

Değen Dizgelerin Parametreleri Arasındaki İlişkiler

Dicle ZENGİN¹, Cafer İBANOĞLU¹

¹Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, 35100, İzmir
dzengin@astronomy.sci.ege.edu.tr, ibanoglu@astronomy.sci.ege.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, duyarlı sınıflaması yapılmış 39 W-türü ve 26 A-türü W UMA dizgesinin fotometrik ve tayfsal çalışmalarından elde edilen salt parametreleri derlenmiş ve bu veriler ile kütle-yarıçap, kütle-ışıtma ve HR diyagramları oluşturulmuştur. Bu verilerin normal anakol yıldızları ile karşılaştırılması, bileşenler arasındaki kütle aktarımı da göz önüne alındığında A türü dizgelerin baş bileşenlerinin anakoldan ayrılma çizgisine (TAMS) yakın iken W-türü dizgelerin baş bileşenlerinin evrimleşmemiş anakol yıldızları olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın ikinci uygulaması olarak baş bileşenin kütlesi M_p , yoldaş bileşenin kütlesi M_s , yörünge dönemi P ile dizgenin özgün yörünge açısal momentumu J_0 , arasındaki ilişkiler araştırılmış ve bazı istatistik ilişkiler (J_0 - M_p ; J_0 - M_s ; J_0 - P) elde edilmiştir. Bu ilişkiler, bileşenler arasındaki kütle aktarımının her iki yönde de olduğu ve açısal momentum kaybı oranının dizgenin evriminde oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Değen dizgelerin açısal momentum kaybı (AMK) ile evrimleştikleri günümüzde en geçerli yaklaşımdır.

Anahtar kelimeler: değen dizgeler, yıldız evrimi.

Abstract: In this study, absolute parameters (mass, radii, luminosity) of well-defined 39 W-type and 26 A-type W UMA stars are collected by using photometric and spectral studies and these data are plotted in mass-radius and mass-luminosity planes and in the HR diagram. If the luminosity transfer between the components is taken into consideration, comparison of these data with normal main sequence stars demonstrate that primary components of W- type systems are unevolved main sequence stars while those of A-type are near to terminal-age (TAMS) main sequence. As a second application of this study, the relation between mass of primary component M_p , mass of secondary component M_s , orbital period of system P and specific orbital angular momentum J_0 , are investigated. Some statistical relations (J_0 - M_p ; J_0 - M_s ; J_0 - P) for contact binaries are presented. These relations point that free mass transfer in both directions exists between the components and AMK rate has quite influence on evolution. Evolution with angular momentum loss (AMK) for contact binaries seems the most valid approach at present

Key words: contact binary, stars evolution.

1. Giriş

Değen çift yıldızlar iki bileşeni de Roche lobunu dolduran ve etrafı ortak bir zarf ile çevrilmiş iki yıldızdan oluşur. Yıldızlar birbirlerine yakın olduklarından tutulma olasılığı ayırık çiftlere göre daha yüksektir. Ancak örten çift dizgelerin içerisinde değen çift dizgeler, çözümü en güç ışık eğrilerine sahiptir. Çünkü bu yıldızlar genel olarak küresel yapıda olmadıklarından ve yüzey parlaklıkları eş dağılımlı olmadığından, kenar ve çekim kararmalarının etkisiyle ışık eğrilerinde tutulmalar dışında sürekli bir ışık değişimi gözlenir. Bu özellikleri gösteren örten çift yıldızlar erken tür (E türü) değen çift yıldızlar (Eggen 1978, Webbink 1979) ve W UMA türü değen çift yıldızlar olmak üzere iki türe ayrılır (Smith 1984). W UMA türü

