

Aktif Kromosferli Ayırık Çift Yıldızların Kinematığı ve Çift Yıldız Evriminde Peryot Azalmasının Delilleri

Yüksel Karataş¹, Selçuk Bilir¹, Zeki Eker², Osman Demircan³

¹İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119, İstanbul
karatas@istanbul.edu.tr, sbilir@istanbul.edu.tr,

²ekerz@yahoo.com

³Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Gözlemevi, 17100, Çanakkale
demircan@comu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada 237 aktif kromosferli çift yıldızın (CAB) kinematığı üzerinde çalışılmıştır. Kinematik kriterlere göre hareketli gruplara üye olarak sınıflandırılan genç (0.95 Gyr) 95 CAB sistemi, daha yaşlı (3.86 Gyr) 142 alan CAB sistemi ile karşılaştırıldığında, çift yıldızların evrimine ait gözlemsel ipuçları elde edilmiştir. Genç ve yaşlı alt sistemlerin yörüngesel periyot histogramları karşılaştırıldığında, CAB ların kütle (açısal momentum) kaybettiği ve kısa periyotlu sistemlere doğru evrimleştiğine dair gözlemsel bir delil elde edildi. Bu bulgu Demircan (1999) a ait delili desteklemektedir. Kütle kaybına ait elde ettiğimiz delil, genç (N = 53) ve yaşlı alt sistemlerin (N = 66) toplam kütle (M_h+M_c) histogramlarının karşılaştırılmasında da görülmüştür. Yaşlı ayırık sistemlerin $\log P \leq 0.8$, $0.8 < \log P \leq 1.7$ ve $1.7 < \log P \leq 3$ periyot aralıkları için elde edilen 6.69, 5.19 ve 3.02 Gyr kinematik yaş değerleri, çift yıldız evrimi süresince yörüngesel periyot azalmasımı açıkça göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Yıldızlar: aktivite – yıldızlar: çift - yıldızlar : spektroskopik - yıldızlar: evrim - yıldızlar: kinematik

Abstract: In this work, the kinematics of 237 chromospherically active binaries (CABs) were studied. The kinematically young (0.95 Gyr) sub sample, which is formed according to the kinematical criteria of moving groups, was compared with the rest (N = 142) of the sample (3.86 Gyr.) to investigate any observational clues of binary evolution. Comparing the orbital period histograms between the younger and older subsamples, evidence was found supporting the finding of Demircan that the CABs lose mass (and angular momentum) and evolve towards shorter orbital periods. The evidence of mass loss is noticeable on the histograms of the total mass (M_h+M_c), which is compared between the younger (only N = 53 systems available) and older sub samples (only N = 66 systems available). The orbital period decrease during binary evolution is found to be clearly indicated by the kinematical ages of 6.69, 5.19 and 3.02 Gyr which were found in the sub samples according to the period ranges $\log P \leq 0.8$, $0.8 < \log P \leq 1.7$ and $1.7 < \log P \leq 3$, respectively among the binaries in the older subsample.

Key words: stars: activity – stars: binaries – stars: spectroscopic - stars: kinematic – stars : evolution

1. Giriş

Aktif kromosferli çift sistemler (CAB) kuvvetli bir kromosfer, geçiş bölgesi ve koronal aktivite ile karakterize edilen F den daha geç spektrel tiplere sahip ayırık çift sistemlerdir. Ca II H ve K çizgilerinin emisyon kolları ve bazan de Balmer H_α çizgi emisyonu kromosferik aktivitenin temel göstergesidir. Strassmeier ve ark. (1988) tarafından yayınlanan ilk katalog, Hall (1976) tarafından tanımlanan RS CVn sistemleri ile Bopp ve Fekel (1977) tarafından tanımlanan BY Draconis tipi

sistemleri kapsamakta olup, sayıları 206 ya ulaşmıştır (Strassmeier ve ark. 1993).

Üçüncü katalog henüz yayınlanmamakla birlikte, Eker'in yayınlanmamış kataloğunda bu sistemlerin sayısı 280 dir.

Örneğimizdeki CAB lar, gerek F-M anakol ile G-K altdev ve dev bileşenleri içermesi bakımından gerekse evrimleşmemiş anakol ile dev-alt dev içeren evrimleşmiş çift yıldızlar arasında kinematik olarak genç ve yaşlı sistemlerin bulunması bakımından heterojen bir örnektir.

Hipparcos verileri (Perryman ve ark. 1997) Eker'in ilk örneğinde mevcut değildi. Aslan ve ark. (1999) 178 CAB a ait Hipparcos öz hareket ve paralaks verilerini kullanmalarına rağmen, RS CVn sistemleri arasında önemli farklılıklara ait ip uçları

bulamadılar. Oysa küçük hız dispersiyonlarına sahip anakol RS CVn sistemlerinin genç yaş değerlerini gösterdiğine dair işaretler vardır.

U,V,W uzay hız ve dispersiyonları elde edilir edilmez, (U,V) diyagramında LSR'nin konumu civarında fark edilen γ şekilli yoğunlaşmaya hareketli gruplara üye CAB ların neden olduğu anlaşılmıştır.

Hareketli gruplar ortak bir orijini paylaşan yıldızlardan ibaret kinematik olarak koherent gruplardır. Eggen (1994) çekimsel olarak bağlı olmayan fakat galaksimizde geniş bölgeleri işgal eden aynı kinematik özelliklere sahip yıldız gruplarını süperküme olarak tanımlamıştır. Bu yüzden çok iyi bilinen açık kümenin tersine bir MG hareketli grubu tüm gökyüzünde gözlemlenebilir. Çift sistemler ve tek yıldızlar arasında MG lere olası üyenin tespiti, Eggen (1958a, b), Montes ve ark. (2001a) ve King ve ark. (2003) tarafından yapılmıştır.

Hipparcos astrometri verilerinden itibaren Eker (1992) in çalışmasına benzer bir tarzda motivasyonumuz değişmiştir. Tüm örnek iki gruba ayrılmıştır; ilki Eggen (1958a,b, 1989, 1995) tarafından tanımlanan kinematik kriterlere göre seçilen olası MG üyeleri, ikincisi de örneğin geri kalanı. Genç olduğu bilinen tüm CAB lara ait olası MG üyeleri belirlendikten sonra kinematik olarak genç ve yaşlı örneği oluşturmak mümkün olmuştur. İki örnek arasında periyot, toplam kütle, kütle oranı, yörüngesel eksentrite parametrelerinin bir karşılaştırılması yapılmıştır. Ayırık CAB ların kütle ve açısal momentum kaybettiğini doğrulayan çift sistemlerin evrimine gözlemsel ipuçları elde edilmiştir. Açısal momentum kaybı ve periyot azalması, gelgit etkisi ile kilitlenmiş kısa periyotlu sistemler için öngörülmüştür (Demircan, 1999). Kilitlenmemiş uzun periyotlu sistemler arasında da yörüngesel açısal momentum kaybı ile çift sistemin evrimi olmaktadır.

