

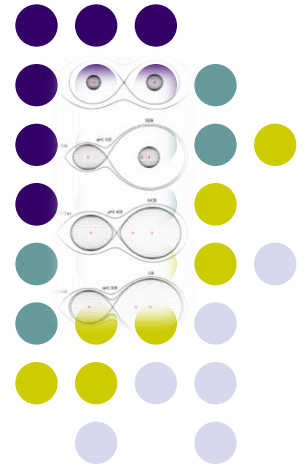


Çift Yıldızların Kinematik ve Dinamik Özellikleri:

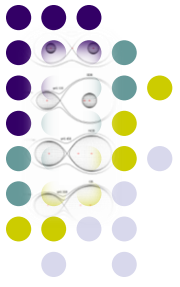
Açısal Momentum ve Yörünge Dönemi Evrimi

F. Soyduğan, S. Bilir, E. Soyduğan,
Z. Eker, O. Demircan, M. Tüysüz & Proje Ekibi

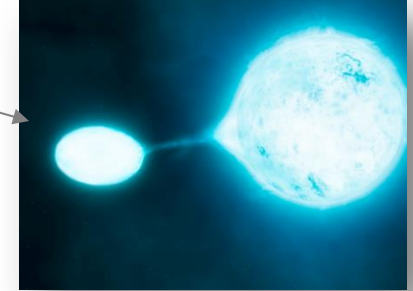
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
İstanbul Üniversitesi
Akdeniz Üniversitesi



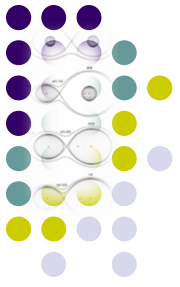
Sunum Akışı



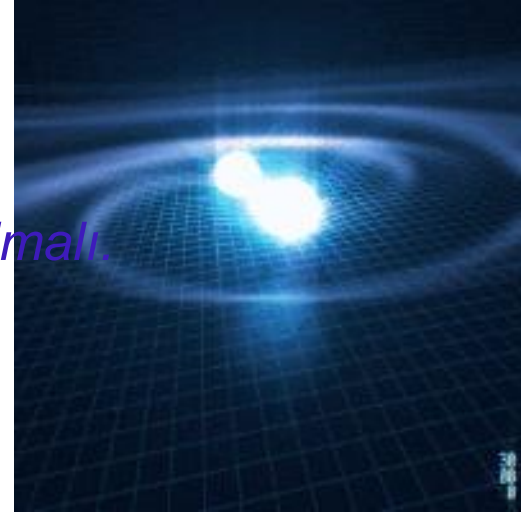
- ❖ **Motivasyon**
- ❖ **Çift yıldızların güncel veritabanları**
 - *Veri istatistikleri*
 - *Yeni gözlemler - Analizler*
- ❖ **Temel parametreler**
 - *MRTL dağılımları*
 - *MLR ilişkisi*
- ❖ **Kinematik Analiz ve İncelemeler**
- ❖ **Dinamik Evrim**
- ❖ **Tartışma ve Sonuçlar**
 - *Çift yıldızlarda akrabalık bağları*
 - *M, J ve P değişimleri*



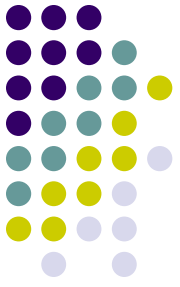
Motivasyon



- ⌘ Yıldız yapı ve evrim modellerinin testleri için çift yıldızların (çy) güncel ve duyarlı veritabanlarına ihtiyaç duyulmakta.
- ⌘ Temel parametreler arasındaki ilişkiler, duyarlı verilerden çıkarılmalı ve farklı tür çy için karşılaştırılmalı.
- ⌘ Etkileşen çy için yaş, farklı yollardan bulunmalı.
- ⌘ Oluşum ve evrim modellerinin testleri için farklı türlerin yaş, dönem (P), toplam kütle (M) ve yörünge açısal momentum (J) değişimleri incelenmeli.



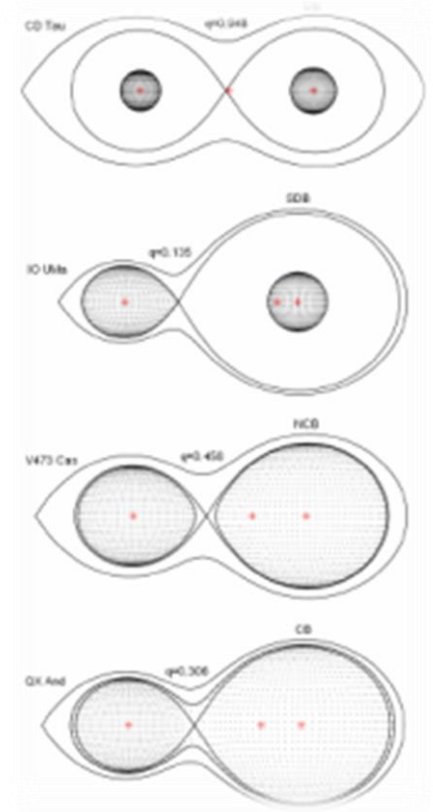
Veritabanları



Çalışılan Çift Yıldızlar

- Ayrık çy (DB)
- Yarı-ayrık çy (SDB)
- Değmeye yakın çy (NCB)
- Değen ve taşan çy (CB)
- Kromosferik aktif çy (CAB)
- Kataklistmik değişenler (CV)

Roche
sınıflaması

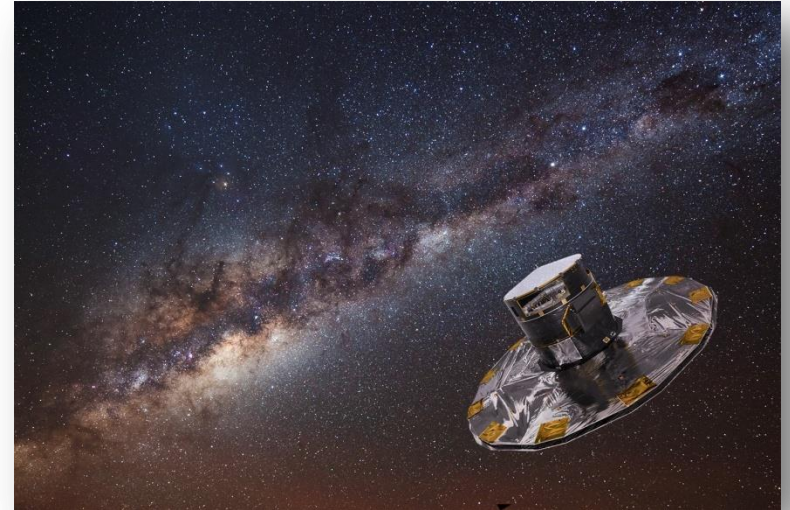


Veritabanları



Kinematik ve dinamik analizlerin yapılması ve temel parametre dağılımlarının incelenebilmesi için:

- *Koordinat ve öz hareket bilgileri*
- *Paralaks değerleri ve yörünge parametreleri*
- *Mutlak parametreler*



Veritabanları



Tablo 3a. SDB türü sistemlerin isim, koordinat ve öz hareket bilgileri.