değen dizgelerin de farklı ışık değişimleri gösterdiği anlaşılmıştır. Binnendijk (1970), bu yakın çift yıldızları büyük kütleli ve büyük yarıçaplı bileşenin derin ya da sığ minimumda örtülmesine göre **A-türü** ve **W-türü** olmak üzere iki alt gruba ayırmıştır. A türü dizgelerde derin minimum her zaman örtme sonucunda, yani büyük kütle ve yarıçaplı baş yıldızın örtülmesiyle oluşur. W türü dizgelerde ise bunun tam tersine büyük kütleli bileşenin örtülmesiyle oluşan minimumlar daha sığdır; yani daha derin minimum küçük kütle ve yarıçaplı yıldızın örtülmesi sonucunda oluşur. Dolayısıyla büyük kütleli bileşen soğuk yıldızdır. Bu çelişkinin nedeni çözüme kavuşturulamamış bir sorun olarak ortadadır. **W sendromu** olarak bilinen bu durum için farklı açıklamalar yapılmaktadır. Bunlardan en geçerli olanı çifti oluşturan bileşenlerin yüzey parlaklıklarının tekdüze olmaması, başka bir deyişle büyük kütleli bileşenin yüzeyinin Güneş'te olduğu gibi lekelerle kaplı olmasıdır (Mullan, 1975; Stepien, 1980).

Bildiri tam metni için : Dicle ZENGİN
e-mektup: dzengin@astronomy.sci.ege.edu.tr

2. Uygulamada Kullanılacak Parametrelerin Elde Edilmesi

Çalışmada kullanılmak üzere seçilen yıldızlar için Pribulla, Kreiner ve Tremko (2003) tarafından yayınlanan, gökadamızda yer alan W UMa türü değen dizgelerin son kataloğu temel kaynak olarak kullanılmıştır. Bu katalogta Mart 2002'ye değin öğeleri belirlenen 361 yıldız yer almaktadır. Bu katalogdan ve ayrıntılı bir kaynak taramasıyla yeni keşfedilen dizgeler de listeye eklenerek, hem tayfsal hem de ışıkölçümü yapılarak yeni yöntemlerle öğeleri iyi belirlenmiş 39 W türü ve 26 A türü dizge olmak üzere toplam 65 değen dizge seçilmiştir. Ancak bu katalogta W UMa dizgelerinin yapısı ve evrim aşamasına ilişkin bilgileri türetebileceğimiz salt öğeler olan kütle, yarıçap ve ısıtmalar verilmemektedir. Bu öğeler, katalogta her yıldızla ilişkin verilen kaynağa ulaşılarak incelenen dizgenin ışık eğrisinin hangi yöntemle analiz edildiğine bakılmış ve bu analiz sonunda bulunan öğeler ile tayftan bulunan öğeler birleştirilerek salt öğelere ulaşılmıştır. Birinci ve ikinci bileşen tanımları farklı araştırmacılar tarafından farklı farklı kullanılmaktadır. Bu karışıklığın önüne geçmek için bu çalışmada belirleyici öğe olarak kütle alınmış ve büyük kütleli bileşene baş yıldız olarak tanımlanırken, p (primary) alt indisi ile yoldaş yıldızı ise s (secondary) alt indisi ile gösterilmiştir.

3. Değen Dizgelerin Parametreleri Arasındaki İlişkiler

Değen dizgelerin W veya A alt türü şeklinde duyarlı sınıflaması yapılmış 65 W UMa yıldızının öğeleri kullanılarak kütle-ısıtma (M-L), kütle-yarıçap (M-R) ve HR diyagramları oluşturulmuştur. Öğelerin ortalama yanlışlıkları $\log M/M_{\odot}$ için ± 0.05 , $\log R/R_{\odot}$ için ± 0.014 , $\log L/L_{\odot}$ için ± 0.05 ve $\log T_e$ için ± 0.015 olarak bulunmuştur. Şekil 1'de baş ve yoldaş yıldızlar için kütle-ısıtma, Şekil 2'de kütle-yarıçap ilişkileri ve Şekil 3'de H-R diyagramı gösterilmiştir. W ve A alt türlerini, bunların baş ve yoldaş bileşenlerini birbirinden ayırt etmek için farklı gösterimler kullanılmıştır. Bunlara ek olarak, Claret&Gimenez (1991) tarafından $1.12M_{\odot} < M < 2M_{\odot}$, Schaller (1992) tarafından $1.25M_{\odot} < M < 2M_{\odot}$ ve Charbonnel et al. (1999) tarafından $0.4M_{\odot} < M < 1M_{\odot}$ aralığında $Z=0.02$ için hesaplanan **sıfır-yaş anakol** (ZAMS) ve **anakoldan ayrılma** (TAMS) çizgilerini de karşılaştırma için diyagramlara yerleştirilmiştir.

