



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HOMOJEN ANİZOTROPİK MODELLERİN
f(R,T) TEORİDE İNCELENMESİ**

Cihan KÖMÜRCÜ

Matematik Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HOMOJEN ANİZOTROPİK MODELLERİN
 $f(R,T)$ TEORİDE İNCELENMESİ

Cihan KÖMÜRCÜ

Matematik Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 16/07/2020

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Can AKTAŞ

ÇANAKKALE

Cihan KÖMÜRCÜ tarafından Doç. Dr. Can AKTAŞ yönetiminde hazırlanan ve 16/07/2020 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Homojen Anizotropik Modellerin $f(\mathbf{R},\mathbf{T})$ Teoride İncelenmesi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Matematik Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Hüsnü BAYSAL

Başkan

Doç. Dr. Can AKTAŞ

Üye

Doç. Dr. Değer SOFUOĞLU

Üye

Doç. Dr. Pelin KANTEN

Müdür

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Sıra No:.....

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2019-3087

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Cihan KÖMÜRCÜ

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Can AKTAŞ'a, bilgisini ve uzmanlığını bizlerle paylaŐan değerli hocam Prof. Dr. Hüsnu BAYSAL'a, bilgisini bizden esirgemeyen Prof. Dr. Tiberiu HARKO'ya, projemize verdikleri destekten dolayı ÇOMÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Cihan KÖMÜRÖÜ
anakkale, Temmuz 2020



SİMGELER VE KISALTMALAR

G_{jk}	Einstein tensörü
R_{jk}	Ricci tensörü
F_{jk}	Elektromanyetik alan tensörü
T_{jk}	Enerji momentum tensörü
E_{jk}	Elektromanyetik alanın enerji momentum tensörü
L_m	Maddenin Lagrange yoğunluğu
Λ	Kozmolojik terim
R	Ricci skaleri
T	Enerji momentum tensörünün izi
a	Ölçek çarpanı
q	Frenleme parametresi
H	Hubble parametresi
Δ	Anizotropi parametresi
KS	Kozmik sicimler
EM	Elektromanyetik alanlar
MS	Manyetize sicim
CC	Cosmic Chronometers
HST	Hubble Space Telescope
CMB	Cosmic Microwave Background
$WMAP$	Wilkinson Microwave Anisotropy Probe

ÖZET

HOMOJEN ANİZOTROPİK MODELLERİN $f(R,T)$ TEORİDE İNCELENMESİ

Cihan KÖMÜRCÜ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Matematik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Can AKTAŞ

16/07/2020, 64

Bu çalışmada, öncelikle $f(R,T)$ teori için Einstein-Hilbert tipli etkide kozmolojik terim doğal olarak elde edilmiştir, sonra Marder evreninde manyetize sicim maddesi ele alınmıştır, daha sonra maddenin Lagrange yoğunluğunu kozmik sicimler için ve elektromanyetik alanlar için eşdeğer almayıp kozmik sicimler için ve elektromanyetik alanlar için bağımsız olarak hesaplandıktan sonra manyetize sicim için birlikte eklenmiştir. Son olarak, sonuçlarımızı bazı astrofiziksel gözlem verileriyle kısıtlayarak evrenin fiziksel ve geometrik yapısı incelenmiştir.

Anahtar sözcükler: $f(R,T)$ teori, Marder evreni, Manyetize sicim, Kozmolojik terim, Maddenin Lagrange yoğunluğu

ABSTRACT

INVESTIGATION OF HOMOGENEOUS ANISOTROPIC MODELS IN $f(R,T)$ THEORY

Cihan KÖMÜRCÜ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Institute of Graduate Education

Master of Science Thesis in Department of Mathematics

Advisor: Doç. Dr. Can AKTAŞ

07/16/2020, 64

In this study, firstly, the cosmological term for the Einstein-Hilbert type effect for $f(R,T)$ theory was obtained naturally, then the magnetized string matter in the Marder universe was discussed, then matter Lagrangian density was not taken as equivalent for cosmic strings and electromagnetic fields. After calculating independently for cosmic strings and electromagnetic fields, it was added together for magnetized string. Finally, the physical and geometrical structure of the universe has been examined by limiting our results to some astrophysical observation data.

Keywords: $f(R,T)$ theory, Marder universe, Magnetized string, Cosmological term, Matter Lagrangian density

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEZ SINAVI SONUÇ FORMU.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1. Evren ve Evren Modelleri	1
1.2. Kozmik Sicimler	2
1.3. Elektromanyetik Alanlar	4
1.4. $f(R,T)$ Teori	6
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE YÖNTEM	10
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	17
4.1. Marder Evreninde Manyetize Sicim Madde Dağılımı İçin $f(R,T)$ Alan Denklemlerinin Oluşturulması.....	17
4.2. $f(R,T)$ Alan Denklemlerinin Çözümlerinin Elde Edilmesi	20
4.3. Modeldeki Sabitlerin Belirlenmesi.....	23
4.4. Hata Aralıklarınının Kırmızıya Kaymada Bazı Uygulamaları.....	26
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	31
KAYNAKLAR.....	58
ÖZGEÇMİŞ	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1. Çeşitli boyutlarda Calabi-Yau uzay şekilleri.....	3
Şekil 2. Magdalena yakınlarındaki Yeni Meksika çölünde bulunan radyo teleskop dizisi. Görüntü: NRAO/ AUI; Bob Tetro (http://www.dunlap.utoronto.ca/)	4
Şekil 3. Üç nesneyi gösteren Hubble Uzay Teleskobu kullanılarak elde edilen bir görüntü. Görüntü: NASA (http://www.dunlap.utoronto.ca/)	4
Şekil 4. Süpernova 1987A kalıntısının Hubble Uzay Teleskobu görüntüsü. Görüntü: NASA, ESA, R. Kirshner ve P. Challis (http://www.dunlap.utoronto.ca/).....	5
Şekil 5. SN 1987A kalıntısının haritası (kısa turuncu çizgiler, manyetik alanın yönünü göstermektedir). Görüntü: Giovanna Zanardo (http://www.dunlap.utoronto.ca/)	5
Şekil 6. HST, WMAP-9, Planck-13, R19, CC_B+SN Ia+BAO+R18 ve CC_M+SN Ia+BAO+R18, gözlem verilerinden elde edilen H_0 değerleri.....	28
Şekil 7. CC'de BC03 modeli kullanılarak elde edilen kırmızı kayma z 'nin kesin değerlerine karşılık gelen $H(z)$ değerleri.....	30
Şekil 8. CC'de MaStro modeli kullanılarak elde edilen kırmızı kayma z 'nin kesin değerlerine karşılık gelen $H(z)$ değerleri.....	30
Şekil 9. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi.....	31
Şekil 10. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi.....	31
Şekil 11. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi	32
Şekil 12. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi	32
Şekil 13. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi	32
Şekil 14. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpanının kozmik zamana göre evrimi	33
Şekil 15. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpanının kozmik zamana göre evrimi.....	33
Şekil 16. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpanının kozmik zamana göre evrimi.....	34
Şekil 17. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpanının kozmik zamana göre evrimi.....	34
Şekil 18. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpanının kozmik zamana göre evrimi.....	34
Şekil 19. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi	35
Şekil 20. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi...	35
Şekil 21. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi...	36

Şekil 22. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi...	36
Şekil 23. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi...	36
Şekil 24. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği gerilim yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi.....	37
Şekil 25. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği gerilim yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi.	37
Şekil 26. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği gerilim yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi.	38
Şekil 27. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği gerilim yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi.	38
Şekil 28. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği gerilim yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi.	38
Şekil 29. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği parçacık enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi.....	39
Şekil 30. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği parçacık enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi.....	39
Şekil 31. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği parçacık enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi.....	40
Şekil 32. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği parçacık enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi.....	40
Şekil 33. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği parçacık enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi.....	40
Şekil 34. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği kozmolojik terimin Φ' 'ye ve t' 'ye göre evrimi.....	41
Şekil 35. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği kozmolojik terimin Φ' 'ye ve t' 'ye göre evrimi.....	41
Şekil 36. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği kozmolojik terimin Φ' 'ye ve t' 'ye göre evrimi.....	42
Şekil 37. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği kozmolojik terimin Φ' 'ye ve t' 'ye göre evrimi.....	42
Şekil 38. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği $f(R, T)$ fonksiyonunun Φ' 'ye ve t' 'ye göre değişimi.....	43
Şekil 39. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği $f(R, T)$ fonksiyonunun Φ' 'ye ve t' 'ye göre değişimi.	43
Şekil 40. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği $f(R, T)$ fonksiyonunun Φ' 'ye ve t' 'ye göre değişimi.	43
Şekil 41. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği $f(R, T)$ fonksiyonunun Φ' 'ye ve t' 'ye göre değişimi.	44

Şekil 42. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi.....	45
Şekil 43. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi	45
Şekil 44. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi	46
Şekil 45. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi	46
Şekil 46. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi	46
Şekil 47. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi.....	47
Şekil 48. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi	47
Şekil 49. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi.....	48
Şekil 50. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi.....	48
Şekil 51. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi.....	48
Şekil 52. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kozmik zamana göre evrimi	49
Şekil 53. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kozmik zamana göre evrimi	49
Şekil 54. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kozmik zamana göre evrimi...	50
Şekil 55. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kozmik zamana göre evrimi...	50
Şekil 56. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kozmik zamana göre evrimi...	50
Şekil 57. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden ve CC_B +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 uyum değerleriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi.....	51
Şekil 58. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden elde edilen H_0 hata aralığı ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi	51
Şekil 59. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve CC_B +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralığı ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi	52

Şekil 60. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden ve CC_B +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralıkları ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi.....	52
Şekil 61. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve R19 verisinden elde edilen H_0 hata aralığıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi	52
Şekil 62. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve CC_B +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralığıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi	53
Şekil 63. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve R19 verisinden ve CC_B +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralıklarıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi.....	53
Şekil 64. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden ve CC_M +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 uyum değerleriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi.....	54
Şekil 65. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden elde edilen H_0 hata aralığı ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi	55
Şekil 66. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve CC_M +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralığı ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi	55
Şekil 67. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden ve CC_M +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralıkları ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi.....	55
Şekil 68. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve R19 verisinden elde edilen H_0 hata aralığıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi	56
Şekil 69. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve CC_M +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralığıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi	56
Şekil 70. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve R19 verisinden ve CC_M +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralıklarıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi.....	56

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 1. Çeşitli gözlem verilerinden elde edilen q_0 değerleri.....	25
Tablo 2. Modelin, Tablo 1'deki gözlem verilerinden elde edilen q_0 değerleriyle uyumlu olmasını sağlayan α ve β sabitinin karşılık geldiği değerler ve bu değerlerle birlikte alınan diğer sabitler için seçilen değerler	25
Tablo 3. Çeşitli gözlem verilerinden elde edilen q_0 ve z_{tr} değerleri	27
Tablo 4. Modelin, Tablo 3'teki gözlem verilerinden elde edilen q_0 ve z_{tr} değerleriyle uyumlu olmasını sağlayan modelin sabitlerinin karşılık geldiği değerler.....	27
Tablo 5. R19, CC_B+SN Ia+BAO+R18 ve CC_M+SN Ia+BAO+R18 gözlem verilerinden elde edilen H_0 değerleri).....	27
Tablo 6. BC03 ve MaStro modelleri kullanılarak elde edilen kırmızı kayma z 'nin kesin değerlerine karşılık gelen $H(z)$ değerleri (literatürdeki CC verileri)	29
Tablo 7. SN Ia verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), $CC+SN$ Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamandaki limit durumları	33
Tablo 8. SN Ia verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), $CC+SN$ Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpanının kozmik zamandaki limit durumları	35
Tablo 9. Tablo 3'teki gözlem verilerinden elde edilen q_0 değerleriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamandaki faz geçiş noktaları ve limit durumları	47
Tablo 10. Tablo 3'teki gözlem verilerinden elde edilen q_0 ve z_{tr} değerleriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymadaki faz geçiş noktaları ve limit durumları	49

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Evren ve Evren Modelleri

Gözlemsel verilere göre yaklaşık olarak 13,8 milyar yıl yaşında olduğu düşünülen evren, uzay ve uzayda bulunan her şeyin toplamıdır. Evrenin başlangıcını ve zamanla gelişimini açıklayan Büyük Patlama (Big Bang) kozmolojik modeline göre evren, başlangıçta aşırı sıcak ve yoğun tekil bir noktadan başlamıştır. Evrenin ilk 10^{-43} saniyelik kısmı "Planck Çağı" olarak adlandırılır. Planck çağında dört temel kuvvet olan zayıf kuvvet (taşıyıcı parçacığı zayıf ayar bozonları olan W bozonu ve Z bozonu), güçlü kuvvet (taşıyıcı parçacığı gluon), kütleçekimi kuvveti (taşıyıcı parçacığı graviton) ve elektromanyetik kuvvet (taşıyıcı parçacığı foton) birlikte ayırt edilemez şekilde bir aradaydı. Bu andan itibaren; önce kütleçekimi kuvveti diğer üç kuvvetten ayrılmıştır. Daha sonra, $10^{-35} \leq t \leq 10^{-32}$ olduğu bir dönemde, evrende ani bir şişme meydana geldi. Bu dönem, "Şişme Dönemi" olarak adlandırılır. Bu dönemde evrenin hacmi, 10^{50} kat artmış olup, bu dönemden sonra güçlü kuvvet, geriye kalan diğer iki kuvvetten (elektromanyetik kuvvetten ve zayıf kuvvetten) ayrılmıştır. Son olarak ise, 10^{-12} saniyede diğer iki kuvvet de birbirinden ayrılmaya başlamıştır. Büyük Patlama'dan yaklaşık 10^{-6} saniye sonra; protonların ve nötronların oluşmasını sağlayan kuarklar ve gluonlar bir araya geldi. Bu sırada, protonlar ve anti-protonlar birbirlerini yok ederek enerjiye dönüştü çünkü; evrenin sıcaklığı yeni proton, anti-proton ikililerinin oluşması için yeterli gelmemekteydi. Elektronlar ve pozitronlar arasında benzer bir süreç, evren yaklaşık 1 saniye yaşındayken gerçekleşmiştir. Patlama'dan çok kısa bir süre sonra (birkaç dakika sonra) döteryum ve helyum çekirdeklerinin oluşumunu başlatan evrenin sıcaklığı, yaklaşık 10^{32} Kelvin olduğu düşünülen Planck sıcaklığından 10^9 Kelvin'e düşmüştür. Evren, hâla çok sıcak olup öyle ki, kararlı yapıda olan atomların uzun süre var olmasını engelleyecek kadar yüksektir. Bu dönemde, büyük bir kısmı hâla serbest olan hidrojen atomu çekirdekleri (protonlar), 379 bin yıl sonra elektronlarla bağlanarak kararlı atom oluşturmaktadır. Hidrojen ve helyum, Patlama'nın ürettiği atomların büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bununla beraber lityum da az miktarda oluşmuştur. Yıldızlar içerisinde ya da süpernova patlamaları sırasında sentezlenmiş olan daha ağır elementler ise, Patlama'nın ürettiği elementlerin zamanla kütleçekimi etkisiyle bir araya gelerek yıldızları ve gökadalari oluşturmasından sonra meydana gelmiştir (Ocak, 2016).

1920'li yıllara kadar evrenin statik olduğuna inanılıyordu ve evrimi tüm fiziksel teorilerin ötesindeydi. Albert Einstein, 1915'te ortaya attığı Genel Görelilik kuramındaki

alan denklemlerinin dinamik bir evren modeli oluşturduğunu fark ettikten sonra 1917'de statik bir evren modeli elde edebilmek adına alan denklemlerine evrenin zamanla giderek kendi üzerine çökmesini önleyecek karşı-kütle çekim kuvveti olarak ortaya attığı kozmolojik sabit eklemiştir. Einstein, bu sabiti, diğer kuvvetlerden farklı bir şekilde evrenin dokusunda saklı olduğunu ve belli bir kaynaktan gelmediğini öne sürmüştür. Uzak gök cisimlerinin Dünya'dan uzaklaştığı ve Dünya'ya olan mesafe arttıkça uzaklaşma hızlarının arttığı, Edwin Hubble'nin 1929 yılında yaptığı gözlemler sonucunda ortaya çıkınca (böylece Büyük Patlama modelinin temelini oluşturan evrenin genişlemesi ispatlanmıştır) Einstein, gözlemsel verilere ters düşmemek adına kozmolojik sabiti alan denklemlerinden çıkarmıştır.

NASA (Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi), 1989 yılında uzaya fırlattığı COBE (Kozmik Arka Plan Kaşifi/Keşif) uydusuyla, teorik hesaplamalara göre Büyük Patlama'dan geriye kalması gereken radyasyonu fırlatılışının 8. dakikasında belirleyerek Büyük Patlama teorisi ispatlanmıştır.

1998'deki süpernova gözlemleriyle evrenin hızlanarak genişlediğinin anlaşılmasıyla negatif basıncın var olması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bilim insanları, bu negatif basınçlı enerjiyi "Karanlık Enerji" olarak adlandırdılar. Karanlık enerji, evrenin yaklaşık olarak %73'ünü oluşturmaktadır. Bilim insanları, karanlık enerjinin en basit olası yapısı olan kozmolojik sabit ile ilgili problemi ortadan kaldırmak için Einstein alan denklemlerine kozmolojik terim eklediler. Kozmolojik terim, evrenin madde içeriğini oluşturan ve negatif basınca sahip bir alana denk geldiği düşünüldüğünden (kütle ile enerji eşdeğer olduğundan) alan denklemlerinin sağ tarafına (madde ile ilgili olan kısma) eklenmektedir. Ayrıca kozmolojik terim, vakum enerjisine eşdeğerdir.

Bilim insanları, evrenin nasıl bir evrim geçirdiğini ve evrelerini incelemek adına Genel Rölativite teorisi, Lyra teorisi, $f(G)$ teorisi, $f(R)$ teorisi, $f(G, T)$ teorisi ve $f(R, T)$ teorisi gibi çeşitli teorilerde ideal akışkan, sicim, elektromanyetik alan vb. madde formlarından biri veya birkaçını ele alarak çeşitli uzay-zamanlarda kozmolojik modeller oluşturmuşlardır.

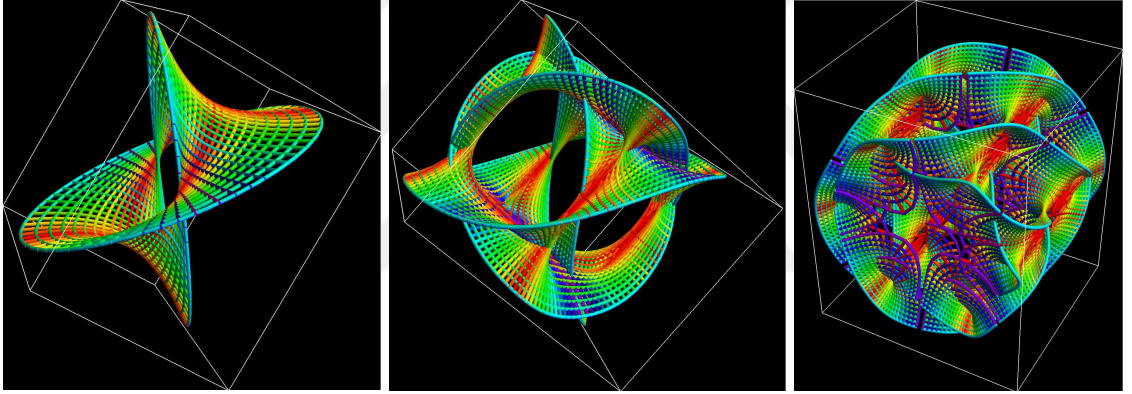
Bu çalışmada, evrenin madde içeriği kozmik sicimlerle ve elektromanyetik alanlarla doldurularak evrenin fiziksel ve geometrik yapısı, evrenin doğasında var olduğu düşünülen kozmolojik terim ile birlikte $f(R, T)$ gravitasyon teorisi çerçevesinde açıklanacaktır.

1.2. Kozmik Sicimler

Erken evrenin incelenmesinde önemli bir rol oynayan ve tek boyutlu lifli (ipliksi, ilmekli, titreşim telli, topolojik kusurlu,...) yapıda olan kozmik sicimler, Büyük Patlama'dan sonra faz geçişi sırasında sıcaklık, Büyük Birleşim Teorisi tarafından öngörülen bazı kritik

sıcaklığın altına düştükçe ortaya çıktığı, galaksi oluşumuna yol açan yoğunluk düzensizliklerine neden olduğu ve ayrıca stres enerjisine sahip ve yer çekim alanıyla ilişkili olacağı düşünülmektedir (Everett, 1981; Kibble, 1976, 1985; Pradhan, 2009; Vilenkin, 1981; Zeldovich, 1980). Ayrıca kozmik sicimlerin kozmolojik evrimindeki özellikle kapalı döngüleri çökerek kara delik oluşturduğuna inanılmaktadır (Vilenkin, 1981).

Matematik ve fizik arasındaki yakın ilişki neredeyse tek yönlü bir yol olmuştur: Fizikçiler matematikçilerden birçok şey ödünç almışlar, ancak birkaç istisna dışında çok az geri dönmüştür. Son zamanlarda, bu değişmiştir. Sicim teorisi ve kuantum alan teorisinden gelen fikirler ve teknikler, matematikte yeni yönler ve anlayışlar önermek için kullanılmıştır. Bunlardan en iyi bilinenleri topolojik olarak farklı Calabi-Yau manifoldları arasındaki bir ilişki olan ayna simetrisidir. Sicim teorisi topluluğunu kabaca rölativistler, fenomenologlar, alan teorisyenleri ve matematikçiler karakterize eder (Tong, 2009).



Şekil 1. Çeşitli boyutlarda Calabi-Yau uzay şekilleri

Şekil 1'deki şekillerin oluşturulmasında Knill ve Slavkovsky (2013) çalışmasından yararlanılmıştır.

Kozmik sicimler, boyutlarından (mesafe ölçekleri, kuantum mekaniğinin genel görelilik denklemlerini geçersiz kılacak uzunlukta; Planck uzunluğu ($1,616 \times 10^{-33}$ cm) civarındaysa ya da ondan daha kısaysa sicim kuramını kullanmamız gerekir) ve titreşim örüntülerinden (bu örüntüler arasında, kütleçekimi kuvvetinin kozmik sicim kuramının yapısının ayrılmaz bir parçası olmasını sağlayan gravitonun özelliklerine tıpatıp uyan bir örüntü vardır) dolayı evrenin küçük ölçekli yapısını açıklayan Kuantum mekaniği çerçevesinde tutarlı olarak betimlenir.

Evrenin başlangıcında, kozmik sicim kuramının tüm uzamsal boyutları: olabilecek en küçük boyutlarda, eşit düzeyde, simetrik, çok boyutlu ve sıkıca kıvrılmıştır (Büyük Patlama teorisinin aksine evrenin başlangıcındaki sonsuz tekillikten kaçınılmıştır, bu kuramda: sıcaklık ve enerji sonsuz olmamasına karşın yüksektir), Planck zamanlarına gelindiğinde;

bugün gözlemlediğimiz üç uzaysal boyut genişlemeye başlarken diğer boyutlar mevcut boyutlarını korumakta olup evrende simetri azalması meydana gelmiş ve Planck zamanı sonrası; evren gelişerek bugün gözlemlenecek biçimlerine ulaşacak şekilde üç boyuta genişlemiştir (Greene, 1999).

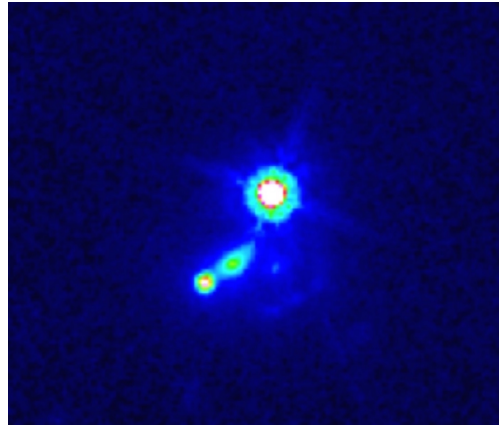
1.3. Elektromanyetik Alanlar

Evrenin ilk aşamalarında stres enerjisine sahip olduğu düşünülen elektromanyetik alanların galaktik ölçekte meydana geldiği, yüksek oranda iyonize olmuş maddeyle çok güçlü bir şekilde birleştiği ve daha sonra evrenin genişlediği ve soğuduğu ve sonuçta iyonların nötr madde oluşturmak için birleştiği düşünülmektedir (Harrison, 1973; Melvin, 1975; Pradhan, 2009; Vilenkin, 1981; Zeldovich, 1980).

Günümüzde elektromanyetik alanlarla ilgili iki büyük önemli gelişme yaşanmıştır: Bunlardan ilki; Dünya'dan beş milyar ışık yılı uzaklıkta bir galaksinin manyetik alanının gökbilimciler tarafından gözlemlenmesidir (Mao ve diğerleri, 2017).



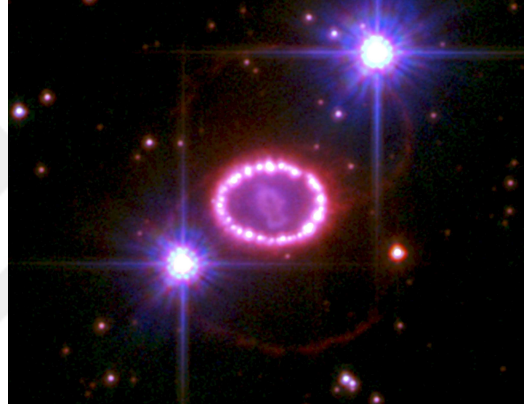
Şekil 2. Magdalena yakınlarındaki Yeni Meksika çölünde bulunan radyo teleskop dizisi. Görüntü: NRAO/ AUI; Bob Tetro (<http://www.dunlap.utoronto.ca/>)



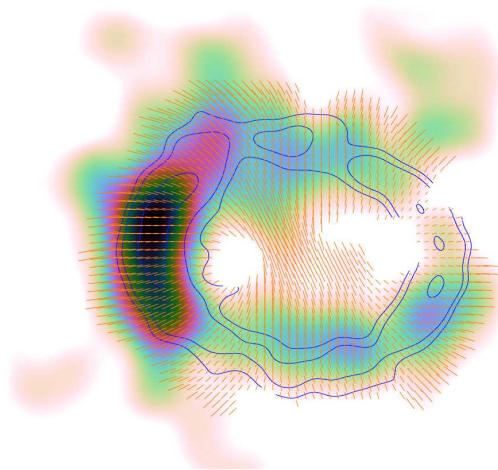
Şekil 3. Üç nesneyi gösteren Hubble Uzay Teleskobu kullanılarak elde edilen bir görüntü. Görüntü: NASA (<http://www.dunlap.utoronto.ca/>)

Şekil 3'teki en parlak iki nesne (sağ üst ve sol alt), aynı uzak kuasarın lensli görüntüleridir. İki mercekli görüntü arasındaki daha sönük nesne, içinde manyetik bir alanın tespit edildiği gökadadır. Gözlemlenen galaksinin manyetik alanı kendi Samanyolu Galaksimizde ve yakın galaksilerde gözlemlenen alanlardan çok farklı olmadığından gözlem, galaktik manyetizmanın zaman içinde yavaşça büyümekten ziyade nispeten erken görüldüğünün kanıtıdır.