ID	Yıldız İsmi	HD	Hip	BD	SAO	α (h:m:s)	δ (° ' ")	l (°)	b (°)	μ_{α} (mas/yl)	μ_{δ} (mas/yl)	Referans
001	TW And		262	+32 4756	53603	00:03:18.23	32:50:45.11	111.39	-28.94	54.21	-2.44	2007A&A...474..653V
002	SX Cas	232121	871	+54 7	21169	00:10:42.08	54:53:29.37	117.04	-07.51	7.48	-0.88	2007A&A...474..653V
003	TV Cas	1486	1550	+58 30	21296	00:19:18.74	59:08:20.56	118.81	-03.48	33.75	0.20	2007A&A...474..653V
004	U Cep	5679	4843	+81 25	168	01:02:18.45	81:52:32.08	123.36	19.01	24.60	-4.53	2007A&A...474..653V
005	DM Per	14871	11346	+55 616	23321	02:25:58.01	56:06:10.01	135.91	-04.37	1.25	-3.10	2007A&A...474..653V
...
...
...
092	DI Peg		116167	+14 5006	108667	23:32:14.67	14:58:08.74	96.01	-43.72	-37.17	-5.95	2007A&A...474..653V
093	Y Psc	221700	116339	+07 3406	128261	23:34:25.38	07:55:28.53	92.19	-50.29	0.28	-6.72	2007A&A...474..653V
094	XX Cep	222217	116648	+63 2026	20743	23:38:20.29	64:20:02.70	115.12	02.58	3.75	-9.83	2007A&A...474..653V
095	VW And		117143			23:44:53.54	45:41:11.46	110.95	-15.63	1.93	-5.05	2007A&A...474..653V
096	XY Cep		117724			23:52:32.93	68:56:01.62	117.65	06.67	2.66	-10.10	2007A&A...474..653V

Tablo 3b. SDB türü sistemlerin paralaks değerleri ve tayfsal yörünge çözümünden elde edilen bazı parametreleri.

ID	π (mas)	σ_{π} (mas)	Referans	V_r (km/s)	σ_{V_r} (km/s)	Referans	K_1 (km/s)	K_2 (km/s)	q	σ_q	P (gün)	Referans
001	5.51	0.99	2007A&A...474..653V	-48	1.5	1989ApJS...71..595P	27	140	0.192		4.12	1989ApJS...71..595P
002	4.23	2.62	2007A&A...474..653V	-6.5	0.5	1988A&A...207...37A	27	91.1	0.3	0.06	36.56678	1988A&A...207...37A
003	6.32	0.83	2007A&A...474..653V	-4.1	0.8	1992A&A...257..199K	86.1	212.9	0.4	0.02	1.812598	1992A&A...257..199K
004	3.95	0.40	2007A&A...474..653V	-4.47	0.44	Devlen, 2001, PhD thesis Ege University	103.47	189.54	0.653	0.023	3.3805941	Devlen 2001, PhD thesis Ege University
005	2.02	0.86	2007A&A...474..653V	-15	2	1992MNRAS.254...82H	69.8	246	0.284	0.007	2.727732	1992MNRAS.254...82H
...
...
...
092	5.22	1.51	2007A&A...474..653V	43.8	2	1992AcA...42...73L	109	185.2	0.589	0.014	0.7118193	1992AcA...42...73L
093	1.25	1.24	2007A&A...474..653V	7	0.14	1971AJ.....76..544L	38.2		0.25	0.01	3.765903	1971AJ.....76..544L
094	4.08	0.82	2007A&A...474..653V	-30	0.15	1971AJ.....76..544L	30.2		0.17	0.0002	2.337326	2006AJ...131.2209A
095	1.56	2.25	2007A&A...474..653V	-14.2	0.3	1993AJ...106..759O		97.6	0.1		23.29	1993AJ...106..759O
096	4.08	1.29	2007A&A...474..653V	-17.1	19	1971AJ.....76..544L	54		0.25	0.03	2.77455	1971AJ.....76..544L

Veritabanları



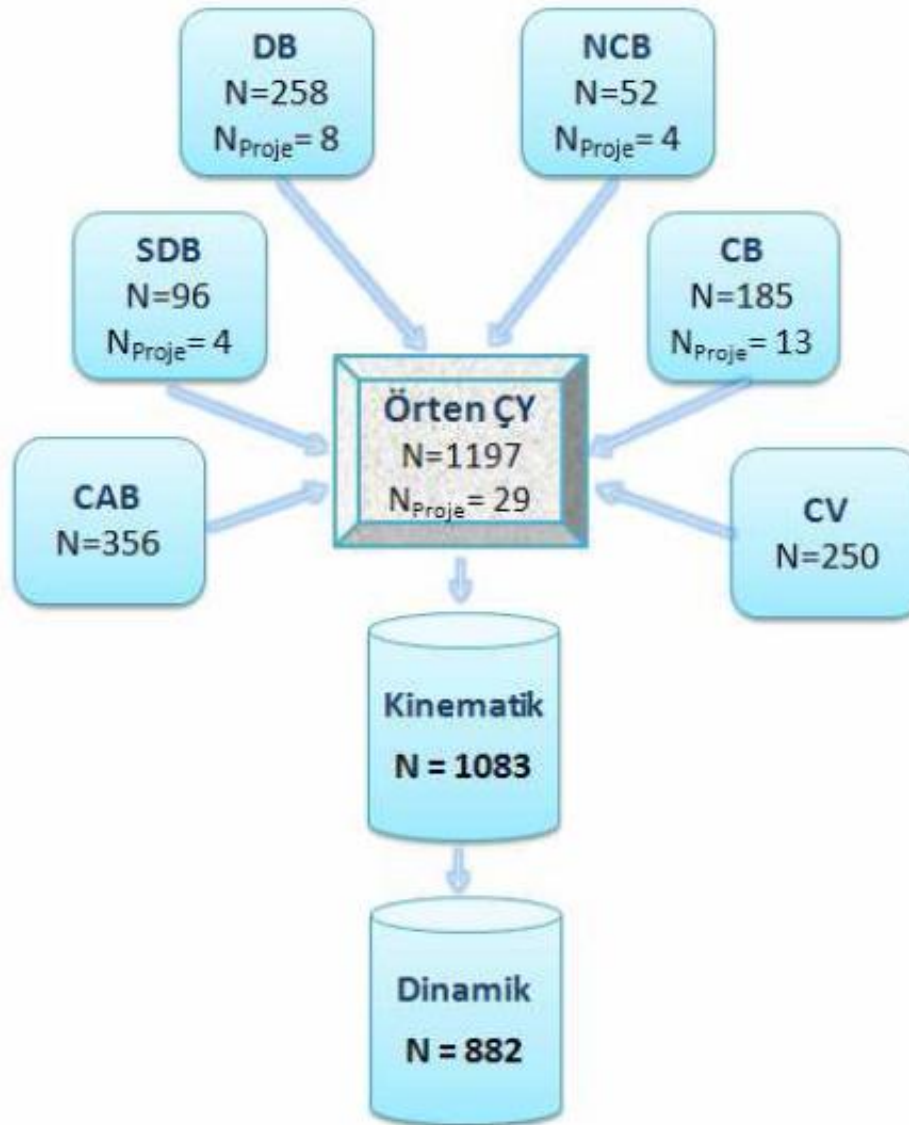
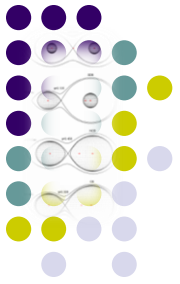
Tablo 3c. SDB türü sistemlerin mutlak parametreleri.

ID	$T_1(K)$	$\sigma_{T_1}(K)$	$T_2(K)$	$\sigma_{T_2}(K)$	Referans	$M_1(M_e)$	$\sigma_{M_1}(M_e)$	$M_2(M_e)$	$\sigma_{M_2}(M_e)$	$R_1(R_e)$	$\sigma_{R_1}(R_e)$	$R_2(R_e)$	$\sigma_{R_2}(R_e)$	Referans
001	7200		4191	59	1997BASİ...25...93V	1.677	0.07	0.323	0.025	2.19	0.05	3.37	0.1	1997BASİ...25...93V
002	8500	500	4000	300	1988A&A...207...37A	5.1	0.4	1.5	0.4	3	0.4	23.5	1.3	1988A&A...207...37A
003	10500	500	5235	500	1992A&A...257...199K	3.78	0.15	1.53	0.05	3.15	0.06	3.29	0.05	1992A&A...257...199K
004	11100	369	6100	666	2008Ap&SS.318...57M	4.938	0.532	3.22	0.143	2.446	0.233	7.045	0.279	2008Ap&SS.318...57M
005	18000		7816	19	2007ApJ...661.1129V	8.13	0.19	2.127	0.054	4.851	0.043	4.821	0.051	2007ApJ...661.1129V
...
...
...
092	6800		4586	61	1992AcA...42...73L	1.184	0.03	0.698	0.02	1.412	0.029	1.374	0.029	1992AcA...42...73L
093	9300	50	4860	20	1980A&AS...39...265M	2.8	0.6	0.7	0.2	0.306	0.02	3.98	0.06	1980A&AS...39...265M
094	8500		4555	8	2006AJ...131.2209A	1.92		0.33		2.07		2.32		2006AJ...131.2209A
095	9500	200	4359	130	1993AJ...106...759O	2.84		0.28		2.04		9.45		1993AJ...106...759O
096	12200		4130	110	1981A&AS...43...251G	4.7	1.3	1.2	0.3	3.2	0.3	3.8	0.3	1981A&AS...43...251G

Tablo 3d. SDB türü sistemlerin bileşenlerin uzaklıkları, tayf türleri ve dönem değişim bilgileri.

