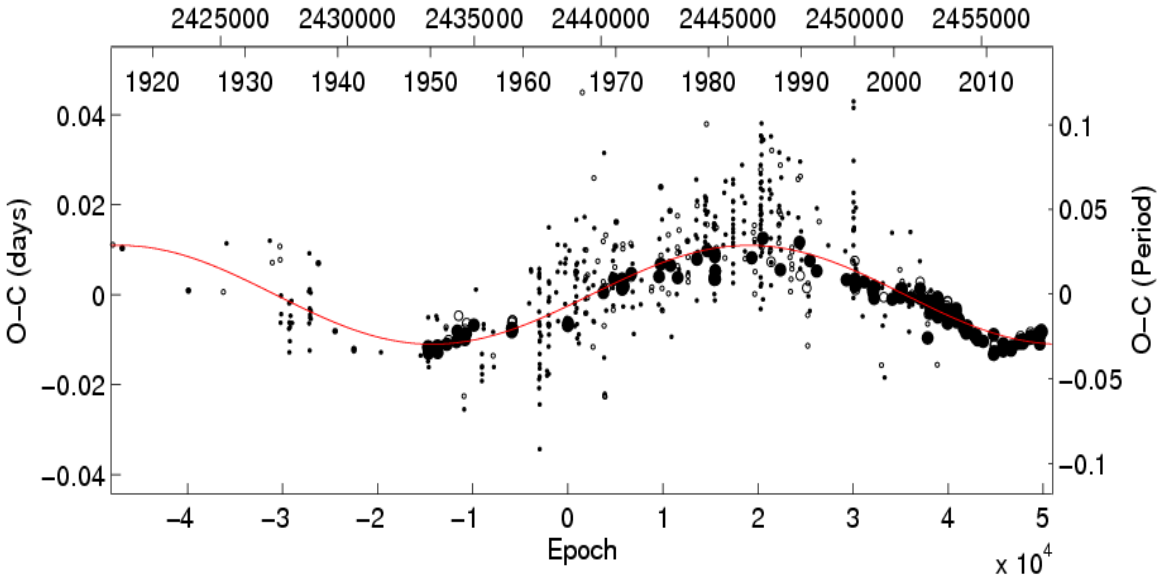
U Peg'in (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş iki sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 33'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 64 ve 65'de gösterilmiştir.

Tablo 33. U Peg sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Özuyar ve Selam (2007)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	24333182.8644 ± 0.0001	2438691.7761 ± 0.0021
P_{12} (gün)	0.37478168 ± 0.00000004	0.37478052 ± 0.00000008
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-	-0.4446
	3. Cisim	
a'$_{12}$sini'(AB)	1.8	1.9
e_3	0.010	0.010
ω_3(°)	1	165
T_3(HJD)	237762	2450939
P_3 (yıl)	75.95 ± 0.11	67.92 ± 4.95
A_3 (gün)	0.01098	0.01098
f(m_3)($M_\odot$)	0.00098	0.0014893
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	-	0.1621
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	0.1892
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	0.3476



Şekil 64. U Peg'in (O-C) eğrisi.



Şekil 65. U Peg'in üçüncü cisim sinus eğrisi.

5.2.10 V502 Oph

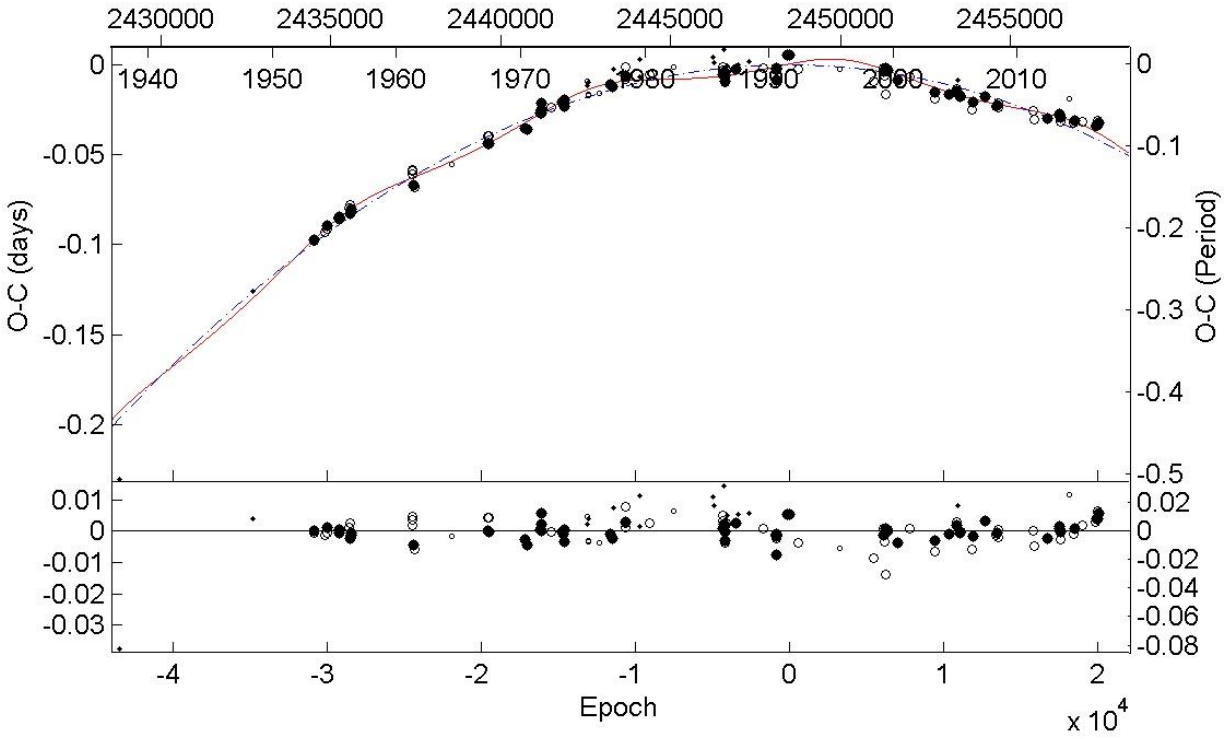
Sistemin **Hendry ve Mochnacki (1998)** tarafından yapılan tayfsal çalışmasında üçüncü bileşene ait tayf çizgilerinin görüldüğü açıklanmıştır. **Liu ve Yang (2006)** tarafından yapılan dönem analizi çalışmasında sistemin döneminin zamanla azaldığı belirtilmiştir. Bunun nedeninin büyük kütleli cisimden küçük kütleli cisme doğru kütle aktarımı veya manyetik yıldız rüzgarları nedeniyle açısal momentum kaybı olduğunu açıklamışlardır. Ayrıca sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cismin varlığından bahsetmişlerdir. Sistemin döneminde yüzyılda 1.44 saniye azaldığını ve üçüncü cismin döneminin yaklaşık olarak 23 yıl olarak hesaplamışlardır.

Bu çalışmada (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 34'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 66 ve 67'de gösterilmiştir.

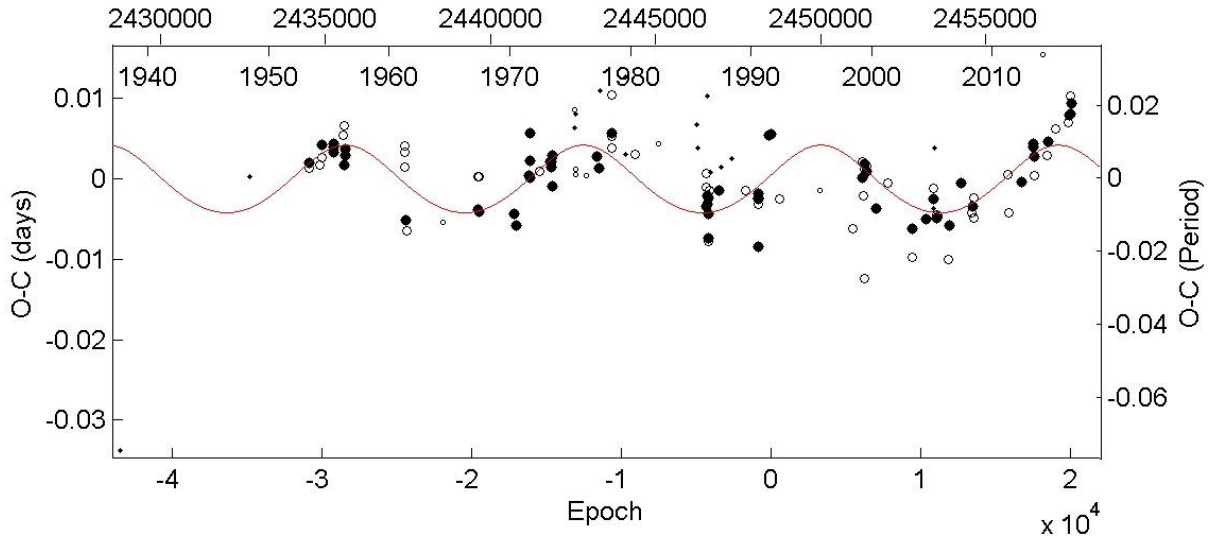
Tablo 34. V502 Oph sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Liu ve Yang (2006)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2439639.9487 ± 0.0004	2448500.1133790 ± 0.0006843
P_{12} (gün)	0. 45339280 ± 0.00000012	0.45338890 ± 0.00000004
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-4.5876 ± 0.2647	-4.59738 ± 0.00014
	3. Cisim	
$a'_{12}sini'$(AB)	-	0.7277 ± 0.1133
e_3	0.12 ± 0.05	0.134 ± 0.195
ω_3(°)	283.1 ± 3.6	89.0174 ± 66.0891
T_3(HJD)	2448781 ± 52	57196.233 ± 3239.304
P_3 (yıl)	22.9733 ± 0.1834	19.70 ± 0.58

A_3 (gün)	0.00365 ± 0.00004	0.0042 ± 0.0007
$f(m_3)(M_\odot)$	0.00048	0.000993 ± 0.000001
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	0.12	0.11217 ± 0.00004
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	0.14	0.13087 ± 0.00005
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	0.25	0.24011 ± 0.00010



Şekil 66. V502 Oph sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.



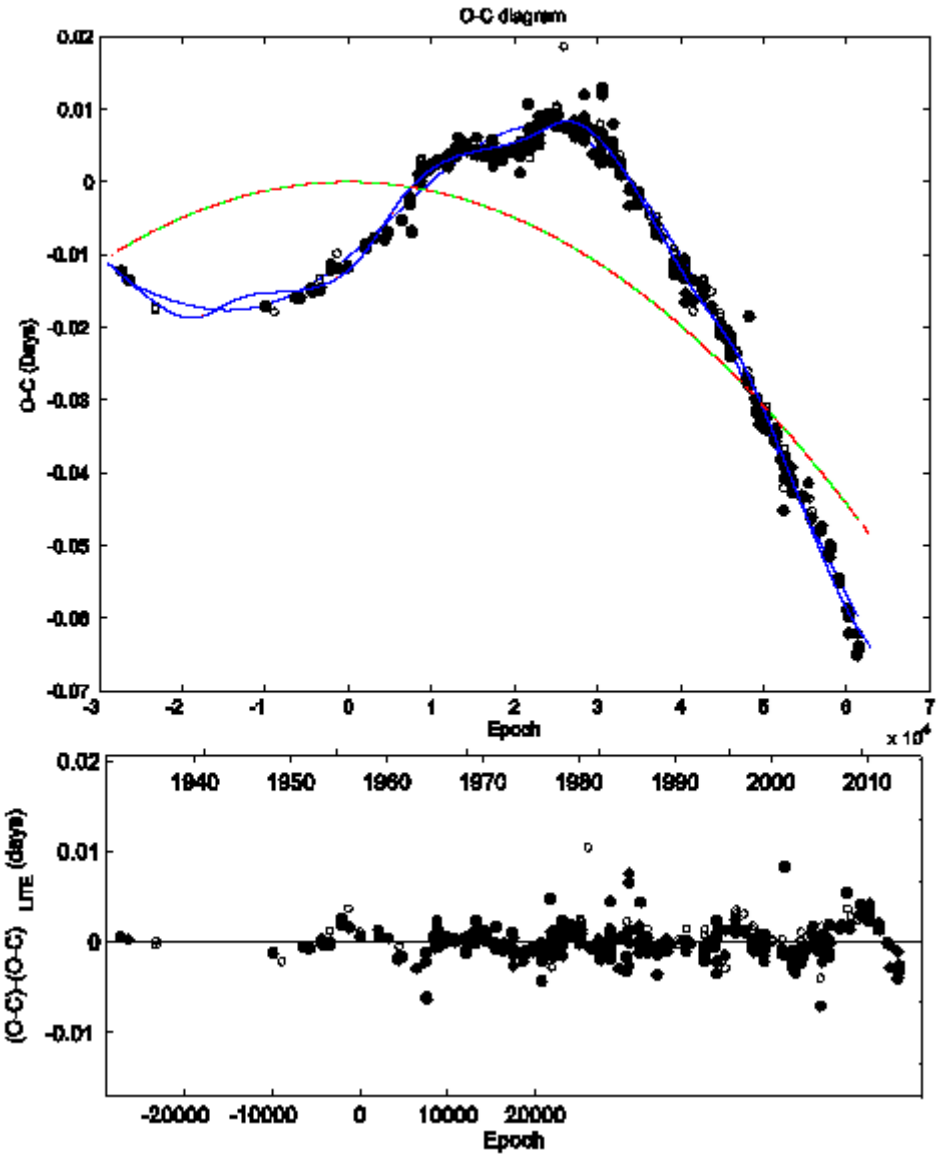
Şekil 67. V502 Oph sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi.

5.2.11 W UMa

Bu sistemin (O-C) analizinde parabol üstüne binmiş iki sinüs eğrisi fiti yapıldı. Sinüsel değişimlerin sisteme bağlı iki ilave bileşenin neden olduğu ışık zaman etkisinden kaynaklandığı kabul edilerek analizler yapıldı. Sonuçlar Tablo 35'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 68'de gösterilmiştir.

Tablo 35. W UMa sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametere	Birim	Üçüncü Cisim	Dördüncü Cisim
T_0	HJD	2435918.4260(17)	
P	gün	0.33363721(5)	
Q	gün	-0.106 (2) X 10^{-10}	
$P_{3,4}$	gün	27467(395)	6587(79)
$P_{3,4}$	yr	75(1)	18.1(2)
$T_{per3,4}$	HJD	2416055(8048)	2457192(524)
A	gün	0.0173(1)	0.0019(1)
ω	deg	65	0
e		0.011(1)	0.20(11)
$f(m_{3,4})$	$M_\odot$	0.0048	0.00011
$m_{min3,4}$	$M_\odot$	0.26	0.077



Şekil 68. W UMa sisteminin (O-C) eğrisi ve üzerine uydurulan parabolik değişimi, olası üçüncü ve dördüncü cismin neden olduğu değişimi içeren teorik eğri (üst panel), (O-C) eğrisi ile teorik eğrinin artıkları (alt panel).

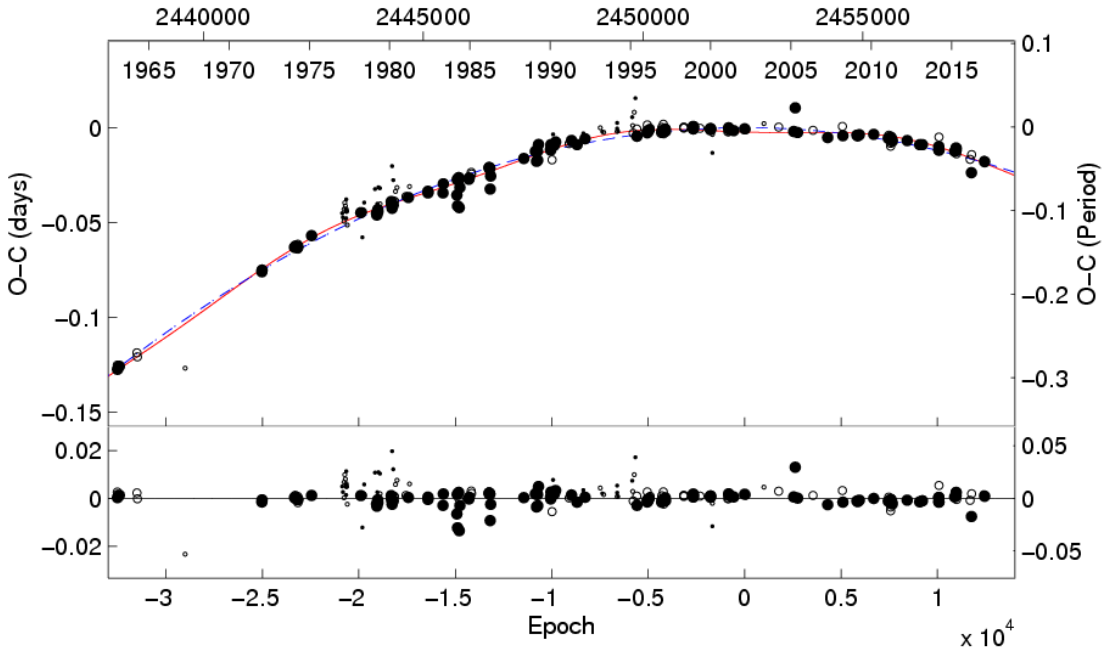
5.2.12 AW UMa

AW UMa'nın (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 36'da verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 69 ve 70'de gösterilmiştir.

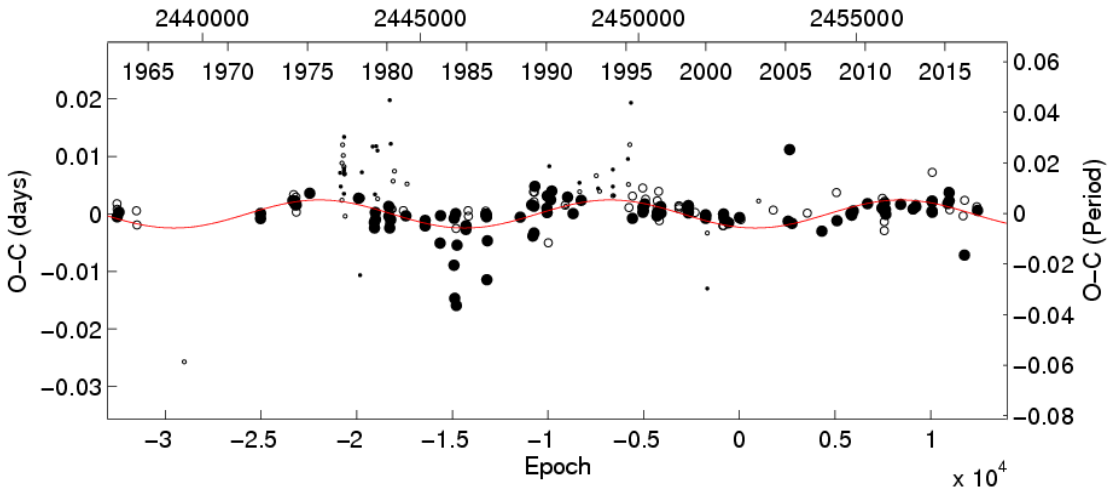
Tablo 36. AW UMa sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Rovithis-Livaniou vd. (2005)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2442150.4385	2452311.8207 ± 0.0019
P_{12} (gün)	0.43873234	0.43872545 ± 0.00000014
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-	-1.2003

Eğer 3. Cisim varsa		
$a'_{12}sini'(AB)$	-	0.423
e_3	-	0
$\omega_3(°)$	-	32
$T_3(HJD)$	-	2421620
P_3 (yıl)	29	18.24 ± 1.10
A_3 (gün)	-	0.0024
$f(m_3)(M_\odot)$	-	0.000228
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	-	0.080
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	0.092
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	0.166



Şekil 69. AW UMa'nın (O-C) eğrisi.



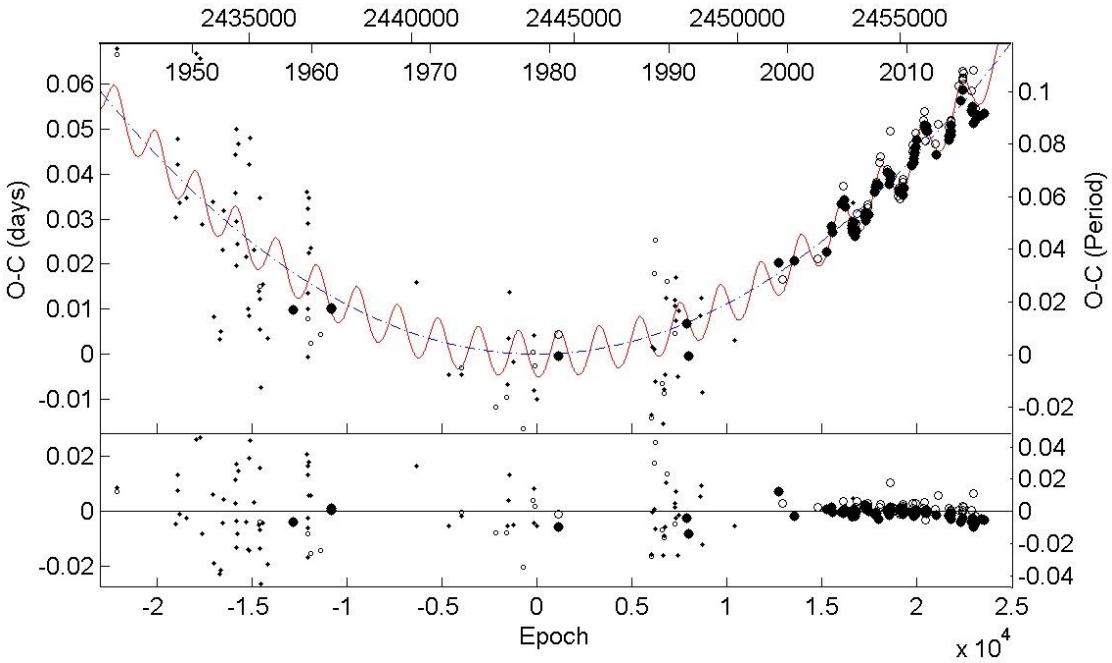
Şekil 70. AW UMa'nın üçüncü cisim sinus eğrisi.

5.2.13 V401 Cyg

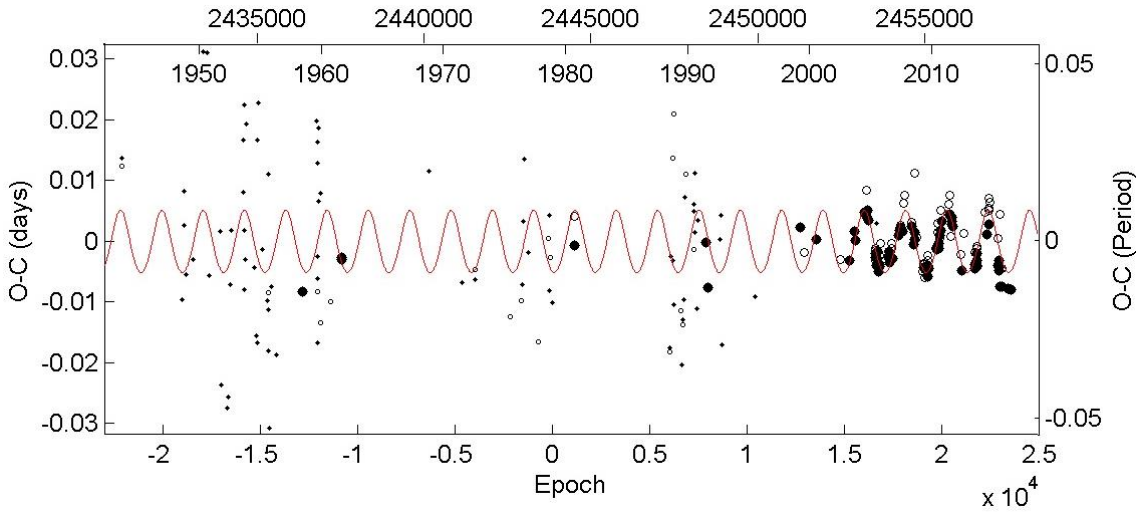
Wolf vd. (2000) tarafından yapılan dönem analizi çalışmasında sistemin döneminin yüzyılda yaklaşık olarak 1 saniye arttığını hesaplamıştır. **Zhu vd. (2013)** çalışmasında sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cismin ve ayrıca tayfsal gözlemlerle belirlenen dördüncü bir cismin varlığından bahsetmişlerdir. Üçüncü cismin dönemini 3.43 yıl olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 37'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 71 ve 72'de gösterilmiştir.

Tablo 37. V401 Cyg sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Zhu vd. (2013)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2443835.2587 ± 0.0025	2443835.2621478 ± 0.0012618
P_{12} (gün)	0.58272304 ± 0.00000005	0.58272300 ± 0.00000005
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	4.1186 ± 0.1716	3.80387 ± 0.00021
	3. Cisim	
$a'_{12}sini'$(AB)	0.79 ± 0.06	0.8894 ± 0.1395
e_3	0.22 ± 0.14	0.138 ± 0.183
ω_3(°)	111.2 ± 40.7	94.0978 ± 135.7215
T_3(HJD)	2454499.5 ± 138.9	54412.646 ± 9376.306
P_3 (yıl)	3.43 ± 0.02	3.39 ± 0.01
A_3 (gün)	0.00454 ± 0.00035	0.0051 ± 0.0008
$f(m_3)(M_\odot)$	0.041 ± 0.008	0.0613 ± 0.0009
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	0.70	0.8180 ± 0.0049
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	0.9780 ± 0.0059
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	2.0640 ± 0.0147



Şekil 71. V401 Cyg sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.



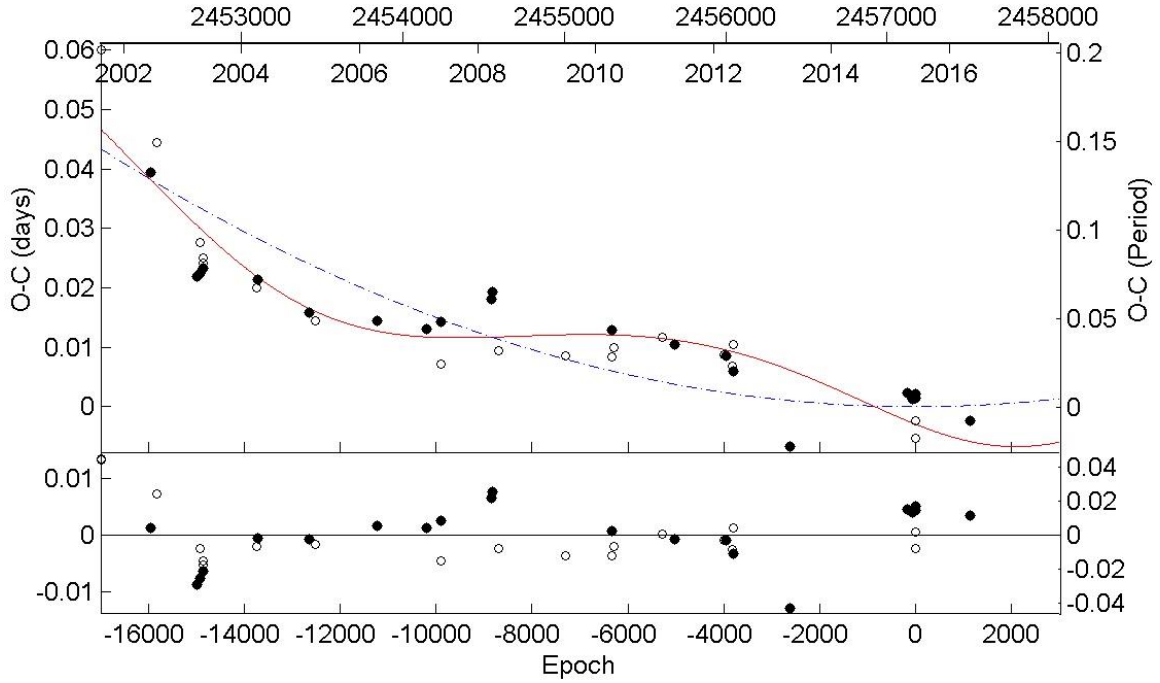
Şekil 72. V401 Cyg sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi.

5.2.14 OU Ser

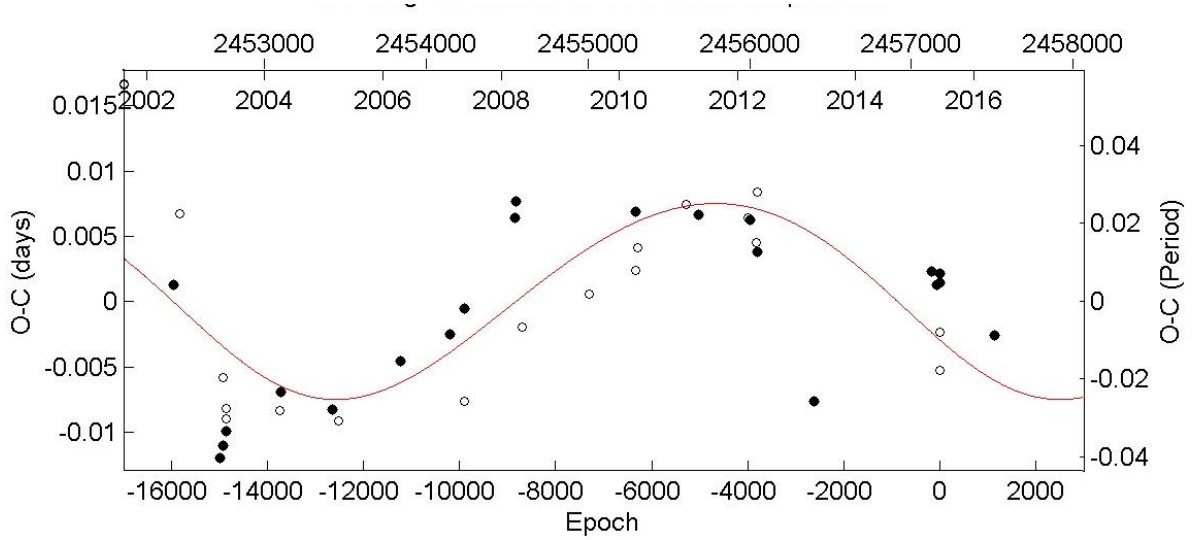
OU Ser'in (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 38'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 73 ve 74'de gösterilmiştir.

Tablo 38. OU Ser sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2457174.4607869 ± 0.0025506
P_{12} (gün)	0.29677007 ± 0.00000062
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	10.12838 ± 0.00897
	3. Cisim
$a'_{12}sini'$(AB)	1.3035 ± 0.2496
e_3	0.114 ± 0.312
ω_3(°)	227.724 ± 142.714
T_3(HJD)	43730.585 ± 13412.663
P_3 (yıl)	12.26 ± 0.68
A_3 (gün)	0.0075 ± 0.0014
$f(m_3)(M_\odot)$	0.01473 ± 0.00133
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	0.3248 ± 0.0117
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	0.3848 ± 0.0135
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	0.7707 ± 0.0307



Şekil 73. OU Ser sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.



Şekil 74. OU Ser sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi.

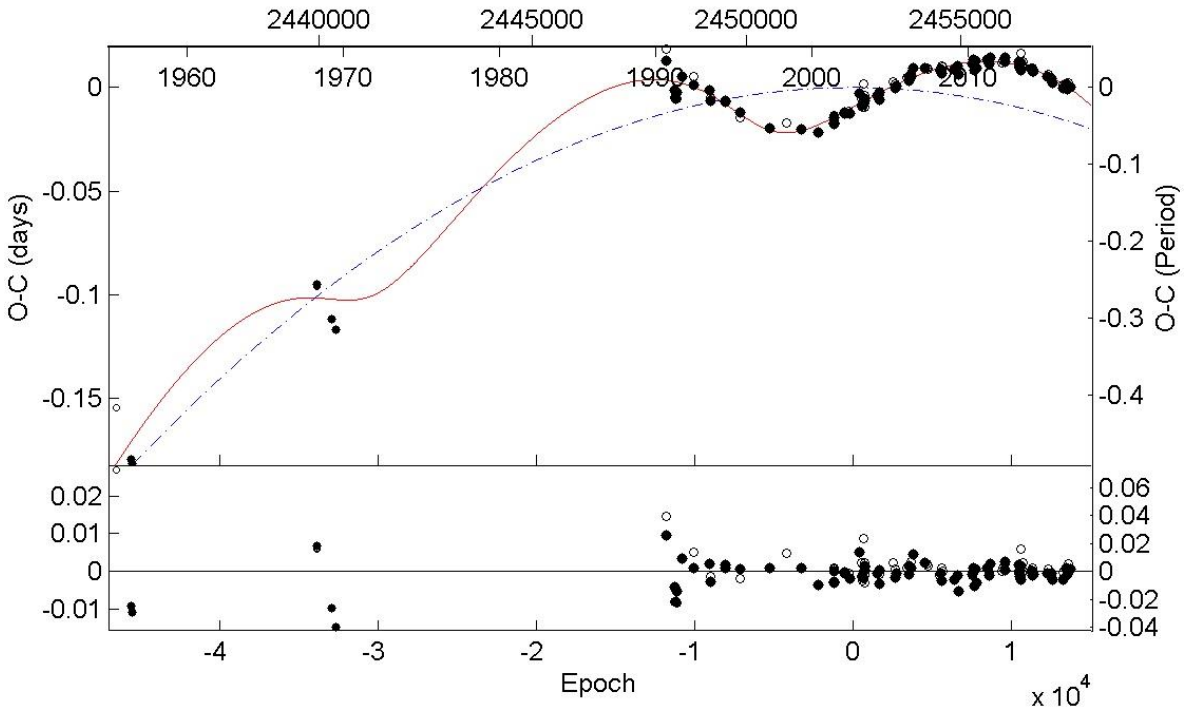
5.2.15 XY Boo

Sistemin, **Yang vd. (2005) ve Mikulášek (2015)** tarafından yapılan dönem analizi çalışmalarında küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımı nedeniyle sistemin döneminin arttığını açıklamışlar ve sistemin dönemindeki artışın sırasıyla yüzyılda 5.40 ve 5.15 saniye olduğunu hesaplamışlardır. Ayrıca **Mikulášek (2015)** O-C eğrisinde sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cismin varlığından bahsetmiştir. Bu çalışmada XY

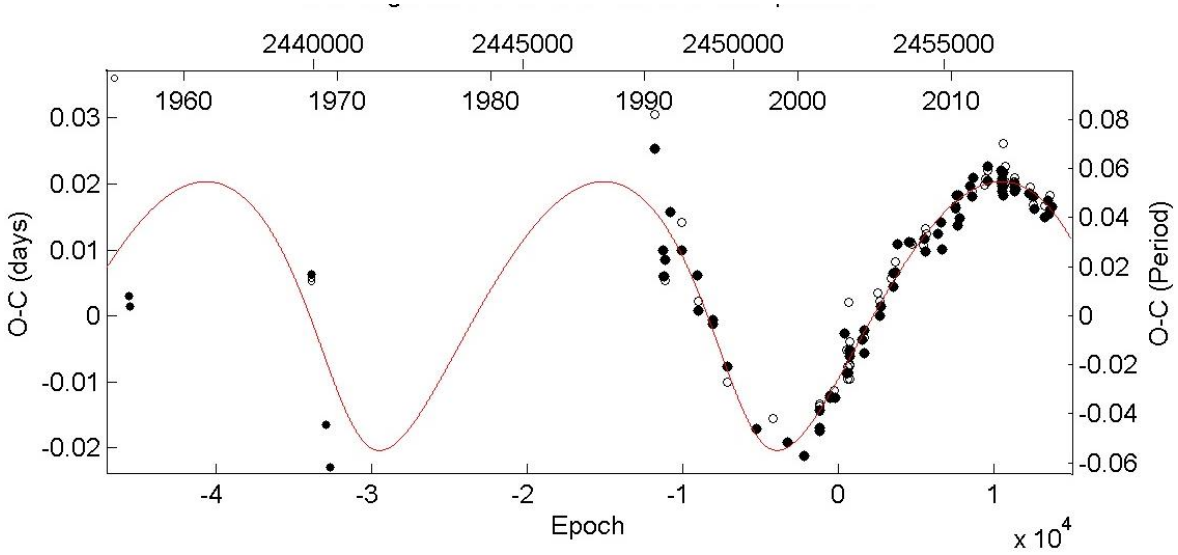
Boo'nun (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 39'da verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 75 ve 76'da gösterilmiştir.

Tablo 39. XY Boo sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Yang vd. (2005)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2453774.6988 ± 0.0002	2452500.4823578 ± 0.0016456
P_{12} (gün)	0.37055240 ± 0.00000002	0.37057108 ± 0.00000012
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	17.11 ± 0.05	-4.75752 ± 0.00018
	3. Cisim	
$a'_{12}sini'$(AB)	-	3.6030 ± 0.0997
e_3	-	0.331 ± 0.042
ω_3(°)	-	231.222 ± 10.685
T_3(HJD)	-	2450375.940 ± 280.457
P_3 (yıl)	-	25.91 ± 0.25
A_3 (gün)	-	0.0204 ± 0.0006
f(m_3)($M_\odot$)	-	0.0697 ± 0.0001
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	-	0.5759 ± 0.0005
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	0.6971 ± 0.0005
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	1.5798 ± 0.0016



Şekil 75. XY Boo sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.



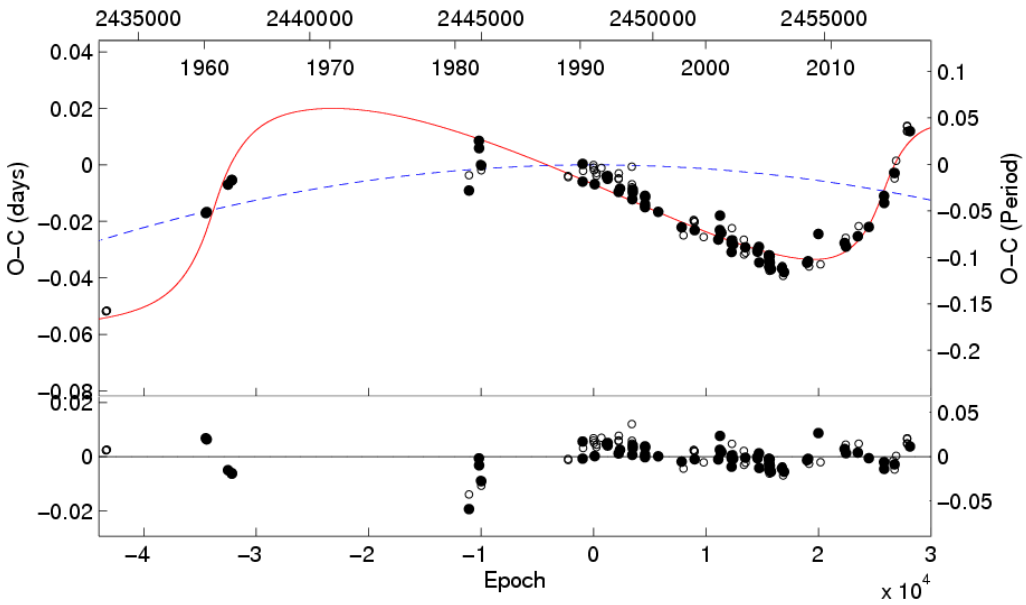
Şekil 76. XY Boo sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi.