2. Veriler

Eker'in yayınlanmamış kataloğundaki 280 CAB yıldızından, güneşe göre uzay hızlarının hesabına olanak sağlayan Hipparcos özhareket bileşenleri, paralaks ve radyal hız verileri mevcut olan 237 sistem seçilmiştir. Verilere, yayınlanan çalışmada ulaşılabilir (2004, MNRAS, 349, 1069).

2.1. Paralaks ve Özhareket verileri

Paralaks ve öz hareket verileri Hipparcos ve Tycho kataloglarından alınmıştır (ESA 1997, Hog ve ark. 1998). 237 sistemden 15 tanesinin Hipparcos paralaksı yoktur. Örneğimizdeki Hipparcos paralakslarının çoğunluğunun rölatif hataları, $\sigma_{\pi}/\pi \ll 0.50$ dir. Listemizdeki 14 sistemin rölatif hataları $\sigma_{\pi}/\pi > 0.50$ dir. Hipparcos'un 2σ limitinden

($\sigma = 0.97$) (Perryman, 1997) daha küçük paralakslara sahip 5 CAB ın (IN Com, HD122767, RT Crb, V832 Her, AT Cap) Hipparcos paralaksları kullanılmamıştır..

$\sigma_{\pi}/\pi > 0.50$ olan 9 sistemin Hipparcos paralaksları tespit limitinden büyük olduğu için kullanılmıştır.

Trigonometrik paralaksları olmayan sistemlerin paralaks değerleri literatürden alınmıştır. 6 yıldızın yayınlanmış paralaksı bulunmadığından, spektral tip ve parlaklık sınıfından itibaren spektroskopik paralaks bulunmuştur.

Mevcut olmayan Hipparcos özhareket bileşenlerinin hataları, iyimser bir yaklaşımla, $\mu_{\alpha} \cos \delta$ da 0.88 mas yr^{-1} , μ_{δ} da ise 0.74 mas yr^{-1} değerleri ortalama belirsizlik olarak alınmıştır.

HP Aur için öz hareket bileşenleri ve belirsizliği, Nesterov ve ark. (1995) dan, ξ UMA B ve CM Dra sistemleri için ise Bakos ve ark. (2002) dan alınmıştır.

Spektroskopik paralaks değerleri ile yayınlanmış fotometrik paralaks değerlerinin hataları, Sparke ve Gallagher (2000) ın verdiği bir kurala göre hesaplanmıştır. Bu kurala göre, anakol yıldızlarının luminositeleri % 10 içerisinde tespit edilebilir, bu da uzaklıkta % 5 bir belirsizliğe yol açmaktadır. Dev kolu dik olduğundan mutlak kadir tespiti 0.5 kadire kadar tespit edilebilir. Bu da uzaklıkta % 25 bir belirsizliğe yol açar. Altdev yıldızlar için belirsizlik hesabı devlerdeki gibi yapılmıştır.

Örneğimizdeki 237 sistemin ortalama paralaks belirsizliği $\sigma_{\pi}/\pi < 0.15$ olup, ortalama özhareket bileşenlerinin belirsizlikleri sırasıyla, $\mu_{\alpha} \cos \delta$ da 0.62 mas yr^{-1} , μ_{δ} da ise 0.43 mas yr^{-1} dir.

2.2. Radyal hızlar

Kütle merkezinin radyal hızı ve belirsizliği literatürden toplanmıştır. CAB lar çok popüler sistemler olduklarından literatürde bunların yörünge parametrelerine ulaşılabilir. Örneğimizde çift oldukları bilinen fakat yörünge elemanları olmayan 21 sistemin radyal hız ölçümlerinin matematiksel ortalaması kütle merkezinin radyal hızı olarak kabul edilmiştir. Ortalamadan standart sapma ise hata olarak alınmıştır. Birbirinden bağımsız olarak tespit edilen yörünge parametrelerine sahip sistemlerin radyal hız ve belirsizliği için ağırlıklı ortalama alınmıştır. Farklı yazarlar farklı belirsizlikler verdiği için, bu türden belirsizlikler standart hatalara dönüştürülmüştür.

3. Galaktik Uzay Hız Bileşenleri

Galaktik uzay hız bileşenleri (U, V, W) ve hataları Johnson ve Soderblom (1987) a ait algoritma kullanılarak, öz hareket bileşenleri (μ_{α} , μ_{δ}), koordinatları (α , δ), radyal hızları (γ) ve paralaks (π) verileri olan 237 CAB için hesaplanmıştır. J2000 epöğu koordinatları

Hipparcos ve Tycho kataloglarına ait ICRS de tanımlandığı gibi kabul edilmiştir. U, V, W uzay hızları güneşe göre bir yıldızın uzay hız vektörünün bileşenleridir. U, V, W bileşenleri güneşe göre bir yıldızın hız vektörünün bileşenleridir. U galaksi merkezine ($l = 0, b = 0$) yönelmiştir. V galaksinin dönme doğrultusundaki ($l = 90, b = 0$) bileşenidir. W ise galaktik kutba ($b = 90$) doğrudur. Hesaplanan belirsizlikler küçük ve ortalamaları $\delta U = \pm 3.43$, $\delta V = \pm 2.92$, $\delta W = \pm 2.42 \text{ km s}^{-1}$ dir. Uzay hızı belirsizliği $\pm 15 \text{ km s}^{-1}$ den büyük olan 18 sistem dikkate alınmadığında, bileşenlerin ortalama belirsizlikleri $\delta U = \pm 2.4$, $\delta V = \pm 2.0$, $\delta W = \pm 1.8 \text{ km s}^{-1}$ değerine azalma gösterir. CAB ların çoğu, hesaplanan dispersiyonlardan çok daha küçük olan belirsizliklere sahiptir.

