

## GÜNEŞTE KONVEKTİF BÖLGENİN EVRİMLE DEĞİŞİMİ VE HAFİF ELEMENTLERİN BOLLUĞU PROBLEMİ

Nilgün Kızıloğlu, Dilhan Eryurt—Ezer

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fizik Bölümü, ANKARA*

**ÖZET:** Meteorların kompozisyonunun güneşin orijinal kompozisyonunu yansıttığı düşünülür. Oysa güneş'te rasat edilen lityum miktarı dünya ve meteorlarda gözlenen lityum miktarına göre çok azdır. Dolayısıyla güneşteki lityum miktarının güneşin evrimiyle nasıl değiştiği söz konusudur. Bu yüzden güneşteki lityum miktarının tükenme hızı bulunarak rasat edilen miktarla uyum halinde olup olmadığı incelenmiştir.

Kuramsal hesaplardan bilindiği gibi, çöken güneş kütlesi enerji prensibi açısından kararlı duruma geldiği zaman yarıçapı  $59.5R_{\odot}$  ve ışınım gücü  $441 L_{\odot}$  olup tamamen konvektif bir yapıya sahiptir. Çekimsel büzülmesi esnasında H—R diyagramında hemen hemen düşey bir yol —Hayashi yolu — takip eder.  $3.73 \times 10^6$  yıl süren bu konvektif evrim yolu sonunda, güneşin yarıçapı  $1.98R_{\odot}$  ve ışınım gücü  $1.28L_{\odot}$  olduğu zaman, çökme sırasında artan merkezi sıcaklık ve yoğunlukla güneş maddesinin opaklığının azalması sonucu merkezde radyatif bir çekirdek oluşur. Bu merkezi radyatif bölge evrim süresince büyüyerek yarıçapın %58'ini, kütleinin %71'ini kapladığında güneş ışınımı ilk minimum değerine ( $L = 0.54 L_{\odot}$ ) ulaşır ve bundan sonra evrim yolu H—R diyagramında sola dönerek ana-kola doğru radyatif bir evrim yolu takip eder.

$3.73 \times 10^6$  yılından itibaren yüzeye doğru geri çekilmeye başlayan konvektif bölgenin derinliğinin azalması ve alt sınırındaki sıcaklığının (taban sıcaklığı) düşmesi güneşin evrimi boyunca devam eder. Şekil 1 de konvektif bölgenin alt sınırının radyal uzaklığının ( $r_{bc}$ ) ve taban sıcaklığının ( $T_{bc}$ ) evrim boyunca değişimi sırasıyla kalın ve aralıklı kalın çizgilerle gösterilmiştir. Güneş  $4.5 \times 10^9$  yıl süren evrimi sonucu, bugünkü fiziksel özelliklerini aldığı anda, daralarak yüzeye çekilen bu konvektif bölge, güneş yarıçapının 0.19 unu kütleinin ise 0.004 ünü kaplar ve taban sıcaklığı  $1.22 \times 10^6$  K'e iner. Görüldüğü gibi güneşteki dış konvektif bölgenin alt sınırının sahip olduğu en yüksek taban sıcaklığı,  $3.73 \times 10^6$  yılında ilk yüzeye çekilmeye başladığındaki sıcaklık olup,  $3.21 \times 10^6$  K'dir.

Tablo 1 de Güneşin, bugünkü durumunda konvektif bölgenin bazı fiziksel parametrelerinin değişimi gösterilmiştir. Hesaplar, Güneş maddesinin her bir gramı için hidrojen bolluğu  $X = 0.760$ , ağır elementler bolluğu  $Z = 0.019$  alınarak; ve konvektif bölgede enerji nakli, karışma—uzunluğu kuramına göre, konvektif elementlerin karışma—uzunluğu (1) basınç ölçeğinin (H) 1.3 katı alınarak yapılmıştır ( $1 = 1.3 H$ ). Birinci sütun yarıçapı (cm), ikinci ve üçüncü sütun, sırasıyla sıcaklık ( $^{\circ}K$ ) ve yoğunluğu ( $gr/cm^3$ ) göstermektedir. Dördüncü sütunda konvektif elementlerin ortalama hızları verilmiştir. Tablo 1'den

TABLO I

Güneşin bugünkü durumunda konvektif bölgedeki bazı parametrelerin dağılımı

$t_o = 4.5 \times 10^9$ yıl	$R_o = 6.9826 \times 10^{10}$ cm	$L_o = 3.90 \times 10^{33}$ erg/s		
R ( $\times 10^{10}$ cm)	T (K)	g (gr/cm <sup>3</sup> )	$V_{conv}$ (cm/sec)	Açıklama
6.9819	$6.46 \times 10^3$	$2.42 \times 10^{-7}$	$4.82 \times 10^3$	Konvektif bölge üst sınırı
6.9812	8.72	2.57	$3.15 \times 10^5$	
6.9809	9.20	2.65	3.04	
6.9701	$1.55 \times 10^4$	$2.08 \times 10^{-6}$	1.38	
6.9602	1.93	7.57	$9.62 \times 10^4$	
6.9503	2.34	$1.95 \times 10^{-5}$	7.53	
6.9208	3.78	$1.07 \times 10^{-4}$	5.06	
6.8013	$1.22 \times 10^5$	1.07	2.80	Konvektif bölge
6.5026	3.70	$6.20 \times 10^{-3}$	1.70	
5.9365	9.21	2.44	$9.65 \times 10^3$	
5.7979	$1.07 \times 10^6$	3.06	7.56	
5.6671	$1.22 \times 10^6$	3.73	2.24	Konvektif bölge alt sınırı

