

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI**



**YILDIZLARIN İÇ YAPI SABİTLERİNİN FARKLI
METALLİKLER İÇİN HESAPLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇAĞLA ALTINKAYNAK

BALIKESİR, MAYIS – 2015

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI**



**YILDIZLARIN İÇ YAPI SABİTLERİNİN FARKLI
METALLİKLER İÇİN HESAPLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇAĞLA ALTINKAYNAK

BALIKESİR, MAYIS – 2015

KABUL VE ONAY SAYFASI

Çağla ALTINKAYNAK tarafından hazırlanan “YILDIZLARIN İÇ YAPI SABİTLERİNİN FARKLI METALLİKLER İÇİN HESAPLANMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **08.05.2015** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Yrd.Doç.Dr.Gülay İNLEK

Üye
Doç.Dr. İnci ÇAPAN

Üye
Yrd. Doç.Dr. Zikriye ÖZBEK


.....

.....

.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

Bu tez alışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi tarafından BAP 2013/01-91 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

**YILDIZLARIN İÇ YAPI SABİTLERİNİN FARKLI METALLİKLER İÇİN
HESAPLANMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇAĞLA ALTINKAYNAK
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: YRD.DOÇ.DR.GÜLAY İNLEK)**

BALIKESİR, 2015

Bu çalışmada, farklı başlangıç metallikler için iç yapısal katsayıları ele almaktayız. $Z=0.0001$, $Z=0.001$, $Z=0.004$, $Z=0.01$, $Z=0.02$, $Z=0.03$ metalliklerine sahip $1-40 M_{\odot}$ Güneş kütlesi arasındaki bir dizi yıldız kütle modeli hesaplanmıştır. Ayrıca, $Z=0.0134$ Güneş metallik değeri içinde katsayılar hesaplanmıştır (Apslund ve grubu (2009)). Her bir model için k_2 , k_3 , k_4 iç yapı değerleri ve diğer ilişkili katsayılar Radau denklemi ile Fortran’da yer alan Radau Programı sayısal olarak birleştirilerek türetilmiştir. ZAMS için, Wisconsin Madison Üniversitesi Astronomi Bölümü EZ Web derlemesi sonuçları, Radau Programı’nda kullanılmıştır. Sonuçlar, güncel olarak İnlek ve Budding (2012) tarafından tarif edilen yöntemle değerlendirilmiştir. *KOI-126* düşük kütleli yıldız modelleri için Feiden ve grubunun (2011) bulgularıyla bu çalışmada elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır. Bulgular ayrıca Zaslache (2012)’nin bazı gözlemlenen yıldızlarıyla ilgili bulgularıyla ve Claret (2004)’in bulgularıyla da karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: İç yapı sabitleri, eksen dönmesi, politropik modeller

ABSTRACT

INTERNAL STRUCTURE OF THE STARS OF THE CALCULATION FOR DIFFERENT METALLIC

MSC THESIS

ÇAĞLA ALTINKAYNAK

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

PHYSICS

(SUPERVISOR: ASSİST. PROF. DR. GÜLAY İNLEK)

BALIKESİR, 2015

In this study we present internal structure coefficients for different initial metallicities. A series of stellar models of mass between $1-40 M_{\odot}$ with metallicities $Z=0.0001$, $Z=0.001$, $Z=0.004$, $Z=0.01$, $Z=0.02$, $Z=0.03$ were computed. We also computed coefficients for the solar metallicity value $Z=0.0134$ (Asplund et al.(2009)). For each model, values of the internal structure constants k_2 , k_3 , k_4 and other related structure coefficients were derived by numerically integrating Radau's equation with Radau Program in Fortran. The results of EZ Web compilation of the Dept. of Astronomy, University of Wisconsin Madison for ZAMS were used in Radau Program. Results are evaluated by the following method described recently by Inlek&Budding (2012). We made comparisons of this study with the results of Feiden et al. (2011) for low-mass stellar models of *KOI-126*. We also compared our findings with the results of Zasche (2012) for some observed stars and those of Claret (2004).

KEYWORDS: Internal structure constants, apsidal motion, polytropic models

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	v
ÖNSÖZ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. POLİTROPİK MODELLER	5
3. İÇ YAPI SABİTLERİNİN TEORİK VE GÖZLEMSEL HESAPLAMALARI	10
4. HESAPLAMALAR VE VERİLER	16
5. SONUÇLAR VE YORUMLAR	35
6. KAYNAKLAR.....	38

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 5.1:** Algol türü On üç sistem için gözlenen ve teorik $\log k_2$ değerlerinin karşılaştırılması36
- Şekil 5.2:** Yıldız kütleleri için iç yapı sabitlerinin farklı metal yoğunluklarına göre çizilmiş grafiği37

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Claret ve Gimenez (2010)'in değerleriyle bulgularımızın karşılaştırılması.	15
Tablo 4.1: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=2$ için;	16
Tablo 4.2: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=3$ için;	17
Tablo 4.3: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=4$ için;	17
Tablo 4.4: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=5$ için;	18
Tablo 4.5: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=6$ için;	18
Tablo 4.6: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitler, $j=7$ için;	19
Tablo 4.7: $Z=0.001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=2$ için;	19
Tablo 4.8: $Z=0.001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=3$ için;	20
Tablo 4.9: $Z=0.001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=4$ için;	20
Tablo 4.10: $Z=0.001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=5$ için;	21
Tablo 4.11: $Z=0.001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=6$ için;	21
Tablo 4.12: $Z=0.001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=7$ için;	22
Tablo 4.13: $Z=0.004$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=2$ için;	22
Tablo 4.14: $Z=0.004$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=3$ için;	23
Tablo 4.15: $Z=0.004$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=4$ için;	23
Tablo 4.16: $Z=0.004$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=5$ için;	24
Tablo 4.17: $Z=0.004$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=6$ için;	24
Tablo 4.18: $Z=0.004$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=7$ için;	25
Tablo 4.19: $Z=0.01$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=2$ için;	25
Tablo 4.20: $Z=0.01$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=3$ için;	26
Tablo 4.21: $Z=0.01$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=4$ için;	26
Tablo 4.22: $Z=0.01$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=5$ için;	27
Tablo 4.23: $Z=0.01$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=6$ için;	27
Tablo 4.24: $Z=0.01$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=7$ için;	28
Tablo 4.25: $Z=0.02$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=2$ için;	28
Tablo 4.26: $Z=0.02$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=3$ için;	29
Tablo 4.27: $Z=0.02$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=4$ için;	29
Tablo 4.28: $Z=0.02$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=5$ için;	30
Tablo 4.29: $Z=0.02$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=6$ için;	30
Tablo 4.30: $Z=0.02$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=7$ için;	31
Tablo 4.31: $Z=0.03$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=2$ için;	31
Tablo 4.32: $Z=0.03$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=3$ için;	32
Tablo 4.33: $Z=0.03$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=4$ için;	32
Tablo 4.34: $Z=0.03$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=5$ için;	33
Tablo 4.35: $Z=0.03$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=6$ için;	33
Tablo 4.36: $Z=0.03$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=7$ için;	34
Tablo 4.37: $Z=0.0134$ (Güneş metalliği) için iç yapı sabitleri.....	34
Tablo 5. 1: KOI-126 sistemi için iç yapı sabitleri.....	36
Tablo 5. 2: İç yapı sabiti $\log k_2$ 'nin, Zaslavski'nin gözlemsel sonuçları(2012) ve Claret'in teorik sonuçlarıyla(2004) karşılaştırılması.....	36

ÖNSÖZ

Bu çalışmada bana bütün sıcaklığı, samimiyeti, sonsuz anlayışı ve bilgi aktarımı ile emeği geçen, ayrıca kaynakları edinmemde yardımcı olan Sayın Hocam, Yrd. Doç. Dr. Gülay İnek'e

Araştırmalarım ve çevirilerim konusunda yardımcı ve bana her zaman destek olan dostlarım Nihal Akagündüz, İbrahim Çolak, Taha Nursi Altınkaynak ve Serdar Karadere'ye

Bu günlere gelmemi sağlayan, maddi manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Yıldız ağırlıklı olarak hidrojen ve helyumdan oluşan, yoğun ve karanlık uzayda ışık saçan, gökyüzünde bir nokta olarak görünen plazma küresi olarak tarif edilir. Yıldızların yapısını belirlemek için fiziğin çeşitli dallarından yararlanılır. Yıldızların fiziksel koşulları yerdeki koşullardan daha farklıdır ve bunların anlaşılması için de yerleşmiş fizik yasalarından faydalanılır. Fizik yasalarının değişmediği ve evrenin her tarafında aynı oldukları varsayımı yapılır. Ancak bunun her zaman doğru bir varsayım olamayacağı unutulmamalıdır.

Yıldızlarla ilgili en temel gözlemsel gerçek, onların uzaya enerji yaydıkları yönündedir. Yayılan enerji yıldızın içinde başka şekilden ısı enerjisine dönüşmüş olmalıdır. Dönüşen bu enerjinin gravitasyon enerjisi mi, nükleer enerji mi yoksa kimyasal bir enerji mi olduğu araştırılmalıdır. Güneş'in enerji kaynağını karşılayan enerji, nükleer enerjidir. Yıldızlar oluştuklarında yaklaşık kütlelerinin %70'i Hidrojen, %28'i Helyum geri kalanı da ağır metallerdir. Güneş'in kütlelerinin % 78.5'i Hidrojen, % 19.7'si Helyum, % 0.86'sı Oksijen, % 0.4'ü Karbon, % 0.14'ü Demir ve % 0.54'ü de diğer elementlerden oluşmaktadır. Genel olarak ağır metallerin oranı yıldız atmosferinde bulunan demir içeriğiyle belirlenir çünkü demir hem sık bulunan bir öğedir hem de soğurma çizgileri rahatlıkla ölçülebilir. Bu ağır metaller yıldızın yaşını belirlemede kullanılabilir ve bir gezegen sistemi olma olasılığının bir göstergesi olabilir. Yıldızlar hidrojen ve helyum karışımı ile hayata başlar. Orijinal gaz bulutu çöktükçe atomların kütle-çekim potansiyel enerjileri kinetik enerjiye dönüşür ve bulutun sıcaklığı artar. Sıcaklık artınca reaksiyon enerjisi protonların itici Coulomb bariyerini geçer ve füzyon olur. Füzyonda ortaya çıkan ışıma dışı doğru kütle çekim çökmesini önler ve yıldız denge durumuna girer. Hidrojen tükentiği anda kütle çekim sebebiyle içine çökmeye başlar ve ısı artar. Bundan sonra ise ${}^4\text{He}$ - ${}^4\text{He}$ füzyonu başlar.

Yıldızların yapısını belirleyen süreçlerin neler olduğunu ve bu süreçleri anlamak için temel yapı denklemlerinin çözülmesi gerekmektedir. Kuramcılar iyi gözlenmiş bir yıldızın özelliklerini hesaplamazlar. Kütle, kimyasal yapı ve yıldız

yaşının bir dizi değerleri için hesap yapılır ve sonuçlar bireysel yıldızın özellikleri yerine yıldızların genel özellikleri ile karşılaştırılır. Yapılan hesaplar sonucunda yıldızın yüzey özellikleri bulunur. Çünkü gözlenen yüzey sıcaklığı ve yarıçap, hesapla bulunan sonuç ile karşılaştırılır. İç yapıyı belirleyen denklemleri çözmeden bu parametreleri hesaplamak olanaksızdır. Böylece yıldızın içindeki katmanlarda fiziksel koşullar da öğrenilebilir.

Çift yıldızlar astrofizikte, tek yıldızlara kıyasla daha çok bilgi sunmaları bakımından daha büyük bir öneme sahiptirler. Çift yıldızlar, çekimsel kuvvetlerle birbirine bağlı olan ve ortak kütle merkezi etrafında Kepler yasalarına uygun olarak yörünge hareketi yapan iki yıldızdan oluşmuş sistemlerdir. Bileşenleri birbirine oldukça yakın çift yıldız sistemleri mevcuttur, öyle ki bunların bileşenleri arasındaki uzaklık bileşenlerin yarıçaplarıyla karşılaştırılabilir düzeydedir. Örneğin herhangi bir gök cisminin kütlelerinin doğrudan belirlenebilmesi, en az iki cisim arasında ölçülebilen bir kütle çekim kuvvetinin varlığını gerektirir. Kütle, yıldızların evriminin anlaşılabilmesi açısından temel parametredir, dolayısıyla çift yıldız yardımıyla bileşen yıldızların kütleleri, bu sayede de evrim durumları hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Bununla birlikte bileşen yıldızların yarıçap, ışınım gücü gibi temel parametreleri de hesaplanabilmektedir. Çift yıldızlar yardımıyla belirlenen fiziksel parametreler ile tek yıldızların fiziksel özellikleri de belirlenebilmektedir. İlk kez Mayer and Herschel (1802) tarafından literatüre sokulan “çift yıldız” kavramının ve daha sonra yapılan çalışmalar sayesinde yaklaşık 364 adet görsel çift yıldızın kataloglara girmesi sağlanmıştır (Herschel,1831). Herschel bu türden çift yıldızları sistematik olarak gözlemleyen ilk kişilerden biri olmuştur. Güneş dışında yıldızlar hakkında gözlemlenen değerler, onların iç yapılarını anlamak için gerekli olan bilgilerin küçük bir kısmını yansıtmaktadır. Güneş ise kütlesi, sıcaklığı, yarı çapı gibi tüm değerleri bilinen tek yıldızdır.

Dış merkezli yörüngeye sahip çift sistemlerin gözlemlerinden, yıldız evrim modellerinin denetlenmesinde önemli bir parametre olan k_2 içyapı sabitleri de hesaplanabilmektedir. k_2 sabitini incelemek için en elverişli yıldızlar eksen dönmesi gösteren çift sistemlerdir. Literatürde k_2 gibi k_3 ve k_4 içyapı sabitlerinin de olduğu bilinmektedir. Bu içyapı sabitleri yıldızların potansiyellerinin etkisini temsil etmektedir. Çift yıldız sistemlerinin gözlemleri, kuramlarla karşılaştırılabilecek bazı

parametrelerin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bir çift yıldız sisteminde bileşenlerin yaklaşık olarak aynı iç yapı koşullarına sahip olduğu varsayımı ile gözlemsel ortalama iç yapı sabitinin hesaplandığı görülmektedir. Kuramsal iç yapı sabitini veren modeller dönmenin olmadığı varsayımı ile yapılmaktadır. Kuramsal iç yapı sabitinde dönmeden kaynaklanan düzeltme, bozulmanın çok büyük olmadığı çift yıldız sistemlerinde fazla beklenmemektedir (Claret,1999).