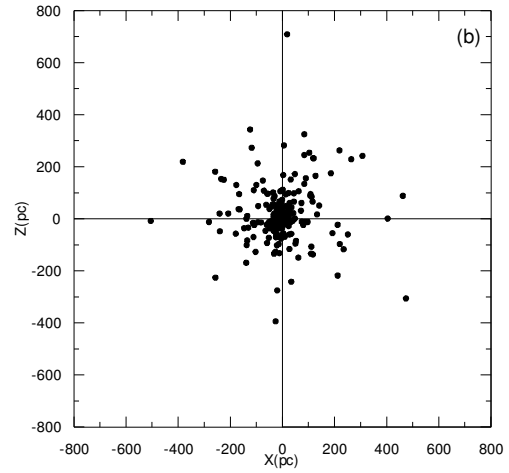
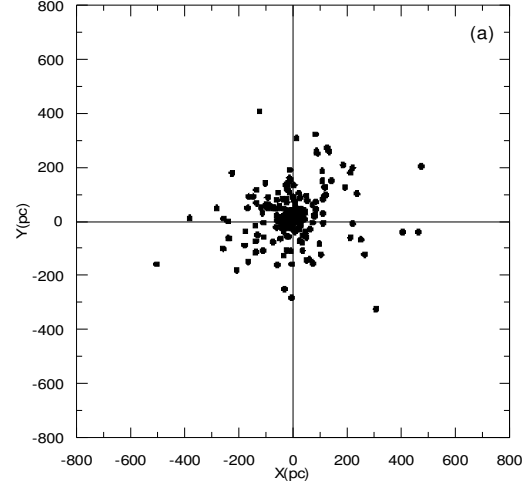
3.1. Uzay Dağılımı

Güneş merkezli (X,Y,Z) galaktik koordinatlar Şekil 1 de verilmiştir. Şekil 1, 98 pc lik bir medyan uzaklığı ile CAB sistemlerinin, nispeten yakın sistemler olduğunu ve galaktik disk içerisinde yer aldığını göstermektedir. Güneşten bakıldığında CAB ların tüm doğrultularda hemen hemen homojen olarak dağıldıkları görülmektedir.

3.2. Galaktik Diferansiyel Dönme Düzeltmesi.

Galaktik diferansiyel dönmenin etkisi galaksi düzleminde güneşten itibaren yıldızların uzaklıkları ile orantılıdır.

Verilerdeki en büyük belirsizlik paralaks ölçümlerinde olduğundan, uzaklıktaki belirsizlik U, V, W deki belirsizliklere yansımaktadır. Hipparcos astrometrik verileri 500 pc. ğe kadar güvenilir olduğundan, U, V, W deki belirsizlikler büyük oranda azalacaktır. U bileşenindeki belirsizliği kendi değerinden büyük olan 128 CAB yıldızı vardır. Bir başka ifade ile, dU/U_{hata} oranı büyük olan 128 yıldız ile dV/V_{hata} oranı büyük olan 3 yıldız için diferansiyel dönme etkisi önemli olmakla birlikte, diferansiyel dönmenin etkisi tüm CAB yıldızlarının U, V hızlarına uygulanmıştır.



Şekil 1 a ve b. Galaktik düzleminde CAB ların uzay dağılımı. X, Y, Z, galaksi merkezi, galaksinin dönme ve kuzey galaksi kutbu doğrultusuna doğru yönelmiştir.

3.3. Kalın disk ve halo CAB ları.

Örneğimizdeki metalce fakir CAB ların sayısı, Grenon (1987) ve Bartkevicius ve ark. (1999) ca önerilen $f = 1/300 (u^2 + v^2 + w^2)^{1/2}$ kinematik parametresi ile belirlenmiştir. (u, v, w) hızları, güneşe göre (U, V, W) hız değerlerine LSR ye göre güneşin (U, V, W)_☉ = (9, 12, 7) km s^{-1} (Mihalas ve Binney 1981) hızları ilave edilerek elde edilmiştir.

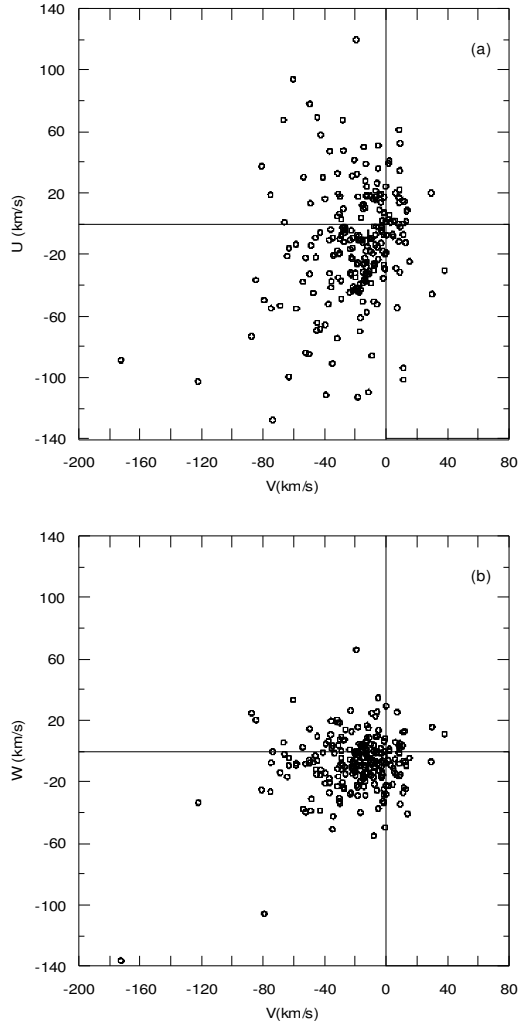
İstatistiksel olarak $f \leq 0.35$ olan yıldızlar ince diske, $0.35 < f \leq 1.00$ olan yıldızlar kalın diske ve $f > 1$ olan yıldızlar haloya aittirler. Örneğimizdeki CAB ların % 92 si ince disk, yaklaşık % 7 si kalın disk yıldızlarıdır.

Kalın disk popülasyonunun Siegel ve ark. (2002) ve Buser ve ark. (1999) ca verilen güneş civarındaki

% 6 normalizasyon değeri, CAB lar için elde edilen % 7 değeri ile uyumludur.

HD 149414 CAB yıldızı kinematik hız değerlerine bakıldığında halo yıldızıdır. Bu yıldızın Latham ve ark. (1988) ca verilen $[M/H] = -1.4$ dex spektroskopik metal bolluğu değeri, kinematik kritere göre sınıflandırmayı doğrulamaktadır. Bu yıldız 48 pc bir uzaklık değeri ile güneş civarında bir halo CAB yıldızıdır.

4. Tartışma ve Sonuç



Şekil 2. CAB ların (a) U, V düzleminde, (b) W, V düzleminde hız dağılımları. Hızlar helyosentriktir. LSR nin konumu + ile gösterilmiştir.

Diferansiyel dönme düzeltmesi uygulanmış (U, V) ve (W, V) diyagramları Şekil 2 de gösterilmiştir. İlk bakışta U, V diyagramının genel görünüşü Eker

(1992) deki U, V diyagramının genel özelliklerine benzemektedir. Bu çalışmadaki CAB ların güneşe göre ortalama hareketi $(U, V, W) = (-13.5, -19.7, -8.1)$ km s^{-1} , LSR ye göre hız dispersiyonu da $(37.3, 26.0, 19.4)$ km s^{-1} dir. Bu değerler Eker (1992) e ait değerlere yakındır. Aslan ve ark. (1999), Hipparcos astrometrik verilerinden elde ettiği güneşe göre hareketi $(U, V, W) = (-11.8, -20.5, -6.4)$ km s^{-1} , LSR ye göre hız dispersiyonu da $(35.8, 22.4, 18.2)$ km s^{-1} olarak vermektedir.