Diğer bir gelişme; otuz üç yıl önce göklerimizde ortaya çıkan Dünya'dan 168.000 ışık yılı uzaklıkta ölmekte olan bir yıldız olan Süpernova 1987A (SN 1987A) kalıntılarında manyetizmayı bir gökbilimci ekibi tarafından doğrudan gözlemlenmesidir (Zanardo ve diğerleri, 2018).



Şekil 4. Süpernova 1987A kalıntısının Hubble Uzay Teleskobu görüntüsü. Görüntü: NASA, ESA, R. Kirshner ve P. Challis (<http://www.dunlap.utoronto.ca/>)



Şekil 5. SN 1987A kalıntısının haritası (kısa turuncu çizgiler, manyetik alanın yönünü göstermektedir). Görüntü: Giovanna Zanardo (<http://www.dunlap.utoronto.ca/>)

Gözlem, süpernova kalıntılarının evriminin ve içlerindeki kozmik manyetizmanın erken aşamalarına ilişkin bilgi sağlar.

1.4. $f(R,T)$ Teori

Harko, Lobo, Nojiri, ve Odintsov (2011), tarafından Einstein-Hilbert tipli etkide R Ricci skaleri yerine R 'ye ve enerji-momentum tensörünün izi T 'ye bağlı $f(R,T)$ gibi keyfi bir fonksiyon alınarak etkinin,

$$S = \frac{1}{2\kappa^2} \int f(R,T) \sqrt{-g} d^4x + \int L_m \sqrt{-g} d^4x \quad (1.1)$$

şeklinde değiştirilmesiyle elde edilen teoriye $f(R,T)$ teori denir. Burada, $g = \det(g_{jk})$ ve $\kappa^2 = \frac{8\pi G}{c^4}$ şeklindedir. Ayrıca burada, G Newton'un kütle çekim sabitini, c ışık hızını, g_{jk} metrik tensörü, L_m ise maddenin Lagrange yoğunluğunu göstermektedir.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kozmik sicimler, elektromanyetik alanlar ve $f(R, T)$ teori ile ilgili yapılan çalışmaların birkaçı aşağıdaki gibi verilmiştir:

Letelier (1983), parçacıkların bağlı olduğu sicimler tarafından üretilen Bianchi-I ve Kantowski-Sachs tipindeki kozmolojik modelleriyle ilgili bir çalışma yapmıştır. Vilenkin (1985), makroskopik topolojik kusurların oluşumu, evrimi ve kozmolojik sonuçlarını irdelemiştir. Chakraborty ve Chakraborty (1993), sicim toz kozmolojisinde homojen olmayan beş boyutlu bir uzay-zaman içerisinde evrenin fiziksel ve geometrik yapısını araştırmışlar. Kılınç ve Yavuz (1996), Einstein alan denklemlerinin silindirik simetrik uzay-zamanlar için kozmik sicim kaynaklarla yeni kesin çözümlerini elde etmişlerdir. Chakraborty ve Roy (1999), Kaluza-Klein uzay-zamanında olan yüksek boyutlu silindirik simetrik modelde sicim kozmolojisini çalışmışlardır. Baysal, Yavuz, Tarhan, Camcı, ve Yılmaz (2001), silindirik simetrik homojen olmayan kozmolojik modelde bir sicimin davranışını incelemişlerdir. Baysal, Camcı, Tarhan, Yılmaz, ve Yavuz (2002), Genel Görelilik bağlamında kozmik sicimleri ele almışlardır. Yavuz, Yılmaz, ve Baysal (2005), tek parametrelili konformal hareket grubunu kabul eden küresel simetrik uzay-zaman içinde kozmik sicimlere bağlı acayip kuark maddesini çalışmışlardır. Khadekar, Patki, ve Radha (2005), yüksek boyutlu uzay-zamanda kütle viskozitesi olmadan sicim kozmolojisinde evrenin fiziksel ve geometrik yapısını incelediler. Yılmaz (2006), Kaluza-Klein evreninde sicim kozmolojisi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Bali ve Jain (2007), genel görelilikte ideal akışkan dağılımı için anizotropik Bianchi-V evreninde sicim kozmolojik modelini araştırmışlardır. Ayrıca, Çağlar ve Aygün (2016), $(n + 2)$ -boyutlu bir Friedmann Robertson Walker (FRW) evreni için sicimlere bağlı acayip kuark maddelerinin kesin çözümlerini elde etmişlerdir.

Chistyakov ve Mikheev (2002), güçlü elektromanyetik alanın varlığında iki fotonlu iki nötrino sürecini araştırmışlardır. Gaensler, Beck, ve Feretti (2004), Kare Kilometre Dizisi kullanarak elektromanyetik alanların kökenine, evrimine ve yapısına ilişkin bir çalışma yapmışlardır. Chen, Zhang, ve Liu (2007), elektromanyetik alanların nötron yıldızı üzerindeki etkisini incelediler. Mohapatra, Saumia, ve Srivastava (2011), rölativistik ağır iyon çarpışmalarında elektromanyetik alan düzeni akış anizotropilerinin geliştirilmesiyle ilgili bir çalışma yapmışlardır. Sharif ve Waheed (2013), Brans-Dicke teorisinde manyetize kozmik sicim dağılımını Bianchi-I evreninde ele almışlardır. Pawar, Dagwal, ve Solanke (2014), elektromanyetik alanın varlığında ve yokluğunda kozmolojik modelleri

araştırmışlardır. Singh ve Ram (2014), yoğun viskoz akışkan ve elektromanyetik alanın varlığında Bianchi-III uzay-zamanında sicim kozmolojik modelinin dinamiklerini incelemiştir. Ayrıca, Özdemir ve Aktaş (2020), LRS Bianchi-I, Bianchi-III ve Kantowski-Sachs evrenlerinde acayip kuark madde dağılımını elektromanyetik alanın varlığında araştırmışlardır.

Momeni, Myrzakulov, ve Güdekli (2015), Noether simetrisi ile kozmolojik olarak uygulanabilir mimetik $f(R)$ ve $f(R, T)$ teorileri ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Sofuoğlu (2016), $f(R, T)$ yerçekimi teorisinde Bianchi-IX evrenin fiziksel ve geometrik yapısını incelemiştir. Aktaş (2017), Bianchi-I ve V evrenleri için manyetize acayip kuark madde dağılımını $f(R, T)$ gravitasyon teorisinde incelemiştir. Hatkar, Gore, ve Katore (2018), Kasner uzay-zamanını $f(R, T)$ yerçekimi teorisi bağlamında sicim kozmolojisini manyetik alanın varlığında ele almışlardır. Sahoo, Kirschner, ve Sahoo (2019), bir fantom akışkanı için modifiye $f(R, T)$ yerçekimindeki statik küresel simetrik Wormhole evreninde çözümler elde etmişlerdir. Mishra, Ribeiro, ve Moraes (2019), Bianchi-I evreninin $f(R, T)$ teorisindeki kozmolojik özelliklerini araştırmışlardır. Yadav, Sahoo, ve Bhardwaj (2019), Bianchi-I evreninde viskoz akışkan madde dağılımını $f(R, T)$ gravitasyon teorisi çerçevesinde evrenin geometrik ve fiziksel yapısını incelemiştir. Aktaş (2019), FRW evreni için karanlık enerji adaylarını $f(R, T)$ teoride incelemiştir. Aygün (2019), karanlık enerji adaylarını Marder evreni için $f(R, T)$ teori çerçevesinde incelemiştir. Sofuoğlu (2019), Gödel evreninde ideal akışkan madde dağılımını $f(R, T)$ gravitasyon teorisinde kozmolojik terim ile birlikte ele alarak yeni kozmolojik çözümler elde etti. Aygün, Aktaş, ve Mishra (2019), farklı kuadratik durum denklemleri parametreleri ile ideal akışkan madde dağılımını $f(R, T)$ yerçekim teorisi çerçevesinde ele almışlardır. Çağlar (2019), $f(R, T)$ yerçekimi teorisinde kozmolojik terime sahip Bianchi tip V uzay zamanını ideal akışkanlı madde dağılımı varlığında incelemiştir. Singh ve Beesham (2020), düzlem simetrik Bianchi-I modelini $f(R, T)$ teori çerçevesinde $f(R, T) = R + 2\lambda T$ olarak incelemiştir. Banerjee, Jasim, ve Ghosh (2020), $f(R, T)$ teoride solucan deliğinin kesin çözümlerini araştırmışlardır. Biswas, Shee, Guha, ve Ray (2020), küresel simetrik uzay-zamanın Tolman-Kuchowicz tipi olduğu $f(R, T)$ yerçekim teori çerçevesinde rölativistik acayip yıldız altında incelemiştir. Bhattacharjee ve Sahoo (2020), $f(R, T)$ teoride Büyük Patlama nükleosentezinden gelen kısıtlamaları kullanarak $f(R, T) = R + \chi T$ yerçekimi modeli için χ model parametresini sınırlandırarak çözümler elde etmişlerdir. Maurya ve Tello-Ortiz (2020), $f(R, T)$ yerçekimi teorisi çerçevesinde yüksek yoğun yüklü anizotropik kompakt yapıları incelemiştir. Hulke, Singh, Bishi, ve Singh (2020), $a = \frac{1}{t} + t^2$, $a = a_0(k + e^{ut})^v$ ve $a = e^{mt^l}$ ölçek çarpanları için $f(R, T)$ yerçekimi çerçevesinde değişken

Chaplygin gazı ile düz FRW geometrik arka planda parçacık oluşturma mekanizmasını araştırmışlardır. Dixit, Chawla, ve Pradhan (2020), solucan deliklerinin varlığını $f(R, T)$ teorisinde araştırmışlardır. Godani ve Samanta (2020), $f(R, T)$ teorisinde evrenin yaşını tahmin etmek ve parlaklık mesafesi ve görünür büyüklük için en uygun eğrileri bulmak için 57 kırmızıya kayma verisi kullanmışlardır. Rudra (2020), büyük bir yıldızın yerçekimi çöküşüyle $f(R, T)$ teorisinin arka planında araştırılmıştır. Yıldız, doğada zamana bağlı olan Vaidya uzay zamanıyla modellenmiştir. Rahaman, Singh, Errehymy, Rahaman, ve Daoud (2020), $f(R, T)$ yerçekimi teorisinde anizotropik madde dağılımlarını temsil eden kompakt küresel sistemlerin varlığını incelemiştir. Rocha, Carvalho, Deb, ve Malheiro (2020), yüklü ideal akışkandan oluşan beyaz cücelerin denge konfigürasyonunu $f(R, T)$ gravitasyon teorisi çerçevesinde ele almışlardır.

Ayrıca, Maurya (2020), $f(R, T)$ teoride, $H(a) = l(a^{-n} + k)$, $l, n > 0$ şeklindeki Hubble parametresine sahip düz bir FLRW modelini incelemiştir. Burada, a ölçek çarpanı, k , l ve n sabitlerdir. Seçilen bu özel Hubble parametresi kozmolojide iki problemi çözer; birincisi, evrenin faz geçişine sahip genişlemesine imkan verir ikincisi ise, tekil ve tekil olmayan iki tip model verir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

Uzayda birbirine sonsuz küçük uzaklıkta olan iki nokta arasındaki uzaklık,

$$ds^2 = g_{jk} dx^j dx^k \quad (3.1)$$

yay uzunluğu ile ifade edilir. Burada dx^j , x^j -yönündeki sonsuz küçük uzaklık, g_{jk} ise metrik tensör olup bu tensörden Christoffel sembolleri (Γ_{kl}^j),

$$\Gamma_{kl}^j = \Gamma_{lk}^j = \frac{1}{2} g^{jm} \left(\frac{\partial g_{mk}}{\partial x^l} + \frac{\partial g_{ml}}{\partial x^k} - \frac{\partial g_{kl}}{\partial x^m} \right) \quad (3.2)$$

yukarıdaki gibi elde edilir. Riemann tensörü (R_{jklm}) ise aşağıdaki gibi tanımlıdır:

$$R_{jklm} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 g_{jm}}{\partial x^k \partial x^l} + \frac{\partial^2 g_{kl}}{\partial x^j \partial x^m} - \frac{\partial^2 g_{jl}}{\partial x^k \partial x^m} - \frac{\partial^2 g_{km}}{\partial x^j \partial x^l} \right) + g_{np} \left(\Gamma_{kl}^n \Gamma_{jm}^p - \Gamma_{km}^n \Gamma_{jl}^p \right) \quad (3.3)$$

Riemann tensörünün kontraksiyonundan Ricci tensörü (R_{jk}),

$$R_{jk} = R_{kj} = g^{lm} R_{l j m k} = \frac{\partial \Gamma_{jk}^l}{\partial x^l} - \frac{\partial \Gamma_{jl}^l}{\partial x^k} + \Gamma_{jk}^l \Gamma_{lm}^m - \Gamma_{jl}^m \Gamma_{km}^l \quad (3.4)$$

ve Ricci tensörünün kontraksiyonundan da Ricci skaleri (R),

$$R = g^{jk} R_{jk} \quad (3.5)$$

elde edilir.

Evrenin büyük ölçekte yapısını ve gravitasyonel etkileşimlerini (madde ve geometri arasındaki ilişkiyi) açıklayan Einstein alan denklemleri yukarıdaki eşitlikler yardımıyla kozmolojik terim ile birlikte,

$$R_{jk} - \frac{1}{2} R g_{jk} = \kappa^2 T_{jk} + \Lambda g_{jk} \quad (3.6)$$

şeklinde ifade edilir. Burada, T_{jk} enerji momentum tensörünü, Λ ise kozmolojik terimi göstermektedir.

Genel Rölativite teorisinin, karanlık madde ve karanlık enerjiyi açıklamada yetersiz kalması bu teoriye alternatif başka teorilerin (Lyra teori, $f(R)$ terori, $f(T)$ terori, $f(G)$ terori,

$f(G, T)$ teori, $f(R, T)$ teori,...) ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu çalışmada, ortaya atılan alternatif teorilerden biri olan $f(R, T)$ teori için kozmik evrenin yapısı incelenecektir.

Harko ve diğerleri (2011), Einstein alan denklemlerinin hem geometri ile ilgili kısmını hem de madde ile ilgili kısmını değiştirecek bir $f(R, T)$ fonksiyonu yardımıyla yeniden Denklem 1.1'deki gibi ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada, Einstein-Hilbert tipli etkide kozmolojik terimi doğal olarak elde etmek için Denklem 1.1'de $f(R, T)$ fonksiyonunu $f^*(R, T)$ şeklinde alınarak etki, aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$S = \frac{1}{2\kappa^2} \int f^*(R, T) \sqrt{-g} d^4x + \int L_m \sqrt{-g} d^4x \quad (3.7)$$

Kozmolojik terim, evrenin doğasında var olduğundan doğrudan etkiye eklenebilir. Fakat bu çalışmada, Taylor seri açılımının doğal bir sonucu olarak sabit terim geleceği gerçeğini göz önünde bulundurarak Taylor seri açılımından yararlanılmıştır. $f^*(R, T)$ fonksiyonunun (R_0, T_0) noktası civarındaki Taylor seri açılımı,

$$\begin{aligned} f^*(R, T) = f^*(R_0, T_0) &+ (R - R_0) \frac{\partial}{\partial R} (f^*(R, T)) \Big|_{(R_0, T_0)} \\ &+ (T - T_0) \frac{\partial}{\partial T} (f^*(R, T)) \Big|_{(R_0, T_0)} + \dots \end{aligned} \quad (3.8)$$

şeklinde dir. Burada $f^*(R_0, T_0)$, $\frac{\partial}{\partial R} (f^*(R, T)) \Big|_{(R_0, T_0)}$ ve $\frac{\partial}{\partial T} (f^*(R, T)) \Big|_{(R_0, T_0)}$ birer sabit terimdir.

Denklem 3.8'de,

$$f^*(R_0, T_0) = 2\Lambda \quad (3.9)$$

ve

$$(R - R_0) \frac{\partial}{\partial R} (f^*(R, T)) \Big|_{(R_0, T_0)} + (T - T_0) \frac{\partial}{\partial T} (f^*(R, T)) \Big|_{(R_0, T_0)} + \dots = f(R, T) \quad (3.10)$$

yukarıdaki eşitlikler (Denklem 3.9 ve Denklem 3.10) dikkate alınırsa,

$$f^*(R, T) = f(R, T) + 2\Lambda \quad (3.11)$$

olur. Denklem 3.11, Denklem 3.7'de dikkate alınır,

$$S = \frac{1}{16\pi} \int (f(R, T) + 2\Lambda) \sqrt{-g} d^4x + \int L_m \sqrt{-g} d^4x \quad (3.12)$$

biçiminde $f(R, T)$ teori için kozmolojik terimli Einstein-Hilbert tipli etki elde edilir. Burada $G = c = 1$ için $\kappa^2 = 8\pi$ alınmıştır (Harko ve diğerleri, 2011). Denklem 3.12'de sırasıyla $f(R, T) = f(R)$ ve $f(R, T) = R$ alınır $f(R)$ teori ve Genel Rölativite teorisi için kozmolojik terimli Einstein-Hilbert tipli etkiler elde edilmiş olur. Denklem 3.12'deki etkinin, g_{jk} metrik tensörüne göre varyasyonu alınır,

$$G_{jk} = \frac{1}{f_R(R, T)} \left\{ [8\pi - f_T(R, T)] T_{jk} - f_T(R, T) \theta_{jk} + \frac{1}{2} [f(R, T) - (R - 2\Lambda) f_R(R, T)] g_{jk} - (g_{jk} \square - \nabla_j \nabla_k) f_R(R, T) \right\} \quad (3.13)$$

biçiminde kozmolojik terimli $f(R, T)$ gravitasyon alan denklemlerini elde edilir. Burada $G_{jk} (= R_{jk} - \frac{1}{2} R g_{jk})$ Einstein tensörünü, $\square (= \nabla^j \nabla_j)$ D'Alembert operatörünü, ∇_j ise kovaryant türevi göstermektedir. Ayrıca burada, $f_R(R, T) = \frac{\partial f(R, T)}{\partial R}$, $f_T(R, T) = \frac{\partial f(R, T)}{\partial T}$,

$$T_{jk} = g_{jk} L_m - 2 \frac{\partial L_m}{\partial g^{jk}} \quad (3.14)$$

ve

$$\theta_{jk} = -2T_{jk} + g_{jk} L_m - 2g^{nb} \frac{\partial^2 L_m}{\partial g^{jk} \partial g^{nb}} \quad (3.15)$$

şeklindedir (Harko ve diğerleri, 2011).

Son olarak, Denklem 3.13'te $f(R, T) = R + 2h(T)$ alınır,

$$G_{jk} = [8\pi - 2h'(T)] T_{jk} - 2h'(T) \theta_{jk} + [h(T) + \Lambda] g_{jk} \quad (3.16)$$

olarak elde edilir. Burada $h'(T) = \frac{dh(T)}{dT}$ şeklindedir.

Evrenin madde içeriğinin yaklaşık %73'ünü oluşturan karanlık enerji, evrenin hızlanarak genişlemesinde etkin rol oynadığı bilinmektedir. Evren, dinamik olduğundan dolayısıyla karanlık enerji sabit olmayıp dinamiktir. Λ 'da karanlık enerji adayı olduğundan gerçek bir model elde etmek için Λ kozmik zamana bağlı olarak alınmıştır. Einstein kütle

ve enerjinin eşdeğer olduğunu göstererek, eğer Λ varsa onu gösteren enerjinin de bir kütle gibi alınması gerektiğini söylemiştir. Bu bağlamda, bu çalışmada Einstein-Hilbert tipli etkide kozmolojik terim doğal yollardan elde edilip ve $f(R, T)$ teorisinin doğasını bozmayacak biçimde sunulmuş olup literatürdeki çalışmalarla uyumlu olacak şekilde (alan denklemlerinin madde kısmında Denklem 3.16'dan görüleceği üzere " Λg_{jk} " terimi elde edilecek şekilde) seçilmiştir.

Harko (2010), basınç yoğunluktan bağımsız sabit bir arka plan niceliği ise $p = p_0$ (basıncın termodinamik veya radyal bileşeni yoksa $p_0 = 0$ alınabilir), $L_m = \rho$ ve enerji momentum tensörü toz formuna karşılık gelir. Burada, p basıncı, ρ ise enerji yoğunluğunu göstermektedir.

Kozmik sicimler de toz formunda olduğundan, bu çalışmada kozmik sicimler için maddenin Lagrange yoğunluğu $L_m = \rho$ alınarak geliştirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada L_m , T_{jk} ve θ_{jk} 'yi kozmik sicimler ve elektromanyetik alanlar için eşdeğer almayıp ayrı ayrı (bağımsız olarak) hesapladıktan sonra manyetize sicim için birlikte eklenmiştir (Harko, 2010; Harko ve diğerleri, 2011; Sharma ve Singh, 2014).

Kozmik sicimler (KS) için L_m , T_{jk} ve θ_{jk} aşağıdaki,

$$L_m^{KS} = \rho \quad (3.17)$$

$$T_{jk}^{KS} = \rho u_j u_k - \lambda x_j x_k \quad (3.18)$$

$$\theta_{jk}^{KS} = -2T_{jk} + g_{jk} L_m^{KS} - 2g^{nb} \frac{\partial^2 L_m^{KS}}{\partial g^{jk} \partial g^{nb}} = -2T_{jk} + \rho g_{jk} \quad (3.19)$$

gibidir. Burada, u_j dörtlü hız vektörü, x_j sicimlerin yönünü gösteren uzaysal vektör ve λ ise sicimlere ait gerilim yoğunluğudur. Ayrıca burada, $\frac{\partial^2 L_m^{KS}}{\partial g^{jk} \partial g^{nb}} = 0$ 'dır.

Elektromanyetik alanlar (EM) için L_m , T_{jk} ve θ_{jk}

$$L_m^{EM} = -\frac{1}{16\pi} F_{nb} F_{il} g^{ni} g^{bl} \quad (3.20)$$

$$T_{jk}^{EM} = E_{jk} = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{1}{4} F_{nb} F^{nb} g_{jk} - F_{jn} F_{kb} g^{nb} \right) \quad (3.21)$$

$$\theta_{jk}^{EM} = -2T_{jk} + g_{jk} L_m^{EM} - 2g^{nb} \frac{\partial^2 L_m^{EM}}{\partial g^{jk} \partial g^{nb}} = -T_{jk} \quad (3.22)$$

şeklindedir. Burada, E_{jk} elektromanyetik alanın enerji momentum tensörünü, F_{jk} ise

elektromanyetik alan tensörünü göstermektedir. Ayrıca burada, $\frac{\partial^2 L_m^{EM}}{\partial g^{jk} \partial g^{nb}}$ terimi aşağıdaki biçimde hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial^2 L_m^{EM}}{\partial g^{jk} \partial g^{nb}} &= \frac{\partial}{\partial g^{nb}} \left[\frac{\partial}{\partial g^{jk}} (L_m^{EM}) \right] = \frac{\partial}{\partial g^{nb}} \left[\frac{\partial}{\partial g^{jk}} \left(-\frac{1}{16\pi} F_{nb} F_{il} g^{ni} g^{bl} \right) \right] \\
&= \frac{\partial}{\partial g^{nb}} \left[-\frac{1}{16\pi} F_{nb} F_{il} \frac{\partial}{\partial g^{jk}} (g^{ni} g^{bl}) \right] = \frac{\partial}{\partial g^{nb}} \left[-\frac{1}{16\pi} F_{nb} F_{il} \left(\frac{1}{2} [\delta_n^j \delta_i^k \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \delta_i^j \delta_n^k] g^{bl} + \frac{1}{2} [\delta_b^j \delta_l^k + \delta_l^j \delta_b^k] g^{ni} \right) \right] = \frac{\partial}{\partial g^{nb}} \left[-\frac{1}{32\pi} \left(F_{nb} F_{il} \delta_n^j \delta_i^k g^{bl} \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + F_{nb} F_{il} \delta_i^j \delta_n^k g^{bl} + F_{nb} F_{il} \delta_b^j \delta_l^k g^{ni} + F_{nb} F_{il} \delta_l^j \delta_b^k g^{ni} \right) \right] = \frac{\partial}{\partial g^{nb}} \left[-\frac{1}{32\pi} \right. \\
&\quad \left. \times \left(F_{jb} F_{kl} g^{bl} + F_{kb} F_{jl} g^{bl} + F_{nj} F_{ik} g^{ni} + F_{nk} F_{ij} g^{ni} \right) \right] = -\frac{1}{32\pi} [F_{jb} F_{kl} \\
&\quad + F_{kb} F_{jl}] \frac{\partial}{\partial g^{nb}} (g^{bl}) - \frac{1}{32\pi} [F_{nj} F_{ik} + F_{nk} F_{ij}] \frac{\partial}{\partial g^{nb}} (g^{ni}) = -\frac{1}{64\pi} [F_{jb} \\
&\quad \times F_{kl} + F_{kb} F_{jl}] (\delta_b^n \delta_l^b + \delta_l^n \delta_b^b) - \frac{1}{64\pi} [F_{nj} F_{ik} + F_{nk} F_{ij}] (\delta_n^n \delta_i^b + \delta_i^n \delta_n^b) \\
&= \frac{-1}{64\pi} [F_{jn} F_{kb} + F_{kn} F_{jb} + F_{kn} F_{jb} + F_{nj} F_{bk} + F_{nj} F_{bk} + F_{nk} F_{bj} + F_{bj} F_{nk} \\
&\quad + F_{bk} F_{nj}]_{\{F_{jk} = -F_{kj}\}} = -\frac{1}{16\pi} [F_{jn} F_{kb} + F_{kn} F_{jb} \delta_n^b \delta_b^n] = -\frac{1}{8\pi} F_{jn} F_{kb} \quad (3.23)
\end{aligned}$$

Manyetize sicim (MS) için ise L_m , T_{jk} ve θ_{jk} aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$L_m = L_m^{MS} = L_m^{KS} + L_m^{EM} = \rho - \frac{1}{16\pi} F_{nb} F_{il} g^{ni} g^{bl} \quad (3.24)$$

$$T_{jk} = T_{jk}^{MS} = T_{jk}^{KS} + T_{jk}^{EM} = \rho u_j u_k - \lambda x_j x_k + \frac{1}{4\pi} \left(\frac{1}{4} F_{nb} F^{nb} g_{jk} - F_{jn} F_{kb} g^{nb} \right) \quad (3.25)$$

$$\theta_{jk} = \theta_{jk}^{MS} = \theta_{jk}^{KS} + \theta_{jk}^{EM} = -3T_{jk} + \rho g_{jk} \quad (3.26)$$

Son olarak, Denklem 3.26'yı ve $h(T) = \mu T$ eşitliğini Denklem 3.16'da dikkate alırsak, $f(R, T)$ gravitasyon alan denklemleri,

$$G_{jk} = 4(2\pi + \mu)T_{jk} + (\mu T - 2\mu\rho + \Lambda)g_{jk} \quad (3.27)$$

şeklinde elde edilmiş olur. Burada, μ herhangi bir sabittir. Ayrıca, $f(R, T) = R + 2\mu T$ şeklinde olup, $\mu = 0$ için model kozmolojik terimli Genel Rölativite teorisine indirgenir.