Yıldızların yapısını ve evrimi anlayabilmek için güvenilir fiziksel parametreler vardır. Bunlar yüzey sıcaklığı, kimyasal bileşenler, yarıçap, parlaklık, tayfsal analiz gibi bazı parametrelerdir. Yıldız evrim modelleri için iç yapı sabiti de önemli bir parametredir. İç yapı sabiti basık yörüngeli örten çift yıldızların bileşenlerinin yoğunluk dağılımının bir ölçüsüdür. İç yapı sabitlerinin hesaplanmasında da kullanılan çeşitli yöntemler vardır. İç yapı sabitleri uzun yıllar gözlemsel olarak tespit edilmiş ve teorik olarak hesaplanmıştır. Bu konuda çalışmaları olan birçok bilim adamı vardır. Astrofizik araştırmalarında çok önemli olan içyapı sabitlerinin, kütle dağılımına bağlı olduğu bilinmektedir (Sahade &Wood, 1978). İç yapı sabitlerinin gözlemsel ve teorik sonuçları arasındaki tutarsızlıklar ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Yakın çift yıldızlardaki eksen dönme dönemi için ilk analitik ifade Russell (1928) tarafından bulunmuştur. Bu ifade yıldız kütleleri, görelî yarıçaplar ve iç yapı sabiti birimlerinde verilmiştir. Daha sonra bu ifade Cowling (1938) tarafından geliştirilmiştir. Schwarzschild (1958), anakol yıldızları için iç yapı sabitinin teorik değerlerini, gerçek yıldız modelini kullanarak hesaplamıştır. Kopal (1965), aynı yıldız modellerini kullanarak teorik ve gözlemsel iç yapı sabitlerini karşılaştırmış ve aralarında sapmalar olduğunu göstermiştir. Rölativistik eksen dönmesinin büyük olduğu sistemler için iç yapı sabitinin formülünü vermiştir. Gimenez ve Garcia-Pelayo (1982), gözlenen ve teorik iç yapı sabitleri arasındaki farkın, yüzey çekimindeki değişiminin, doğrusal bir fonksiyonu olduğunu göstermişlerdir. İç yapı sabitinin evrensel gelişimi Hejlesen (1987) tarafından çalışılmıştır. Claret ve Gimenez (1989) teorik ve gözlemsel farkların merkezden konvektif fırlatma ve kütle kaybından kaynaklandığını açıklamaya çalışmışlardır.

Bir yıldızın yapısının hesaplanması için temel yapı denklemlerinin çözülmesi gerekir. Fakat bu denklemler analitik olarak çözülemez sadece bilgisayarlarda sayısal

çözümleri bulunabilir. Bilgisayarlardan önce, seri açılımlar ile hesaplanması zor olan fonksiyonların yaklaşık temsili bulunurdu. Bu yapı denklemleri varsayımlar yapılarak ve değişkenler boyutsuz hale getirilerek çözülebilir. Bu denklemler politropik modeller için uygun olan n politropik indeksine karakterize edilebilir. Bu n politropik indeksi için yıldızın iç yapısının modeli oluşturulmuşsa yıldızla ilgili diğer parametrelere de ulaşılabilir. Ancak bilgisayarda sayısal çözümlerini yapmak en olası sonuçları vermektedir.

Yakın çift yıldızlarda bileşenler arasındaki uzaklık genellikle bileşenlerin yarıçaplarının on katından daha küçüktür. Bu nedenle Newton (1686)'un Principia adlı eserinde izole edilmiş küresel bir yıldızın çekimsel olarak bir nokta kütle gibi davranacağı görüşü kabul edilmemektedir. Eğer bu görüş kabul edilseydi küresel yıldızın yoğunlukları, merkezden olan uzaklığın fonksiyonu olan izole küresel kabuklardan oluşacaktı ve yıldızların başka bir cisme uyguladığı kuvvet aynı miktarda kütle taşıyan noktasal cismin uygulayacağı kuvvetle aynı olacaktı. Ancak yakın çift yıldızların birbirine olan yakınlıklarından karşılıklı olarak uyguladıkları çekim kuvvetleri onların küresel yapısının bozulmasına neden olur. Nokta kütle varsayımı geçerli olmaz, böylece artık yörünge parametreleri sabit kalmaz. Bu nedenle iç yapı sabitlerini belirleyebildiğimiz yörünge basıklığı, yörünge ve eksen dönme dönemleri, bileşenlerin kütleleri ve yarıçapları da değişir. Eğer bu parametreler biliniyorsa içyapı sabitleri teorik olarak hesaplanabilir. Bozulan küresel yapının bozulma nedeni ise iki şekilde olur. Bunlardan birincisi karşılıklı çekim etkisi, ikincisi de kendi eksenleri etrafında dönmeleridir. Bu iki etkiden kaynaklanan yüzey yapılarıdaki bozulmalar yüzey küresel harmoniklerin serileriyle temsil edilebilirler.

Kopal (1959), yüzey yapılarıdaki bozulmalar için klasik yaklaşımı kullanmıştır. Bu yaklaşımda küresel simetriye sahip daha basit yapılar üzerinde bozulma katkıları görülebilirse Poisson denklemi ile çözülebileceği gösterilmiştir. Bozulmalar kabul edilebilir harmonik salınımlar açısından ifade edilmiştir. Küresel harmonik katsayılar bozucu potansiyel ve parametrelerinin hesabında bir veri kümesi oluşturur. Yazılan hızlı bilgisayar programları ve küresel harmonik katsayılarıyla; herhangi bir uzay noktasında bozucu potansiyel ve parametreleri pratik olarak hesaplanabilmektedir.

2. POLİTROPİK MODELLER

Temel yapı denklemlerini çözerek bütün bilgilerine sahip olunan referans yıldız θ indisi ile, modeli yapılacak yıldız da indissiz gösterilmiştir (Chandrasekhar, 1939):

$$\frac{r}{R} = \frac{r_0}{R_0}$$

$$r = \left(\frac{R}{R_0}\right) r_0 \quad m = \left(\frac{M}{M_0}\right) m_0$$

r yarıçap, m kütle, R yıldızın merkez yarıçapı, M yıldızın merkez kütlesi olmak üzere; r ve m parametrelerinin diferansiyeli alınırsa:

$$\frac{dr}{dr_0} = \frac{R}{R_0} \quad \text{ve} \quad \frac{dm}{dm_0} = \frac{M}{M_0} \quad (2.1)$$

Bu ifadeler ile yıldızın içinde yoğunluğun nasıl dağıldığı bulunabilir. Kütle denklemi yazılarak bu kütle denkleminin her iki tarafı (2.1)'deki denklemlerle çarpılırsa;

$$\frac{dr}{dm} = \frac{1}{4\pi^2 \rho} \quad (\text{Kütle Denklemi})$$

$$\frac{dr}{dm} \left(\frac{dr_0}{dr}\right) \left(\frac{dm}{dm_0}\right) = \frac{dr_0}{dm_0} = \frac{1}{4\pi^2 \rho} \left(\frac{R_0}{R}\right) \left(\frac{M}{M_0}\right) = \frac{1}{4\pi r_0^2 \rho_0} \quad (2.2)$$

Burada ρ yıldızın yoğunluğu ρ_0 ise yıldızın merkez yoğunluğudur. Denklem düzenlenirse;

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left(\frac{R_0}{R}\right) \left(\frac{M}{M_0}\right) \left(\frac{r_0^2}{r^2}\right) = \left(\frac{M}{M_0}\right) \left(\frac{R_0}{R}\right)^3 \quad (2.3)$$

Her parametre için boyutsuz değişkenler tanımlanarak ve bazı yaklaşımlar yapılarak yıldız yapı denklemlerinin çözülmesi olasıdır. Fakat bilgisayarda sayısal olarak çözüm yapılması daha doğru bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir.

Yıldız yapı denklemlerini doğru olarak çözmek birçok gökbilimciyi uğraştırmıştır. Bu çözüm yollarında kullandıkları yöntemlerden biri politropik modellerdir. İdeal gaz yasasından yola çıkılarak;

$$P_g V = NkT \quad , \quad n = \frac{N}{V}$$

$$P_g = nkT$$

Burada N parçacık sayısı, n ise parçacık yoğunluğudur. Astrofizikte gaz yasası bu şekilde kullanılmaz, onun yerine kütle yoğunluğu kullanılır. ρ kütle yoğunluğu m kütle olmak üzere farklı kütlelere sahip parçacıklar varsa o zaman n yerine ; $n = \rho/m$ kullanılır.

$$P_g = \frac{\rho kT}{\mu m_H} \quad (2.4)$$

μ parçacıkların (birimsiz) atomik ağırlığı, m_H Hidrojen atomunun kütlesidir.

Adyabatik harekette gazın basıncı ile hacmi arasında aşağıdaki bağıntı vardır;

$$PV^\gamma = \text{sabit} \quad \text{veya} \quad \frac{P}{\rho^\gamma} = \text{sabit}$$

$$\gamma = \frac{c_P}{c_V}$$

Burada γ , iki esas özgül ısının oranı olup, adı adyabatik ölçektir. Hidrostatik denge denklemi, yoğunluk, basıncın bir fonksiyonu olarak yazıldığında çözülebilir. Gaz basıncının bu şekilde ifade edilmesine 'politropik durum denklemi' denir.

$$P_g = \frac{\rho kT}{\mu m_H} = K \rho^\gamma$$

halini alır. K ve γ sabit terimlerdir. Denklem bu duruma gelme aşamalarına bakarsak, γ adyabatik ölçek, n politropik ölçeğe aşağıdaki şekilde bağlıdır;

$$\gamma = 1 + \frac{1}{n} \quad (2.5)$$

Hidrostatik denge denkleminde her iki taraf $r^2 \rho(r)$ ile çarpılırsa;

$$\frac{dP(r)}{dr} = -\frac{Gm(r)\rho(r)}{r^2}$$

$$\frac{r^2}{\rho(r)} \frac{dP(r)}{dr} = Gm(r) \quad (2.6)$$

her iki tarafın r'ye göre diferansiyeli alınırsa;

$$\frac{d}{dr} \left(\frac{r^2}{\rho} \frac{dP}{dr} \right) = -G \frac{dm}{dr} \quad (2.7)$$

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(\frac{r^2}{\rho} \frac{dP}{dr} \right) = -4\pi G \rho \quad (2.8)$$

(2.8) denkleminde basınç gradyanı sadece yoğunluğa bağlıdır. Bu denklemden hareketle Lane-Endem denklemi elde edilebilir.

Gaz basıncı politropik ölçek ile yazılır ve her iki tarafın r'ye göre türevi alınırsa (Prialnik,1991);

$$P_g = K\rho^\gamma = K\rho^{\frac{n+1}{n}}$$

$$\frac{dP}{dr} = K \frac{n+1}{n} \rho^{\frac{1}{n}} \frac{d\rho}{dr} \quad (2.9)$$

bu denklem yerine yazılırsa;

$$\left(\frac{(n+1)K}{4\pi nG} \right) \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(\frac{r^2}{\rho^{\frac{n-1}{n}}} \frac{d\rho}{dr} \right) = -\rho \quad (2.10)$$

$\rho(r)$ için ikinci dereceden bir diferansiyel denklem elde edilir. Bu denklemin çözümü iki sınır değeri gerektirir.

$$r = R \quad \text{için} \quad \rho = 0$$

$$r = 0 \quad \text{için} \quad d\rho/dr = 0$$

Bu son sınır değer merkezde çekim kuvvetinin sıfır olmasından kaynaklanır. Dolayısıyla $\frac{dP}{dr} = 0$ 'dan hareketle elde edilir. ρ_c yıldızın merkezdeki yoğunluğu olmak üzere, bu denklemi çözmek için θ boyutsuz değişkeni tanımlanırsa;

$$\rho = \rho_c \theta^n$$

$$d\rho = \rho_c n \theta^{n-1} d\theta \quad (2.11)$$

yerine yazılırsa;

$$\left(\frac{(n+1)K}{4\pi nG} \right) \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(\frac{\rho_c n \theta^{n-1} r^2}{(\rho_c \theta^n)^{\frac{n-1}{n}}} \frac{d\theta}{dr} \right) = -\rho_c \theta^n \quad (2.12)$$

sadeleştirilirse;

$$\left(\frac{(n+1)K \rho_c^{\left(\frac{1}{n}-1\right)}}{4\pi G} \right) \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d\theta}{dr} \right) = -\theta^n \quad (2.13)$$

$$\left(\frac{(n+1)K \rho_c^{\left(\frac{1}{n}-1\right)}}{4\pi G} \right) = \alpha^2 \quad \text{denklemine eşitlenirse;}$$

$$\frac{\alpha^2}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d\theta}{dr} \right) = -\theta^n \quad (2.14)$$

(2.14) denkleminin sağ tarafı boyutsuz olduğu için sol tarafında boyutsuz olması gerekir. α uzunluk birimindedir. İfadeyi sadeleştirmek için merkezden olan uzaklığa ξ boyutsuz değişkenini tanımlayacak olursak;

$$r = \alpha \xi$$

$$dr = \alpha d\xi$$

denklemden yerine yazılırsa;

$$\frac{1}{\xi^2} \frac{d}{d\xi} \left(\xi^2 \frac{d\theta}{d\xi} \right) = -\theta^n \quad (2.15)$$

(2.15) numaralı denklem Lane-Emden denklemidir. Bu denklem θ 'nın boyutsuz değişken ξ 'ye göre değişimini verir. Sınır değerlerine bakılacak olursa;

$$\xi = 0 \quad \text{için} \quad \theta = 1 \quad \{r = 0 \text{ için } \rho = \rho_c\}$$

Yıldızın merkezinde çekim kuvveti sıfır olduğundan $\frac{d\theta}{d\xi} = 0$ olur. $\theta = 0$ olduğu yerde ise yani yıldızın yüzeyinde ise $\xi = \xi_R$ olarak alınır. ξ değişkeni yarıçapı temsil eden boyutsuz değişken, θ ise (0,1) aralığında değişen ve yoğunlukla

ilgili boyutsuz değişkendir. Dolayısıyla Lane-Emden denkleminin çözümleri yarıçapın fonksiyonu olarak yoğunluğu verecektir. $\rho = \rho_c \theta^n$ denkleminde keyfi en değerleri için sayısal çözümler vardır, analitik çözümler yoktur. Lane- Emden denkleminin ise belirli n değerleri için analitik çözümleri vardır.

n sabit olduğunda bilinen formül $P \propto \rho^{1+1/n}$ 'e indirgenir. Bugünkü bilgilere göre yıldız modellerindeki n değerleri yıldızın merkezinde n₁, yüzeyinde n₂ dir.

Denklemlerin basit şekilde test edilmesi için j=2,3,4 değerleri için yaklaşık olarak belirlenen eksen dönme sabitleri olan k_j, politropik gaz küreleri için uygun olan n=3 ve n=4 ile karakterize edilebilir. İşte burada bahsettiğimiz Lane- Emden denklemleri bizi çözümlere ulaştırır. n=0, 1 ve 5 değerleri için olan bu çözümlere bakılırsa; n=0 çözümlerinde $\rho = \bar{\rho}$ çıkar. Bu durum ancak dünya benzeri bir gezegenin iç yapısı için kaba bir yaklaşımdır. n=1 çözümlerinde yıldızın yarıçapı belirlenebilir. n=5 çözümlerinde ise yıldızın yarıçapı sonsuz olur. yani n>5 için tüm çözümlerde yarıçapın sonsuz çıkacağı görülebilir. Bunun anlamı sadece n<5 için yıldızın yüzeyi vardır demektir. Lane-Emden denklemleri sadece politropik ölçek olan n'ye bağlıdır. Verilen bir n politropik indeksi için yıldızın iç yapısının modeli oluşturulmuşsa diğer parametrelere ulaşılabilir.