5.2.16 FG Hya

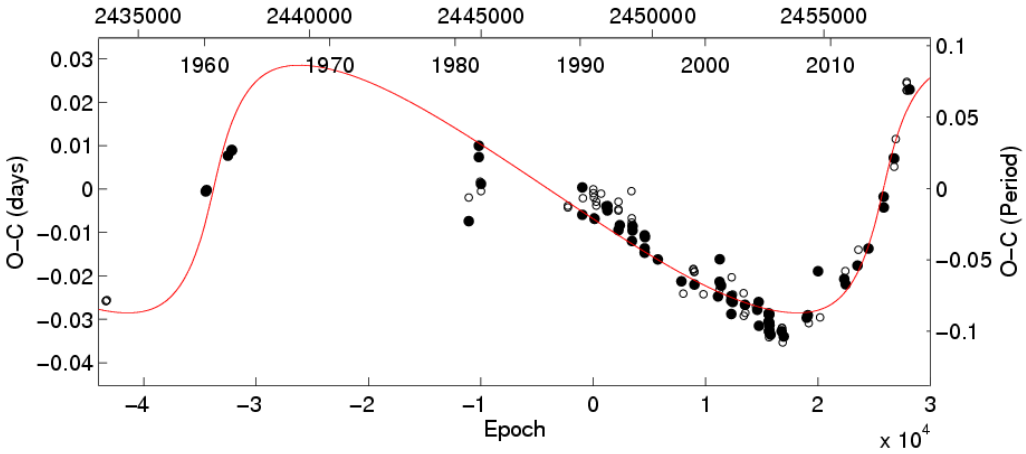
Bu çalışmada FG Hya'nın (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 40'da verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 77 ve 78'de gösterilmiştir.

Tablo 40. FG Hya sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Qian ve Yang (2005)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2436968.7067	2448271.6604 ± 0.0057
P_{12} (gün)	0.32783433	0.3278304 ± 0.0000002
Q (dP/dE)x10^{-10}(gün)	-	-0.139
	3. Cisim	
$a'_{12}sini'$(AB)	5.0 ± 0.8	7.267 ± 0.64
e_3	-	0.733
ω_3(°)	-	0.45 ± 10.48
T_3(HJD)	-	2437192.9 ± 43.5
P_3 (yıl)	36.4	63.51 ± 1.08
A_3 (gün)	0.0131 ± 0.0004	0.0285 ± 0.0025
$f(m_3)(M_\odot)$	0.095 ± 0.044	0.1334 ± 0.0011
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	0.82	0.9551
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	1.1613
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	2.24	2.7041



Şekil 77. FG Hya'nın (O-C) eğrisi.



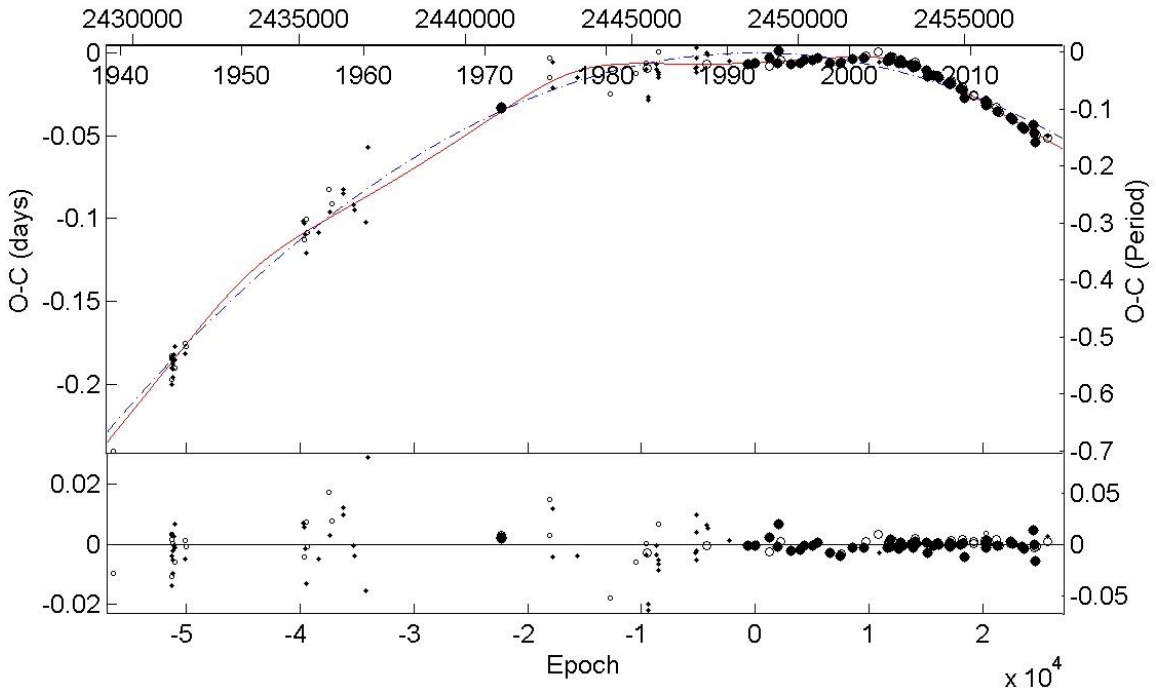
Şekil 78. FG Hya'nın üçüncü cisim sinus eğrisi.

5.2.17 VW Boo

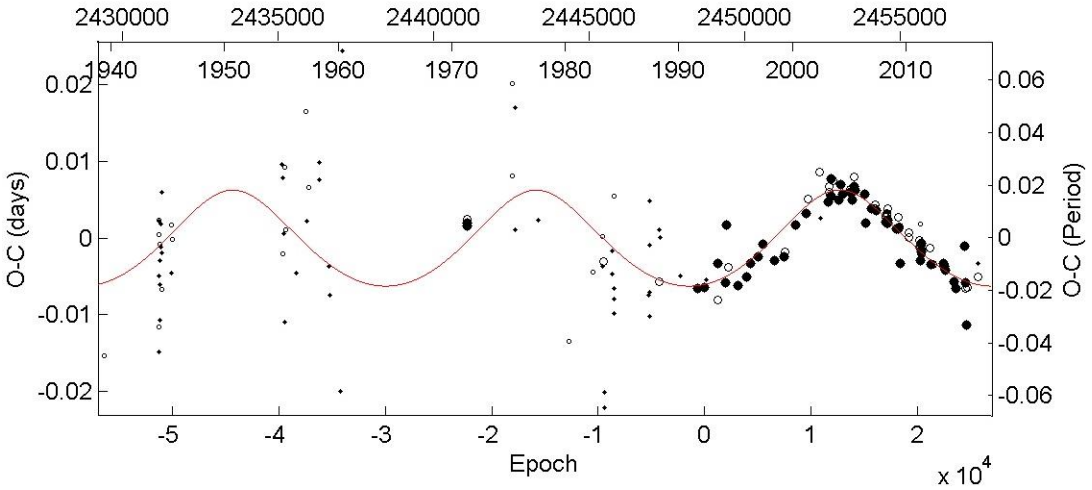
Sistemin, **Qian ve Zhu (2002) ve Liu vd. (2011)** tarafından yapılan fotometrik çalışmalarında döneminin zamanla azaldığı belirtilmiş ve bu azalmayı sırasıyla yaklaşık olarak yüzyılda 1.35 ve 1.26 olarak hesaplamışlardır. Azalmanın nedenini büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene kütle aktarımı veya manyetik yıldız rüzgarları nedeniyle açısal momentum kaybı olarak açıklamışlardır. Ayrıca **Liu vd. (2011)** sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cismin varlığından bahsetmiş ve dönemini yaklaşık 26 yıl olarak elde etmiştir. Bu çalışmada VW Boo'nun (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 41'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 79 ve 80'de gösterilmiştir.

Tablo 41. VW Boo sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Liu vd. (2011)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2455300.1461 ± 0.0006	2448720.4743423 ± 0.0008336
P_{12} (gün)	0.342315537 ± 0.000000003	0.34231801 ± 0.00000004
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-3.980 ± 0.002	-4.12365 ± 0.00010
	3. Cisim	
$a'_{12}sini'$(AB)	-	1.0852 ± 0.1412
e_3	-	0.2027 ± 0.1238
ω_3(°)	-	86.584 ± 68.656
T_3(HJD)	-	52999.090 ± 1814.098
P_3 (yıl)	25.96	26.715 ± 0.475
A_3 (gün)	0.0059	0.0063 ± 0.0008
$f(m_3)(M_\odot)$	-	0.001791 ± 0.000002
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	-	0.16953 ± 0.00006
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	0.19800 ± 0.00007
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	0.36539 ± 0.00013



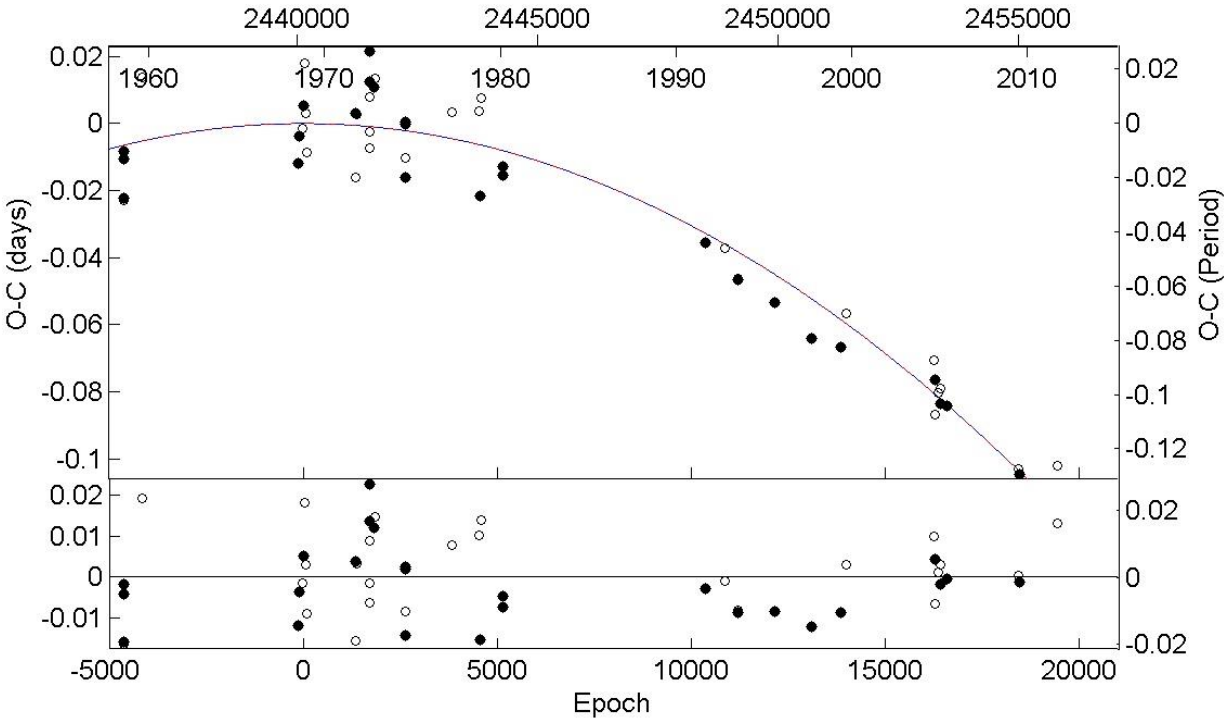
Şekil 79. VW Boo sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.



Şekil 80. V502 Oph sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi.

5.2.18 EM Cep

Pribulla ve Rucinski (2006) çalışmasında sisteme 50000 AB uzaklığında bir cisimden bahsetmişler fakat bu uzaklığın, sistemin üçlü sistem olarak adlandırılabilmesi için oldukça fazla olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada EM Cep'in (O-C) değişimi parabolle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 42'da verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fit Şekil 81'de gösterilmiştir.



Şekil 81. EM Cep sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları**.**

Tablo 42. EM Cep sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

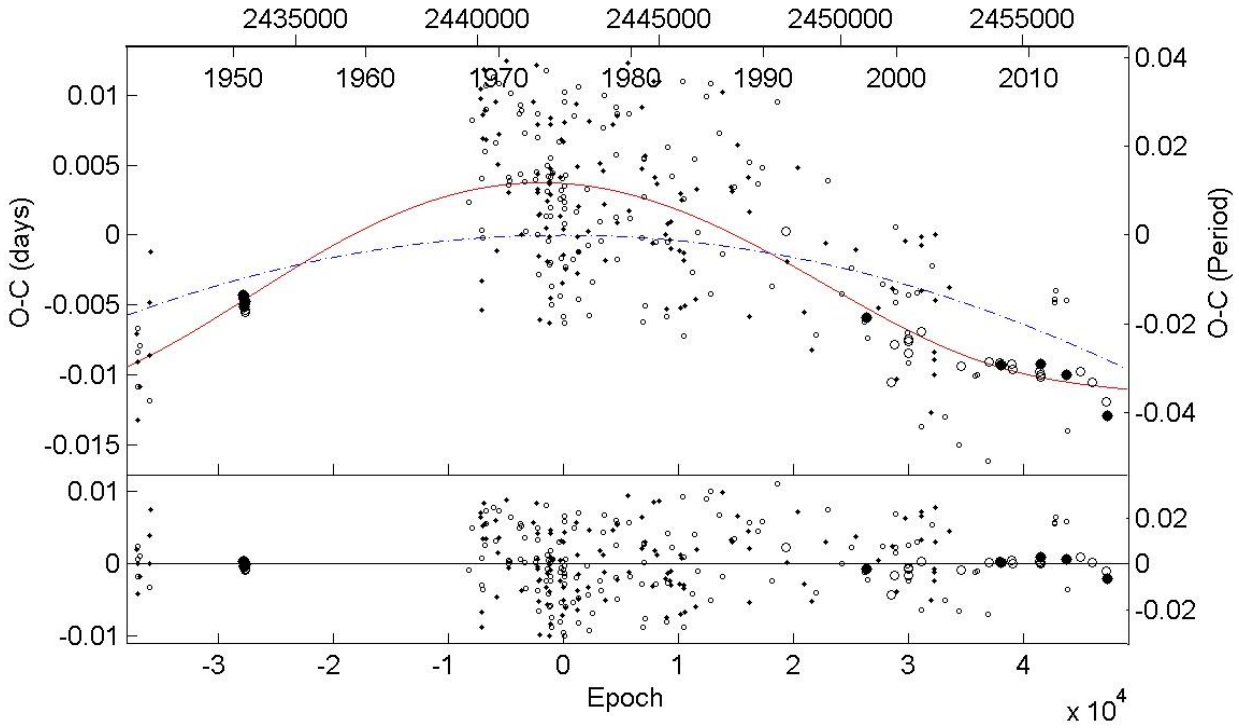
Parametre	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2440134.7357655 ± 0.0035650
P_{12} (gün)	0.80618567 ± 0.00000038
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-7.53871 ± 0.81403

5.2.19 TW Cet

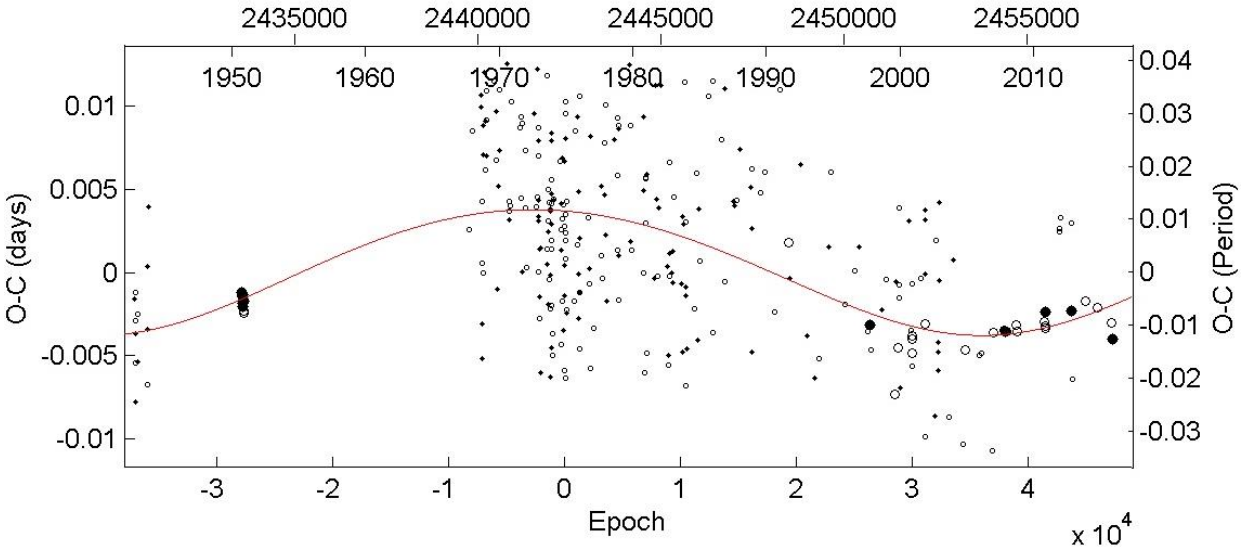
Hoffman vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada seçilmiş bazı yıldız sistemlerinin period değişiminde sisteme çekimsel bağlı olası ilave bir cismin varlığı konusunda TW Cet sisteminin araştırılmasını önermiştir. Bu çalışmada TW Cet'in (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 43'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 82 ve 83'de gösterilmiştir.

Tablo 43. TW Cet sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2442373.6904329 ± 0.0003820
P_{12} (gün)	0.31685161 ± 0.00000002
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-0.25248 ± 0.0123
	3. Cisim
$a'_{12}sini'$(AB)	0.6541 ± 0.0613
e_3	0.106 ± 0.291
ω_3(°)	282.003 ± 135.798
T_3(HJD)	59372.083 ± 24001.571
P_3 (yıl)	66.24 ± 6.57
A_3 (gün)	0.0038 ± 0.0004
$f(m_3)(M_\odot)$	0.000064 ± 0.000003
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	0.0575 ± 0.0009
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	0.0667 ± 0.0010
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	0.1177 ± 0.0018



Şekil 82. TW Cet sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.



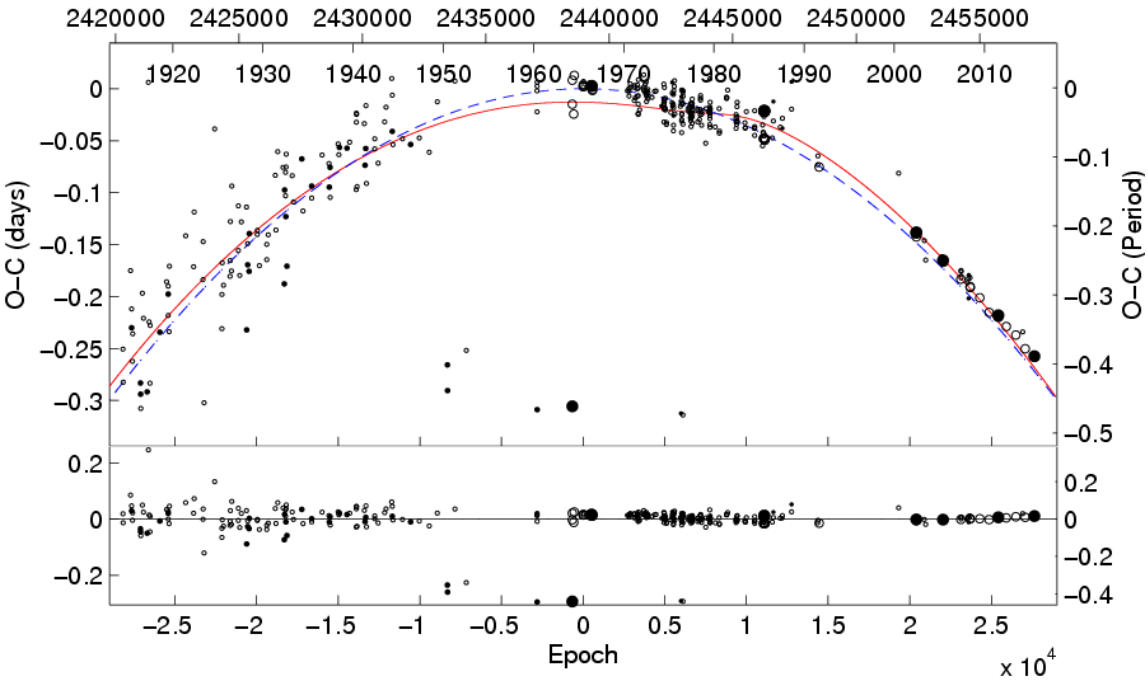
Şekil 83. TW Cet sisteminin (O-C) eğrisinde sadece üçüncü cisim etkisi.

5.2.20 V1010 Oph

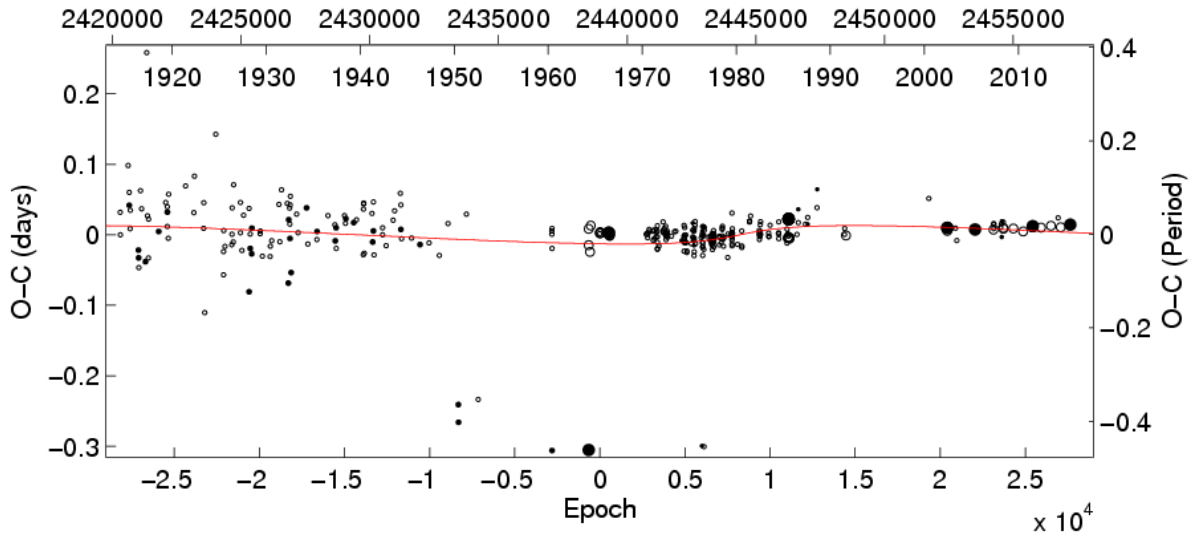
Bu çalışmada V1010 Oph'un (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 44'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 84 ve 85'de gösterilmiştir.

Tablo 44. V1010 Oph sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Kreiner (2004)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2438937.522	2438938.1008479 ± 0.0092
P_{12} (gün)	0.6614303	0.6614291 ± 0.0000004
Q (dP/dE)x10^{-10}(gün)	-	-3.560
	3. Cisim	
$a'_{12}sini'(AB)$	-	2.92 ± 0.91
e_3	-	0.630
$\omega_3(°)$	-	0.5 ± 3.2
T_3(HJD)	-	2652650.142 ± 371
P_3 (yıl)	-	81.45 ± 0.08
A_3 (gün)	-	0.0131 ± 0.0013
$f(m_3)(M_\odot)$	-	0.0037 ± 0.0002
m_3 (i=90°)$_{(M\odot)}$	-	0.2336
m_3 (i=60°)$_{(M\odot)}$	-	0.2737
m_3 (i=30°)$_{(M\odot)}$	-	0.5135



Şekil 84. V1010 Oph'un (O-C) eğrisi ve artıkları.



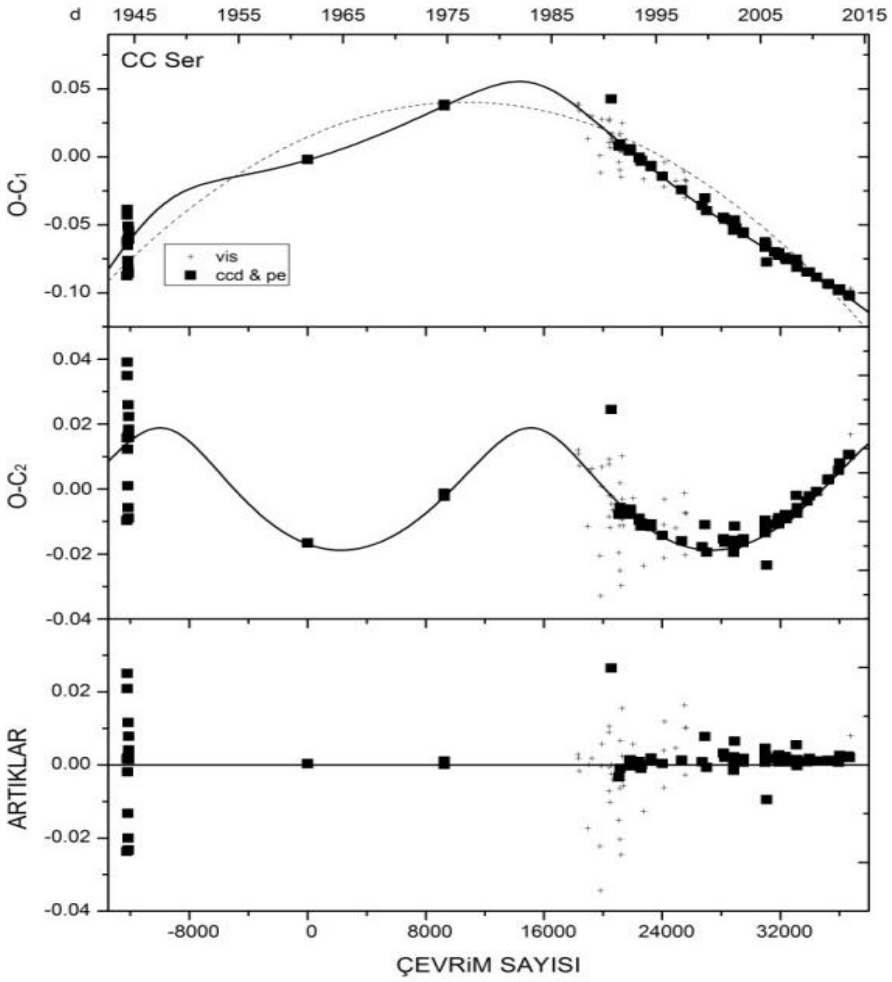
Şekil 85. V1010 Oph'un üçüncü cisim sinus eğrisi.

5.2.21 CC Ser

Bu çalışmada CC Ser'in (O-C) değişimi parabol üstüne binmiş bir sinüs eğrisiyle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 45'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fitler Şekil 86'da gösterilmiştir.

Tablo 45. CC Ser sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Değer	Hatası
$T_0\,(HJD)$	2437480.8125	0.0076
$P\,(gün)$	0.5160483665	0.000000394
$Q\,(gün)\times10^{-10}$	-2.26	0.13
$P_3\,(yıl)$	35.46	1.55
$a_{12}\sin i\,(AU)$	3.26	1.19
$T_{12}\,(HJD)$	2406622	2527
e	0.28	0.37
$\omega_{12}\,(derece)$	98	44
$f(m_3)\,(M_\odot)$	0.0276	0.0303
$\sum(O-C)^2\,(gün^2)$	0.0448	



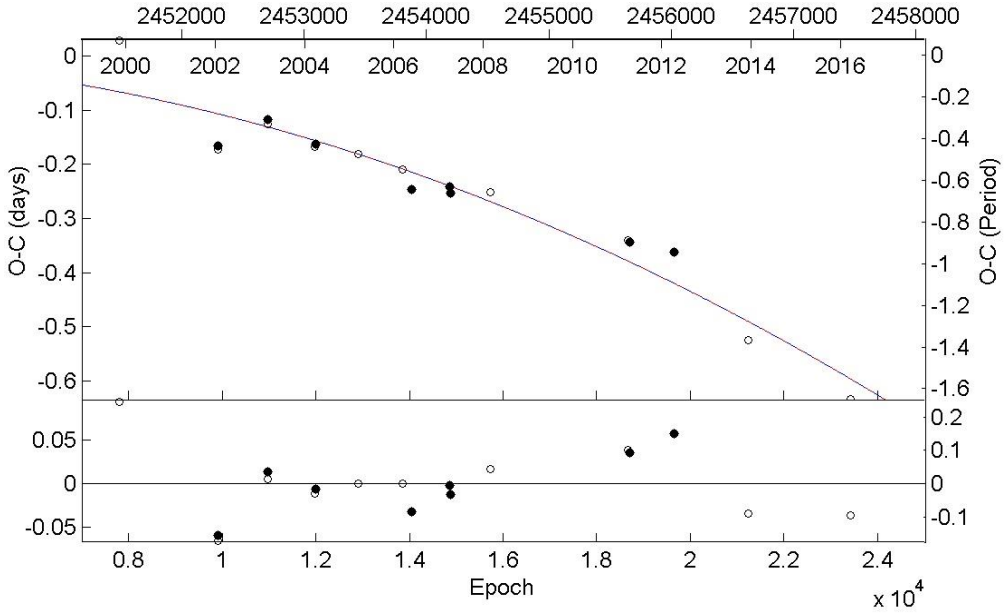
Şekil 86. CC Ser sisteminin (O-C) eğrisi ve üzerine uydurulan teorik eğri (en üst panel), parabolik değişimin artıkları ve üzerine uydurulan üçüncü cisim fiti (orta panel) ve (O-C) eğrisi ile teorik eğrinin artıkları (en alt panel).

5.2.22 HN UMa

Bu çalışmada HN UMa'nın (O-C) değişimi parabolle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 46'da verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fit Şekil 87'de gösterilmiştir.

Tablo 46. HN UMa sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2448498.8062883 ± 0.0666336
P_{12} (gün)	0.3828041 ± 0.0000044
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-56.72922 ± 28.78413



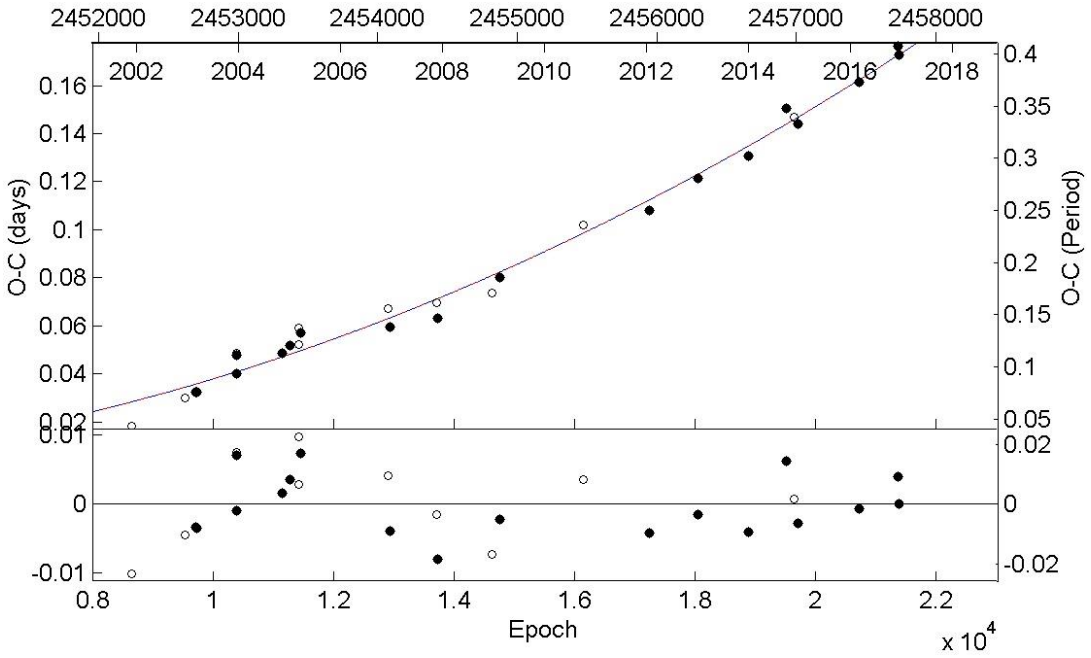
Şekil 87. HN UMa sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.

5.2.23 V1363 Ori

V1363 Ori'nin (O-C) değişimi parabolle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 47'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fit Şekil 88'de gösterilmiştir.

Tablo 47. V1363 Ori sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	**Bu Çalışma**
T_o (HJD)	2448500.1021208 ± 0.0111495
P_{12} (gün)	0.4319123 ± 0.0000008
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	17.51004 ± 3.74533



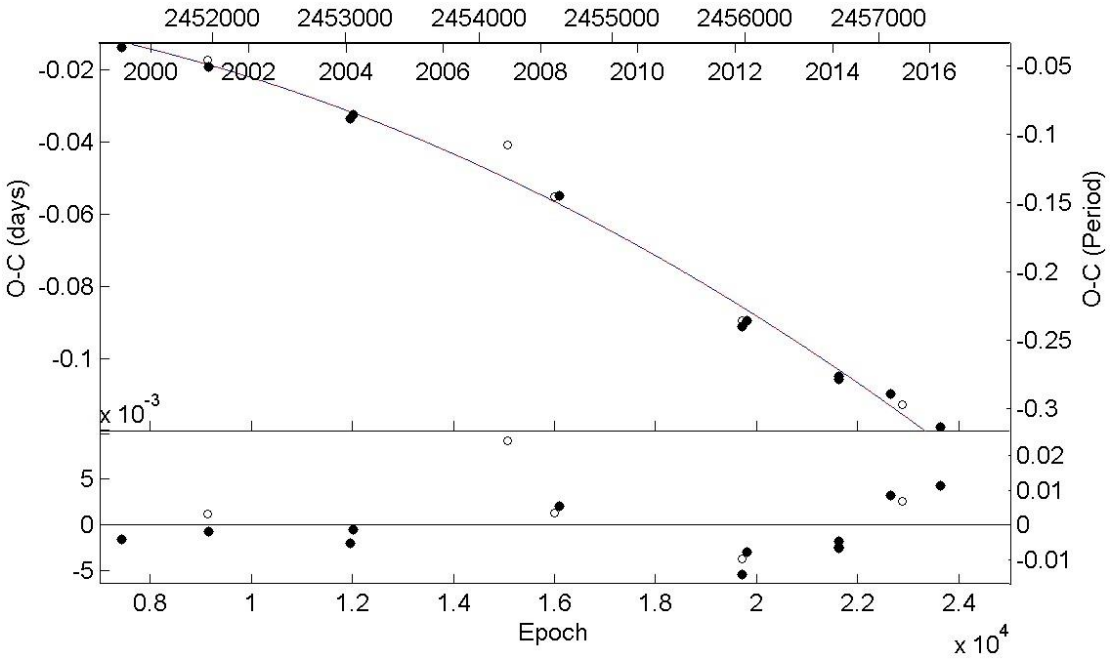
Şekil 88. V1363 Ori sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.

5.2.24 HX UMa

HX UMa'nın (O-C) değişimi parabolle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 48'de verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fit Şekil 89'da gösterilmiştir.

Tablo 48. HX UMa sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

Parametre	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2448500.3208542 ± 0.0051602
P_{12} (gün)	0.37916315 ± 0.00000029
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	-11.63457 ± 2.31157



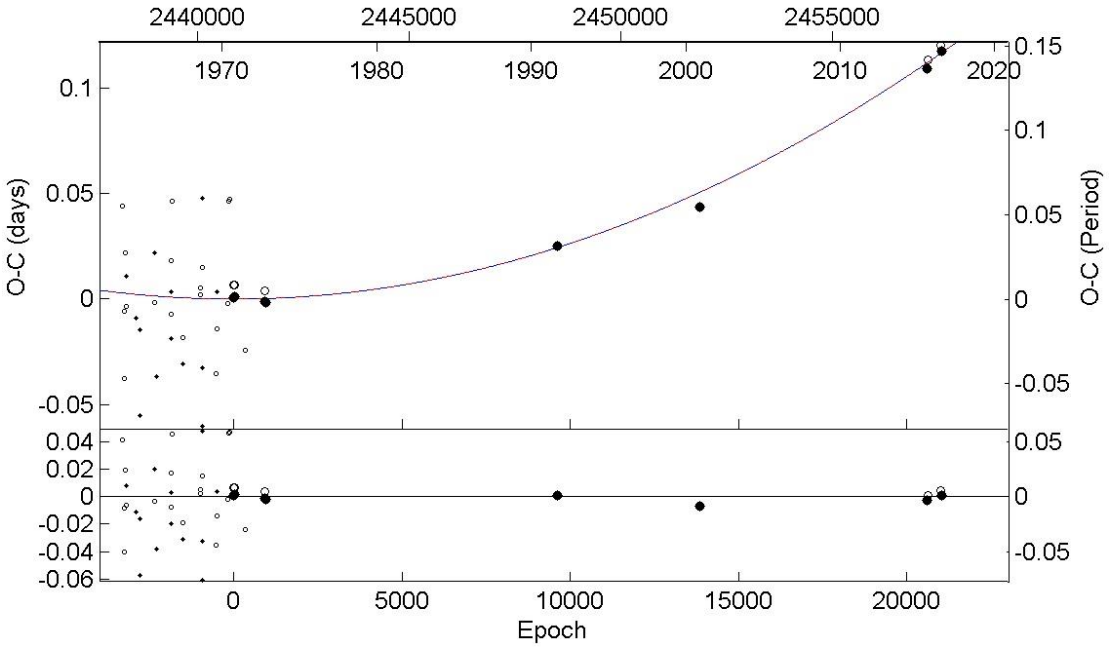
Şekil 89. HX UMa sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.

5.2.25 MW Pav

Alvarez vd. (2015) tarafından yapılan sistemin fotometrik çalışmasında yaklaşık 40 yıllık minimum zamanı verisi kullanarak yaptıkları dönem analizinde, sistemin döneminin yüzyılda yaklaşık 2 saniye arttığını hesaplamıştır. Bu çalışmada MW Pav'ın (O-C) değişimi parabolle temsil edilmiştir. Sonuçlar Tablo 49'da verilmiş, (O-C) diyayramı ve yapılan fit Şekil 90'da gösterilmiştir.

Tablo 49. MW Pav sisteminin (O-C) analizi sonucunda elde edilen parametreleri.

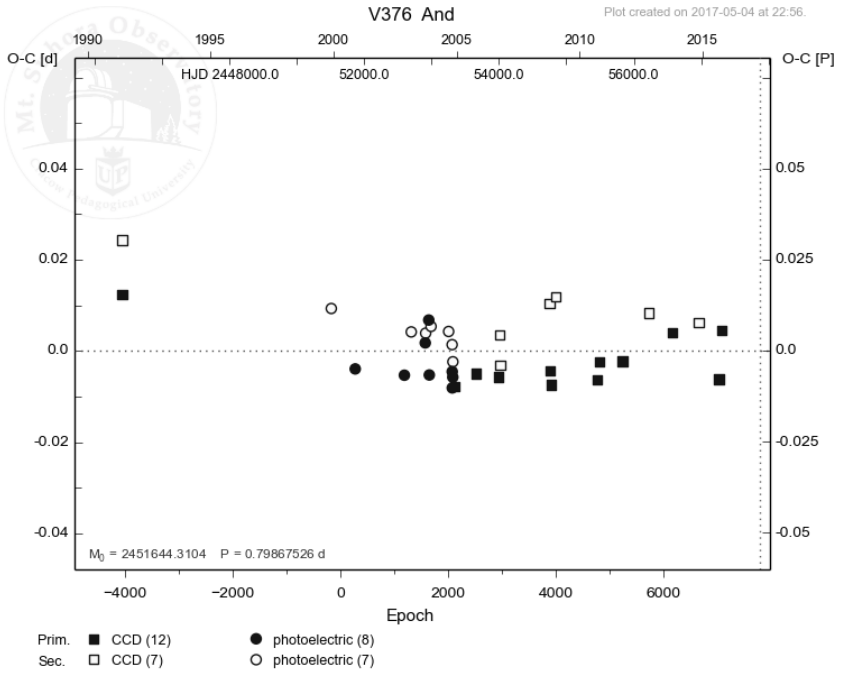
Parametre	Alvarez vd. (2015)	Bu Çalışma
T_o (HJD)	2440862.60793 ± 0.00018	2440862.6073673 ± 0.0046433
P_{12} (gün)	0.79498593 ± 0.00000012	0.79498601 ± 0.00000068
Q (dP/dt)x10^{-10}(gün)	6.4907 ± 0.1761	6.61471 ± 2.77705



Şekil 90. MW Pav sisteminin (O-C) eğrisi ve artıkları.