Diğer çalışmalarda verilen ortalama hız, dispersiyon değerleri ve (U, V) hız dağılımının bu çalışma ile olan uyumluluğu bir avantaj sağlamamaktadır. Şekil 2a daki (U, V) hız diyagramında LSR civarında γ biçimindeki yoğunlaşma belirgin olup, dikkati çekmektedir. (W, V) diyagramında ise bu dağılım küresel biçimde dikkati çekmektedir. Böyle bir dağılım Eker (1992) ve Aslan ve ark. (1999) da görülememiştir. CAB lar, evrimleşmiş altdev-dev ile anakol bileşenleri içermesi ile oldukça heterojen olup yörünge periyodları 1ıla 300 gün aralığındadır. Bu, örneğimizdeki CAB ların arasında farklı yaşları gösteren farklı evrimsel yollar (Plavec 1968, Thomas 1977) olabileceği anlamına gelir.

Hız uzayında kinematik olarak genç ve yaşlı popülasyonları ayırt etmek zordur. Dispersiyonlar yaş ile arttığından dolayı, LSR civarındaki yıldızları ayırmak ve onlardan ibaret kinematik olarak genç grubu oluşturmak güvenilir değildir.

Şekil 2a da $(U, V) = (17, -8), (-4, -26), (-37, -14)$ ve $(0, 0)$ km s^{-1} civarındaki yoğunlaşmalar, güneş civarında hareketli grupların (MG lerin) varlığını gösterebilir. Kinematik özellikleri iyi bilinen hareketli gruplar Local Association, Ursa Major, Castor, IC2391 ve Hyades tir (Eggen, 1958a,b, 1989, 1995; Montes ve ark. 2001a).

Şekil 2a da, (U,V) diyagramında yoğunlaşmalara neden olan bu MG lere üye olası CAB lardır. Bu yüzden olası kinematik altgrupları araştırmadan önce ilk adım olarak örneğimize ait olası MG üyelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

4.2. MG lere Üye CAB lar

Eggen (1958a,b, 1989, 1995) tarafından tanımlanan kinematik kriterler MG lere üye olası CAB ları belirlemede kullanılmıştır. Bunlar (a) Öz hareket kriteri:

$$\frac{\tau}{v} < \frac{0.1}{\sin \lambda} \quad (1)$$

τ/v , yıldızın hedef noktasından ne kadar uzaklaştığının bir ölçüsüdür. Burada τ ve v yıldızın öz hareket bileşenlerinin ortogonal değerleridir. v hedef noktası doğrultusundaki bileşen, τ ise v ye dik doğrultudaki bileşendir. μ yıldızın öz

hareketidir. λ hedef noktası ile yıldız arasındaki açıdır. π ise paralaksıdır.

b) Radyal hız kriteri: Eggen tarafından öngörülen radyal hız bağıntısı (2) bağıntısı ile verilmiştir.

$$\rho_c = V_T \cos \lambda \quad (2)$$

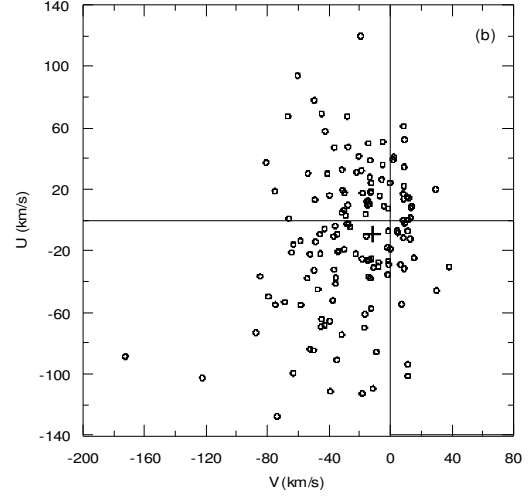
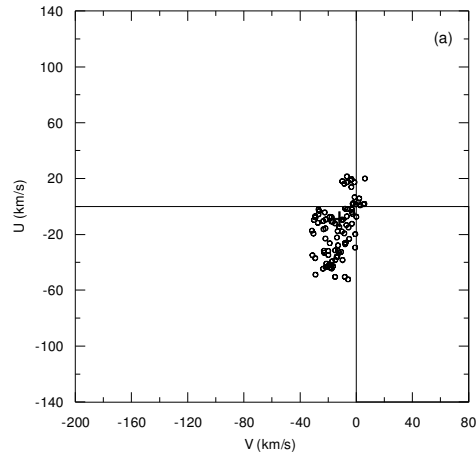
Gözlemsel radyal hız, γ kütle merkezine göre radyal hızdır. V_T , (3) nolu bağıntı ile elde edilir.

$$V_T = (U^2 + V^2 + W^2)^{1/2} \quad (3)$$

Kriter, yıldızın gözlenen radyal hızı ile öngörülen radyal hızının karşılaştırılmasına dayanır. Bu iki hız farkı MG lere üye CAB ların radyal hızlarının dispersiyonlarından az ise CAB yıldızı bu MG lere üyedir. Örneğimizdeki CAB ların hesaplanan ile gözlemsel radyal hız farkları, her hareketli gruba ait olası üye yıldızlar için, dispersiyonları $5.5 - 10 \text{ km s}^{-1}$ değerlerinde vermiştir. Bu aralık, Eggen'in $4 - 8 \text{ km s}^{-1}$ değeri ile uyumludur.

Kriterlerden birinin sağlanması test yıldızını olası üye yapmaktadır. Her iki kriterinde sağlanması üyeliği garanti etmemektedir. Bunun nedeni de aynı hız uzayının, MG lere üye ve üye olmayanlarca işgal edilmeleri olasılığının her zaman olmasıdır. 237 CAB dan 95 inin kriterlerden en az birini sağlayarak, MG lere üye olduğu bulunmuştur.

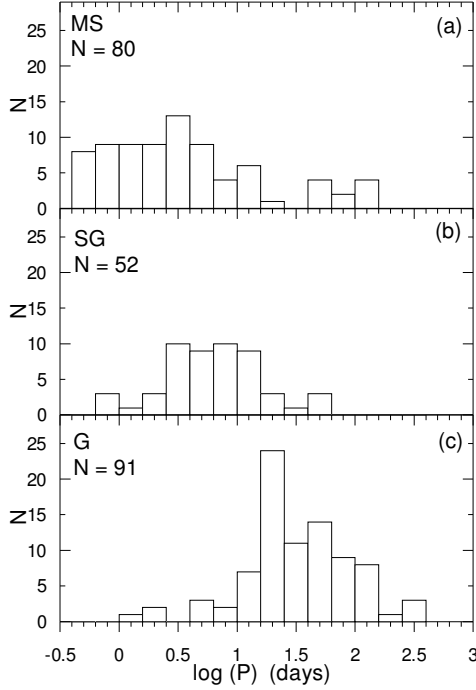
Örneğimiz, MG lere olası üye ve üye olmayan (alan) CAB lar olacak şekilde iki gruba ayrılmıştır. Bu grupların (U, V) diyagramları Şekil 3 te gösterilmiştir.