ID	Uzaklık (pc)	$\sigma_{Uzaklık}$ (pc)	Referans	Tayf Türü ₁	Tayf Türü ₂	Referans	O-C (biçim)	Referans
001				F0V	K1-3III-IV	1997BASİ...25...93V	karmaşık	2008MNRAS.383.1506K
002	530	75	1988A&A...207...37A	A6	K3III	1988A&A...207...37A		
003	275	25	1992A&A...257...199K	B9V	G5	1992A&A...257...199K	parabol+sinüs	2006AJ...132.2260H
004				B7-8 V	G8 III-IV	1988ApJ...332.1019M	parabol + sinüs	Devlen 2001, PhD thesis Ege University
005				B1.5	A2.5	2008JAVSO...36...110M	aşağı parabol	2007ApJ...661.1129V
...
...
...
092	178	12	1992AcA...42...73L	F4 IV	G6IV	2004yCat.5124...0S	sinüs	1992AcA...42...73L
093				A3	K0IV	2000AJ...119.3064Q	aşağı parabol	2000AJ...119.3064Q
094				A4V	K	2006AJ...131.2209A	parabol+sinüs	2007AN...328...543E
095				G5	KO	1993AJ...106...759O		
096				B8	F5	1981A&AS...43...251G		

Veritabanları



Yeni Gözlemler

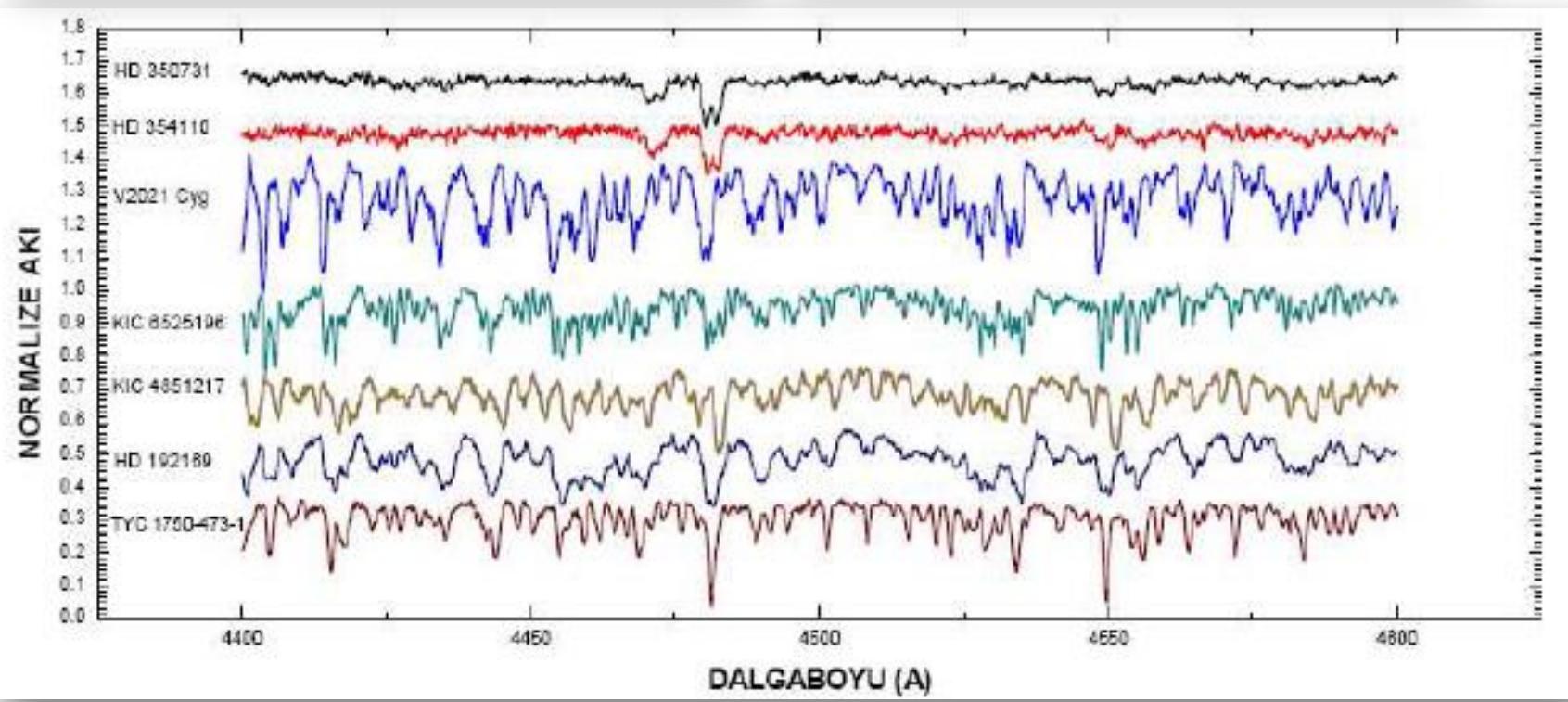
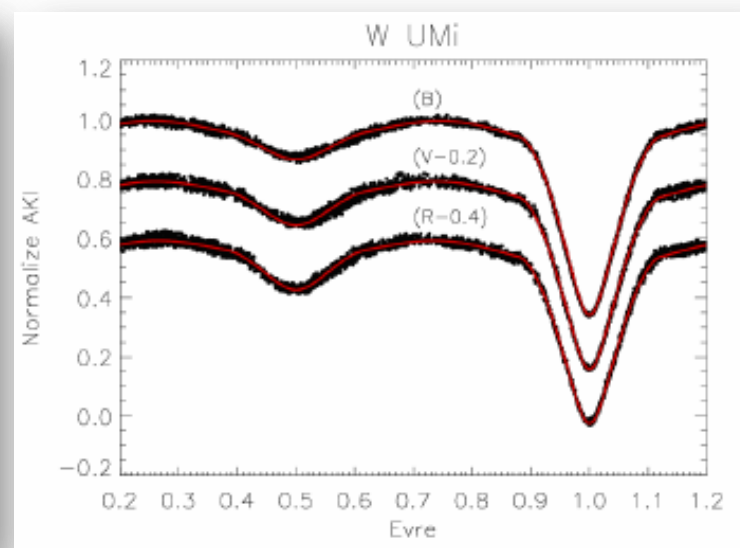
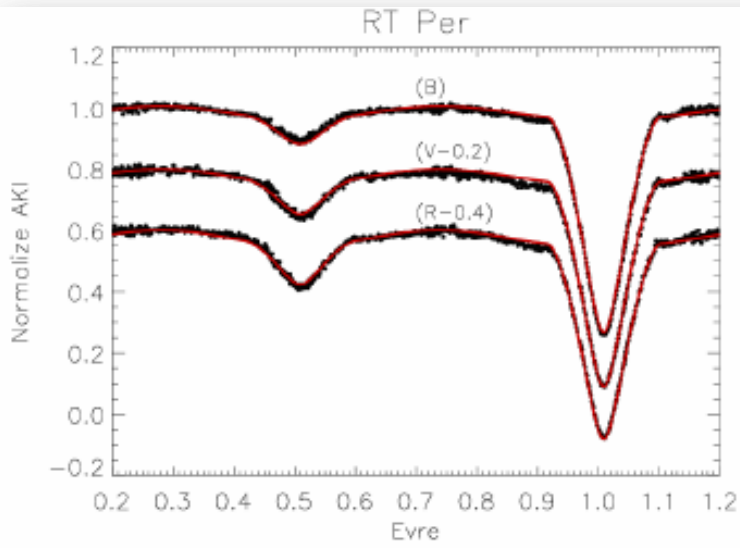
Işıkkölçüm