A ve W alt türleri için parametrelerin logaritmaları arasında doğrusal ilişki olduğu varsayılmıştır ve en küçük kareler yöntemi kullanılarak katsayılar ve bunların yanlışlıkları hesaplanmıştır.

Kütle-ısıtma ilişkisi için bulunan değerler aşağıda verilmiştir:

A türü baş yıldız:

$$\log L_p / L_{\odot} = (1.96 \pm 0.44) \log M_p / M_{\odot} + (0.32 \pm 0.08) \quad (1)$$

,W türü baş yıldız:

$$\log L_p / L_{\odot} = (1.97 \pm 0.28) \log M_p / M_{\odot} - (0.04 \pm 0.04) \quad (2)$$

A türü yoldaş yıldız:

$$\log L_s / L_{\odot} = (0.84 \pm 0.25) \log M_s / M_{\odot} + (0.41 \pm 0.13) \quad (3)$$

W türü yoldaş yıldız:

$$\log L_s / L_{\odot} = (0.99 \pm 0.28) \log M_s / M_{\odot} + (0.09 \pm 0.10) \quad (4)$$

Küçük kütleli anakol yıldızları için kütle-ısıtma bağıntısı gözlemsel veriler kullanılarak $0.1 < M / M_{\odot} < 18$ kütle aralığı için Griffiths ve ark. (1988),

$$\log L / L_{\odot} = 4.20 \sin(\log M / M_{\odot} - 0.281) - 1.174 \quad (5)$$

bağıntısını elde etmiştir. Ancak değen dizgelerde ne baş yıldızlar ne de yoldaş yıldızlar bu ilişkiye uymamaktadır. W UMa dizgelerinde baş yıldızların ısıtmaları kütleyle $L \propto M^2$ şeklinde bir bağıllık gösterirken yoldaş yıldızlar $L \propto M$ gibi bir ilişkiye uygun davranmaktadır. A türü yıldızların küçük kütleli bileşenleri aynı kütleli bir anakol yıldızına göre 23, W türü yıldızların yoldaşları ise 10 kat daha yüksek ısıtmalıdır. Dorman ve ark. (1989) tarafından $0.08 < M/M_{\odot} < 0.55$ olan yıldızlar için oluşturulan ZAMS modellerine göre A türü yoldaşlar $0.5 M_{\odot}$ kütleli yıldızlara göre 33 kat, W türü yoldaşlar ise 14 kat daha yüksek kütlelidir. A ve W alt türlerinde kütle-yarıçap ilişkileri için bulunan bağıntılar ise şöyledir:

A türü baş yıldız:

$$\log R_p / R_{\odot} = (0.67 \pm 0.11) \log M_p / M_{\odot} + (0.10 \pm 0.02) \quad (6)$$

W türü baş yıldız:

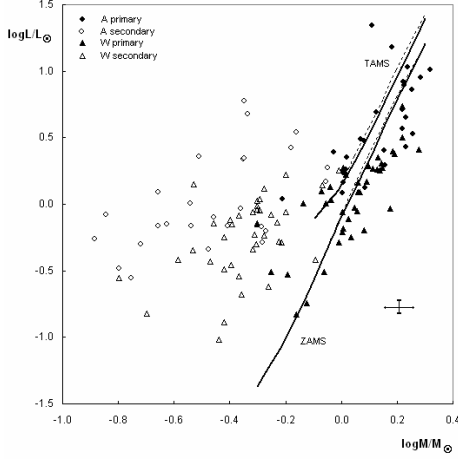
$$\log R_p / R_{\odot} = (0.61 \pm 0.07) \log M_p / M_{\odot} + (0.02 \pm 0.01) \quad (7)$$

A türü yoldaş yıldız:

$$\log R_s / R_{\odot} = (0.36 \pm 0.07) \log M_s / M_{\odot} + (0.10 \pm 0.04) \quad (8)$$

W türü yoldaş yıldız:

$$\log R_s / R_{\odot} = (0.40 \pm 0.07) \log M_s / M_{\odot} + (0.01 \pm 0.03) \quad (9)$$



Şekil 1. 65 değen çiftin bileşenlerinin M-L diyagramındaki konumları gösterilmektedir. W-türü dizgeler üçgen, A türü dizgeler daire ile gösterilmiştir. İçi dolu semboller baş yıldızları, boş olanlar da yoldaş yıldızları gösterir.