5.2.26 V376 And

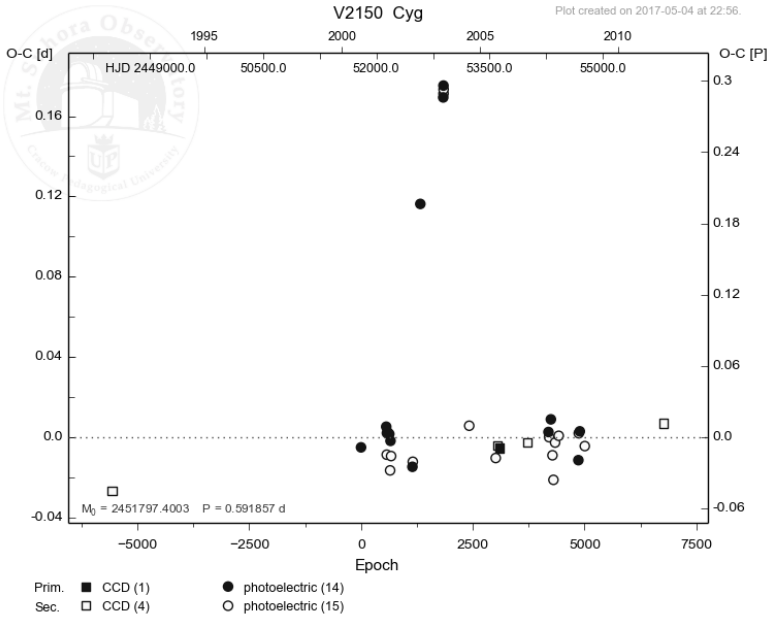
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 91'de gösterilmiştir.



Şekil 91. V376 And'ın (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.27 V2150 Cyg

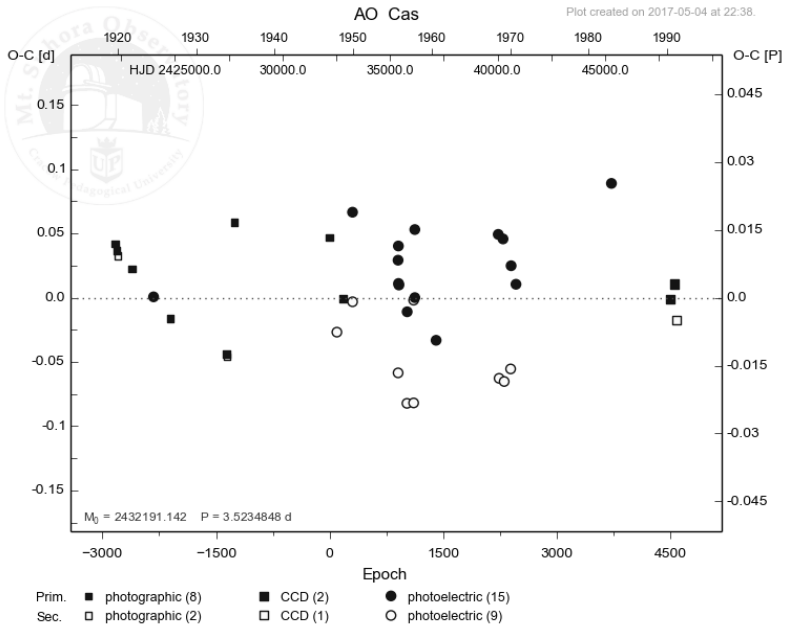
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 91'de gösterilmiştir.



Şekil 92. V2150 Cyg'nin (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.28 AO Cas

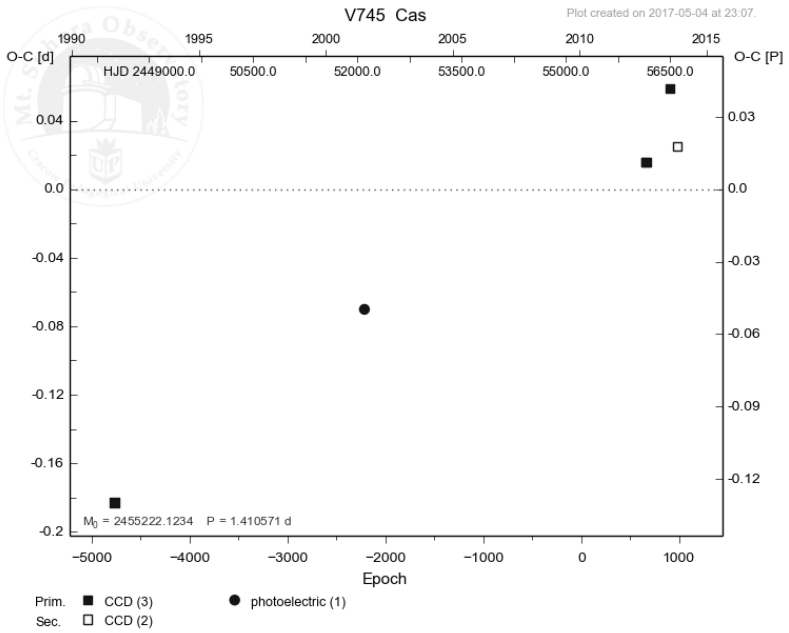
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 93'de gösterilmiştir.



Şekil 93. AO Cas'ın (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.29 V745 Cas

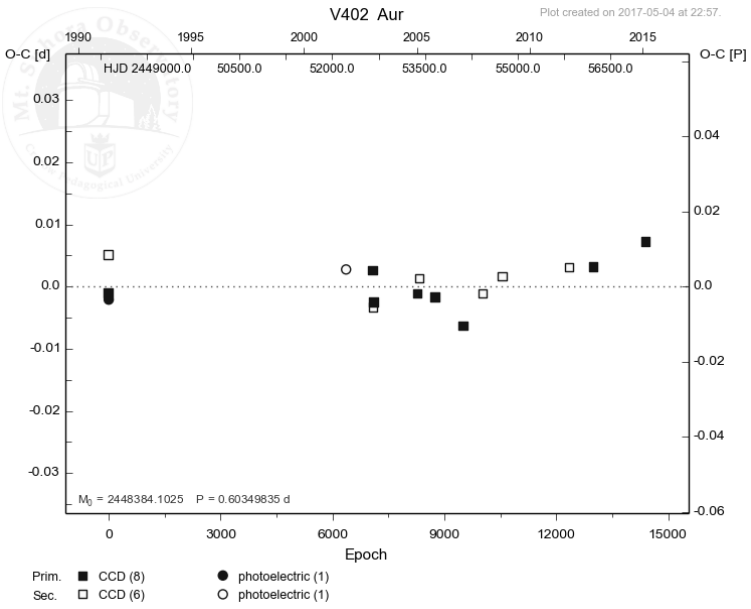
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 94'de gösterilmiştir.



Şekil 94. V745 Cas'ın (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.30 V402 Aur

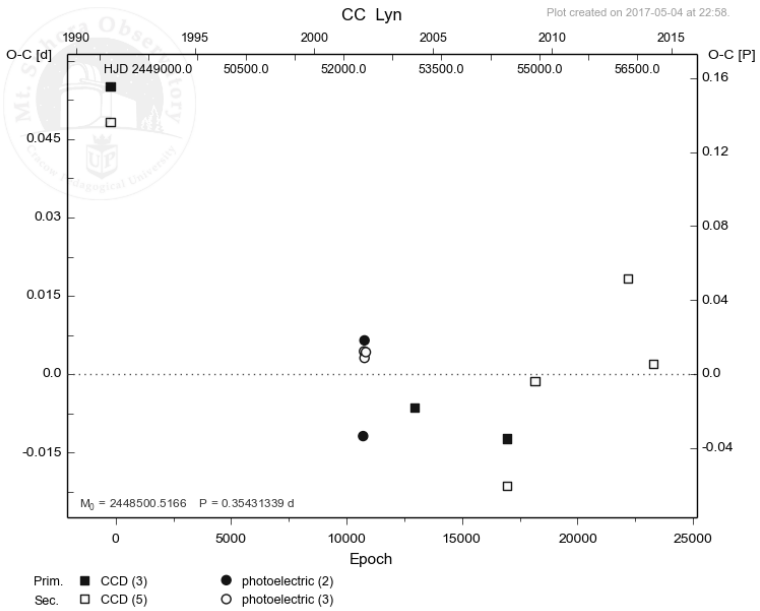
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 95'de gösterilmiştir.



Şekil 95. V402 Aur'un (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.31 CC Lyn

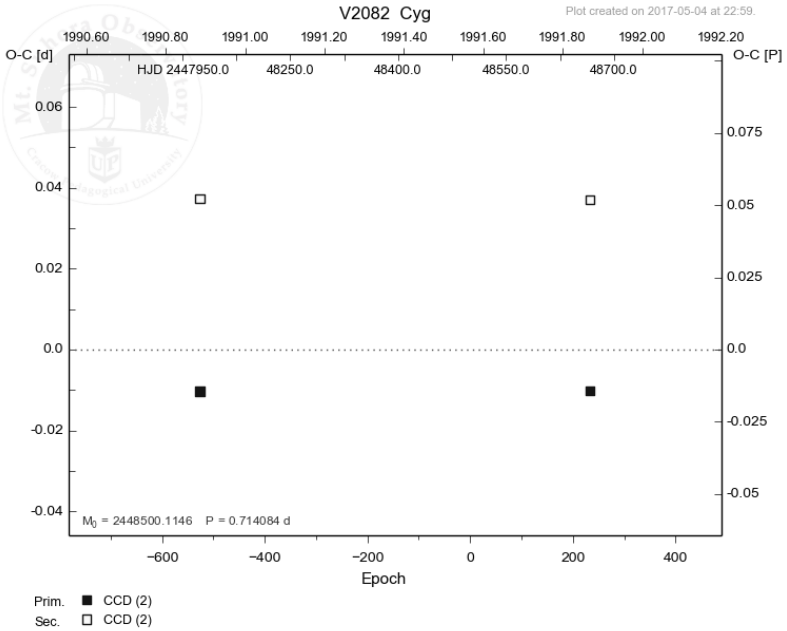
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 96'da gösterilmiştir.



Şekil 96. CC Lyn'in (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.32 V2082 Cyg

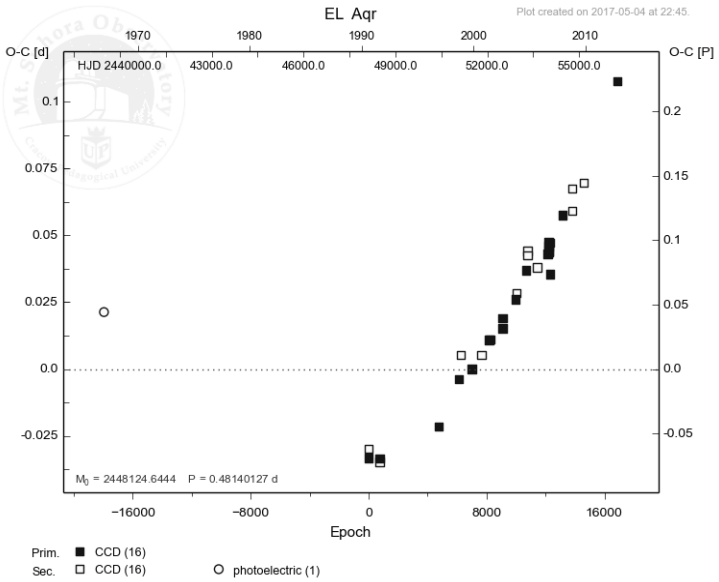
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 96'da gösterilmiştir.



Şekil 97. V2082 Cyg'nin (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.33 EL Aqr

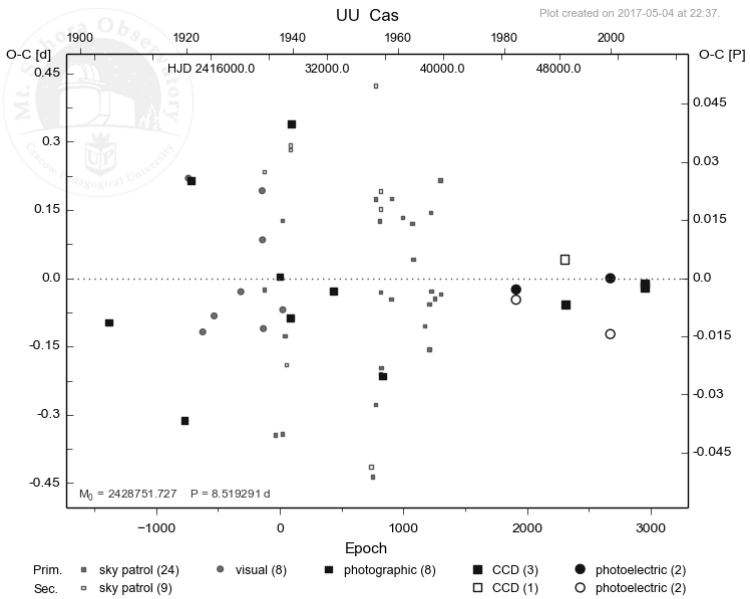
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 98'de gösterilmiştir.



Şekil 98. EL Aqr'un (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.34 UU Cas

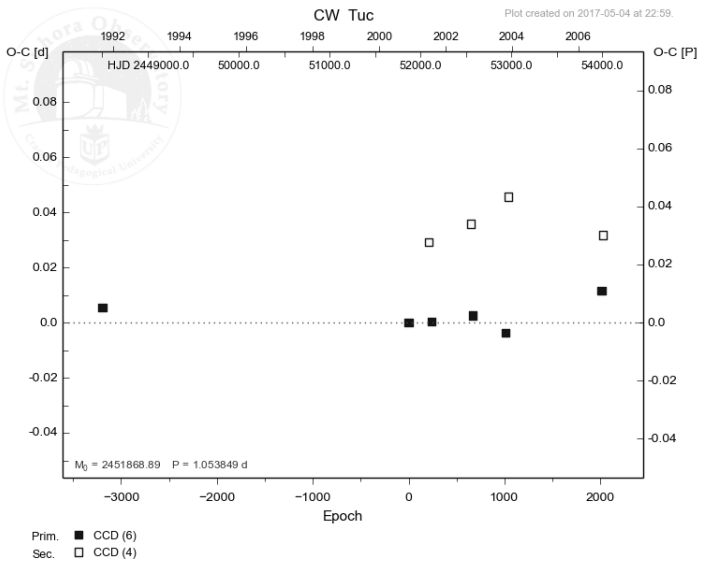
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 99'da gösterilmiştir.



Şekil 99. UU Cas'ın (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.35 CW Tuc

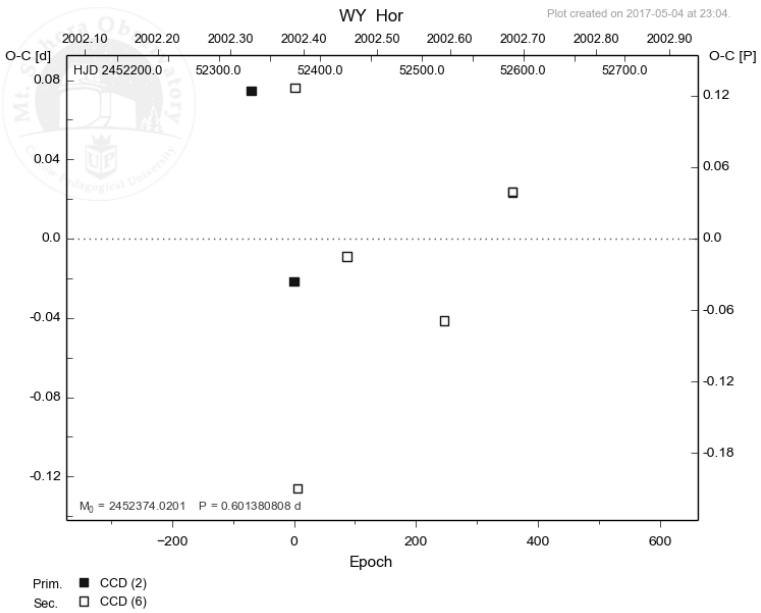
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 100'de gösterilmiştir.



Şekil 100. CW Tuc'un (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.36 WY Hor

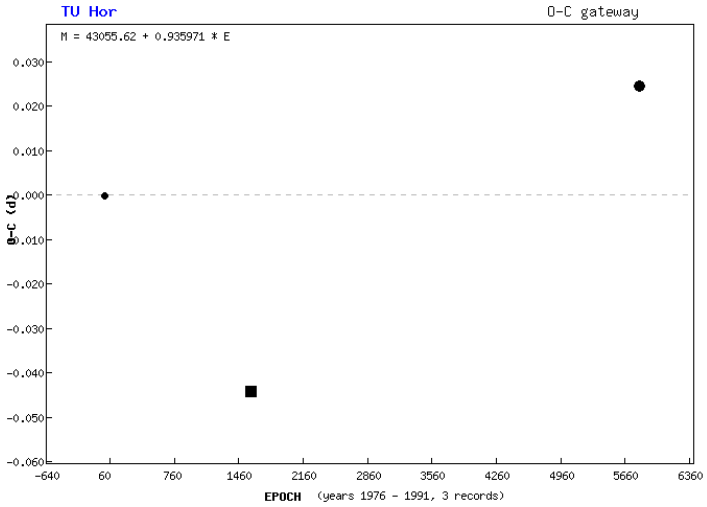
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 101'de gösterilmiştir.



Şekil 101. WY Hor'un (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.37 TU Hor

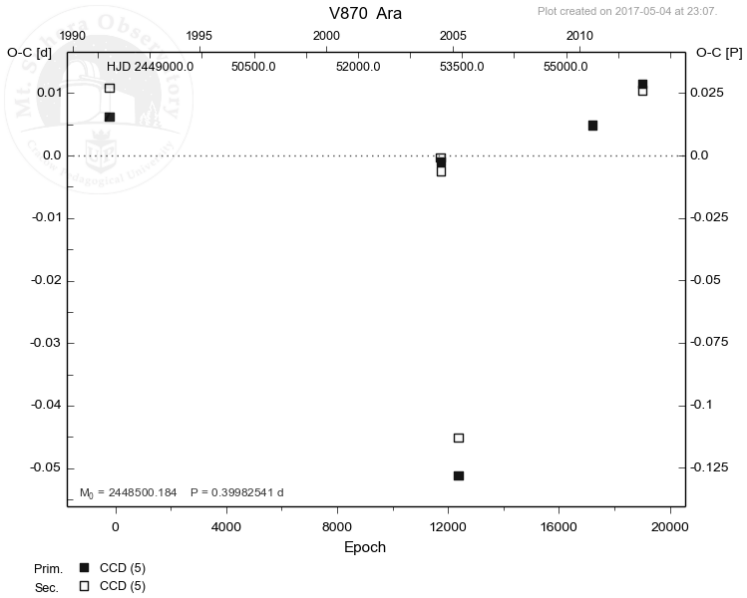
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 96'da gösterilmiştir.



Şekil 102. TU Hor'un (O-C) diyagramı (O-C Gateway).

5.2.38 V870 Ara

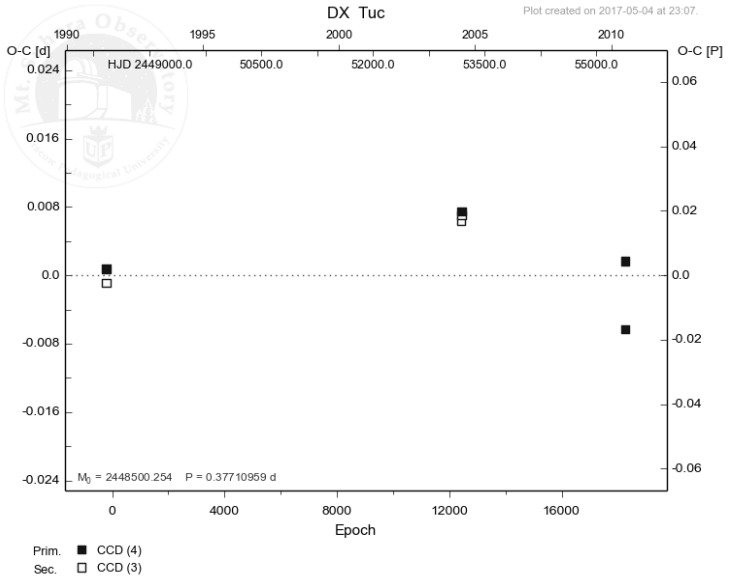
Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 103'de gösterilmiştir.



Şekil 103. V870 Ara'nın (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

5.2.39 DX Tuc

Sistemin (O-C) analizi yapmak için yeterli sayıda minimum zamanı literatürde mevcut değildir. (O-C) diyagramı Şekil 104'de gösterilmiştir.



Şekil 104. DX Tuc'un (O-C) diyagramı (O-C Atlas).

6. ÇİFT YILDIZ EVRİM MODELLEMELERİ VE YÖNTEMLER

Astronomide tek yıldız evrimi 1950'li yıllardan beri çalışılmaktadır. İstatistik olarak yıldızların çoğunluğunun çift ve çoklu sistemler olması ve çift sistemlerin bileşenlerin mutlak parametrelerini hesaplanmaya olanak sağlaması, zaman zaman bu sistemlerin nova ve süpernova gibi olağanüstü enerjik olaylara sahne olması, çift yıldız sistemlerini çok çalışılan konuların başında getirmektedir. Bunun için yapılan çift yıldızların evrim modellemeleri tek yıldızlara kıyasla daha zordur. Hesaba katılması gereken birçok fiziksel mekanizma vardır. Özellikle Güneş benzeri bileşenlere sahip olanlar sistemler için yıldız etkinliği sonucu plazma kaybı, manyetik frenleme, bileşenler arasında kütle aktarımı ve açısal momentum kaybı gibi hesaba katılması gereken birçok süreç vardır.

Evrim kodlarının kullanımında korunumlu ve korunumsuz evrim durumları göz önüne alınır. Korunumlu evrim için, toplam kütle ve açısal momentum sabit olarak ele alınır. Kütle aktarımı başladığında, kütle atılır ve atılan bu kütle yoldaşın kütlesine eklenir. Bu iki bileşenin kütlelerindeki değişimden hareket ederek de, sistemin dolanma dönemindeki değişim ile bileşenlerin Roche yarıçaplarının değişimi hesaplanır. Diğer parametreler bu değişimlerden etkilenerek yeniden hesaplanır.

Korunumsuz evrim için, kütle ve açışal momentumdaki değişimler hesaba katılır. Değen sistemlerin incelenmesi için korunumsuz evrim hesaplamaları yapılmalıdır. Değen çiftlerin evriminde iki önemli mekanizma kütle ve açısal momentum kaybıdır. Kütle kaybı bileşenleri birbirlerinden uzaklaştırırken, açısal momentum kaybı bileşenleri birbirlerine yaklaştırır. Genellikle kütle aktarımı sırasında kütleler eşitlendikten sonra, dönem artma eğilimi gösterir. Açısal momentum kaybının büyük olduğu sistemlerde ise birleşme beklenir. Bu gibi etkiler sonucu W UMa benzeri sistemlerin evrimleri literatürde tartışılmıştır **(Li vd. 2007; Eker vd., 2008)**.

Çoğu yıldız evrim kodunda anakol sırasında kütle kaybı göz ardı edilmiştir **(Paxton vd., 2011)**. Bu durum geri tayf türlerini içeren bileşenleri çalışırken dikkate alınmalıdır. Standart giriş parametreleri dışında bazı kodları kullanırken yoldaş tarafından yığıştırılmayarak sistemi terk eden, bir diskte ya da ortak bir zarf içerisinde biriktirilen kütle kesri için bir tanımlama gerekir, aynı şey açısal momentum için gerekebilir.

6.1. Yöntemler

6.1.1. Literatürdeki Başlangıç Kütlesi Bulma Yöntemi

Yıldız ve Doğan (2013) çalışmasında W UMa türü yıldızların başlangıç kütlelerinin hesaplanması için yöntem önerilmiştir. W UMa iki karakteristik özellik: Her iki bileşenin etkin sıcaklıklarının yakın olması ve ikinci bileşenin (şimdi küçük kütleli olan) şimdiki kütlesine göre ışıtma fazlalığının olmasıdır. Yöntemde ikinci özelliğin kütle aktarım olayından önceki kütleyi gösterdiği düşünülmüştür. **Yıldız (2014)** çalışmasında bu yöntemi kullanarak elde edilen sonuçlardan değen çiftlerin yaş dönem evrimini incelemiştir. Bu makalede verilen M_{1i} ile $M_{1i}M_{2i}$ (başlangıç kütleleri çarpımı) ile M_1 ile M_{ti} (başlangıç kütleleri toplamı) grafiklerinden yararlanılarak elde edilen aşağıdaki bağıntılardan M_{1i} ve M_{2i} değerlerinin hesaplanması proje kapsamına dahil edilmiştir.

$$M_{1i} \cdot M_{2i} = 0.93 M_1^{1.75}$$

$$M_{1i} + M_{2i} = 1.41 \cdot M_1 + 0.80$$

Bu iki denklemde bir W UMa türü bir çift yıldız için M_1 değeri yerine koyularak M_{1i} ve M_{2i} değerleri bulunabilmektedir.

6.1.2. İterasyon Yöntemi

Literatürdeki kodlar kullanılmadan önce büyük kütleli bileşenin ne zaman Roche lobunu dolduracağını kestirebilmek için iterasyon yöntemi kullanılabilir. Herhangi bir programlama dili kullanılarak aşağıdaki denklemlerden yararlanılır. Bu çalışmada **Python (v3)** programlama dili kullanılmıştır. Yöntemde kullanılan başlıca bağıntılar şunlardır:

Kepler'in 3. yasasının ifadesi:

$$P = 0.1159 a^{3/2} M^{-1/2}$$

Burada $M = M_1 + M_2$ ve M ($M_\odot$), a($R_\odot$), P(gün) birimindedir. Sırasıyla toplam açısal momentum, spin ve yörünge açısal momentumları için ifadeler:

$$H_{tot} = H_{spin} + H_{orb}$$

$$H_{spin} = 7.13 \times 10^{50} (k_1^2 M_1 R_1^2 + k_2^2 M_2 R_2^2) P^{-1}$$

$$H_{orb} = 1.24 \times 10^{52} M^{5/3} P^{1/3} q (1+q)^{-2}$$

İfadelerde k_1^2 ve k_2^2 her iki bileşenin jirasyon yarıçapı, ayrıca H_{spin} ve H_{orb} cgs birim sistemindedir. Çift yıldız sistemlerinde spin açısal momentumu toplam açısal momentumun %1'i civarlarında (2 derece daha aşağısında) olduğu için ihmal edilir. Kritik Roche lobları r_1 ve r_2 için yaklaşık ifadeler **Eggleton (1983)** tarafından verilmiştir:

$$\frac{r_1}{a} = \frac{0.49q^{2/3}}{0.6q^{2/3} + \ln(1 + q^{1/3})}$$

$$\frac{r_2}{a} = \frac{0.49q^{-2/3}}{0.6q^{-2/3} + \ln(1 + q^{-1/3})}$$

İfadelerde $q = M_1/M_2$ kütle oranıdır.

Açısal momentum kayıp miktarı Güneş tipi yıldızlar için **Stępień (2006, 2011) ve Gazeas ve Stępień (2011)**'de aşağıdaki şekildedir:

$$\frac{dH_{orb}}{dt} = -4.9 \times 10^{41}(R_1^2 M_1 + R_2^2 M_2)/P$$

Bileşenlerin kütle kaybı için ifadeler aşağıdaki gibidir **(Stępień, 2011)**:

$$\dot{M}_{1,2} = \begin{cases} -10^{-11} R_{1,2}^2 & , M_{1,2} \leq 1.0 \\ -10^{-11}, & M_{1,2} > 1.0 \end{cases}$$

Kütle kayıp miktarı $M_\odot$/yıl ve $R_{1,2}$ ($R_\odot$) cinsinden kullanılmıştır. Burada $M_{1,2}>1$ ise $R_{1,2}\equiv 1$ alınmaktadır. İterasyon sürecinde başlangıç parametrelerinden ilk bileşenin Roche lobunu doldurmasına kadar geçen sürede, yörünge parametrelerinin ve kütle değişiminin modellenmesindeki yöntem aşağıda açıklanmıştır:

1) Birinci ve ikinci bileşenin yarıçapları tek yıldız modelinden alınır. Büyük kütleli yıldızın anakol ömrü 1000'e bölünür ve zaman adımı olarak belirlenir. $\Delta t = t_{ms}/1000$. Çünkü büyük kütleli bileşen önce evrimleşir ve anakol ömrünü tamamlar.

2) Her bir adımda bileşen kütlelerindeki değişimler hesaplanır ve böylece kütle oranı değişir.

3) Her bir adımda sistemin toplam açısal momentumundaki değişim hesaplanır ve toplam açısal momentum miktarı hesaplanır.

4) Her bir adımdaki toplam açısal momentum miktarından yörünge döneminin yeni değeri belirlenir.

5) Her bir adımdaki yörünge döneminin yeni değerinden bileşenler arası uzaklık $R_\odot$ cinsinden belirlenir.

6) Her bir adımdaki bileşenler arası uzaklık değerlerinden bileşenlerin 1. Roche yarıçapları hesaplanır.

7) Bileşen yarıçaplarıyla 1. Roche yarıçapları kıyaslanır.

Böylece 1. Bileşenin Roche şişimini ne zaman dolduracağı modellenmiş olur. Yarı ayrık evreye gelindiğinde Roche şişimini doldurmuş bileşenden diğer bileşene kütle aktarımı olur. Genellikle kütle aktarım miktarı yıldız yarıçapının, Roche yarıçapına oranının kesirsel fazlalığının küpü ile orantılıdır. **Stępień ve Kiraga (2015)**'te kütle aktarımı için önerilen aşağıdaki formül iterasyona eklenmiştir.

$$\dot{M}_{tr} = \frac{(R_1 - R_{rl,1})^5}{R_{rl,1}}$$

Kütle aktarımı sonucu ikinci bileşen de Roche şişimini doldurup sistem değen duruma gelirse artık kütle aktarımı Roche şişimi üzerinden gerçekleşmez. Bu durumda kütle aktarımı durumunda sistemin değen durumda kalabilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir. Hidrostatik dengede her bir yıldız eş potansiyel yüzeyde olduğundan Roche yaklaşımı aşağıdaki gibidir:

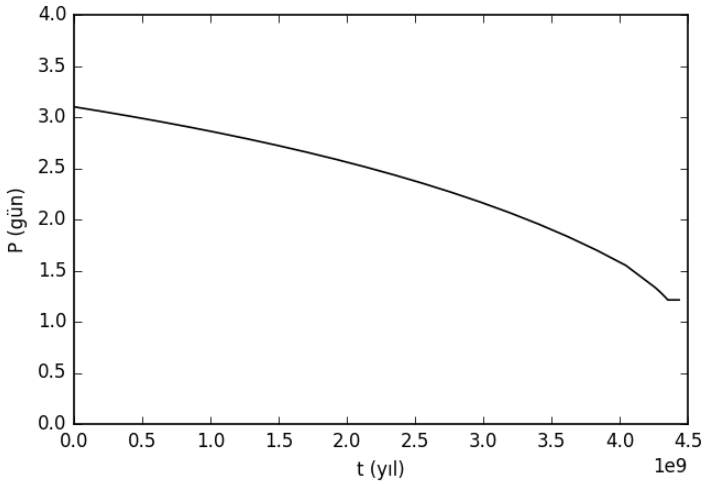
$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^{\beta}$$

Bu denklemde β, 0.45 ile 0.50 arasında değişen bir sayıdır. Kütle oranı 0.5 civarında olan marjinal değen çiftler için $\beta \approx 0.46$ civarındadır. Değen çiftlerde kütle oranı evrim süresince değiştiğinden dolayı kullanılan diğer koşul aşağıdakidir:

$$\frac{R_1}{R_{rl,1}} = \frac{R_2}{R_{rl,2}}$$

Bu iki koşul bileşenlerin aynı Roche eş potansiyelinde olmalarını sağlamaktadır. Kütle aktarımının hızı zamana göre bu koşuları sağlayacak şekilde değişmelidir. Literatürde değen evre için farklı kütle aktarım formülleri vardır **(Li vd., 2004)**.

1.3+0.5 başlangıç kütleli 3.1 gün başlangıç dönemine sahip sistem yaklaşık 4.5 milyar yaşındayken birinci bileşen Roche lobunu doldurur. Yörünge dönemi ise 1.20 güne iner.



Şekil 105. İterasyon süreci ile yörünge dönemi değişimi.

6.1.3. BSE (Binary Star Evolution) Kodu ve Değişiklikler

Hurley vd. (2002) tarafından özellikle N-cisim problemi üzerine araştırmalar için geliştirilmiştir. Programın **nbody6** programıyla ilgili versiyonu da bulunmaktadır. Kodları fortran programlama diliyle yazılmıştır ve modüler bir yapıdadır. Program çift yıldız evrimi için hızlı bir algoritma sunmaktadır. Bse kodunda analitik ifadelerle, formüller parametrize edilmiştir. Birçok fiziksel mekanizma hesaplamalara dahil edilmiştir. Bunlardan bazıları gelgit mekanizmaları, dış merkezliğin değişimi, senkronizasyon ve çemberleşme yaşlarının hesaplanması, ileri evrelerde yıldız rüzgarlarıyla kütle kaybı ve birikimi, Roche şişimi taşması (overflow) sırasında kütle aktarımları ve yıldız birleşmeleridir. Kod iç yapıyı vermemektedir, yani bileşenlerin kütle ya da yarıçap boyunca fiziksel parametrelerinin değişimleri incelenememektedir. Kod'un orjinalinde W UMa sistemlerinin evrimini içermemesine rağmen bu evre öncesi izlenebilmektedir. Değme öncesi ani yıldız birleşmelerini modelleyebilmektedir. Programın kaynak koduna http://astronomy.swin.edu.au/~jhurley/ adresinden ulaşılabilmektedir.

Proje kapsamında kodda bazı değişiklikler yapılmıştır. Bunlardan ilki programın orijinalinde sunulmayan fakat programın hesapladığı parametrelerin veri dosyasına yazdırılmasıdır. Çoğu yıldız evrim kodu gibi bu yazılım da, anakol evrimi sırasında yıldızların kütle kaybını içermemektedir. Bunun içi programa anakol sırasında kütle kaybı eklemesi, **Stępień (2011)**'de verilen aşağıdaki denklemler kullanılarak yapılmıştır.

$$\dot{M}_{1,2} = \begin{cases} -10^{-11} R_{1,2}^2 & , M_{1,2} \leq 1.0 \\ -10^{-11}, & M_{1,2} > 1.0 \end{cases}$$

Kodun kullandığı orijinal kütle aktarımı şablonu yıldızı yarıçapını Roche şişiminin biraz üzerinde tuttuğu için onun yerine **Stępień ve Kiraga (2015)**'te önerilen aşağıdaki formül koda eklenmiştir.

$$\dot{M}_{tr} = \frac{(R_1 - R_{rl,1})^5}{R_{rl,1}}$$

Programın orjinali değen yıldızların evrimini içermemektedir. Program anakol sırasında yarı ayrık evreden sonra bileşenleri hemen birleştirmektedir. Bunu için kodun değme evreye geçebilmesi ve değme durumunu sürdürebilmesi için kütle aktarım hızı aşağıdaki koşulu sağlayacak şekilde değiştirilmiştir **(Li vd., 2004)**:

$$\frac{R_1}{R_{rl,1}} = \frac{R_2}{R_{rl,2}}$$

Programda birinci bileşen ikinciye kütle aktardığında ikinci bileşenin ne kadar biriktireceğini bu bileşenin ısısal zaman ölçeği belirlemektedir. Eğer kütle biriktiren bileşen az evrimleşmiş ve ısısal zaman ölçeği oldukça uzun ise biriktirebileceği kütleyi aşağıdaki formülle vermiştir.

$$\Delta M_{2R} = min\left(10\frac{\tau_M}{\tau_{KH2}}, 1\right)\Delta M_{1R}$$

$$\Delta M_{1R} = M_1$$

Burada τ_{KH2} ikinci bileşenin ısısal zaman ölçeğidir. $\tau_M = \frac{M_2}{M_{1R}} < \tau_{KH2}$ durumunda kütle aktarımı sırasında sistemden bir miktar kütle kaybı gerçekleşmektedir. Program başlangıç kütle oranı (M_{i1}/M_{i2}) 3'ten büyük sistemleri, dinamik kütle aktarımı yoluyla doğrudan birleştirmektedir.

6.1.4. Ev (STARS/TWIN) Kodu

Eggleton kodu olarak da bilinir. 1970'lerden bu yana geliştirilmektedir. Çift yıldız evrimi çalışmalarında standart olmuştur. Bu kodla korunumlu ve korunumsuz evrim hesaplamaları yapılabilmektedir. Program **Henvey vd. (1959)** yöntemini kullanmaktadır. Yerel bölgelerde kimyasal bileşimdeki kararlılıktan dolayı hesaplamalarda kütle bağımsız değişken olarak seçilmektedir. Bu yöntem herhangi bir anda tüm yıldız için çözüm bulmak için sınır koşullarının tümünü eş zamanlı kullanmaktadır. Bunun için diferansiyel denklemler fark denklemleriyle yer değiştirir. Tüm derinlik noktalarında doğrusal denklem sistemleri çözülür. Diferansiyel denklemleri fark denklemleriyle yer değiştirmek için bağımsız değişkende çok

sayıda ızgara (İng. grid) noktaları oluşturulur. Sıcaklığın, yoğunluğun ve donukluğun çok değiştiği yüzeye yakın bölgelerde çok sayıda ızgara noktası oluşturulup fiziksel niceliklerdeki değişimler küçük tutulur. Merkeze yakın noktalarda ise daha az sayıda ızgara noktaları oluşturulur.

Programda çift yıldız evrimi için birçok fiziksel süreç hesaplamalara dahil edilmiştir. Dinamo kökenli kütle kaybı, denge-gelgit sürtünmesi (equilibrium-tide friction), dönme dolanma açısal momentum kayıpları ve değiş tokuşları, değme evresinde ısı aktarımı gibi önemli süreçleri içermektedir. Gravitasyonel ışıma etkisi korunumlu durumda bile vardır. Tek yıldız ve çift yıldızlar için bağımsız ve eşzamanlı çözümlere (Twin Mode) izin vermektedir. Program yıldızların iç yapısını yani profil dosyalarını vermektedir. Değen evre için programın geliştirilmesi Eggleton tarafından halen sürdürülmektedir. Farklı geliştiriciler koda çatallama yapmışlardır. Modellemelerde Eggleton'ın ev/Twin kodunun Utrecht dallanması kullanılmıştır. Geliştiriciler: **Eggleton vd. (1971, 1972, 2002), Pols vd. (1995), Eldridge ve Tout (2004), Stancliffe vd. (2007), Glebbeek vd. (2008)**.

Programın kaynak koduna http://www.ast.cam.ac.uk/~rgi/window.html adresinden ulaşılabilmektedir. Yazılım için yardımcı araçlardan biri "evTools" adıyla bulunabilir. Pgplot programı kullanarak çıktı dosyalarını grafiği çizdirilebilmeltedir. (http://evtools.sourceforge.net/). Program için grafiksel arayüz Robert Izzard ve Evert Glebbeek tarafından "Window To The Stars" adıyla yazılmıştır.

6.2. Evrim Modeli Uygulamaları

Bölüm 5.1. de ışık eğrisi analizi yapılan sistemlerin hesaplanan salt parametreleri Tablo 50 de verilmiştir. Bu tabloda bileşnelerin kütleleri ($M_{1,2}$), yarıçapları ($R_{1,2}$) ve bileşenler uzaklık (a) değerleri verilmiştir. Aşağıda bu salt parametre değerleri kullanularak sistemlere ait evrim modelleri uygulanmıştır.