- ❖ **150 gece** gözlem!
- ❖ Farklı türlerden **21 öçy'in** ışık eğrisi (LC) elde edildi.
- ❖ Gözlemevi: **ÇOMÜG**
- ❖ Teleskoplar: T30, T40, T60, T122
- ❖ CCD kameralar: Apogee U42, U47, SBIG STL1001E
- ❖ Gözlem hataları: $0^m.006-0^m.014$

Tayf

- ❖ **20 gece** gözlem!
- ❖ **8 öçy'in** tayf analizi ve dikine hızları (RV) elde edildi.
- ❖ Gözlemevi: **DAO ve TUG**
- ❖ Teleskoplar: 1.8m, 1.2m (DAO), RTT150 (TUG)
- ❖ Çözümleme gücü: 9000, 15000 (DAO), ~5100 (TUG)





<http://www.astrofizika.com.tr>

Gözlemlerin Analizleri



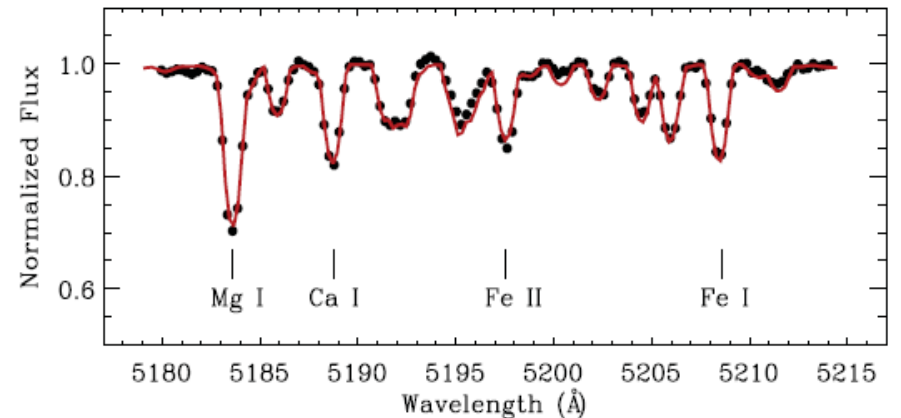
<i>Parametre</i>	LC	RV SB1	RV SB2	LC RV SB1	LC RV SB2
$a_1 \sin i$ or $a_2 \sin i$		✓	✓	✓	✓
$a \sin i, a_1 \sin i, a_2 \sin i, M_1 \sin^3 i, M_2 \sin^3 i$			✓		✓
$a, a_1, a_2, M_1, M_2, R_1, R_2, \mathcal{L}_1, \mathcal{L}_2, d$				(✓)	✓
$P, e, \omega, (\dot{\omega})$	✓	✓	✓	✓	✓
γ		✓	✓	✓	✓
q	(✓)		✓	(✓)	✓
$i, \frac{R_1}{a}, \frac{R_2}{a}, L_1/L_2, g_1, g_2, A_1, A_2, F_1, F_2, x_1, x_2, l_3$	✓			✓	✓
T_2	✓	?	?	✓	✓

$T_1, T_2, (v \sin i)_{1,2}, (\log g)_{1,2}, \text{bolluk!}$

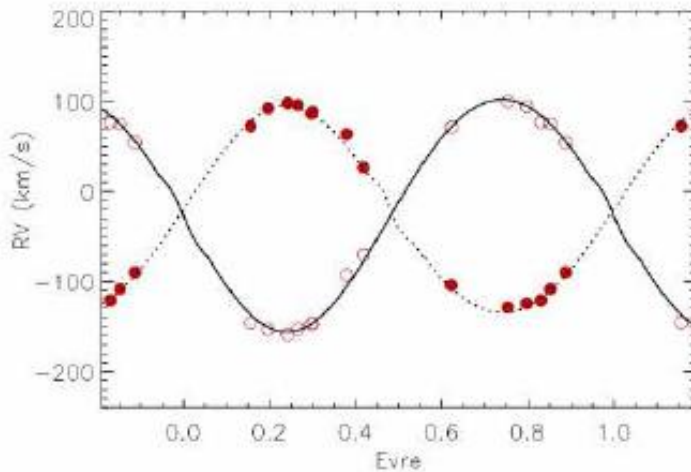
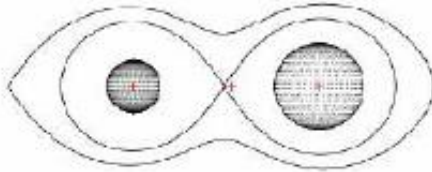
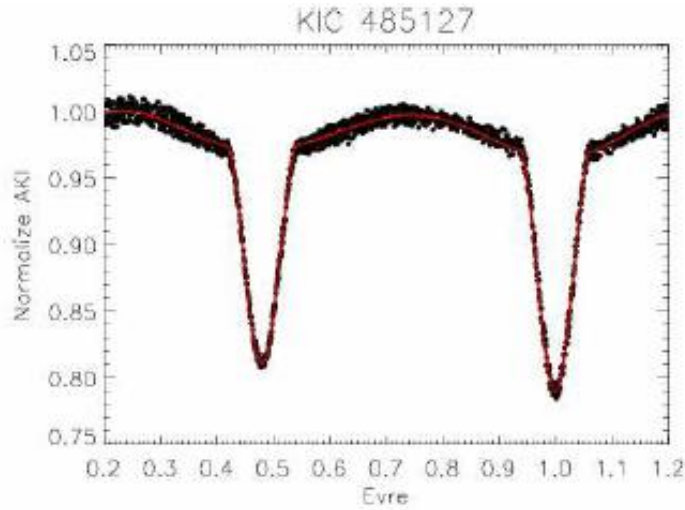
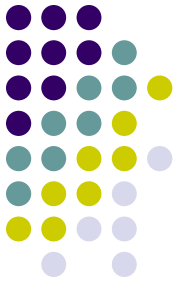
tayf analizleri

Yazılımlar :

**WD, PHOEBE, KOREL,
SME, BINMAG, ATLAS**

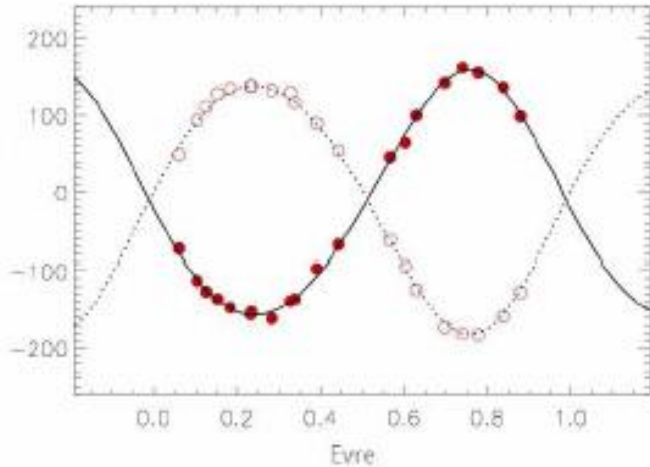
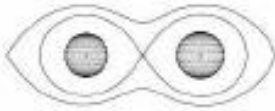
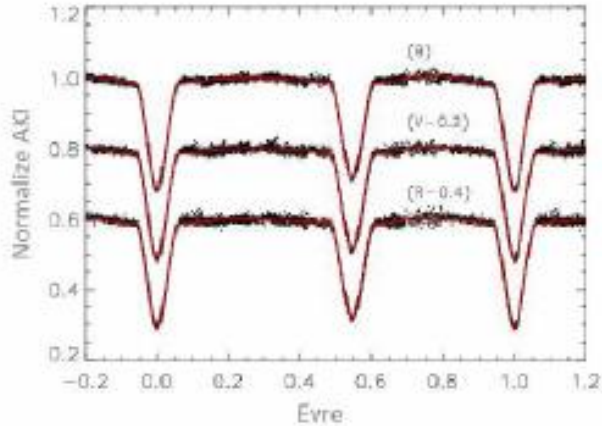
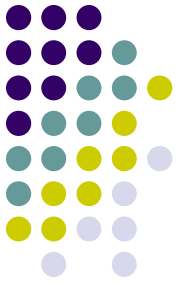