Değen dizgelerin baş yıldızlarının yarıçapları kütleyle $R \propto M^{0.6}$ şeklinde bağlı iken küçük kütleli bileşenlerde bu ilişki $R \propto M^{0.4}$ olmaktadır. Küçük kütleli anakol yıldızlarına göre A türü dizgelerin yoldaş yıldızları 2, W türü dizgelerin yoldaşları ise 1.6 kat daha büyük yarıçaplıdır.

Bileşenlerin H-R diyagramındaki konumlarını belirten ısıtma- sıcaklık ilişkileri için aşağıdaki bağıntılar bulunmuştur:

A türü baş yıldız:

$$\log L_p / L_\odot = (6.89 \pm 0.74) \log T_p - (25.70 \pm 2.83) \quad (10)$$

W türü baş yıldız:

$$\log L_p / L_\odot = (7.14 \pm 0.54) \log T_p - (26.75 \pm 2.03) \quad (11)$$

A türü yoldaş yıldız:

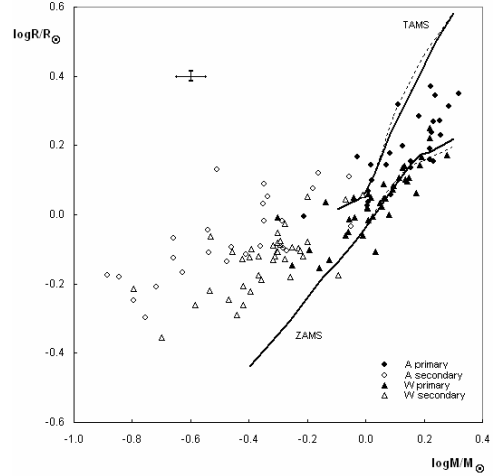
$$\log L_s / L_\odot = (6.05 \pm 0.96) \log T_s - (23.00 \pm 3.63) \quad (12)$$

W türü yoldaş yıldız:

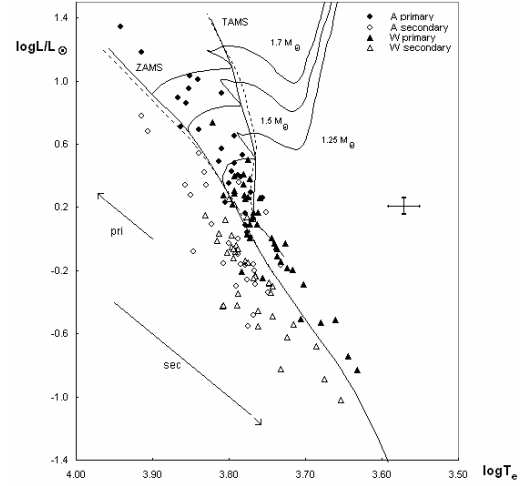
$$\log L_s / L_\odot = (6.28 \pm 0.73) \log T_s - (23.94 \pm 2.76) \quad (13)$$

Hilditch ve ark. (1988) 13 W türü yoldaş yıldız için $L_s / L_\odot \propto T_e^{6.62}$, dokuz yakın değen dizgenin yoldaş yıldızları için $L_s / L_\odot \propto T_e^{6.49}$ bulmuştur. Bu çalışmada bulduğumuz eğimler daha önce bulunanlardan biraz daha azdır. $0.5 M_\odot$ kütleli bir yoldaş yıldız A türünün üyesi ise etkin sıcaklığı aynı kütleli bir ZAMS yıldızına göre %78, W türünün üyesi ise %59 daha sıcaktır.

A-türü dizgelerin baş yıldızları genellikle anakol bandı içerisinde yer alırken W-türü dizgelerin baş bileşenleri genellikle anakol bandının altında kalmaktadır. Yoldaş bileşenlere aktarılan ısıtma baş yıldızlara eklendiğinde A türü yıldızların anakol evrimlerini tamamlamaya yakın oldukları yine bu ısıtma aktarımı gözönüne alınırsa W türü yıldızların yoldaş bileşenlerinin ise ZAMS'a yakın oldukları görülür. A türü dizgelerin evrim bakımından W türlerine göre daha ileridedir



Şekil 2. Kütle-yarıçap ilişkisinin A-türü ve W-türü dizgeleri için sematik gösterimi (Şekilde semboller Şekil 1 ile aynıdır).