Şekil 3. (a) MG ve (b) alan CAB larının (U, V) diyagramındaki dağılımı.

Şekil 2a da görülen γ biçimindeki yoğunlaşma, Şekil 3a da kendini daha açık olarak göstermektedir. MG lere üye CAB ların güneşe göre ortalama hareketleri $(U, V, W) = (-16.9, -13.5, -7.6) \text{ km s}^{-1}$, hız dispersiyonları ise $(\sigma_U, \sigma_V, \sigma_W) = (20.6, 9.8, 12.8) \text{ km s}^{-1}$ dir. Alan yıldızlarının güneşe göre ortalama hareketleri $(U, V, W) = (-11.2, -24.0, -8.4) \text{ km s}^{-1}$, hız dispersiyonları ise $(\sigma_U, \sigma_V, \sigma_W) = (45.4, 32.9, 22.9) \text{ km s}^{-1}$ dir.

Wielen (1977) yaş formülüne göre, MG lere üye CAB ların $(\sigma_U, \sigma_V, \sigma_W) = (20.6, 9.8, 12.8) \text{ km s}^{-1}$ hız dispersiyonları, 950 Myr değerinde bir kinematik yaş vermektedir. Bu yaş değeri MG lerin bilinen yaş değerlerinden biraz büyük bir değerdir. Bunun nedeni de yıldızların dispersiyonlarının LSR ye göre hesaplanmasından dolayıdır. Bazı olası üyelerin gerçekten de üye olamayacağı göz önünde bulundurulursa, bu değere bir üst limit olarak bakılmalıdır. Alan yıldızları içerisinde 950 Myr dan genç CAB lar olabilir. Alan yıldızları için hesaplanan toplam hız dispersiyonu 3.86 Gyr bir yaş değeri vermektedir



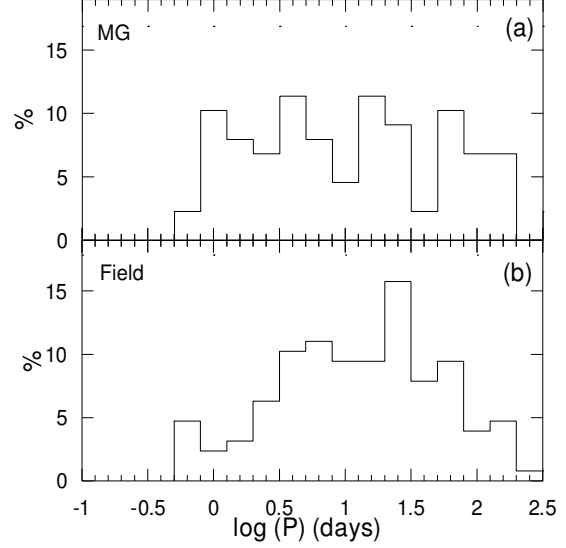
Şekil 4. MS, SG, G grupları içeren CAB ların periyot dağılımları.

4.3 MG ve Alan CAB larının Karşılaştırılması

CAB bileşenlerinin bilinen evrimsel aşamalarına göre, en az bir bileşeni alt dev ve dev olan CAB lar 'SG' ve 'G' grubu ile, (bunların yarıçapları sırası ile güneş yarıçapının iki ve altı katı kadardır), her iki bileşeni anakol olan lar ise 'MS' olacak şekilde tüm örnek gruplara ayrılmıştır. Bu grupların periyot dağılımlarının karşılaştırılması Şekil 4 te verilmiştir. SG grubu $P = 6$ gün periyodu ile normal bir dağılım göstermekte ve periyot aralığı 0.79 ila 50 gün arasındadır. G grubu kütleli sistemleri tercih etmekle birlikte daha uzun yörüngesel periyodlara sahiptirler. Şekil 4 e göre, dev yıldız içeren sistemler 10 gün veya daha uzun bir yörüngesel periyoda ve az da olsa kısa periyot değerlerine sahiptirler.

G grubunda kısa periyodlu CAB larda keskin bir azalma dikkati çekmektedir. MS sistemleri çoğunlukla 10 günden küçük periyot değerlerine sahiptirler. CAB lar ayırık sistemler olduklarından örneğimizde çok sayıda kısa periyodlu sistemler yoktur. Çok kısa periyot değerine sahip sistemler kontakt (WUMa) ve yarı kontakt (β -Lyrae) sistemler arasında yaygındır. Tercihen G sistemlerinin bulunduğu uzun periyodlara doğru düzgün bir azalma gösteren anakol (MS) sistemlerinin uzun periyot değerlerine sahip olması ilginçtir.

Bu azalma seçim etkisinden dolayı olabilir. Uzun periyodlu anakol sistemlerinin sayısı bir bileşeni veya iki bileşeni dev olan uzun periyodlu CAB lardan daha azdır. Bununla birlikte kısa periyodlara doğru G sistemlerindeki azalma, bir seçim etkisi ile açıklanamaz.



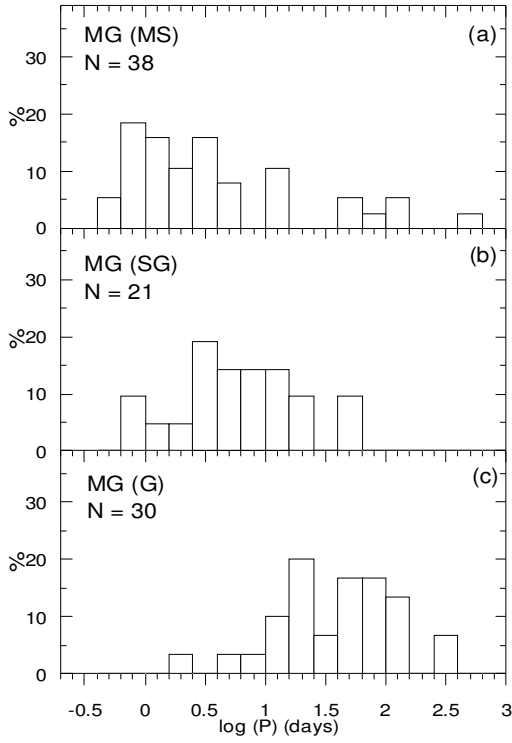
Şekil 5. (a) MG ve (b) alan CAB larının periyot histogramlarının karşılaştırılması

Kinematik olarak genç (MG) ile yaşlı alan CAB popülasyonları arasındaki yörüngesel periyot dağılımlarının karşılaştırılması Şekil 5 de verilmiştir. Her iki grubun yörünge periyot aralığı aynıdır. Bununla birlikte daha genç olan MG grubu bir peak göstermemekte ve düz bir dağılıma sahiptir. Daha yaşlı popülasyon ise 11.3 periyot ($\log P = 1.05$) değerinde bir gauss peak göstermektedir. Her iki grupta G, SG ve MS sistemlerinin bileşimlerine bakıldığında, genç popülasyonda 88 sistemin olduğu, bunun % 34 ünün G, % 24 ünün SG ve % 42 sinin MS olduğu görülmüştür. Daha yaşlı popülasyonda ise 127 CAB olup, % 43 nün G, %25 nin SG ve % 32 sinin ise MS sisteminden ibaret olduğu anlaşılmıştır. Buradan iki popülasyonun altgruplarının dağılımı arasında fark olmadığı anlaşılmıştır.