Atom altı enerjiler göz önüne alınarak, oldukça güçlü olan enerjinin merkezde yoğunlaşması beklenir. Bu durumda n içeri doğru azalma eğilimindedir; ancak buradaki azalmada bir sınır vardır. Çünkü n kısa sürede konvektif denge değerinin altına düşerse radyatif denge yerini konvektif dengeye verir ve konvektif çekirdekte bu n sabit kalır. Yıldız modellerinde minimum n değeri 1,5'tir. Yıldızların iç yapı modelleri oluşturulurken de konvektif zarfın politropik indeks değerleri n=1,5 ve n=3 olarak alınmaktadır.

3. İÇ YAPI SABİTLERİNİN TEORİK VE GÖZLEMSEL HESAPLAMALARI

Kopal (1959), tipik bir noktanın M' olarak etiketlendiği küre şeklindeki kabuk maddesinin dışındaki bir M noktasında yer alan birim kütesinin potansiyelini

$$V = G \int \frac{dm'}{R}; \quad (3.1)$$

eşitliği ile ele almaktadır. Burada G yerçekimsel sabiti; R , M ve M' nin ayrımını göstermektedir. Kütle elementi dm' , doğal olarak uygulanabilir küresel polar koordinat sisteminde,

$$dm' = \iiint \rho r'^2 \sin\theta' d\theta' d\phi' \quad (3.2)$$

$$R^2 = r^2 + r'^2 - 2rr' \cos\gamma \quad (3.3)$$

verilmektedir.

M noktasının koordinatları r, θ, ϕ olmak üzere;

$$\cos\gamma = \cos\theta \cos\theta' + \sin\theta \sin\theta' \cos(\phi - \phi') \quad (3.4)$$

olmaktadır.

Bu potansiyel farklılaştırıldığında birim kütesi üzerinde yerçekimsel gücü verdiği anlamına gelmektedir. Ancak bu anlam daha az sıkı bağlanmış madde için daha yüksek olan normal potansiyel enerjininkinden hafifçe farklılık göstermektedir. Böyle bir potansiyel, (3.1) eşitliğinin sağdaki ifadesinden önce eksi (-) işareti gerektirir ve buna karşılık gelen türevde çekim gücü için eksi (-) işareti gerektirir. Güç için nihai sonuç aynı olacak şekilde (3.1) eşitliğinin notasyonunun (işaretlerinin) korunması uygun olur.

R paydası, Legendre polinomlarında kolaylıkla genişleyebilir, böylece (3.1) integrali n şeklinde dizilerin toplamı olarak ifade edilebilir. Böylece;

$$V = \sum_0^{\infty} r^{-(n+1)} V_n \quad (3.5)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlikte her bir V_n , terimi

$$V_n = G \int r^m P_n(\cos\gamma) dm' \quad (3.6)$$

formunun bir integralidir.

İntegral limitlerde bir farklılık olması durumu ve karşılık gelen ardışık terimler olan r' nin güçlerinin artması ve r' güçlerin azalması durumları hariç M, M' ye dahil olduğunda daha yakından kıyaslama yapılabilir.

-1'in belirli uzaklık biriminde geriye kalan gücü çevreleyen $G \int dm' = Gm_1$ faktörü düşünüldüğünde, her bir terimin birim kütle başına enerji boyutlarına sahip olmasını sağlar. Düşünceler sıklıkla potansiyelin iç formunun kaybolduğu yakın ikili sistemdeki bir bileşenin yüzey bozulmasıyla ilişkilendirilir. Böylece, dış form daha belirli bir rol üstlenmeye yatkın olur.

Rotasyon ve gelgitlerle ilgili güçler tarafından bozulan bir kütleli şeklini bulmaya yönelik olan klasik yaklaşım, problemdeki bütün güçlerle alakalı olan potansiyelin sabit olduğu eşgüçlü yüzeyleri işaret etmektedir. Katkıda bulunan etkilerin daha basit ve temel formlar (örneğin; küresel bir simetriye sahip olan) üzerindeki ek bozukluklar olarak görülmesi için, ilgili güçlerin göreceli ölçeğinin ayrı bir sıralama durumuyla birlikte verildiğinde bu yaklaşım sadece Poisson eşitliğiyle uyumlu bir durumun içinde belirli gediklerin oluşmasına izin verir. Kararlı haldeki kütleler için olan Clairaut Teoremi ρ yoğunluğunun eşgüçlü bir yüzeyde sabit olduğunu ifade etmektedir. Bu da (3.2) ve (3.6) eşitliklerinin birleştirilmesiyle oluşturulan integralin sadeleştirilmesine imkan verir. Nitekim eşpotansiyelleri küresel $Y_j(a, \theta, \phi)$ harmonikleri açısından da ifade edebilirsek işlenebilir hale gelmektedir. Bu harmonikler, bir integraldeki harmoniklerin ürünlerine uygulanan ortogonalite şartları gibi ilgili ürünlerin integrallenebilirliğinden dolayı normalde Legendre polinomlarını içermektedir (MacRobert ve grubu 1927). r' yarıçapı bu suretle aşağıdaki dizi şeklinde ifade edilir:

$$r' = a \{1 + \sum_{j=2}^{\infty} Y_j^i(a, \theta', \phi')\} \quad (3.7)$$

a verilen herhangi bir eş potansiyele uygulanan ortalama bir yarıçaptır. Bu eş potansiyelin küresellikten gelen pertürbasyonu mozaiksel Y'_j harmonikleri açısından verilir. Bu şekilde (3.5) eşitliği sadece a 'yı içeren bir integral dizisi olarak ifade edilebilir. Burada farklı sıradaki harmoniklerin karışık ürünleri kaybolur.

Şu ana kadar göz önünde bulundurulmuş potansiyel (gerilim), kütlenin kendi madde dağılımına ve yerçekimsel kendi çekimine işaret etmektedir. Belirli bir referans çerçevesinde kendisini oluşturan parçacıkların net bir şekilde hareket etmediği bir cisim için, bu durum bir 'bozucu bir gerilimi' $V' = \sum_{i,j}^{\infty} c_{i,j} r^j P_j^i(\theta, \phi)$ dengelemek olarak görülür ki bu dengeleme ; $a = a_1$ deki verilen bozukluk formlarıyla ilgili olan $c_{i,j}$ katsayılarına sahip öz çekim kuvvetleriyle zıt bir şekilde hareket eden kuvvetlerin ortaya çıkmasına sebep olur. Eş potansiyel yüzeyi toplam gerilim sadece bir değeriyle karakterize edildiği için (θ ya da ϕ ' den bağımsız olarak, yani test parçacığını yerleştirdiğimiz yüzeydeki konumuna bakılmaksızın) birleştirilmiş potansiyel için olan genişlemedeki katsayıların dengelenmesiyle bazı değişikliklerden sonra, birinci sıra yüzey pertürbasyonu için (Kopal 1959) Clairaut eşitliğini elde ederiz;

$$\begin{aligned} & \frac{G}{2j+1a_1^{j+1}} \int_0^{a_1} (j a^j Y_j^i + a^{j+1} \frac{\partial Y_j^i}{\partial a}) dm' \\ & = c_{i,j} a_1^j P_j^i(\theta, \phi) \end{aligned} \quad (3.8)$$

Bu eşitliğin solundaki kütle-kabuk ağırlıklı integral, potansiyelin sadece dış formundan ortaya çıkmaktadır. İçteki ise ($a = a_1$) yüzeyinde kaybolur. O zaman;

$$c_{i,j} a_1^j P_j^i = \frac{G m_1}{a_1} \frac{Y_j^i}{\Delta_j} \quad (3.9)$$

eşitliğini yazarsak, burada verilen Δ_j anahtar katsayısının sıra bütünlüğünün tamamen sayısal bir miktarı olmasını bekleriz. (3.7) ve (3.8) eşitlik formları a/a_1 argümanı ile birlikte Y_j^i harmonik fonksiyonlarının da sayısal değerde olduğuna işaret etmektedir. Clairaut eşitliği o halde,

$$\Delta_j = \frac{(2j+1)}{j+\eta_j(a_1)} \quad (3.10)$$

şeklinde ifade edilebilir. Δ_j , tutulan çift yıldızların ışık eğrilerinin analizinde kullanılan bir parametredir. $\eta_j(a_1)$ burada;

$$\eta_j(a_1) = \frac{a_1}{Y_j^i} \frac{\partial Y_j^i}{\partial a_1} \quad (3.11)$$

pertürbasyon potansiyeli için olan logaritmik türevinin yüzey değeridir.

Eğer Y_j^i harmoniklerinin a -bağımlılığı basitçe $(a/a_1)^k$ olsaydı, o zaman $\eta_j = k$ olurdu. Δ ve η için sadece j endeksine yapılan bir indirgemenin, ilgili bozucu gerilimlerin sadece Legendre polinomları açısından (zonal) ifade edilebileceğini (sadece uygun bir koordinat seçimi ile) tahmin ettiğine dikkat ediniz.

Kopal (1959) ve grubu η_j fonksiyonunun matematiksel davranışını detaylı bir şekilde incelemişlerdir. a , $0 < a < a_1$ aralığında olacak şekilde aşağıdaki diferansiyel denklemi sağladığı gösterilmiştir.

$$a \frac{d\eta_j}{da} + 6 \frac{\rho}{\bar{\rho}} (\eta_j + 1) + \eta_j (\eta_j - 1) = j(j + 1) \quad (3.12)$$

Kopal bu denkleme Radau Denklemi adını vermiştir. $\bar{\rho}$ yıldız merkezinin ortalama yoğunluğudur. Eğer zarf yoğunluğu azalır, mesela $\rho \rightarrow 0$ şeklinde, bu eşitlik Y_j^i 'nin $c'_j(a/a_1)^{j+1}$ şeklini almasına uygun olarak net bir şekilde $\eta_j = j + 1$ ile çözülebilir. Δ_j katsayısı teklik haline geri döner. Bu durum maddenin yokluğunda, örneğin öz çekim durumunda bozucu ve dengeleyici gerilimlerin doğrudan, $c'_0 \equiv c_0 a_1 / G m_1$ ile eşleşmesinin sezgisel olarak beklenmesiyle bağdaşmaktadır. Sonlu bir yoğunluk olan $\rho > 0$ 'ın sol tarafı sabit, sağ tarafla dengelemek için ve (3.10) eşitliğinde paydayı azaltan ve Δ_j katsayısının karşılık gelen artışıyla yüzey bozulmasının büyümesi şartıyla (3.12) eşitliğindeki η_j 'yi indirgeme etkisi vardır.

Eşitliğin sağ tarafında sabitliğin sağlanması amacıyla bütünleyicideki ikinci gradyanın azalması Y_j^i katsayısındaki artmanın karşılanmasını gerektirdiğinde, benzer bir durum (3.8) eşitliğinde de görülebilir. Tek tip yoğunluğa sahip bir cisim

için $\Delta_j = (2j + 1)/(2j - 2)$ olması için (3.12) eşitliğinin $\eta_j = j - 2$ ile kolaylıkla sağlanabildiği görülmektedir. Ancak bu, dengedeki olağan bir astrofiziksel cisim için mümkün olan Δ_j 'nin maksimum büyümesi olurdu. Yıldızlar gibi belli bir derecede merkezi yoğunlaşmaya sahip olan cisimler için η_j , $j + 1$ 'e doğru oldukça hızlı bir şekilde yönelir. Böylece benzer bir şekilde $\Delta_j \rightarrow 1$ olur. $\Delta_j \rightarrow 1$ böylece merkezi olarak yoğunlaşmış 'Roche' tahmini için geçerli olacaktır.

Broker ve Olle (1955), $j = 2, 3, \dots, 7$ olacak şekilde politropik yıldız yapısı modelleri ve $0 \leq n \leq 5$ aralığındaki politropik n indeksinin 14 değeri için $\eta_j(a_1)$ çözüm değerlerini 8 ondalık yer doğruluğunda çizelge haline getirmişlerdir. Ortaya çıkan veriler net bir şekilde mesela, merkezi yoğunlaşma gibi artan politropik n indeksine sahip $j + 1$ 'e doğru hızlı n artışları göstermiştir. Kopal (1959) tarafından hazırlanan sonuçlarda gösterildiği üzere, rotasyonel ve gelgitsel olarak bozulmuş yıldızların sonraki birçok modellemesinde kullanılmış ve mevcut derleme için yararlı bir karşılaştırma temeli oluşturmuştur.

Kushwaka (1957) ve Swarzhild (1958) homojen ve evrimleşmiş yıldızlar için $k_2 = (\Delta_2 - 1)/2$ teorik içyapı sabitlerini hesaplamışlardır. Petty (1973) gözlemsel ve teorik k_2 değerleri arasındaki tutarsızlıkları homojen yıldız modellerini kullanarak açıklamaya çalışmışlardır. Hejlesen (1987) ZAMS (sıfır yaş ana dizisi) modelleri için yapısal k_j sabitlerini hesaplamış ve 2,3 ve 4 j değerleri için Jeffrey'in (1984) teorik modellerini kullanarak evrimsel varyasyonları incelemiştir. Teorik modellerde kullanılan farklı opasite tablolarının kullanımından kaynaklanan hesap tutarsızlıklarına değinmiştir. Daha yakın bir zamanda, Torres ve arkadaşları (2010) ZAMS ve TAMS (son yaş ana dizisi) arasındaki 18 ikili değerleri için k_2 değerlerinin logaritmalarını sunmuşlardır. Buldukları sonuçlar, yüzey çekimi ve kütesine bağlılık açısından Claret'in teorik değerleriyle bağlantılı idi.

Claret ve Gimenez (2010) de çift-hatlı örten çiftlerden gelen bilgilere karşı yapısal katsayıları kontrol etmişlerdir. Claret'in (2004) Granada evrimsel yasasından türetilen yıldız modellerini kullanmışlar ve ileride bahsedilen Radau eşitliğini entegre etmişlerdir. Özellikle ortalama sistemsal k_2 değerlerine işaret edebilecek eksen dönmesi hızlarına dikkat etmişlerdir. Bu çalışmada sonuçlarımızı gözlemsel verilere

karşı kontrol etmeye çalıştık. Burada Claret ve Gimenez (2010)'in karşılık gelen değerleriyle kıyaslanabilecek olan sonuçlar Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3. 1: Claret ve Gimenez (2010)'in değerleriyle bulgularımızın karşılaştırılması.

YILDIZ	KÜTLE(M_{\odot})	k_2 (bulgularımız)	k_2 (Claret ve Gimenez)
V636 Cen	1.051	0.02314	0.01920
EK Cep	2.025	0.00409	0.00765
PV Cas	2.819	0.00526	0.00435
GG Lup	4.106	0.00710	0.00594
V760 Sco	4.969	0.00825	0.00629
QX Car	9.250	0.01261	0.00810

4. HESAPLAMALAR VE VERİLER

Bu çalışmada $Z=0.0001$, $Z=0.001$, $Z=0.004$, $Z=0.01$, $Z=0.02$, $Z=0.03$ olan 7 farklı başlangıç metallikleri için iç yapı sabitleri ve güneş kütlesi (M_{\odot}) cinsinden 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 20, 25, 30, 35 ve 40 M_{\odot} yıldız kütle modeli hesaplanmıştır. Ayrıca Güneş metallik değeri olan $Z=0,0134$ içinde hesaplamalar yapıldı. Her bir model için içyapı sabitleri olan k_2, k_3, k_4 ve diğer ilgili katsayıları Fortran' da Radau programı ile elde edilmiştir.