Şekil 3. A-türü ve W-türü dizgelerin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları. (Şekildeki semboller Şekil 1 ile aynıdır).

W türü dizgelerin yoldaş yıldızlarının sıcaklığında $\Delta \log T_e \approx 0.2$ 'lik bir azalma ısıtmada $\Delta \log L / L_\odot = -0.8$ 'lik, A türü yoldaşlarda ise

$\Delta \log T_e \approx 0.25$ 'lik bir azalma yıldızın ışırtmasında $\Delta \log L/L_\odot = -1$ 'lik bir azalma doğuracaktır. Burada bulunan değerler, daha önce Hilditch et al.(1988) tarafından 13 tane W türü yoldaş için bulunan $\Delta \log T_e \approx 0.09$ 'luk etkin sıcaklık azalmasına karşı bulunan $\Delta \log L/L_\odot = -0.36$ 'lık değerden oldukça büyüktür. Hilditch et al. karşılaştırma için ZAMS yıldızı yerine değme aşamasına yaklaşmış olan çift yıldızların yoldaş yıldızlarını almıştır.

Bu çalışma ile elde edilen bulguları özetlersek, (a) W-türü dizgelerin yoldaş bileşenleri ZAMS'ta beklenenden daha büyük yarıçaplara sahiptirler (Bkz. Şekil 2). Küçük kütleli anakol yıldızları için kütle-yarıçap ilişkisini $R \propto M^{0.88}$ (Patterson, 1984) olarak kabul edersek, ortalama olarak $0.3 M_\odot$ kütleli bir W-türü dizgesinin yoldaş bileşeninin yarıçapı aynı kütleli anakol yıldızından 1.78 kat, aynı kütleli A türü bileşeni ise 1.87 kat daha büyüktür. Baş bileşenden yoldaş bileşene ışırtma aktarıldığını düşünürsek, yarıçaptaki bu farktan dolayı $L \sim R^2$ olduğundan bileşenin M-L diyagramında daha yüksek ışırtmalı görünmesine neden olacaktır. Ancak yarıçaptaki bu büyüme $\Delta \log L$ üzerinde 0.5'lik bir artışa karşılık gelir. Halbuki, bu yıldızların ışırtmaları aynı kütleli ZAMS yıldızlarından 14 kat daha yüksektir (Bkz. Şekil 1). Dolayısı ile bu küçük kütleli bileşenler baş yıldızlarından bir miktar erke almış olmalıdır. Yarıçaptaki büyüme ve baş yıldızdan alınan erke nedeniyle bu küçük kütleli bileşenler HR diyagramında sıfır-yaş anakolunun solunda yer alırlar.

(b) A-türü dizgelerin baş bileşenlerinin çoğu HR diyagramında TAMS yakınlarında yer alır (Bkz. Şekil 3). Bu da A türü dizgelerin W-türü dizgelerden evrim bakımından daha ileride olduklarını göstermektedir. Bu sonuç, Lucy et al. (1979) tarafından önerilen A-türü dizgelerin daha evrimleşmiş cisimler olduğu düşüncesini doğrulamaktadır. BL Eri, V508 Oph ve OU Ser dizgelerinin baş bileşenleri L-M diyagramında evrimleşmemiş olarak görünürken M-R ve HR diyagramlarında evrimleşmiş olarak görülmektedirler.

(c) A-türü dizgelerin yoldaş bileşenlerin yarıçapları aynı kütleli ZAMS yıldızları için beklenenden 1.87 kat daha büyüktür. Buna bağlı olarak M-L diyagramındaki ışırtmaları da daha büyüktür. Yarıçaptaki bu fark $\Delta \log L$ 'de 0.54 lük bir artma doğurur. Buna karşın, A-türü dizgelerin yoldaş yıldızları sıfır-yaş anakolunun $\Delta \log L = -1$ kadar solunda yer alır.