Uygulamalarda korunumsuz evrim modelleri üzerinde yoğunlaşılmıştır. Çözümler eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.Hesaplamalar sıfır yaş anakolundan başlatılmış, dış merkezlik sıfır alınmıştır. Değen çiftlerin ayrık çiftlerden oluştuğu varsayımıyla hareket edilmiştir. Modellemelerde Ev ve Bse kodu kullanılmıştır. Uygun modeleler için kütle, yarıçap, dönem ve sistemin göreli Roche şişimleriyle ilgili grafikler çizdirilmiştir. Değen çiftlerde ısı aktarım problemi henüz çözülmüş olmadığından grafiklerde klasik HR diyagramındaki yorumlar sağlıklı olmayacağı için çizdirilmemiştir.

Evrim programlarının çıktı dosyalarının çok sayıda sütun içermesinden dolayı analiz için Python programlama diliyle programlar yazıldı. Modellemelerde elde edilen zamana bağlı

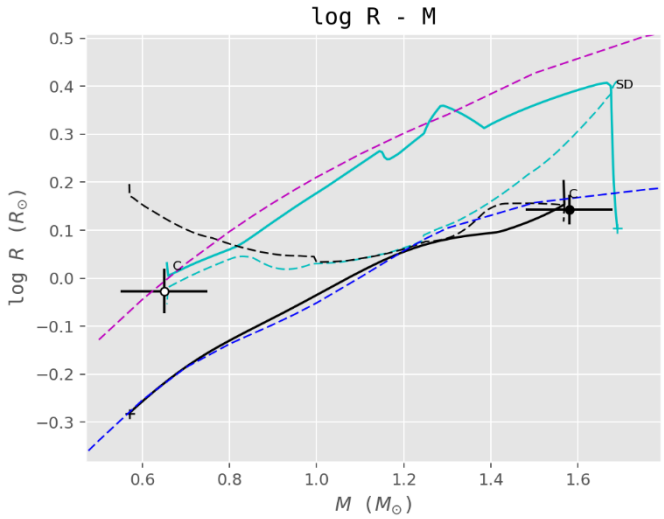
$M_{1,2}(t)$, $R_{1,2(}t)$, P_{orb} (t)'nin, gözlemlerle elde edilen değerlerle eş zamanlı olarak uyumlu olduğu modeller arandı. Uyum aranırken ilgili sistemlerin değen olduğu, modellemelerin de değen olması gerektiği göz önünde bulunduruldu. Ayrıca tüm parametrelerin eş zamanlı olarak uyumlu olması zor olduğundan çözümlerin eğilimleri ve hatalar da dikkate alındı. Evrim kodları kullanılırken öncelikli olarak sistemler Ev-twin kodu denendi. Ev-twin kodunun çalışma zamanı uzun sürdüğü için her bir çözüm kaydedildi ve gözlemlerle kıyaslandı. Bu programın modelleyemediği sistemler Bse koduyla modellenmeye çalışıldı. İlgili sistemler için kullanılan kodlar farklı başlangıç parametreleriyle çalıştırıldı. Bu parametrelerin başlıcaları, başlangıç kütleleri, başlangıç dönemleri, ağır elementlerin kütle kesri, kütle ve açısal momentum kayıp parametreleridir (Ev kod). Bse kodunda farklı kütle aktarım şablonları denendi. Bse kod'u için modelleme değme evresinden sonra birinci ve ikinci bileşen için (i=1,2 için) $R_i/R_{rl,i}$ parametreleri 1.20 değerine ulaştığında sistem dış Roche şişimini doldurduğundan birleşme koşuluna ulaşıldığı düşünüldüğünden hesaplamalar sonlandırıldı.

Tablo 50. Proje kapsamında ışık eğrisi elde edilen sistemlerin mutlak parametreleri.

No	Yıldız	M_1 ($M_\odot$)	M_2 ($M_\odot$)	R_1 ($R_\odot$)	R_2 ($R_\odot$)	a ($R_\odot$)	i (°)	P (gün)
1	BI CVn	0.65 ± 0.10	1.58 ± 0.10	0.94 ± 0.10	1.39 ± 0.10	2.94 ± 0.60	70.08 ± 0.09	0.38421061
2	OO Aql (lekeli)	1.125 ± 0.009	0.944 ± 0.011	1.380 ± 0.003	1.276 ± 0.005	3.405 ± 0.008	88.182 ± 0.140	0.50679200
	OO Aql (lekesiz)	1.095 ± 0.013	0.937 ± 0.015	1.372 ± 0.005	1.279 ± 0.008	3.405 ± 0.008	88.546 ± 0.223	0.50679200
3	RW Com	0.818 ± 0.011	0.371 ± 0.007	0.770 ± 0.003	0.534 ± 0.005	1.707 ± 0.005	75.732 ± 0.098	0.23734500
4	VW Cep	1.03 ± 0.02	0.37 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.61 ± 0.01	2.12 ± 0.01	66.21 ± 0.03	0.27830959
5	EZ Hya	1.60 ± 0.01	0.44 ± 0.01	1.59 ± 0.01	0.91 ± 0.01	2.88 ± 0.23	84.06 ± 0.17	0.44974598
6	CN And	1.316 ± 0.014	0.474 ± 0.007	1.440 ± 0.005	0.899 ± 0.006	3.054 ± 0.008	69.874 ± 0.162	0.46278900
7	BX Peg	0.98 ± 0.37	0.41 ± 0.10	0.91 ± 0.10	0.67 ± 0.20	1.29 ± 0.70	86.7 ± 0.1	0.28041812
8	SS Ari	1.34 ± 0.03	0.40 ± 0.01	1.37 ± 0.01	0.97 ± 0.01	2.77 ± 0.02	76.67 ± 0.01	0.40599171
9	U Peg	1.15 ± 0.01	0.38 ± 0.01	1.22 ± 0.10	0.74 ± 0.20	2.44 ± 0.03	77.81 ± 0.17	0.37477680
10	V502 Oph	1.42 ± 0.04	0.49 ± 0.01	0.92 ± 0.01	1.48 ± 0.01	3.19 ± 0.02	74 ± 0.17	0.45338643
11	W UMa	1.247 ± 0.052	0.604 ± 0.028	0.808 ± 0.008	1.123 ± 0.009	2.483 ± 0.013	85.448 ± 0.116	0.33363400
12	AW UMa	1.60 ± 0.03	0.12 ± 0.10	1.79 ± 0.02	0.74 ± 0.01	2.73 ± 0.11	78.67 ± 0.03	0.4387258
13	V376 And	2.745 ± 0.037	0.866 ± 0.017	2.251 ± 0.008	2.080 ± 0.011	5.552 ± 0.017	62.518 ± 0.214	0.79867600
14	V2150 Cyg	2.28 ± 0.33	1.98 ± 0.17	1.91 ± 0.01	1.78 ± 0.05	4.74 ± 0.02	45.39 ± 0.61	0.59276138
15	OU Ser	0.942 ± 0.004	0.163 ± 0.001	1.055 ± 0.001	0.497 ± 0.003	1.933 ± 0.001	58.688 ± 0.003	0.29677000
16	GSC3581 1856	0.78 ± 0.01	1.05 ± 0.01	0.92 ± 0.10	1.05 ± 0.20	2.56 ± 0.35	64.33 ± 0.04	0.27851370
17	GSC1042 2191	1.26 ± 0.06	0.18 ± 0.06	1.54 ± 0.20	0.69 ± 0.01	2.67 ± 0.25	80.49 ± 0.12	0.42380060
18	XY Boo	0.973 ± 0.056	0.160 ± 0.015	1.275 ± 0.017	0.604 ± 0.43	2.261 ± 0.021	69.885 ± 0.869	0.37056600

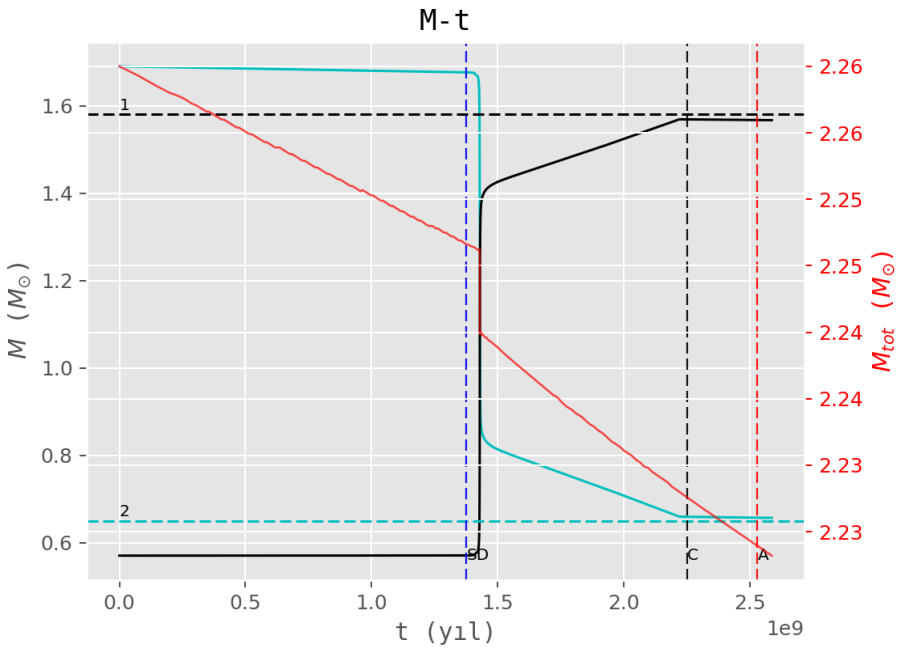
6.2.1. BI Cvn

Bse kodu ile modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.69 + 0.57 $M_{\odot}$, başlangıç dönemi P_0 = 0.965 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.005 olarak alınmıştır. Bse kodunun orijinal kütle aktarım şablonu kullanılarak modellenmiştir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 2.53 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 2.58 Gyr'dır.



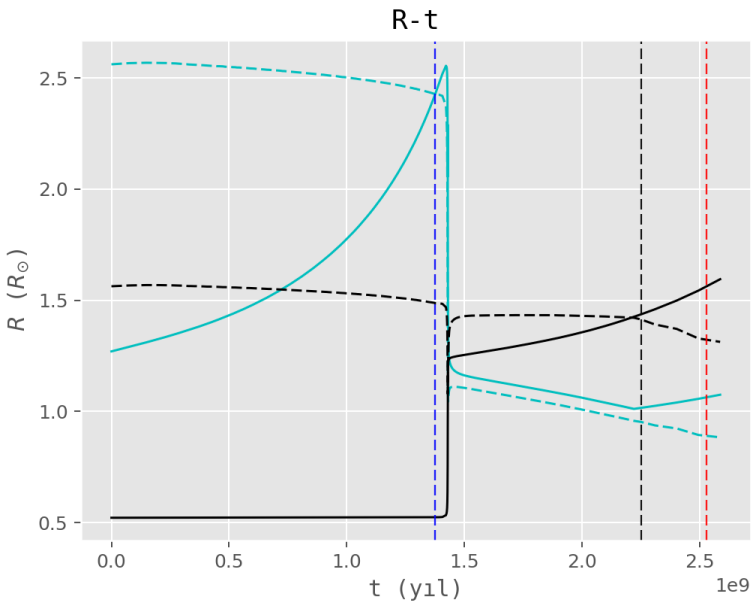
Şekil 106. BI CVn sistemi için log R – M grafiği.

Yukarıdaki grafikte bileşenlerin log R – M düzlemindeki konumları, evrim yollarıyla birlikte çizdirilmiştir. Siyah noktalı bileşen, büyük kütleli bileşeni, beyaz noktalı bileşen ise küçük kütleli bileşeni göstermektedir. Bileşenler hatalarıyla birlikte çizdirilmiştir. Ayrıca bileşenlerin teorik evrim yolları, Roche şişimleriyle birlikte çizdirilmiştir. Siyah sürekli çizgi birinci bileşene ait evrim yolunu, siyah kesikli çizgi ise birinci bileşenin Roche şişim yarıçapının değişimini göstermektedir. Aynı şekilde turkuaz sürekli çizgi ikinci bileşenin evrim yolunu, kesikli turkuaz çizgi ise ikinci bileşenin Roche şişim yarıçapını göstermektedir. Sıfır yaş anakolu mavi (ZAMS) kesikli çizgi, anakoldan ayrılma çizgisi (TAMS) mor kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Bileşenlerin evrim yolları artı işaretli noktalardan başlamaktadır. SD etiketli nokta başlangıçta büyük kütleli bileşenin Roche şişimini doldurduğu ve böylece sistemin yarı ayık evreye ulaştığı konumu ifade etmektedir. Bu noktanın sonrasında büyük kütleli bileşen küçük kütleli bileşene kütle aktarır. Kütle aktarımı nedeniyle, küçük kütleli bileşen sıfır yaş anakolu boyunca yukarı tırmanır. C etiketli noktalarda her iki bileşenin eş zamanlı Roche şişimlerini doldurup değen evreye ulaştığı yerdir.



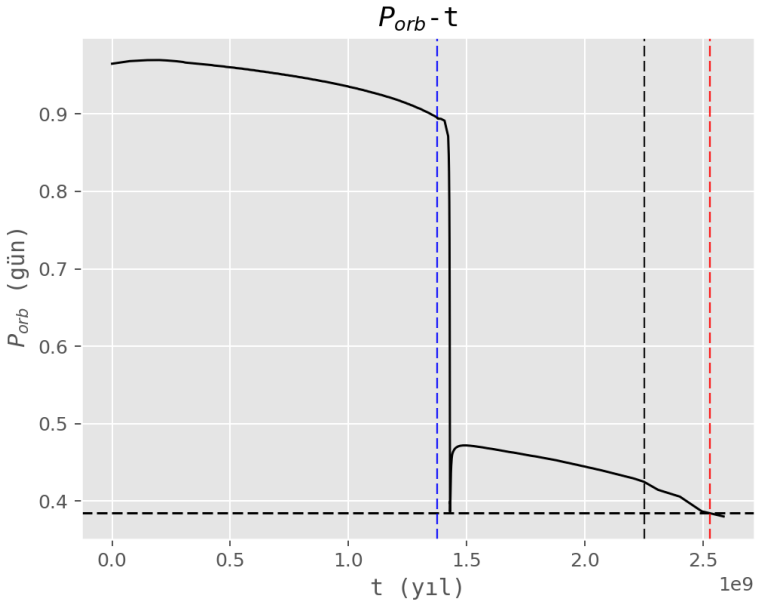
Şekil 107. BI CVn sistemi için kütle – zaman grafiği.

Kütle – zaman grafiğinde bileşenlerin teorik kütlelerinin ve toplam kütlenin zamana göre değişimi izlenebilmektedir. Turkuaz sürekli çizgi başlangıçta büyük kütleli bileşeni, siyah sürekli çizgi ise başlangıçta küçük olan bileşeni temsil etmektedir. Kırmızı sürekli çizgi ise toplam kütlenin değişimini göstermektedir ve sağ taraftaki dikey eksenden okunmalıdır. Grafikte 1 ve 2 ile etiketlenmiş kesikli yatay çizgiler bileşenlerin gözlemsel kütlelerini göstermektedir. SD ile etiketlenmiş dikey mavi çizgi başlangıçta büyük kütleli bileşenin Roche şişimini doldurduğu zamanı göstermektedir. C ile etiketlenen siyah dikey kesikli çizgi her iki bileşenin de Roche şişimini doldurup sistemin değen olduğu zamanı göstermektedir. A ile etiketlenen kesikli kırmızı çizgi sistemin modelde öngörülen yaşını simgelemektedir. Grafikten 1 ve 2 yatay çizgilerinin değen evreden sonra teorik kütleleri, A ile etiketlenen kırmızı dikey çizgide eş zamanlı kestiği görülmektedir.



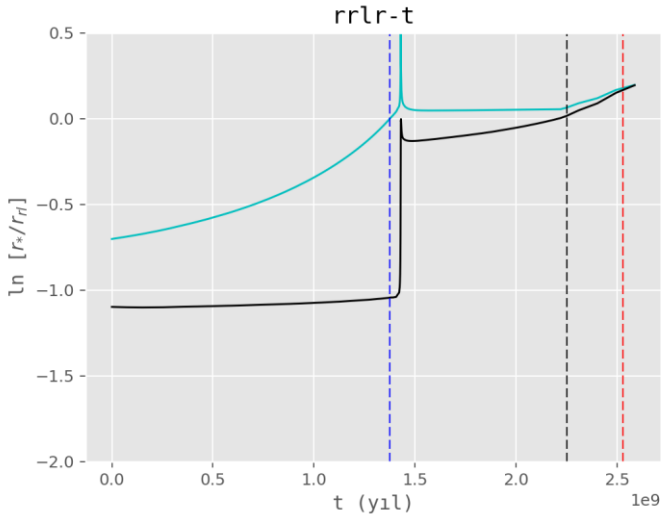
Şekil 108. BI CVn sistemi için yarıçap – zaman grafiği.

Yarıçap – zaman grafiğinde bileşenlerin teorik yarıçaplarının zamana göre değişimi izlenebilmektedir. Turkuaz sürekli çizgi başlangıçta büyük kütleli bileşenin yarıçapının değişimini, kesikli turkuaz çizgi ise Roche şişim yarıçapının değişimini göstermektedir. Siyah sürekli çizgi başlangıçta büyük kütleli bileşenin yarıçap değişimini, kesikli siyah çizgi ise Roche şişim yarıçapının değişimini göstermektedir. Dikey mavi çizgi başlangıçta büyük kütleli bileşenin Roche şişimini doldurduğu zamanı göstermektedir. Dikey siyah kesikli çizgi her iki bileşenin de Roche şişimini doldurup sistemin değen olduğu zamanı göstermektedir. A ile etiketlenen kesikli kırmızı çizgi sistemin modelde öngörülen yaşını simgelemektedir.



Şekil 109. BI CVn sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.

Yörünge dönemi – zaman grafiğinde sistemin teorik yörünge döneminin zamana göre değişimi görülmektedir. Siyah kesikli yatay çizgi modellenen sistemin gözlemsel değerini göstermektedir. Dikey mavi kesikli çizgi başlangıçta büyük kütleli bileşenin Roche şişimini doldurduğu zamanı göstermektedir. Dikey siyah kesikli çizgi her iki bileşenin de Roche şişimini doldurup sistemin değen olduğu zamanı göstermektedir. Kesikli kırmızı çizgi sistemin modelde öngörülen yaşını simgelemektedir. Değen evreden sonra 2,53 milyar yıl civarında teorik eğri ile gözlemsel eğri çakışmaktadır.



Şekil 110. BI CVn sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

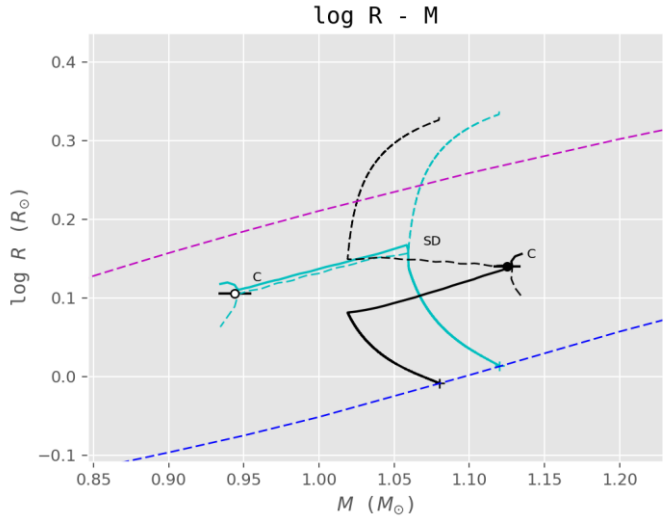
Göreli yarıçaplar – zaman grafiğinde, bileşenlerin yarıçaplarının, Roche şişim yarıçaplarına oranının e tabanında logaritmasının zamana göre değişimi izlenebilmektedir. Turkuaz sürekli çizgi başlangıçta büyük kütleli bileşenin, siyah çizgi ise küçük kütleli bileşenin göreli yarıçaplarını temsil etmektedir. Bu grafik sayesinde sistemin ayrık, yarı-ayrık ve değen evrede olup olmadığı görülmektedir. Önceki grafiklere benzer şekilde, dikey mavi kesikli çizgi başlangıçta büyük kütleli bileşenin Roche şişimini doldurduğu zamanı, dikey siyah kesikli çizgi her iki bileşenin de Roche şişimini doldurup sistemin değen olduğu zamanını, kesikli kırmızı çizgi sistemin modelde öngörülen yaşını simgelemektedir. Sistemin dinamik olarak değen durumda olabilmesi için değen evreden sonra göreli yarıçapların her iki bileşen için

$$\frac{R_1}{R_{rl,1}} = \frac{R_2}{R_{rl,2}}$$

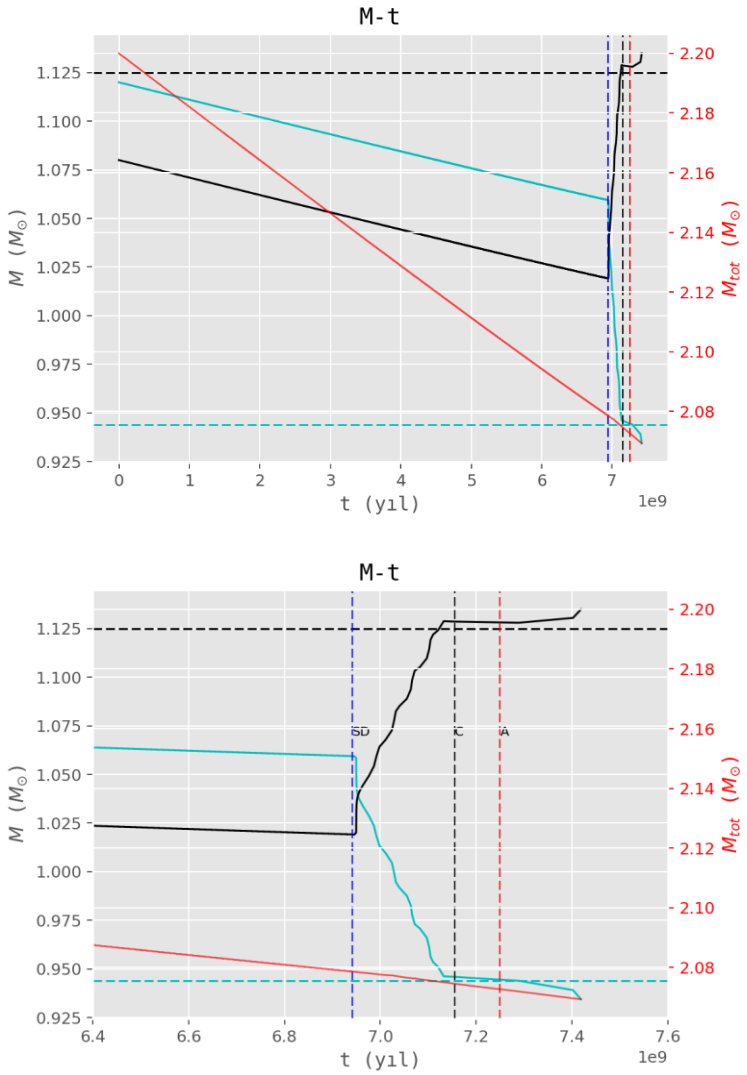
koşulunu yaklaşık olarak sağlaması gerekmektedir (Li vd. 2004). Bu nedenle Turkuaz ve siyah sürekli çizgiler değen evreden sonra birbirlerine yakın olmalılar. Bu grafik yardımıyla bileşenlerin birleşme zamanı öngörülebilmektedir. Stępień ve Kiraga (2015) tarafından önerilen koşulda her iki bileşen için yukarıdaki grafikteki değerin 0,2 olması durumunda değme derecesi %100' e yaklaşır ve sistem birleşmeye gider. Bu nedenle bu proje kapsamında bu değerde hesaplamalar durdurulmuştur.

6.2.2. OO Aql

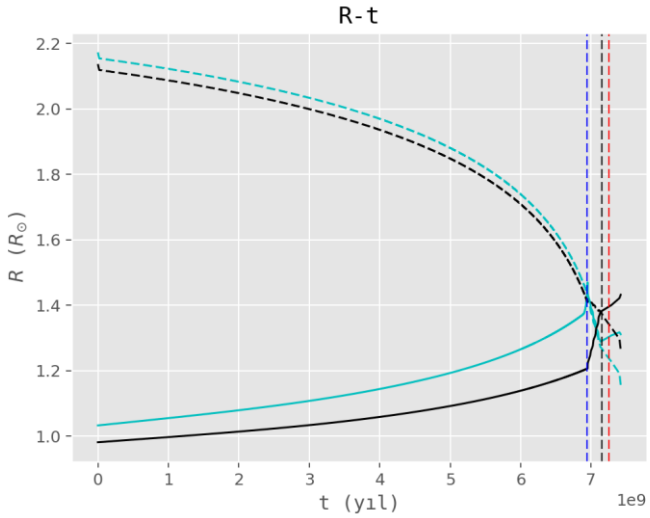
Modellemede OO Aql'nın lekeli ışık eğerisi çözmünden hesapanan salt paramtereler kullanılmıştır. Bse kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.12 + 1.08 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 1.06 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.018 olarak alınmıştır. Stępień ve Kiraga (2015)'nın önerdiği kütle aktarım şablonu kullanılarak sistem modellenmiştir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 7.25 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 7.47 Gyr'dır.



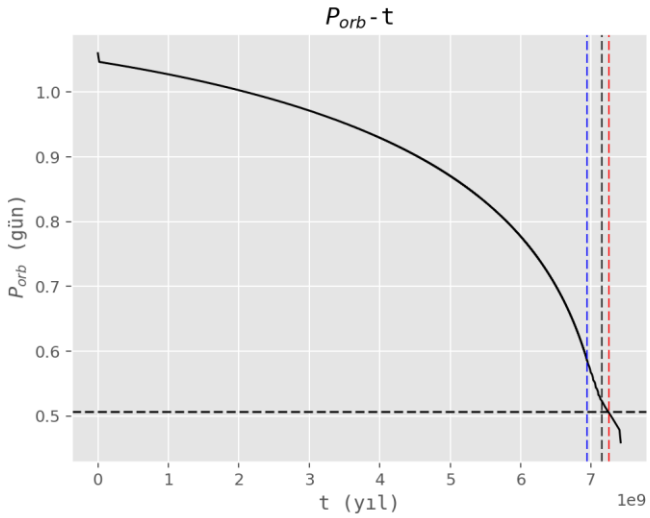
Şekil 111. OO Aql sistemi için log R – M grafiği.



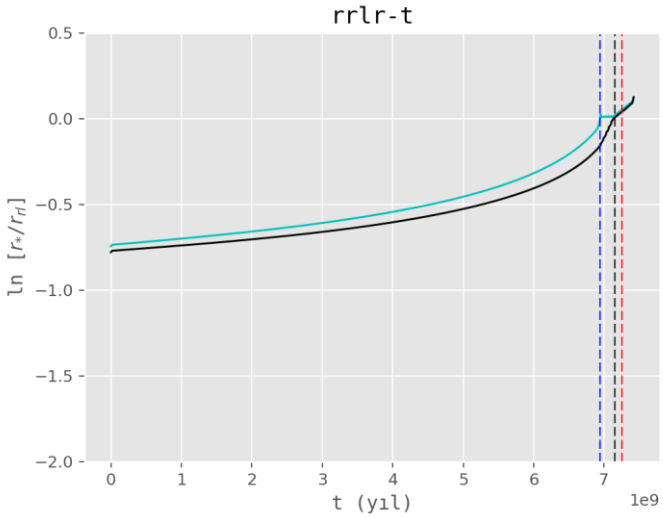
Şekil 112. OO Aql sistemi için kütle – zaman grafikleri**.**



Şekil 113. OO Aql sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



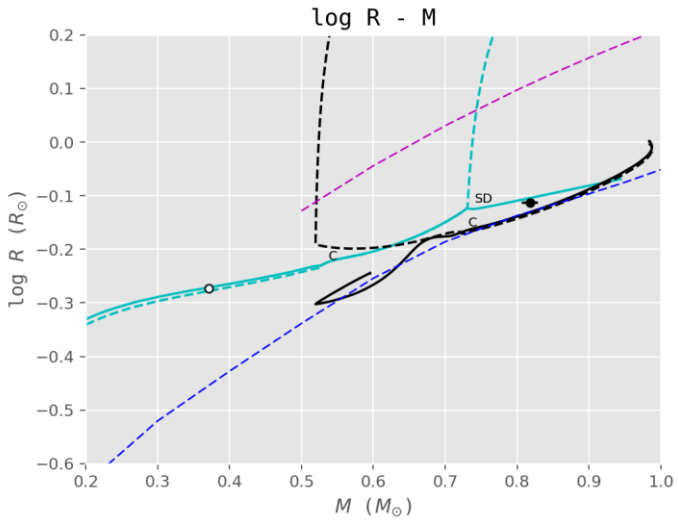
Şekil 114. OO Aql sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



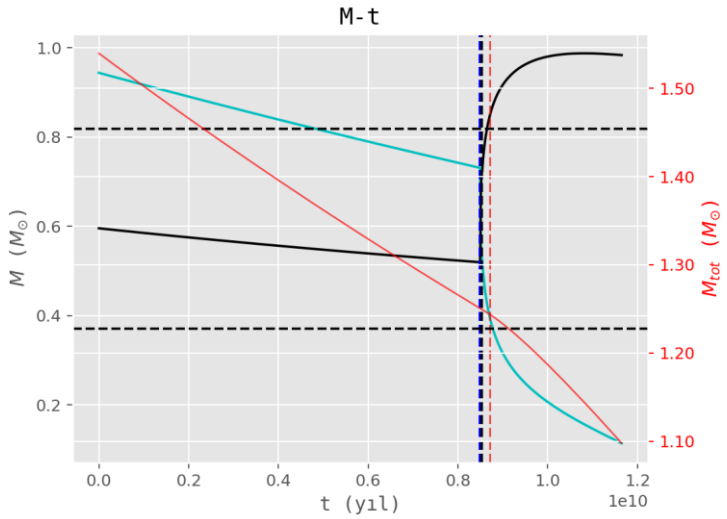
Şekil 115. OO Aql sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.3. RW Com

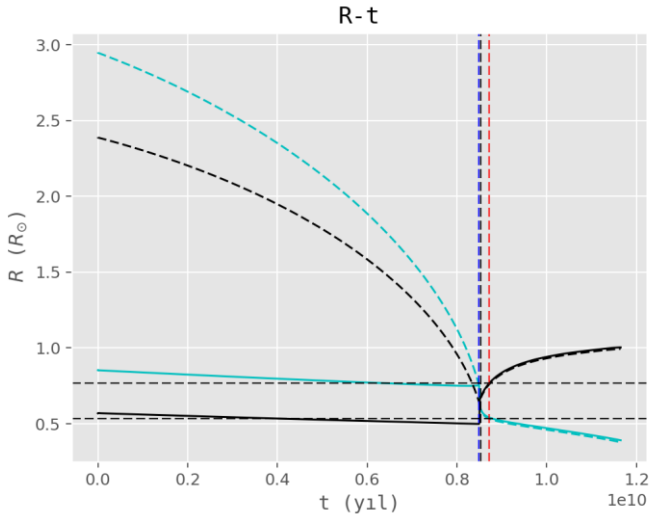
Ev-twin kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 0.94 + 0.60 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 1.75 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.010 olarak alınmıştır. Programda korunumsuz evrim ve eşzamanlı çözüm kullanılmıştır. Dinamo kökenli kütle ve açısal momentum kaybıyla ilgili parametreler(CML,CHL) 0.5 olarak alınmıştır. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 8.72 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 11.5 Gyr'dır.



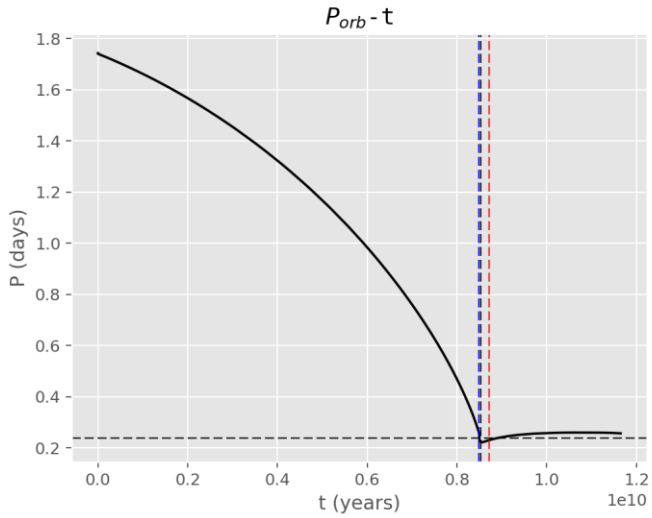
Şekil 116. RW Com sistemi için log R – M grafiği.



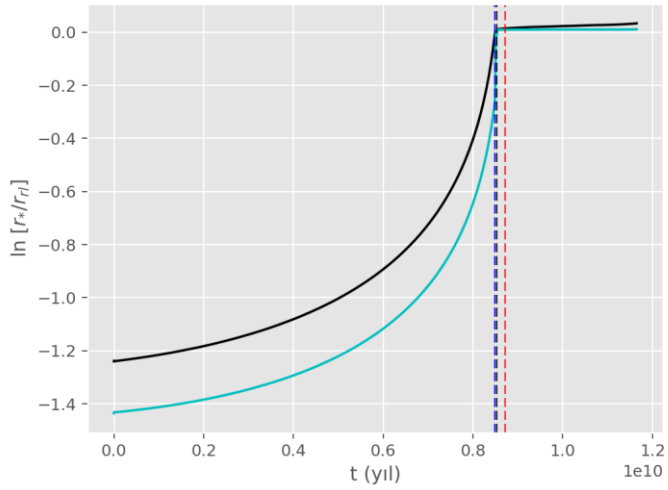
Şekil 117. RW Com sistemi için kütle – zaman grafiği



Şekil 118. RW Com sistemi için yarıçap – zaman grafiği**.**



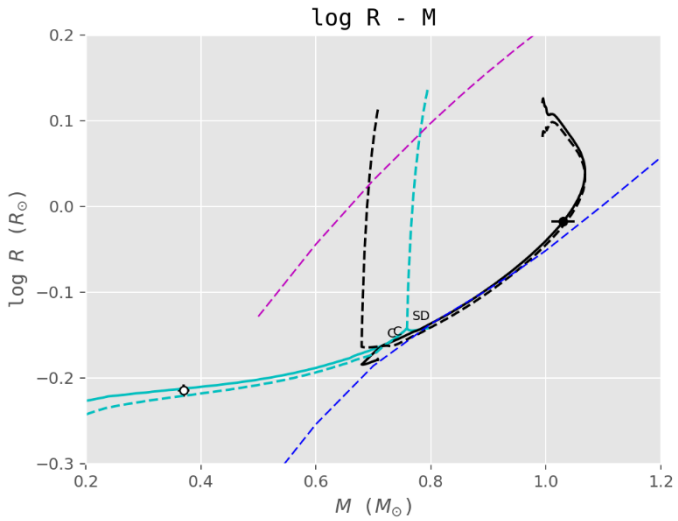
Şekil 119. RW Com sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



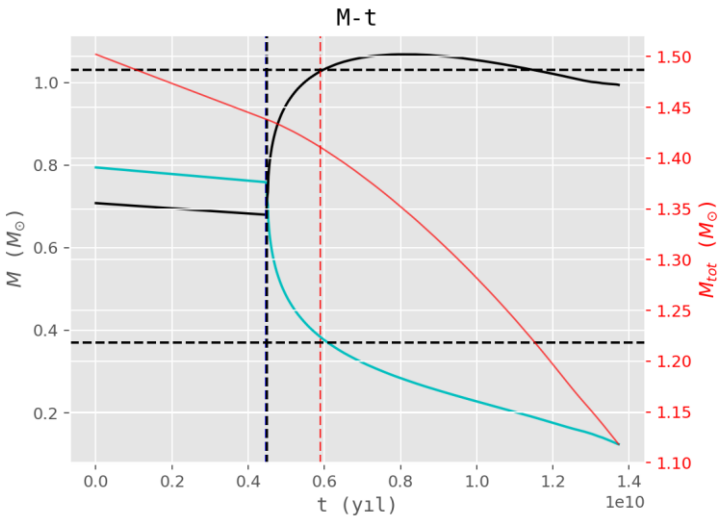
Şekil 120. RW Com sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.4. VW Cep

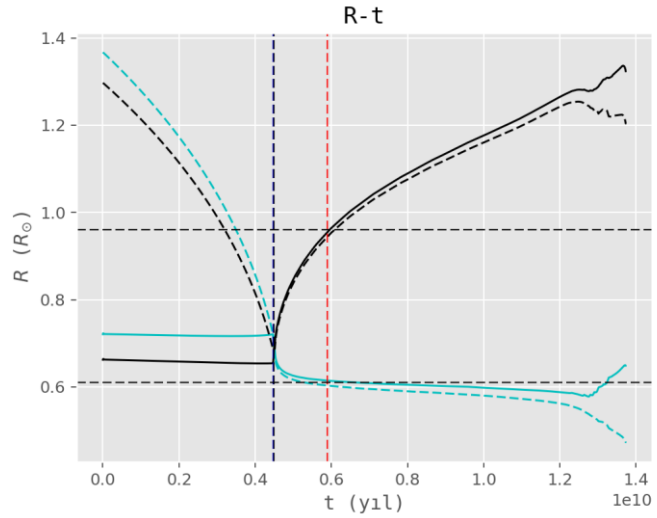
Ev-twin kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 0.794 + 0.708 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 0.65 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.020 olarak alınmıştır. Programda korunumsuz evrim ve eşzamanlı çözüm kullanılmıştır. Dinamo kökenli kütle ve açısal momentum kaybıyla ilgili parametreler(CML,CHL) 0.2 olarak alınmıştır. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 5,9 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 13.5 Gyr'dır.



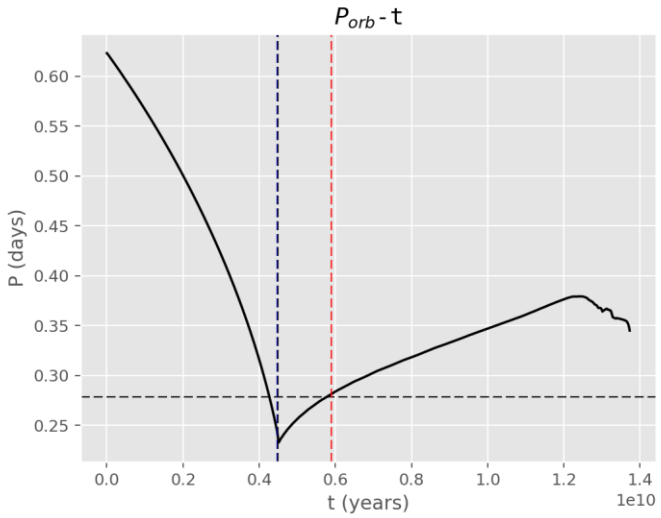
Şekil 121. VW Cep sistemi için log R – M grafiği.