Bulgularımız $j=2,3,4,5,6,7$ değerleri için η_j, k_j, Δ_j ' nin aldığı değerlerin listelendiği Tablo 4.1- Tablo 4.36 arasında sunulmuştur.

Tablo 4. 1: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=2$ için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	2,90757	1,01883	0,00942	2,89	2,53	2,59	2,96	-2,025949
2M	2,87883	1,02484	0,01242	2,70	2,37	2,44	2,80	-1,905878
3M	2,85029	1,03087	0,01543	2,60	2,28	2,35	2,71	-1,811634
4M	2,82864	1,03549	0,01774	2,55	2,25	2,30	2,66	-1,751046
5M	2,81105	1,03927	0,01964	2,52	2,23	2,28	2,63	-1,706858
6M	2,79783	1,04214	0,02107	2,49	2,22	2,27	2,61	-1,676335
7M	2,78470	1,04500	0,02250	2,49	2,22	2,26	2,59	-1,647817
8M	2,77609	1,04688	0,02344	2,49	2,23	2,26	2,58	-1,630042
9M	2,76763	1,04874	0,02437	2,49	2,24	2,26	2,57	-1,613144
10M	2,75937	1,05056	0,02528	2,49	2,26	2,27	2,57	-1,597222
11M	2,75135	1,05233	0,02617	2,51	2,28	2,28	2,56	-1,582196
15M	2,73247	1,05653	0,02827	2,54	2,34	2,30	2,56	-1,548674
20M	2,71520	1,06040	0,03020	2,58	2,41	2,35	2,56	-1,519993
25M	2,70263	1,06323	0,03162	2,63	2,48	2,39	2,57	-1,500038
30M	2,69418	1,06515	0,03257	2,67	2,53	2,43	2,59	-1,487182
35M	2,68685	1,06681	0,03341	2,70	2,57	2,47	2,61	-1,476123
40M	2,68268	1,06776	0,03388	2,72	2,60	2,50	2,62	-1,470056

Tablo 4. 2: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=3$ için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	3,97624	1,00341	0,00170	2,89	2,53	2,59	2,96	-2,769551
2M	3,96786	1,00461	0,00231	2,70	2,37	2,44	2,80	-2,636388
3M	3,95881	1,00592	0,00296	2,60	2,28	2,35	2,71	-2,528708
4M	3,95192	1,00692	0,00346	2,55	2,25	2,30	2,66	-2,460923
5M	3,94620	1,00774	0,00387	2,52	2,23	2,28	2,63	-2,412289
6M	3,94183	1,00838	0,00419	2,49	2,22	2,27	2,61	-2,377785
7M	3,93741	1,00902	0,00451	2,49	2,22	2,26	2,59	-2,345823
8M	3,93448	1,00945	0,00472	2,49	2,23	2,26	2,58	-2,326058
9M	3,93157	1,00987	0,00494	2,49	2,24	2,26	2,57	-2,306273
10M	3,92870	1,01029	0,00515	2,49	2,26	2,27	2,57	-2,288192
11M	3,92588	1,01070	0,00535	2,51	2,28	2,28	2,56	-2,271646
15M	3,91913	1,01169	0,00584	2,54	2,34	2,30	2,56	-2,233587
20M	3,91280	1,01261	0,00631	2,58	2,41	2,35	2,56	-2,199970
25M	3,90806	1,01331	0,00665	2,63	2,48	2,39	2,57	-2,177178
30M	3,90478	1,01379	0,00690	2,67	2,53	2,43	2,59	-2,161150
35M	3,90185	1,01422	0,00711	2,70	2,57	2,47	2,61	-2,148130
40M	3,90012	1,01447	0,00724	2,72	2,60	2,50	2,62	-2,140261

Tablo 4. 3: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=4$ için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	4,99104	1,00100	0,00050	2,89	2,53	2,59	2,96	-3,301029
2M	4,98777	1,00136	0,00068	2,70	2,37	2,44	2,80	-3,167491
3M	4,98338	1,00179	0,00090	2,60	2,28	2,35	2,71	-3,045757
4M	4,98088	1,00213	0,00106	2,55	2,25	2,30	2,66	-2,974694
5M	4,97835	1,00241	0,00121	2,52	2,23	2,28	2,63	-2,917214
6M	4,97639	1,00263	0,00132	2,49	2,22	2,27	2,61	-2,879426
7M	4,97440	1,00285	0,00143	2,49	2,22	2,26	2,59	-2,844663
8M	4,97306	1,00300	0,00150	2,49	2,23	2,26	2,58	-2,823908
9M	4,97173	1,00315	0,00158	2,49	2,24	2,26	2,57	-2,801342
10M	4,97042	1,00330	0,00165	2,49	2,26	2,27	2,57	-2,782516
11M	4,96912	1,00344	0,00172	2,51	2,28	2,28	2,56	-2,764471
15M	4,96598	1,00379	0,00190	2,54	2,34	2,30	2,56	-2,721246
20M	4,96302	1,00413	0,00206	2,58	2,41	2,35	2,56	-2,686132
25M	4,96079	1,00438	0,00219	2,63	2,48	2,39	2,57	-2,659555
30M	4,95924	1,00455	0,00227	2,67	2,53	2,43	2,59	-2,643974
35M	4,95783	1,00471	0,00235	2,70	2,57	2,47	2,61	-2,628932
40M	4,95699	1,00480	0,00240	2,72	2,60	2,50	2,62	-2,619788

Tablo 4. 4: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=5$ için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	5,99585	1,00038	0,00019	2,89	2,53	2,59	2,96	-3,721246
2M	5,99436	1,00051	0,00026	2,70	2,37	2,44	2,80	-3,585026
3M	5,99240	1,00069	0,00035	2,60	2,28	2,35	2,71	-3,455931
4M	5,99086	1,00083	0,00042	2,55	2,25	2,30	2,66	-3,376750
5M	5,98954	1,00095	0,00048	2,52	2,23	2,28	2,63	-3,318758
6M	5,98851	1,00105	0,00052	2,49	2,22	2,27	2,61	-3,283996
7M	5,98745	1,00114	0,00057	2,49	2,22	2,26	2,59	-3,244125
8M	5,98673	1,00121	0,00060	2,49	2,23	2,26	2,58	-3,221848
9M	5,98602	1,00127	0,00064	2,49	2,24	2,26	2,57	-3,193820
10M	5,98531	1,00134	0,00067	2,49	2,26	2,27	2,57	-3,173925
11M	5,98461	1,00140	0,00070	2,51	2,28	2,28	2,56	-3,154901
15M	5,98291	1,00156	0,00078	2,54	2,34	2,30	2,56	-3,107905
20M	5,98130	1,00170	0,00085	2,58	2,41	2,35	2,56	-3,070581
25M	5,98009	1,00181	0,00091	2,63	2,48	2,39	2,57	-3,040958
30M	5,97925	1,00189	0,00095	2,67	2,53	2,43	2,59	-3,022276
35M	5,97848	1,00196	0,00098	2,70	2,57	2,47	2,61	-3,008773
40M	5,97802	1,00200	0,00100	2,72	2,60	2,50	2,62	-3,000000

Tablo 4. 5: $Z=0.0001$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=6$ için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	6,99779	1,00017	0,00009	2,89	2,53	2,59	2,96	-4,045757
2M	6,99704	1,00023	0,00011	2,70	2,37	2,44	2,80	-3,958607
3M	6,99594	1,00031	0,00016	2,60	2,28	2,35	2,71	-3,795880
4M	6,99506	1,00038	0,00019	2,55	2,25	2,30	2,66	-3,721246
5M	6,99430	1,00044	0,00022	2,52	2,23	2,28	2,63	-3,657577
6M	6,99369	1,00049	0,00024	2,49	2,22	2,27	2,61	-3,619788
7M	6,99307	1,00053	0,00027	2,49	2,22	2,26	2,59	-3,568636
8M	6,99265	1,00057	0,00028	2,49	2,23	2,26	2,58	-3,552841
9M	6,99222	1,00060	0,00030	2,49	2,24	2,26	2,57	-3,522878
10M	6,99180	1,00063	0,00032	2,49	2,26	2,27	2,57	-3,494850
11M	6,99138	1,00066	0,00033	2,51	2,28	2,28	2,56	-3,481486
15M	6,99036	1,00074	0,00037	2,54	2,34	2,30	2,56	-3,431798
20M	6,98939	1,00082	0,00041	2,58	2,41	2,35	2,56	-3,387216
25M	6,98866	1,00087	0,00044	2,63	2,48	2,39	2,57	-3,356547
30M	6,98816	1,00091	0,00046	2,67	2,53	2,43	2,59	-3,337242
35M	6,98770	1,00095	0,00047	2,70	2,57	2,47	2,61	-3,327902
40M	6,98743	1,00097	0,00048	2,72	2,60	2,50	2,62	-3,318758

Tablo 4. 6: Z=0.0001 metalliği için iç yapı sabitler, j=7 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	7,99870	1,00009	0,00004	2,89	2,53	2,59	2,96	-4,397940
2M	7,99829	1,00011	0,00006	2,70	2,37	2,44	2,80	-4,221848
3M	7,99763	1,00016	0,00008	2,60	2,28	2,35	2,71	-4,096910
4M	7,99709	1,00019	0,00010	2,55	2,25	2,30	2,66	-4,000000
5M	7,99661	1,00023	0,00011	2,52	2,23	2,28	2,63	-3,958607
6M	7,99623	1,00025	0,00013	2,49	2,22	2,27	2,61	-3,886056
7M	7,99583	1,00028	0,00014	2,49	2,22	2,26	2,59	-3,853871
8M	7,99556	1,00030	0,00015	2,49	2,23	2,26	2,58	-3,823908
9M	7,99529	1,00031	0,00016	2,49	2,24	2,26	2,57	-3,795880
10M	7,99502	1,00033	0,00017	2,49	2,26	2,27	2,57	-3,769551
11M	7,99475	1,00035	0,00018	2,51	2,28	2,28	2,56	-3,744727
15M	7,99409	1,00039	0,00020	2,54	2,34	2,30	2,56	-3,698970
20M	7,99346	1,00044	0,00022	2,58	2,41	2,35	2,56	-3,657577
25M	7,99299	1,00047	0,00023	2,63	2,48	2,39	2,57	-3,638272
30M	7,99267	1,00049	0,00024	2,67	2,53	2,43	2,59	-3,619788
35M	7,99237	1,00051	0,00025	2,70	2,57	2,47	2,61	-3,602059
40M	7,99220	1,00052	0,00026	2,72	2,60	2,50	2,62	-3,585026

Tablo 4. 7: Z=0.001 metalliği için iç yapı sabitleri, j=2 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	2,92074	1,01611	0,00805	2,22	1,90	2,72	3,16	-2,094204
2M	2,91009	1,01831	0,00916	2,72	2,37	2,51	2,93	-2,038104
3M	2,88470	1,02360	0,01180	2,63	2,30	2,41	2,83	-1,928117
4M	2,86410	1,02794	0,01397	2,59	2,27	2,36	2,76	-1,854803
5M	2,84609	1,03176	0,01588	2,56	2,26	2,33	2,72	-1,799149
6M	2,83190	1,03479	0,01739	2,55	2,26	2,32	2,69	-1,759700
7M	2,81741	1,03790	0,01895	2,54	2,27	2,30	2,66	-1,722390
8M	2,80776	1,03999	0,01999	2,54	2,27	2,30	2,64	-1,699187
9M	2,79817	1,04206	0,02103	2,54	2,29	2,30	2,63	-1,677160
10M	2,78874	1,04412	0,02206	2,55	2,30	2,30	2,62	-1,656394
11M	2,77952	1,04613	0,02307	2,56	2,32	2,30	2,60	-1,636952
15M	2,75768	1,05093	0,02547	2,59	2,39	2,32	2,59	-1,593971
20M	2,73829	1,05523	0,02762	2,64	2,46	2,36	2,58	-1,558776
25M	2,72490	1,05822	0,02911	2,69	2,53	2,40	2,59	-1,535957
30M	2,71613	1,06019	0,03010	2,72	2,57	2,44	2,60	-1,521433
35M	2,70859	1,06189	0,03094	2,76	2,62	2,48	2,62	-1,509479
40M	2,70431	1,06285	0,03143	2,78	2,64	2,51	2,63	-1,502655

Tablo 4. 8: Z=0.001 metalliği için iç yapı sabitleri, j=3 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	3,97859	1,00307	0,00153	2,22	1,90	2,72	3,16	-2,815308
2M	3,97779	1,00318	0,00159	2,72	2,37	2,51	2,93	-2,798602
3M	3,97066	1,00421	0,00210	2,63	2,30	2,41	2,83	-2,677780
4M	3,96463	1,00508	0,00254	2,59	2,27	2,36	2,76	-2,595166
5M	3,95918	1,00587	0,00293	2,56	2,26	2,33	2,72	-2,533132
6M	3,95477	1,00650	0,00325	2,55	2,26	2,32	2,69	-2,488116
7M	3,95017	1,00717	0,00358	2,54	2,27	2,30	2,66	-2,446116
8M	3,94704	1,00762	0,00381	2,54	2,27	2,30	2,64	-2,419075
9M	3,94389	1,00808	0,00404	2,54	2,29	2,30	2,63	-2,393618
10M	3,94075	1,00854	0,00427	2,55	2,30	2,30	2,62	-2,369572
11M	3,93762	1,00899	0,00450	2,56	2,32	2,30	2,60	-2,346787
15M	3,93006	1,01009	0,00505	2,59	2,39	2,32	2,59	-2,296708
20M	3,92312	1,01111	0,00555	2,64	2,46	2,36	2,58	-2,255707
25M	3,91816	1,01183	0,00591	2,69	2,53	2,40	2,59	-2,228412
30M	3,91483	1,01232	0,00616	2,72	2,57	2,44	2,60	-2,210419
35M	3,91189	1,01275	0,00637	2,76	2,62	2,48	2,62	-2,195860
40M	3,91017	1,01300	0,00650	2,78	2,64	2,51	2,63	-2,187086

Tablo 4. 9: Z=0.001 metalliği için iç yapı sabitleri, j=4 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	4,99115	1,00098	0,00049	2,22	1,90	2,72	3,16	-3,309803
2M	4,99181	1,00091	0,00046	2,72	2,37	2,51	2,93	-3,337242
3M	4,98897	1,00123	0,00061	2,63	2,30	2,41	2,83	-3,214670
4M	4,98649	1,00150	0,00075	2,59	2,27	2,36	2,76	-3,124938
5M	4,98422	1,00176	0,00088	2,56	2,26	2,33	2,72	-3,055517
6M	4,98235	1,00196	0,00098	2,55	2,26	2,32	2,69	-3,008773
7M	4,98038	1,00218	0,00109	2,54	2,27	2,30	2,66	-2,962573
8M	4,97903	1,00234	0,00117	2,54	2,27	2,30	2,64	-2,931814
9M	4,97765	1,00249	0,00124	2,54	2,29	2,30	2,63	-2,906578
10M	4,97627	1,00264	0,00132	2,55	2,30	2,30	2,62	-2,879426
11M	4,97489	1,00280	0,00140	2,56	2,32	2,30	2,60	-2,853871
15M	4,97151	1,00318	0,00159	2,59	2,39	2,32	2,59	-2,798602
20M	4,96836	1,00353	0,00176	2,64	2,46	2,36	2,58	-2,754487
25M	4,96609	1,00278	0,00189	2,69	2,53	2,40	2,59	-2,723538
30M	4,96456	1,00395	0,00198	2,72	2,57	2,44	2,60	-2,703334
35M	4,96319	1,00411	0,00205	2,76	2,62	2,48	2,62	-2,688246
40M	4,96238	1,00420	0,00210	2,78	2,64	2,51	2,63	-2,677780