4. Açılal Momentum Kaybı (AMK)

Çift yıldızların evrimine aynı zamanda açılal momentumun evrimi gözüyle de bakabiliriz. Çift yıldızlar içerisinde en az açılal momentuma sahip olanların W UMa dizgeleri olması AMK evriminin sonunda bu dizgeler üretilebileceğini göstermektedir.

Dairesel yörüngeli bir çift yıldızın yörünge toplam açılal momentumunu toplam kütleyle bölersek birim kütleyle düşen açılal momentum miktarı, ya da kısaca *özgün açılal momentum*, elde edilir:

$$\frac{J}{M^{5/3}} = \frac{q}{(1+q)^2} P^{1/3} \quad (14)$$

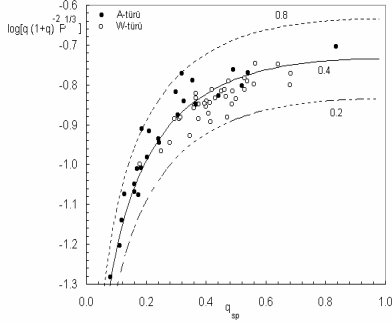
Açılal momentum azaldıkça yörünge dönemi kısalmır.

Kütle oranları ve yörünge dönemleri iyi bilinen 65 değen dizgenin $\log[q(1+q)^{-2} P^{1/3}]$ değerleri hesaplanmış, kütle oranlarına göre işaretlenerek Şekil 4'de gösterilmiştir. Burada düşey eksen aslında $J/M^{5/3}$ 'e karşılık gelmektedir. Bu şekil özgün açılal momentumun dizgeden dizgeye nasıl değiştiğini, başka bir deyişle açılal momentum evriminin bir göstergesidir. Manyetik frenleme etkisiyle (Rahunen& Vilhu, 1982) açılal momentum kaybı oluyorsa değme durumu kuruluncaya kadar dizgeler bu diyagramda düşey olarak aşağıya doğru kayacaklardır. Bundan sonraki evrimin daha küçük kütle oranlı yıldızlara, sol alta doğru olacağı tahmin edilmektedir.

Değme durumunun oluşma zamanını çiftin başlangıç açılal momentumu ve açılal momentum kayıp miktarı belirleyecektir. A-türü dizgelerin, W-türü dizgelere göre daha az özgün yörünge açılal momentumuna sahip olması bu dizgelerin daha evrimleşmiş olduğunun bir kanıtı olarak ortaya çıkmaktadır.

Özgün açılal momentumun baş yıldızın (M_p) ve yoldaş yıldızın (M_s) kütleleri ile yörünge dönemine göre nasıl değiştiği sırasıyla Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7 'de gösterilmiştir. Burada özgün açılal momentum $J_o = J_{top} / (M_p + M_s)$ şeklinde hesaplanmıştır. Uzunluk ve kütleler Güneş yarıçapı ve kütleli biriminde alınmıştır.

Şekilde sağ ve sol sınırlarda yer alan bazı dizgeler (OOAql, NN Vir, V1073 Cyg, BL Eri, FG Hya, EF Dra, eps Cra, AW UMa, ER Ori, TW Cet, V757 Cen, RW Dor) şekil üzerinde işaretlenmiştir. Bu üç şeklin incelenmesi ile aşağıdaki sonuçlar çıkartılabilir:



Şekil 4. 65 değen dizgenin özgül açısal momentumlarının kütle oranlarına göre değişimi. A-türü dizgeler noktalarla, W-türü dizgeleri için boş dairelerle gösterilmiştir. Şekilde 0.8, 0.4 ve 0.2 günlük yörünge dönemleri için özgül açısal momentumun kütle oranına göre nasıl değiştiği de işaretlenmiştir.