Şekil 5a-b de görülen periyot dağılımında, alan CAB popülasyonunda uzun ve kısa periyodlu sistemlerin sayısındaki azalma çift yıldız evrimini etkilemektedir.

Demircan (1999) a göre, bir çift sistemden kütle kaybı, yörünge yarı büyük eksen uzunluğunda bir azalmaya neden olan açısal momentum kaybı ile ilişkilidir. Yörünge büzülmesi yörüngesel periyodu azalmaya zorlar. Şekil 5 bu senaryoyu desteklemektedir. Alan CAB ları genç oldukları

dönemde başlangıçta MG ler ile aynı periyot dağılımına sahip idi. Daha uzun periyodlu sistemlerdeki azalma yukarıdaki öngörüye göre yorumlanabilir. Bununla birlikte azalma gösteren kısa periyodlu sistemlerin sayısının bu senaryo ile çeliştiği görülmektedir. Eğer yörünge periyodu çift yıldız evriminde azalır, normalde yaşlı CAB lar arasında kısa periyodlara sahip daha çok sistem beklenirdi. Örneğimizdeki CAB ların hepsinin ayırık sistemler oldukları unutulmamalıdır. CAB ların periyodları küçülmek suretiyle kısa periyodlu kontakt veya yarı-kontakt sistemlere evrimleşmişlerdir ve artık örneğimizde görülmemektedirler. Bunların sayıları orijinal popülasyona göre azalmıştır. Şekil 5b de görülen kısa periyodlu sistemlerdeki azalma, çift yıldız evriminde ki periyot azalmasının öngörümünü desteklemektedir.

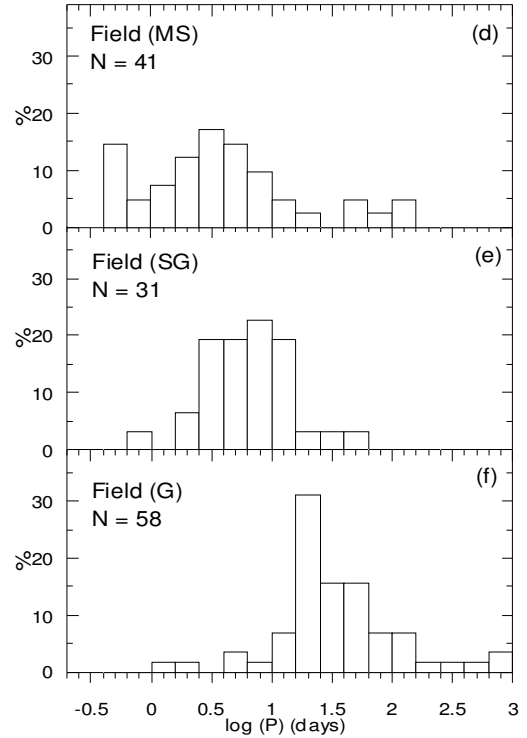


Şekil 6 a-c. MG CAB alt gruplarının periyot histogramları

MG ler ile alan CAB ları arasında G, SG, MS sistemlerinin periyot histogramları karşılaştırıldığında, çift sistemlerin evrimi süresince yörünge periyodunun azaldığı Şekil 6 a-c ve Şekil 6d-f den görülmektedir. Alan CAB ları için G sistemlerinin histogramı $P = 20$ gün ($\log P = 1.3$) değerinde belirgin bir peak ve kısa periyodlara doğru keskin bir azalma göstermektedir. Keskin bir azalma MG lere ait G sisteminde görülmemektedir. Bu keskin

azalmaya, histogramda artık bulunmayan eksik sistemler neden olabilir. Çünkü, bu sistemler kontakt veya yarı kontakt sistemlere evrimleşmişlerdir.

Alan ve MG lere ait G grupları hatta SG grupları karşılaştırıldığında, kısa periyodlara doğru normal dağılımın peakinin belirgin bir şekilde kayması yörünge periyodunun azalmasına delildir. Bununla birlikte alan MS sistemlerinin dağılımının peakinin MG lere ait MS sistemlerinin peakine göre daha uzun periyodlarda olduğu görülmektedir. Kontakt veya yarı kontakt konfigürasyonlara doğru evrimleşmenin, kısa periyodlu MS sistemleri arasında G sistemlerinden daha olası olduğu gözönünde bulundurulursa, MS sistemlerinde daha uzun periyodlara doğru peakin hareket ettiğini görmek normal olabilir. MG grubunda $P = 1$ gün civarında bir peak gösteren MS sistemleri kontakt veya yarı kontakt sistemlere doğru evrimleşmişlerdir ve alan CAB grubunda bu sistemlerin sayısının az olduğu görülmektedir. Bu yüzden de alan MS sistemlerinde peakin uzun periyodlara doğru kaymış olduğu görülmektedir.



Şekil 6 d-f. Alan CAB alt gruplarının periyot histogramları.

Alan popülasyonuna ait G sistemlerinin histogramında, eğer kontakt sisteme evrimleşmenin $P = 10$ güne kadar etkili olduğu kabul edilirse, alan MS sistemlerinin peakinin alan G sistemlerinin

peakinden daha kısa bir periyot göstermesinin nedeni merak edilebilir. İstatistiksel olarak olası MG üyeleri arasında yaşlı CAB lar olabileceği gibi alan CAB ları arasında da pek çok genç CAB olabilir. Buna rağmen, CAB lardaki periyodun kısalma etkisi histogramlarda fark edilmektedir. Yörünge periyodunun yaş ile azalması kinematik veriler ile de doğrulanmış olup, sonuçlar Tablo 1 de verilmiştir.