Tablo 4. 10: Z=0.001 metalliği için iç yapı sabitleri, j=5 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	5,99541	1,00042	0,00021	2,22	1,90	2,72	3,16	-3,677780
2M	5,99625	1,00034	0,00017	2,72	2,37	2,51	2,93	-3,769551
3M	5,99488	1,00047	0,00023	2,63	2,30	2,41	2,83	-3,638272
4M	5,99366	1,00058	0,00029	2,59	2,27	2,36	2,76	-3,537602
5M	5,99252	1,00068	0,00034	2,56	2,26	2,33	2,72	-3,468521
6M	5,99158	1,00077	0,00038	2,55	2,26	2,32	2,69	-3,420216
7M	5,99058	1,00086	0,00043	2,54	2,27	2,30	2,66	-3,366531
8M	5,98989	1,00092	0,00046	2,54	2,27	2,30	2,64	-3,337242
9M	5,98919	1,00098	0,00049	2,54	2,29	2,30	2,63	-3,309803
10M	5,98847	1,00105	0,00052	2,55	2,30	2,30	2,62	-3,283996
11M	5,98776	1,00111	0,00056	2,56	2,32	2,30	2,60	-3,251811
15M	5,98600	1,00127	0,00064	2,59	2,39	2,32	2,59	-3,193820
20M	5,98435	1,00142	0,00071	2,64	2,46	2,36	2,58	-3,148741
25M	5,98316	1,00153	0,00077	2,69	2,53	2,40	2,59	-3,113509
30M	5,98235	1,00161	0,00080	2,72	2,57	2,44	2,60	-3,096991
35M	5,98163	1,00167	0,00084	2,76	2,62	2,48	2,62	-3,075720
40M	5,98121	1,00171	0,00086	2,78	2,64	2,51	2,63	-3,065501

Tablo 4. 11: Z=0.001 metalliği için iç yapı sabitleri, j=6 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	6,99726	1,00021	0,00011	2,22	1,90	2,72	3,16	-3,958607
2M	6,99802	1,00015	0,00008	2,72	2,37	2,51	2,93	-4,096910
3M	6,99727	1,00021	0,00010	2,63	2,30	2,41	2,83	-4,000000
4M	6,99659	1,00026	0,00013	2,59	2,27	2,36	2,76	-3,886056
5M	6,99596	1,00031	0,00016	2,56	2,26	2,33	2,72	-3,795880
6M	6,99542	1,00035	0,00018	2,55	2,26	2,32	2,69	-3,744727
7M	6,99486	1,00040	0,00020	2,54	2,27	2,30	2,66	-3,698970
8M	6,99446	1,00043	0,00021	2,54	2,27	2,30	2,64	-3,677780
9M	6,99406	1,00046	0,00023	2,54	2,29	2,30	2,63	-3,638272
10M	6,99365	1,00049	0,00024	2,55	2,30	2,30	2,62	-3,619788
11M	6,99324	1,00052	0,00026	2,56	2,32	2,30	2,60	-3,585026
15M	6,99222	1,00060	0,00030	2,59	2,39	2,32	2,59	-3,522878
20M	6,99127	1,00067	0,00034	2,64	2,46	2,36	2,58	-3,468521
25M	6,99058	1,00073	0,00036	2,69	2,53	2,40	2,59	-3,443697
30M	6,99011	1,00076	0,00038	2,72	2,57	2,44	2,60	-3,420216
35M	6,98870	1,00079	0,00040	2,76	2,62	2,48	2,62	-3,397940
40M	6,98945	1,00081	0,00041	2,78	2,64	2,51	2,63	-3,387216

Tablo 4. 12: Z=0.001 metalliği için iç yapı sabitleri ,j=7 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	7,99819	1,00012	0,00006	2,22	1,90	2,72	3,16	-4,221848
2M	7,99885	1,00008	0,00004	2,72	2,37	2,51	2,93	-4,397940
3M	7,99840	1,00011	0,00005	2,63	2,30	2,41	2,83	-4,301029
4M	7,99799	1,00013	0,00007	2,59	2,27	2,36	2,76	-4,154901
5M	7,99760	1,00016	0,00008	2,56	2,26	2,33	2,72	-4,096910
6M	7,99727	1,00018	0,00009	2,55	2,26	2,32	2,69	-4,045757
7M	7,99692	1,00021	0,00010	2,54	2,27	2,30	2,66	-4,000000
8M	7,99668	1,00022	0,00011	2,54	2,27	2,30	2,64	-3,958607
9M	7,99643	1,00024	0,00012	2,54	2,29	2,30	2,63	-3,920818
10M	7,99617	1,00026	0,00013	2,55	2,30	2,30	2,62	-3,886056
11M	7,99592	1,00027	0,00014	2,56	2,32	2,30	2,60	-3,853871
15M	7,99528	1,00031	0,00016	2,59	2,39	2,32	2,59	-3,795880
20M	7,99469	1,00035	0,00018	2,64	2,46	2,36	2,58	-3,744727
25M	7,99426	1,00038	0,00019	2,69	2,53	2,40	2,59	-3,721246
30M	7,99397	1,00040	0,00020	2,72	2,57	2,44	2,60	-3,698970
35M	7,99371	1,00042	0,00021	2,76	2,62	2,48	2,62	-3,677780
40M	7,99357	1,00043	0,00021	2,78	2,64	2,51	2,63	-3,677780

Tablo 4. 13: Z=0.004 metalliği için iç yapı sabitleri, j=2 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	2,90386	1,01961	0,00980	2,27	1,99	2,95	3,45	-2,008773
2M	2,93831	1,01249	0,00625	2,76	2,39	2,67	3,17	-2,204119
3M	2,91738	1,01680	0,00840	2,68	2,33	2,55	3,03	-2,075720
4M	2,89899	1,02062	0,01031	2,64	2,30	2,48	2,95	-1,986741
5M	2,88192	1,02419	0,01209	2,61	2,30	2,44	2,88	-1,917573
6M	2,86800	1,02711	0,01356	2,60	2,30	2,41	2,83	-1,867740
7M	2,85345	1,03020	0,01510	2,59	2,30	2,38	2,78	-1,821023
8M	2,84354	1,03230	0,01615	2,59	2,32	2,37	2,75	-1,791827
9M	2,83356	1,03443	0,01722	2,59	2,33	2,36	2,72	-1,763966
10M	2,82361	1,03657	0,01828	2,60	2,35	2,35	2,70	-1,738023
11M	2,81379	1,03868	0,01934	2,61	2,36	2,35	2,68	-1,713543
15M	2,79032	1,04377	0,02189	2,65	2,43	2,35	2,64	-1,659754
20M	2,76950	1,04833	0,02416	2,70	2,51	2,39	2,62	-1,616903
25M	2,75535	1,05145	0,02572	2,73	2,57	2,42	2,62	-1,589729
30M	2,74636	1,05344	0,02672	2,77	2,62	2,46	2,63	-1,573163
35M	2,73892	1,05509	0,02755	2,79	2,65	2,49	2,64	-1,559878
40M	2,73488	1,05599	0,02800	2,83	2,69	2,52	2,65	-1,552841

Tablo 4. 14: Z=0.004 metalliği için iç yapı sabitleri, j=3 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	3,96580	1,00491	0,00245	2,27	1,99	2,95	3,45	-2,610833
2M	3,98523	1,00211	0,00106	2,76	2,39	2,67	3,17	-2,974694
3M	3,97984	1,00289	0,00144	2,68	2,33	2,55	3,03	-2,841637
4M	3,97492	1,00360	0,00180	2,64	2,30	2,48	2,95	-2,744727
5M	3,97022	1,00427	0,00214	2,61	2,30	2,44	2,88	-2,669586
6M	3,96629	1,00484	0,00243	2,60	2,30	2,41	2,83	-2,614393
7M	3,96208	1,00545	0,00272	2,59	2,30	2,38	2,78	-2,565431
8M	3,95915	1,00587	0,00294	2,59	2,32	2,37	2,75	-2,531652
9M	3,95615	1,00630	0,00315	2,59	2,33	2,36	2,72	-2,501689
10M	3,95310	1,00675	0,00337	2,60	2,35	2,35	2,70	-2,472370
11M	3,95003	1,00719	0,00359	2,61	2,36	2,35	2,68	-2,444905
15M	3,94251	1,00828	0,00414	2,65	2,43	2,35	2,64	-2,382999
20M	3,93557	1,00929	0,00465	2,70	2,51	2,39	2,62	-2,332547
25M	3,93068	1,01000	0,00500	2,73	2,57	2,42	2,62	-2,301029
30M	3,92749	1,01047	0,00523	2,77	2,62	2,46	2,63	-2,281498
35M	3,92479	1,01086	0,00543	2,79	2,65	2,49	2,64	-2,265200
40M	3,92328	1,01108	0,00554	2,83	2,69	2,52	2,65	-2,256490

Tablo 4. 15: Z=0.004 metalliği için iç yapı sabitleri ,j=4 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	4,98148	1,00206	0,00103	2,27	1,99	2,95	3,45	-2,987162
2M	4,99451	1,00061	0,00031	2,76	2,39	2,67	3,17	-3,508638
3M	4,99243	1,00084	0,00042	2,68	2,33	2,55	3,03	-3,376750
4M	4,99050	1,00106	0,00053	2,64	2,30	2,48	2,95	-3,275724
5M	4,98863	1,00126	0,00063	2,61	2,30	2,44	2,88	-3,200659
6M	4,98707	1,00144	0,00072	2,60	2,30	2,41	2,83	-3,142667
7M	4,98537	1,00163	0,00081	2,59	2,30	2,38	2,78	-3,091514
8M	4,98418	1,00176	0,00088	2,59	2,32	2,37	2,75	-3,055517
9M	4,98296	1,00190	0,00095	2,59	2,33	2,36	2,72	-3,022276
10M	4,98170	1,00204	0,00102	2,60	2,35	2,35	2,70	-2,991399
11M	4,98044	1,00218	0,00109	2,61	2,36	2,35	2,68	-2,962573
15M	4,97729	1,00253	0,00126	2,65	2,43	2,35	2,64	-2,899629
20M	4,97435	1,00286	0,00143	2,70	2,51	2,39	2,62	-2,844663
25M	4,97226	1,00309	0,00155	2,73	2,57	2,42	2,62	-2,809668
30M	4,97089	1,00325	0,00162	2,77	2,62	2,46	2,63	-2,790484
35M	4,96972	1,00338	0,00169	2,79	2,65	2,49	2,64	-2,772113
40M	4,96908	1,00345	0,00172	2,83	2,69	2,52	2,65	-2,764471

Tablo 4. 16: Z=0.004 metalliği için iç yapı sabitleri, j=5 için.

M_0	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	5,98780	1,00111	0,00055	2,27	1,99	2,95	3,45	-3,259637
2M	5,99744	1,00023	0,00012	2,76	2,39	2,67	3,17	-3,920818
3M	5,99644	1,00032	0,00016	2,68	2,33	2,55	3,03	-3,795880
4M	5,99550	1,00041	0,00020	2,64	2,30	2,48	2,95	-3,698970
5M	5,99460	1,00049	0,00025	2,61	2,30	2,44	2,88	-3,602059
6M	5,99384	1,00056	0,00038	2,60	2,30	2,41	2,83	-3,420216
7M	5,99301	1,00064	0,00032	2,59	2,30	2,38	2,78	-3,494850
8M	5,99243	1,00069	0,00034	2,59	2,32	2,37	2,75	-3,468521
9M	5,99183	1,00074	0,00037	2,59	2,33	2,36	2,72	-2,431798
10M	5,99121	1,00080	0,00040	2,60	2,35	2,35	2,70	-3,397940
11M	5,99059	1,00086	0,00043	2,61	2,36	2,35	2,68	-3,366531
15M	5,98904	1,00100	0,00050	2,65	2,43	2,35	2,64	-3,301029
20M	5,98760	1,00113	0,00056	2,70	2,51	2,39	2,62	-3,251811
25M	5,98657	1,00122	0,00061	2,73	2,57	2,42	2,62	-3,214670
30M	5,98589	1,00128	0,00064	2,77	2,62	2,46	2,63	-3,193820
35M	5,98533	1,00134	0,00067	2,79	2,65	2,49	2,64	-3,173925
40M	5,98503	1,00136	0,00068	2,83	2,69	2,52	2,65	-3,167491

Tablo 4. 17: Z=0.004 metalliği için iç yapı sabitleri, j=6 için.

M_0	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	6,99108	1,00069	0,00034	2,27	1,99	2,95	3,45	-3,468521
2M	6,99862	1,00011	0,00005	2,76	2,39	2,67	3,17	-4,301029
3M	6,99808	1,00015	0,00007	2,68	2,33	2,55	3,03	-4,154901
4M	6,99756	1,00019	0,00009	2,64	2,30	2,48	2,95	-4,045757
5M	6,99706	1,00023	0,00011	2,61	2,30	2,44	2,88	-3,958607
6M	6,99663	1,00026	0,00013	2,60	2,30	2,41	2,83	-3,886056
7M	6,99617	1,00029	0,00015	2,59	2,30	2,38	2,78	-3,823908
8M	6,99585	1,00032	0,00016	2,59	2,32	2,37	2,75	-3,795880
9M	6,99552	1,00035	0,00017	2,59	2,33	2,36	2,72	-3,769551
10M	6,99517	1,00037	0,00019	2,60	2,35	2,35	2,70	-3,721246
11M	6,99483	1,00040	0,00020	2,61	2,36	2,35	2,68	-3,698970
15M	6,99397	1,00046	0,00023	2,65	2,43	2,35	2,64	-3,638272
20M	6,99318	1,00052	0,00026	2,70	2,51	2,39	2,62	-3,585026
25M	6,99262	1,00057	0,00028	2,73	2,57	2,42	2,62	-3,552841
30M	6,99226	1,00060	0,00030	2,77	2,62	2,46	2,63	-3,522878
35M	6,99196	1,00062	0,00031	2,79	2,65	2,49	2,64	-3,508638
40M	6,99181	1,00063	0,00032	2,83	2,69	2,52	2,65	-3,494850

Tablo 4. 18: Z=0.004 metalliği için iç yapı sabitleri, j=7 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	7,99305	1,00046	0,00023	2,27	1,99	2,95	3,45	-3,638272
2M	7,99919	1,00005	0,00003	2,76	2,39	2,67	3,17	-4,522878
3M	7,99886	1,00008	0,00004	2,68	2,33	2,55	3,03	-4,397940
4M	7,99855	1,00010	0,00005	2,64	2,30	2,48	2,95	-4,301029
5M	7,99824	1,00012	0,00006	2,61	2,30	2,44	2,88	-4,221848
6M	7,99798	1,00013	0,00007	2,60	2,30	2,41	2,83	-4,154901
7M	7,99770	1,00015	0,00008	2,59	2,30	2,38	2,78	-4,096910
8M	7,99751	1,00017	0,00008	2,59	2,32	2,37	2,75	-4,096910
9M	7,99730	1,00018	0,00009	2,59	2,33	2,36	2,72	-4,045757
10M	7,99710	1,00019	0,00010	2,60	2,35	2,35	2,70	-4,000000
11M	7,99689	1,00021	0,00010	2,61	2,36	2,35	2,68	-4,000000
15M	7,99637	1,00024	0,00012	2,65	2,43	2,35	2,64	-3,920818
20M	7,99590	1,00027	0,00014	2,70	2,51	2,39	2,62	-3,853871
25M	7,99556	1,00030	0,00015	2,73	2,57	2,42	2,62	-3,823908
30M	7,99536	1,00031	0,00015	2,77	2,62	2,46	2,63	-3,823908
35M	7,99519	1,00032	0,00016	2,79	2,65	2,49	2,64	-3,795880
40M	7,99510	1,00033	0,00016	2,83	2,69	2,52	2,65	-3,795880