Örnek Analiz: KIC 4851217



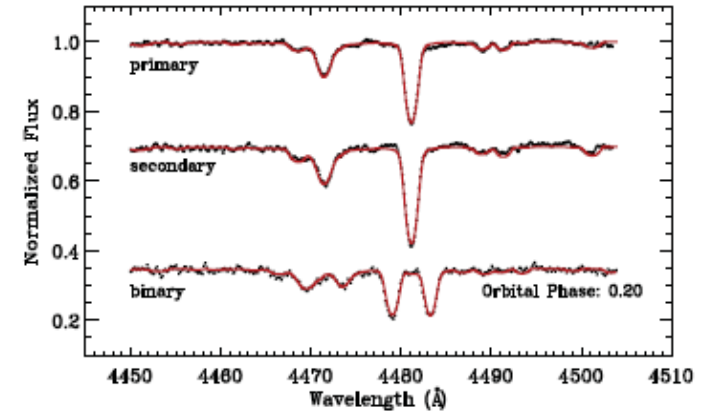
Parametre	KIC 4851217
<i>Tür</i>	DB
V_{γ} (km/s)	23.3 ± 0.3
a (R_{\odot})	12.22 ± 0.04
i ($^{\circ}$)	77.29 ± 0.05
T_1 (K)	6694^a
T_2 (K)	6416 ± 10
Ω_1	5.173 ± 0.012
Ω_2	7.321 ± 0.027
<i>Evre</i>	-0.0098 ± 0.0001
<i>Kayması</i>	
Q	1.126 ± 0.004
E	0.030 ± 0.002
w ($^{\circ}$)	180.1 ± 0.7
l_3 (B)	
l_3 (V)	-
l_3 (R)	
$A_1 - A_2$	0.5 - 0.5
$g_1 - g_2$	0.32 - 0.32
$L_1 / (L_1 + L_2)$	0.702 ± 0.003
$L_2 / (L_1 + L_2)$	0.298
r_{1_ort}	0.2544 ± 0.0005
r_{2_ort}	0.1783 ± 0.0006

Örnek Analiz: HD 350731



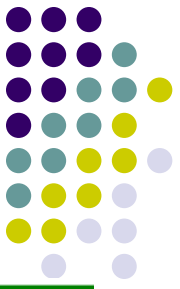
Parameter	W-D solution
$a (R_{\odot})$	10.43 ± 0.02
$V_{\gamma} (\text{km s}^{-1})$	-10.1 ± 0.4
e	0.077 ± 0.006
$\omega (\text{degree})$	19.90 ± 0.12
$i (^{\circ})$	82.16 ± 0.03
$T_1 (\text{K})$	11840^a
$T_2 (\text{K})$	11575 ± 20
Ω_1	5.920 ± 0.015
Ω_2	6.210 ± 0.025
Phase shift	0.0022 ± 0.0001
$q (=M_2/M_1)$	0.969 ± 0.003
$L_1 / (L_1 + L_2) - B$	0.552 ± 0.003
$L_1 / (L_1 + L_2) - V$	0.551 ± 0.002
$L_1 / (L_1 + L_2) - R$	0.550 ± 0.002
$L_2 / (L_1 + L_2) - B$	0.448 ± 0.002
$L_2 / (L_1 + L_2) - V$	0.449 ± 0.002
$L_2 / (L_1 + L_2) - R$	0.450 ± 0.002
$r_1 (\text{mean})$	0.2026 ± 0.0004
$r_2 (\text{mean})$	0.1869 ± 0.0005

Parameter	Primary Value	Secondary Value
$T_{eff} (\text{K})$	11840 ± 270	11500 ± 300
$\log g (\text{cgs})$	4.40 ± 0.15	4.51 ± 0.20
$v \sin i (\text{km s}^{-1})$	69.3 ± 0.9	60.4 ± 1.2
$v_{mic} (\text{km s}^{-1})$	3.8 ± 0.8	4.5 ± 0.9



^a: Adopted from model atmosphere analysis.

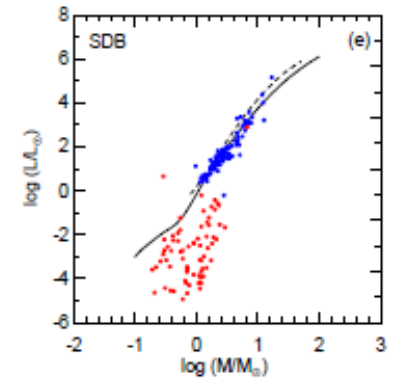
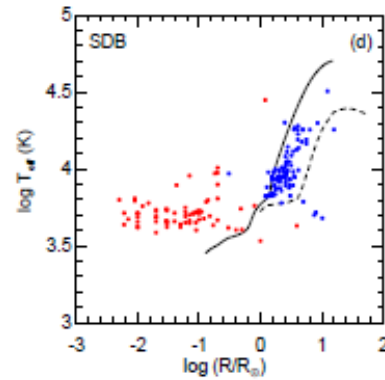
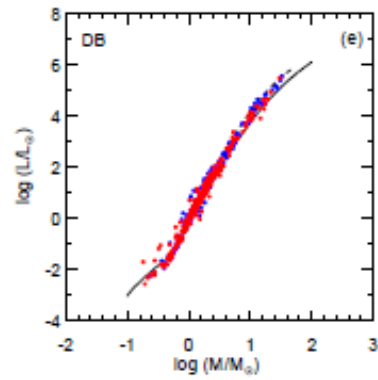
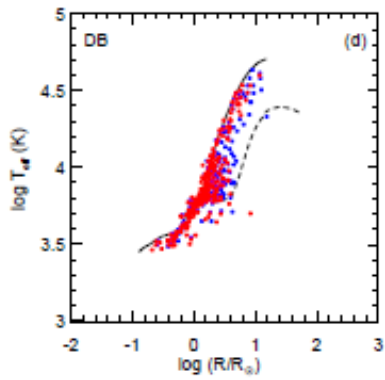
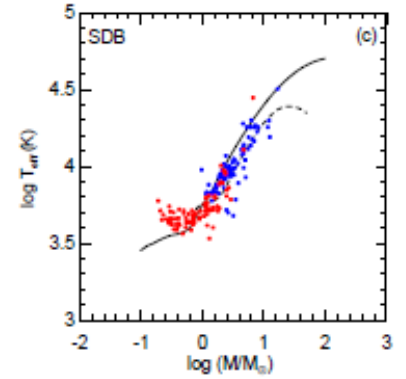
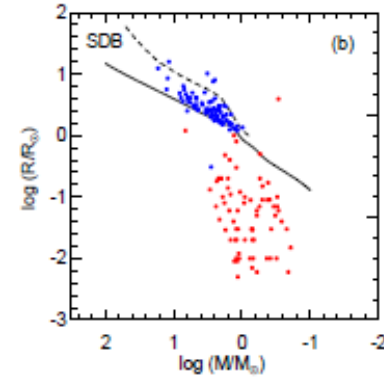
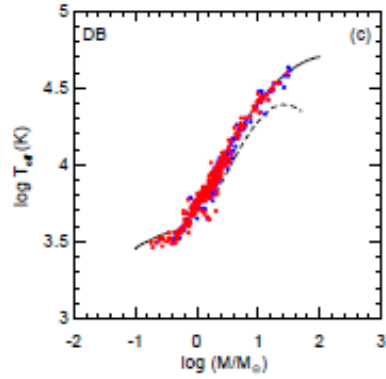
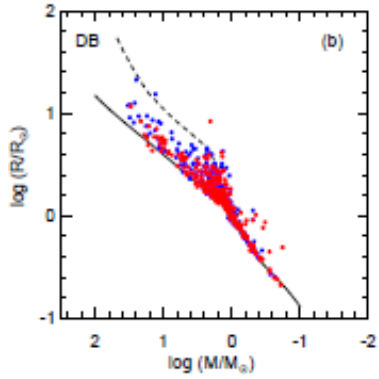
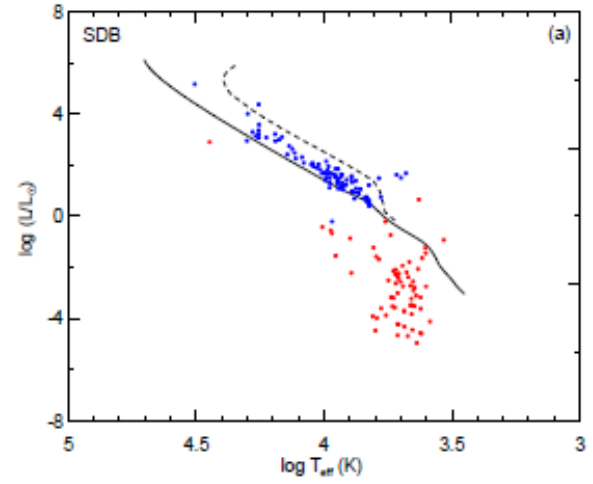
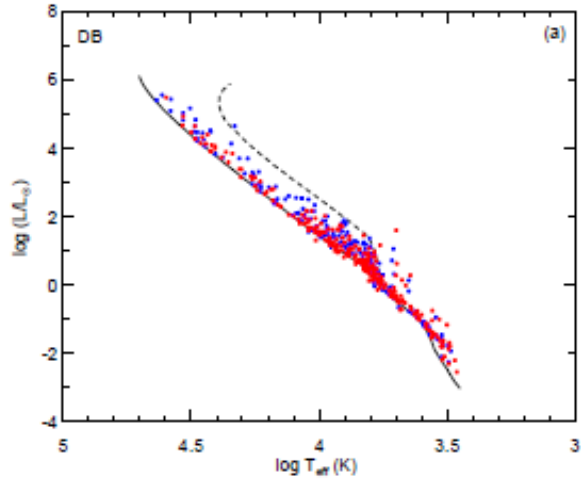
Temel Parametreler