Signatür -2 için modelde ele alınan evrenin fiziksel ve kinematik nicelikleri: u_j dörtlü hız vektörü, x_j sicimlerin yönünü gösteren uzaysal vektör (sicimlerin yönü x -yönünde alınmıştır), θ genişleme skaleri, \dot{u}_j ivme, σ_k^j Shear tensörü, σ^2 Shear skaleri, Δ anizotropi parametresi, H_j eksenler yönündeki Hubble parametresi, H Hubble parametresi, a ölçek çarpanı, V hacim ve q frenleme parametresi,

$$u_j = g_{jk} \frac{\delta_4^k}{\sqrt{g_{44}}} \quad (3.28)$$

$$x_j = g_{jk} \frac{\delta_1^k}{\sqrt{-g_{11}}} \quad (3.29)$$

$$\theta = u_{;j}^j, \quad u_{;k}^j = \frac{\partial u^j}{\partial x^k} + \Gamma_{kl}^j u^l, \quad u_{j;k} = \frac{\partial u_j}{\partial x^k} - \Gamma_{kl}^j u_l \quad (3.30)$$

$$\sigma_k^j = g^{jl} \left[\frac{1}{2} (u_{l;k} + u_{k;l} - \dot{u}_l u_k - \dot{u}_k u_l) - \frac{1}{3} \theta (g_{lk} - u_l u_k) \right], \quad \dot{u}_k = u_{k;j} u^j \quad (3.31)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{2} \sigma_{jk} \sigma^{jk}, \quad \sigma^{jk} = g^{jl} g^{ik} \sigma_{li} = g^{jl} \sigma_l^k \quad (3.32)$$

$$\Delta = \sum_{j=1}^3 \left(\frac{H - H_j}{H} \right)^2, \quad H_j = \frac{1}{\sqrt{-g_{jj}}} \frac{\partial \sqrt{-g_{jj}}}{\partial t} \quad (3.33)$$

$$H = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 H_j = \frac{\dot{a}}{a}, \quad a = V^{\frac{1}{3}} \quad (3.34)$$

$$q = -1 + \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{H} \right) = -\frac{a\ddot{a}}{\dot{a}^2} \quad (3.35)$$

ifadelerinden elde edilir. Burada, komoving koordinatlar $(x^1, x^2, x^3, x^4) = (x, y, z, t)$ şeklindedir. Ayrıca burada, t zamanın koordinatını, x, y ve z uzayın koordinatlarını, nokta (\cdot) t 'ye göre türevi, noktalı virgül $(;)$ ise kovaryant türevi göstermektedir.

Elektromanyetik alan için I. ve II. Grup Maxwell denklemleri,

$$F_{jk;i} + F_{ki;j} + F_{ij;k} = 0, \quad F_{;k}^{jk} = 0 \quad (3.36)$$

şeklinde tanımlıdır.

Son olarak, kırmızıya kayma hesaplarını yapmak için kırmızıya kayma ve ölçek çarpanı arasındaki,

$$z = \frac{a_0}{a} - 1 \quad (3.37)$$

ilişkiden yararlanılmıştır (Sahoo, Sahoo, Bishi, ve Aygün, 2017). Ayrıca, frenleme parametresi ve Hubble parametresi arasında aşağıdaki gibi,

$$H(z) = H_0 e^{\int_0^z \frac{1+q(u)}{1+u} du} \quad (3.38)$$

bir ilişki vardır (Xu, Li, ve Lu, 2009). Burada, $H_0 = H(z = 0)$ şeklindedir.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Marder Evreninde Manyetize Sicim Madde Dağılımı İçin f(R,T) Alan Denklemlerinin Oluşturulması

Kozmolojide evren modelleri, evrenin büyük ölçekli yapısıyla ilgilidir. Günümüz gözlem verilerine göre evrenimiz, büyük ölçekte ($> 100Mpc = 3,26 \times 10^8$ ışık yılı = $3,08 \times 10^{21}km$) homojen (evren içerisinde ayrıcalıklı bir yerin olmaması), izotrop (evrenin her yönde aynı özelliklere sahip olması) ve hemen hemen düzdür. Bu çalışmada, Büyük Patlama'dan genişlemenin sonlarına doğru gidildikçe günümüz evrenine (izotropiye) evrimleşebilme özelliğine sahip bir evren olan homojen ve anizotrop Marder evreni üzerine modellerimiz inşa edilmiştir. Topolojik bir uzay, metrik ile tasvir edilir. Marder metriği,

$$ds^2 = A^2(dt^2 - dx^2) - B^2dy^2 - C^2dz^2 \quad (4.1)$$

şeklinde tanımlıdır (Marder, 1958). Burada $A = A(t)$, $B = B(t)$ ve $C = C(t)$ metrik potansiyellerdir. Denklem 4.1'den g_{jk} metrik tensörü aşağıdaki gibi,

$$g_{jk} = \begin{bmatrix} -A^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -B^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -C^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A^2 \end{bmatrix}, \quad j, k = 1, \dots, 4 \quad (4.2)$$

elde edilir.

Komoving koordinat sisteminde kozmik madde dağılımının dörtlü hız vektörü $u_j = (0, 0, 0, A)$, sicimlerin yönünü gösteren uzaysal vektör $x_j = (-A, 0, 0, 0)$ olarak elde edilmiştir. Burada, sicimlerin yönünü x -eksenine paralel alınmıştır. Ayrıca, $u^j u_j = -x^j x_j = 1$ ve $u^j x_j = 0$ şeklindedir.

Marder evrenine ait, Shear tensörünün ve Ricci tensörünün sıfırdan farklı bileşenleri,

$$\sigma_x^x = \sigma_1^1 = \frac{1}{3A} \left(\frac{2\dot{A}}{A} - \frac{\dot{B}}{B} - \frac{\dot{C}}{C} \right) \quad (4.3)$$

$$\sigma_y^y = \sigma_2^2 = \frac{1}{3A} \left(\frac{2\dot{B}}{B} - \frac{\dot{A}}{A} - \frac{\dot{C}}{C} \right) \quad (4.4)$$

$$\sigma_z^z = \sigma_3^3 = \frac{1}{3A} \left(\frac{2\dot{C}}{C} - \frac{\dot{A}}{A} - \frac{\dot{B}}{B} \right) \quad (4.5)$$

$$R_{11} = \frac{1}{A^2} \left[A\ddot{A} - \dot{A}^2 + A\dot{A} \left(\frac{\dot{B}}{B} + \frac{\dot{C}}{C} \right) \right] \quad (4.6)$$

$$R_{22} = \frac{B(\dot{B}\dot{C} + C\ddot{B})}{A^2C} \quad (4.7)$$

$$R_{33} = \frac{C(\dot{B}\dot{C} + B\ddot{C})}{A^2B} \quad (4.8)$$

$$R_{44} = \frac{1}{A^2} \left[\dot{A}^2 - A\ddot{A} + \frac{A(\dot{A}\dot{B} - A\ddot{B})}{B} + \frac{A(\dot{A}\dot{C} - A\ddot{C})}{C} \right] \quad (4.9)$$

olarak elde edilmiştir. Ayrıca, hacim, Hubble parametresi, genişleme skaleri, Ricci skaleri, Shear skaleri ve anizotropi parametresi aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$V = a^3 = ABC \quad (4.10)$$

$$H = \frac{1}{3} \left(\frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{B}}{B} + \frac{\dot{C}}{C} \right) \quad (4.11)$$

$$\theta = \frac{1}{A} \left(\frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{B}}{B} + \frac{\dot{C}}{C} \right) \quad (4.12)$$

$$R = -2 \frac{A^2(\dot{B}\dot{C} + C\ddot{B}) + BC(-\dot{A}^2 + A\ddot{A}) + BA^2\ddot{C}}{A^4BC} \quad (4.13)$$

$$\sigma^2 = \frac{A^2C^2\dot{B}^2 - ABC\dot{B}(C\dot{A} + A\dot{C}) + B^2(C^2\dot{A}^2 - AC\dot{A}\dot{C} + A^2\dot{C}^2)}{3A^4B^2C^2} \quad (4.14)$$

$$\Delta = 2 \frac{A^2C^2\dot{B}^2 - ABC\dot{B}(C\dot{A} + A\dot{C}) + B^2(C^2\dot{A}^2 - AC\dot{A}\dot{C} + A^2\dot{C}^2)}{(AC\dot{B} + B(C\dot{A} + A\dot{C}))^2} \quad (4.15)$$

Bu çalışmada, elektromanyetik alan x -yönünde seçilmiştir. Dolayısıyla elektromanyetik alan tensörünün sadece $F_{23} = F_{23}(x, y, z, t)$ bileşeni sıfırdan farklıdır. Bu durumda, Denklem 3.36 ile tanımlanan Maxwell denklemlerinden,

$$\frac{\partial F_{23}}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial F_{23}}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial F_{23}}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial F_{23}}{\partial z} = 0 \quad (4.16)$$

elde edilir. Denklem 4.16'dan F_{23} bileşeni x , y , z ve t 'den bağımsız olur. Dolayısıyla elektromanyetik alanı karakterize eden F_{23} bileşeni sabit olur. Bu sabit bileşen,

$$F_{23} = \Phi \quad (4.17)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Burada, Φ bir sabittir.

Bu durumda, Denklem 3.25 ile tanımlı manyetize sicim için ifade edilen T_{jk} enerji momentum tensörü, matris formunda aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$T_{jk} = \begin{bmatrix} -\lambda A^2 - \frac{A^2 \Phi^2}{8\pi B^2 C^2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\Phi^2}{8\pi C^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\Phi^2}{8\pi B^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \rho A^2 + \frac{A^2 \Phi^2}{8\pi B^2 C^2} \end{bmatrix} \quad (4.18)$$

Ayrıca, enerji momentum tensörünün izi,

$$T = \rho + \lambda \quad (4.19)$$

şeklindedir.

Böylece, Denklem 4.1 metriği ile verilen uzay zamanı dolduran ve Denklem 4.18 enerji momentum tensörü ile ifade edilen manyetize sicim için Denklem 3.27 ile tanımlı kozmolojik terimli $f(R, T)$ gravitasyon alan denklemleri,

$$\frac{B\ddot{C} + C\ddot{B} + \dot{B}\dot{C}}{A^2 BC} - \frac{\dot{A}\dot{C}}{A^3 C} - \frac{\dot{A}\dot{B}}{A^3 B} = (8\pi + 5\mu)\lambda - \mu\rho + \Lambda + \left(1 + \frac{\mu}{2\pi}\right) \frac{\Phi^2}{B^2 C^2} \quad (4.20)$$

$$\frac{\ddot{C}}{A^2 C} + \frac{\ddot{A}}{A^3} - \frac{\dot{A}^2}{A^4} = \mu\lambda - \mu\rho + \Lambda - \left(1 + \frac{\mu}{2\pi}\right) \frac{\Phi^2}{B^2 C^2} \quad (4.21)$$

$$\frac{\ddot{B}}{A^2 B} + \frac{\ddot{A}}{A^3} - \frac{\dot{A}^2}{A^4} = \mu\lambda - \mu\rho + \Lambda - \left(1 + \frac{\mu}{2\pi}\right) \frac{\Phi^2}{B^2 C^2} \quad (4.22)$$

$$\frac{\dot{B}\dot{C}}{A^2 BC} + \frac{\dot{A}\dot{C}}{A^3 C} + \frac{\dot{A}\dot{B}}{A^3 B} = \mu\lambda + (8\pi + 3\mu)\rho + \Lambda + \left(1 + \frac{\mu}{2\pi}\right) \frac{\Phi^2}{B^2 C^2} \quad (4.23)$$

şeklinde olur. Burada, $\Phi = 0$ için alan denklemlerinin elektromanyetik alansız sicim kozmolojisindeki çözümleri elde edilir. Ayrıca, Denklem 4.21 ve Denklem 4.22'den B ve C metrik potansiyelleri arasında,

$$C\ddot{B} - B\ddot{C} = 0 \quad (4.24)$$

şeklinde bir ilişki vardır.

4.2. f(R,T) Alan Denklemlerinin Çözümlerinin Elde Edilmesi

Denklem 4.20, Denklem 4.21, Denklem 4.22, Denklem 4.23 ve Denklem 4.24'ten ρ enerji yoğunluğu, λ sicimin gerilim yoğunluğu, Λ kozmolojik terim ve ρ_p sicimlere iliştirilmiş parçacık enerji yoğunluğu,

$$\rho = \frac{\pi B^2 C^2 \dot{A}^2 - (2\pi + \mu)\Phi^2 A^4 - \pi AB^2 C^2 \ddot{A} + \pi ABC \left(C\dot{A}\dot{B} + (B\dot{A} + A\dot{B})\dot{C} \right)}{4\pi(2\pi + \mu)B^2 C^2 A^4} - \frac{\ddot{B}}{4(2\pi + \mu)A^2 B} \quad (4.25)$$

$$\lambda = \frac{-(2\pi + \mu)\Phi^2 A^4 + \pi B^2 C^2 \dot{A}^2 - \pi ABC \left(\dot{A}(C\dot{B} + B\dot{C}) + BC\ddot{A} + AC\ddot{B} \right)}{4\pi(2\pi + \mu)B^2 C^2 A^4} + \frac{\dot{B}\dot{C}}{4(2\pi + \mu)A^2 BC} \quad (4.26)$$

$$\Lambda = \frac{(2\pi + \mu)^2 \Phi^2 A^4 - 2\pi(2\pi + \mu)B^2 C^2 \dot{A}^2 + \mu\pi ABC \dot{A}(C\dot{B} + B\dot{C} + 2BC\ddot{A})}{2\pi(2\pi + \mu)B^2 C^2 A^4} + \frac{4\pi B\ddot{A} + (4\pi + \mu)A\ddot{B}}{2(2\pi + \mu)A^3 B} \quad (4.27)$$

$$\rho_p = \rho - \lambda = \frac{\dot{A}(C\dot{B} + B\dot{C}) - AC\ddot{B}}{2(2\pi + \mu)A^3 BC} \quad (4.28)$$

şeklinde metrik potansiyeller cinsinden elde edilir. Denklem 4.28'den görüleceği üzere; elektromanyetik alanların sicimlere iliştirilmiş parçacık enerji yoğunluğu üzerinde bir etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır.

Denklem 4.20, Denklem 4.21, Denklem 4.22 ve Denklem 4.23 ile verilen denklem sisteminin bilinmeyenleri A , B , C , ρ , λ ve Λ olup 6–bilinmeyenli, 4–lineer bağımsız denklem sisteminin çözümlerini kozmik zaman cinsinden elde etmek için ek iki denkleme ihtiyaç vardır. Bu ek denklemler, kozmik evrende fiziksel bir anlamı olacak biçimde aşağıdaki gibi seçilmiştir:

Galaksimiz yakınındaki günümüz kırmızıya kayma çalışmaları,

$$\frac{\sigma}{H} \leq 0.3 \quad (4.29)$$

oranıyla sınırlandırılmıştır (Tiwari, Agrawal, ve Shukla, 2016). Ayrıca, Collins, Glass, ve Wilkinson (1980) homojen metrikler için,

$$\frac{\sigma}{\theta} = \text{sabit} \quad (4.30)$$

olduğunu belirtmişlerdir. Denklem 4.29 ve Denklem 4.30'dan yola çıkarak homejen anizotrop metrikler için anizotropinin seçildiği yönde de Denklem 4.30'daki oran sabittir (Aktaş, Aygün, ve Sahoo, 2018). Bu çalışmada, homojen anizotrop Marder metriğinde anizotropinin yönü x -eksenine paralel alınmış olup, Denklem 4.30 aşağıdaki

$$\frac{\sigma_x^x}{\theta} = \xi = \text{sabit} \quad (4.31)$$

gibi tanımlanabilir. Bu durumda, Denklem 4.31'den,

$$A = \gamma(BC)^n \quad (4.32)$$

elde edilir. Burada, $n = \frac{3\xi+1}{2-3\xi}$ şeklinde, γ ise bir integral sabiti olup genelliği bozmayacak şekilde $\gamma = 1$ alınırsa, Denklem 4.32 aşağıdaki gibi

$$A = (BC)^n \quad (4.33)$$

olur. Burada Denklem 4.33, $f(R, T)$ alan denklemlerinin kozmik zaman cinsinden çözümlerini elde etmede kullanılan ilk ek denklemdir.

İkinci ek denklem olarak; Pacif, Myrzakulov, ve Myrzakul (2017) tarafından önerilen VI. modellerindeki Hubble parametresinden yararlanılmıştır. Hubble parametresi, şu şekilde önerilmiştir:

$$H = \frac{\beta}{\sqrt{t + \alpha}} \quad (4.34)$$

Burada, α ve β birer sabittir. Denklem 4.34'ten a ölçek çarpanı ve q frenleme parametresi aşağıdaki gibi,

$$a = c_1 e^{2\beta\sqrt{t+\alpha}} \quad (4.35)$$

$$q = -1 + \frac{1}{2\beta\sqrt{t+\alpha}} \quad (4.36)$$

elde edilir. Burada, c_1 bir sabittir. Denklem 4.35'ten V hacim,

$$V = c_1^3 e^{6\beta\sqrt{t+\alpha}} \quad (4.37)$$

olur. Son olarak, Denklem 4.10, Denklem 4.24, Denklem 4.33 ve Denklem 4.37 kullanılarak metrik potansiyelleri aşağıdaki gibi,

$$A = (c_1 e^{2\beta\sqrt{t+\alpha}})^{\frac{3n}{n+1}} \quad (4.38)$$

$$B = \frac{c_1^{\frac{3}{n+1}}}{c_3} e^{\frac{3\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1} + \frac{c_2(1+n)(1+n+6\beta\sqrt{t+\alpha})}{18\beta^2}} e^{-\frac{6\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}} \quad (4.39)$$

$$C = c_3 e^{\frac{3\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1} - \frac{c_2}{18\beta^2}((n+1)^2 + 6\beta(n+1)\sqrt{t+\alpha})} e^{-\frac{6\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}} \quad (4.40)$$

elde edilir. Metrik potansiyelleri kullanılarak; ρ enerji yoğunluğu, λ sicimin gerilim yoğunluğu, Λ kozmolojik terim, ρ_p sicimlere iliştilirilmiş parçacık enerji yoğunluğu, R Ricci skaleri ve T enerji momentum tensörünün izi kozmik zaman cinsinden aşağıdaki gibi,

$$\theta = \frac{3\beta}{c_1^{\frac{3n}{n+1}} (t+\alpha)^{\frac{1}{2}} e^{\frac{6n\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}}} \quad (4.41)$$

$$\Delta = \frac{1}{2} \left(2 - \frac{3}{n+1}\right)^2 + \frac{2c_2^2(t+\alpha)}{3\beta^2 e^{\frac{12\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}}} \quad (4.42)$$

$$\sigma^2 = \frac{4c_2^2(1+n)^2(t+\alpha) + 3\beta^2(2n-1)^2 e^{\frac{12\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}}}{4(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{n+1}} (t+\alpha) e^{12\beta\sqrt{t+\alpha}}} \quad (4.43)$$

$$\rho = -\frac{8c_2^2(1+n)^2(t+\alpha)^{\frac{3}{2}} - 3\beta[2n^2 + 1 + 3n(1 + 4\beta\sqrt{t+\alpha})] e^{\frac{12\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}}}{16(2\pi + \mu)(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{n+1}} (t+\alpha)^{\frac{3}{2}} e^{12\beta\sqrt{t+\alpha}}} - \frac{\Phi^2}{4\pi c_1^{\frac{6}{n+1}} e^{\frac{12\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}}} \quad (4.44)$$

$$\lambda = \frac{3\beta(-1+2n)(1+n-6\beta\sqrt{t+\alpha})}{16(2\pi+\mu)(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{n+1}} (t+\alpha)^{\frac{3}{2}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}}} - \frac{\Phi^2}{4\pi c_1^{\frac{6}{1+n}} e^{\frac{12\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}}} \quad (4.45)$$

$$\Lambda = \frac{4c_2^2(4\pi+\mu)(1+n)^2(t+\alpha)^{\frac{3}{2}} + 3\beta[-4\pi(1+n(3+2n)-3\beta\sqrt{t+\alpha})]}{8\pi(2\pi+\mu)(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{n+1}} (t+\alpha)^{\frac{3}{2}} e^{12\beta\sqrt{t+\alpha}}} - \frac{\mu(1+4n)(1+n-3\beta\sqrt{t+\alpha})}{8\pi c_1^{\frac{6n}{n+1}} (2\pi+\mu)(1+n)^2 (t+\alpha)^{\frac{3}{2}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}}} + \frac{(2\pi+\mu)\Phi^2}{2\pi c_1^{\frac{6}{n+1}} e^{\frac{12\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}}} \quad (4.46)$$

$$\rho_p = \frac{-4c_2^2(1+n)^2(t+\alpha)^{\frac{3}{2}} + 3\beta(1+n+3\beta(4n-1)\sqrt{t+\alpha})e^{\frac{12\beta\sqrt{t+\alpha}}{1+n}}}{8(2\pi+\mu)(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{1+n}} (t+\alpha)^{\frac{3}{2}} e^{12\beta\sqrt{t+\alpha}}} \quad (4.47)$$

$$R = \frac{3\beta(2(1+n)^2 - 9\beta\sqrt{t+\alpha})}{2(1+n)^2(t+\alpha)^{\frac{3}{2}} c_1^{\frac{6n}{1+n}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{t+\alpha}}{1+n}}} - \frac{2c_2^2}{c_1^{\frac{6n}{1+n}} e^{12\beta\sqrt{t+\alpha}}} \quad (4.48)$$

$$T = \frac{3\beta(2n(1+n) + 3\beta\sqrt{t+\alpha})}{8(2\pi+\mu)(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{1+n}} (t+\alpha)^{\frac{3}{2}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{t+\alpha}}{1+n}}} - \frac{c_2^2}{2(2\pi+\mu)c_1^{\frac{6n}{1+n}} e^{12\beta\sqrt{t+\alpha}}} - \frac{\Phi^2}{2\pi c_1^{\frac{6}{1+n}} e^{\frac{12\beta\sqrt{t+\alpha}}{1+n}}} \quad (4.49)$$

elde edilir. Ayrıca, $f(R, T)$ fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$f(R, T) = -\frac{3\beta((15\mu+36\pi)\beta\sqrt{t+\alpha} - 8\pi(1+n)^2 - 2\mu(1+n)(2+3n))}{4(2\pi+\mu)(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{n+1}} (t+\alpha)^{\frac{3}{2}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}}} - \frac{\mu(2\pi+\mu)\Phi^2 c_1^{\frac{6n}{n+1}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{t+\alpha}}{n+1}} - \pi(4\pi+3\mu)c_2^2 c_1^{\frac{6}{n+1}}}{\pi c_1^6 (2\pi+\mu) e^{12\beta\sqrt{t+\alpha}}} \quad (4.50)$$

4.3. Modeldeki Sabitlerin Belirlenmesi

Singüler noktalar, uzay veya uzay-zamanın dokusunu yıkıcı bir etkiye maruz bıraktığından oluşturulan evren modelinin singüler noktası olmayacak biçimde modeldeki sabitler üzerinde birtakım kısıtlamalar yapılır. Bu kısıtlamalarla birlikte kozmolojik parametrelerin hem evrendeki rolünü korumasını sağlayacak biçimde hem de günümüz verileriyle uyumlu olacak biçimde sabitler seçilir.

Modelde, $t \rightarrow 0$ genişlemenin başlangıcını, $t \rightarrow \infty$ ise genişlemenin sonlarını göstermektedir. Modelin sabitleri α , β , n , c_1 , c_2 , c_3 , μ ve Φ olup bu sabitler aşağıdaki

kısıtlamalara sahiptir.

Denklem 4.33 ile verilen $H = \frac{\beta}{\sqrt{t+\alpha}}$ Hubble parametresinin singüler noktası $t = -\alpha$ olup $t \geq 0$ olduğundan Hubble parametresinin singüler noktasının oluşmaması için $\alpha > 0$ olarak seçilmelidir. Öte yandan kozmik zamanın artan değerlerine karşılık Hubble parametresinin azalması için $\beta > 0$ alınmalıdır. Burada, $\beta \neq 0$ 'dır. Çünkü, genişleyen evren modellerde $H > 0$ 'dır. Statik evrenler için $H = 0$ 'dır. Kaldı ki, $\beta = 0$, Denklem 4.35 ile verilen $q = -1 + \frac{1}{2\beta\sqrt{t+\alpha}}$ frenleme parametresinin singüler noktasıdır.

Evren, $q(t_{tr}) = 0$ olduğu bir zamanda faz geçişine uğramıştır (Pacif, Myrzakulov ve Myrzakul, 2017). Burada, t_{tr} faz geçişinin (bu geçiş, günümüz modellerinde yavaşlayarak genişlemeden hızlanarak genişlemeye doğru olduğu kabul edilmektedir) olduğu zamandır. Denklem 4.35'ten,

$$t_{tr} = -\alpha + \frac{1}{4\beta^2} \quad (4.51)$$

şeklinde olup kozmik evrende faz geçişi Büyük Patlamadan sonra gerçekleştiği için $t_{tr} = -\alpha + \frac{1}{4\beta^2} > 0 \Rightarrow \alpha\beta^2 - \frac{1}{4} < 0 \Rightarrow \beta\sqrt{\alpha} < 0.5$ olmalıdır. Ayrıca, $\beta\sqrt{\alpha} > 0.5$ faz geçişinin olmadığı evrene karşılık gelmektedir. Burada, bir diğer nokta: faz geçişinin olduğu evrende bu geçiş yavaşlayarak genişlemeden hızlanarak genişlemeye mi yoksa hızlanarak genişlemeden yavaşlayarak genişlemeye mi oluyor ya da faz geçişin olmadığı evrenin her zaman yavaşlayarak mı genişliyor yoksa her zaman hızlanarak mı genişliyor olduğunu ayırt etmektir. Bunun için frenleme parametresinin $t = 0$ 'daki değerine bakılır. Faz geçişinin olduğu evren için: $t = 0, q > 0$ ise evrenin yavaşlayarak genişlemeden hızlanarak genişlemeye geçtiğini, $t = 0, q < 0$ ise evrenin hızlanarak genişlemeden yavaşlayarak genişlemeye geçtiği anlaşılır. Faz geçişinin olmadığı evren için: $t = 0, q > 0$ ise evrenin her zaman yavaşlayarak genişlediğini, $t = 0, q < 0$ ise evrenin her zaman hızlanarak genişlediği anlaşılır. Şu halde faz geçişinin olduğu evren için yani $\beta\sqrt{\alpha} < 0.5$ durumunda $t = 0, q > 0$ olduğundan evren yavaşlayarak genişlemeden hızlanarak genişlemeye geçiyor, faz geçişinin olmadığı evren için ise yani $\beta\sqrt{\alpha} > 0.5$ durumunda $t = 0, q < 0$ olduğundan evren her zaman hızlanarak genişlemektedir. Ayrıca, faz geçişinin olduğu zamanda evren sabit hızla genişlemektedir.