Tablo 4. 19: Z=0.01 metalliği için iç yapı sabitleri, j=2 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	2,84074	1,03290	0,01645	2,30	2,03	3,11	3,60	-1,783834
2M	2,95301	1,00949	0,00474	2,81	2,42	2,83	3,38	-2,324221
3M	2,93562	1,01304	0,00652	2,73	2,36	2,69	3,23	-2,185752
4M	2,91980	1,01630	0,00815	2,68	2,33	2,61	3,12	-2,088842
5M	2,90478	1,01941	0,00971	2,66	2,33	2,54	3,03	-2,012780
6M	2,89227	1,02202	0,01101	2,64	2,33	2,50	2,97	-1,958212
7M	2,87892	1,02482	0,01241	2,63	2,34	2,46	2,90	-1,906228
8M	2,86969	1,02676	0,01338	2,63	2,34	2,44	2,86	-1,873543
9M	2,86029	1,02874	0,01437	2,63	2,36	2,42	2,83	-1,842554
10M	2,85083	1,03075	0,01538	2,64	2,37	2,41	2,79	-1,813043
11M	2,84142	1,03276	0,01638	2,65	2,40	2,40	2,76	-1,785686
15M	2,81881	1,03760	0,01880	2,68	2,47	2,40	2,70	-1,725842
20M	2,79866	1,04196	0,02098	2,73	2,54	2,42	2,67	-1,678194
25M	2,78508	1,04491	0,02246	2,78	2,61	2,45	2,66	-1,648590
30M	2,77670	1,04675	0,02337	2,82	2,66	2,48	2,66	-1,631341
35M	2,77017	1,04818	0,02409	2,84	2,70	2,51	2,67	-1,618163
40M	2,76702	1,04887	0,02444	2,85	2,72	2,54	2,68	-1,611898

Tablo 4. 20: Z=0.01 metalliği için iç yapı sabitleri, j=3 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	3,92798	1,01040	0,00520	2,30	2,03	3,11	3,60	-2,283996
2M	3,98857	1,00164	0,00082	2,81	2,42	2,83	3,38	-3,086186
3M	3,98426	1,00225	0,00113	2,73	2,36	2,69	3,23	-2,946921
4M	3,98024	1,00283	0,00142	2,68	2,33	2,61	3,12	-2,847711
5M	3,97636	1,00339	0,00169	2,66	2,33	2,54	3,03	-2,772113
6M	3,97308	1,00386	0,00193	2,64	2,33	2,50	2,97	-2,714442
7M	3,96950	1,00438	0,00219	2,63	2,34	2,46	2,90	-2,659555
8M	3,96699	1,00474	0,00237	2,63	2,34	2,44	2,86	-2,625251
9M	3,96439	1,00511	0,00256	2,63	2,36	2,42	2,83	-2,591760
10M	3,96172	1,00550	0,00275	2,64	2,37	2,41	2,79	-2,560667
11M	3,95903	1,00589	0,00294	2,65	2,40	2,40	2,76	-2,531652
15M	3,95238	1,00685	0,00342	2,68	2,47	2,40	2,70	-2,465973
20M	3,94624	1,00774	0,00387	2,73	2,54	2,42	2,67	-2,412289
25M	3,94197	1,00836	0,00418	2,78	2,61	2,45	2,66	-2,378823
30M	3,93928	1,00875	0,00437	2,82	2,66	2,48	2,66	-2,359518
35M	3,93716	1,00906	0,00453	2,84	2,70	2,51	2,67	-2,343901
40M	3,93614	1,00921	0,00460	2,85	2,72	2,54	2,68	-2,337242

Tablo 4. 21: Z=0.01 metalliği için iç yapı sabitleri, j=4 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	4,95477	1,00505	0,00253	2,30	2,03	3,11	3,60	-2,596879
2M	4,99563	1,00049	0,00024	2,81	2,42	2,83	3,38	-3,619788
3M	4,99397	1,00067	0,00034	2,73	2,36	2,69	3,23	-3,468521
4M	4,99241	1,00084	0,00042	2,68	2,33	2,61	3,12	-3,376750
5M	4,99090	1,00101	0,00051	2,66	2,33	2,54	3,03	-3,292429
6M	4,98963	1,00115	0,00058	2,64	2,33	2,50	2,97	-3,236572
7M	4,98825	1,00131	0,00065	2,63	2,34	2,46	2,90	-3,187086
8M	4,98728	1,00142	0,00071	2,63	2,34	2,44	2,86	-3,148741
9M	4,98627	1,00153	0,00076	2,63	2,36	2,42	2,83	-3,119186
10M	4,98523	1,00164	0,00082	2,64	2,37	2,41	2,79	-3,086186
11M	4,98418	1,00176	0,00088	2,65	2,40	2,40	2,76	-3,055517
15M	4,98159	1,00205	0,00102	2,68	2,47	2,40	2,70	-2,991399
20M	4,97919	1,00232	0,00116	2,73	2,54	2,42	2,67	-2,935542
25M	4,97752	1,00250	0,00125	2,78	2,61	2,45	2,66	-2,903089
30M	4,97648	1,00262	0,00131	2,82	2,66	2,48	2,66	-2,882728
35M	4,97568	1,00271	0,00135	2,84	2,70	2,51	2,67	-2,869666
40M	4,97531	1,00275	0,00138	2,85	2,72	2,54	2,68	-2,860120

Tablo 4. 22: Z=0.01 metalliği için iç yapı sabitleri, j=5 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	5,96758	1,00296	0,00148	2,30	2,03	3,11	3,60	-2,829738
2M	5,99792	1,00019	0,00009	2,81	2,42	2,83	3,38	-4,045757
3M	5,99712	1,00026	0,00013	2,73	2,36	2,69	3,23	-3,886056
4M	5,99636	1,00033	0,00017	2,68	2,33	2,61	3,12	-3,769551
5M	5,99563	1,00040	0,00020	2,66	2,33	2,54	3,03	-3,698970
6M	5,99502	1,00045	0,00023	2,64	2,33	2,50	2,97	-3,638272
7M	5,99435	1,00051	0,00026	2,63	2,34	2,46	2,90	-3,585026
8M	5,99389	1,00056	0,00028	2,63	2,34	2,44	2,86	-3,552841
9M	5,99341	1,00060	0,00030	2,63	2,36	2,42	2,83	-3,522878
10M	5,99292	1,00064	0,00032	2,64	2,37	2,41	2,79	-3,494850
11M	5,99242	1,00069	0,00034	2,65	2,40	2,40	2,76	-2,468521
15M	5,99121	1,00080	0,00040	2,68	2,47	2,40	2,70	-3,397940
20M	5,99010	1,00090	0,00045	2,73	2,54	2,42	2,67	-3,346787
25M	5,98935	1,00097	0,00048	2,78	2,61	2,45	2,66	-3,318758
30M	5,98889	1,00101	0,00051	2,82	2,66	2,48	2,66	-3,292429
35M	5,98857	1,00104	0,00052	2,84	2,70	2,51	2,67	-3,283996
40M	5,98843	1,00105	0,00053	2,85	2,72	2,54	2,68	-3,275724

Tablo 4. 23: Z=0.01 metalliği için iç yapı sabitleri, j=6 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	6,97510	1,00192	0,00096	2,30	2,03	3,11	3,60	-3,017728
2M	6,99887	1,00009	0,00004	2,81	2,42	2,83	3,38	-4,397940
3M	6,99843	1,00012	0,00006	2,73	2,36	2,69	3,23	-4,221848
4M	6,99800	1,00015	0,00008	2,68	2,33	2,61	3,12	-4,096910
5M	6,99760	1,00018	0,00009	2,66	2,33	2,54	3,03	-4,045757
6M	6,99726	1,00021	0,00011	2,64	2,33	2,50	2,97	-3,958607
7M	6,99689	1,00024	0,00012	2,63	2,34	2,46	2,90	-3,920818
8M	6,99664	1,00026	0,00013	2,63	2,34	2,44	2,86	-3,886056
9M	6,99637	1,00028	0,00014	2,63	2,36	2,42	2,83	-3,853871
10M	6,99611	1,00030	0,00015	2,64	2,37	2,41	2,79	-3,823908
11M	6,99584	1,00032	0,00016	2,65	2,40	2,40	2,76	-3,795880
15M	6,99519	1,00037	0,00019	2,68	2,47	2,40	2,70	-3,721246
20M	6,99461	1,00041	0,00021	2,73	2,54	2,42	2,67	-3,677780
25M	6,99424	1,00044	0,00022	2,78	2,61	2,45	2,66	-3,657577
30M	6,99402	1,00046	0,00023	2,82	2,66	2,48	2,66	-3,938272
35M	6,99388	1,00047	0,00024	2,84	2,70	2,51	2,67	-3,619788
40M	6,99383	1,00047	0,00024	2,85	2,72	2,54	2,68	-3,619788

Tablo 4. 24: Z=0.01 metalliği için iç yapı sabitleri, j=7 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	7,98005	1,00133	0,00067	2,30	2,03	3,11	3,60	-3,173925
2M	7,99933	1,00004	0,00002	2,81	2,42	2,83	3,38	-4,698970
3M	7,99906	1,00006	0,00003	2,73	2,36	2,69	3,23	-4,522878
4M	7,99881	1,00008	0,00004	2,68	2,33	2,61	3,12	-4,397940
5M	7,99856	1,00010	0,00005	2,66	2,33	2,54	3,03	-4,301029
6M	7,99835	1,00011	0,00005	2,64	2,33	2,50	2,97	-4,301029
7M	7,99813	1,00012	0,00006	2,63	2,34	2,46	2,90	-4,221848
8M	7,99798	1,00013	0,00007	2,63	2,34	2,44	2,86	-4,154901
9M	7,99782	1,00015	0,00007	2,63	2,36	2,42	2,83	-4,154901
10M	7,99766	1,00016	0,00008	2,64	2,37	2,41	2,79	-4,096910
11M	7,99749	1,00017	0,00008	2,65	2,40	2,40	2,76	-4,096910
15M	7,99711	1,00019	0,00010	2,68	2,47	2,40	2,70	-4,000000
20M	7,99678	1,00021	0,00011	2,73	2,54	2,42	2,67	-3,958607
25M	7,99658	1,00023	0,00011	2,78	2,61	2,45	2,66	-3,958607
30M	7,99647	1,00024	0,00012	2,82	2,66	2,48	2,66	-3,920818
35M	7,99640	1,00024	0,00012	2,84	2,70	2,51	2,67	-3,920818
40M	7,99640	1,00024	0,00012	2,85	2,72	2,54	2,68	-3,920818

Tablo 4. 25: Z=0.02 metalliği için iç yapı sabitleri, j=2 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	2,76930	1,04837	0,02419	2,46	2,18	3,17	3,58	-1,616364
2M	2,95986	1,00809	0,00405	2,82	2,42	2,96	3,45	-2,392544
3M	2,94512	1,01110	0,00555	2,76	2,38	2,80	3,37	-2,255707
4M	2,93139	1,01391	0,00696	2,72	2,36	2,71	3,25	-2,157390
5M	2,91837	1,01660	0,00830	2,68	2,34	2,63	3,15	-2,080921
6M	2,90746	1,01886	0,00943	2,66	2,34	2,58	3,08	-2,025488
7M	2,89574	1,02130	0,01065	2,66	2,35	2,54	3,01	-1,972650
8M	2,88758	1,02300	0,01150	2,67	2,38	2,51	2,96	-1,939302
9M	2,87923	1,02475	0,01238	2,66	2,39	2,49	2,92	-1,907219
10M	2,87080	1,02653	0,01326	2,67	2,41	2,47	2,88	-1,877456
11M	2,86241	1,02830	0,01415	2,68	2,43	2,46	2,84	-1,849243
15M	2,84231	1,03257	0,01628	2,72	2,50	2,44	2,77	-1,788345
20M	2,82461	1,03635	0,01818	2,77	2,58	2,46	2,72	-1,740406
25M	2,81314	1,03882	0,01941	2,83	2,65	2,48	2,70	-1,711974
30M	2,80658	1,04024	0,02012	2,84	2,96	2,51	2,70	-1,696372
35M	2,80221	1,04119	0,02059	2,89	2,74	2,54	2,70	-1,686343
40M	2,80070	1,04151	0,02076	2,90	2,76	2,56	2,71	-1,682772

Tablo 4. 26: Z=0.02 metalliği için iç yapı sabitleri, j=3 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	3,88574	1,01659	0,00830	2,46	2,18	3,17	3,58	-2,080921
2M	3,98992	1,00144	0,00072	2,82	2,42	2,96	3,45	-2,142667
3M	3,98633	1,00196	0,00098	2,76	2,38	2,80	3,37	-3,008773
4M	3,98293	1,00244	0,00122	2,72	2,36	2,71	3,25	-2,913640
5M	3,97970	1,00291	0,00145	2,68	2,34	2,63	3,15	-2,838631
6M	3,97698	1,00330	0,00165	2,66	2,34	2,58	3,08	-2,782516
7M	3,97402	1,00372	0,00186	2,66	2,35	2,54	3,01	-2,730487
8M	3,97194	1,00402	0,00201	2,67	2,38	2,51	2,96	-2,696803
9M	3,96979	1,00433	0,00217	2,66	2,39	2,49	2,92	-2,663540
10M	3,96759	1,00465	0,00233	2,67	2,41	2,47	2,88	-2,632644
11M	3,96538	1,00497	0,00249	2,68	2,43	2,46	2,84	-2,603800
15M	3,95998	1,00575	0,00288	2,72	2,50	2,44	2,77	-2,540607
20M	3,95511	1,00645	0,00323	2,77	2,58	2,46	2,72	-2,490797
25M	3,95193	1,00691	0,00346	2,83	2,65	2,48	2,70	-2,460923
30M	3,95013	1,00718	0,00359	2,84	2,96	2,51	2,70	-2,444905
35M	3,94899	1,00734	0,00367	2,89	2,74	2,54	2,70	-2,435333
40M	3,94868	1,00738	0,00369	2,90	2,76	2,56	2,71	-2,432973