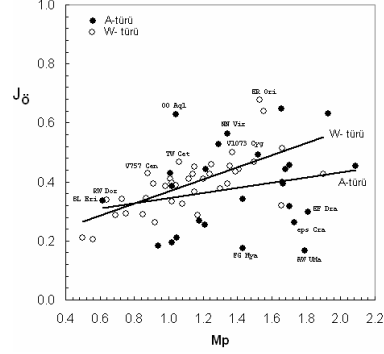
i) J_0-M_p diyagramında büyük kütleli bileşenlerin kütlesi arttıkça baş özgül açısal momentum da artmaktadır. Bu bağımlık W-türü yıldızlarda daha kuvvetli görünmektedir. Baş yıldızın kütlesi $0.8 M_\odot$ 'den büyük olan W-türü yıldızların özgül açısal momentumları aynı kütleli A-türü yıldızlarından daha büyüktür. J_0-M_s diyagramında ise bunun tersi olmaktadır. A-türü dizgelerin özgül açısal momentumları aynı kütleli W-türü yıldızların açısal momentumlarından daha büyüktür.

J_0-M_p diyagramında dizgelerin konumlarına bakıldığında sol üst sınıra yakın dizgelerin (OO Aql, TW Cet, V757 Cen, RW Dor, ER Ori), J_0-M_s diyagramında sağ alt sınıra yakın yer aldığını görüyoruz; J_0-M_p diyagramında sağ alt sınırdaki dizgeler ise (EF Dra, AW UMa, ϵ Cra, FG Hya), J_0-M_s diyagramında sol üst sınırdaki toplanmaktadır. Bu sonuç, dizgelerin J_0-M_p diyagramındaki dağılımının, J_0-M_s diyagramındaki dağılımları ile ters olduğunu göstermektedir.

ii) J_0-M_s diyagramında her iki türün yoldaş bileşenin kütlesi arttıkça dizgenin sahip olduğu özgül açısal momentumun arttığını ve verilerdeki saçılmanın azaldığını görüyoruz. Bu sonuç J_0 ile M_s 'nin doğru orantılı olduğunu göstermektedir. W UMa türü değen dizgelerin J_0-M_p diyagramındaki dağılımı, J_0-P diyagramındaki dağılıma benzer görünmektedir. Bu dizgelerin J_0-M_s diyagramındaki dağılımı ise J_0-P diyagramındaki ile ters yönlüdür. J_0-P diyagramında W-türü dizgeleri, aynı dönemli A-türü dizgelere göre daha fazla açısal momentuma sahiptir.

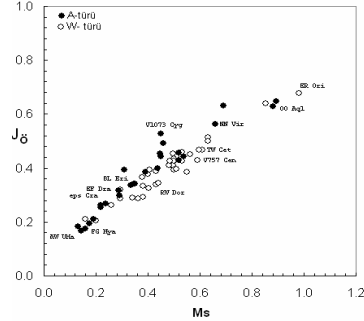
Bu dağılımlara göre OO Aql, TW Cet, V757 Cen, RW Dor, ER Ori gibi dizgelerin baş bileşenlerinin kütleleri küçük olduğunda (J_0-M_p diyagramında sol kenarda yer alan dizgeler), yoldaş yıldızların kütleleri büyük (J_0-M_s diyagramında sağ kenarda

yer alan dizgeler) ve yörünge dönemlerinin kısa olduğu (J_0-P diyagramında sol kenarda yer alan dizgeler) anlaşılmaktadır.



Şekil 5. 65 değen dizge için özgül yörünge açısal momentumunun baş bileşenlerin kütlelerine göre dağılımı. Noktalar A-türü dizgeleri, daireler ise W-türü dizgeleri temsil etmektedir.

Buna karşılık EF Dra, AW UMa, ϵ Cra, FG Hya gibi dizgelerin baş bileşenlerin kütleleri maksimum olduğunda (J_0-M_p diyagramında sağ kenarda yer alan dizgeler), bu dizgelerin yoldaş bileşenlerinin kütleleri minimum olmaktadır (J_0-M_s diyagramında sol kenarda yer alan dizgeler) ve yörünge dönemleri en uzun değerine ulaşmaktadır (J_0-P diyagramında sağ kenarda yer alan dizgeler).

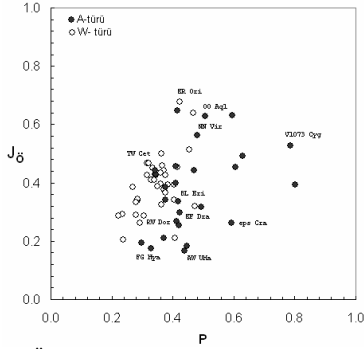


Şekil 6. Özgül yörünge açısal momentumunun, yoldaş bileşenlerin kütlelerine göre değişimi. (Gösterimler Şekil 5 ile aynıdır).