Denklem 4.34 ile verilen a ölçek çarpanını ve Denklem 4.40 ile verilen C metrik poansiyelini göz önüne alırsak; evren sıfırdan başlamadığından ve evren dinamik olduğundan kozmik zamanın artan değerlerine karşılık ölçek çarpanı dolayısıyla metrik potansiyelleri sabit olamaz artan değerler alır. O halde $c_1 > 0$ ve $c_3 > 0$ olacak şekilde seçilmelidir. Ayrıca, $c_3 = 0$, B metrik potansiyelinin singüler noktasıdır. $c_1 = 0, n = -1$,

$\mu = -2\pi$ ve $t = -\alpha$, enerji yoğunluğunun, sicimin gerilim yoğunluğunun, kozmolojik terimin, sicimlere iliştilmiş parçacık enerji yoğunluğunun ve $f(R, T)$ fonksiyonunun singüler noktaları olup $c_1 \neq 0$, $n \neq -1$, $\mu \neq -2\pi$ ve $t \neq -\alpha$ olacak şekilde seçilmelidir ve elektromanyetik alanlı çözümler elde etmek için $\Phi \neq 0$ olmalıdır.

Şimdi, çeşitli astrofiziksel gözlem verilerinden elde edilen q_0 (frenleme parametresinin günümüz değeri) değerleri ile modeli kısıtlayarak modelin sabitlerinin seçimini yapalım.

Tablo 1
Çeşitli gözlem verilerinden elde edilen q_0 değerleri

Veri/ Veri Seti	q_0	Referans
SN Ia	-0.73	(Cunha, 2009)
SN Ia+BAO+H(z)	$-0.658^{+0.061}_{-0.057}$	(Xu ve diğerleri, 2009)
SN Ia+BAO/CMB+H(z)	$-0.54^{+0.05}_{-0.07}$	(Santos, Reis, ve Waga, 2016)
CC+SN Ia+BAO+R18	$-0.57^{+0.05}_{-0.05}$	(Haridasu, Luković, Moresco, ve Vittorio, 2018)

Burada, SN Ia: Type Ia Supernovae, BAO: Baryon Acoustic Oscillations, H(z): Hubble parametresi (OHD: Observational Hubble Data), CC: Cosmic Chronometers, CMB: Cosmic Microwave Background ve R18: Riess 2018 şeklindedir. Modelin, Tablo 1'deki q_0 değerleriyle uyumlu olmasını sağlayan modelin sabitleri aşağıdaki gibi seçmiştir.

Tablo 2
Modelin, Tablo 1'deki gözlem verilerinden elde edilen q_0 değerleriyle uyumlu olmasını sağlayan α ve β sabitinin karşılık geldiği değerler ve bu değerlerle birlikte alınan diğer sabitler için seçilen değerler

Veri	α	β	c_1	c_2	μ	c_3	n	Φ
SN Ia	0.98	0.481692	0.0296321	4.5	-0.1	1	0.5	0.001
	0.88	0.48333	0.0246321	4.4	-0.1	1	0.5	0.001
	0.78	0.484984	0.0196321	4.3	-0.1	1	0.5	0.001
SN Ia+BAO+H(z)	1.8	0.314125	0.0547199	1.5	23.0	1	0.5	0.001
	1.7	0.371345	0.0537199	1.7	23.0	1	0.5	0.001
	1.2	0.45298	0.0527199	1.85	23.0	1	0.5	0.001
SN Ia+BAO/CMB+H(z)	2.1	0.2458675	0.1107319	1.06	-0.1	1	0.5	0.001
	2.2	0.271739	0.1137319	1.25	-0.1	1	0.5	0.001
	2.3	0.319516	0.1137319	1.74	-0.1	1	0.5	0.001
CC+SN Ia+BAO+R18	2.0	0.2620595	0.1287266	1.1	-0.1	1	0.5	0.001
	1.9	0.293462	0.0977266	1.55	-0.1	1	0.5	0.001
	2.0	0.331023	0.06177266	2.1	-0.1	1	0.5	0.001

Burada, her bir gözlem için seçilen sabitlerin orta değeri gözlem verilerinin uyum değerlerine, alt ve üst değerler ise hata aralığının uç noktalarına karşılık gelmektedir. Ayrıca, burada, α ve β , q_0 'ın belirlenmesinde c_1 , a_0 'ın belirlenmesinde ve n anizotropiden izotropiye geçişin belirlenmesinde kullanılmıştır. Diğer sabitler ise parametrelerin evrendeki rolünü koruyacak biçimde seçilmiştir.

4.4. Hata Aralıklarının Kırmızıya Kaymada Bazı Uygulamaları

Bu başlık altında, hata aralıklarının kozmik zaman çalışması yanında kırmızıya kayma çalışmasının da sunulması amaçlanmıştır. Bu çalışma, bir uygulama niteliği taşımaktadır. Şimdi, keyfi bir evren modelini göz önüne alalım. Bu modelin ölçek çarpanı aşağıdaki gibi tanımlansın:

$$a = \left(\frac{kt}{2m - kt} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (4.52)$$

Burada, k ve m birer sabittir. Bu ölçek çarpanı, Akarsu ve Dereli (2012) tarafından önerilen kozmik zamanla lineer olarak değişen $q = -kt + m - 1$ frenleme parametresinden elde edilen ölçek çarpanının genelliği bozmayacak şekilde alınan bir özel halidir. Bu durumda, Denklem 4.52'den frenleme parametresi ve Hubble parametresi,

$$q = -\frac{a\ddot{a}}{\dot{a}^2} = -kt + m - 1 \quad (4.53)$$

$$H = \frac{\dot{a}}{a} = \frac{2}{t(2m - kt)} \quad (4.54)$$

şeklinde elde edilir. Denklem 3.37, Denklem 3.38, Denklem 4.52 ve Denklem 4.53 kullanılarak frenleme parametresi ve Hubble parametresi kırmızıya kayma cinsinden,

$$q = -1 + m - \frac{2m}{1 + \frac{(1+z)^m}{-1 + \frac{2m}{1+m+q_0}}} \quad (4.55)$$

$$H = H_0 \frac{(-1 + m - q_0 + (1 + m + q_0)(1 + z)^m)^2}{4m^2(1 + z)^m} \quad (4.56)$$

yukarıdaki gibi elde edilir. Burada, $q_0 = q(z = 0)$ şeklindedir.

Şimdi, çeşitli astrofiziksel gözlem verilerinden elde edilen q_0 ve z_{tr} değerleri ile modeli kısıtlayarak modelin sabitlerinin seçimini yapalım. Burada, z_{tr} kırmızıya kaymadaki faz geçiş noktasıdır.

Tablo 3

Çeşitli gözlem verilerinden elde edilen q_0 ve z_{tr} değerleri

Veri/ Veri Seti	q_0	z_{tr}	Referans
SN Ia	-0.73	$0.49^{+0.14}_{-0.07}$	(Cunha, 2009)
SN Ia+BAO+H(z)	$-0.658^{+0.061}_{-0.057}$	$0.592^{+0.099}_{-0.064}$	(Xu ve diğerleri, 2009)
SN Ia+BAO/CMB+H(z)	$-0.54^{+0.05}_{-0.07}$	$0.66^{+0.03}_{-0.04}$	(Santos ve diğerleri, 2016)
CC+SN Ia+BAO+R18	$-0.57^{+0.05}_{-0.05}$	$0.74^{+0.09}_{-0.07}$	(Haridasu ve diğerleri, 2018)

Modelin, Tablo 3'teki gözlem verilerinden elde edilen q_0 ve z_{tr} değerleriyle uyumlu olmasını sağlayan modelin sabitleri aşağıdaki gibi seçilmiştir.

Tablo 4

Modelin, Tablo 3'teki gözlem verilerinden elde edilen q_0 ve z_{tr} değerleriyle uyumlu olmasını sağlayan modelin sabitlerinin karşılık geldiği değerler

Veri	k	m
SN Ia	0.1152	1.8604
	0.1279	2.0321
	0.1363	2.1516
SN Ia+BAO+H(z)	0.0925	1.6797
	0.1077	1.8277
	0.1215	1.9622
SN Ia+BAO/CMB+H(z)	0.0772	1.5757
	0.0860	1.6472
	0.0987	1.7514
CC+SN Ia+BAO+R18	0.0756	1.5234
	0.0862	1.6200
	0.0970	1.7183

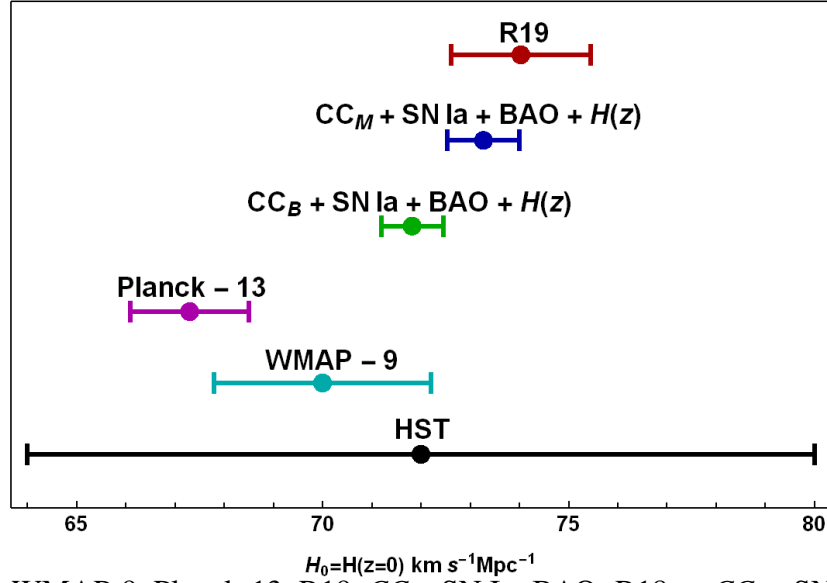
Ayrıca model, aşağıdaki gözlem verilerinden elde edilen $H(z = 0)$ değerleriyle kısıtlanmıştır.

Tablo 5

R19, CC_B +SN Ia+BAO+R18 ve CC_M +SN Ia+BAO+R18 gözlem verilerinden elde edilen H_0 değerleri)

Veri	$H(z = 0) [km s^{-1} Mpc^{-1}]$	Referanslar
R19	$74.03^{+1.42}_{-1.42}$	(Riess, Casertano, Yuan, Macri, ve Scolnic, 2019)
CC_B +SN Ia+BAO+R18	$71.82^{+0.63}_{-0.63}$	(Haridasu ve diğerleri, 2018)
CC_M +SN Ia+BAO+R18	$73.27^{+0.73}_{-0.73}$	(Haridasu ve diğerleri, 2018)

Burada, R19: Riess 2019 şeklindedir. Sırasıyla, HST (Hubble Space Telescope), WMAP-9 (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe-9 year) ve Planck-13 (Planck 2013) verilerinden elde edilen $H_0 = 72_{-8}^{+8} \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, $H_0 = 70_{-2.2}^{+2.2} \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ ve $H_0 = 67.3_{-1.2}^{+1.2} \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ (Planck Collaboration ve diğeri, 2014) değerleriyle birlikte Tablo 5'teki veriler grafiksel olarak aşağıdaki gibi verilebilir.



Şekil 6. HST, WMAP-9, Planck-13, R19, $CC_B + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ ve $CC_M + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$, gözlem verilerinden elde edilen H_0 değerleri

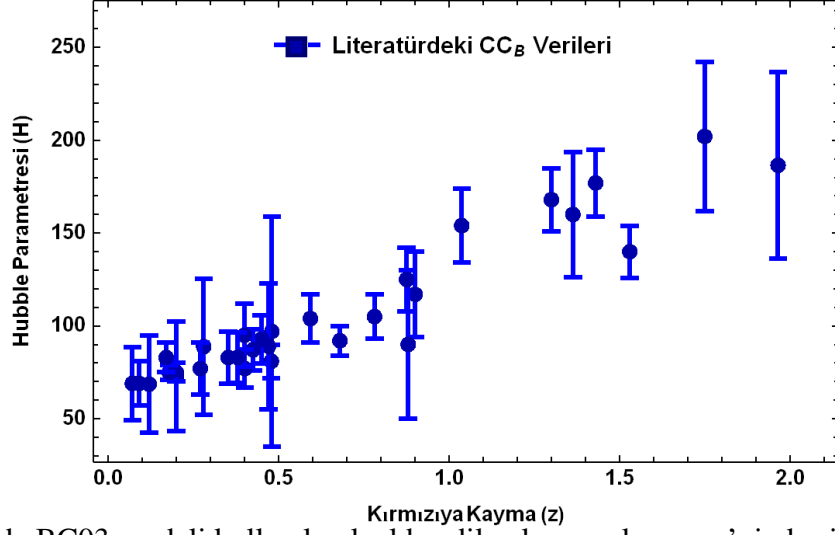
Son olarak, çeşitli gözlem verileriyle kısıtlanmış modelin Tablo 6'daki kırmızı kayma z 'nin kesin değerlerine karşılık gelen $H(z)$ değerleri ile uyumluluğu incelenecektir.

Tablo 6

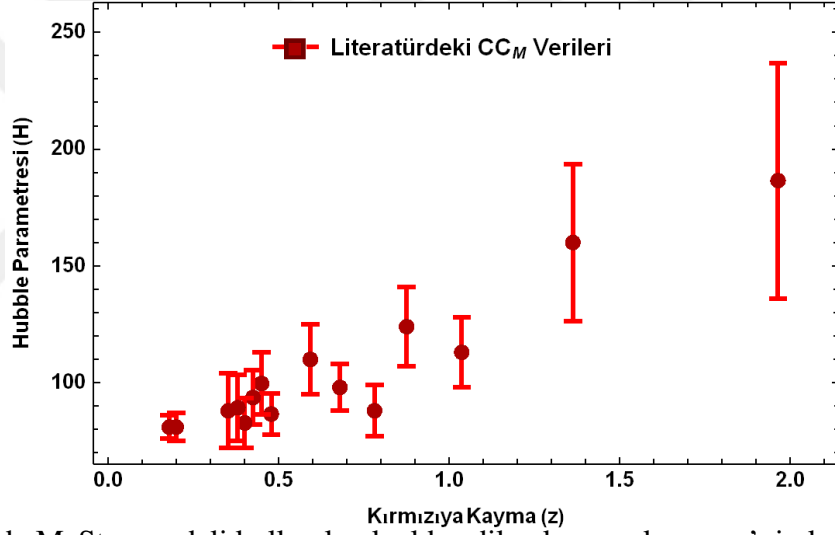
BC03 ve MaStro modelleri kullanılarak elde edilen kırmızı kayma z 'nin kesin değerlerine karşılık gelen $H(z)$ değerleri (literatürdeki CC verileri)

z	$H(z)$ [$kms^{-1}Mpc^{-1}$]		Referanslar
	BC03 (CC_B)	MaStro (CC_M)	
0.0708	69.0 ± 19.68	-	(Zhang ve diğerleri, 2014)
0.09	69.0 ± 12.0	-	(Simon, Verde, ve Jimenez, 2005)
0.12	68.6 ± 26.2	-	(Zhang ve diğerleri, 2014)
0.17	83.0 ± 8.0	-	(Simon ve diğerleri, 2005)
0.1791	75.0 ± 4.0	81.0 ± 5.0	(Moresco ve diğerleri, 2012)
0.1993	75.0 ± 5.0	81.0 ± 6.0	(Moresco ve diğerleri, 2012)
0.2	72.9 ± 29.6	-	(Zhang ve diğerleri, 2014)
0.27	77.0 ± 14.0	-	(Simon ve diğerleri, 2005)
0.28	88.8 ± 36.6	-	(Zhang ve diğerleri, 2014)
0.3519	83.0 ± 14.0	88.0 ± 16.0	(Moresco ve diğerleri, 2012)
0.3802	83.0 ± 13.5	89.3 ± 14.1	(Moresco ve diğerleri, 2016)
0.4	95.0 ± 17.0	-	(Simon ve diğerleri, 2005)
0.4004	77.0 ± 10.2	82.8 ± 10.6	(Moresco ve diğerleri, 2016)
0.4247	87.1 ± 11.2	93.7 ± 11.7	(Moresco ve diğerleri, 2016)
0.4497	92.8 ± 12.9	99.7 ± 13.4	(Moresco ve diğerleri, 2016)
0.47	89.0 ± 34.0	-	(Ratsimbazafy ve diğerleri, 2017)
0.4783	80.9 ± 9.0	86.6 ± 8.7	(Moresco ve diğerleri, 2016)
0.48	97.0 ± 62.0	-	(Stern, Jimenez, Verde, Stanford, ve Kamionkowski, 2010)
0.5929	104.0 ± 13.0	110.0 ± 15.0	(Moresco ve diğerleri, 2012)
0.6797	92.0 ± 8.0	98.0 ± 10.0	(Moresco ve diğerleri, 2012)
0.7812	105.0 ± 12.0	88.0 ± 11.0	(Moresco ve diğerleri, 2012)
0.8754	125.0 ± 17.0	124.0 ± 17.0	(Moresco ve diğerleri, 2012)
0.88	90.0 ± 40.0	-	(Stern ve diğerleri, 2010)
0.9	117.0 ± 23.0	-	(Stern ve diğerleri, 2010)
1.037	154.0 ± 20.0	113.0 ± 15.0	(Moresco ve diğerleri, 2012)
1.3	168.0 ± 17.0	-	(Stern ve diğerleri, 2010)
1.363	160.0 ± 33.6	160.0 ± 33.6	(Moresco, 2015)
1.43	177.0 ± 18.0	-	(Stern ve diğerleri, 2010)
1.53	140.0 ± 14.0	-	(Stern ve diğerleri, 2010)
1.75	202.0 ± 40.0	-	(Stern ve diğerleri, 2010)
1.965	186.5 ± 50.4	186.5 ± 50.4	(Moresco, 2015)

(Haridasu ve diğerleri, 2018). Tablo 6'daki veriler grafiksel olarak,



Şekil 7. CC'de BC03 modeli kullanılarak elde edilen kırmızı kayma z 'nin kesin değerlerine karşılık gelen $H(z)$ değerleri



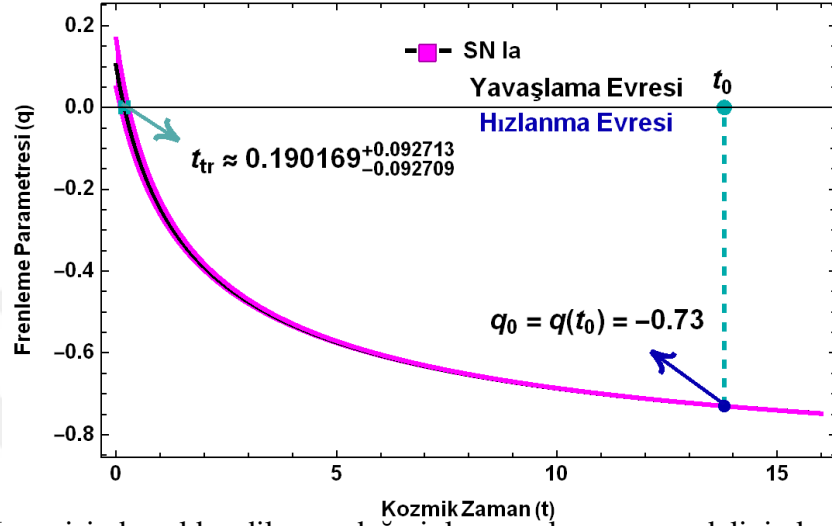
Şekil 8. CC'de MaStro modeli kullanılarak elde edilen kırmızı kayma z 'nin kesin değerlerine karşılık gelen $H(z)$ değerleri

şeklinde verilebilir.

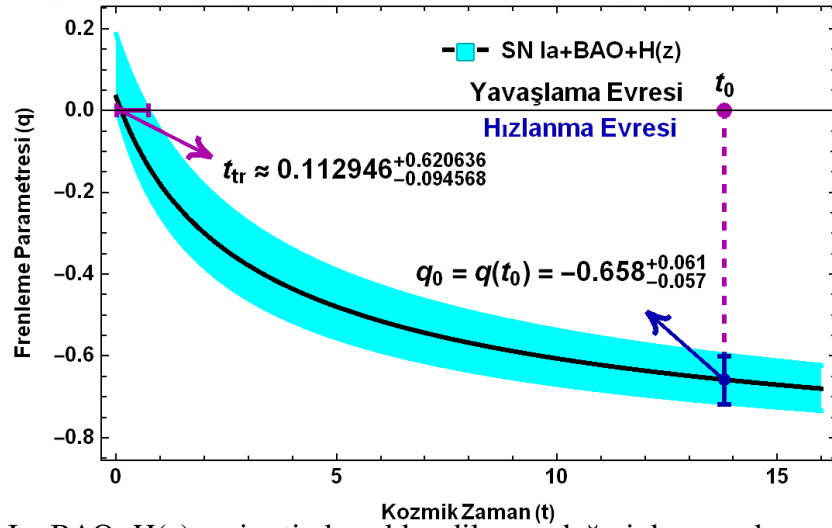
Bu çalışmada, evrenin yaşı $t_0 = 13.8 \text{ Gyr}$ olarak SN Ia+OHD veri setinden elde edilen değer baz alınmıştır (Singh ve Kumar, 2020).

BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER

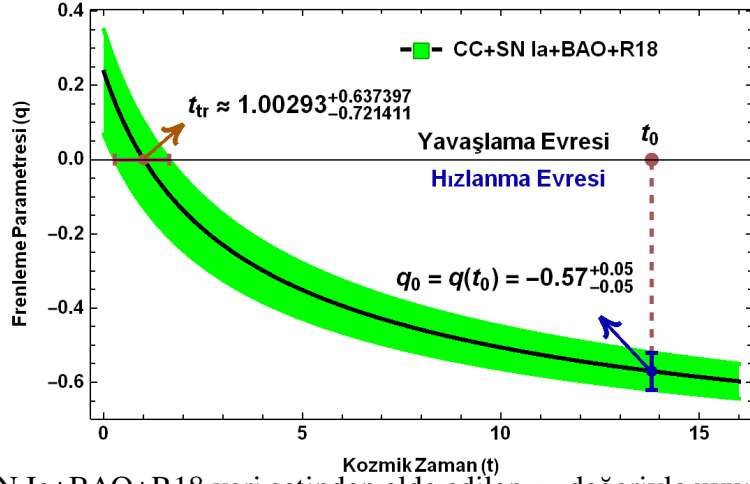
Sicim kozmolojisinde elektromanyetik alanın varlığında Marder evreni için ele alınan evren modelinin sonuçları aşağıdaki gibi verilmiştir:



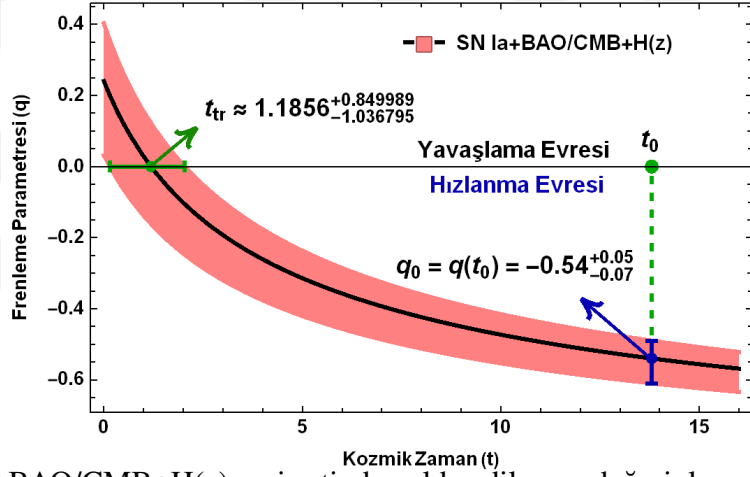
Şekil 9. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi



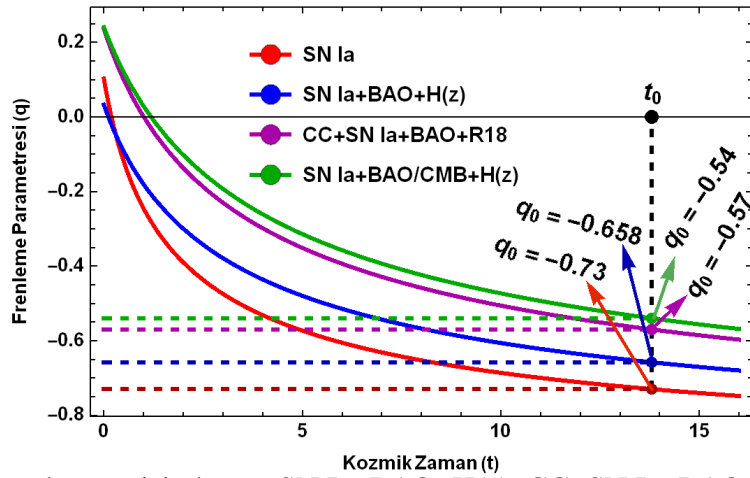
Şekil 10. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi



Şekil 11. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi



Şekil 12. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi

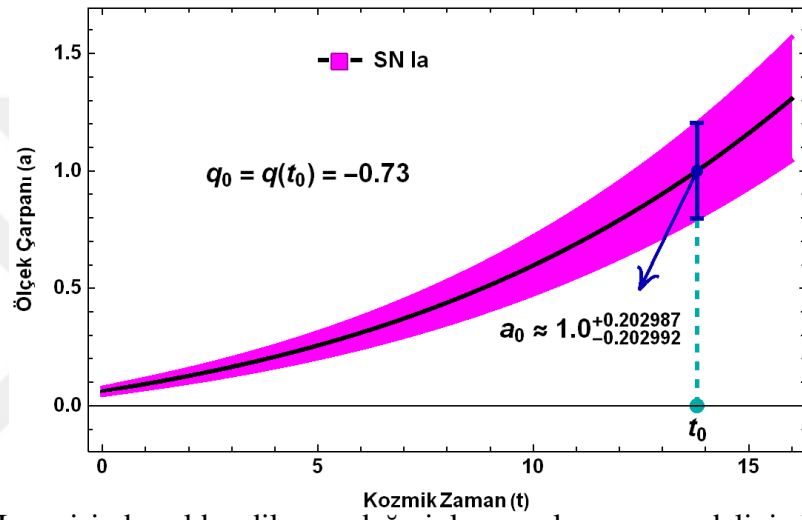


Şekil 13. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi

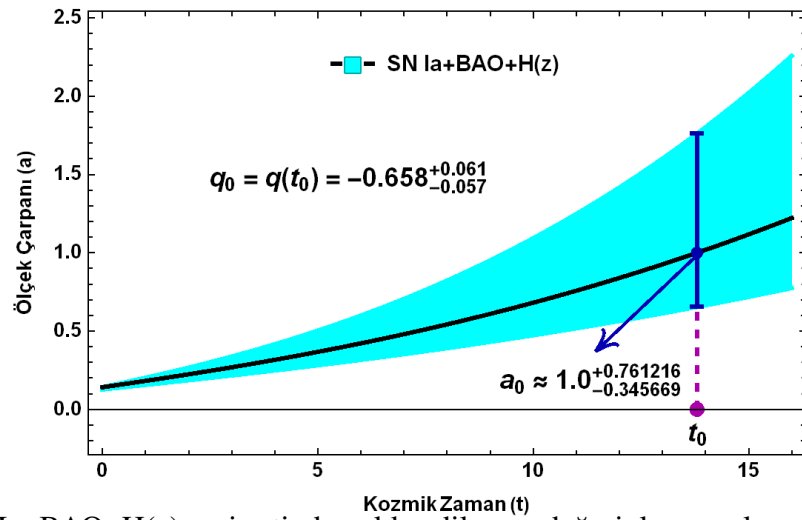
Tablo 7

SN Ia verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamandaki limit durumları