Tablo 4. 27: Z=0.02 metalliği için iç yapı sabitleri, j=4 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	4,92550	1,00835	0,00417	2,46	2,18	3,17	3,58	-2,379863
2M	4,99606	1,00044	0,00022	2,82	2,42	2,96	3,45	-3,657577
3M	4,99466	1,00059	0,00030	2,76	2,38	2,80	3,37	-3,522878
4M	4,99334	1,00074	0,00037	2,72	2,36	2,71	3,25	-3,431798
5M	4,99209	1,00088	0,00044	2,68	2,34	2,63	3,15	-3,356547
6M	4,99105	1,00099	0,00050	2,66	2,34	2,58	3,08	-3,301029
7M	4,98994	1,00112	0,00056	2,66	2,35	2,54	3,01	-3,251811
8M	4,98916	1,00121	0,00060	2,67	2,38	2,51	2,96	-3,221848
9M	4,98836	1,00130	0,00065	2,66	2,39	2,49	2,92	-3,187086
10M	4,98754	1,00139	0,00069	2,67	2,41	2,47	2,88	-3,161150
11M	4,98673	1,00148	0,00074	2,68	2,43	2,46	2,84	-3,130768
15M	4,98476	1,00170	0,00085	2,72	2,50	2,44	2,77	-3,070581
20M	4,98304	1,00189	0,00094	2,77	2,58	2,46	2,72	-3,026872
25M	4,98195	1,00201	0,00100	2,83	2,65	2,48	2,70	-3,000000
30M	4,98138	1,00207	0,00104	2,84	2,96	2,51	2,70	-2,982966
35M	4,98110	1,00210	0,00105	2,89	2,74	2,54	2,70	-2,978810
40M	4,98109	1,00211	0,00105	2,90	2,76	2,56	2,71	-2,978810

Tablo 4. 28: $Z=0.02$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=5$ için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	5,94579	1,00495	0,00248	2,46	2,18	3,17	3,58	-2,605548
2M	5,99810	1,00017	0,00009	2,82	2,42	2,96	3,45	-4,045757
3M	5,99742	1,00023	0,00012	2,76	2,38	2,80	3,37	-3,920818
4M	5,99677	1,00029	0,00015	2,72	2,36	2,71	3,25	-3,823908
5M	5,99616	1,00035	0,00017	2,68	2,34	2,63	3,15	-3,769551
6M	5,99566	1,00039	0,00020	2,66	2,34	2,58	3,08	-3,698970
7M	5,99513	1,00044	0,00022	2,66	2,35	2,54	3,01	-3,657577
8M	5,99477	1,00048	0,00024	2,67	2,38	2,51	2,96	-3,619788
9M	5,99439	1,00051	0,00026	2,66	2,39	2,49	2,92	-3,585026
10M	5,99402	1,00054	0,00027	2,67	2,41	2,47	2,88	-3,568636
11M	5,99364	1,00058	0,00029	2,68	2,43	2,46	2,84	-3,537602
15M	5,99277	1,00066	0,00033	2,72	2,50	2,44	2,77	-3,481486
20M	5,99205	1,00072	0,00036	2,77	2,58	2,46	2,72	-3,443697
25M	5,99163	1,00076	0,00038	2,83	2,65	2,48	2,70	-3,420216
30M	5,99144	1,00078	0,00039	2,84	2,96	2,51	2,70	-3,408935
35M	5,99140	1,00078	0,00039	2,89	2,74	2,54	2,70	-3,408935
40M	5,99147	1,00078	0,00039	2,90	2,76	2,56	2,71	-3,408935

Tablo 4. 29: $Z=0.02$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=6$ için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	6,95816	1,00323	0,00161	2,46	2,18	3,17	3,58	-2,793174
2M	6,99895	1,00008	0,00004	2,82	2,42	2,96	3,45	-4,397940
3M	6,99858	1,00011	0,00005	2,76	2,38	2,80	3,37	-4,301029
4M	6,99822	1,00014	0,00007	2,72	2,36	2,71	3,25	-4,154901
5M	6,99788	1,00016	0,00008	2,68	2,34	2,63	3,15	-4,096910
6M	6,99761	1,00018	0,00009	2,66	2,34	2,58	3,08	-4,045757
7M	6,99731	1,00021	0,00010	2,66	2,35	2,54	3,01	-4,000000
8M	6,99711	1,00022	0,00011	2,67	2,38	2,51	2,96	-3,958607
9M	6,99691	1,00024	0,00012	2,66	2,39	2,49	2,92	-3,920818
10M	6,99671	1,00025	0,00013	2,67	2,41	2,47	2,88	-3,886056
11M	6,99651	1,00027	0,00013	2,68	2,43	2,46	2,84	-3,886056
15M	6,99606	1,00030	0,00015	2,72	2,50	2,44	2,77	-3,823908
20M	6,99571	1,00033	0,00016	2,77	2,58	2,46	2,72	-3,195880
25M	6,99554	1,00034	0,00017	2,83	2,65	2,48	2,70	-3,769551
30M	6,99549	1,00035	0,00017	2,84	2,96	2,51	2,70	-3,769551
35M	6,99552	1,00034	0,00017	2,89	2,74	2,54	2,70	-3,769551
40M	6,99560	1,00034	0,00017	2,90	2,76	2,56	2,71	-3,769551

Tablo 4. 30: Z=0.02 metelliği için iç yapı sabitleri, j=7 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	7,96645	1,00224	0,00112	2,46	2,18	3,17	3,58	-2,950781
2M	7,99937	1,00004	0,00002	2,82	2,42	2,96	3,45	-4,698970
3M	7,99915	1,00006	0,00003	2,76	2,38	2,80	3,37	-4,522878
4M	7,99893	1,00007	0,00004	2,72	2,36	2,71	3,25	-4,397940
5M	7,99873	1,00008	0,00004	2,68	2,34	2,63	3,15	-4,397940
6M	7,99856	1,00010	0,00005	2,66	2,34	2,58	3,08	-4,301029
7M	7,99838	1,00011	0,00005	2,66	2,35	2,54	3,01	-4,301029
8M	7,99826	1,00012	0,00006	2,67	2,38	2,51	2,96	-4,221848
9M	7,99814	1,00012	0,00006	2,66	2,39	2,49	2,92	-4,221848
10M	7,99802	1,00013	0,00007	2,67	2,41	2,47	2,88	-4,154901
11M	7,99790	1,00014	0,00007	2,68	2,43	2,46	2,84	-4,154901
15M	7,99765	1,00016	0,00008	2,72	2,50	2,44	2,77	-4,096910
20M	7,99746	1,00017	0,00008	2,77	2,58	2,46	2,72	-4,096910
25M	7,99739	1,00017	0,00009	2,83	2,65	2,48	2,70	-4,045757
30M	7,99738	1,00017	0,00009	2,84	2,96	2,51	2,70	-4,045757
35M	7,99743	1,00017	0,00009	2,89	2,74	2,54	2,70	-4,045757
40M	7,99749	1,00017	0,00008	2,90	2,76	2,56	2,71	-4,096910

Tablo 4. 31: Z=0.03 metelliği için iç yapı sabitleri, j=2 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	2,73307	1,05640	0,02820	2,49	2,20	3,18	3,55	-1,549750
2M	2,96195	1,00767	0,00383	2,83	2,42	3,03	3,62	-2,416801
3M	2,94856	1,01040	0,00520	2,76	2,37	2,87	3,45	-2,283996
4M	2,93604	1,01296	0,00648	2,72	2,36	2,76	3,32	-2,188424
5M	2,92419	1,01539	0,00770	2,71	2,37	2,68	3,22	-2,113509
6M	2,91431	1,01744	0,00872	2,70	2,38	2,63	3,14	-2,059483
7M	2,90370	1,07964	0,00982	2,69	2,39	2,58	3,07	-2,007888
8M	2,89634	1,02117	0,01059	2,68	2,39	2,55	3,02	-1,975104
9M	2,88884	1,02274	0,01137	2,68	2,40	2,53	2,97	-1,944239
10M	2,88132	1,02431	0,01216	2,69	2,44	2,51	2,93	-1,915066
11M	2,87381	1,02589	0,01295	2,70	2,45	2,49	2,89	-1,887730
15M	2,85591	1,02967	0,01484	2,75	2,53	2,74	2,81	-1,828566
20M	2,84063	1,03292	0,01646	2,80	2,61	2,48	2,75	-1,783570
25M	2,83138	1,03490	0,01745	2,86	2,68	2,51	2,73	-1,758204
30M	2,82675	1,03589	0,01795	2,87	2,71	2,53	2,73	-1,745935
35M	2,82461	1,03635	0,01818	2,93	2,77	2,56	2,73	-1,740406
40M	2,82487	1,03630	0,01215	2,93	2,79	2,58	2,73	-1,915423

Tablo 4. 32: Z=0.03 metalliği için iç yapı sabitleri, j=3 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	3,86422	1,01978	0,00989	2,49	2,20	3,18	3,55	-2,004803
2M	3,99023	1,00140	0,00070	2,83	2,42	3,03	3,62	-3,154901
3M	3,98699	1,00186	0,00093	2,76	2,37	2,87	3,45	-3,031517
4M	3,98392	1,00230	0,00115	2,72	2,36	2,76	3,32	-2,939302
5M	3,98104	1,00272	0,00136	2,71	2,37	2,68	3,22	-2,866461
6M	3,97864	1,00306	0,00153	2,70	2,38	2,63	3,14	-2,815308
7M	3,97606	1,00343	0,00172	2,69	2,39	2,58	3,07	-2,764471
8M	3,97426	1,00369	0,00185	2,68	2,39	2,55	3,02	-2,732828
9M	3,97242	1,00396	0,00198	2,68	2,40	2,53	2,97	-2,703334
10M	3,97056	1,00422	0,00211	2,69	2,44	2,51	2,93	-2,675717
11M	3,96869	1,00449	0,00225	2,70	2,45	2,49	2,89	-2,647817
15M	3,96421	1,00514	0,00257	2,75	2,53	2,74	2,81	-2,590066
20M	3,96037	1,00569	0,00285	2,80	2,61	2,48	2,75	-2,545155
25M	3,95812	1,00602	0,00301	2,86	2,68	2,51	2,73	-2,521433
30M	3,95710	1,00617	0,00308	2,87	2,71	2,53	2,73	-2,511449
35M	3,95683	1,00621	0,00310	2,93	2,77	2,56	2,73	-2,508638
40M	3,95718	1,00615	0,00308	2,93	2,79	2,58	2,73	-2,511449

Tablo 4. 33: Z=0.03 metalliği için iç yapı sabitleri, j=4 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	4,91065	1,01003	0,00501	2,49	2,20	3,18	3,55	-2,300162
2M	4,99613	1,00043	0,00022	2,83	2,42	3,03	3,62	-3,657577
3M	4,99486	1,00057	0,00029	2,76	2,37	2,87	3,45	-3,537602
4M	4,99366	1,00071	0,00035	2,72	2,36	2,76	3,32	-3,455931
5M	4,99255	1,00083	0,00041	2,71	2,37	2,68	3,22	-3,387216
6M	4,99165	1,00093	0,00046	2,70	2,38	2,63	3,14	-3,337242
7M	4,99069	1,00104	0,00052	2,69	2,39	2,58	3,07	-3,283996
8M	4,99003	1,00111	0,00055	2,68	2,39	2,55	3,02	-3,259637
9M	4,38936	1,00118	0,00059	2,68	2,40	2,53	2,97	-3,229147
10M	4,98870	1,00126	0,00063	2,69	2,44	2,51	2,93	-3,200659
11M	4,98804	1,00133	0,00067	2,70	2,45	2,49	2,89	-3,173925
15M	4,98651	1,00150	0,00075	2,75	2,53	2,74	2,81	-3,124938
20M	4,98527	1,00164	0,00082	2,80	2,61	2,48	2,75	-3,086186
25M	4,98464	1,00171	0,00085	2,86	2,68	2,51	2,73	-3,070581
30M	4,98444	1,00174	0,00087	2,87	2,71	2,53	2,73	-3,060480
35M	4,98456	1,00172	0,00086	2,93	2,77	2,56	2,73	-3,065501
40M	4,98486	1,00169	0,00084	2,93	2,79	2,58	2,73	-3,075720

Tablo 4. 34: Z=0.03 metalliği için iç yapı sabitleri, j=5 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	5,93480	1,00596	0,00298	2,49	2,20	3,18	3,55	-2,525783
2M	5,99811	1,00017	0,00009	2,83	2,42	3,03	3,62	-4,045757
3M	5,99749	1,00023	0,00011	2,76	2,37	2,87	3,45	-3,958607
4M	5,99691	1,00028	0,00014	2,72	2,36	2,76	3,32	-3,853871
5M	5,99637	1,00033	0,00017	2,71	2,37	2,68	3,22	-3,769551
6M	5,99593	1,00037	0,00018	2,70	2,38	2,63	3,14	-3,744727
7M	5,33548	1,00041	0,00021	2,69	2,39	2,58	3,07	-3,677780
8M	5,99517	1,00044	0,00022	2,68	2,39	2,55	3,02	-3,657577
9M	5,99587	1,00047	0,00023	2,68	2,40	2,53	2,97	-3,638272
10M	5,99457	1,00049	0,00025	2,69	2,44	2,51	2,93	-3,602029
11M	5,99428	1,00052	0,00026	2,70	2,45	2,49	2,89	-3,585026
15M	5,99363	1,00058	0,00029	2,75	2,53	2,74	2,81	-3,537602
20M	5,99317	1,00062	0,00031	2,80	2,61	2,48	2,75	-3,502638
25M	5,99299	1,00064	0,00032	2,86	2,68	2,51	2,73	-3,494850
30M	5,99300	1,00064	0,00032	2,87	2,71	2,53	2,73	-3,494850
35M	5,99317	1,00062	0,00031	2,93	2,77	2,56	2,73	-3,508638
40M	5,99340	1,00060	0,00030	2,93	2,79	2,58	2,73	-3,522878

Tablo 4. 35: Z=0.03 metalliği için iç yapı sabitleri, j=6 için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	6,94966	1,00389	0,00194	2,49	2,20	3,18	3,55	-2,712198
2M	6,99896	1,00008	0,00004	2,83	2,42	3,03	3,62	-4,397940
3M	6,99862	1,00011	0,00005	2,76	2,37	2,87	3,45	-4,301029
4M	6,99829	1,00013	0,00007	2,72	2,36	2,76	3,32	-4,154901
5M	6,99799	1,00015	0,00008	2,71	2,37	2,68	3,22	-4,096910
6M	6,99775	1,00017	0,00009	2,70	2,38	2,63	3,14	-4,045757
7M	6,99750	1,00019	0,00010	2,69	2,39	2,58	3,07	-4,000000
8M	6,99733	1,00021	0,00010	2,68	2,39	2,55	3,02	-4,000000
9M	6,99717	1,00022	0,00011	2,68	2,40	2,53	2,97	-3,958607
10M	6,99701	1,00023	0,00011	2,69	2,44	2,51	2,93	-3,958607
11M	6,99686	1,00024	0,00012	2,70	2,45	2,49	2,89	-3,920818
15M	6,99654	1,00027	0,00013	2,75	2,53	2,74	2,81	-3,886056
20M	6,99635	1,00028	0,00014	2,80	2,61	2,48	2,75	-3,853871
25M	6,99631	1,00028	0,00014	2,86	2,68	2,51	2,73	-3,853871
30M	6,99637	1,00028	0,00014	2,87	2,71	2,53	2,73	-3,853871
35M	6,99652	1,00027	0,00013	2,93	2,77	2,56	2,73	-3,886056
40M	6,99669	1,00026	0,00013	2,93	2,79	2,58	2,73	-3,886056

Tablo 4. 36: $Z=0.03$ metalliği için iç yapı sabitleri, $j=7$ için.