Sistem	N	$\langle P_{\text{yör}} \rangle$ (gün)	$\langle q \rangle$	$\langle M_1 \rangle$ (M_{\odot})	$\langle M_2 \rangle$ (M_{\odot})	$\langle R_1 \rangle$ (R_{\odot})	$\langle R_2 \rangle$ (R_{\odot})	$\langle T_1 \rangle$ (K)	$\langle T_2 \rangle$ (K)
DB	238	2.73	0.91	1.76	1.49	1.91	1.59	7175	6682
SDB	85	3.07	0.28	2.80	0.76	2.60	3.97	9180	5031
NCB	49	0.66	0.47	1.54	0.70	1.70	1.20	7200	4932
β Lyrae	63	1.67	0.60	7.45	4.10	4.39	4.04	18000	15500
CB	158 96 (A) 60 (W)	0.41 0.45 (A) 0.37 (W)	0.33 0.28 (A) 0.43 (W)	1.35 1.51 (A) 0.93 (W)	0.50 0.41 (A) 0.62 (W)	1.38 1.60 (A) 1.09 (W)	0.89 0.89 (A) 0.96 (W)	6275 6491 (A) 5990 (W)	6105 6226 (A) 5905 (W)
CAB	92	4.46	0.94	1.11	0.93	1.21	1.21	5780	4800
CV	91	0.16	0.42	0.80	0.35	-	-	-	-

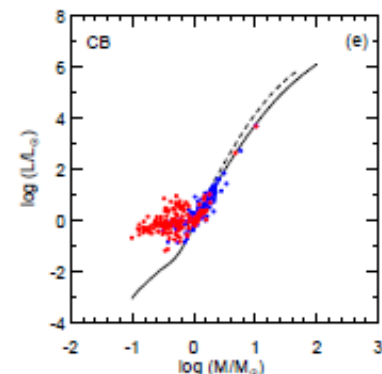
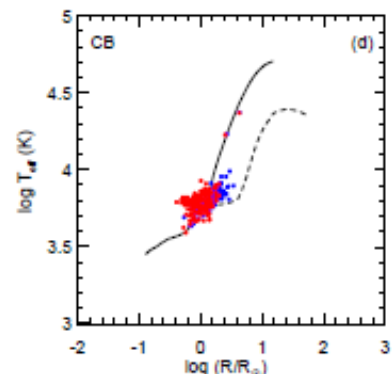
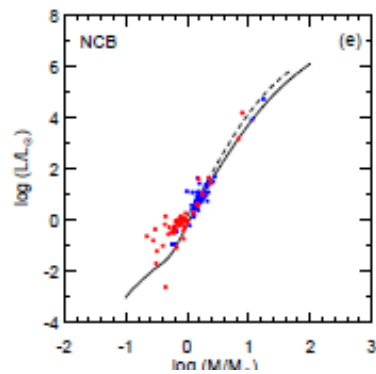
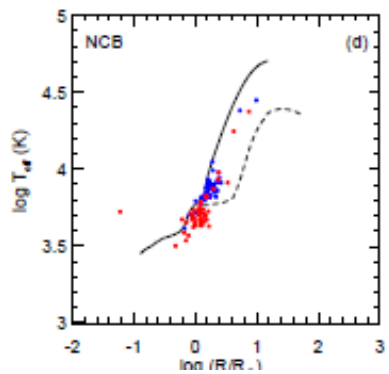
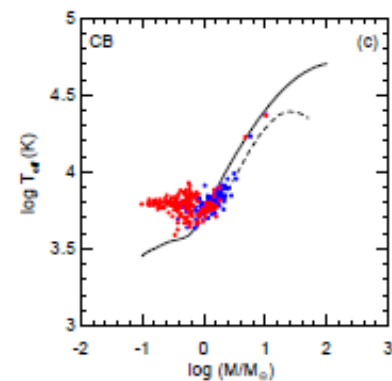
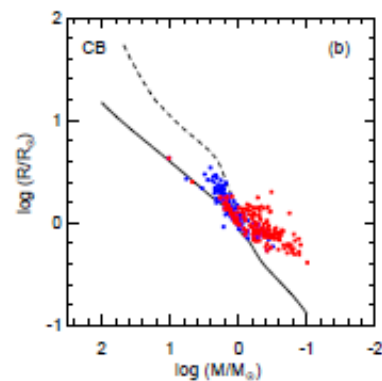
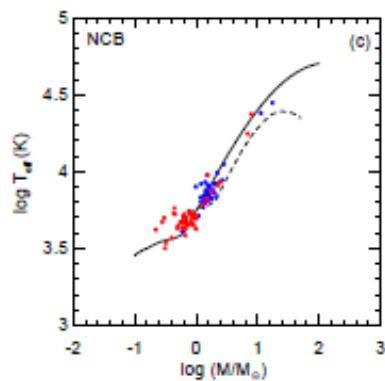
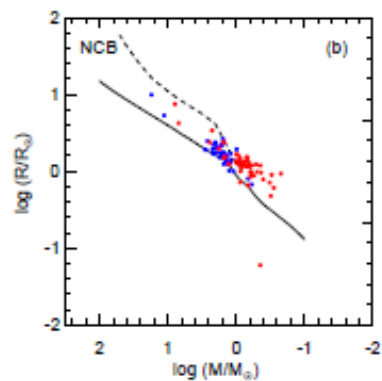
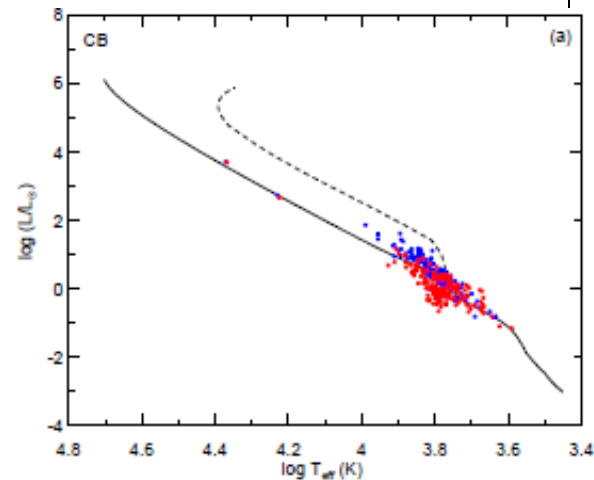
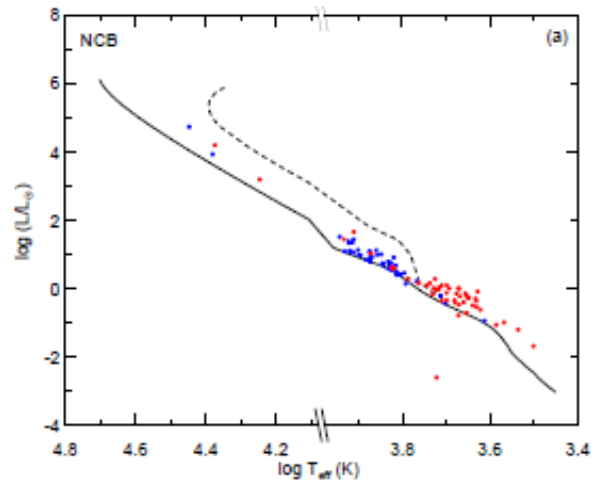
DB