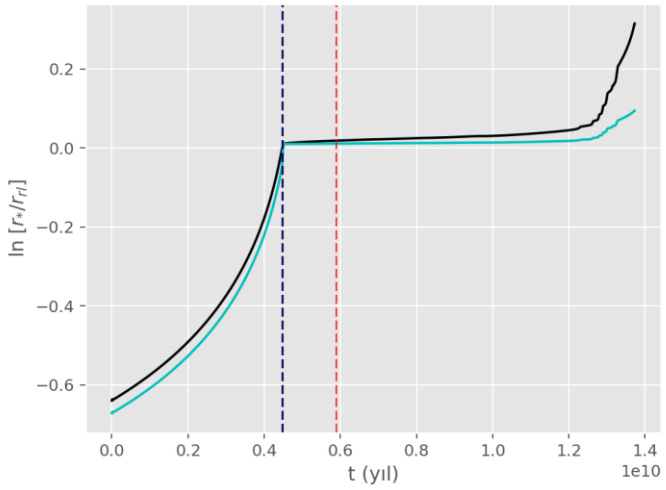
Şekil 122. VW Cep sistemi için kütle – zaman grafiği



Şekil 123. VW Cep sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



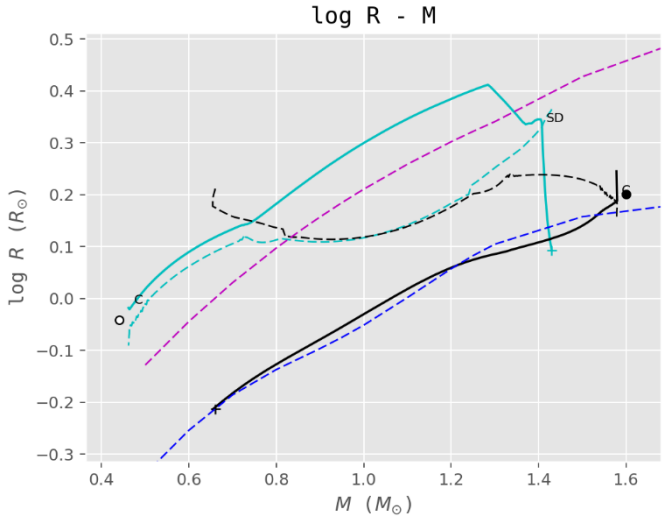
Şekil 124. VW Cep sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



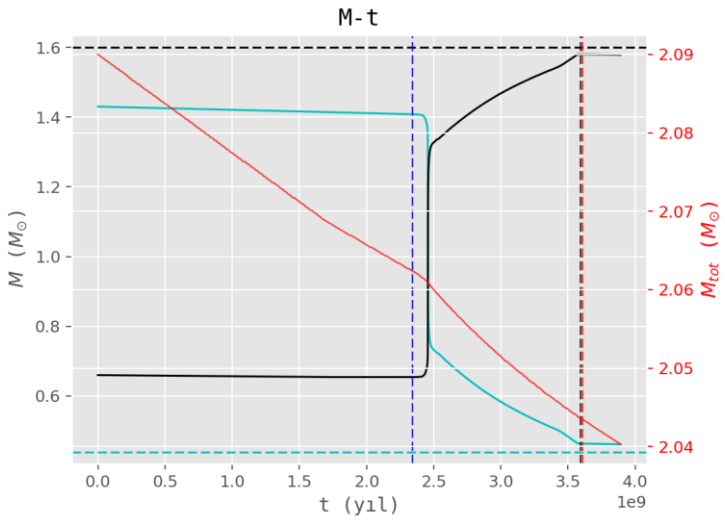
Şekil 125. VW Cep sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği**.**

6.2.5. EZ Hya

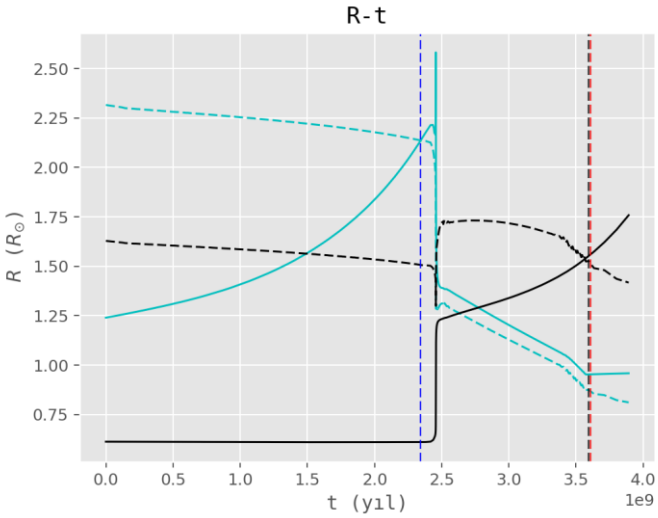
Bse kodu ile modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.43 + 0.66 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 0.945 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.005 olarak alınmıştır. Bse kodunun orijinal kütle aktarım şablonu kullanılarak modellenmiştir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 3.61 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 3.89 Gyr'dır.



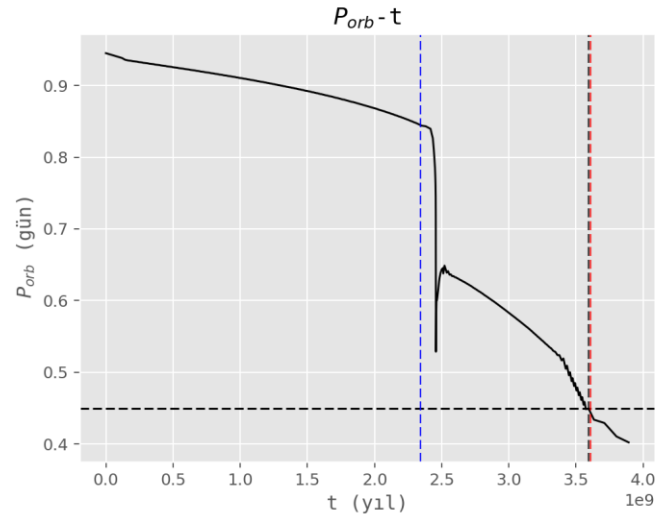
Şekil 126. EZ Hya sistemi log R – M grafiği.



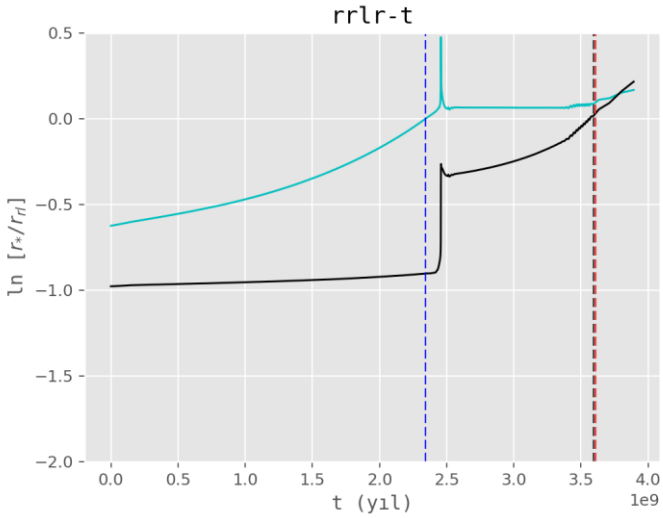
Şekil 127. EZ Hya sistemi için kütle – zaman grafiği.



Şekil 128. EZ Hya sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



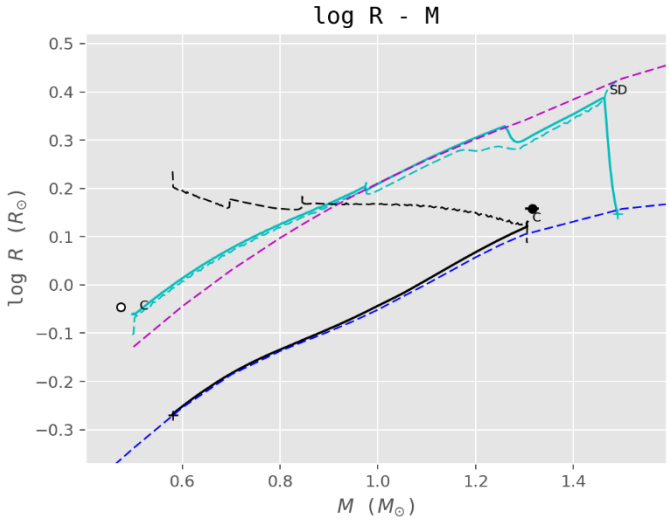
Şekil 129. EZ Hya sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



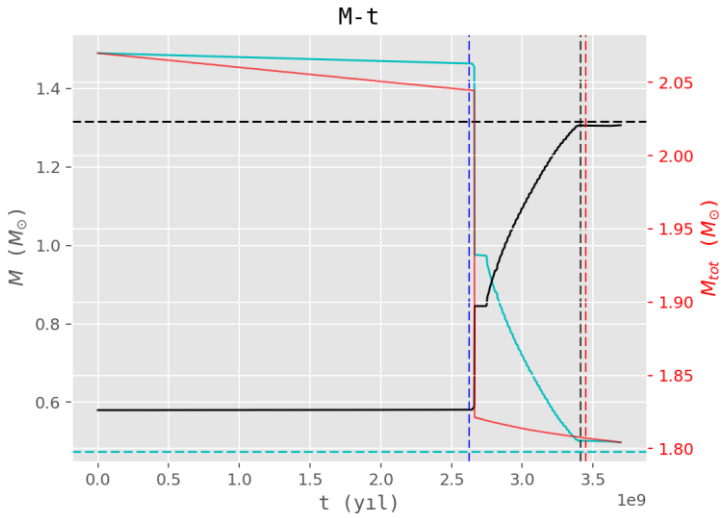
Şekil 130. EZ Hya sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.6. CN And

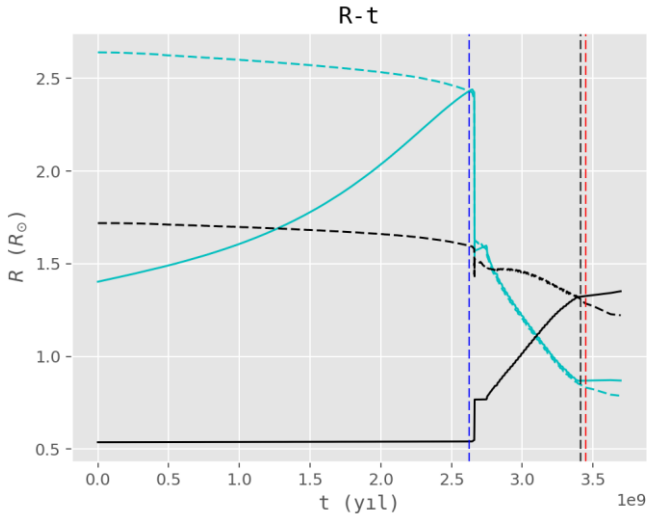
Bse kodu ile modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.49 + 0.58 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 1.10 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.015 olarak alınmıştır. Stępień ve Kiraga (2015)'nın önerdiği kütle aktarım şablonu kullanılarak sistem modellenmiştir. Sistemin dönemi modellemede küçük kalmıştır. Yakut ve Eggleton (2005) tarafından sistem değen evreye yakın önerilmiştir. Eğer sistem değen evrede ise yaşı yaklaşık olarak 3.45 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 3.8 Gyr'dır.



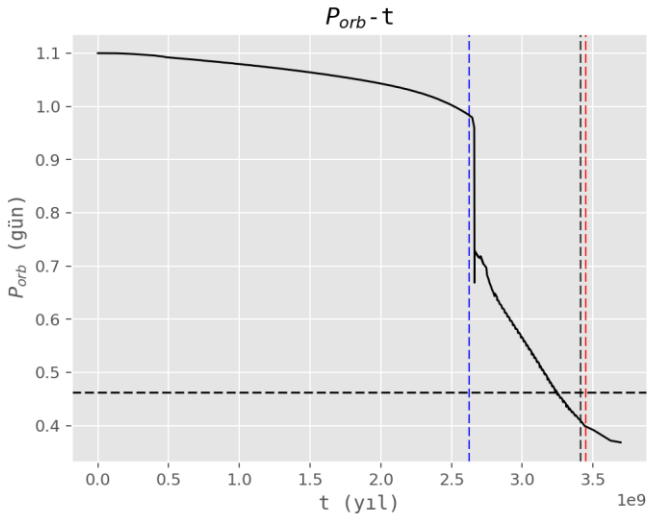
Şekil 131. CN And sistemi için log R – M grafiği.



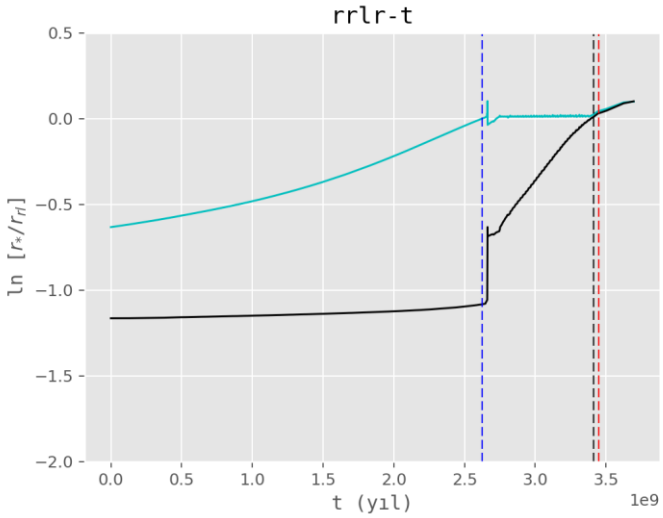
Şekil 132. CN And sistemi için kütle – zaman grafiği.



Şekil 133. CN And sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



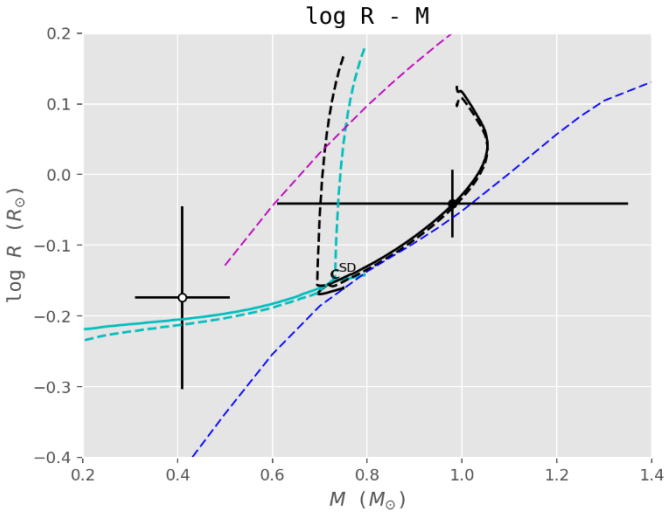
Şekil 134. CN And sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



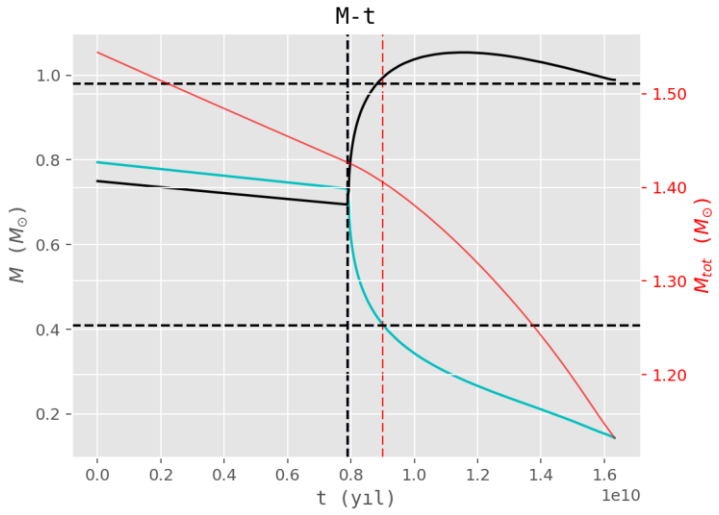
Şekil 135. CN And sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.7. BX Peg

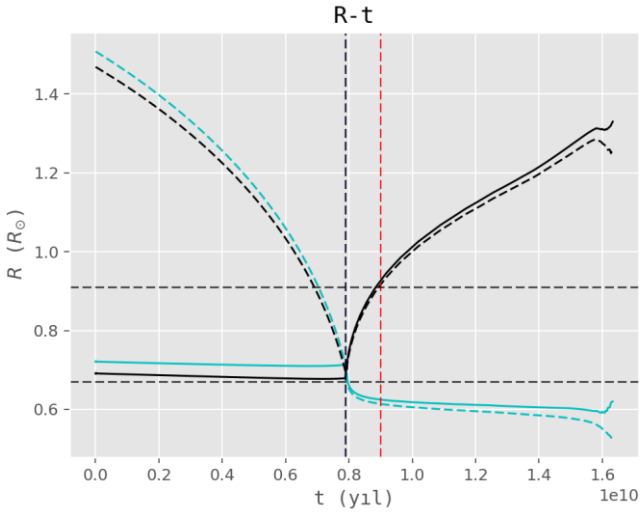
Ev-twin kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 0.794 + 0.708 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 0.75 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.020 olarak alınmıştır. Programda korunumsuz evrim ve eşzamanlı çözüm kullanılmıştır. Dinamo kökenli kütle ve açısal momentum kaybıyla ilgili parametreler(CML,CHL) 0.2 olarak alınmıştır. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 9.0 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 16 Gyr'dır.



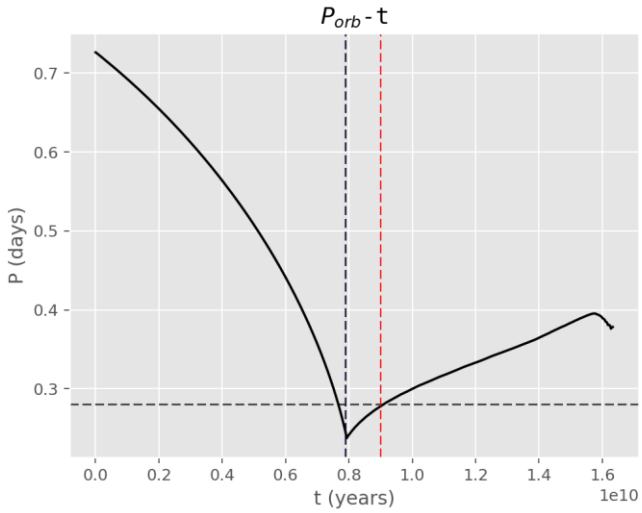
Şekil 136. BX Peg sistemi için log R – M grafiği.



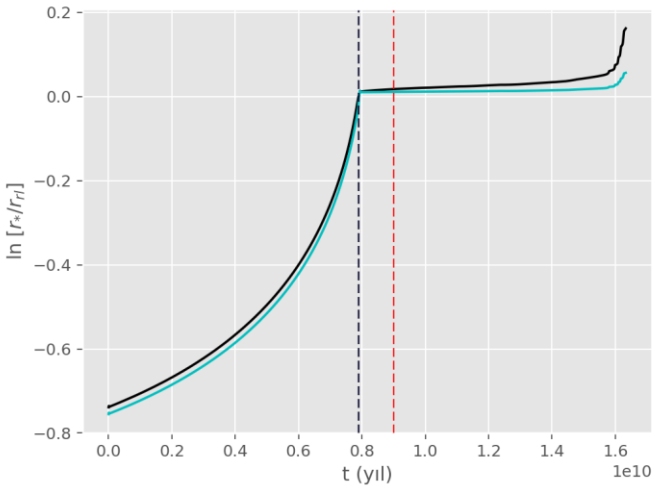
Şekil 137. BX Peg sistemi için kütle – zaman grafiği



Şekil 138. BX Peg sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



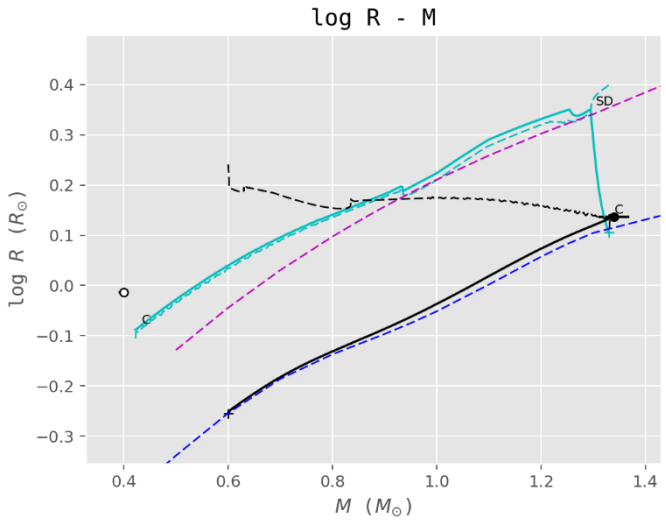
Şekil 139. BX Peg sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



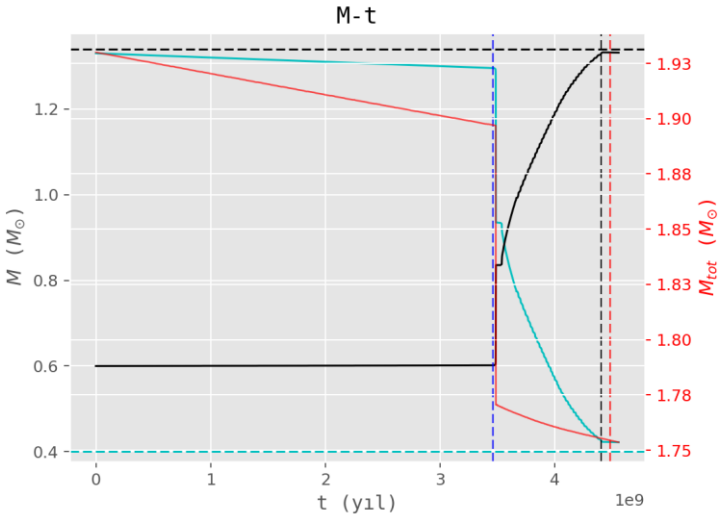
Şekil 140. BX Peg sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.8 SS Ari

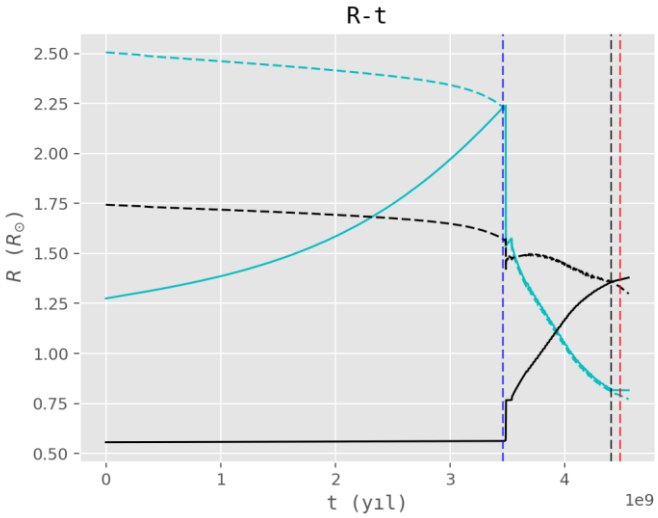
Bse kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.33 + 0.60 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 1.10 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.010 olarak alınmıştır. Stępień ve Kiraga (2015)'nın önerdiği kütle aktarım şablonu kullanılarak sistem modellenmiştir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 4.48 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 4.60 Gyr'dır.



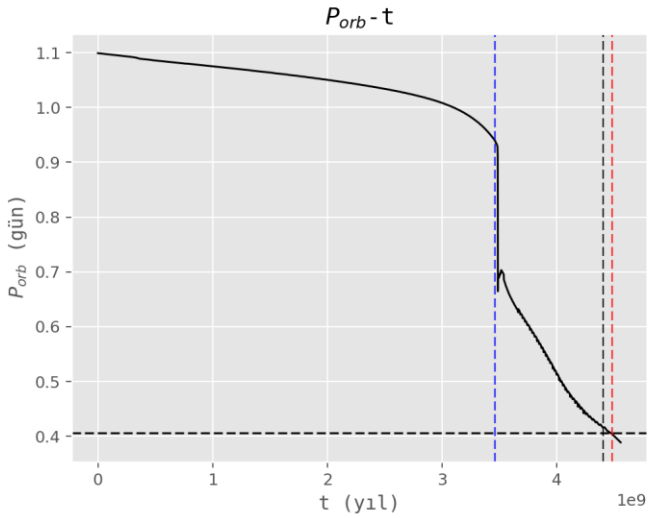
Şekil 141. SS Ari sistemi için log R – M grafiği.



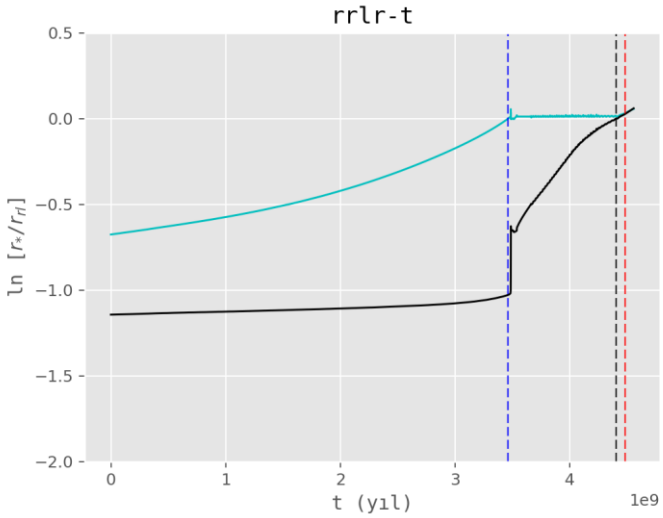
Şekil 142. SS Ari sistemi için kütle – zaman grafiği.



Şekil 143. SS Ari sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



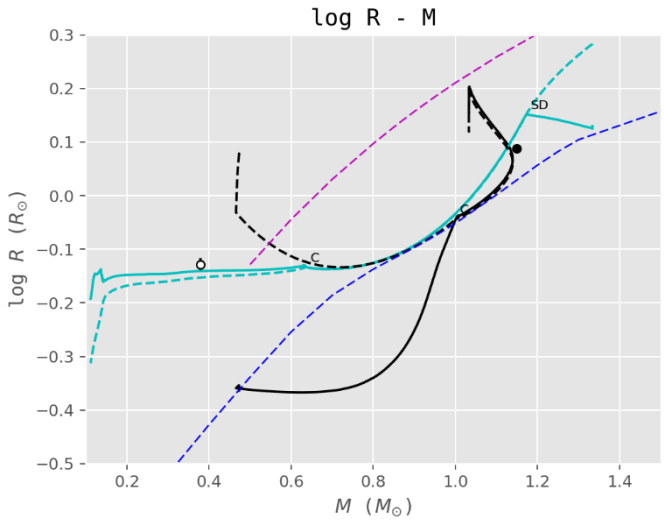
Şekil 144. SS Ari sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



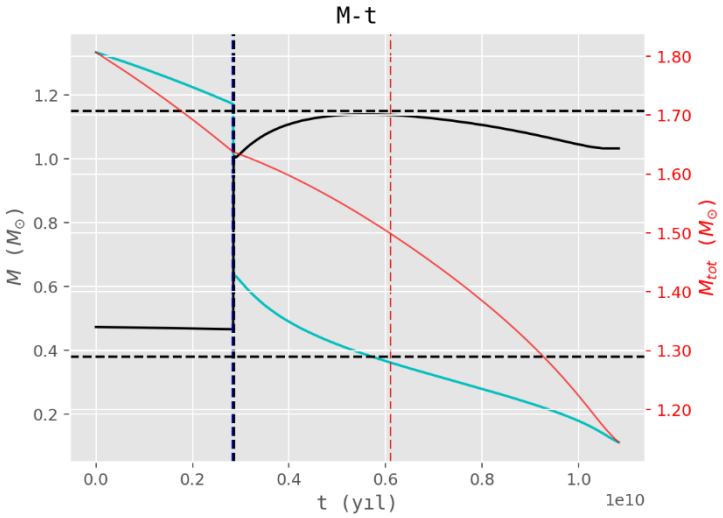
Şekil 145. SS Ari sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.9. U Peg

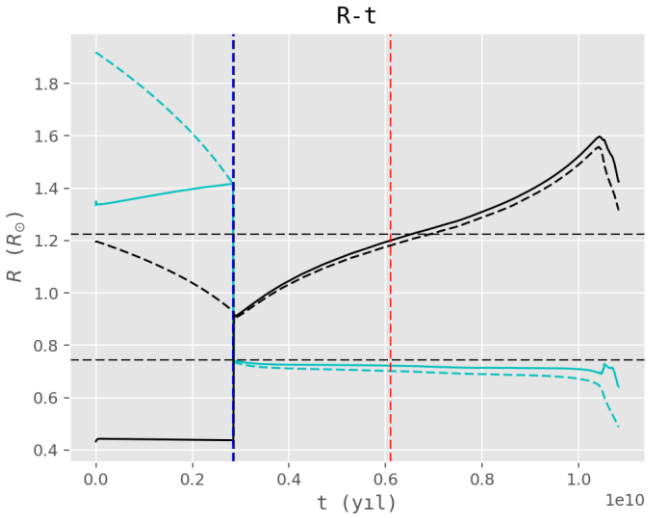
Ev-twin kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.33 + 0.47 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 0.75 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.020 olarak alınmıştır. Programda korunumsuz evrim ve eşzamanlı çözüm kullanılmıştır. Dinamo kökenli kütle ve açısal momentum kaybıyla ilgili parametreler(CML,CHL) 0.25 olarak alınmıştır. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 6,10 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 11 Gyr'dır.



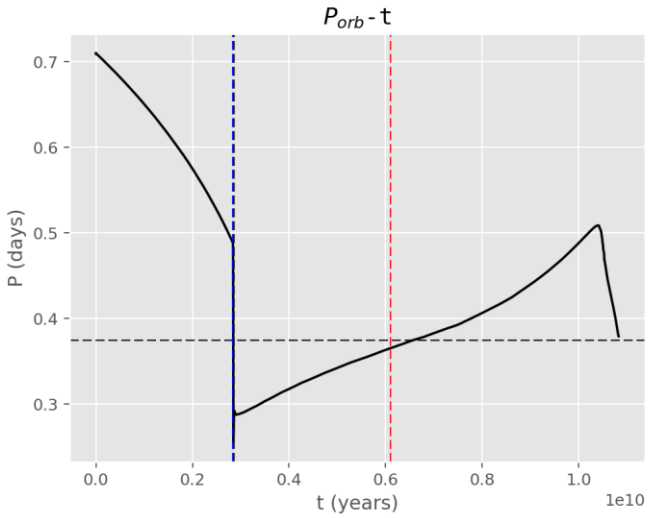
Şekil 146. U Peg sistemi için log R – M grafiği.



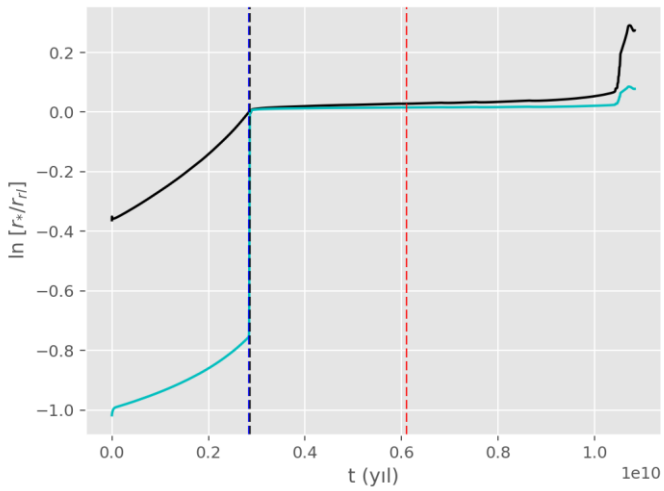
Şekil 147. U Peg sistemi için kütle – zaman grafiği.



Şekil 148. U Peg sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



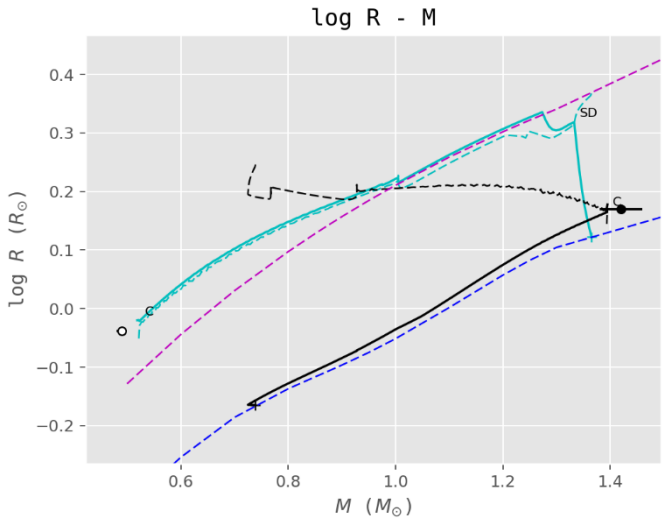
Şekil 149. U Peg sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



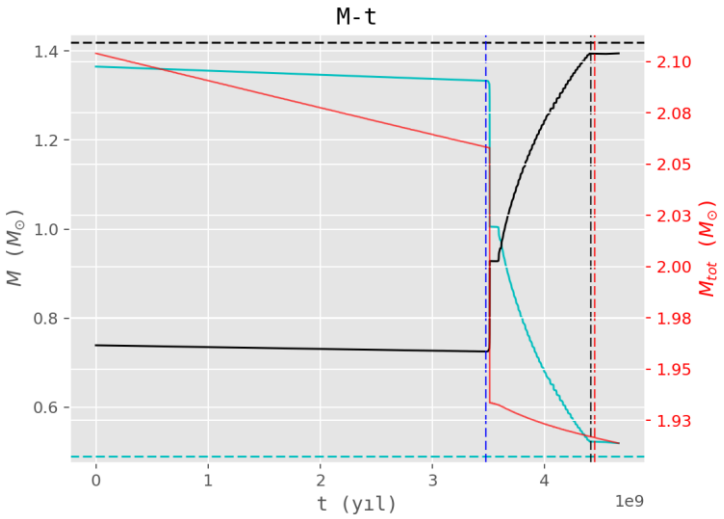
Şekil 150. U Peg sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.10. V502 Oph

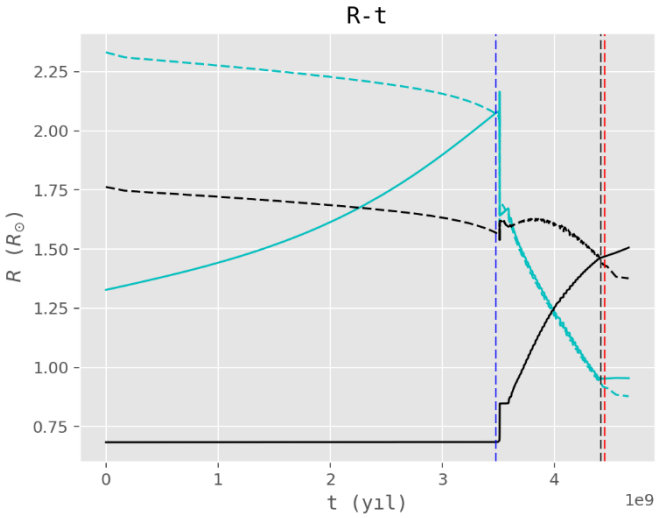
Bse kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.365 + 0.739 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 0.99 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.015 olarak alınmıştır. Stępień ve Kiraga (2015)'nın önerdiği kütle aktarım şablonu kullanılarak sistem modellenmiştir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 4.45 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 4.70 Gyr'dır.



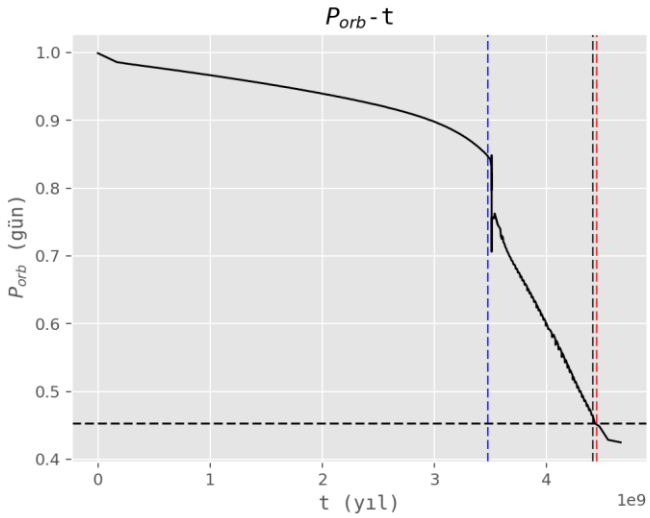
Şekil 151. V502 Oph sistemi için log R – M grafiği.



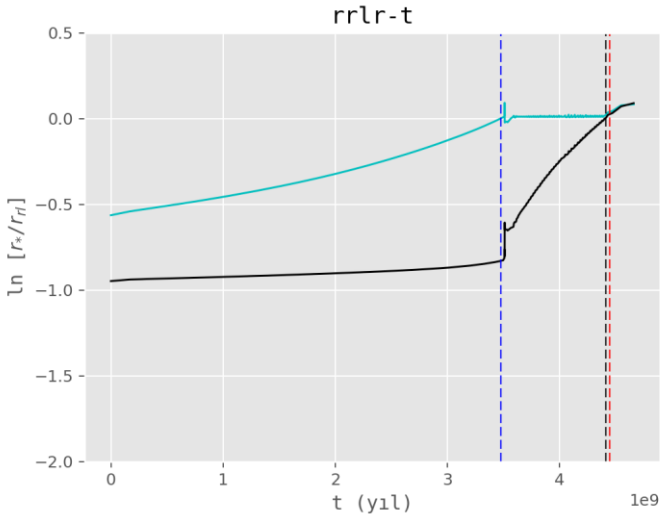
Şekil 152. V502 Oph sistemi için kütle – zaman grafiği.



Şekil 153. V502 Oph sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



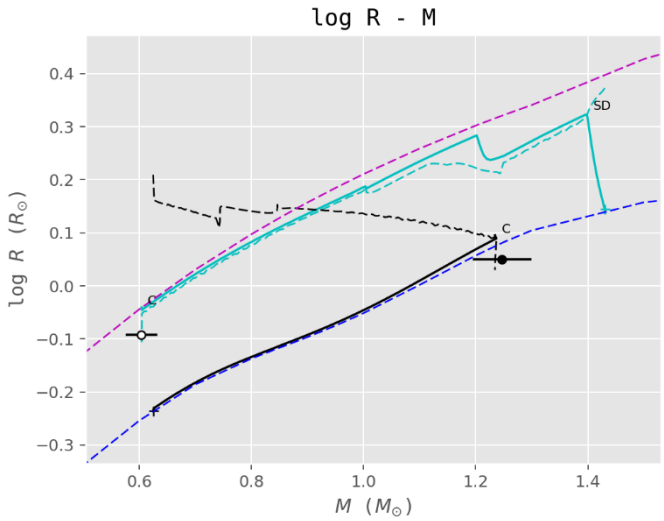
Şekil 154. V502 Oph sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



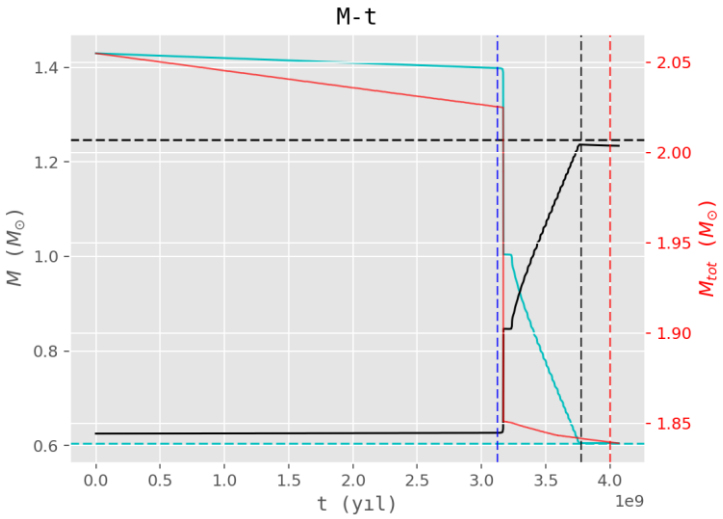
Şekil 155. Şekil. V502 Oph sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.11. W UMa

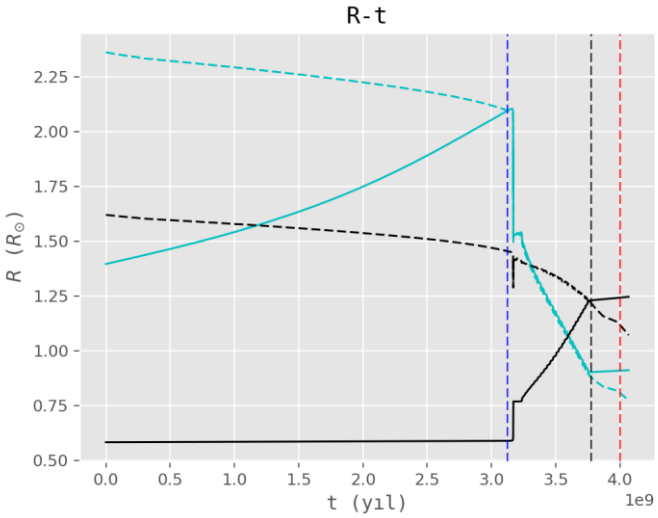
Bse kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.43 + 0.625 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 0.965 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.020 olarak alınmıştır. Stępień ve Kiraga (2015)'nın önerdiği kütle aktarım şablonu kullanılarak sistem modellenmiştir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 4.00 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 4.20 Gyr'dır.