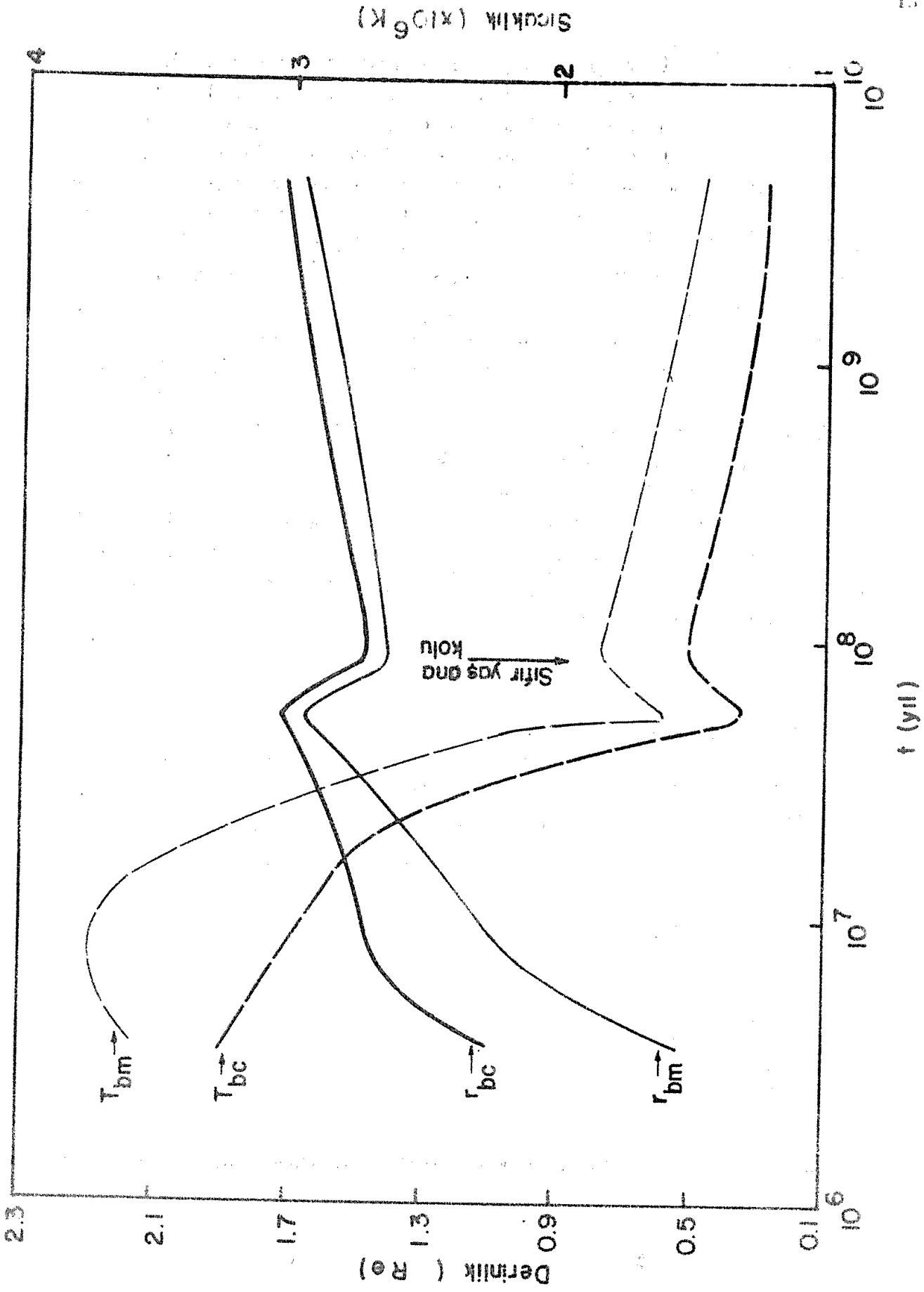
görüldüğü gibi yoğunluğun oldukça düşük olduğu yüzeye doğru yaklaşırken özgün ısınmada düşmesiyle, gerekli miktarda akının taşınabilmesi için konvektif elementlerin hızlarında ani bir artış olmaktadır.

Bilindiği gibi konvektif bölgedeki bu turbulent hareketler güneşte gözlenen bir çok fiziksel olaylar ile yakından ilgilidir. Bu çalışmada, konvektif bölgenin evrim süresince geçirdiği değişimi ve güneş yüzeyinde gözlenen lityum, berilyum, boron gibi hafif elementlerin bollukları ile ilişkisi üzerinde durulmuştur.