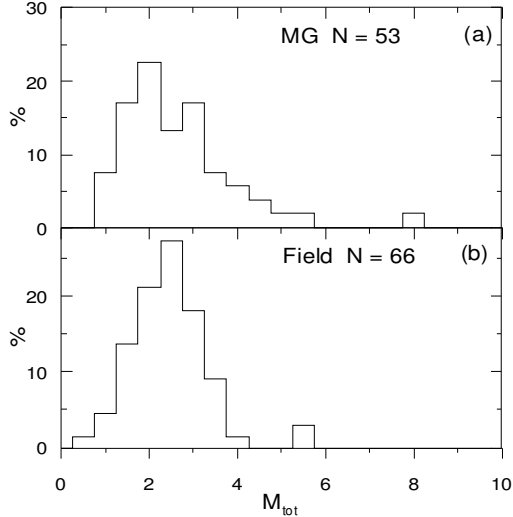
Tablo 1. Alan CAB larının periyot alt gruplarının kinematik yaşları

| log P (gün) | N | σ_t (km s ⁻¹) | Yaş (Gyr) |
|-------------|----|----------------------------------|-----------|
| (0.0 – 0.8] | 48 | 61.38 | 6.69 |
| (0.8 – 1.7] | 59 | 53.15 | 5.19 |
| (1.7 – 3.0] | 23 | 40.99 | 3.02 |

Hız dispersiyonlarındaki artışın kısa periyodlara doğru daha yaşlı değerler verdiği ve periyot histogramlarını desteklediği Tablo 1 den de görülmektedir. Bir başka ifade ile yörünge periyodunun azalması bu sistemlerin evrimi süresince meydana gelmiş olmalıdır.

Açısal momentumdan dolayı periyot azalması CAB ların toplam kütesinin, manyetik alan etkisi ile bileşenlerden hareketlenen rüzgarlar ile azalmakta olduğunu gerektirir (Demircan 1999).

MG ve alan popülasyonunda toplam kütle göre (M_h+M_c) CAB ların dağılımı Şekil 7 de karşılaştırılmıştır.



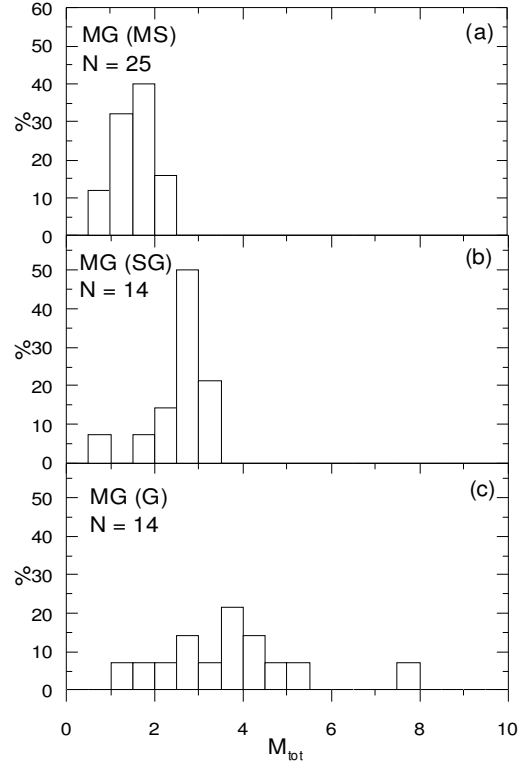
Şekil 7. Toplam kütle (M_h+M_c) histogramının (a) MG ve (b) alan CAB ları için karşılaştırılması

Beklenti, daha yaşlı grubun peakinin genç grubun peakine göre daha küçük değerlere doğru kaydığını görebilmektir. Ne var ki, histogramda bunun tersi görülmektedir. Peak noktalarından ziyade,

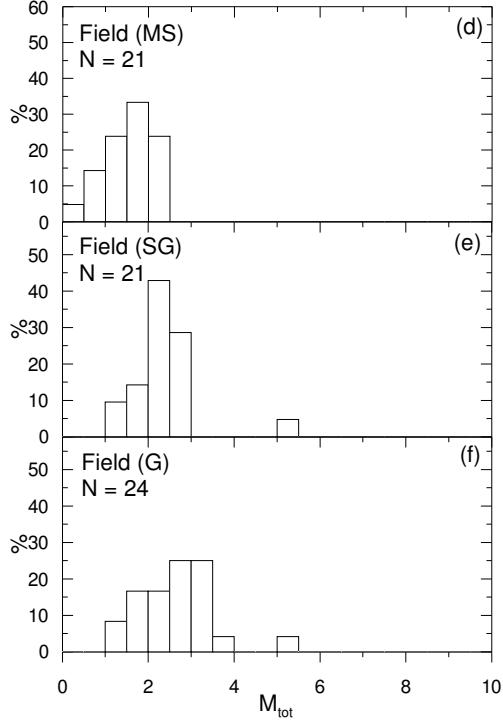
histogramların kanatları CAB larda toplam kütle azalması öngörümünü desteklemektedir. Benzer şekilde, küçük kütleli sistemlere doğru genç popülasyonun (MG) keskin azalması yaşlı popülasyonda (alan) oldukça tedrici bir azalmaya dönüşmüştür. Her iki delilde CAB ların evriminde kütlede bir azalmayı göstermektedir

Kütleli sistemlere doğru genç MG sistemlerinde kuyruğun tedrici azalması, alan CAB larında keskin bir azalmaya dönüşmüştür. Genç MG popülasyonunda büyük kütleli sistemler yaşlı popülasyonda küçük kütleli sistemlere doğru dönüşmüşlerdir.

Alan ve MG popülasyonuna ait MS, SG ve MS sistemlerinin toplam kütle histogramlarının karşılaştırılması Şekil 8 de verilmiştir.

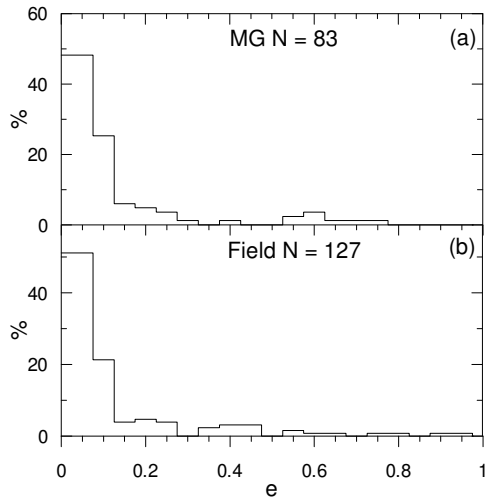


Şekil 8 a-c. MG popülasyon alt gruplarının toplam kütle histogramlarının karşılaştırılması



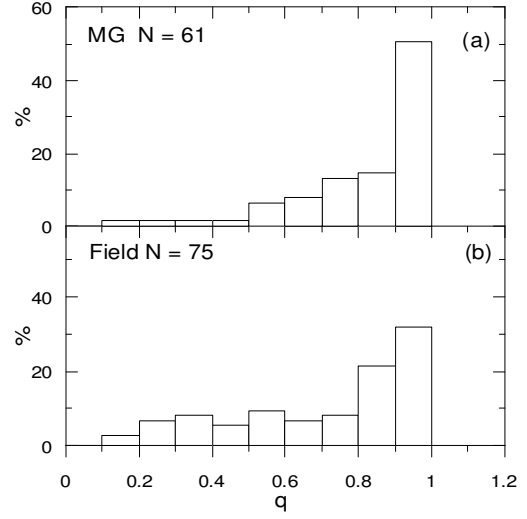
Şekil 8 d-f. Alan popülasyon alt gruplarının toplam kütle histogramlarının karşılaştırılması.