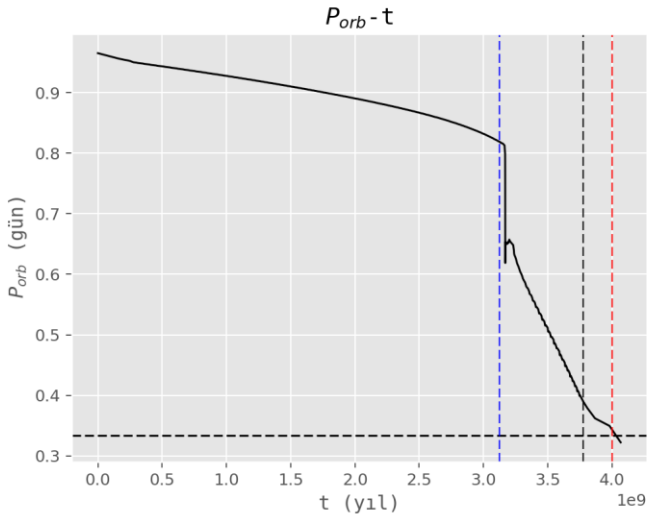
Şekil 156. W UMa sistemi için log R – M grafiği.



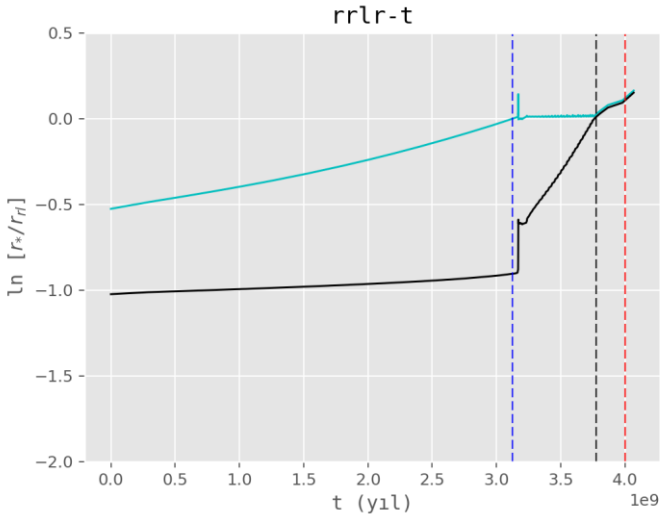
Şekil 157. W UMa sistemi için kütle – zaman grafiği.



Şekil 158. W UMa sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



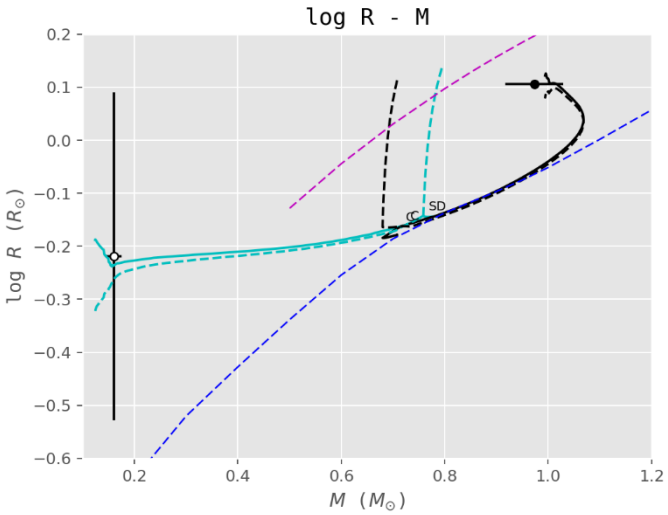
Şekil 159. W UMa sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



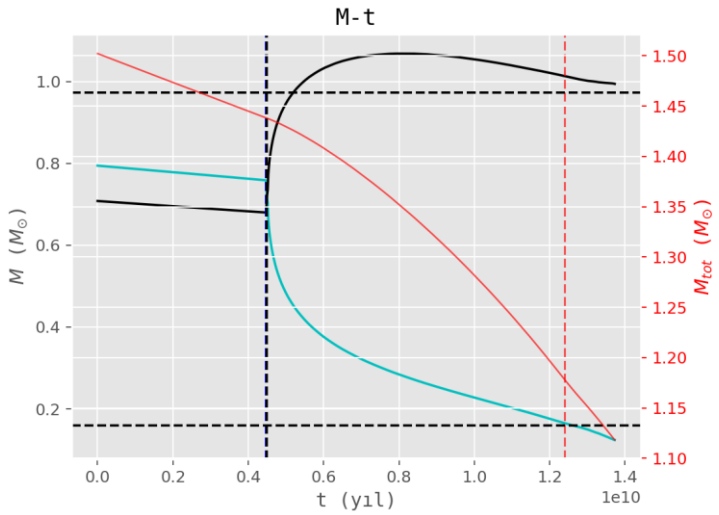
Şekil 160. W UMa sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.12. XY Boo

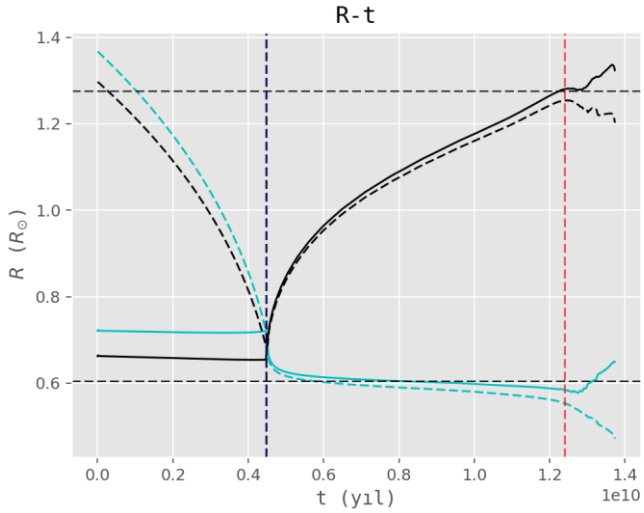
Ev-twin kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 0.794 + 0.708 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 0.65 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.020 olarak alınmıştır. Programda korunumsuz evrim ve eşzamanlı çözüm kullanılmıştır. Dinamo kökenli kütle ve açısal momentum kaybıyla ilgili parametreler(CML,CHL) 0.2 olarak alınmıştır. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 12.4 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 13.0 Gyr'dır.



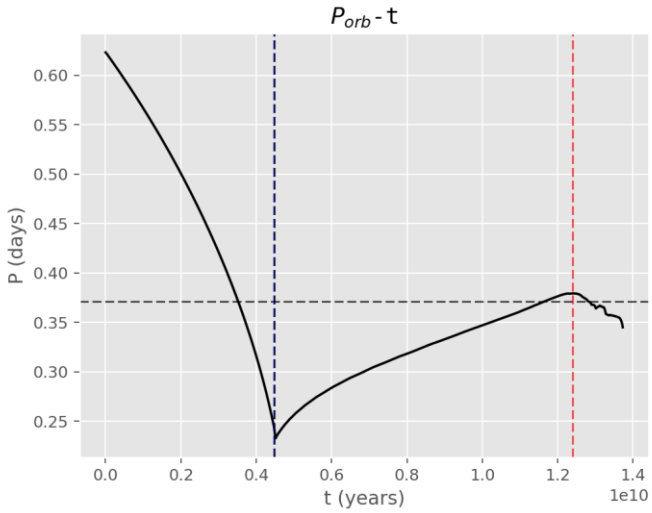
Şekil 161. XY Boo sistemi için log R – M grafiği.



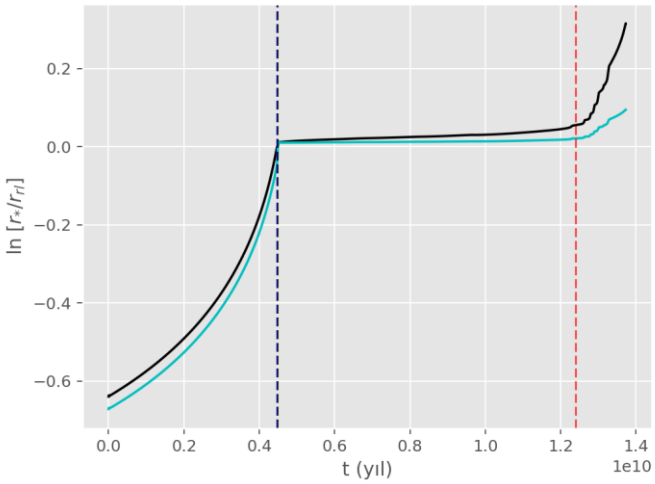
Şekil 162. XY Boo sistemi için kütle – zaman grafiği



Şekil 163. XY Boo sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



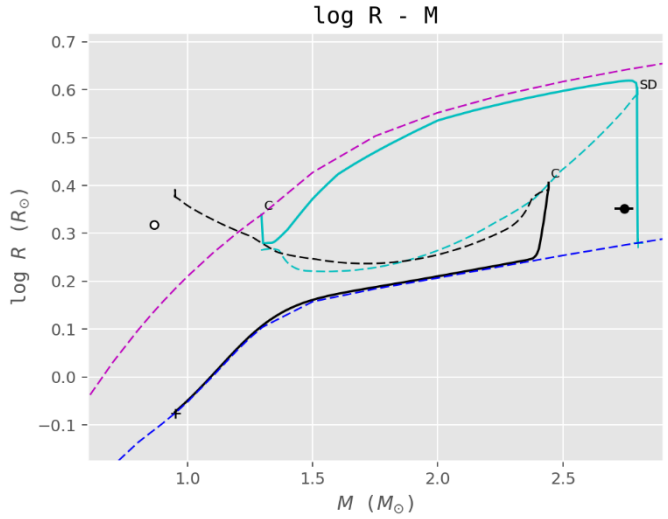
Şekil 164. XY Boo sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



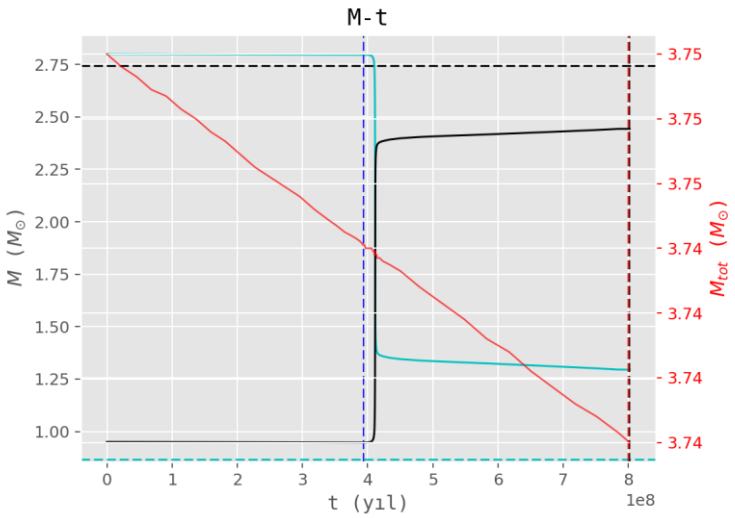
Şekil 165. XY Boo sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.13. V376 And

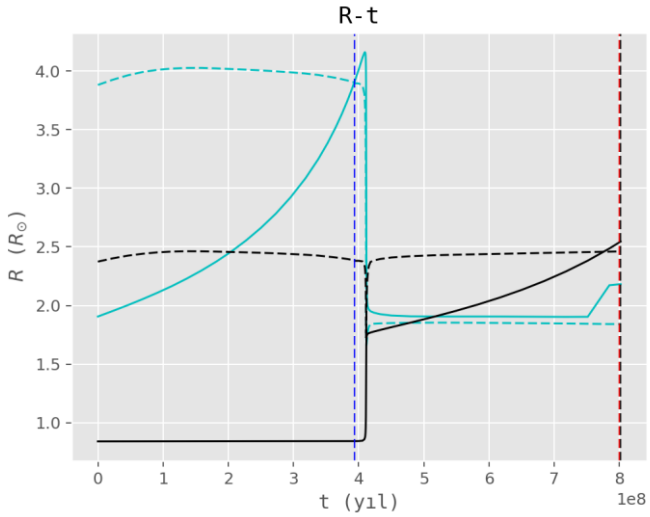
Bse kodu ile modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 2.80 + 0.95 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 1.40 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.02 olarak alınmıştır. Bse kodunun orijinal kütle aktarım şablonu kullanılarak modellenmiştir. Genç bir sistemdir. Modelleme çalışmalarında kütleler istenilen değerlere değme evresinden ulaşamamaktadır. Sistemin anakol öncesi değme evresine ulaştığı düşünülebilir. Bu çalışmada sistemin yaşı yaklaşık olarak 0.80 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 0.81 Gyr'dır.



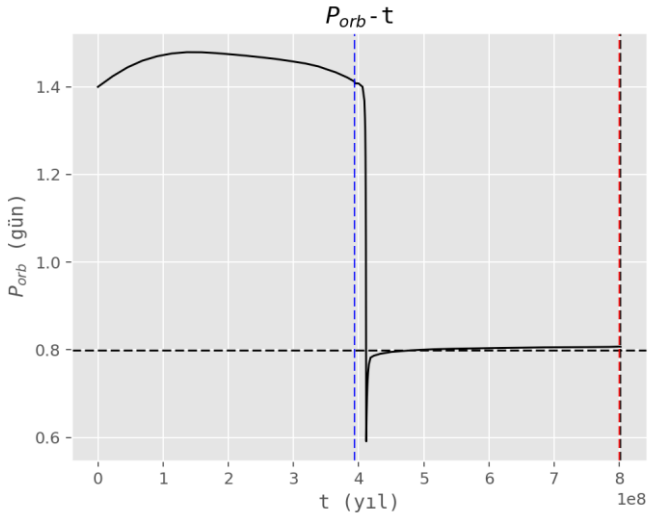
Şekil 166. V376 And sistemi log R – M grafiği.



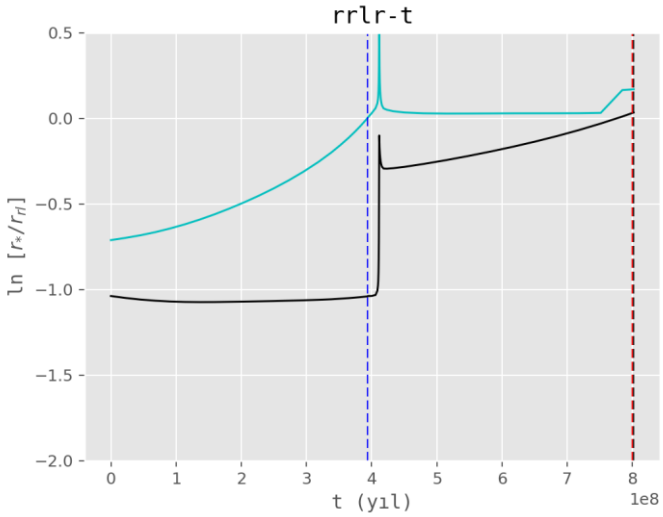
Şekil 167. V376 And sistemi için kütle – zaman grafiği.



Şekil 168. V376 And sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



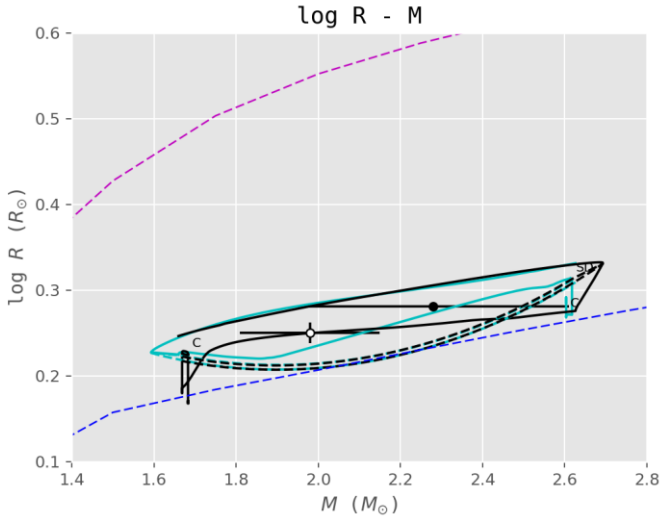
Şekil 169. V376 And sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



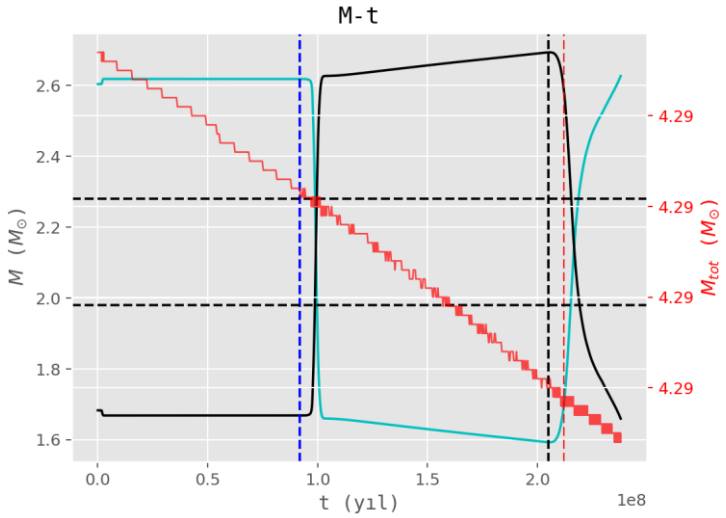
Şekil 170. V376 And sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.14. V2150 Cyg

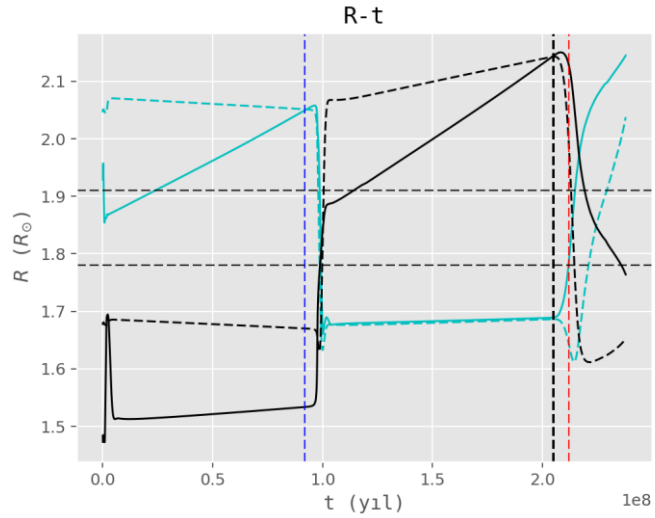
Ev-twin kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 2.60 + 1.67 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 0.65 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.020 olarak alınmıştır. Programda korunumsuz evrim ve eşzamanlı çözüm kullanılmıştır. Dinamo kökenli kütle ve açısal momentum kaybıyla ilgili parametreler(CML,CHL) 0.0 olarak alınmıştır. Çünkü her iki bileşenin kütleleri 1.25 den büyüktür. Sistem ısısal durulma (TRO) modeline göre evrimleşmiştir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 0.212 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 0.215 Gyr'dır.



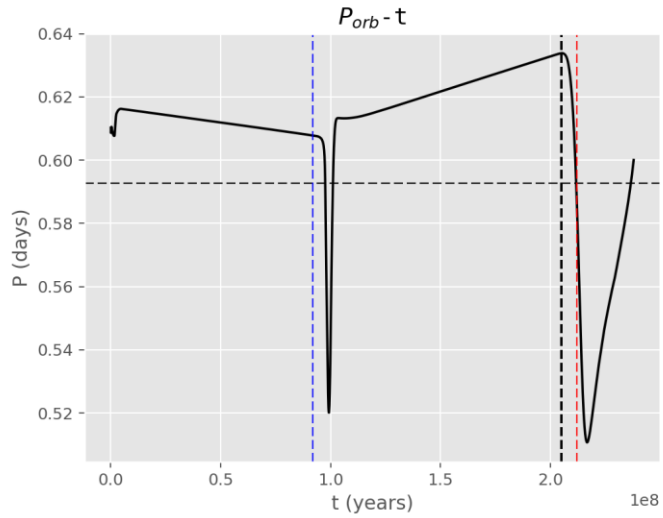
Şekil 171. V2150 Cyg sistemi için log R – M grafiği.



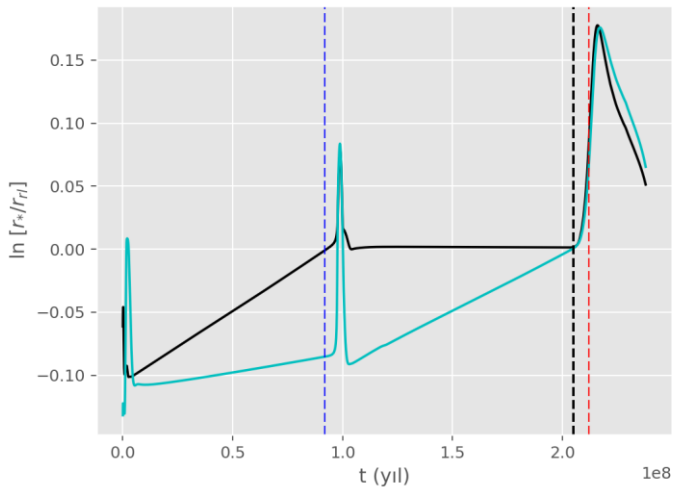
Şekil 172. V2150 Cyg sistemi için kütle – zaman grafiği



Şekil 173. V2150 Cyg sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



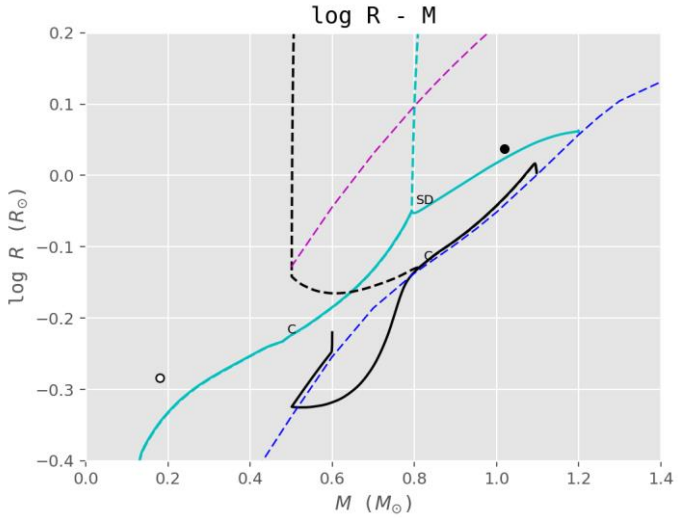
Şekil 174. V2150 Cyg sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



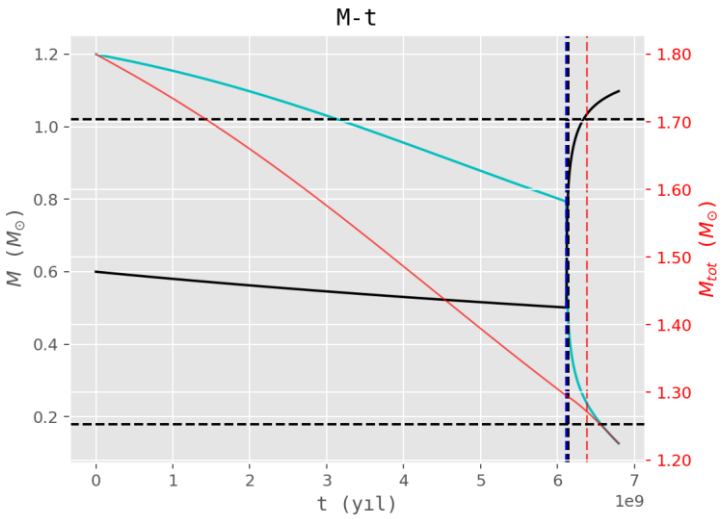
Şekil 175. V2150 Cyg sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.15. OU Ser

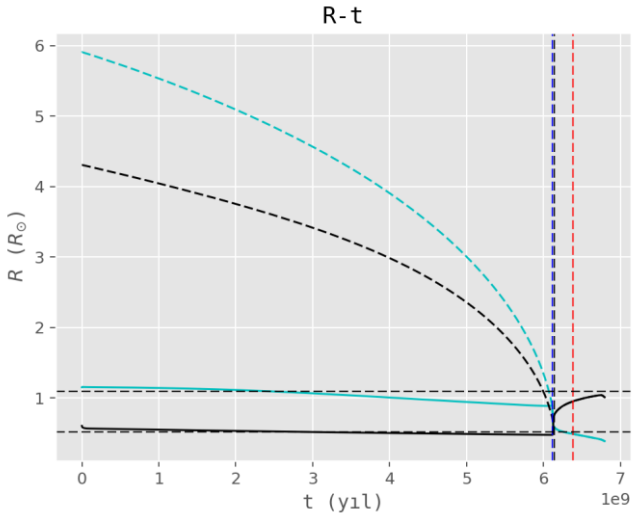
Ev-twin kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.20 + 0.60 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 4.25 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.020 olarak alınmıştır. Programda korunumsuz evrim ve eşzamanlı çözüm kullanılmıştır. Dinamo kökenli kütle ve açısal momentum kaybıyla ilgili parametreler(CML,CHL) 1.0 olarak alınmıştır. Bu yüzden başlangıç dönemi büyük olmuştur. Modelde birinci ve ikinci bileşenin yarıçapları biraz küçük kalmıştır. Bu kütle aktarımının biraz daha önce gerçekleştiğine işarettir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 6.3 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 6.7 Gyr'dır.



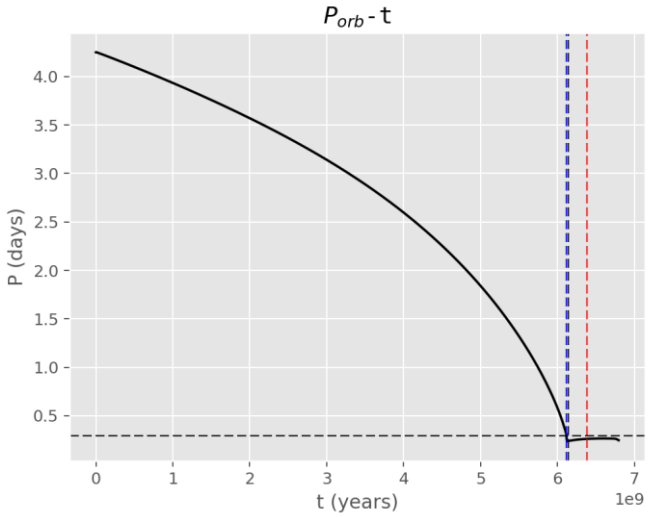
Şekil 176. OU Ser sistemi için log R – M grafiği**.**



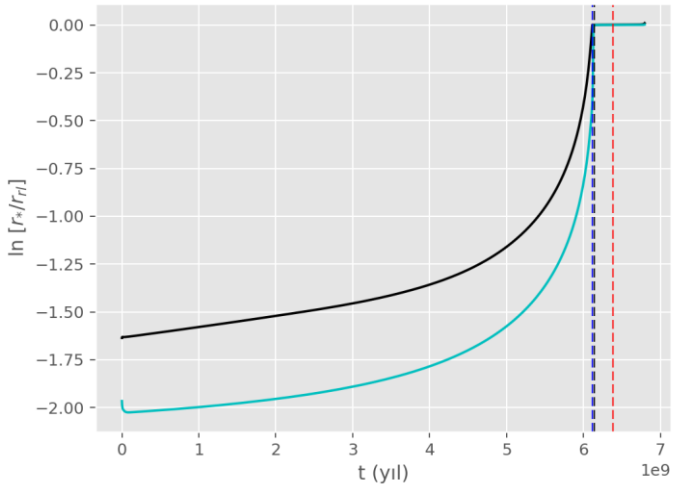
Şekil 177. OU Ser sistemi için kütle – zaman grafiği



Şekil 178. OU Ser sistemi için yarıçap – zaman grafiği**.**



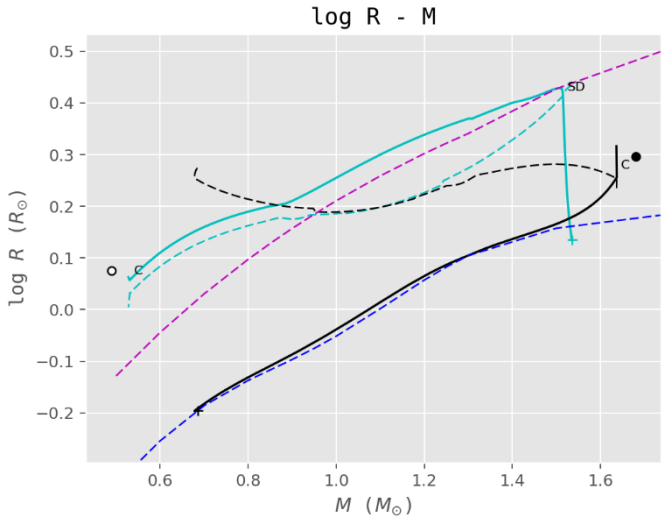
Şekil 179. OU Ser sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



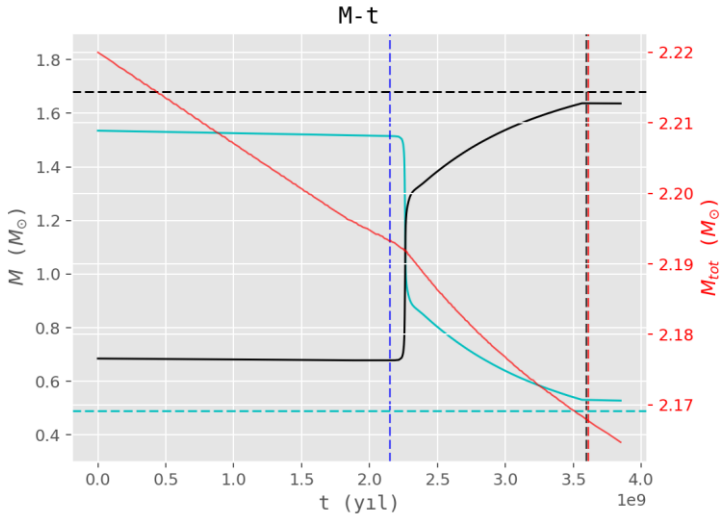
Şekil 180. OU Ser sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.16. V401 Cyg

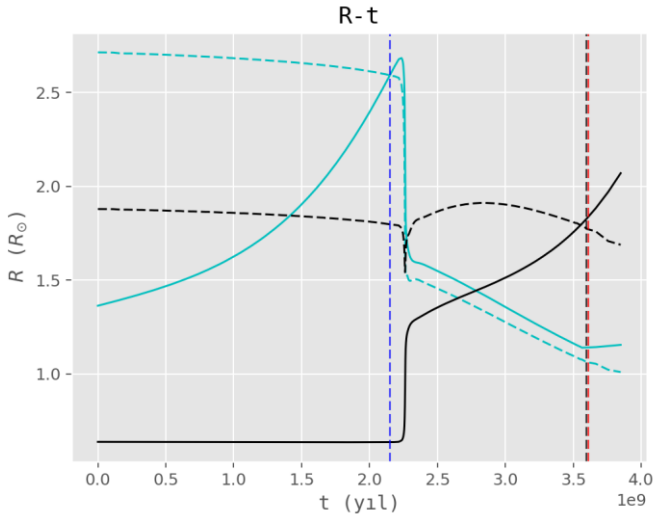
Bse kodu ile modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.535 + 0.685 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 1.152 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.01 olarak alınmıştır. Bse kodunun orijinal kütle aktarım şablonu kullanılarak modellenmiştir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 3.61 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 3.86 Gyr'dır.



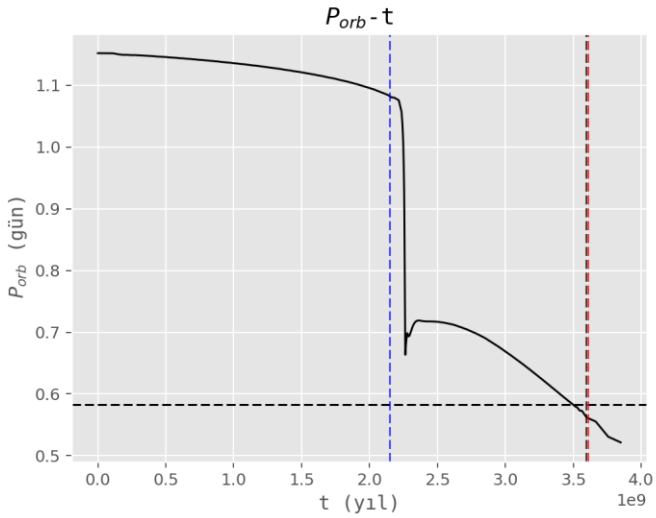
Şekil 181.V401 Cyg sistemi log R – M grafiği.



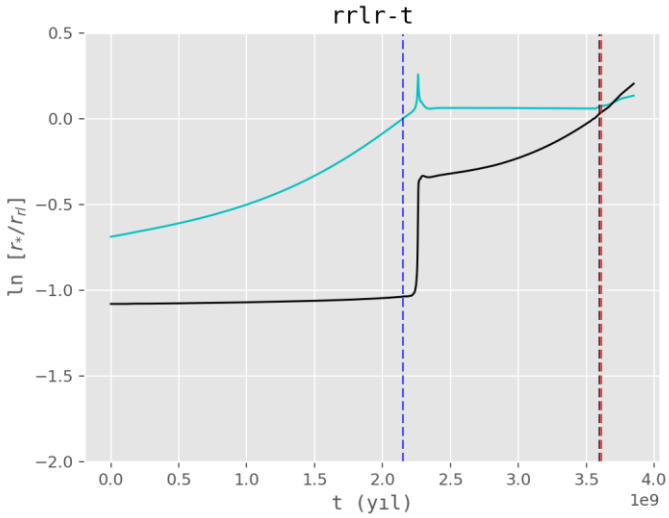
Şekil 182. V401 Cyg sistemi için kütle – zaman grafiği.



Şekil 183. V401 Cyg sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



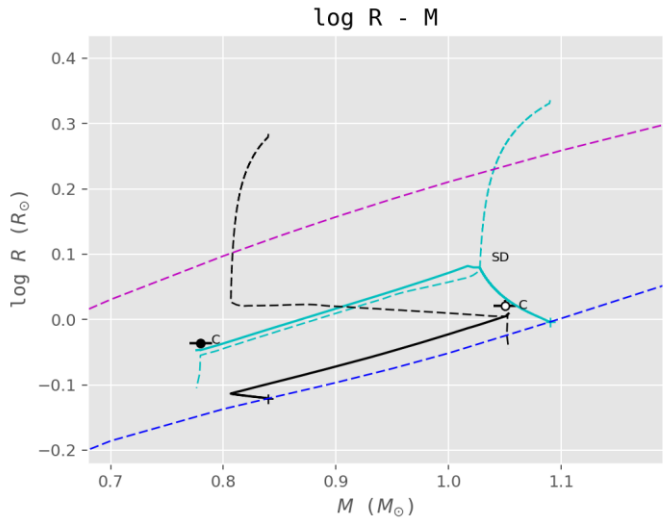
Şekil 184. V401 Cyg sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



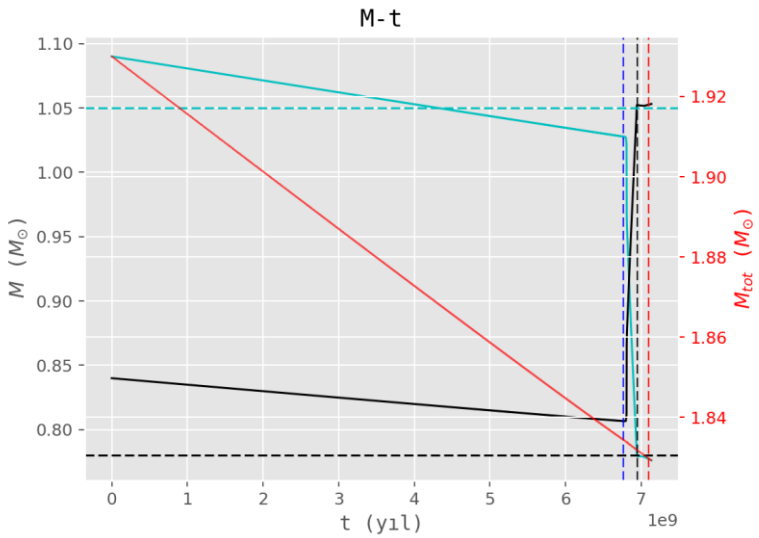
Şekil 185. V401 Cyg sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

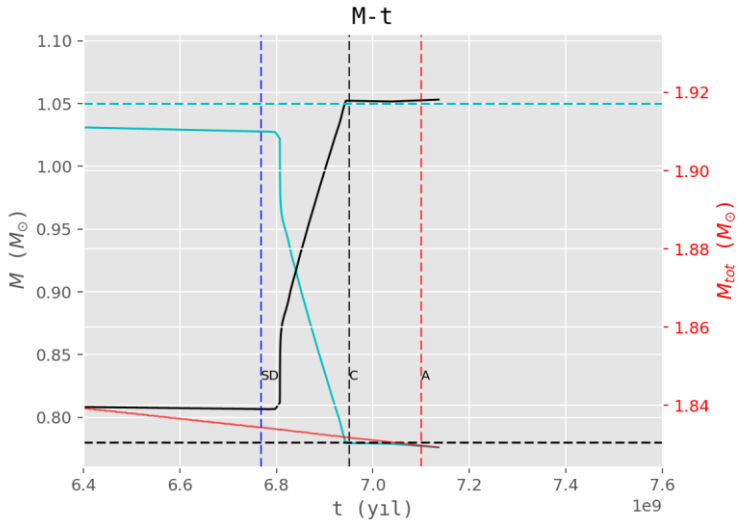
6.2.17. GSC3581-1856

Bse kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.09 + 0.84 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 1.045 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.02 olarak alınmıştır. Stępień ve Kiraga (2015)'nın önerdiği kütle aktarım şablonu kullanılarak sistem modellenmiştir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 7,10 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 7,15 Gyr'dır.