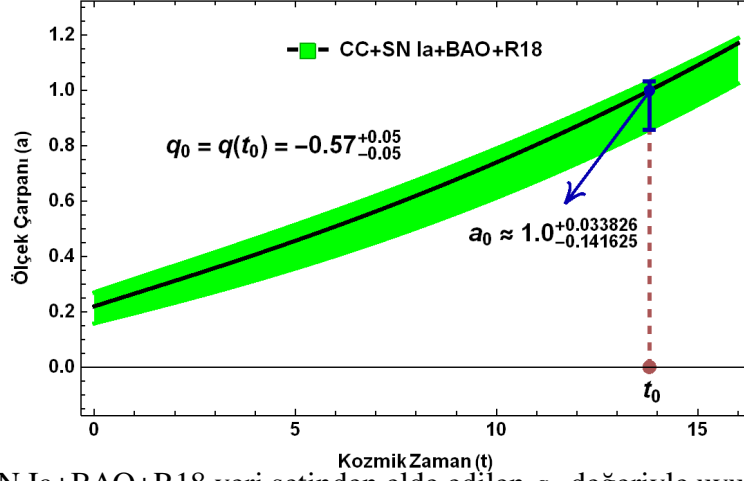
Veri/ Veri Seti	$t \rightarrow 0$	$t \rightarrow t_0$	$t \rightarrow \infty$
	$q \rightarrow -1 + \frac{1}{2\beta\sqrt{\alpha}}$	$q \rightarrow -1 + \frac{1}{2\beta\sqrt{t_0+\alpha}}$	$q \rightarrow -1$
SN Ia	$0.103^{+0.065}_{-0.054}$	-0.73	-1.0
SN Ia+BAO+H(z)	$0.033^{+0.154}_{-0.025}$	$-0.658^{+0.061}_{-0.057}$	-1.0
CC+SN Ia+BAO+R18	$0.236^{+0.113}_{-0.168}$	$-0.57^{+0.05}_{-0.05}$	-1.0
SN Ia+BAO/CMB+H(z)	$0.241^{+0.163}_{-0.209}$	$-0.54^{+0.05}_{-0.07}$	-1.0



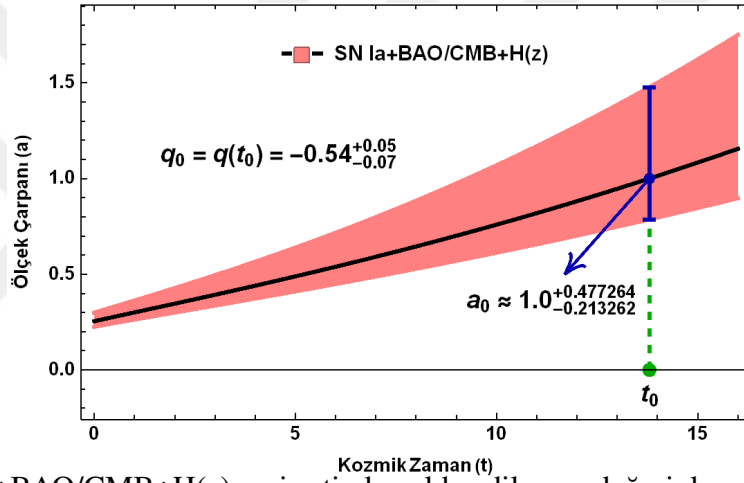
Şekil 14. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpanının kozmik zamana göre evrimi



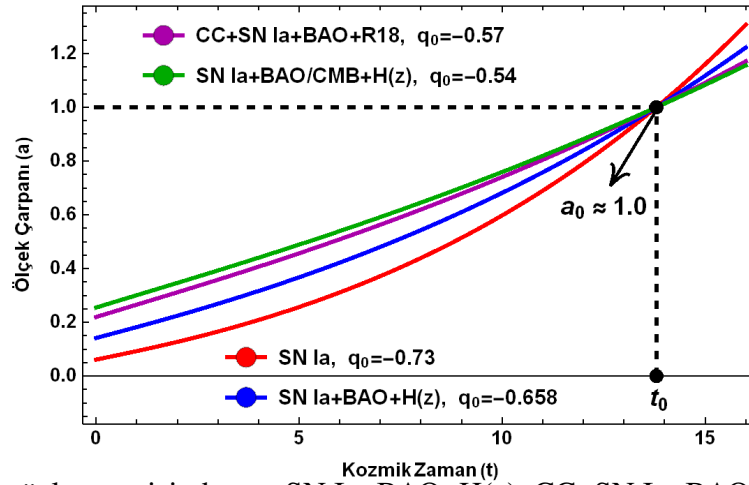
Şekil 15. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpanının kozmik zamana göre evrimi



Şekil 16. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpımının kozmik zamana göre evrimi



Şekil 17. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpımının kozmik zamana göre evrimi

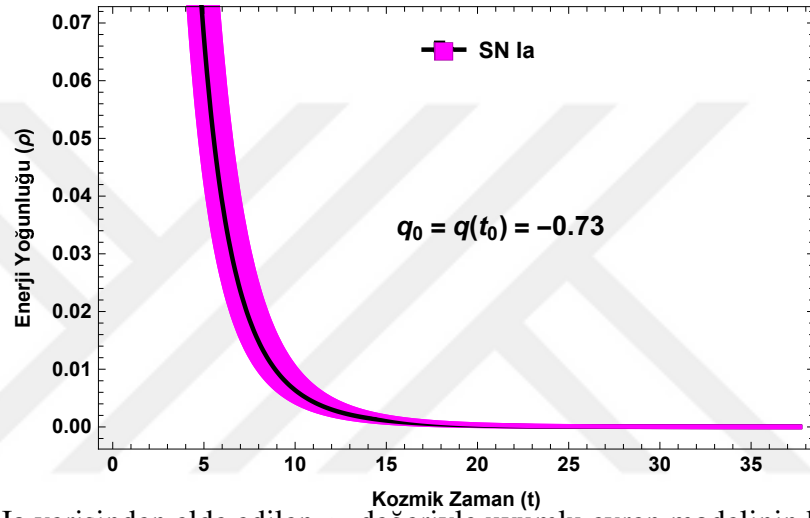


Şekil 18. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpımının kozmik zamana göre evrimi

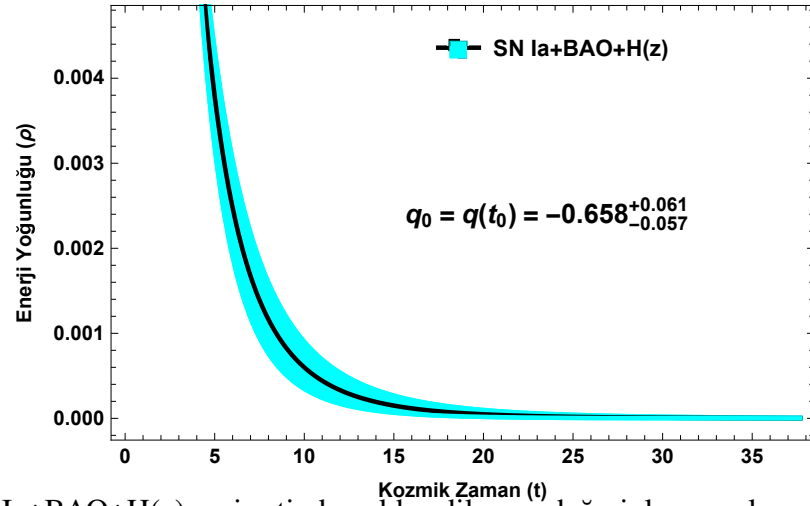
Tablo 8

SN Ia verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği ölçek çarpanının kozmik zamandaki limit durumları

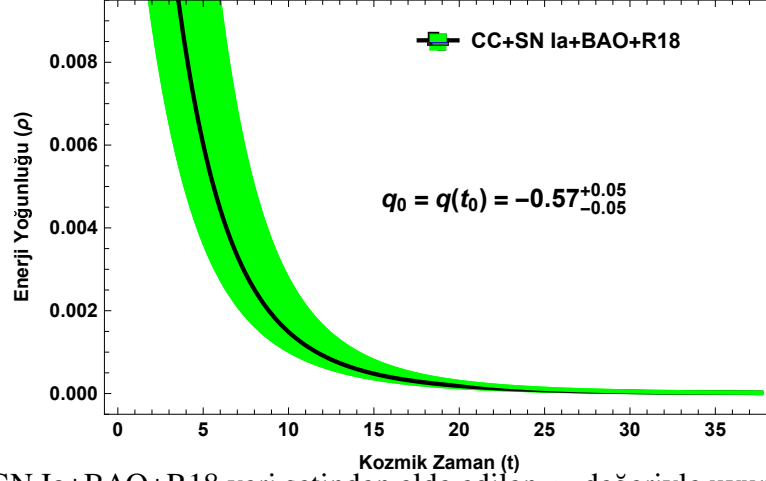
Veri/ Veri Seti	$t \rightarrow 0$	$t \rightarrow t_0$	$t \rightarrow \infty$
	$a \rightarrow c_1 e^{2\beta\sqrt{\alpha}}$	$a \rightarrow c_1 e^{2\beta\sqrt{t_0+\alpha}}$	$a \rightarrow \infty, (c_1, \beta > 0)$
SN Ia	$0.061^{+0.016}_{-0.015}$	$1.0^{+0.203}_{-0.203}$	∞
SN Ia+BAO+H(z)	$0.141^{+0.001}_{-0.014}$	$1.0^{+0.761}_{-0.346}$	∞
CC+SN Ia+BAO+R18	$0.219^{+0.051}_{-0.062}$	$1.0^{+0.034}_{-0.142}$	∞
SN Ia+BAO/CMB+H(z)	$0.255^{+0.045}_{-0.029}$	$1.0^{+0.477}_{-0.213}$	∞



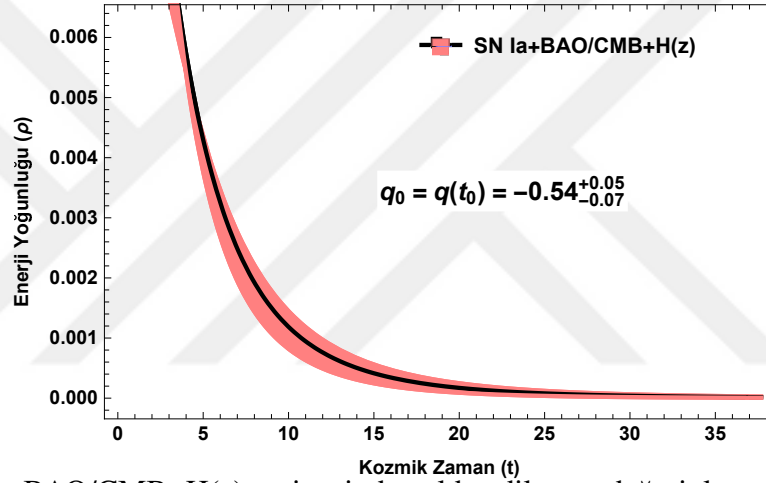
Şekil 19. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



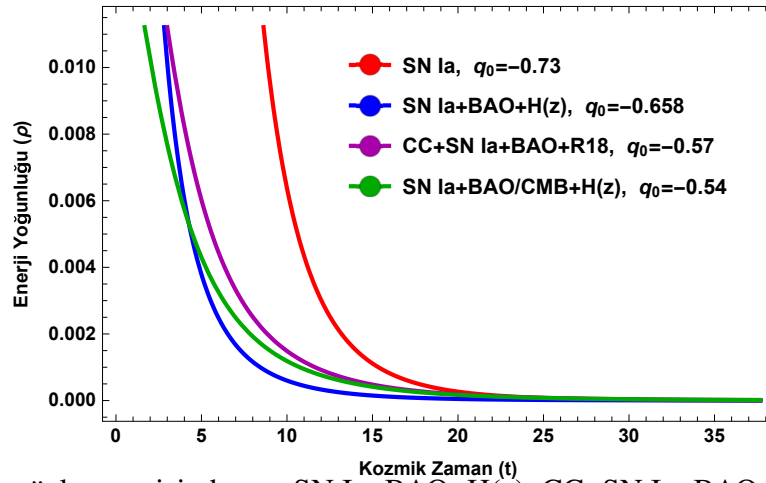
Şekil 20. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



Şekil 21. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



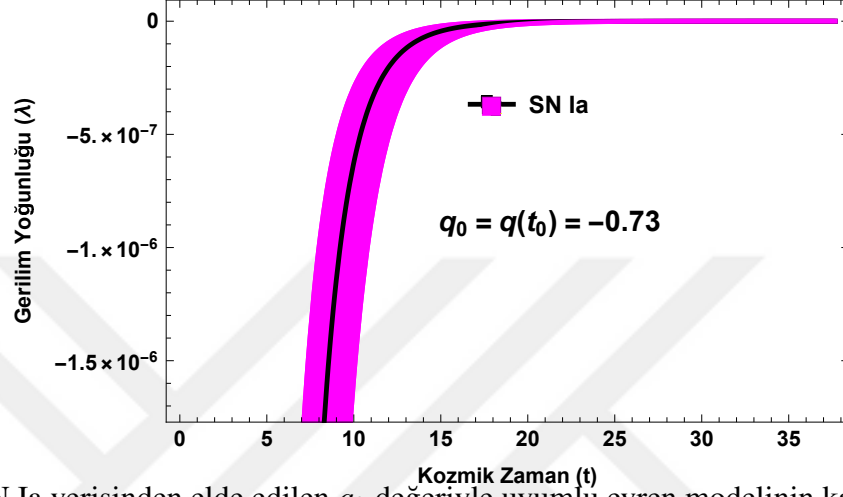
Şekil 22. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



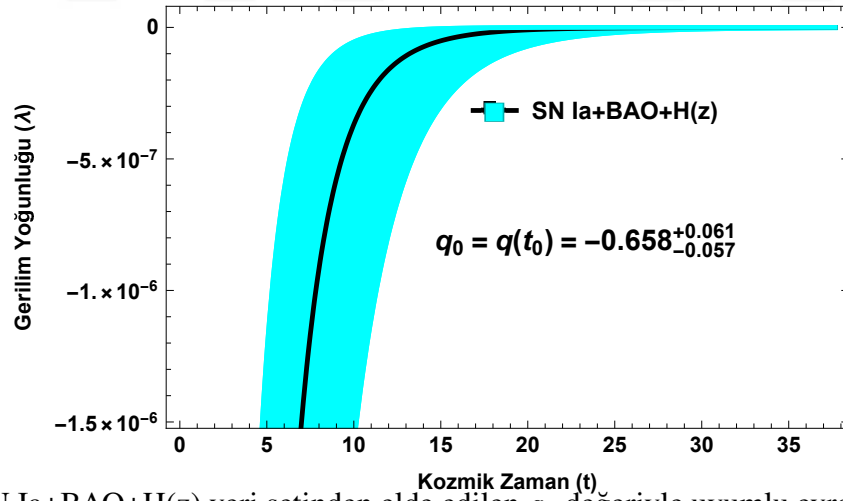
Şekil 23. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \rho = 0, \quad (0 < n < 1, \beta > 0) \quad (5.1)$$

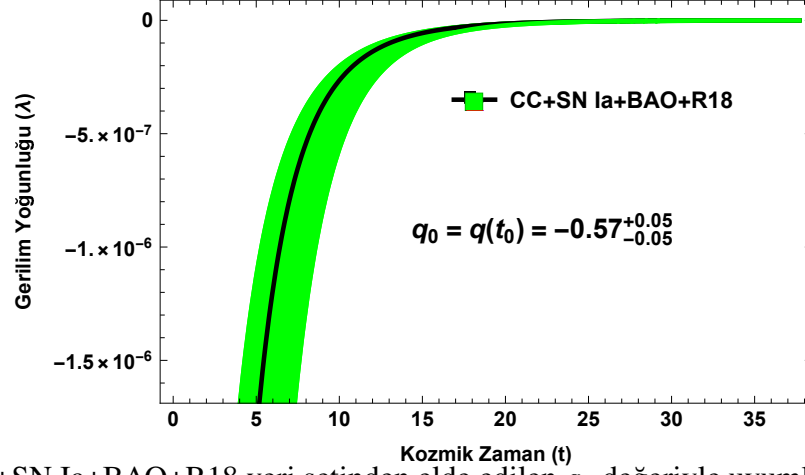
$$\lim_{t \rightarrow 0} \rho = \frac{-8c_2^2 \alpha^{\frac{3}{2}} (1+n)^2 + 3\beta(1+n(3+2n+12\beta\sqrt{\alpha})) e^{\frac{12\beta\sqrt{\alpha}}{1+n}}}{16(2\pi+\mu)\alpha^{\frac{3}{2}}(1+n)^2 e^{12\beta\sqrt{\alpha}} c_1^{\frac{6n}{1+n}}} - \frac{\Phi^2}{4\pi c_1^{\frac{6}{1+n}} e^{\frac{12\beta\sqrt{\alpha}}{1+n}}} \quad (5.2)$$



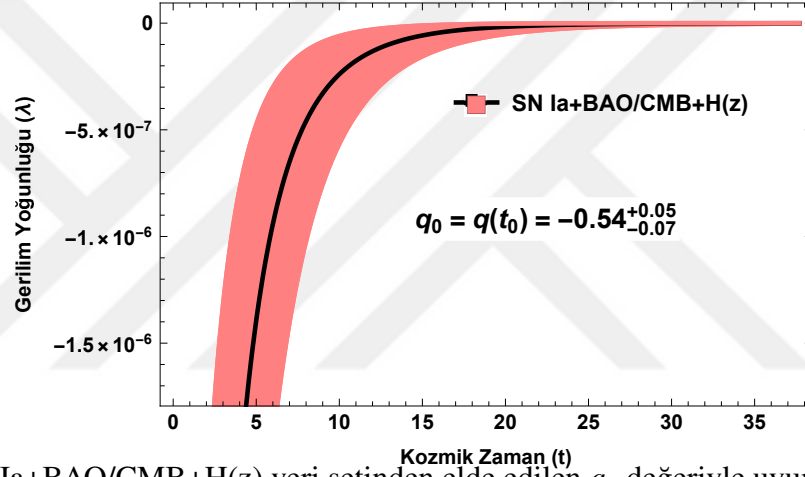
Şekil 24. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği gerilim yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



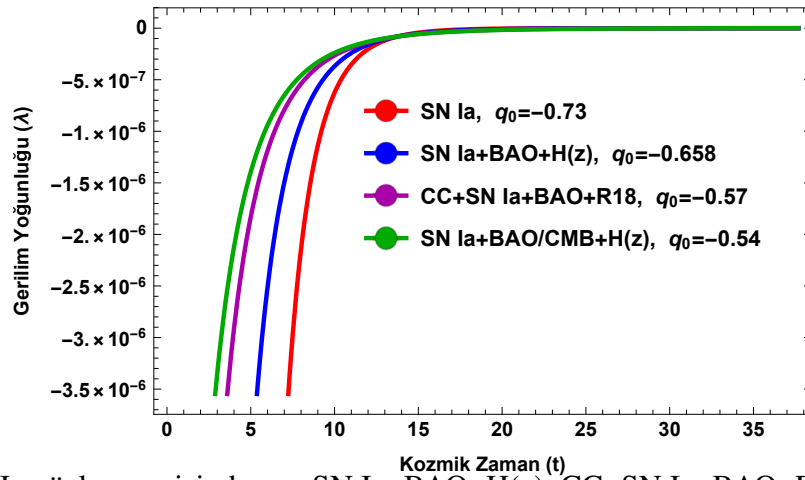
Şekil 25. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği gerilim yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



Şekil 26. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği gerilim yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



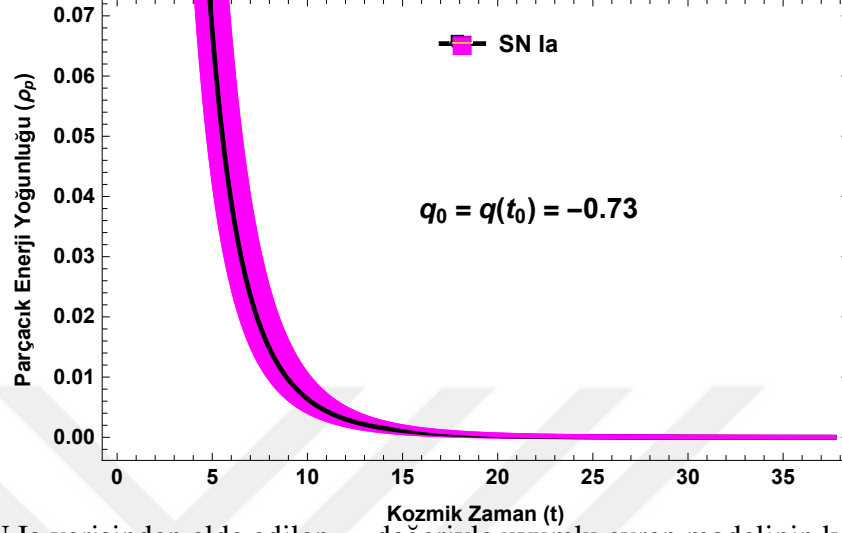
Şekil 27. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği gerilim yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



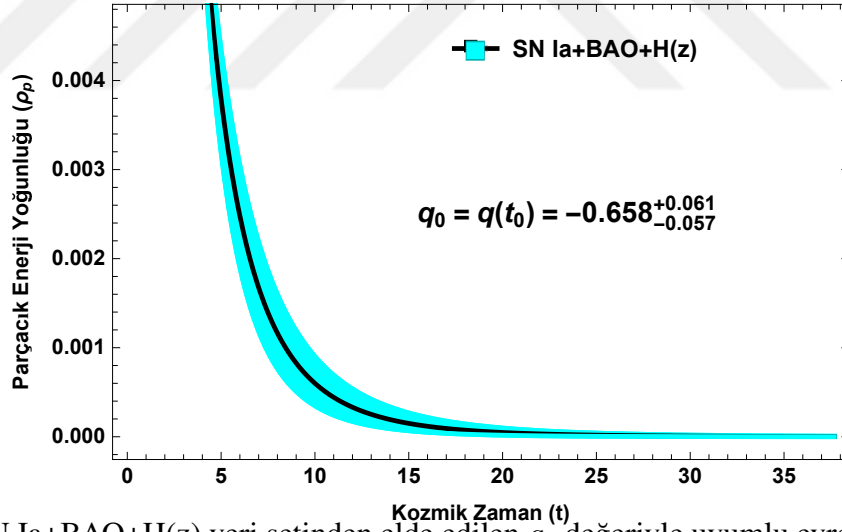
Şekil 28. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği gerilim yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda = 0, \quad (0 < n < 1, \beta > 0) \quad (5.3)$$

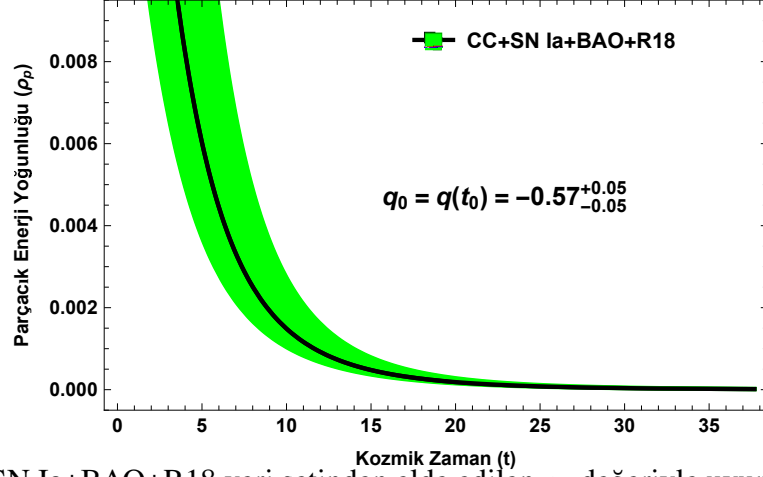
$$\lim_{t \rightarrow 0} \lambda = \frac{3\beta(-1+2n)(1+n-6\beta\sqrt{\alpha})}{16(2\pi+\mu)\alpha^{\frac{3}{2}}(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{1+n}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{\alpha}}{1+n}}} - \frac{\Phi^2}{4\pi c_1^{\frac{6}{1+n}} e^{\frac{12\beta\sqrt{\alpha}}{1+n}}} \quad (5.4)$$



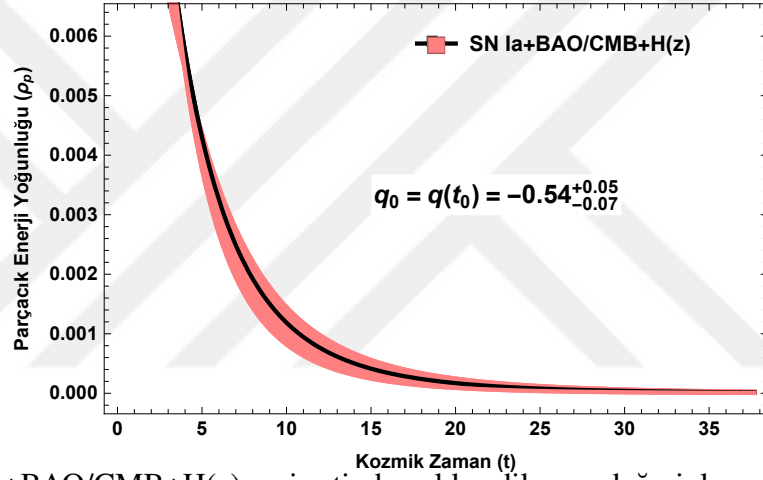
Şekil 29. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği parçacık enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



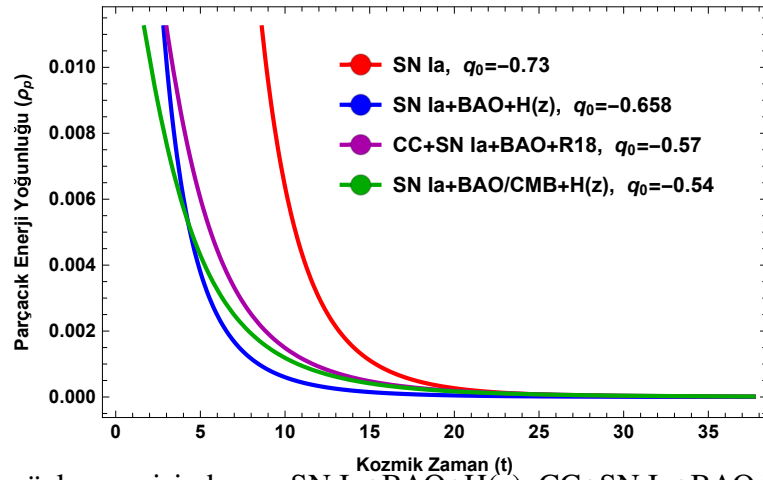
Şekil 30. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği parçacık enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