SDB

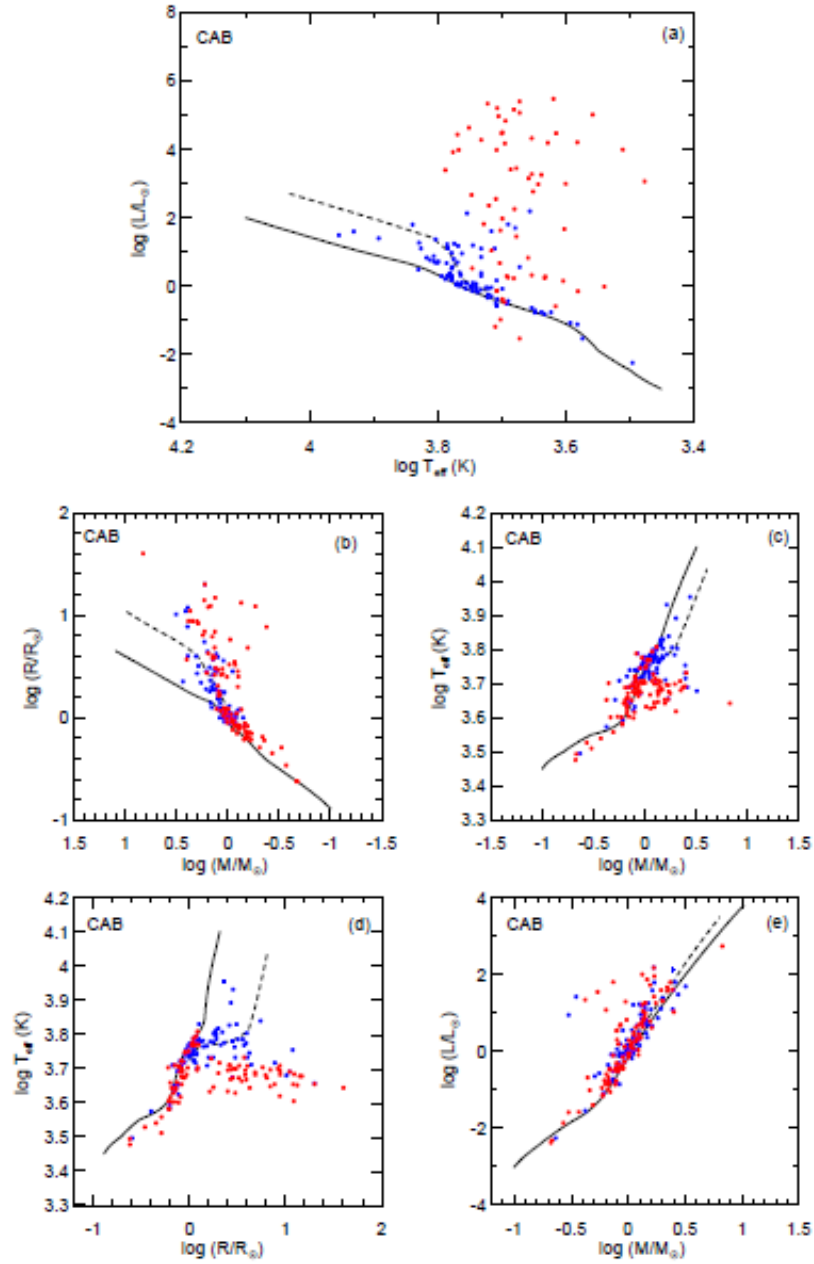
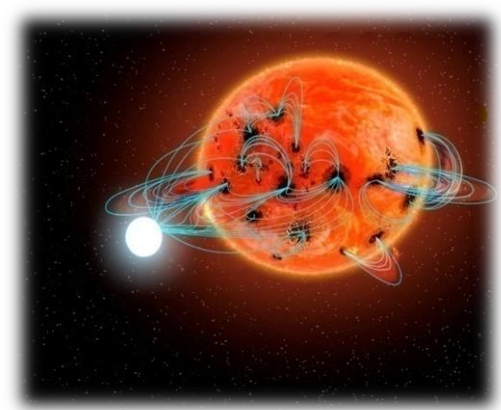