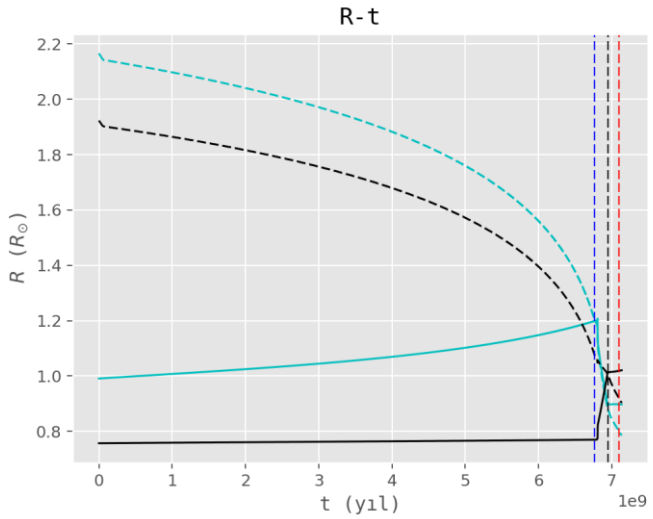


Şekil 186. GSC3581-1856 sistemi için log R – M grafiği.

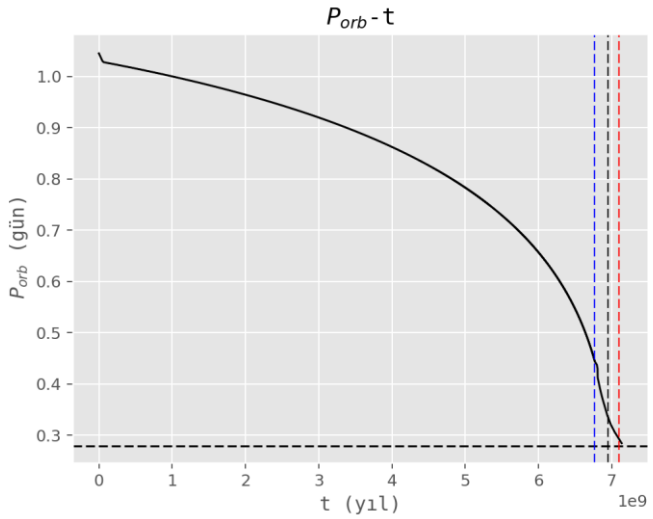




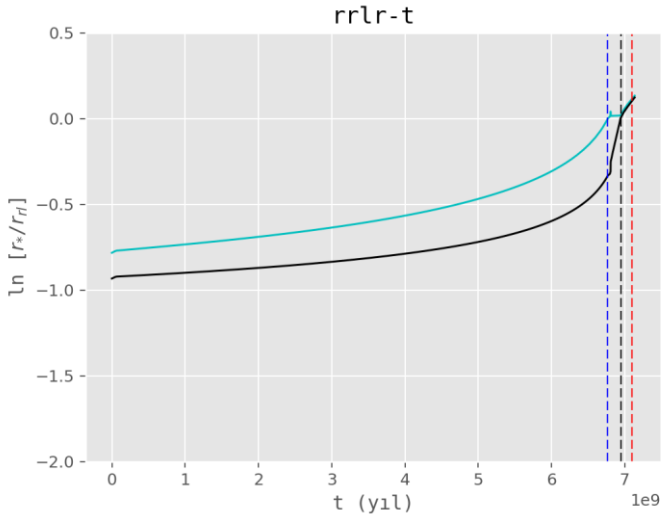
Şekil 187. GSC3581-1856 sistemi için kütle – zaman grafikleri.



Şekil 188. GSC3581-1856 sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



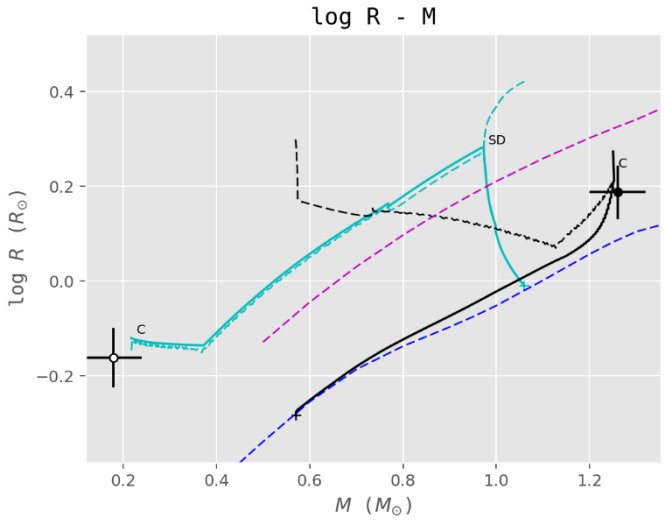
Şekil 189. GSC3581-1856 sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



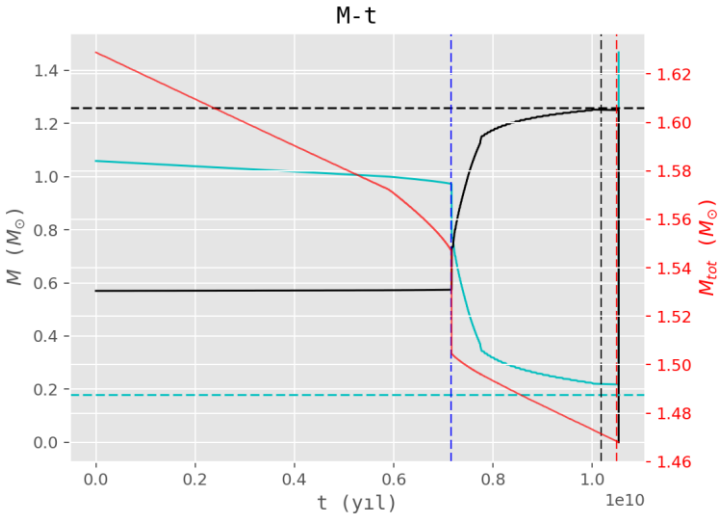
Şekil 190. GSC3581-1856 sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.18. GSC1042-2191

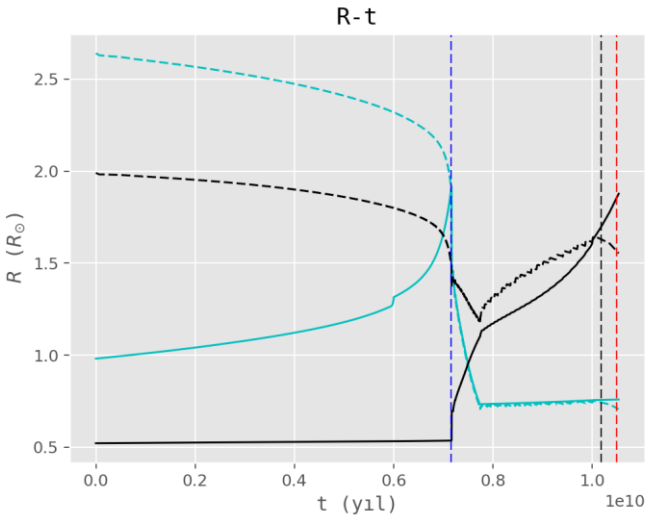
Bse kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.059 + 0.57 M⊙, başlangıç dönemi P0 = 1.365 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.005 olarak alınmıştır. Stępień ve Kiraga (2015)'nın önerdiği kütle aktarım şablonu kullanılarak sistem modellenmiştir. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 10.5 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Öngörülen birleşme yaşı 10.5 Gyr'dır.



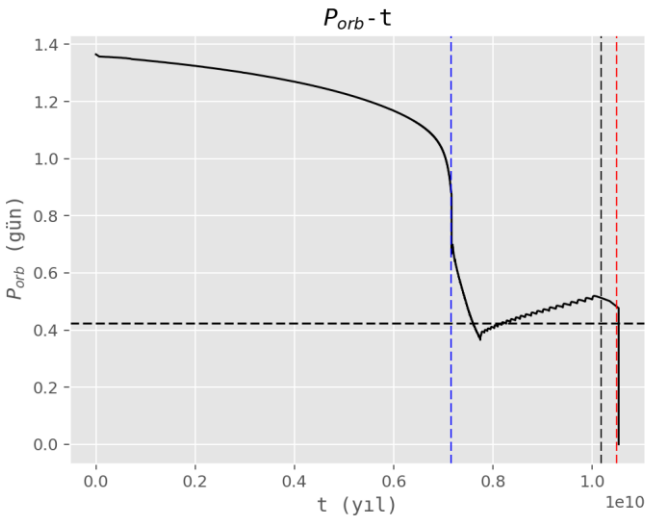
Şekil 191. GSC1042-2191 sistemi için log R – M grafiği.



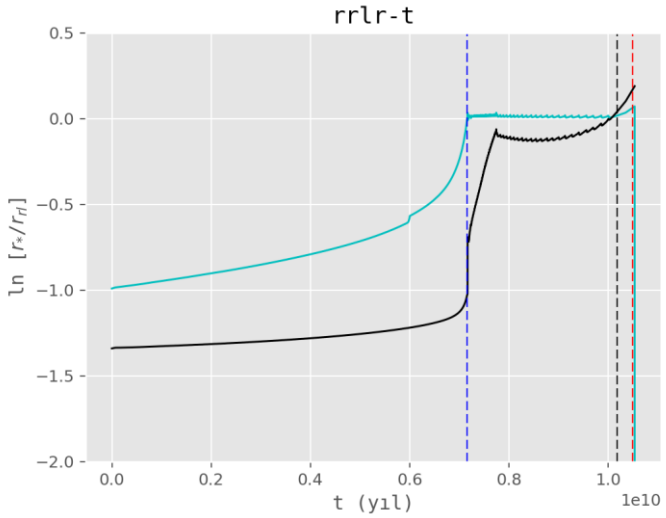
Şekil 192. GSC1042-2191 sistemi için kütle – zaman grafiği.



Şekil 193. GSC1042-2191 sistemi için yarıçap – zaman grafiği.



Şekil 194. GSC1042-2191 sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



Şekil 195. GSC1042-2191 sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

6.2.19. V1309 Sco

Salt parametrelerin bulunmasında farklı bir yaklaşım:

a) Toplam kütleye olası 1.00-2.50 aralığında değerler vererek 3.Kepler yasasından bileşenler arası uzaklık (a) değeri bulunur. Bulunan bu a değeri ve ilgili ışık eğrisi çözümlerinden ortalama eşpotansiyelli yüzey yarıçapı r'ler R= a.r bağıntısında yerine konursa Güneş yarıçapı cinsinden bileşen yarıçapları bulunur. Bulunan yarıçaplar herzaman anakol yarıçaplarından büyük çıkmaktadır. Bu sistem için yörünge döneminin göreli olarak oldukça büyük olması a'nın da büyük olmasını dolayısıyla bu büyük yörüngeyi dolduracak yıldızlarında büyük yarıçaplı olmasını gerektirmektedir. Bu duruma göre bileşen yıldızlar ana kol dışına evrimleşmiş olmalı.

b) Bulunan bu yarıçaplar ve ilgili ışık eğrisi çözümündeki sıcaklık değerleri Budding ve Demircan (2007) tarafından verilen anakol ve 3. Sınıf devler için kalibrasyon çizelgelerinden aradeğer hesabıyla diğer salt parametreler bulunur. Bulunan salt parametrelerden toplam kütle bulunup tekrar 3. Kepler yasaında kullanılarak a değeri çekilir ve böylece birinci adıma geri dönülmüş olur. Bu şekilde iterasyonla ta ki toplam kütle hata sınırları içinde değişmez hale gelinceye kadar salt parametreler iyileştirilir.

Burada açıklanan iterasyon işlemiyle bulunan v1309 Sco'ya ait salt parametreler Tablo 51 ve 52'de verilmiştir.

Tablo 51. V1309 Sco'nın büyük kütleli bileşenin anakolda olması durumundaki mutlak parametreleri.

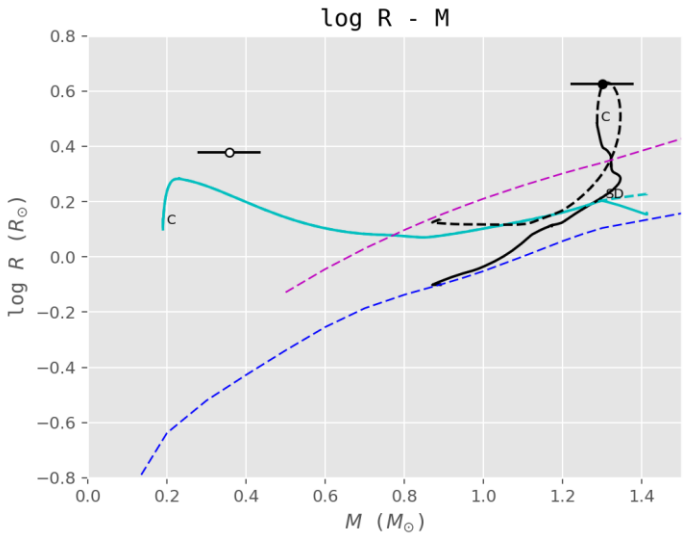
Parametre	2002	2003	2005	2006
T_1 (K)	4500 ± 500	4500 ± 500	4500 ± 500	4500 ± 500
L_1 ($L_\odot$)	0.20± 0.02	0.20± 0.02	0.20± 0.02	0.20± 0.02
M_1 ($M_\odot$)	0.76 ± 0.08	0.76 ± 0.08	0.76 ± 0.08	0.76 ± 0.08
R_1 ($R_\odot$)	0.76 ± 0.03	0.76 ± 0.03	0.76 ± 0.03	0.76 ± 0.03
q	0.275	0.114	0.098	0.072
a ($R_\odot$)	1.27	1.16	1.16	1.13
T_2 (K)	5497	5846	7232	7395
L_2 ($L_\odot$)	0.17	0.10	0.21	0.17
M_2 ($M_\odot$)	0.21	0.09	0.07	0.05
R_2 ($R_\odot$)	0.43	0.31	0.29	0.25

Tablo 52. V1309 Sco'nın bileşenlerin anakol ile devler arasında olması durumundaki mutlak parametreleri.

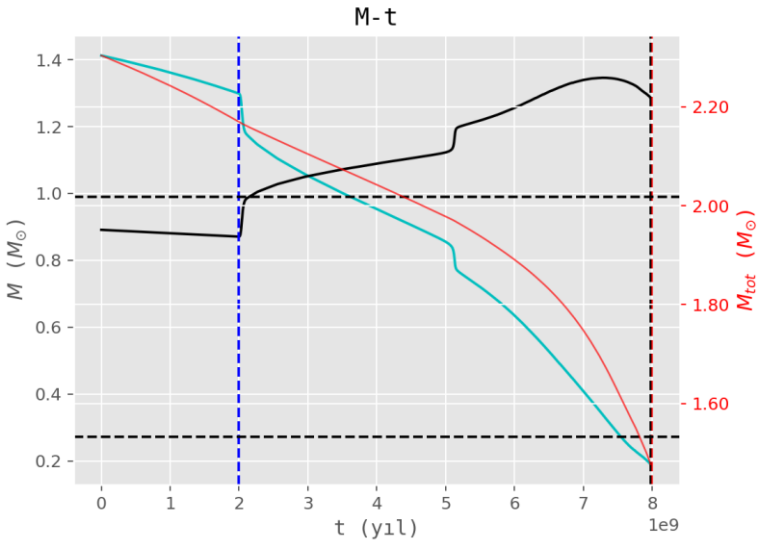
Parametre	2002	2003	2005	2006
T_1 (K)	4500	4500	4500	4500
L_1 ($L_\odot$)	3.45	4.55	4.55	10.33
M_1 ($M_\odot$)	0.99	0.93	0.93	0.93
R_1 ($R_\odot$)	3.06	3.51	3.50	3.54
q	0.275	0.114	0.098	0.072
a ($R_\odot$)	6.46	6.05	6.01	5.96
T_2 (K)	5497	5846	7232	7395
L_2 ($L_\odot$)	2.70	2.15	4.49	3.76
M_2 ($M_\odot$)	0.27	0.11	0.09	0.07
R_2 ($R_\odot$)	1.81	1.43	1.35	1.18

Ev-twin kodu ile sistem modellenmiştir. Modellemede başlangıç kütleleri 1.41 + 0.89 M⊙, başlangıç dönemi P_0 = 0.65 gün, ağır elementlerin kütle kesri Z = 0.020 olarak alınmıştır. Programda korunumsuz evrim ve eşzamanlı çözüm kullanılmıştır. Dinamo kökenli kütle ve açısal momentum kaybıyla ilgili parametreler (CML,CHL) 0.2 olarak alınmıştır. Sistemin yaşı yaklaşık olarak 8,00 milyar yıl (Gyr) bulunmuştur. Sistem 2008 yılında bir nova patlamasıyla tek yıldıza dönüşmüştür (bkz. Tylenda vd., 2011).

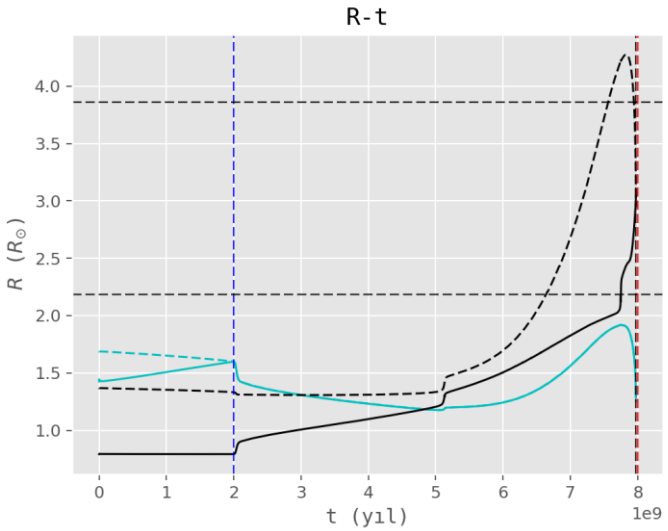
V1309 Sco için sisteminin birleşmeden önceki döneminin 1.41 civarında olmasından, ayrıca bileşenlerin patlama öncesinde değen evrede olmasından dolayı bileşenlerin ZAMS'ı terkettiği düşünülmektedir. Bu modelde birleşmeye yakın her iki bileşenin yarıçapı ışık eğrisi çözümünden elde edilene göre küçüktür. Model senaryosunda başlangıçta büyük kütleli bileşen nükleer evrim ile Roche şişimini doldurmaktadır. Böylece kütle aktarımı başlarmaktadır. Sistem uzun süre yarı ayrık evrede kalır. Her iki bileşende anakolu terk ettiğinde ani genişleme değme evresinin oluşumu ve sistemin birleşmesi gerçekleşir.



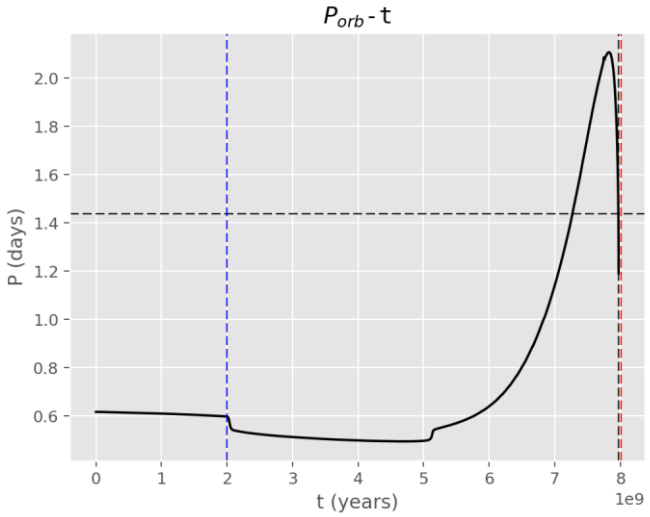
Şekil 196. V1309 Sco sistemi için log R – M grafiği.



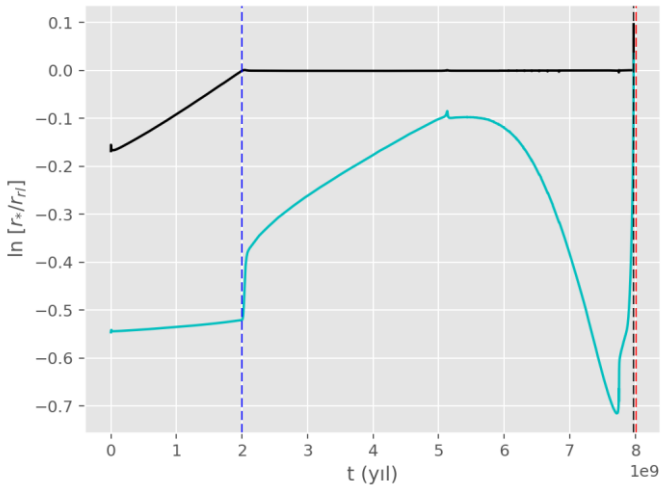
Şekil 197. V1309 Sco sistemi için Kütle – zaman grafiği



Şekil 198. V1309 Sco sistemi için Yarıçap – zaman grafiği.



Şekil 199. V1309 Sco sistemi için yörünge dönemi – zaman grafiği.



Şekil 200. V1309 Sco sistemi için göreli yarıçaplar – zaman grafiği.

7. TARTIŞMA / SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu proje kapsamında seçilen olası tek yıldıza dönüşüm aşamasındaki yakın çift yıldızların önemli bir kısmı için yeni gözlemlerle yeni ışık eğrileri ve yeni minimum zamanları üretilmiştir. Yeni üretilen ışık eğrileri literatürden toplanan radyal hız eğrileri ile birlikte analiz edilerek ışık eğrisi çözümleri (bkz. Tablo 3-21) ve salt parametreler (bkz Tablo 50) bulunmuştur. Çözümlerde kütle oranları genelde var olan radyal hız eğrisi çözümlerinden alınmış. Radyal hız eğrisi bulunmayan sistemler için kütle oranı taraması yapılmıştır. Işıkeğrisi çözümleri literatürden alınan ışık eğrisi çözümleriyle birlikte sunulmuştur.

Bu çözümlere dikkat edildiğinde küçük farklılıklar dikkati çekmektedir. Bu farkların bir kısmı gözlem hatalarından, bir kısmı bileşen yıldızlardaki manyetik etkinlik çevriminden bir kısmı da salt parametrelerin zamanla gerçek değişiminden kaynaklanmaktadır. Salt parametrelerin kısa sürede bile değişebileceği ilk kez bu çalışmada V1309 Sco sistemi için Tablo 21'de gösterilmiştir. Sadece 6 yıl içinde sistemin yörünge dönemi ve bileşenler arası mesafe küçülmüş, kütle oranı küçülmüş yani ikinci bileşen 2. Lagrange noktasından büyük oranda kütle kaybetmiş, dış kabuğu atıldığı için sıcaklığı artmış, sistemin yüzey alanı genişlemiştir. Bu bağlamda diğer sistemler için farklı ışık eğrileri çözümleri arasındaki farkların en azından bir kısmının gerçek fiziksel değişimler olduğu söylenebilir. Ancak bu değişimlerin ne kadarının gerçek ne kadarının çözüm hatası olduğunu ayırmak daha sistematik çalışma gerektirmektedir.

Gözlemi yapılan sistemlerin yeni minimum zamanları öncekilerle birlikte (O-C) eğrilerinde kullanılarak sstemlerin yörünge değişim karakterleri ortaya çıkarılmıştır (bkz. Bölüm 5.2. de Şekil 49-104). Ortaya çıkarılan dönem değişimi karakterleri sistemde kütle kaybı, kütle transferi ve üçüncü cisim varlığı hakkında bilgi de vermektedir. Bu bilgiler Tablo 25-49 ve Şekil 49-90'da özetlenmiştir.

Projenin bir sonraki aşamasında incelenen sistemlere ait bileşenlerin başlangıç kütleleri iki farklı yoldan tahmin edilmiştir. Birinci yöntem literatür uygulaması olarak Yıldız (2014)'in geliştirdiği bir yöntemdir. İkinci yöntem de bu projede kullanılan evrim modeli sonuçlarıyla yine bu projede bulunan salt parametrelerin karşılaştırılması yöntemidir. Her iki yöntemin uygulama sonuçları Tablo 53'de verilmiştir. Bu taboda $M_{1,i}$, $M_{2,i}$ bileşenlerin başlagıç kütlelerini, t sistemin bugünkü yaşını, t_m'de birleşme yaşını, Z ise modelde kullanılan ağır elementlerin kütle kesrini göstermektedir. Tablo 53'de dikkati çeken birinci nokta iki yönteme göre bulunan başlangıç kütlelerinin oldukça farklı olduğu ve genelde ilk yönteme göre

Tablo 53. Evrim durumları incelenen sistemlerin gözlemlerden hesaplanan kütleleri, Yıldız (2014) göre hesaplanan başlangıç kütleleri ile bu çalışmada hesaplanan başlangıç kütleleri.

No	Yıldız	M_1 ($M_\odot$)	M_2 ($M_\odot$)	P (gün)	$M_{1,i}$ ($M_\odot$)	$M_{2,i}$ ($M_\odot$)	$M_{1,i}$ ($M\odot$)	$M_{2,i}$ ($M\odot$)	t (Gyr)	t_m (Gyr)	Z	Kod
					Yıldız (2014)		Bu çalışma					
1	BI CVn	0.65 ± 0.10	1.58 ± 0.10	0.38421061	1.98	1.04	1.69	0.57	2.53	2.58	0.005	Bse
2	OO Aql (lekeli)	1.125 ± 0.009	0.944±0.011	0.506792	0.66	1.72	1.08	1.12	7.25	7.47	0.018	Bse
3	RW Com	0.818 ± 0.011	0.371±0.007	0.237345	0.43	1.52	0.60	0.94	8.72	11.50	0.010	Ev-twin
4	VW Cep	1.03 ± 0.02	0.37 ± 0.01	0.27830959	0.59	1.66	0.708	0.794	5.90	13.50	0.020	Ev-twin
5	EZ Hya	1.60 ± 0.01	0.44±0.006	0.44974598	1.06	1.99	0.66	1.43	3.61	3.89	0.005	Bse
6	CN And	1.316 ± 0.014	0.474±0.007	0.462789	0.82	1.84	0.59	1.49	3.45	3.80	0.015	Bse
7	BX Peg	0.98± 0.37	0.41± 0.1	0.28041812	0.55	1.63	0.708	0.794	9.00	16.00	0.020	Ev-twin
8	SS Ari	1.34 ± 0.03	0.40 ± 0.01	0.40599171	0.84	1.85	0.60	1.33	4.48	4.60	0.010	Ev-twin
9	U Peg	1.149 ± 0.01	0.379 ± 0.01	0.3747768	0.68	1.74	0.47	1.33	6.10	11.00	0.020	Ev-twin
10	V502 Oph	1.42 ± 0.04	0.49 ± 0.01	0.45338643	0.91	1.90	0.739	1.365	4.45	4.70	0.015	Bse
11	W UMa	1.247 ± 0.052	0.604±0.028	0.333634	0.85	1.86	0.625	1.43	4.00	4.20	0.020	Bse
12	V376 And	2.745 ± 0.037	0.866± 0.017	0.798676	2.24	2.43	0.95	2.80	0.80	0.81	0.020	Bse
113	V2150 Cyg	2.28 ± 0.33	1.98 ±0.17	0.59276138	1.70	2.32	1.67	2.60	0.21	0.22	0.020	Ev-twin
14	V401 Cyg	1.68	0.49	0.582714	1.13	2.04	0.685	1.535	3.61	3.86	0.010	Bse
15	OU Ser	0.942 ± 0.004	0.163±0.001	0.29677	0.52	1.61	0.60	1.20	6.30	6.70	0.020	Ev-twin
16	GSC3581 1856	0.78 ± 0.01	1.05 ± 0.01	0.27851370	1.68	0.60	1.09	0.84	7.10	7.15	0.020	Bse
17	GSC1042 2191	1.26 ± 0.06	0.18 ± 0.06	0.4238006	0.77	1.80	0.57	1.059	10.50	10.51	0.005	Bse
18	XY Boo	0.973 ± 0.056	0.160± 0.015	0.370566	0.54	1.63	0.708	0.794	12.40	13.00	0.020	Ev-twin
19	V1309 Sco	1.00	0.275	1.427981	0.57	1.64	0.89	1.41	8.00	8.00	0.020	Ev-twin

bulunan kütlelerin daha büyük olduğudur. Yıldız (2014) çalışmalarında değen çiftlerde ikinci bileşenin kütle ve ışıtması yardımıyla başlangıç kütlelerinin hesaplanmasını içermektedir. Makalede değen çiftlerde A türleri için TAMS yakınlarında ayrık evrenin sona erdiği varsayımı yapılmıştır. W tipleri için ise TAMS'ye varmadan değme evresinin oluşabileceğini varsaymıştır. Bu metotta sistemde % 45'lara varan kütle kayıpları söz konusudur. Ayrıca birbirlerinden üç kat büyük başlangıç kütleleri ortaya çıkmaktadır. Yıldız evrim programları bu durumda birinci bileşen Roche şişimini doldurduktan sistemi kararsız kütle aktarımıyla ortak zarf evrimine sokup birleştirmektedir. Değen çiftlerde ısı aktarım problemi henüz çözülmediği ve yöntemin hata payının büyük olduğu göz önüne alınmalıdır. İki yöntemle bulunan başlangıç kütlelerin farklı olması kütle transferi ve kütle kaybı değerlerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Evrim çalışmalarından anlaşılan evrimin başlangıç parametrelerine ve kütle transferi ve kütle kaybı değerlerine çok hassas olduğudur. Evrim aşamaları dikkate alındığında bu sistemlerin orijini olan ayrık çift sistemlerin yörünge dönemleri göreli olarak küçük ayrık ama yakın çift yıldızlar olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca evrim uygulamalarında ikinci bileşenin Roche lobunu doldurduktan sonra tek yıldıza dönüşüm sürecinin çok hızlandığı. İkinci Lagrange noktasından kütle kaybının tek yıldıza dönüşümde çok etkin olduğu anlaşılmıştır.

Ele alınan sistemlerin elde edilmiş olan salt parametreleri kullanılarak yörünge evrim hesapları ayrı ayrı yapılmış, yaşları ve tek yıldıza dönüşüm süreleri tahmin edilmiştir. Evrim hesaplarında kullanılan Ev ile Bse kod arasındaki çözümlerde farklılık görülmektedir. Ev kod kapsamlı hesaplama yapmasına karşın uzun çalışma süresi harcamakta, Bse kodu ise yıldızların iç yapısını vermemektedir. Ev kodda kütle aktarımı sırasında kütle oranının ters dönmesinden sonra yörünge dönemi artma eğiliminde, Bse kodunda ise azalma eğilimindedir. Bunun başlıca nedeni kodlardaki kütle ve açısal momentum kayıp mekanizmaları ve farklı kütle aktarım şablonları arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Ev kodda Eggleton ve Kiseleva-Eggleton (2002) tarafından kurulan basitleştirilmiş dinamo modeli yer almaktadır. Bu modelde birkaç adımda kütle ve açısal momentum kayıpları birbirlerine bağlı olarak Alfvén yarıçapı da dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Ev kodda rüzgar kökenli kütle ve açısal momentum kayıpları CML ve CHL parametreleriyle yönlendirilmektedir. Her iki kayıp birbirleriyle orantılıdır. Dinamo kökenli olaylar kaos içerdiği için bu parametrelerin değişik değerleri kullanılmaktadır. Ayrıca kod değen çiftlerde ısı aktarımında Yakut ve Eggleton (2005) tarafından önerilen modeli kullanmaktadır. Bse kodunda ise yörünge açısal momentumundaki azalmasında başlıca mekanizmalar arasında Hurley vd. (2002) tarafından kullanılan manyetik frenleme modeli gelmektedir. Programda orijinal versiyonda anakol sırasında kütle kaybı olmadığı için Stępień (2011) tarafından

kullanılan kütle kayıp miktarı kullanılmıştır. Değen çiftlerin atası olarak düşünülen kromosferi etkin olan çiftlerin dönemleri azalma eğilimindedir (Demircan vd. ,2006). Bu nedenle Bse kod üzerinde durulmuştur. Ayrıca kütle farkının büyük olduğu sistemlerde genelde Bse kod kullanılmıştır. Kütleleri 1 M⊙ den küçük sistemler için ise genelde Ev kod kullanılmıştır.

Bulunan sonuçların kütle transfer ve kütle kaybı değerlerine çok bağlı olduğu görülmüştür.Bu değerlerin zamana bağlı olarak değişmiş olması halinde yaş ve tek yıldıza dönüşüm sürelerini doğru tahmin etmek için çok sayıda veri gereklidir. Bu nedenle proje kapsamında bulunan bu değerlere kesin gözüyle bakılmamalıdır. Değerler sadece bu sistemlerdeki süreçler için genel fikir vermekte, kaba tahminden öteye gitmemektedir.

Gelecekte benzer sistemler tek tek ele alınarak özel gözlemlerle kütle kaybı ve kütle transferi değerleri de ayrı ayrı gözlemlerden bulunarak yaşları ve tek yıldızadönüşüm süreçleri için daha detaylı evrim hesapları yapılabilir.

KAYNAKLAR

Abt, H. A. 1981. “Visual multiples. VII - MK classifications”, ApJS, 45, 437-456.

Adams, W. S., 1935, "Address at the Dedication of the Astronomers' Monument at the Griffith Observatory, Los Angeles, November 25, 1934", publications of the Astronomical Society of the Pacific, 47, 275, 11.

Adams, W. S., Joy, A. H., Sanford, R. F., 1924, "Ninety-seven Stars with Variable Velocity", Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 36, 211, 137.

Alvarez, G. E., Sowell, J. R., Williamon, R. M., Lapasset, E. 2015. “Orbital Solutions and Absolute Elements of the W UMa Binary MW Pavonis”, Publications of the Astronomical Society of Pacific, 127 (954), 742-748.

Anderson, L., Stanford, D., Leininger, D. 1983. “Stelar images derived from rotation broadening: AW Ursae Majoris”, ApJ, 270, 200-210.

Awadalla, N. S., Yamasaki, A. 1984. “A photometric study of contact binary XY Boo”, Astrophysics and Space Science, 107, 347-356.

Bakos, G. A., Horák, T. B., Tremko J. 1991. “New photometry of AW UMa and interpretation of time dependent variations of observed light curves”, BAICz 42, 331-344.

Bilir, S., Karataş, Y., Demircan, O., Eker, Z. 2005. “Kinematics of W Ursae Majoris type binaries and evidence of the two types of formation”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 357 (2), 497-517.

Binnendijk, L. 1967. “Radical velocity curves of 44 i Bootis B, VW Cephei, and W Ursae Majoris”, Publications of the Dominion Astrophysical Observatory, 13 (3), 27-45.

Binnendijk, L. 1968. “The light variation and orbital elements of OO Aquilae.”, Astronomical Journal, 73, 32-41.

Binnendijk, L. 1971. “The light variations of XY Bootis and LS Herculis.”, Astronomical Journal, 76, 923-929.

Binnendijk, L., 1960, "The light variation and orbital elements of U Pegasi", Astronomical Journal, 65, 88-96.

Bozkurt, S., Gulmen, O., Ibanoglu, C., Gudur, N. 1976. “Photoelectric Light-Curves of CN And”, Information Bulletin on Variable Stars, 1087.

Brancewicz, H. K., Dworak, T. Z. 1980. “A catalogue of parameters for eclipsing binaries”, AcA, 30 (4), 501-524.

Branly, R. M. 1992. A Photometric Study of AK Herculis and CN Andromedae (Master’s Thesis). Texas: Stephan F. Austin State Univ.

Braune, W. 1970. “New Elements for SS Ari”, Information Bulletin on Variable Stars, 440.

Budding, E., Demircan, O., 2007, "Introduction to Astronomical Photometry", Introduction to astronomical photometry, by E. Budding and O. Demircan. 2nd edition. Cambridge:

Cambridge University Press, 2007 xvi, 434 p. Cambridge observing handbooks for research astronomers, 6. ISBN 0521847117

Bulut, A., Bulut, İ., Demircan, O. 2017. “First photometric study of the W UMa system GSC 1042-2191”, NewA, 44, 35-39.

Bulut, İ., Bulut, A., Güneş, M., Demircan, O. 2018. “Light curve analysis of a new W UMa system GSC 3581-1856”, NewA, 58, 90-95.

Bulut, İ., Kabaş, A., Nehir, C., Allak, S., Neslihan, K., Yilan, E., Dogan, M., Gunes, M., Bulut, A., Demircan, O. 2017. “New times of minima of some eclipsing binary stars”, Information Bulletin on Variable Stars, 6191.

Chandler, S. C., 1895, "On a new variable of peculiar character, 8598 U Pegasi", Astronomical Journal, 15, 358, 181-181.

Corcoran, M. F., Siah, M. J., Guinan, E. F. 1991. “H-beta photometry of V1010 Ophiuchi”, Astronomical Journal, 101, 1828-1834.

Çakırlı, Ö., İbanoğlu, C., Sipahi, E. 2014. “V745 Cassiopean interacting young massive binary in a multiple-star system”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 442 (2), 1560-1568.

Çiçek, A., Erdem, A., Soydugan, F. 2005. “A near-contact binary: CN Andromedae”, Astronomische Nachrichten, 326, 127-133.

Çiçek, C. 2011. “CCD Photometric Analysis of the W UMa-type Binary V376 Andromeda”, New Astronomy, 16, 12-16.

Davidge, T. J., Himer, J. D., Milone, E. F. 1981. “R photometry of RW Com”, Information Bulletin on Variable Stars, 2037.

De Young, J. A., Schmidt, R. E., Gritz, L. I., 1991. “CCD Photometry of BX Pegasi in 1990”, Information Bulletin on Variable Stars, No. 3578.

Deb, S., Singh, H. P. 2011. “Physical parameters of 62 eclipsing binary stars using the All Sky Automated Survey-3 data − I”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 412, 1787-1803.

Demircan, O. 1987. “BV Observations of W UMa-type Binaries: CK Boo, BI CVn and AH Vir”, Astrophysics and Space Science, 135, 169-174.

Demircan, O. 1999. “Dynamical evolution of the RS CVn-type binaries, in Magnetic Activity in Cool Stars”, Turk. J. Phys., 23 (2), 425 – 432.

Demircan, O., Derman, E., Müyesseroğlu, Z., 1992. “A period study of AW UMa”, ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 263 (1-2), 165-171.

Demircan, O., Eker, Z., Karataş Y., Bilir, S. 2006. “Mass loss and orbital period decrease in detached chromospherically active binaries”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 366 (4), 1511-1519.

Demircan, O., Selam, S. O. 1992. “A period study of SS ARIETIS and its implications for the multiplicity of the system.”, Astronomy and Astrophysics, 267, 107-110.

Demircan, O., Selam, S. O. 1993. “A period study of SS ARIETIS and its Implications for the Multiplicity of the System”, Astronomy and Astrophysics, 267 (1), 107-110.

Djurasevic, G., Dimitrov, D., Arbutina, B., Albayrak, B., Selam, S. O., Atanackovic-Vukmanovic, O. 2008. “A Photometric Study of the W UMa Type Eclipsing Binary V376 And”, Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica, 44, 249-257.

Djurasevic, G., Erkapic, S. 1998. “A Photometric Investigation of the Eclipsing System OO AQL”, Astrophysics and Space Science, 262, 305-313.

Djurašević, G., Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P., Erkapić, S., Milovanović, N., 2001, "A photometric study of the W UMa-type system U Pegasi", Astronomy and Astrophysics, 367, 840-847.

Djurasevic, G., Yılmaz, M., Baştürk, Ö., Kılıçoğlu, T, Latkovic, O., Çalışkan, Ş. 2011. “Physical parameters of close binaries QX Andromedae, RW Comae Berenices, MR Delphini, and BD +079° 3142”, Astronomy and Astrophysics, 525 (id. A66), 1-10.

Dryomova, G. N., Svechnikov, M. A. 2002. “Estimation of the Time Scale of Merging of the Components of Contact Binaries of the W UMa Type”, Astrophys Z., 45 (2), 158-165.

Duerbeck, H. W., Rucinski, S. M. 2007. “Radial Velocity Studies Of Southern Close Binary Stars. II. Spring/Summer Systems”, The Astronomical Journal, 133, 169-176.

Dworak, T. Z., Kurpińska, M. 1975. “Photoelectric Observations of the Variable AW UMa”, Acta Astron. 25, 417-426.

Eggleton, P. P. 1971. “The evolution of low mass stars”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 151, 351.