Şekil 31. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği parçacık enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



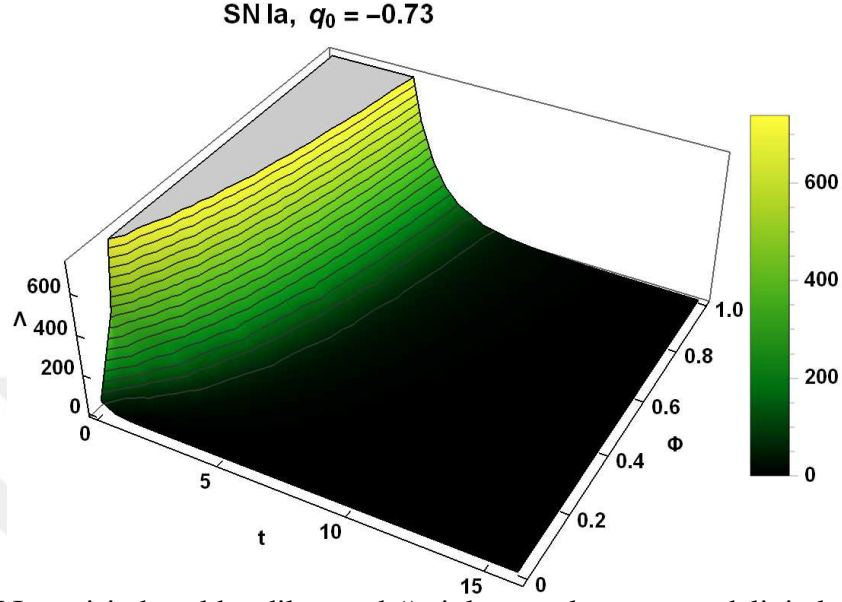
Şekil 32. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği parçacık enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi



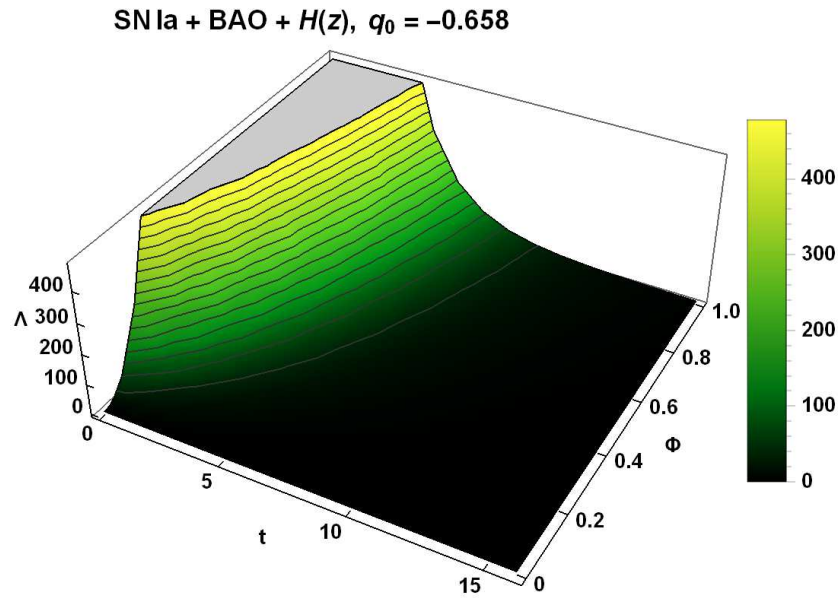
Şekil 33. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği parçacık enerji yoğunluğunun kozmik zamana göre evrimi

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \rho_p = 0, \quad (n, \beta > 0) \quad (5.5)$$

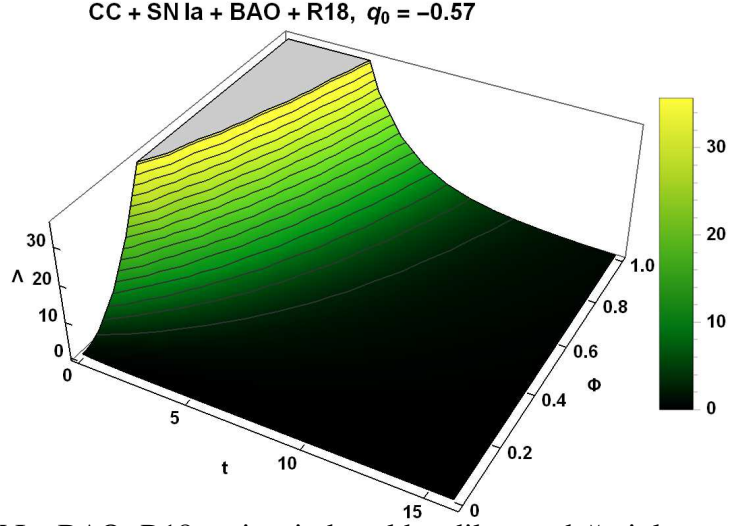
$$\lim_{t \rightarrow 0} \rho_p = \frac{3\beta(1+n+3\beta(-1+4n)\sqrt{\alpha})}{8(2\pi+\mu)\alpha^{\frac{3}{2}}(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{1+n}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{\alpha}}{1+n}}} - \frac{c_2^2}{2(2\pi+\mu)e^{12\beta\sqrt{\alpha}} c_1^{\frac{6n}{1+n}}} \quad (5.6)$$



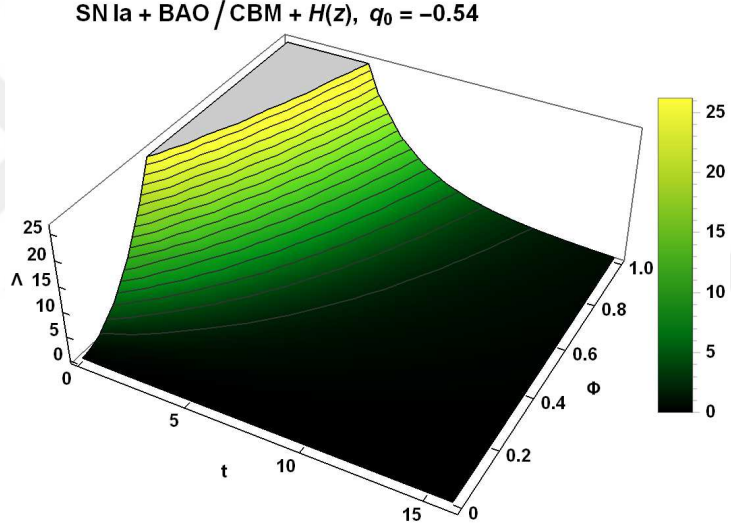
Şekil 34. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği kozmolojik terimin Φ 'ye ve t 'ye göre evrimi



Şekil 35. SN Ia+BAO+ $H(z)$ veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği kozmolojik terimin Φ 'ye ve t 'ye göre evrimi



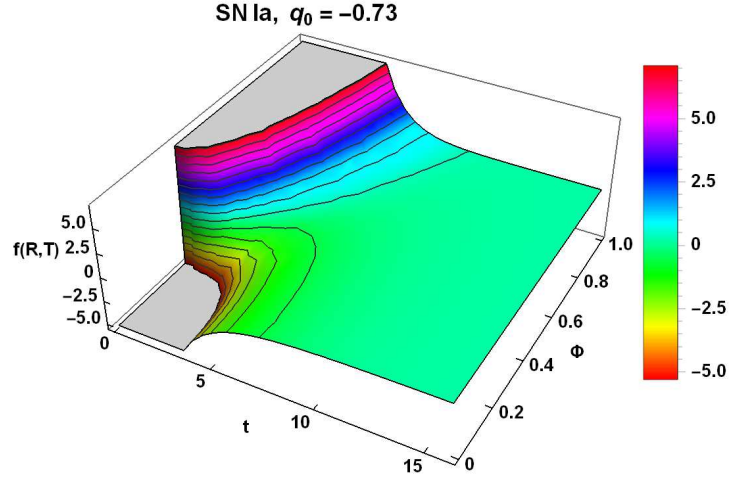
Şekil 36. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği kozmolojik terimin Φ 'ye ve t 'ye göre evrimi



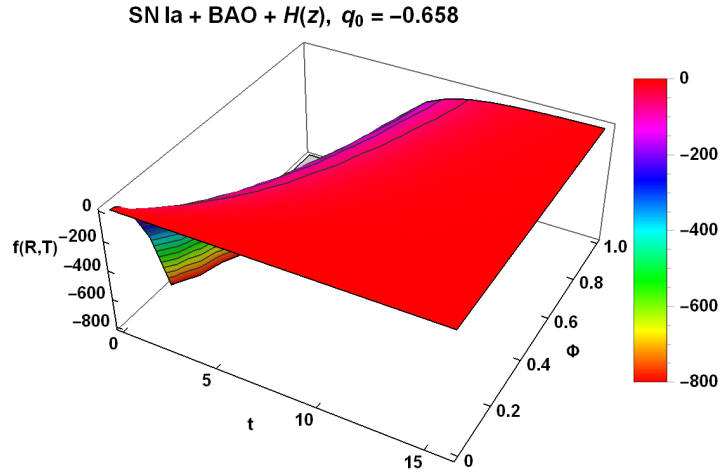
Şekil 37. SN Ia+BAO/CMB+ $H(z)$ veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği kozmolojik terimin Φ 'ye ve t 'ye göre evrimi

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Lambda = 0, \quad (0 < n < 1, \beta > 0) \quad (5.7)$$

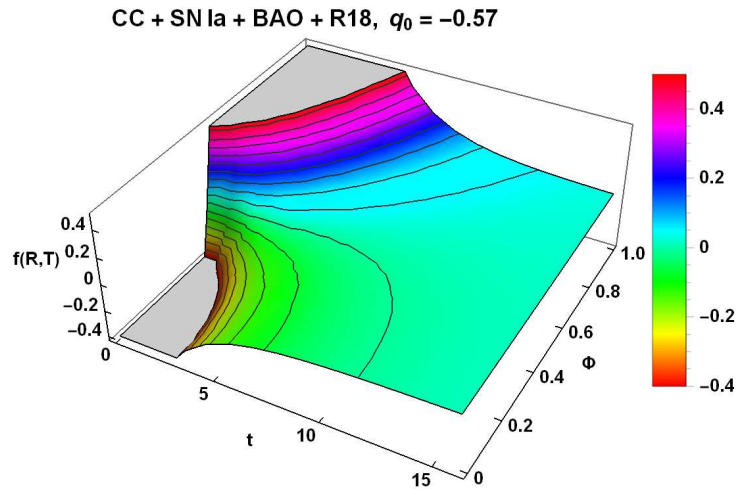
$$\lim_{t \rightarrow 0} \Lambda = \frac{(4\pi + \mu)c_2^2}{2(2\pi + \mu)c_1^{\frac{6n}{1+n}} e^{12\beta\sqrt{\alpha}}} - \frac{3\mu\beta(1+4n)(1+n-3\beta\sqrt{\alpha})}{8(2\pi + \mu)\alpha^{\frac{3}{2}}(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{1+n}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{\alpha}}{1+n}}} - \frac{3\pi\beta(1+n(3+2n)-3\beta\sqrt{\alpha})}{2(2\pi + \mu)\alpha^{\frac{3}{2}}(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{1+n}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{\alpha}}{1+n}}} + \frac{(2\pi + \mu)\Phi^2}{2\pi c_1^{\frac{6}{1+n}} e^{\frac{12\beta\sqrt{\alpha}}{1+n}}} \quad (5.8)$$



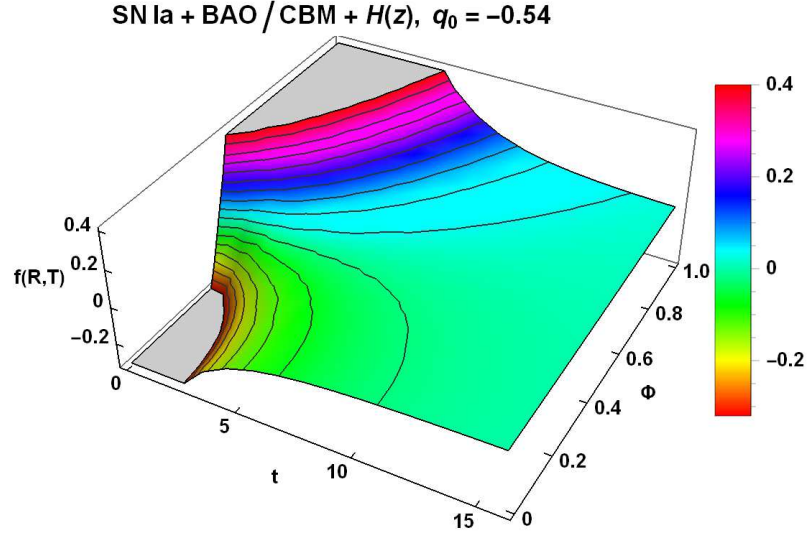
Şekil 38. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği $f(R, T)$ fonksiyonunun Φ 'ye ve t 'ye göre değişimi



Şekil 39. SN Ia+BAO+ $H(z)$ veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği $f(R, T)$ fonksiyonunun Φ 'ye ve t 'ye göre değişimi



Şekil 40. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği $f(R, T)$ fonksiyonunun Φ 'ye ve t 'ye göre değişimi



Şekil 41. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği $f(R, T)$ fonksiyonunun Φ 'ye ve t 'ye göre değişimi

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(R, T) = 0, \quad (0 < n < 1, \beta > 0) \quad (5.9)$$

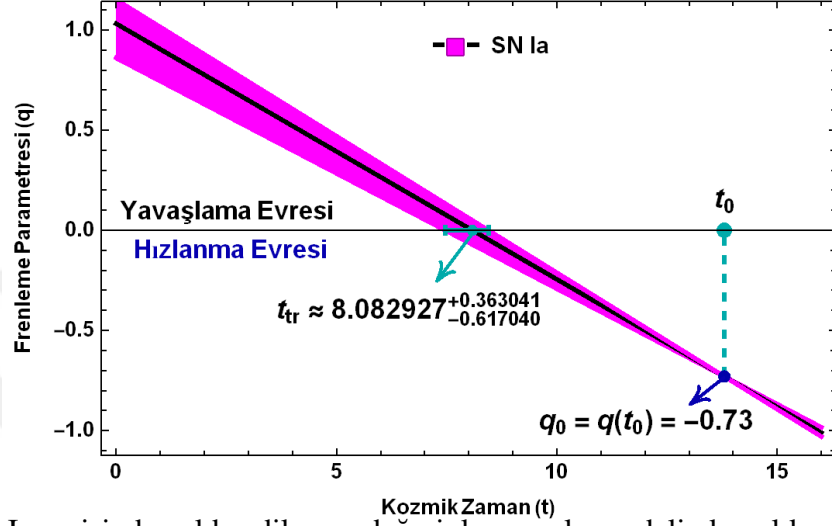
$$\lim_{t \rightarrow 0} f(R, T) = \frac{3\beta(8\pi(1+n)^2 - 36\pi\beta\sqrt{\alpha} + \mu(4 + 2n(5 + 3n) - 15\beta\sqrt{\alpha}))}{4(2\pi + \mu)\alpha^{\frac{3}{2}}(1+n)^2 c_1^{\frac{6n}{1+n}} e^{\frac{12n\beta\sqrt{\alpha}}{1+n}}} - \frac{(4\pi + 3\mu)c_2^2}{(2\pi + \mu)c_1^{\frac{6n}{1+n}} e^{12\beta\sqrt{\alpha}}} - \frac{\mu\Phi^2}{\pi c_1^{\frac{6}{1+n}} e^{\frac{12\sqrt{\alpha}\beta}{1+n}}} \quad (5.10)$$

Ayrıca, SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 ölçümüyle uyumlu evren modelinin karşılık geldiği niceliklerin ortak özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

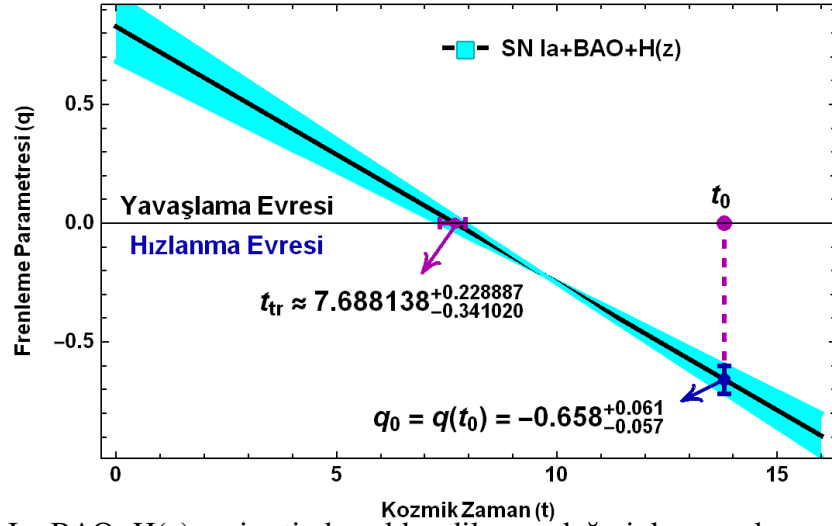
- Evren sonlu hacim ile genişlemeye başlar.
- Ölçek çarpanı sonlu bir başlangıç yarıçapıyla başlar.
- Evren sonlu hız ve sonlu ivme ile başlar.
- Evrenin yavaşlayarak genişlemeden hızlanarak genişlemeye doğru bir faz geçişi vardır.
- Evrenin kendi üzerine çökmesi engellenmektedir ($0 \leq t < \infty, \rho > 0$).
- Kozmolojik terim genişlemeyi hızlandırmaktadır ($0 \leq t < \infty, \Lambda > 0$).
- Parçacıklar, sicimler üzerinde baskındır ($\rho_p > |\lambda|$).
- Enerji koşulları sağlanmaktadır ($\rho > |\lambda|$).
- Elektromanyetik alanların parçacıklar üzerinde bir etkisi yoktur.
- Elektromanyetik alanlar, enerji yoğunluğu ve kozmolojik terim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.
- Genişlemenin sonlarına doğru gidildikçe, genişleme hızı farklı yönlerde aynı olmaktadır ($t \rightarrow \infty, \sigma^2 \rightarrow 0$).

- Genişlemenin sonlarına doğru gidildikçe, genişleme skaleri sıfıra yaklaşmaktadır ($t \rightarrow \infty, \theta \rightarrow 0$).
- Evren anizotropiden izotropiye geçmektedir ($t \rightarrow \infty, \Delta \rightarrow 0$).

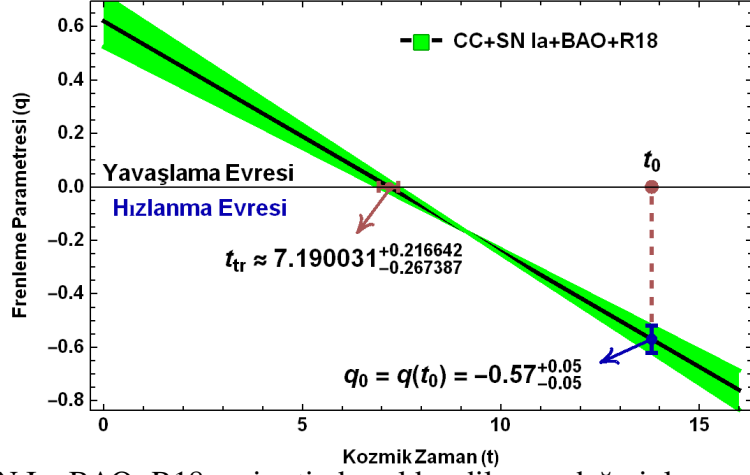
Oluşturulan evren modelinden bağımsız ele alınan modelin sonuçları aşağıdaki gibi verilmiştir:



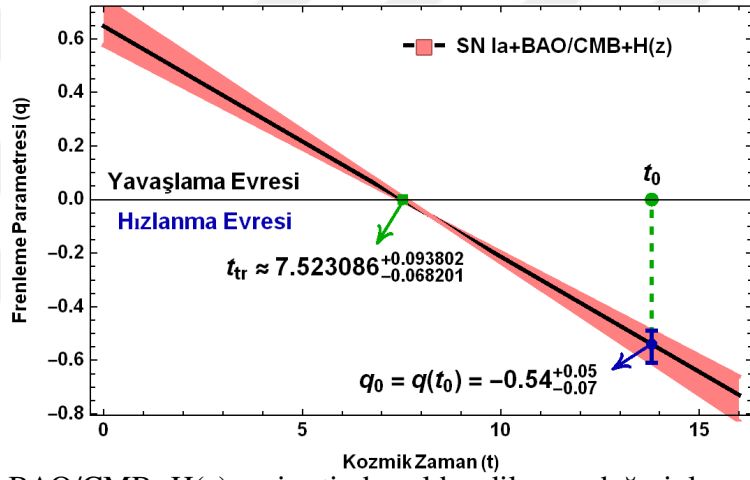
Şekil 42. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi



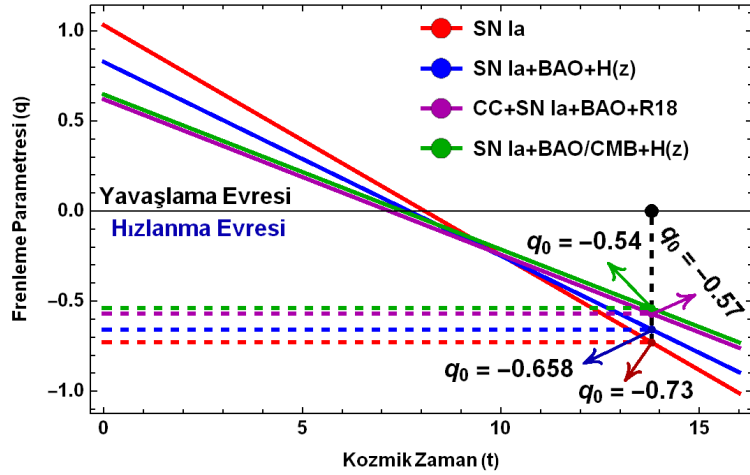
Şekil 43. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi



Şekil 44. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi



Şekil 45. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi

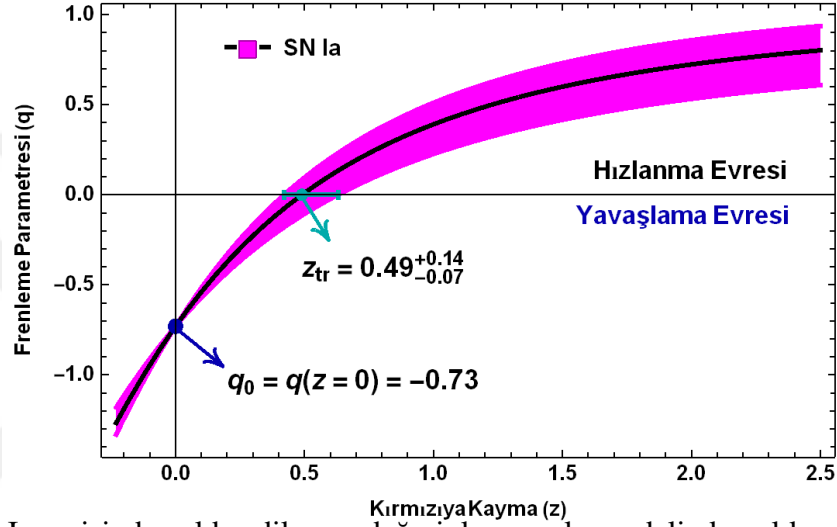


Şekil 46. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamana göre evrimi

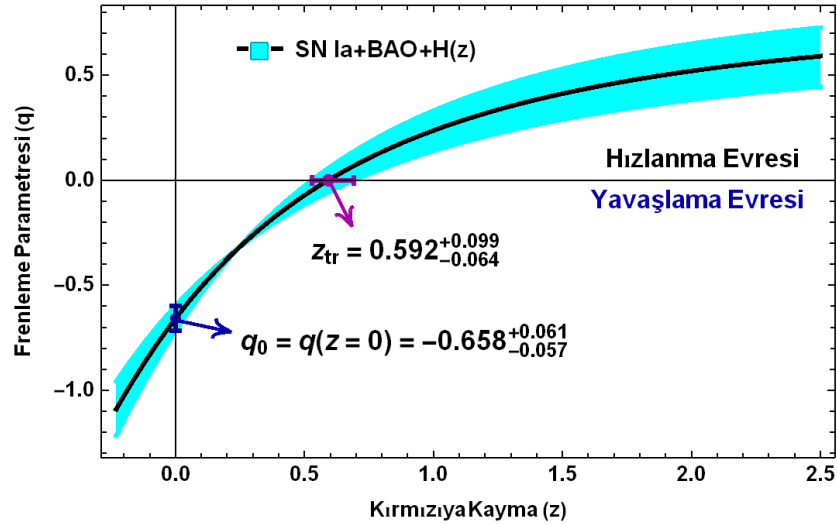
Tablo 9

Tablo 3'teki gözlem verilerinden elde edilen q_0 değerleriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kozmik zamandaki faz geçiş noktaları ve limit durumları

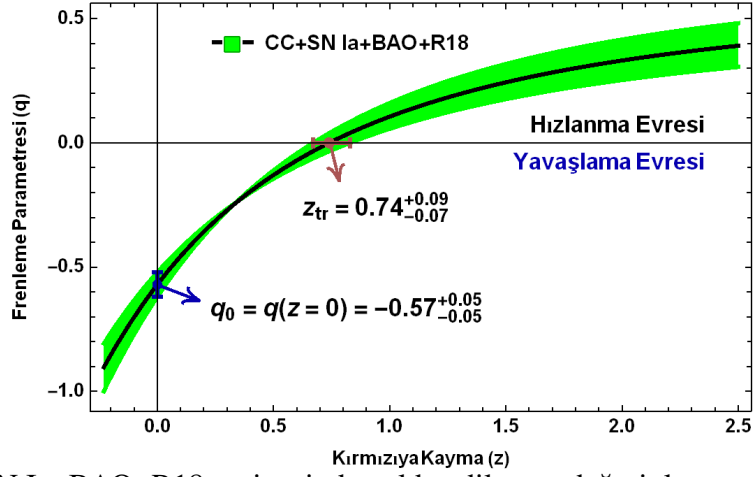
Veri/ Veri Seti	t_{tr}	$t \rightarrow t_0$	$t \rightarrow \infty$
		$q \rightarrow -kt_0 + m - 1$	$q \rightarrow -\infty, k > 0$
SN Ia	$8.083^{+0.363}_{-0.617}$	-0.73	$-\infty$
SN Ia+BAO+H(z)	$7.688^{+0.229}_{-0.341}$	$-0.658^{+0.061}_{-0.057}$	$-\infty$
CC+SN Ia+BAO+R18	$7.190^{+0.217}_{-0.268}$	$-0.57^{+0.05}_{-0.05}$	$-\infty$
SN Ia+BAO/CMB+H(z)	$7.523^{+0.094}_{-0.068}$	$-0.54^{+0.05}_{-0.07}$	$-\infty$