Meteorların kompozisyonunun güneşin orijinal kompozisyonunu yansıttığını düşünürsek, güneşte gözlenen Li miktarı dünya ve meteorlarda gözlenen miktarlara göre çok azdır. Dolayısıyla güneşteki Li miktarının güneşin evrimi ile değişmesi söz konusudur.

Yaklaşık  $4 \times 10^6$  K üstündeki sıcaklıklarda Li, hidrojenle termonükleer reaksiyona girerek çabucak yanar. Güneşin tamamen konvektif olduğu evrim safhalarında içi sıcaklıklar bu derecelere yükselemez. İç sıcaklıklar Li yanması için uygun olduğunda ise konvektif bölge yüzeye doğru çekilmeye başlamıştır. Gözlenen Li miktarı yüzey tabakalarındaki miktardır ve konvektif bölgenin taban sıcaklığına bağlıdır. Standart güneş modellerinde (Kızıloğlu ve Ezer, 1982) bulunan konvektif bölgenin derinliği ve taban sıcaklığı, lityumun gözlenen miktarda tükenmesine yetmemektedir.

Lityumun gözlenen değerini elde edebilmek için hızlı dönme (Dicke, 1972), turbulent difüzyon (Vauclair et al., 1978), ve konvektif elementlerin konvektif bölgenin tabanından daha derine inebilmesi (Straus et al., 1976) gibi olaylar teklif edilmiştir. Bu çalışmada



Sekil 1 : Konvektif ve karışma bölgelerinin alt sınırlarının radyal uzaklıklarının ve taban sıcaklıklarının güneşin evrimi boyunca değişimi.

ise konvektif elementlerin bu bölgenin radyal derinliği ( $D_c$ ) ile orantılı olarak, tabandan iç kısma doğru daha derin bir bölgede karışabilecekleri düşünülerek, evrim sonunda Li, Be, B, gibi hafif elementlerin bugünkü gözlenen değerlerine inip inmeyeceği incelenmiştir. Farklı orantı sabitleri deneyerek yapılan birkaç evrimden sonra Li ve diğer hafif elementlerin, bugünkü gözlenen değerlerine, bu elementler, konvektif bölgenin altında ve derinliği bu bölgenin 0.197 katı olan ( $d_m = 0.197 D_c$ ) yere kadar karıştıkları takdirde ulaşılabilirdi görüldü. Kullanılan nükleer reaksiyonlar  ${}^6\text{Li}(p,\alpha)$ ,  ${}^3\text{He}$ ,  ${}^7\text{Li}(p,\alpha)$   ${}^4\text{He}$ ,  ${}^9\text{Be}(p,\alpha){}^6\text{Li}$ ,  ${}^{10}\text{B}(p,\alpha){}^7\text{Be}$ ,  ${}^{11}\text{B}(p,\alpha)2{}^4\text{He}$ . Reaksiyon hızları Fowler et al. (1975) den alınmıştır.

Bilindiği gibi Lityumun iki izotopu vardır :  ${}^6\text{Li}$  ve  ${}^7\text{Li}$ . Bunlardan  ${}^6\text{Li}$ , yapılan çalışma sonunda, tamamen biterken  ${}^7\text{Li}$  bugünkü gözlenen değeri olan  $\text{Li}/\text{H} \sim 1 \times 10^{-11}$  değerine indi. Berilyumun tükenmesi çok az olurken, boron hiç yanmadı ve bugünkü değerlerini  $\text{Be}/\text{H} \sim 1.4 \times 10^{-11}$ ,  $\text{B}/\text{H} \sim 1.6 \times 10^{-10}$  korudular. Şekil 1 de karışma bölgesinin alt sınırının radyal uzaklığının ( $r_{bm}$ ) ve taban sıcaklığının ( $T_{bm}$ ) evrim boyunca değişimi sırasıyla ince ve aralıklı ince çizgilerle gösterilmiştir.

Güneşte gözlenen hafif elementlerin bolluğunu açıklamak üzere ileri sürülen değişik fiziksel mekanizmalardan, çalışmamızda alınan karışma bölgesinin alt sınırındaki sıcaklık ve yoğunluk kombinasyonuna uygun düşen mekanizmanın bu elementlerin gözlenen bollukları ile ilgili olabileceği söylenebilir.

#### KAYNAKLAR

- Dicke, R. M. : 1972, *Astrophys. J.* 171, 331.  
 Fowler, W. A., Caughlan, G. R., ve Zimmerman, B. A. : 1975, *Ann. Rev. Astr. Ap.* 13, 69.  
 Kızıloğlu, N., Ezer, D. : 1982, *Sun and Planetary System*, 59 (D. Reidel Publishing Company).  
 Straus, J. M., Blake, J. B., Schramm, D. N. : 1976, *Astrophys. J.* 204, 491.  
 Vauclair, S., Vauclair, G., Schatzman, E., Michaud, G. : 1978, *Astrophys. J.* 223, 567.