Kütle ve yörünge açısal momentumu korunuyorsa, baş bileşenden yoldaşa kütle aktarımı, M_p ve yörünge dönemi P 'yi azaltırken, yoldaş bileşenin kütlesi M_s 'yi arttıracaktır. Tersisi durumda, yani yoldaş bileşenden baş bileşene kütle aktarımı oluyorsa baş bileşenin kütlesi M_p ve yörünge dönemi P artarken, yoldaş bileşenin kütlesi M_s azalacaktır. Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7' de kullanılan dizgelerin dağılımına bakıldığında kütle aktarımının her iki yönde (baş bileşenden yoldaş bileşene ya da yoldaş bileşenden baş bileşene doğru) olduğu sonucu çıkmaktadır.

5. Sonuçlar

W UMa dizgeleri manyetik rüzgarla açılmal momentum kaybının ortaya çıkartılması bakımından önem kazanmıştır. Yıldızlar birbirine çok yakın dairesel yörüngelerde dolandıklarından açılmal momentum kaybı büyüdükçe yıldızlar daha hızlı dönme ve daha hızlı dolanma hızlarına zorlanacaklardır. Dolayısı ile yıldızlar daha etkin duruma gelecek ve frenleme büyüyecektir. Buradan giderek, W UMa dizgelerinin oluşum ve gelişimleri AMK miktarlarına bağlı kalacaktır.



Şekil 7. Özgün yörünge açılmal momentumunun, yörünge dönemine göre değişimi. (Gösterimler Şekil 5 ile aynıdır).

Değen dizgelerin çoğu küçük kütleli bileşenlerden oluştuğuna göre AMK denetimli evrim nükleer evrimle karşılaştırılabilir büyüklükte veya ondan daha hızlıdır. Dolayısı ile bu yıldızların yapıları ve evrimlerinin iyi anlaşılabilmesi Güneş-yıldız bağlantılarının tam olarak ortaya çıkartılmasına bağlı görünmektedir. AMK ve kimyasal evrimden başka işi zorlaştıran üçüncü bir etken daha vardır. Bu da ortak kalın zarf içerisinde meydana gelen

fakat gözlenemeyen erke ve kütle alış verişleridir. Bu akıntılar atalet momentini düzenlemekte ve açılmal momentum ile en iyi gözlenebilen öge olan yörünge dönemi arasındaki ilişkiyi bozmaktadır (Rucinski, 1992).

6. Kaynaklar

- Binnendijk, L., 1970, VA 12, 217.
 Charbonnel, C., Dappen, W., Schaerer, D., Bernasconi, P. A., Maeder, A., Meynet, G., Mawlawi, N., 1999, A&AS 135, 405.
 Claret, A., Gimenez, A., 1991, A&AS 91, 217.
 Dorman, B., Nelson, L. A., Chau, W. Y., 1989, ApJ 342, 1003.
 Eggen, O. J., 1978, AJ 83, 288.
 Griffiths, S. C., Hicks, R. B., Milone, E. F., 1988, JRASC 82, 1.
 Hilditch, R. W., King, D. J., McFarlane, T. M., 1988, MNRAS 231, 341.
 Lucy, L. B., Wilson, R. E., 1979, ApJ 231, 502.
 Mullan, D. J., 1975, ApJ 198, 563.
 Patterson, J., 1984, ApJS 54, 443.
 Pribulla, T., Kreiner, J. M., Tremko, J., 2003, CoSka. 33, 38.
 Rahunen, T., 1982, A&A 109, 66.
 Rucinski, S. M., 1992, ribs. conf. 111.
 Schaller, G., Schaerer, D., Meynet, G., Maeder, A., 1992, A&AS 96, 269.
 Smith, R. C., 1984, QJRAS 25, 405.
 Stepień, K., 1980, Acta Astron. 30, 315.
 Webbink, R. F., 1979, ApJ 227, 178.
 Zengin, D., İbanoğlu, C., E. Ü. Yüksek Lisans Tez Çalışması, 2004.