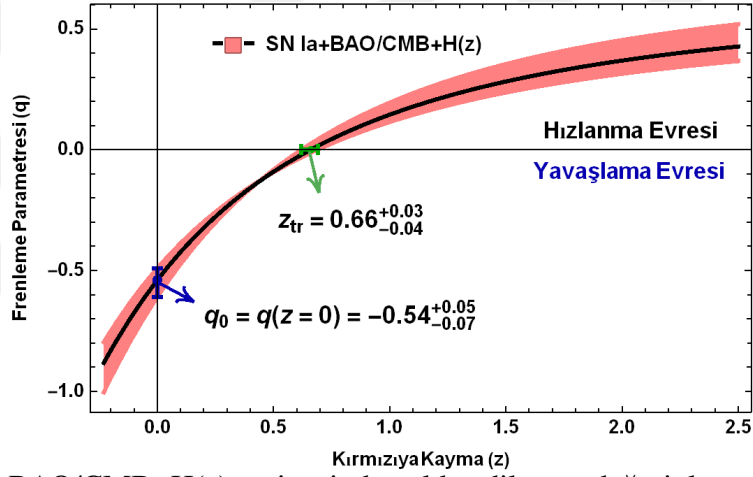
Şekil 47. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



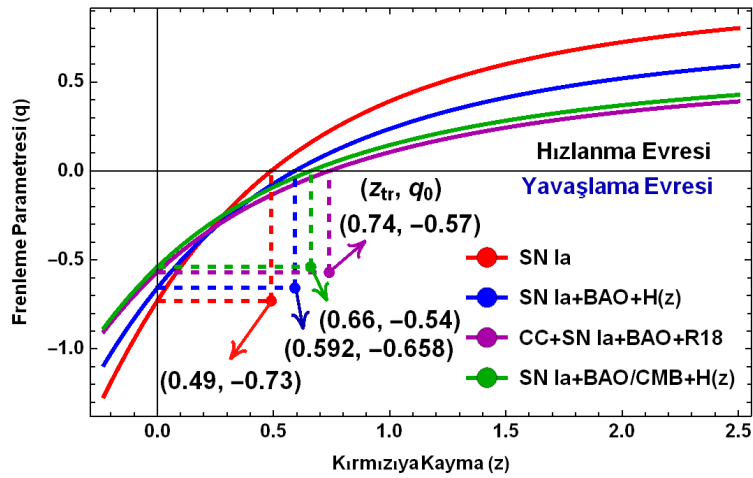
Şekil 48. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



Şekil 49. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



Şekil 50. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi

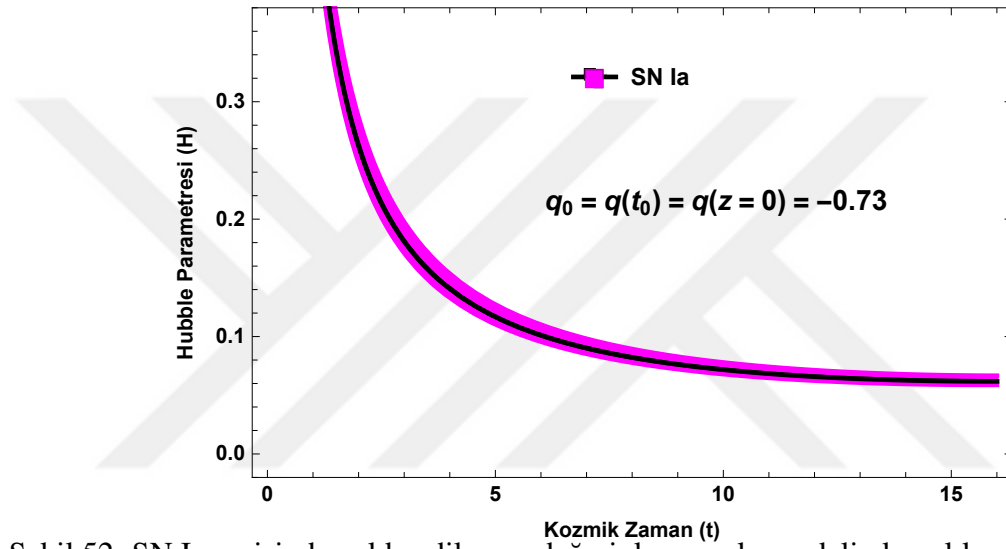


Şekil 51. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi

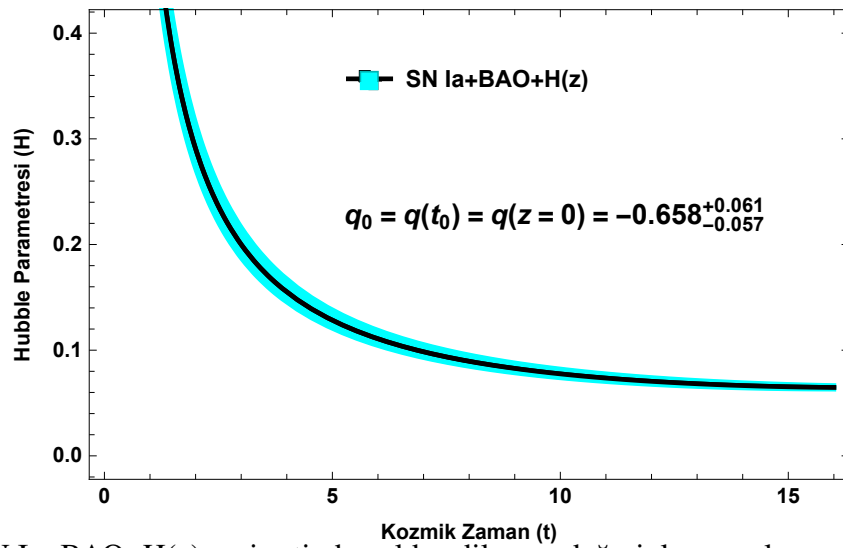
Tablo 10

Tablo 3'teki gözlem verilerinden elde edilen q_0 ve z_{tr} değerleriyle uyumlu modelin karşılık geldiği frenleme parametresinin kırmızıya kaymadaki faz geçiş noktaları ve limit durumları

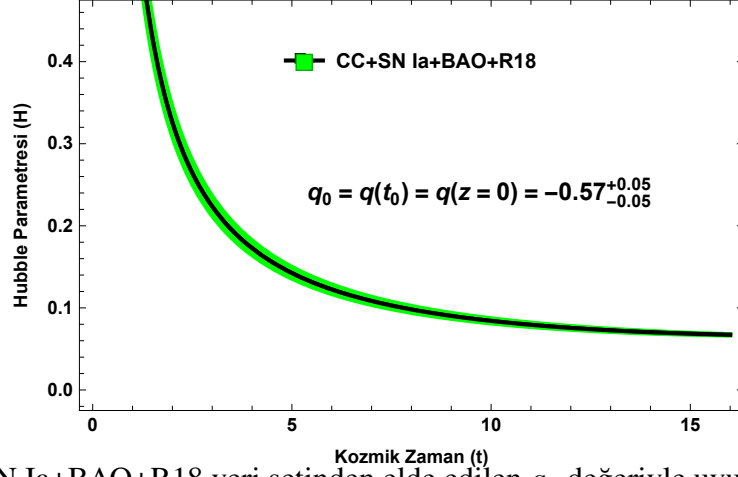
Veri/ Veri Seti	z_{tr}	$(t \rightarrow t_0)$	$(t \rightarrow 0)$
		$z \rightarrow 0$	$z \rightarrow \infty$
		$q \rightarrow q_0$	$q \rightarrow -1 + m, m > 1$
SN Ia	$0.49^{+0.14}_{-0.07}$	-0.73	$1.032^{+0.119}_{-0.172}$
SN Ia+BAO+H(z)	$0.592^{+0.099}_{-0.064}$	$-0.658^{+0.061}_{-0.057}$	$0.828^{+0.135}_{-0.148}$
CC+SN Ia+BAO+R18	$0.66^{+0.03}_{-0.04}$	$-0.57^{+0.05}_{-0.05}$	$0.620^{+0.098}_{-0.097}$
SN Ia+BAO/CMB+H(z)	$0.74^{+0.09}_{-0.07}$	$-0.54^{+0.05}_{-0.07}$	$0.647^{+0.104}_{-0.071}$



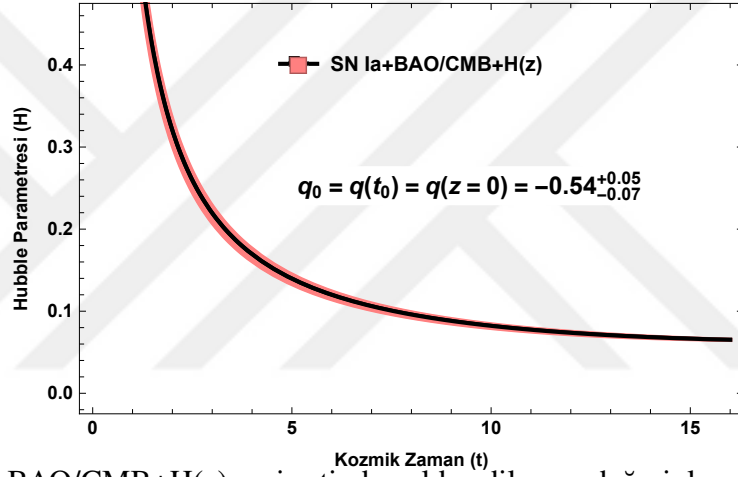
Şekil 52. SN Ia verisinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kozmik zamana göre evrimi



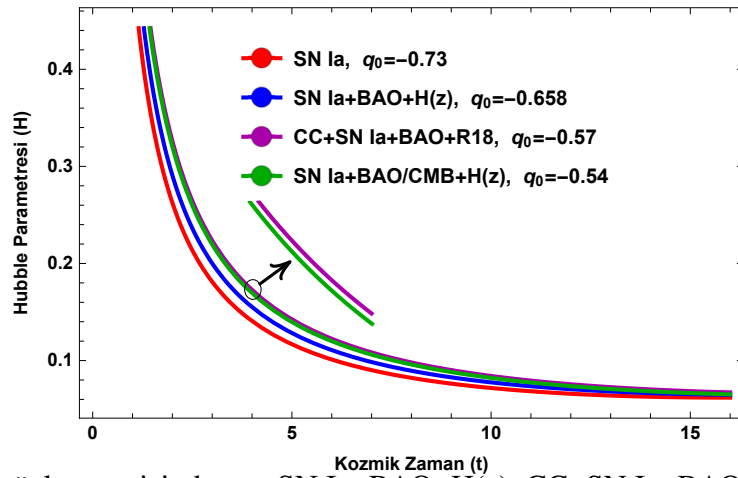
Şekil 53. SN Ia+BAO+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kozmik zamana göre evrimi



Şekil 54. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kozmik zamana göre evrimi



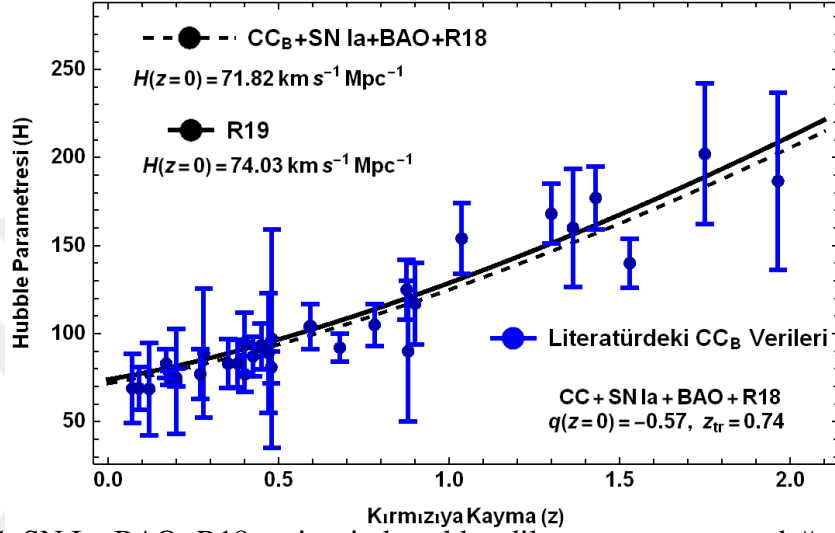
Şekil 55. SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kozmik zamana göre evrimi



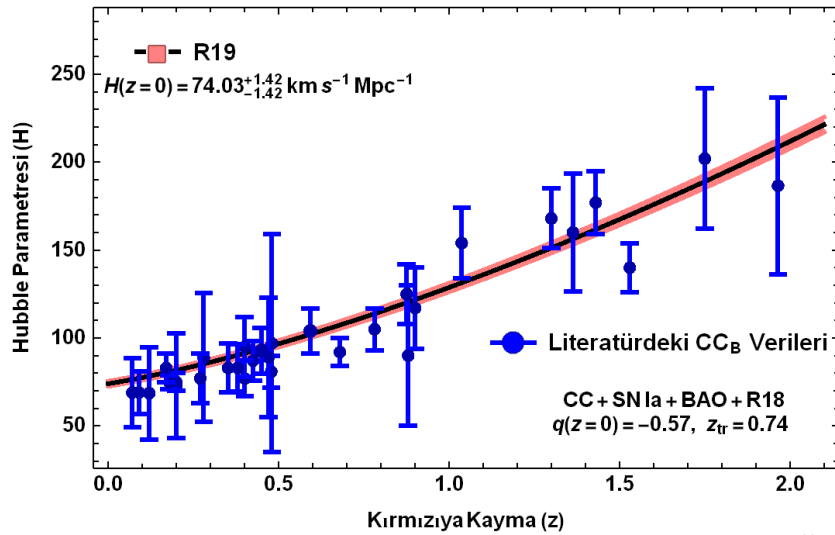
Şekil 56. SN Ia gözlem verisinden ve SN Ia+BAO+H(z), CC+SN Ia+BAO+R18 ve SN Ia+BAO/CMB+H(z) veri setlerinden elde edilen q_0 değeriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kozmik zamana göre evrimi

Şekil 18’den görüleceği üzere Hubble parametresi, kozmik zamanın artan değerlerine karşılık azalmaktadır. Ayrıca, aynı yönlerde (artan yönlerde veya azalan yönlerde) eğim arttığında hız artacağından gözlem verilerine karşılık gelen modelin Hubble parametresinin kozmik zamana göre hızları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

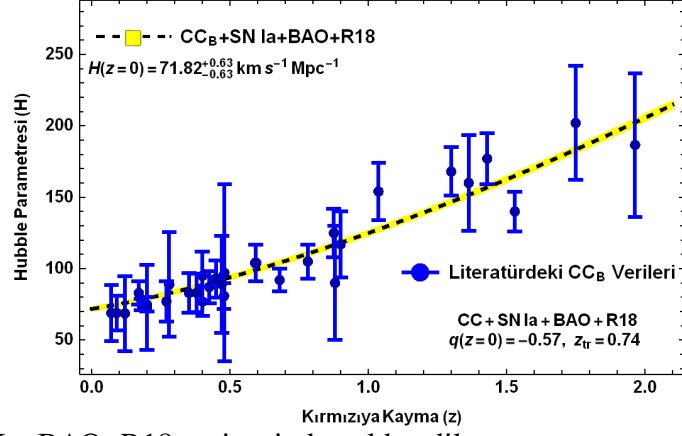
$$V_{SN\ Ia} > V_{SN\ Ia+BAO+H(z)} > V_{CC+SN\ Ia+BAO+R18} > V_{SN\ Ia+BAO/CMB+H(z)} \quad (5.11)$$



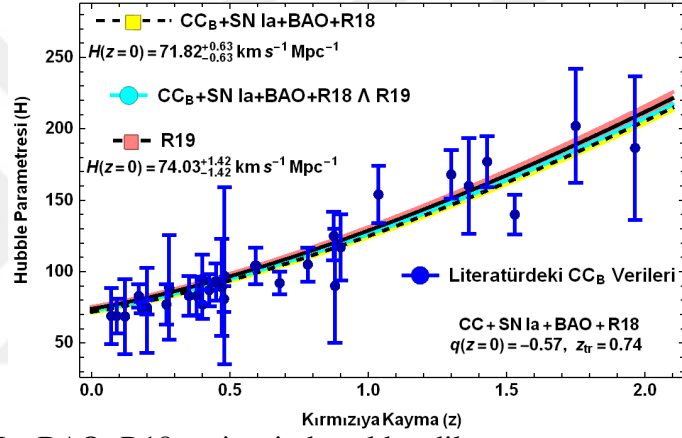
Şekil 57. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden ve $CC_B+SN\ Ia+BAO+R18$ veri setinden elde edilen H_0 uyum değerleriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



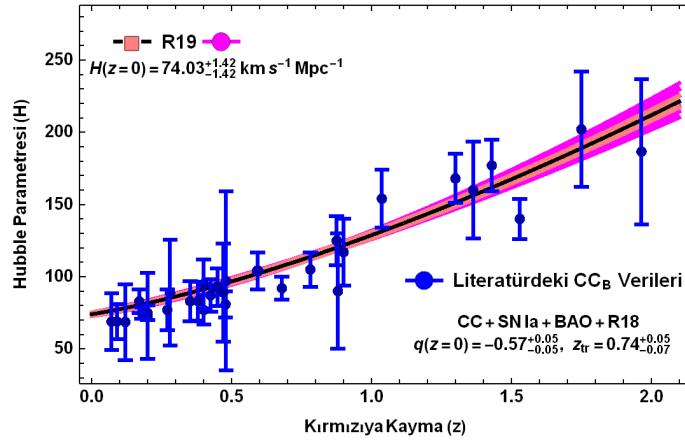
Şekil 58. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden elde edilen H_0 hata aralığı ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



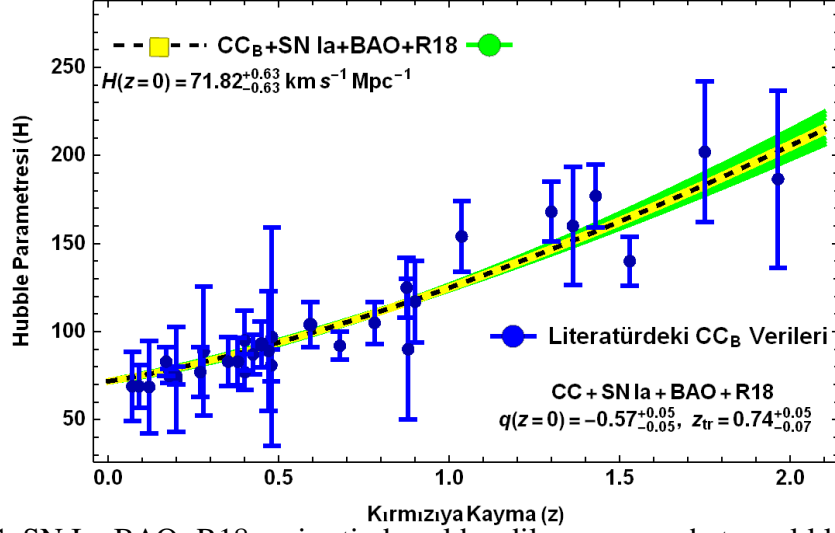
Şekil 59. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve CC_B +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralığı ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



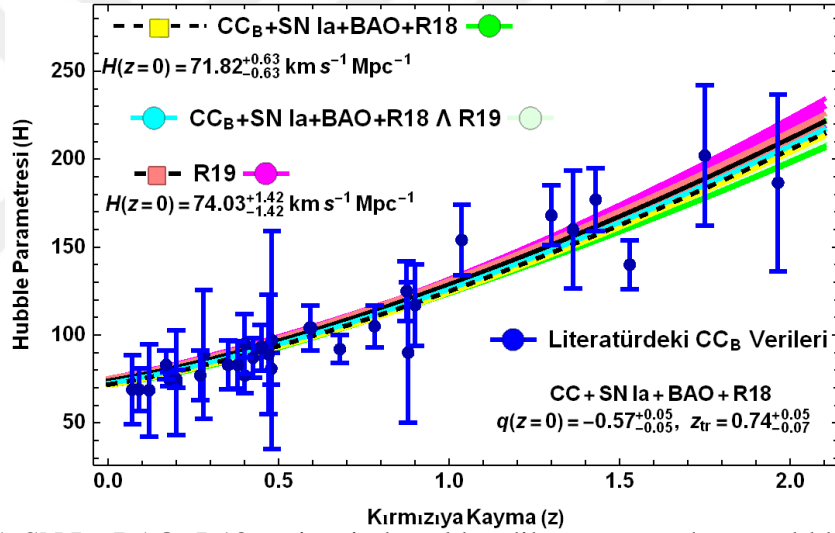
Şekil 60. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden ve CC_B +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralıkları ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



Şekil 61. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve R19 verisinden elde edilen H_0 hata aralığıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



Şekil 62. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve CC_B +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralığıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi

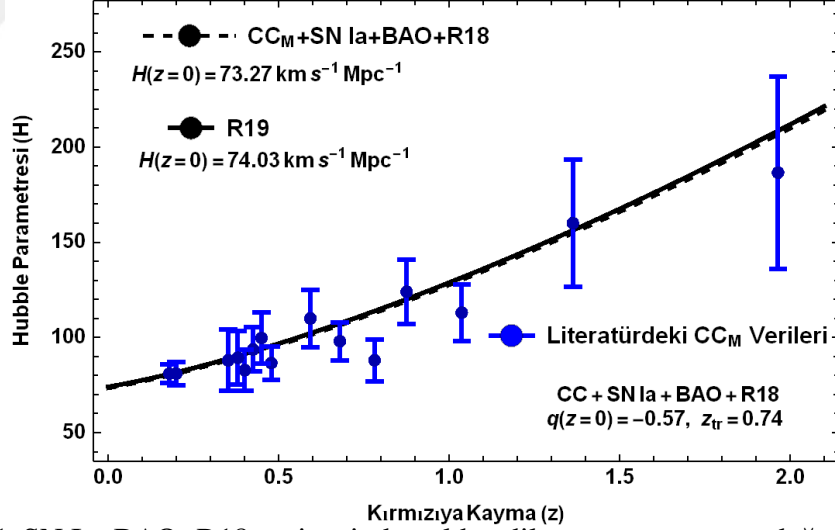


Şekil 63. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve R19 verisinden ve CC_B +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralıklarıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi

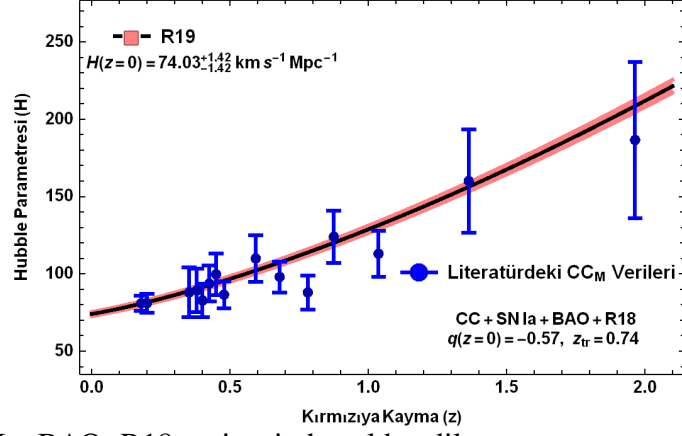
Şekil 57'deki ve Şekil 63'teki bilgilerin birkaçı aşağıdaki gibi verilebilir:

- CC_B 'deki $H(z = 1.3)$ ve $H(z = 1.43)$ değerleri, sadece R19 verisinden elde edilen $H(z = 0) = 74.03 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ uyum değerine ve CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen $q(z = 0) = -0.57$ ve $z_{tr} = 0.74$ uyum değerlerine karşılık gelen modelin Hubble parametresi ile uyum içerisindedir.
- CC_B 'deki $H(z = 0.1791)$ ve $H(z = 0.1993)$ değerleri, sadece CC_B +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen $H(z = 0) = 71.82 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ uyum değerine ve CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen $q(z = 0) = -0.57$ ve $z_{tr} = 0.74$ uyum değerlerine karşılık gelen modelin Hubble parametresi ile uyum içerisindedir.

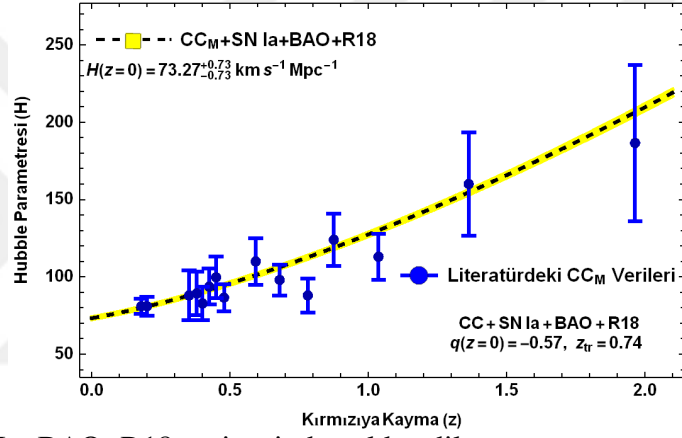
- CC_B 'deki $H(z = 0.4004)$, $H(z = 0.4783)$, $H(z = 0.6797)$, $H(z = 1.037)$ ve $H(z = 1.53)$ değerleri, R19 verisinden elde edilen $H(z = 0) = 74.03 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ uyum değerine, $CC_B + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen $H(z = 0) = 71.82 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ uyum değerine ve $CC + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen $q(z = 0) = -0.57$ ve $z_{tr} = 0.74$ uyum değerlerine karşılık gelen modelin Hubble parametresi ile uyum içerisinde değildir.
- CC_B 'deki diğer değerler, R19 verisinden ve $CC_B + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen $H(z = 0)$ uyum değerine ve $CC + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen $q(z = 0) = -0.57$ ve $z_{tr} = 0.74$ uyum değerlerine karşılık gelen modelin Hubble parametresi ile uyum içerisindedir.
- CC_B 'deki $H(z = 0.4783)$, $H(z = 0.6797)$ ve $H(z = 1.53)$ ölçümleri dışındaki diğer değerler, bütün hata aralıkları dikkate alındığında; R19 verisinden elde edilen $H(z = 0) = 74.03^{+1.42}_{-1.42} \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ hata aralığına, $CC_B + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen $H(z = 0) = 71.82^{+0.63}_{-0.63} \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ hata aralığına ve $CC + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen $q(z = 0) = -0.57^{+0.05}_{-0.05}$ ve $z_{tr} = 0.74^{+0.09}_{-0.07}$ hata aralıklarına karşılık gelen modelin Hubble parametresi ile uyum içerisindedir.