Eggleton, P. P. 1972. “Composition changes during stellar evolution”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 156, 361-376.

Eggleton, P. P., Kiseleva-Eggleton, L. 2002. “The Evolution of Cool Algols”, ApJ, 575, 461-473.

Eggleton, P.P. 1983. “Approximations to the radii of Roche lobes”, Astrophys. J., 268, 368-369.

Eker, Z., Demircan, O., Bilir, S. 2008. “Formation and evolution of W Ursa Majoris stars: fallacies and corrections”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Y, 386, 1756-1758.

Eker, Z., Demircan, O., Bilir, S., Karataş, Y. 2006. “Dynamical evolution of active detached binaries on the $\log J_o$-logM diagram and contact binary formation”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 373 (4), 1483-1494.

Eldridge, J. J., Tout, C. A. 2004. “A more detailed look at the opacities for enriched carbon and oxygen mixtures”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 348, 201-206.

ESA. 1997. The HIPPARCOS and TYCHO catalogues (Astrometric and photometric star catalogues derived from the ESA HIPPARCOS Space Astrometry Mission), ESA SP Series vol no: 1200. Noordwijk, Netherlands: ESA Publications Division.

Essam, A., Alawy, A. E., Haroon, A. A. 2008. “Photometric Study Of The Short Period W UMa System VW Cephei”, NRIAG Journal of Astronomy and Astrophysics, Special Issue, 47 –56.

Evren, S., Ibanoglu, C., Tunca, Z., Akan, M. C., Keskin, V. 1987. “The 1986 Observations and the Period Study of CN Andromedae”, Information Bulletin on Variable Stars, 3109.

Filatov, G. S., 1960, “On the unstudied variables stars in the BV – Lists”, Astronomicheskii Tsirkulyar, 215, 20-22.

Gazeas K., Stępień K., 2008. “Angular momentum and mass evolution of contact binaries”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 390: 1577-1586.

Gazeas, K., Stępień, K. 2008. “Angular momentum and mass evolution of contact binaries”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 390 (4), 1577-1586.

Glebbeek, E., Pols, O. R., Hurley, J. R. 2008. “Evolution of stellar collision products in open clusters. I. Blue stragglers in N-body models of M 67”, ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 488 (3), 1007-1015.

Götz, W., Wenzel, W. 1967. “Über das Sonneberger Programm zur Bestimmung von Spektraltypen veränderlicher Sterne”, Astronomische Nachrichten, 290 (3), 99-104.

Guinan, E.F., Bradstreet, D.H. 1988. “Kinematic Clues to the Origin and Evolution of Low Mass Contact Binaries, in Formation and Evolution of Low Mass Stars”. NATO Advanced Science Institutes (ASI) Series C. Editörler: Dupree, A.K., Lago, M.T. Dordrecht: Kluwer.

Habets, G. M. H. J., Zwaan, C. 1989. “Asynchronous rotation in close binary systems with circular orbits”, Astronomy and Astrophysic, 211 (1), 56-70.

Harries, T. J., Hilditch, R. W., Hill, G. 1998. “Interacting OB star binaries: LZ Cep, SZ Cam and IU AUR”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 295 (2), 386-396.

Hendry, P. D., Mochnacki, S. W. 1998. “Detection of Tertiary Components in W Ursae Majoris Systems”, The Astrophysical Journal, 504, 978-982.

Henyey, L. G., Wilets, L., Böhm, K. H., Lelevier, R., Levee, R. D. 1959. “A Method for Automatic Computation of Stellar Evolution”, Astrophysical Journal,129, 628-636.

Hinderer, F. 1960. "Lichtelektrische Untersuchungen an W Ursae Majoris-Sternen", Journal des Observateurs, 43, 161-215.

Hoffleit, D. 1932. “New Variable Stars in Aquila”, Harvard College Observatory Bulletin, 887, 9-13.

Hoffman, D. I., Harrison, T. E., McNamara, B. J., Vestrand, W. T., Holtzman, J. A., Barker, T. 2006. “The Case for Third Bodies as the Cause of Period Changes in Selected Algol Systems”, The Astronomical Journal, 132, 2260-2267.

Hoffman, M. 1979. “Photoelectric observations of RW Comae Berenices”, Information Bulletin on Variable Stars, 1715.

Hoffmann, M., 1982. “A light curve of BX Pegasi”, Acta Astr., 32 (1-2), 131-135.

Hoffmeister, C. 1931. “316 neue Veränderlilche”, Astronomische Nachrichten, 242(7), 129-142.

Hoffmeister, C. 1934. “132 Neue Veräderliche”, Astronomische Nachrichten, 253 (10-11), 195-204.

Hoffmeister, C. 1935. "162 neue Veräderliche", Astronomische Nachrichten, 255 (22), 401-412.

Hoffmeister, C. 1949. “Die RW Aurigae-Sterne und ihre Nebenformen”, Astronomische Nachrichten, 278 (1), 24-40.

Hrivnak B. J., 1990. “Radial velocity studies of the W UMa binaries BX Peg and BB Peg”, BAAS, 22, 1291-1291.

Hrivnak, B. J. 1989. “Radial velocity studies and absolute parameters of contact binaries. II - OO Aquilae”, Astrophysical Journal, 340, 458-467.

Hrivnak, B. J. 1993. “New Radial Velocity Curves of Six W UMa Binaries”. New Frontiers in Binary Star Research-ASP Conference Series, 38. Editörler: Leung, K.-C., Nha, I.-S. San Francisco: Calif. Astronomical Society of the Pacific.

Hrivnak, B. J., 1982. “A photometric study and analysis of AW Ursae Majoris”, AJ. 260, 744-754.

Hroch, F. 1998. “Computer Programs for CCD Photometry”. Proceedings of the 29th Conference on Variable Star Research. Editörler: Dusek, J., Zejda, M. Brno, Czech Republic.

Hurley, J. R., Tout, C. A., Pols, O. R., 2002, “Evolution of binary stars and the effect of tides on binary populations”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 329, 4, 897-928.

İçli, T., Koçak, D., Boz, G. Ç., Yakut, K. 2013. “The Low-mass Interacting Binary System OO Aql Revisited: A New Quadruple System”, The Astronomical Journal, 145, 127-133.

Jordan, F. C. 1923. “An eclipsing variable with an unusually short period”, Astronomical Journal, 35 (821), 44-44.

Kalish, M. S., 1965. “The light variation of the eclipsing binary BD +30˚2163”, PASP, 77 (454), 36-41.

Kaluzny J., 1984. “Determination of parameters of W UMa-type systems: V757 Cen, GW Cep, BX Peg, AH Vir”, Acta Astron., 34 (2), 217-224.

Kaluzny, J. 1983. “CN And - W UMa-type system in the phase of poor thermal contact?”, Acta Astronomica, 33, 345-355.

Kaluzny, J., Pojmanski, G. 1984. “Period Variations of SS Ari”, Information Bulletin on Variable Stars, 2564.

Karataş, Y., Bilir, S., Eker, Z., Demircan, O. 2004. “Kinematics of chromospherically active binaries and evidence of an orbital period decrease in binary evolution”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 349 (3), 1069-1092.

Kaszas, G., Vinko, J., Szatmary, K., Hegedus, T., Gal, J., Kiss, L. L., Borkovits, T. 1998. “Period Variation And Surface Activity Of The Contact Binary VW Cephei”, Astron. Astrophys, 331, 231–243.

Keskin, V. 1989. “Light changes of the close binary system CN Andromedae”, Astrophysics and Space Science, 153, 191-199.

Kim, C.-H., Han, W., Yoon, J. H., Nha, I.-S. 1997. “Period Changes of W UMa Type Contact Binary SS ARIETIS”, Journal of Astronomy and Space Science,14 (1), 44-58.

Kim, C.-H., Lee, C.-U., Kang, Y.-W. 2001. “Photoelectric Observations and Analysis of the Contact Binary W UMa”, Journal of Astronomy and Space Sciences, 18, 43-54.

Kim, C.-H., Lee, J.-W., Kim, S.-L., Han, W., Koch, R. H. 2003. “A Period Study and Light Synthesis for the W Ursae Majoris Type Binary SS Arietis”, The Astronomical Journal, 125 (1), 322-331.

Kim, T.-H. 1980. “The metallic-line close binary system IW Persei”, Astrophysics and Space Science, 68 (2), 355-384.

King, D. J., Hilditch, R. W., 1984. “Contact and near - contact binary systems. II – RR Cen, EZ Hya, V502 Hya, V502 OPH and RS SCT”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society , 209, 645-653.

Kippenhahn, R. 1955. “Mitteilungen Uber 45 Verdächtige und Veränderliche Sterne”, Astronomische Nachrichten 282 (2), 73-77.

Kreiner, J. M. 2004. “Up-to-Date Linear Elements of Eclipsing Binaries”, Acta Astronomica, 54, 207-210.

Kreiner, J. M., Kim, C.-H., Nha, I.-S. 2001. An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars. Cracow, Poland: Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej.

Kreiner, J. M., Rucinski, S. M., Zola, S., Niarchos, P., Ogloza, W., Stachowski, G. , Baran, A., Gazeas, K., Drozdz, M., Zakrzewski, B., Pokrzywka, B., Kjurkchieva, D., Marchev, D. 2003. “Physical Parameters Of Components In Close Binary Systems. I", ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 412, 465–471.

Kurpinska-Winiarska, M., 1980. “Period change of AW Ursae Majoris”, Information Bulletin on Variable Stars, 1843.

Kurpinska-Winiarska, M., Zakrzewski, B. 1990. "Period Variations of SS Arietis", Information Bulletin on Variable Stars, 3485.

Kwee, K. K. 1958. "Investigation of variations in the period of sixteen bright short-period eclipsing binary stars", Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands, 14, 131-151.

Kwee, K. K. 1968. "Photo-electric observations of the short-period eclipsing binary V 502 Ophiuchi made in 1955 and 1956", Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands Supplement, 2, 277-285.

Lafta, S. J., Grainger, J. F. 1985, “New photoelectric observations of four W UMa systems - OO Aql, V839 Oph, V566 Oph, and SW Lac”, Astrophysics and Space Science, 114, 23-118.

Lafta, S. J., Grainger, J. F., 1986, "A photoelectric study of the W UMa-system U Pegasi", Astrophysics and Space Science, 121, 1, 61-81.

Lause, F. 1937, Astronomische Nachrichten, 264, 106.

Lee, C.-U., Lee, J.-W. 2006. “Photometric Study of the Near-Contact Binary CN Andromedae”, Journal of the Korean Astronomical Society, 39, 25-30.

Lee, J. W., Kim, C.-H., Han, W., Kim, H.-I., Koch, R. H. 2004. “Period and light variations for the cool, overcontact binary BX Pegasi”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 352 (3), 1041-1055.

Lee, J. W., Kim, S.-L., Lee, C.-U., Youn, J.-H. 2009. "The Solar-Type Contact Binary BX Pegasi Revisited", Publications of the Astronomical Society of Pacific, 121 (886), 1366-1377.

Leung, K.-C., Zhai, D., Zhang, Y. 1985. "Two very similar late-type contact systems - BX and BB Pegasi", Astronomical Journal, 90, 515-521.

Li, H.-L., Wei, J.-Y., Yang, Y.-G., Dai, H.-F. 2016. “OO Aquilae: a solar-type contact binary with intrinsic light curve changes”, Research in Astronomy and Astrophysics, 16 (1), 1-10.

Li, K., Hu, S., Guo, D., Jiang, Y., Gao, D., Chen, X. 2015. “Four color light curves and period changes investigation of the contact binary BX Peg”, New Astronomy, 41, 17-21.

Li, L., Han, Z., Zhang, F. 2004. “Structure and evolution of low-mass W UMa-type systems”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 351, 137-146.

Li, L., Zhang, F., Han, Z, Jiang, D. 2007. “Formation and Evolution of W Ursae Majoris Contact Binaries”, The Astrophysical Journal, 662, 596-601.

Linnell, A. P. 1987. “The Problem of the W-type Light Curve of W Ursae Majoris”, Astrophysical Journal, 316, 389-398.

Linnell, A. P. 1991. “A Light Synthesis Study of W Ursae Majoris”, Astrophysical Journal, 374, 307-318.

Li L., Han Z., Zhang F., 2004. “Structure and evolution of low-mass W UMa-type systems”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 351, 137-146.

Liu, L., Qian, S.-B., He, J.-J., Zhang, J., Li, L.-J. 2009. “SS Ari: a shallow-contact close binary system”, Astrophysics and Space Science, 321 (1), 19-35.

Liu, L., Qian, S.-B., Zhu, L.-Y., He, J.-J., Li, L.-J. 2011. “Period Changes And Four-Color Light Curves Of Active Contact Binary VW Bootis”, The Astronomical Journal, 141 (5), article id. 147, 1-14.

Liu, Q. A., Yang, Y. L., Gu, C. H., Wang, B. 1993. “New BV Lightcurves and Photometric Solutions for the Contact Binary SS-Arietis”, Astronomy and Astrophysics Supplement, 101 (2), 253-257.

Liu, Q.-Y., Yang, Y.-L. 2006. “On the Period Variation of the W UMa-type Contact Binary V502 Ophiuchi”, Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics, 6 (3), 331-337.

Liu, X. F., Tan, H. S., 1988, "Photometric Study of BD+37DEG2536 Contact System", Acta Astronomica Sinica, 29, 1, 16.

Liu, X., Tan, H., 1984, "UBV Photometry for BD +37 2356", Information Bulletin on Variable Stars, 2590, 1.

Löchel, K. 1960. Mitteilungen Uber Veranderliche Sterne, 457-458.

Lu, W. 1991. “Radial-Velocity Observations And Absolute Dimensions Of Eclipsing Binaries: SS Ari”, Astronomical Journal, 102, 262-266.

Lu, W. X. 1988. “Spectroscopic Orbits of Eclipsing Binaries: BD + 37 2356”, Acta Astrophysics Sinica, 8, 259-264.

Lu, W., 1985, "A new spectroscopic orbit of the W Ursae Majoris system U Pegasi", Astronomical Society of the Pacific, Publications (ISSN 0004-6280), 97, 1086-1091.

Lu, W., Rucinski, S. M., Ogłoza, W. 2001. “Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. IV.”, AJ, 122, 402-412.

Lucy, L. B. 1967. “Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes”, Zeitschrift für Astrophysik, 65, 89-92.

MacDonald, D. D. 1964. Publ. Leander McCormick Obs., 12, 51.

Maceroni, C., van’t Veer, F. 1996. “The properties of W Ursae Majoris contact binaries: new results and old problems”, Astronomy And Astrophysic, 311, 523-531.

Magalashvili, N. L., Kumsishvili, J. J. 1964. Bull. Abastumanskoi Astrophys. Obs., 30, 39.

Mason, E., Diaz, M., Williams, R. E., Preston, G., Bensby, T., 2010, "The peculiar nova V1309 Scorpii/nova Scorpii 2008. A candidate twin of V838 Monocerotis", Astronomy and Astrophysics, 516, id.A108, 10.

Mateo, M., Harris, H.C., Nemec, J., Olszewski, E. W. 1990. “Blue stragglers as remnants of stellar mergers - The discovery of short-period eclipsing binaries in the globular cluster NGC 5466”, A J. 100, 469-484.

Maupome, L., Rodriguez, E., Hobart, M. A., Pena, J. H., Peniche, R., 1991, "Photoelectric observations of W UMa stars - U Pegasi and AB Andromedae", Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica, 22, 235-242

McCrea, W.H. 1964. “Extended main-sequence of some stellar clusters”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 128, 147-155.

McLean, B. J. 1981. “Radial Velocities for Contact Binary Systems. I - W Ursae Majoris and AW Ursae Majoris”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 195, 931-938.

McLean, B. J., Hilditch, R. W. 1983. “Radial Velocities for Contact Binaries. II - TZ Boo, XY Boo, TX Cnc, RZ Com, CC COM and Y Sex”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 203, 1-8.

Metsel, L. 1984. “Angular Momentum Loss During Pre-Main Sequence Contraction”. Lecture Notes in Physics, 193. Editörler: Baliunas, S. L., Hartmann, L. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.

Mikulášek, Z. 2015. "Phenomenological modelling of eclipsing system light curves”, Astronomy & Astrophysics, 584 (id.A8), 1-13.

Milone, E. F., Chia, T. T., Castle, K. G., Robb, R. M., Merrill, J. E. 1980. “RW Comae Berencies. I - Early photometry and UBV light curves”, Astrophysical Journal Supplement Series, 43, 339-364.

Milone, E. F., Hrivnak, B. J., Hill, G., Fisher, W. A. 1985. “RW Comae Berenices. II – Spectroscopy”, Astronomical Journal, 90, 109-114.

Milone, E. F., Wilson, R. E., Hrivnak, B. J. 1987. “RW Comae Berenices. III - Light curve solution and absolute parameters”, Astrophysical Journal, 319, 325-333.

Mochnacki, S. 1981. “Contact binary stars”, ApJ, 245, 650-670.

Mochnacki, S. W., Doughty, N. A. 1972. “Models for five W Ursae Majoris systems”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 156, 51-56.

Molik, P., Wolf, M. 1998. “XY Bootis - a W UMa-star with extreme rate of period change”, Information Bulletin on Variable Stars, 4640.

Muller, G., Kempf, P. 1903. "A New Variable Star of Unusually Short Period”, The Astrophysical Journal, 17, 201-211.

Nakano, S., Nishiyama, K., Kabashima, F., Sakurai, Y., Jacques, C., Pimentel, E., Chekhovich, D.,Korotkiy, S., Kryachko, T., Samus, N. N., 2008, "V1309 Scorpii = Nova Scorpii 2008", IAU Circ., 8972, 1.

Nelson, R. H., Senavci, H. V., Basturk, O., Bahar, E. 2014. “BI CVn - A spotted, Overcontact, type-W Eclipsing Binary”, New Astronomy, 29, 57-64.

O'Connell, D. J. K. 1951. "The so-called periastron effect in close eclipsing binaries; New variable stars (fifth list)", Riverview College Observatory publications, 2 (6), 85-100.

Olsen, E. H. 1994. "Stroemgren photometry of F- and G-type stars brighter than V = 9.6. I. uvby photometry", ASTRONOMY AND ASTROPHYSİCS,106, 257-266.

Otero, S. A., Wils, P., Dubovsky, P. A. 2004. "New Eclipsing Binaries Found in the NSVS Database I.", Information Bulletin on Variable Stars, 5570.

Paczynski, B. 1964. "BD˚+30 2163, A new W UMa variable", AJ, 69, 124-130.

Paschke, A., Brat, L. 2006. "O-C Gateway, a Collection of Minima Timings", Open European Journal on Variable Stars, 23, 13-15.

Pavlovski, K., Cuypers, J., David, M., Griffin, R. E. M., Hensberge, H., Ilijic, S., Schneider, H. , Verschueren, W. 1998. "The nearby ellipsoidal variable TV Pictoris", Astronomy and Astrophysics, 331, 639-650.

Paxton, B., Bildsten, L., Dotter, A., Herwig, F., Lesaffre, P., Timmes, F. 2011. "Modules for Experiments in Stellar Astrophysics (MESA)", ApJS, 192 (1), 1-35.

Pohl, E. 1969. "OO Aql - an Eclipsing Binary with Rapidly Shortening Period", Information Bulletin on Variable Stars, 391.

Pohl, E., Kizilirmak, A. 1970. "Photoelectric Minima of Eclipsing Binaries", Information Bulletin on Variable Stars, 456.

Pohl, E., Kizilirmak, A. 1975. "Photoelectric Minima of Eclipsing Binaries", Information Bulletin on Variable Stars, 1053.

Pols, O. R., Tout, C. A., Eggleton, P. P., Han Z. 1995. "Approximate input physics for stellar modelling", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 274, 964-974.

Popper, D. M. 1948. "Radial Velocities Of Two Stars Of The W Ursae Majoris Class", ApJ, 108, 490-496.

Pribulla, T., Chochol, D., Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P. 1999. "The contact binary AW Ursae Majoris as a member of a multiple system", ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 345, 137-148.

Pribulla, T., Kreiner, J. M., Tremko, J. 2003. "Catalogue of the Field Contact Binary Stars", Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso, 33, 38-70.

Pribulla, T., Rucinski, S. M. 2006. "Contact Binaries with Additional Components. I. The Extant Data", The Astronomical Journal, 131, 2986-3007.

Pribulla, T., Rucinski, S. M. 2008. "Radial velocity mapping of Paczynski's star AW UMa: not a contact binary", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 386 (1), 377-389.

Pribulla, T., Rucinski, S. M., Conidis, G., DeBond, H., Thomson, J. R., Gazeas, K., Ogłoza, W. 2007. "Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. XII.", The Astronomical Journal, 133 (5), 1977-1987.

Pribulla, T., Vanko, M. 2002. “Photoelectric photometry of eclipsing contact binaries: U Peg, YY CrB, OU Ser and EQ Tau”, CoSka, 32 (1), 79-98.

Pribulla, T., Rucinski, S. M., DeBond, H., De Ridder, A., Karmo, T., Thomson, J. R., Croll, B., Ogłoza, W., Pilecki, B., Siwak, M. 2009. "Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. XIV", The Astronomical Journal, 137, 3646-3654.

Prša, A., Zwitter, T., 2005. “A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. Demonstrations and Perspectives”, The Astrophysical Journal, 628 (1), 426-438.

Pustylnik, I., Kalv, P., Aas, T., Harvig, V., Mars, M. 2005. “Light-Time Effect in Selected Semi-detached and Contact Binaries with Observable Third Components”. The Light-Time Effect in Astrophysics, Proceedings of ASP Conference Series, 335, 321-332. Sterken, C. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific.

Pych, W., Rucinski, S. M., DeBond, H., Thomson, J. R., Capobianco, C. C., Blake, R. M., Ogłoza, W., Stachowski, G., Rogoziecki, P., Ligeza, P., Gazeas, K. 2004. “Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. IX.", The Astronomical Journal, 127 (3), 1712-1719.

Qian, S. 2002. “On the orbital period changes of two W-type overcontact binaries: RW Comae Berenices and CE Leonis”, Astronomy and Astrophysics, 384, 908-911.

Qian, S. B., Zhu, L. Y. 2002. “VW Bootis: The Shortest Period Close Binary System at the Beginning of the Overcontact Phase”, The Astrophysical Journal, 568 (2), 1004-1007.

Qian, S., Yang, Y., 2005, "Improved astrophysical parameters for the overcontact binary FG Hydrae", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 356, 2, 765-772.

Qian, S.-B., He, J.-J., Liu, L., Zhu, L.-Y., Liao, W. P. 2008. “A New Photometric Investigation of the W UMa-Type Binary BI CVn”, The Astronomical Journal, 136, 2493-2501.

Rafert, J. B., Markworth, N. L., Michaels, E. J. 1985. “Photoelectric observations of CN Andromedae - an unusual overcontact binary”, Astronomical Society of the Pacific, 97, 310-321.

Rahunen, T. 1981. “Evolution of W UMa systems and angular momentum loss”, ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 102, 81-90.

Rainger, P. P., Bell, S. A., Hilditch, R. W. 1992. “The spotted contact binary SS ARIETIS Spectroscopy and infrared photometry”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 254, 568-580.

Rigterink, P. V., 1972, "A new analysis of the eclipsing binary, U Pegasi", Astronomical Journal, 77, 319 - 329.

Rovithis, P., Niarchos, P. G., Rovithis-Livaniou, H., 1988, "Photoelectric observations and light curves analysis of V502 Ophiuchi", Astronomy and Astrophysics Supplement Series (ISSN 0365-0138), 74, 2, 265-271.

Rovithis-Livaniou, H., Tsatilas, S., Kalimeris, A., Rovithis, P., Djurašević, G., Voloshina, I. 2005. “Period Study of the Contact Binary AW UMa”. The Light-Time Effect in Astrophysics, Proceedings of ASP Conference Series, 335. Editörler: Sterken, C. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific.

Rucinski, S. M. 1969. “The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes", Acta Astronomica, 19, 245-255.

Rucinski, S. M. 1974. “Binaries. II. A- and W-type Systems. The W UMa-type Systems as Contact”, Acta Astronomica, 24 (2),119-151.

Rucinski, S. M. 1983. “Violet and Ultraviolet Continua of W UMa Systems on the Basis of UVBY Photometry Observations”, Astronomy and Astrophysics, 127, 84-92.

Rucinski, S. M. 2015. “Time sequence spectroscopy of AW UMa. The 518 nm Mg I triplet region analyzed with broadening functions”, AJ, 149 (2), 1-14.

Rucinski, S. M., Lu, W., Mochnacki, S. W. 2000. “RadialVelocity Studies of Close Binary Stars. III”, The Astronomical Journal, 120, 1133-1139.

Rucinski, S. M., Lu, W., Mochnacki, S. W., Ogłoza, W., Stachowski, G. 2001. “Radial Velocity Studies of Close Binary Stars. V.”, The Astronomical Journal, 122, 1974-1980.

Rucinski, S. M., Lu, W.-X., Shi, J. 1993. “Spectral-line Broadening Functions of W UMa-type Binaries. III - W UMa”, Astronomical Journal, 106, 1174-1180.

Rucinski, S. M., Pych, W., loza, W. O., Conidis, G., Rogoziecki, P. 2005. “Radial Velocity Studies of Close Binary Stars”, The Astronomical Journal, 130, 767–775.

Russo, G., Sollazzo, C., Maceroni, C., Milano, L., 1982, "Determination of Parameters of W-Ursae Systems - Part Two - Tw-Ceti S-Antiliae U-Pegasi Er-Orionis", Astronomy and Astrophysics Supplement, 47, 211.

Samec R. G., Bookmyer B. B., 1987. “Photoelectric light curves of BX Pegasi”, Information Bulletin on Variable Stars, 2999.

Samec, R. G. 1990. “Photometric investigation of a very short-period binary: is BX Pegasi undergoing continuous angular momentum losses?”, AJ, 100, 808-817.

Samec, R. G., Hube, D. P. 1991. "BX Pegasi. II - Spectroscopic observations and simultaneous synthetic photometric-spectroscopic solution", Astronomical Journal, 102, 1171-1175.

Samec, R. G., Laird, H., Mutzke, M., Faulkner, D. R. 1998. “UBV Observations of the Solar Type Near Contact Binary, CN Andromedae”, Information Bulletin on Variable Stars, 4616.

Samolyk, G. 2008. “Recent minima of 155 eclipsing binary stars”, J. AAVSO, 36 (2), 171-185.

Savedoff, M. P. 1951. “ON *e* Cos *w* For Eclipsing Binaries”, The Astronomical Journal, 56, 1-9.

Schatzman, E. 1959. Ann. Astrophys. Suppl. 8, 129.

Schilt, J. 1926. “Two New Variable Stars Of The Type Of W Ursae Majoris”, Astrophysical Journal, 64, 215-224.

Selam, S. O. 2004. “Key parameters of W UMa-type contact binaries discovered by HIPPARCOS”, ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 416, 1097-1105.

Selam, S.O., Baştürk, Ö., Esmaslı, A., Şenavcı, H. V., Albayrak, B. 2009. “V502 Ophiuchi Çift Sisteminin Işık Eğrisi ve Dönem Analizi”, Çankaya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi- Journal of Arts and Sciences, 12, 151-163.

Shapley, H., Hughes, E. M. 1934. Harvard Ann., 90, 163.

Shaw, J. S., Caillault, J. P., Schmitt, J. H. M. M. 1996. “Near-Contact Binary Systems in the ROSAT All-Sky Survey”, Astrophysical Journal, 461, 951-955.

SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg). “SIMBAD: basic query”. http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fbasic, Son erişim tarihi: 20.10.2017

Skumenich, A. 1972. “Time Scales for CA II Emission Decay, Rotational Braking, and Lithium Depletion”, ApJ, 171, 565-567.

Srivastava, R. K. 1989. “Period study of AW UMa”, Ap&SS, 154 (2), 179-187.

Srivastava, R. K., Padalia, T. D. 1986. “Photoelectric study of AW UMa”, Astrophys. Space Sci., 120 (1), 121-131.

Srivastava, R.K. 1987. “RS CVn binary RW Com: A possible three-body system”, Ap&SS, 139, 373-387.

Stancliffe, R. J., Glebbeek, E., Izzard, R. G., Pols, O. R. 2007. “Carbon-enhanced metal-poor stars and thermohaline mixing”, ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 464 (3), 57-60.

Stepien, K. 2004. “Evolutionary Status of W Ursae Majoris-Type Stars”, IAU Symposium, 219, 967-973.

Stepien, K. 2006. “Evolutionary Status of Late-Type Contact Binaries”, ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 56, 199-218.

Stepien, K. 2011a. “Evolution of the progenitor binaryof V1309 Scorpii before merger”, ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 531, A18-21.

Stepien, K. 2011b. “A different look at cool contact binaries, Magnetic Stars”, 86-103.

Stepien, K. 2011c. “Evolution of cool close binaries- Approach to contact”, ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 61, 139-159.

Stępień, K., Kiraga, M. 2015. “Model computations of blue stragglers and W UMa-type stars in globular clusters”, Astronomy & Astrophysics, 577 (id.A117), 1-22.

Struve, O., Gratton, L. 1948. "Spectrographic Observations of the Eclipsing Binaries RZ Comae, V 502 Ophiuchi, RV Corvi, and BF Virginis.", Astrophysical Journal, 108, 497-503.

Struve, O., Horak, H. G., Canavaggia, R., Kourganoff, V., Colacevich, A., 1950, "Occasional Spectrographic Observations of Eclipsing Binaries", Astrophysical Journal, 111, 658.

Svechnikov, M. A., Kuznetsova, E. F. 1990. Katalog priblizhennykh fotometricheskikh i absoliutnykh elementov zatmennykh peremennykh zvezd. Sverdlovsk: Izd-vo Ural'skogo universiteta.

The American Association of Variable Star Observers (AAVSO). "The International Variable Star Index". https://www.aavso.org/vsx, Son erişim tarihi: 20.10.2017.

Tylenda, R., Hajduk, M., Kamiński, T., Udalski, A., Soszyński, I., Szymański, M. K., Kubiak, M., Pietrzyński, G., Poleski, R., Wyrzykowski, Ł., Ulaczyk, K. 2011. "V1309 Scorpii: merger of a contact binary", ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 528 (id.A114), 1-10.

Udalski, A. 2003, ."The Optical Gravitational Lensing Experiment. Real Time Data Analysis Systems in the OGLE-III Survey", AcA, 53, 291-305,

Udalski, A., Szymanski, M. K., Soszynski, I., Poleski, R. 2008, "The Optical Gravitational Lensing Experiment. Final Reductions of the OGLE-III Data", 58, 69-87

van Hamme, W. 1993. "New limb-darkening coefficients for modeling binary star light curves", Astronomical Journal, 106, 2096-2117.

van Hamme, W., Samec, R. G., Gothard, N. W., Wilson, R. E., Faulkner, D. R., Branly, R. M. 2001. "CN Andromedae: A Broken-Contact Binary?", The Astronomical Journal, 122, 3436-3446.

van't Veer, F. 1979. "The angular momentum controlled evolution of solar type contact binaries", ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 80 (3), 287-295.

van't Veer, F. 1993. Comments on Astrophys. 17, 1.

Vandenbroere, J. 1998. "BI CVn: A Study of Its Period and A New Photoelectric Light Curve", IAU Information Bulletin on Variable Stars, 4554.

Wilson, E. R. 1967. "Photometry of V502 Ophiuchi", Astronomical Journal, 72, 1028-1031.

Wilson, R. E., Devinney, E. J. 1971. "Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni", ApJ, 166, 605-619.

Wilson, R. E., Devinney, E. J. 1973. "Fundamental data for contact binaries: RZ Comae Berenices, RZ Tauri and AW Ursae Majoris", ApJ, 182, 539-547.

Winkler, L. 1977. "Analysis of yellow and blue observations of XY Boo.", Astronomical Journal, 82, 648-652.

Wolf, M., Molík, P., Hornoch, K., Šarounová, L. 2000. "Period changes in W UMa-type eclipsing binaries: DK Cygni, V401 Cygni, AD Phoenicis and Y Sextantis", Astronomy and Astrophysics Supplement, 147, 243-249.

Wood, R. 1965. “The period of the contact binary XY Bootis”, The Observatory, 85, 258-259.

Woodward, E. J., Koch, R. H., Eisenhardt, P. R. 1980. “Analyses of new light curve of AW Ursae Majoris”, Astron. J. 85, 50-54.

Worden, S. P., Whelan, J. 1973. “The Mass-Ratio of W UMa.”, Bulletin of the American Astronomical Society, 5, 42-42.

Yakut, K., Eggleton, P. P. 2005. “Evolution of Close Binary Systems”, The Astrophysical Journal, 629, 1055-1074.

Yakut, K., Eggleton, P. P. 2005. “Evolution of Close Binary Systems”, The Astrophysical Journal, 629, 1055-1074.

Yang, Y. G., Qian, S. B., Zhu, C., H., 2004, "A CCD Photometric Study of the W UMa-Type Binary System EZ Hydrae", The Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 116, 823, 826-832.

Yang, Y., Liu, Q. 1985. “A Flare on the Contact Binary CN And”, Information Bulletin on Variable Stars, 2705.

Yang, Y., Liu, Q. 2003. “Period Changes of Two W UMa-Type Contact Binaries: RW Comae Berenices and CC Comae Berenices”, The Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 115, 748-754.

Yang, Y.-G., Qian, S.-B., Zhu, C.-H. 2004. “A CCD Photometric Study of the W UMa–Type Binary System EZ Hydrae”, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 116 (823), 826–832.

Yang, Y.-G., Qian, S.-B., Zhu, L.-Y. 2005. “Deep, Low Mass Ratio Overcontact Binary Systems. IV. V410 Aurigae and XY Bootis”, The Astronomical Journal, 130, 2252-2261.

Yeşilyaprak, C., 2002. “Photoelectric minima of V2150 Cyg and OU Ser”, Information Bulletin on Variable Stars, 5330.

Yıldız, M. 2014. “Origin of W UMa-type contact binaries - age and orbital evolution”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 437 (1), 185-194.

Yildiz, M., Doğan, T. 2013. “On the origin of W UMa type contact binaries - a new method for computation of initial masses”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 430 (3), 2029-2038.

Zahn, J.-P. 1977. “Tidal friction in close binary stars”, ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 57 (3), 383-394.

Zahn, J.-P. 1989. “Tidal evolution of close binary stars. I - Revisiting the theory of the equilibrium tide”, ASTRONOMY AND ASTROPHYSİC, 220 (1-2), 112-116.

Zasche, P., 2009. “The data mining: An Analysis of 20 Eclipsing Binary Light-Curves Observed by the INTEGRAL/OMC”, NewA, 129-132.

Zasche, P., Wolf, M., 2007, "Combining astrometry with the light-time effect: The case of VW Cep, ζ Phe and HT Vir", Astronomische Nachrichten, 328, 9, 928.

Zessewitsch, V. P. 1949. IAU Name List, 45.

Zhai, D., Lu, Wenxian; Zhang, Xiaoyu., 1988, "Simultaneous light and velocity curve solution and probable starspot activities for the W Uma system U Pegasi", Vistas in Astronomy, 31, 1, 349

Zhai, D., Zhang, R., Leung, K.-C., 1984, "A new photoelectric investigation of the W UMa system U Pegasi", Astronomy and Astrophysics Supplement Series, 57, 487-494.

Zhai, D.-S., Zhang, R.-X. 1979. “Photoelectric observations of two totally eclipsing W Ursae Majoris systems: BB Peg and BX Peg”, Kexue Tongbao, 24, 986-989.

Zhu, L.-Y., Qian, S.-B., Zhou, X., Li, L.-J., Zhao, E.-G., Liu, L., Liu, N.-P. 2013. “Properties of the Close-in Tertiary in the Quadruple System V401 Cyg”, The Astronomical Journal, 146 (2), 1-5.

Zhu, L. Zhao, E. Zhou, X. 2016, “A low-mass-ratio and deep contact binary as the progenitor of the merger V1309 Sco”, 16, 1-4.

Zhukov, G. V. 1982. “CSV 6984-A New W UMa Type Variable Star”, Information Bulletin on Variable Stars, 2191.

Zhukov, G.V. 1975. “Photoelectric observations of SS Ari”, Astronomicheskii Tsirkulyar, 888, 6-7.

Zola, S., Gazeas, K., Kreiner, J. M., Ogloza, W., Siwak, M., Koziel-Wierzbowska, D., Winiarski, M. 2010. “Physical parameters of components in close binary systems – VII”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 408, 464-474.

Zola, S., Kreiner, J. M., Zakrzewski, B., Kjurkchieva, D. P., Marchev, D. V., Baran, A., Rucinski, S. M., Ogloza, W., Siwak, M., Koziel, D., Drozdz, M., Pokrzywka, B. 2005. “Physical Parameters of Components in Close Binary Systems. V”, Acta Astronomica, 55, 389-405.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. İBRAHİM BULUT
Proje No:	114F166
Proje Başlığı:	Tek Yıldıza Dönüşüm Yolundaki Değen Çift Yıldızlar
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	36
Araştırmacılar:	AFŞAR KABAŞ, SERTAÇ SERKAN DOĞRU, AHMET BULUT, OSMAN DEMİRCAN
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ÇANAKKALE ONSEKİZ MART Ü. FEN EDEBİYAT F. UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/11/2014 - 01/11/2017
Onaylanan Bütçe:	376152.0
Harcanan Bütçe:	300389.02
Öz:	Soğuk yıldızlar manyetik frenleme yoluyla açısal momentum kaybederek yavaşlar. Yörüngeye kilitli soğuk çift yıldız bileşenlerinden açısal momentum kaybı yörüngeden karşılanır, sonuçta yörünge küçülür, yörünge dönemi azalır. Yörünge küçülmesi ve bileşenlerin nükleer evrim sonucu genişlemesi sonucu önce büyük kütleli bileşen Roche lobunu doldurur ve diğer bileşene kütle ve açısal momentum aktarmaya başlar. Belli bir zaman sonra kütleler eşitlenir vesonra kütle oranı ters döner, yani ikinci bileşen büyük kütleli hale gelir ve bu bileşen de Roche lobunu doldurduğunda değen çift yıldız sistemi oluşur. Sürecin devamında ikinci kritik Roche yüzeyi de dolduğunda sistem ikinci Lagrange noktasında kütle kaybetmeye başlar. Değen çift yıldız sisteminin konvektif zarfından devam eden kütle ve açısal momentum kaybı yörüngeyi küçültmeye devam eder ve sonunda iki bileşen iç içe girerek sistem hızlı dönen bir tek yıldıza dönüşür. Değen çift yıldızların tek yıldıza dönüşümünü gösteren tek gözlemsel kanıt 2008 yılında kırmızı nova olarak patlayan Nova Sco 2008 (V1309 Sco)?nin OGLE projesiyle patlama öncesinde yapılmış olan fotometrik gözlemleridir. Bu nova patlamasının, beklendiği gibi kataklizmik değişen kaynaklı olmayıp 1.4 günlük yörünge dönemine sahip bir değen çift yıldız sisteminden kaynaklandığı sürpriz bir şekilde kanıtlanmıştır. Proje kapsamında seçilen değen çift yıldızlarda nova benzeri bir patlamayla tek yıldıza dönüşüm süreçleri incelenmiştir. Seçilen değen çift yıldızların yeni gözlemlerinden elde edilen salt parametreleri ve dönem değişimleri nükleer evrim modelleriyle birleştirilmiş bu sistemlerin yörünge evrimleri tek yıldıza dönüşüm evresine kadar irdelenmiştir.
Anahtar Kelimeler:	Değen çift yıldızlar, değen çift yıldızların tek yıldıza dönüşümü, kırmızı nova
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- First Photometric Study of the W UMa System GSC 1042-2191 (Makale - Diğer Hakemli Makale), 2- New Times of Minima of Some Eclipsing Binary Stars (Makale - Diğer Hakemli Makale), 3- Light curve analysis of a new W UMa system GSC 3581-1856 (Makale - Diğer Hakemli Makale),

TÜBİTAK