G ve SG sistemlerinin karşılaştırıldığında, toplam kütle azaldığı ve küçük kütlelere doğru peakin kaydığı fark edilmektedir. Ne var ki, MS sistemlerinde bu durum çok belirgin değildir. Alan popülasyonunda MS sistemlerinin küçük kütleli kuyruğunun, MG lerin MS sistemlerine ait kuyrukla karşılaştırıldığında biraz daha uzun olduğunu belirtmeliyiz.



Şekil 9. MG ler ile alan popülasyonu arasında eksentrite histogramlarının karşılaştırılması.

MG ler ile alan CAB larının eksentrite histogramlarının karşılaştırılması Şekil 9 da verilmiştir. $e = 0$ da alan CAB ları birazcık daha büyük bir peak değerine sahip olmak ile beraber büyük eksentriteli yörüngeler her iki popülasyonda da vardır. Bu sistemlerin yörüngelerinin daireselleşmesinin kısa periyodlu yörüngelerde daha hızlı olduğu beklenmektedir. Her iki grup uzun periyodlu yörüngeleri içerdiğinden, her iki grupta da eksentrik yörüngeleri görmek normaldir. Şekil 9 da, alan CAB larında $e \sim 0.1$ da eksentrik yörüngelerin sayısındaki rölatif azalmanın görülmesi ilginçtir



Şekil 10. MG ler ile alan popülasyonu arasında kütle oranı histogramlarının karşılaştırılması.

MG ler ile alan CAB larının kütle oranlarının karşılaştırılması Şekil 10 da verilmiştir. $q = M_2/M_1$ kütle oranında, M_1 birincil bileşenin, M_2 ise ikincil bileşenin kütlesidir. Alan popülasyonunda $q = 1$ de peakin azalması ve küçük kütle oranlarına sahip CAB ların artması beklenen bir durum olup, CAB ların evrimi süresince $q = 1$ kütle oranının daha küçük değerlere doğru azalmasından kaynaklanmaktadır.

M_2/M_1 veya M_h/M_c kütle oranlarının tanımı ve de CAB ların evrimi süresince bileşenlerin değişen rolünden (MS deki sıcak bileşen alt dev ve dev e doğru evrimleştiğinde daha soğuk bileşen olabilmektedir) dolayı, Şekil 10 un yorumlanmasında bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Bundan dolayı, sadece MG lerden alan CAB larına doğru evrim yolu ile kütle oranının olası azalması üzerinde durulmuştur.

5. Kaynaklar

- Aslan, Z., Özdemir, T., Yeşilyaprak, C., ve İskender, A. 1999, Tr. J. of Physics, 23, 445
- Bakos, G.A., Sahu, K.C., ve Nemeth, P. 2002, ApJS, 141, 187
- Bartkevicius, A., Lazauskaite, R., ve Bartasiute, S. 1999, Harmonizing Cosmic Distance Scales in a Post-Hipparcos Era, ASP Conference Series, vol. 167. Ed. D. Egret ve A.Heck. ISBN: 1-886733- 88-0, 1999, p. 247-250
- Bopp, B. W., Fekel, F. 1977, AJ, 82, 490
- Buser, R., Rong, J., ve Karaali, S. 1999, A&A, 348, 98
- Demircan, O. 1999, Tr. J. of Physics, 23, 425
- Eggen, O.J. 1958a, MNRAS, 118, 65
- Eggen, O.J. 1958b, MNRAS, 118, 154
- Eggen, O.J. 1989, PASP, 101, 366
- Eggen, O.J. 1994, in Morrison L.V., Gilmore G., eds, Galactic and Solar System Optical Astrometry. Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 191
- Eggen, O.J. 1995, AJ, 110, 2862
- Eker, Z. 1992, ApJS, 79, 481
- ESA 1997, The Hipparcos and Tycho Catalogues, ESA SP-1200
- Grenon, M. 1987, JA&Ap, 8, 123
- Hall, D.S. 1976, Multiple Periodic Variable Stars, Edt. by W. S. Fitch. D. Reidel Publishers, p.287
- Hog, E., Kuzmin, A., Bastian, U., Fabricius, C., Kuimov, K., Lindegren, L., Makarov, V.V., ve Roeser, S. 1998, A&A, 335, L65
- Johnson, D.R.H., ve Soderblom, D.R. 1987, AJ, 93, 864
- King, J.R., Villarreal, A.R., Soderblom, D.R., Gulliver, A.F., ve Adelman, S.J., 2003, AJ, 125, 1980
- Latham, D., Mazeh, T., Carney, B., McCrosky, R.E., Stefanik, R.P., ve Davis, R.J. 1988, AJ, 96, 567.
- Mayor, M., Turon, C. 1982, A&A, 110, 241
- Mihalas, G., Binney, J. 1981, Galactic Astronomy: Structure and Kinematics
- Montes, D, Lopez-Santiago, J., Galvez, M.C., Fernandez-Figueroa, M.J., De Castro, E., ve Cornide, M. 2001a, MNRAS, 328, 45
- Montes, D., Fernandez-Figueroa, M.J., De Castro, E., Cornide, M., & Latorre, A. 2001b, 11th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun, ASP Conference Proceedings, Vol. 223. Edited by Ramon J. Garcia Lopez, Rafael Rebolo, and Maria Rosa Zapaterio Osorio. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, ISBN: 1-58381- 055-2, p.1477
- Nesterov, V., Ashimbaeva., N.T., Volchkov, A., Röser, S., ve Bastian, U. 1995, A&A, 110, 367
- Perryman, M.A.C., Lindegren, L., Kovalevsky, J., Hoeg, E., Bastian, U., Bernacca, P.L., Crézé, M., Donati, F., Grenon, M., van Leeuwen, F., ve 9 ortak yazar. 1997, A&A, 323, 49
- Plavec, M. 1968, Adv. Astron. Astrophys., 6, 201
- Siegel, M.H., Majewski, S.R., Reid, I.N., ve Thompson, I.B. 2002, ApJ, 578, 151
- Sparke, L.S., Gallagher, J.S. 2000, Galaxies in the Universe. An Introduction, Cambridge University Press.
- Strassmeier, K.G., Hall, D.S., Zeilik, M., Nelson, E., Eker, Z., ve Fekel, F.C. 1988, A&AS, 72, 291
- Strassmeier, K.G., Hall, D. S., Fekel, F.C., ve Scheck, M. 1993, A&AS, 100, 173
- Thomas, H.S. 1977, ARA&A, 15, 127
- Wielen, R. 1977, A&A, 60, 263.