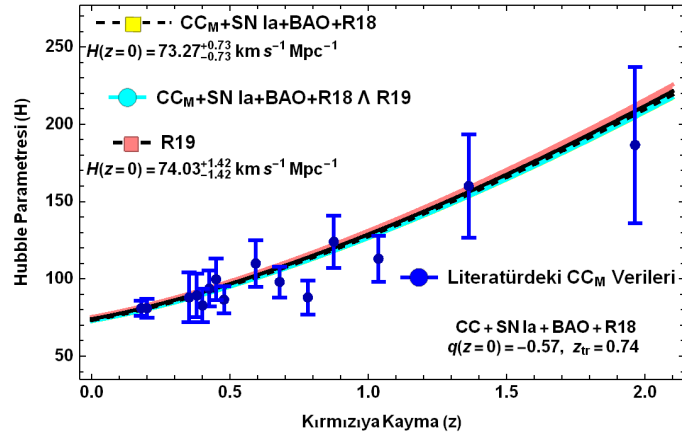
Şekil 64. $CC + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden ve $CC_M + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen H_0 uyum değerleriyle uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



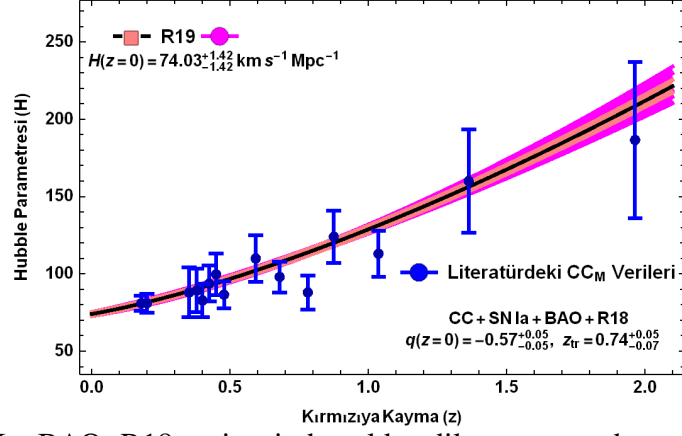
Şekil 65. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden elde edilen H_0 hata aralığı ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



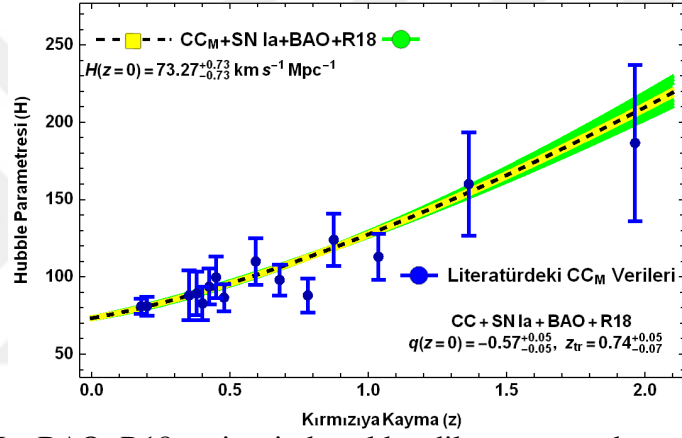
Şekil 66. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve CC_M +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralığı ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



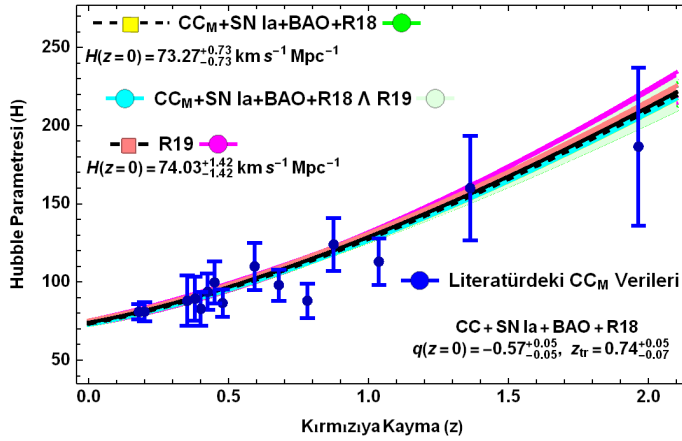
Şekil 67. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} uyum değerleriyle ve R19 verisinden ve CC_M +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralıkları ile uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



Şekil 68. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve R19 verisinden elde edilen H_0 hata aralığıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



Şekil 69. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve CC_M +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralığıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi



Şekil 70. CC+SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen q_0 ve z_{tr} hata aralıklarıyla ve R19 verisinden ve CC_M +SN Ia+BAO+R18 veri setinden elde edilen H_0 hata aralıklarıyla uyumlu modelin karşılık geldiği Hubble parametresinin kırmızıya kaymaya göre evrimi

Şekil 64'teki ve Şekil 70'teki bilgilerin birkaçı aşağıdaki gibi verilebilir:

- CC_M 'deki $H(z = 0.7812)$ ve $H(z = 1.037)$ değerleri, R19 verisinden elde edilen $H(z = 0) = 74.03 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ uyum değerine, $CC_M + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen $H(z = 0) = 73.27 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ uyum değerine ve $CC + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen $q(z = 0) = -0.57$ ve $z_{tr} = 0.74$ uyum değerlerine karşılık gelen modelin Hubble parametresi ile uyum içerisinde değildir.
- CC_M 'deki $H(z = 0.7812)$ değeri dışındaki diğer değerler, bütün hata aralıkları dikkate alındığında; R19 verisinden elde edilen $H(z = 0) = 74.03_{-1.42}^{+1.42} \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ hata aralığına, $CC_M + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen $H(z = 0) = 73.27_{-0.73}^{+0.73} \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ hata aralığına ve $CC + \text{SN Ia} + \text{BAO} + \text{R18}$ veri setinden elde edilen $q(z = 0) = -0.57_{-0.05}^{+0.05}$ ve $z_{tr} = 0.74_{-0.07}^{+0.09}$ hata aralıklarına karşılık gelen modelin Hubble parametresi ile uyum içerisinde değildir.

Sonuç olarak, kozmolojik terimin doğal olarak elde edilmesi, sicimler için maddenin Lagranjyeninin $L_m = \rho$ alınarak geliştirilmesi, mevcut kırmızıya kayma çalışmalarında dikkate alınan hata aralıklarının kozmik zamanda ele alınması gibi bir çok farklı yönüyle ele alınan evren modeli, uygulamalı matematik, matematiksel fizik ve kozmoloji açısından önemli sonuçlar barındırmakta olup bu alanlardaki çalışmalar için önem arz ettiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akarsu, Ö., ve Dereli, T. (2012). Cosmological Models with Linearly Varying Deceleration Parameter. *International Journal of Theoretical Physics*, 51(2), 612-621. doi: 10.1007/s10773-011-0941-5
- Aktaş, C., Aygün, S., ve Sahoo, P. K. (2018). Relationship between magnetic field and anisotropy parameter in gravitation theories. *Modern Physics Letters A*, 33(24), 1850135. doi: 10.1142/S0217732318501353
- Aktaş, C. (2017). Magnetized strange quark matter in reconstructed $f(R,T)$ gravity for Bianchi I and V universes with cosmological constant. *Turkish Journal of Physics*, 41, 469-476. doi: 10.3906/fiz-1706-4
- Aktaş, C. (2019). Various dark energy models for variables G and Λ in $f(R,T)$ modified theory. *Modern Physics Letters A*, 34(13), 1950098. doi: 10.1142/S0217732319500986
- Aygün, S. (2019). Various dark energy models with time-varying G and Λ in $f(R,T)$ gravitation theory. *Modern Physics Letters A*, 34(34), 1950280. doi: 10.1142/S0217732319502808
- Aygün, S., Aktaş, C., ve Mishra, B. (2019). Quadratic equation of state solutions with Λ in $f(R,T)$ gravitation theory. *Indian Journal of Physics*, 93(3), 407-414. doi: 10.1007/s12648-018-1309-y
- Bali, R., ve Jain, S. (2007). The Bianchi Type V Magnetized String Dust Cosmological Model in General Relativity. *International Journal of Modern Physics D*, 16(11), 1769-1781. doi: 10.1142/S0218271807011073
- Banerjee, A., Jasim, M. K., ve Ghosh, S. G. (2020). Traversable wormholes in $f(R,T)$ gravity satisfying the null energy condition with isotropic pressure. *arXiv e-prints*, arXiv:2003.01545.
- Baysal, H., Camcı, U., Tarhan, İ., Yılmaz, İ., ve Yavuz, İ. (2002). Conformal Collineations in String Cosmology. *International Journal of Modern Physics D*, 11(3), 463-469. doi: 10.1142/S0218271802001755
- Baysal, H., Yavuz, İ., Tarhan, İ., Camcı, U., ve Yılmaz, İ. (2001). Some String Cosmological Models in Cylindrically Symmetric Inhomogeneous Universe. *Turkish Journal of Physics*, 25(4), 283-292.
- Bhattacharjee, S., ve Sahoo, P. K. (2020). Big Bang nucleosynthesis and entropy evolution in $f(R,T)$ gravity. *European Physical Journal Plus*, 135(4), 350. doi: 10.1140/epjp/s13360-020-00361-4

- Biswas, S., Shee, D., Guha, B. K., ve Ray, S. (2020). Anisotropic strange star with Tolman-Kuchowicz metric under $f(R, T)$ gravity. *European Physical Journal C*, 80(2), 175. doi: 10.1140/epjc/s10052-020-7725-0
- Çağlar, H., ve Aygün, S. (2016). String cloud and domain walls with quark matter for a higher dimensional FRW universe in self creation cosmology. *Chinese Physics C*, 40(4), 045103. doi: 10.1088/1674-1137/40/4/045103
- Çağlar, H. (2019). Quadratic equation of state solutions for Bianchi type-V universe model in $f(R, T)$ gravity. *American institute of physics conference series* (Cilt. 2178, s. 030018) içinde. doi: 10.1063/1.5135416
- Chakraborty, S., ve Chakraborty, A. (1993). Inhomogeneous String Cosmology in Higher Dimension. *Modern Physics Letters A*, 8(10), 889-893. doi: 10.1142/S021773239300091X
- Chakraborty, S., ve Roy, A. (1999). String-Dust in Higher-Dimensional Cylindrically Symmetric Cosmological Model. *International Journal of Modern Physics D*, 8(5), 645-650. doi: 10.1142/S0218271899000444
- Chen, W., Zhang, P.-Q., ve Liu, L. G. (2007, January). The Influence of the Magnetic Field on the Properties of Neutron Star Matter. *Modern Physics Letters A*, 22(7-10), 623-629. doi: 10.1142/S0217732307023213
- Chistyakov, M. V., ve Mikheev, N. V. (2002). Photon-Neutrino Interactions in Strong Magnetic Field. *Modern Physics Letters A*, 17(39), 2553-2562. doi: 10.1142/S0217732302009325
- Collins, C. B., Glass, E. N., ve Wilkinson, D. A. (1980, October). Exact spatially homogeneous cosmologies. *General Relativity and Gravitation*, 12(10), 805-823. doi: 10.1007/BF00763057
- Cunha, J. V. (2009). Kinematic constraints to the transition redshift from supernovae type Ia union data. *Phys. Rev. D*, 79(4), 047301. doi: 10.1103/PhysRevD.79.047301
- Dixit, A., Chawla, C., ve Pradhan, A. (2020). Traversable wormholes with logarithmic shape function in $f(R, T)$ gravity. *arXiv e-prints*, arXiv:2005.03985.
- Everett, A. E. (1981). Cosmic strings in unified gauge theories. *Physical Review D*, 24(4), 858-868. doi: 10.1103/PhysRevD.24.858
- Gaensler, B. M., Beck, R., ve Feretti, L. (2004). The origin and evolution of cosmic magnetism. *New Astronomy Reviews*, 48(11-12), 1003-1012. doi: 10.1016/j.newar.2004.09.003
- Godani, N., ve Samanta, G. C. (2020). Estimation of Cosmological Parameters, Stability Analysis and Energy Conditions in Viable Modified Gravity. *arXiv e-prints*,

arXiv:2005.11156.

- Greene, B. (1999). *Evrenin Zarafeti: süpersicimler, gizli boyutlar ve nihai kuram arayışı*. (Çeviri: Kılıç, E.) Tübitak Popüler Bilim Kitapları.
- Haridasu, B. S., Luković, V. V., Moresco, M., ve Vittorio, N. (2018). An improved model-independent assessment of the late-time cosmic expansion. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2018(10), 015. doi: 10.1088/1475-7516/2018/10/015
- Harko, T. (2010). The matter Lagrangian and the energy-momentum tensor in modified gravity with nonminimal coupling between matter and geometry. *Phys. Rev. D*, 81(4), 044021. doi: 10.1103/PhysRevD.81.044021
- Harko, T., Lobo, F. S. N., Nojiri, S., ve Odintsov, S. D. (2011). $f(R,T)$ gravity. *Phys. Rev. D*, 84(2), 024020. doi: 10.1103/PhysRevD.84.024020
- Harrison, E. R. (1973). Origin of Magnetic Fields in the Early Universe. *Physical Review Letters*, 30(5), 188–190. doi: 10.1103/physrevlett.30.188
- Hatkar, S. P., Gore, S. V., ve Katore, S. D. (2018). Kasner type Magnetized String cosmological models in $f(R,T)$ gravity. *Serbian Astronomical Journal*, 197, 1-11. doi: 10.2298/SAJ1897001H
- Hulke, N., Singh, G. P., Bishi, B. K., ve Singh, A. (2020). Variable Chaplygin gas cosmologies in $f(R,T)$ gravity with particle creation. *New Astronomy*, 77, 101357. doi: 10.1016/j.newast.2020.101357
- Khadekar, G. S., Patki, V., ve Radha, R. (2005). String Dust Cosmological Model in Higher-Dimensional Space-Time. *International Journal of Modern Physics D*, 14(9), 1621-1634. doi: 10.1142/S0218271805007292
- Kibble, T. W. B. (1976). Topology of cosmic domains and strings. *Journal of Physics A*, 9(8), 1387–1398. doi: 10.1088/0305-4470/9/8/029
- Kibble, T. W. B. (1985). Evolution of a system of cosmic strings. *Nuclear Physics B*, 252, 227–244. doi: 10.1016/0550-3213(85)90439-0
- Kılınc, C. B., ve Yavuz, İ. (1996). Inhomogeneous Cylindrically-Symmetric Models in String Cosmology. *Astrophysics and Space Science*, 238(2), 239-245. doi: 10.1007/BF00641691
- Knill, O., ve Slavkovsky, E. (2013). *Illustrating Mathematics Using 3D Printers*. arXiv:1306.5599v1.
- Letelier, P. S. (1983). String cosmologies. *Physical Review D*, 28(10), 2414–2419. doi: 10.1103/physrevd.28.2414
- Mao, S. A., Carilli, C., Gaensler, B. M., Wucknitz, O., Keeton, C., Basu, A., ... Zweibel, E. (2017). Detection of microgauss coherent magnetic fields in a galaxy five billion years

- ago. *Nature Astronomy*, 1(9), 621–626. doi: 10.1038/s41550-017-0218-x
- Marder, L. (1958). Gravitational Waves in General Relativity. I. Cylindrical Waves. *Proceedings of the Royal Society of London Series A*, 244(1239), 524-537. doi: 10.1098/rspa.1958.0058
- Maurya, D. C. (2020). Transit cosmological model with specific Hubble parameter in $f(R, T)$ gravity. *New Astronomy*, 77, 101355. doi: 10.1016/j.newast.2020.101355
- Maurya, S. K., ve Tello-Ortiz, F. (2020). Charged anisotropic compact star in $f(R, T)$ gravity: A minimal geometric deformation gravitational decoupling approach. *Physics of the Dark Universe*, 27, 100442. doi: 10.1016/j.dark.2019.100442
- Melvin, M. A. (1975). Homogeneous Axial Cosmologies With Electromagnetic Fields and Dust. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 262, 253–274. doi: 10.1111/j.1749-6632.1975.tb31440.x
- Mishra, B., Ribeiro, G., ve Moraes, P. H. R. S. (2019). De Sitter and bounce solutions from anisotropy in extended gravity cosmology. *Modern Physics Letters A*, 34(39), 1950321. doi: 10.1142/S0217732319503218
- Mohapatra, R. K., Saumia, P. S., ve Srivastava, A. M. (2011). Enhancement of Flow Anisotropies due to Magnetic Field in Relativistic Heavy-Ion Collisions. *Modern Physics Letters A*, 26(33), 2477-2486. doi: 10.1142/S0217732311036711
- Momeni, D., Myrzakulov, R., ve Güdekli, E. (2015). Cosmological viable mimetic $f(R)$ and $f(R, T)$ theories via Noether symmetry. *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*, 12(10), 1550101. doi: 10.1142/S0219887815501017
- Moresco, M. (2015). Raising the bar: new constraints on the Hubble parameter with cosmic chronometers at $z \sim 2$. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 450(1), L16–L20. doi: 10.1093/mnras/slv037
- Moresco, M., Cimatti, A., Jimenez, R., Pozzetti, L., Zamorani, G., Bolzonella, M., ... Welikala, N. (2012, August). Improved constraints on the expansion rate of the Universe up to $z \sim 1.1$ from the spectroscopic evolution of cosmic chronometers. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2012(8), 006. doi: 10.1088/1475-7516/2012/08/006
- Moresco, M., Pozzetti, L., Cimatti, A., Jimenez, R., Maraston, C., Verde, L., ... Wilkinson, D. (2016, May). A 6% measurement of the Hubble parameter at $z \sim 0.45$: direct evidence of the epoch of cosmic re-acceleration. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2016(5), 014. doi: 10.1088/1475-7516/2016/05/014
- Ocak, M. E. (2016, Kasım). Büyük patlama nedir? *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, 588(50), 52-53.

- Özdemir, O., ve Aktaş, C. (2020). Anisotropic universe models with magnetized strange quark matter in $f(R)$ gravity theory. *Modern Physics Letters A*, 35(14), 2050111-1258. doi: 10.1142/S0217732320501114
- Pacif, S. K. J., Myrzakulov, R., ve Myrzakul, S. (2017, January). Reconstruction of cosmic history from a simple parametrization of H . *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*, 14(7), 1750111-586. doi: 10.1142/S0219887817501110
- Pawar, D. D., Dagwal, V. J., ve Solanke, Y. S. (2014). Tilted Plane Symmetric Magnetized Cosmological Models. *Prespacetime Journal*, 5(5), 368-377.
- Planck Collaboration, Ade, P. A. R., Aghanim, N., Armitage-Caplan, C., Arnaud, M., Ashdown, M., ... Zonca, A. (2014). Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters. *Astronomy & Astrophysics*, 571, A16. doi: 10.1051/0004-6361/201321591
- Pradhan, A. (2009). Some Magnetized Bulk Viscous String Cosmological Models in Cylindrically Symmetric Inhomogeneous Universe with Variable Λ -Term. *Communications in Theoretical Physics*, 51(2), 367-374. doi: 10.1088/0253-6102/51/2/36
- Rahaman, M., Singh, K. N., Errehymy, A., Rahaman, F., ve Daoud, M. (2020). Anisotropic Karmarkar stars in $f(R, T)$ -gravity. *European Physical Journal C*, 80(3), 272. doi: 10.1140/epjc/s10052-020-7842-9
- Ram, S., ve Chandel, S. (2015). Dynamics of magnetized string cosmological model in $f(R, T)$ gravity theory. *Astrophys Space Sci*, 355(1), 195-202. doi: 10.1007/s10509-014-2160-z
- Ratsimbazafy, A. L., Loubser, S. I., Crawford, S. M., Cress, C. M., Bassett, B. A., Nichol, R. C., ve Väisänen, P. (2017). Age-dating luminous red galaxies observed with the Southern African Large Telescope. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 467(3), 3239-3254. doi: 10.1093/mnras/stx301
- Riess, A. G., Casertano, S., Yuan, W., Macri, L. M., ve Scolnic, D. (2019). Large Magellanic Cloud Cepheid Standards Provide a 1% Foundation for the Determination of the Hubble Constant and Stronger Evidence for Physics beyond Λ CDM. *Astrophysical Journal*, 876(1), 85. doi: 10.3847/1538-4357/ab1422
- Rocha, F., Carvalho, G. A., Deb, D., ve Malheiro, M. (2020). Study of the charged super-Chandrasekhar limiting mass white dwarfs in the $f(R, T)$ gravity. *Physical Review D*, 101(10), 104008. doi: 10.1103/PhysRevD.101.104008
- Rudra, P. (2020). A Time Dependent Spacetime in $f(R, T)$ Gravity: Gravitational Collapse. *arXiv e-prints*, arXiv:2006.00228.

- Sahoo, P., Kirschner, A., ve Sahoo, P. K. (2019). Phantom fluid wormhole in $f(R, T)$ gravity. *Modern Physics Letters A*, 34(37), 1950303. doi: 10.1142/S0217732319503036
- Sahoo, P. K., Sahoo, P., Bishi, B. K., ve Aygün, S. (2017). Magnetized strange quark model with Big Rip singularity in $f(R, T)$ gravity. *Modern Physics Letters A*, 32(21), 1750105. doi: 10.1142/S021773231750105X
- Santos, M. V. d., Reis, R. R. R., ve Waga, I. (2016). Constraining the cosmic deceleration-acceleration transition with type Ia supernova, BAO/CMB and $H(z)$ data. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2016(2), 066. doi: 10.1088/1475-7516/2016/02/066
- Sharif, M., ve Waheed, S. (2013). Evolution of Bianchi I magnetized cosmic strings in Brans-Dicke gravity. *Physica Scripta*, 88(2), 025901. doi: 10.1088/0031-8949/88/02/025901
- Sharma, N. K., ve Singh, J. K. (2014). Bianchi Type-II String Cosmological Model with Magnetic Field in $f(R, T)$ Gravity. *International Journal of Theoretical Physics*, 53(9), 2912-2922. doi: 10.1007/s10773-014-2089-6
- Simon, J., Verde, L., ve Jimenez, R. (2005). Constraints on the redshift dependence of the dark energy potential. *Phys. Rev. D*, 71(12), 123001. doi: 10.1103/PhysRevD.71.123001
- Singh, C. P., ve Kumar, A. (2020, February). Quintessence behavior via matter creation cosmology. *European Physical Journal C*, 80(2), 106. doi: 10.1140/epjc/s10052-020-7679-2
- Singh, M. K., ve Ram, S. (2014). Dynamics of Anisotropic Bianchi Type-III Bulk Viscous String Model with Magnetic Field. *International Journal of Theoretical Physics*, 53(7), 2198-2210. doi: 10.1007/s10773-014-2019-7
- Singh, V., ve Beesham, A. (2020). Plane symmetric model in $f(R, T)$ gravity. *European Physical Journal Plus*, 135(3), 319. doi: 10.1140/epjp/s13360-020-00314-x
- Sofuoğlu, D. (2016). Rotating and expanding Bianchi type-IX model in $f(R, T)$ theory of gravity. *Astrophys Space Sci*, 361, 12. doi: 10.1007/s10509-015-2593-z
- Sofuoğlu, D. (2019). Gödel universe in $f(R, T)$ gravity. *International Journal of Modern Physics D*, 28(7), 1950089. doi: 10.1142/S0218271819500895
- Stern, D., Jimenez, R., Verde, L., Stanford, S. A., ve Kamionkowski, M. (2010). Cosmic Chronometers: Constraining the Equation of State of Dark Energy. II. A Spectroscopic Catalog of Red Galaxies in Galaxy Clusters. *Astrophys. J. Suppl.*, 188(1), 280-289. doi: 10.1088/0067-0049/188/1/280
- Tiwari, R. K., Agrawal, A. K., ve Shukla, B. K. (2016). Bianchi Type-VI₀ Cosmological

- Model with Variable Deceleration Parameter. *Prespacetime Journal*, 7(5), 792-799.
- Tong, D. (2009). *Lectures on string theory* [Veritabanı]. High Energy Particle Physics Group, Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge, UK. Erişim adresi: <http://www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/string.html>
- Vilenkin, A. (1981). Cosmic strings. *Physical Review D*, 24(8), 2082–2089. doi: 10.1103/physrevd.24.2082
- Vilenkin, P. S. (1985). Cosmic strings and domain walls. *Physics Reports*, 121(5), 263–315. doi: 10.1016/0370-1573(85)90033-x
- Xu, L., Li, W., ve Lu, J. (2009). Constraints on kinematic model from recent cosmic observations: SN Ia, BAO and observational Hubble data. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2009(7), 031. doi: 10.1088/1475-7516/2009/07/031
- Yadav, A. K., Sahoo, P. K., ve Bhardwaj, V. (2019). Bulk viscous Bianchi-I embedded cosmological model in $f(R, T) = f_1(R) + f_2(R)f_3(T)$ gravity. *Modern Physics Letters A*, 34(19), 1950145. doi: 10.1142/S0217732319501451
- Yavuz, İ., Yılmaz, İ., ve Baysal, H. (2005). Strange Quark Matter Attached to the String Cloud in the Spherical Symmetric Space-Time Admitting Conformal Motion. *International Journal of Modern Physics D*, 14(8), 1365-1372. doi: 10.1142/S0218271805007061
- Yılmaz, İ. (2006). String cloud and domain walls with quark matter in 5-D Kaluza Klein cosmological model. *General Relativity and Gravitation*, 38(9), 1397-1406. doi: 10.1007/s10714-006-0322-1
- Zanardo, G., Staveley-Smith, L., Gaensler, B. M., Indebetouw, R., Ng, C.-Y., Matsuura, M., ve Tzioumis, A. K. (2018). Detection of Linear Polarization in the Radio Remnant of Supernova 1987A. *Astrophysical Journal Letters*, 861(1), L9. doi: 10.3847/2041-8213/aacc2a
- Zeldovich, Y. B. (1980). Cosmological fluctuations produced near a singularity. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 192(4), 663–667. doi: 10.1093/mnras/192.4.663
- Zhang, C., Zhang, H., Yuan, S., Liu, S., Zhang, T. J., ve Sun, Y. C. (2014). Four new observational $H(z)$ data from luminous red galaxies in the Sloan Digital Sky Survey data release seven. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 14(10), 1221-1233. doi: 10.1088/1674-4527/14/10/002

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Cihan KÖMÜRCÜ
Doğum Yeri :
Doğum Tarihi :

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Pamukkale Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, 2013
Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, 2020
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar

SCI

Kömürcü, C., ve Aktaş, C. (basım aşamasında). Investigation of the magnetized string distribution in the Marder universe with the cosmological term in $f(R, T)$ theory. *MPLA*.

b) Bildiriler

Uluslararası

Kömürcü, C. ve Aktaş, C., String cloud with perfect fluid matter distribution for homogenous and anisotropic space-time in $f(R, T)$ gravity. *TPS35*, 01, 437-446 (2019).

Kömürcü, C. ve Baysal, H., Space-time geometry of perfect fluid distribution in $f(R, T)$ gravitation theory. *TPS35*, 01, 447-455 (2019).

c) Katıldığı Projeler

"Homojen Anizotropik Modellerin $f(R, T)$ Teoride İncelenmesi", BAP Y.Lisans, FYL-2019-3087, (Devam Ediyor)

İLETİŞİM

E-posta Adresi :
ORCID :