M_{\odot}	η_j	Δ_j	k_j	n_1	n_2	n_3	n_4	$\log k_j$
1M	7,95966	1,00270	0,00135	2,49	2,20	3,18	3,55	-2,869666
2M	7,99937	1,00004	0,00002	2,83	2,42	3,03	3,62	-4,698970
3M	7,99917	1,00006	0,00003	2,76	2,37	2,87	3,45	-4,522878
4M	7,99897	1,00007	0,00003	2,72	2,36	2,76	3,32	-4,522878
5M	7,99879	1,00008	0,00004	2,71	2,37	2,68	3,22	-4,397940
6M	7,99865	1,00009	0,00005	2,70	2,38	2,63	3,14	-4,301029
7M	7,99850	1,00010	0,00005	2,69	2,39	2,58	3,07	-4,301029
8M	7,99840	1,00011	0,00005	2,68	2,39	2,55	3,02	-4,301029
9M	7,99830	1,00011	0,00006	2,68	2,40	2,53	2,97	-4,221848
10M	7,99821	1,00012	0,00006	2,69	2,44	2,51	2,93	-4,221848
11M	7,99812	1,00013	0,00006	2,70	2,45	2,49	2,89	-4,221848
15M	7,99794	1,00014	0,00007	2,75	2,53	2,74	2,81	-4,154901
20M	7,99786	1,00014	0,00007	2,80	2,61	2,48	2,75	-4,154901
25M	7,99786	1,00014	0,00007	2,86	2,68	2,51	2,73	-4,154901
30M	7,99793	1,00014	0,00007	2,87	2,71	2,53	2,73	-4,154901
35M	7,99805	1,00013	0,00007	2,93	2,77	2,56	2,73	-4,154901
40M	7,99816	1,00012	0,00006	2,93	2,79	2,58	2,73	-4,221848

Tablo 4. 37: $Z=0.0134$ (Güneş metalliği) için iç yapı sabitleri.

M_{\odot}	k_2	k_3	k_4
1M	0,019082	0,006254	0,003087
2M	0,004505	0,000786	0,000233
3M	0,006190	0,001079	0,000326
4M	0,007745	0,001352	0,000403
5M	0,009230	0,001608	0,000489
6M	0,010472	0,001834	0,000552
7M	0,011811	0,002077	0,000619
8M	0,012740	0,002247	0,000672
9M	0,013693	0,002427	0,000722
10M	0,014659	0,002607	0,000775
11M	0,015621	0,002787	0,000832
15M	0,017936	0,003236	0,000962
20M	0,020028	0,003652	0,001085
25M	0,021423	0,003935	0,001165
30M	0,022265	0,004104	0,001218
35M	0,022900	0,004237	0,001248
40M	0,022928	0,004290	0,001267

5. SONUÇLAR VE YORUMLAR

İç yapı katsayıları farklı başlangıç metallikleri için hesaplanmıştır. Bulgular, $j=2,3,4,5,6,7$ değerleri için η_j , Δ_j , k_j 'nin aldığı değerleri Tablo 4.1-Tablo 4.36'da listelenmiştir. Tablo 4.37' de ise, Apslund ve grubu (2009) ve ayrıca Grevesse ve grubu (2010) tarafından son on yıl için önemli derecede düzeltme yapılan $Z_0=0.0134$ Güneş metallik değeri için olan k_j değerleri sunulmuştur. Bulgularımıza göre, k_j eksen dönme sabitinin artan kütleyle birlikte azaldığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca belirli bir kütle için, artan j değerleri için k_j 'de bir düşüş olmaktadır. k_j değerlerinin artan metallikle birlikte düştüğü de ortaya konmuştur. Diğer taraftan η_j katsayısı metallikle birlikte artmaktadır. Bu çalışmada, politropik indis $n \sim 1,5$ için *KOI-126* sisteminin k_2 iç yapı sabitleri de hesaplanmıştır. Bulgularımız, Feiden ve grubu (2011)'nin bulgularıyla birlikte Tablo 5.1'de sunulmuştur. Elde ettiğimiz bulgularla Feiden ve grubu (2011)'nin bulguları büyük bir uyum göstermektedir. Şekil 5.1'de Algol tip on üç sistemlerinin k_2 gözlemlenen sabitleriyle tahmini değerleri kıyaslanmıştır. k_2 sabitlerinin tahmini değerlerinin çoğu gözlenen değerlerden daha büyük olduğu görülmüştür. Şekil 5.1' de $\log k_{2,göz}$ ve $\log k_{2,teo}$ kıyaslamalı olarak verilmiştir. Tablo 5.2'ye göre elde ettiğimiz sonuçlar ile Claret(2004)' in teorik bulguları arasında büyük bir uyum bulunmaktadır. Nitekim, bu tür çalışmalarda yapılan uygulamalı karşılaştırmalar, genellikle ikincil harmonik k_2 katsayıları için sadece bazı ortalama değerlere (her iki bileşenin) verilebilir. Elde ettiğimiz ilk sonuçlar Claret ve Gimenez'in (2010) k_2 değerleri ile uyum göstermektedir. Ancak daha detaylı modellemelerle ilgili olan evrim, kompozisyon veya iç yapısal varyasyonların etkileri henüz araştırılmamıştır. Çalışmamızın sonuçları ve Claret ve Gimenez'in (2010) elde ettikleri sonuçlar arasında belirgin bazı küçük farklılıklar ilgi çekici nitelik taşımaktadır ve Güneş bileşimiyle ilgili son zamanlarda yapılan daha titiz değerlendirmeler de göz önünde bulundurularak daha detaylı olarak incelenmelidir.

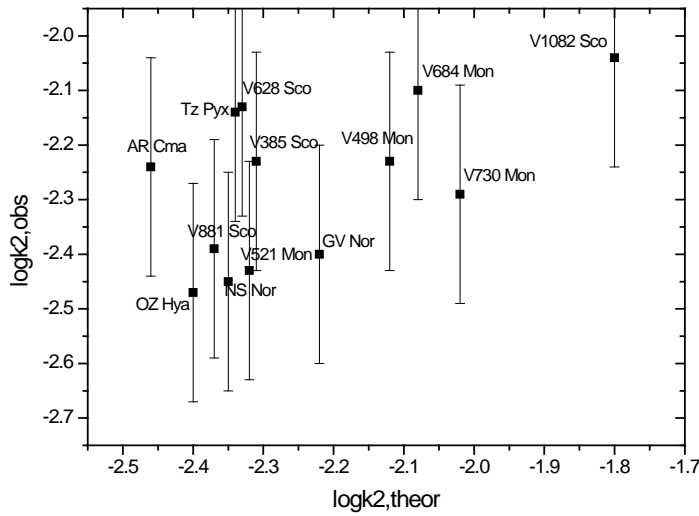
Tablo 5. 1: KOI-126 sistemi için iç yapı sabitleri.

	KOI-126B	KOI-126C
Feiden ve arkadaşları	0.1499	0.1512
Bizim sonuçlarımız	0.1435	0.1434

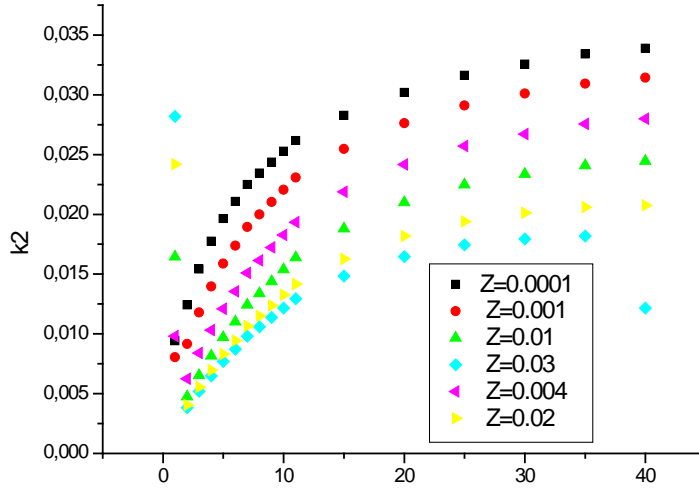
Tablo 5.1’de Feiden ve arkadaşlarının sonuçları bulduğumuz sonuçlarla karşılaştırılmış ve aralarında kabul edilir benzerlikler olduğu gösterilmiştir.

Tablo 5. 2: İç yapı sabiti $\log k_2$ ’nin, Zache’nin gözlemsel sonuçları (2012) ve Claret’in teorik sonuçlarıyla (2004) karşılaştırılması.

Star	$\log k_2$(bu çalışmada)	$\log k_2$ (gözlemsel,Zache)	$\log k_2$ (teorik, Claret)
AR Cma	-2,46	-2,24±0,20	-2,39±0,05
OZ Hya	-2,40	-2,47±0,20	-2,30±0,05
V498 Mon	-2,12	-2,23±0,20	-2,20±0,05
V521 Mon	-2,32	-2,43±0,20	-2,35±0,05
V730 Mon	-2,02	-2,29±0,20	-2,15±0,05
V684 Mon	-2,08	-2,10±0,05	-2,12±0,05
GV Nor	-2,22	-2,40±0,20	-2,23±0,05
NS Nor	-2,35	-2,45±0,20	-2,30±0,05
TZ Pyx	-2,34	-2,14±0,20	-2,36±0,05
V385 Sco	-2,31	-2,23±0,20	-2,35±0,05
V629 Sco	-2,33	-2,13±0,20	-2,34±0,05
V881 Sco	-2,37	-2,39±0,20	-2,34±0,05
V1082 Sco	-1,81	-2,04±0,20	-1,91±0,05



Şekil 5. 1: Algol türü On üç sistem için gözlenen ve teorik $\log k_2$ değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5. 2: Yıldız kütleleri için iç yapı sabitlerinin farklı metal yoğunluklarına göre çizilmiş grafiği

Yıldızlardan geçen konvektif ve radyatif ısılardan geçen oranlarının ve bunlara karşılık gelen deformasyonlarının etkilerinin daha yakın bir yansımayla ilgili tahmin, n 'nin entegrasyonuna olan artış katkısının maksimum seviyede olduğu yıldız tabakasındaki yerel politropik indeks değerinden gelmektedir. Elde edilen verilere göre, η_j katsayısı artan metallikle birlikte artmaktadır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, gözlemlenen sistemlerin ışık eğrilerinin analizinde yararlı olacaktır. İyi bilinmektedir ki, bileşenlerin sabit k_2 değerlerinin aynı anda gözlemsel yöntemlerle sistemlerde tespit edilmesi oldukça zordur. Gözlemsel sonuçlarla son derece uyumlu olarak önerdiğimiz bu teorik model ise sistemlerin bileşenlerinin k_2 sabitlerinin sadece gözlemsel olarak değil, aynı zamanda teorik yöntemle de türetilmesine olanak sağlamaktadır.

k_2 sabitleri ile ilgili diğer bir önemli nokta da şudur:

Tablolarımız, sistemlerin Z değerleri bilinmeden k_2 değerleri üzerinde yapılan gözlemsel çalışmalar için bir başvuru kaynağı olarak kullanılabilir. Tablo 4.1- Tablo 4.6 kullanılarak, gözlemlenen sistemlerin Z metallik değerleri hakkında bir fikir sahibi olunabileceğini göstermektedir.

6. KAYNAKLAR

Apslund, M. Grevesse, N. , Savual, A.J. , Scott, P. (2009). *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*,47,481.

Bakış, V. , Bulut, İ., Bilir, S., Bakış, H., Demircan O., Hensberge, H. (2010). *Publications of the Astronomical Society of Japan (PASJ)*. 62, 1291-1299.

Bjork, S.R., Chaboyer, B. (2006). *Astrophysical Journal Letters*,641,1102-1112.

Bozkurt, Zeynep. (2006). Eksen Dönmesi Gösteren Üçlü Sistemler, *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi, İzmir.

Brooker, R.A., Olle, T.W. (1954). Apsidal-Motion Constants for Polytropic Models, *Royal Astronomical Society*. (communicated by. Z. Kopal).

Brooker, R.A., Olle, T.W. (1955). *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 115,101.

Budding, E., Demircan, O. (2007). An Introduction to Astronomical Photometry. *Cambridge Univ. Press*, Cambridge.

Claret, A. (1995). *Suppl. Ser. Astronomy & Astrophysics*. 109, 441.

Claret, A. (1999). *Astronomy & Astrophysics*, in press.

Claret, A. (2004). *Astronomy & Astrophysics*, 424, 919-925.

Claret A., Gimenez, A. (2010). *Astronomy & Astrophysics*, 519, A57.

Dotter, A., Chaboyer, B., Jevremovic, D., Kostov,V., Baron, E., Ferguson, J.W. (2008). *The Astrophysical Journal Supplement Series* , 178, 89-101.

Feiden, G.A., Chaboyer, B., Dotter, A. (2011). *Astrophys Journal Letters*, 740, L25.

- Gimenez, A., Garcia-Pelayo, J.M., (1923). *Astrophys Space Science*. 92,203.
- Grevesse, N., Asplund, M., Sauval, A.J., Scott, P. (2010). *Astrophys Space, Science*, 328,179.
- Hejlesen, P.M., (1987). *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* 69,251.
- Herchel, J.S. (1831). Catalogue of 364 Double Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2,38.
- İnlek, G. and Budding, E. (2012). Structure coefficients for use in stellar analysis. *Astrophysics and Space Science*.
- Jeffery, C.M. (1984). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 207,323.
- Kopal, Z. (1953). Some Remarks on the Interpretation of Apsidal- Motion Constans in Close Binary Systems, *Royal Astronomical Society*.
- Kopal, Z. (1959). Close Binary Systems, Chap. 2. *Chapman and Hall*, London.
- Kopal, Z. (1965). *Adv. Astronomy & Astrophysics*.3,89.
- Kushwaha, R.S. (1957). *Astrophys Journal Letters*. 125, 242.
- MacRobert, T.M., (1927). Spherical Harmonic. *E.P. Dutton, London*.
- Özbek, N. (2006). Bazı W UMa Türü Örten Çift Yıldızların Işık Eğrisi ve (O-C) Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Petty, A.F. (1973). *Astrophys and Space Science*, 21,189.
- Prialnik, D. (1999). An Introduction to the Theory of Stellar Structure and Evulation, *Cambridge Univercity*.
- Schwarzschild, M. (1958). *Evulation of the Stars Dover*, New York.

Shade, J. & Wood, F.B. (1978). *Interacting Binary Stars* (Pergamon).

Sipahioğlu, S. (2008). Örtlen Çift Yıldızların Fotometrik Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Tayler, R.J. (1970). Yıldızlar: Yapıları ve Evrimleri. Sussexs Üniversitesi.

Torres, G., Andersen, J., Gimenez, A. (2010). *The Astronomy and Astrophysics Review*. 18,67.

Zasche, P. (2012). *Acta Astronomica*. 62, 97.

www.astro.princeton.edu (10 Mart 2014).

http://www.slidefinder.net/y/yildizlarin_yapisi_evrimi_tamel_yapi/a403_7-temelyapidenklemleri-cozumu-yeni/13919737/p2 (7 Ocak 2014).

www.astronomy.ege.edu.tr (20 Haziran 2014).

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Y%C4%B1ld%C4%B1z> (15 Ekim 2013).

<http://www.fizikveastronomi.com/index.php?page=politropikmodeller> (18 Mayıs 2014).