NCB

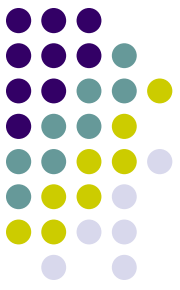
CB



CAB



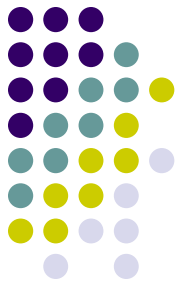
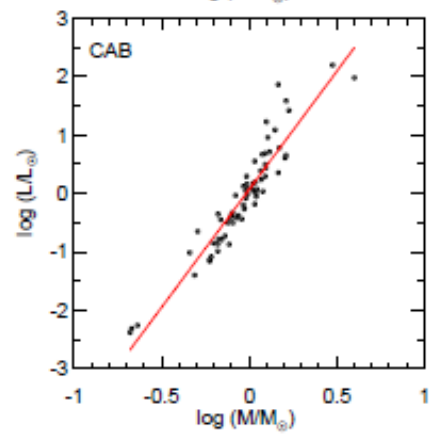
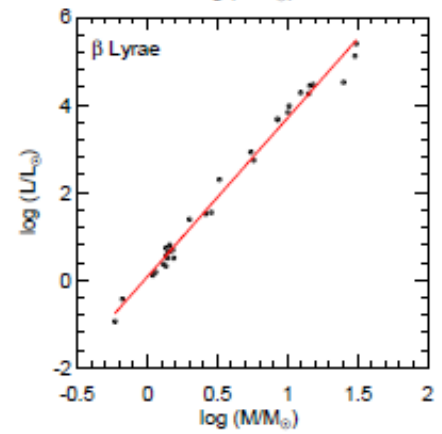
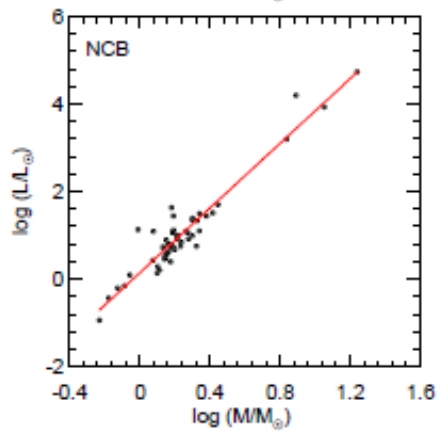
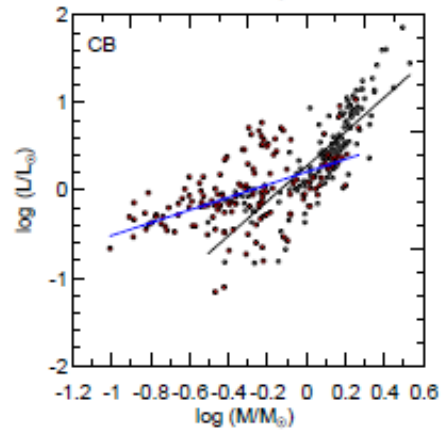
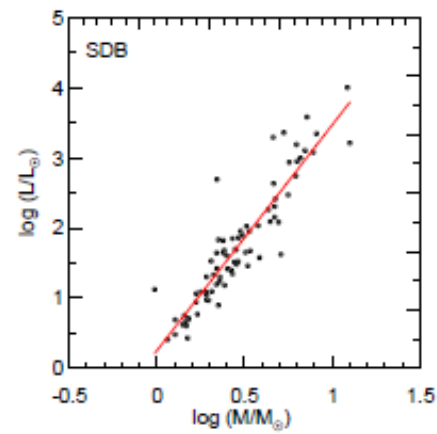
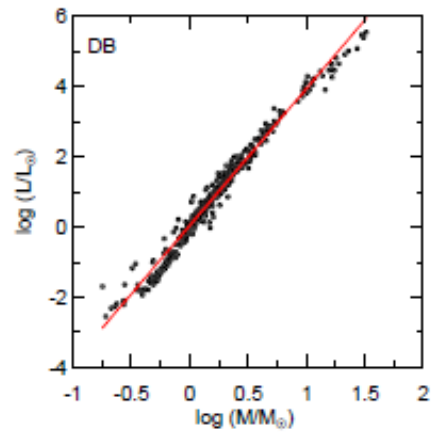
Kütle-Işıtma Bağintısı (MLR)



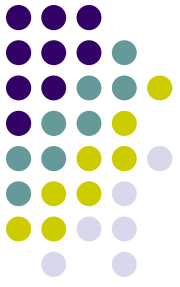
$$L \propto M^\alpha \longrightarrow \log L = \alpha \cdot \log M + \beta$$

- Çalışılan tüm öçy gruplarının anakol bileşenleri kullanılarak MLR elde edildi:

Sistem	N	α	β	Standart Sapma	R^2
DB	438	3.91 ± 0.03	0.04 ± 0.01	0.23	0.978
β Lyrae	31	3.62 ± 0.07	0.07 ± 0.06	0.21	0.988
CAB	69	4.04 ± 0.18	0.06 ± 0.04	0.31	0.875
NCB	54	3.69 ± 0.16	0.14 ± 0.06	0.31	0.878
SDB	77	3.22 ± 0.16	0.25 ± 0.09	0.34	0.838
CB (1)	153	1.97 ± 0.11	0.27 ± 0.02	0.28	0.691
CB (2)	149	0.73 ± 0.09	0.21 ± 0.04	0.33	0.283



DB: MLR



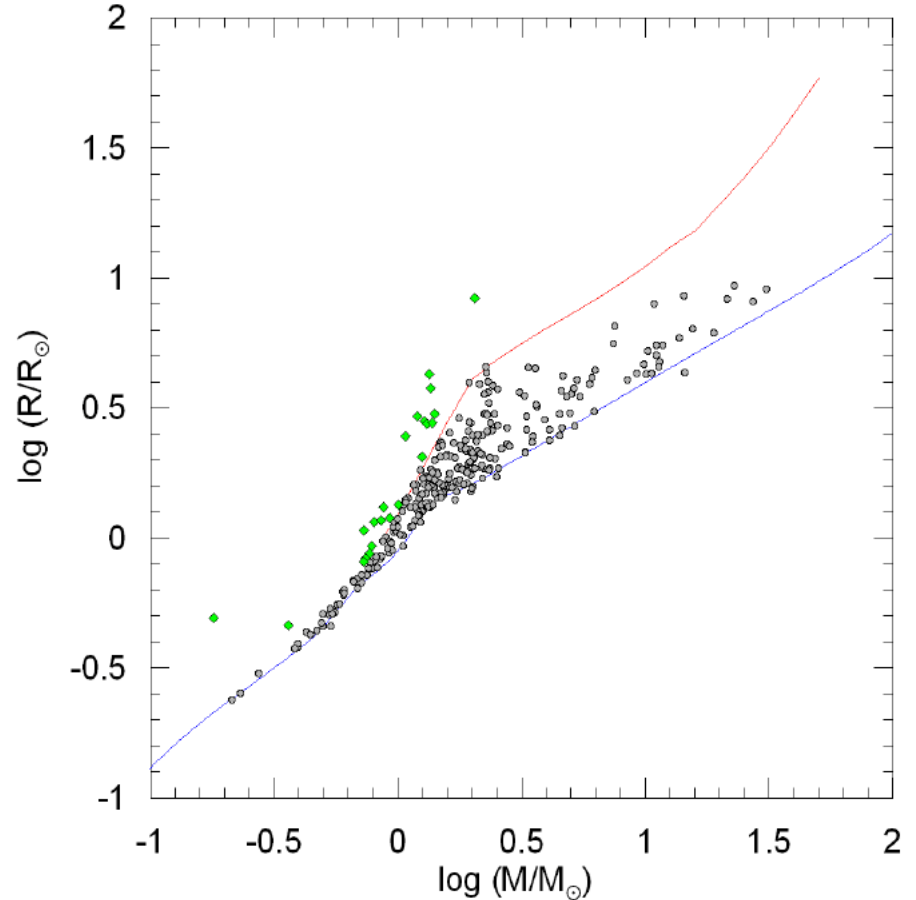
- MLR çalışmalarının geçmişi:

Sample		Accuracy	Mass-Luminosity	Mass-Radius	Ranges
This Study	276 stars (all components of detached double-lined eclipsing), homogenized	$M\&R \leq 3\%$ $L \leq 30\%$	Four broken lines, linear and quadratic	—	$0.2 < M/M_{\odot} < 32$ $0.23 < R/R_{\odot} < 9.36$
Torres et al. (2010)	190 stars (94 eclipsing+ α Cen) homogenized	$M\&R \leq 3\%$	$\log M$ - $\log L$ diagram displayed	$\log M$ - $\log R$ diagram displayed	$0.21 < M/M_{\odot} < 27.27$ $0.24 < R/R_{\odot} < 9.35$
Malkov (2007)	215 stars (114 detached eclipsing), as published	$M\&R \leq 10\%$	Quadratic $\sigma = 0.12$	Cubic $\sigma = 0.08$	$0.63 < M/M_{\odot} < 31.6$ $0.63 < R/R_{\odot} < 25.1$
Henry (2004)	188 stars (139 detached main-sequence, 49 visual pairs), as published	$M\&R \leq 15\%$	Mass- M_V , plot		$0.07 < M/M_{\odot} < 33$
Andersen (1991)	90 stars (45 detached eclipsing binaries), as published	$M\&R \leq 2\%$	$\log M$ - $\log L$ diagram displayed		$0.58 < M/M_{\odot} < 22.90$ $0.61 < R/R_{\odot} < 9.35$
Demircan & Kahraman (1991)	140 stars (70 eclipsing binaries including contact, semi-contact and detached)	—	Mass- M_{bol} Linear, quadratic, cubic	Linear, quadratic, cubic	$0.63 < M/M_{\odot} < 18.1$ $0.15 < R/R_{\odot} < 9$

DB: MLR



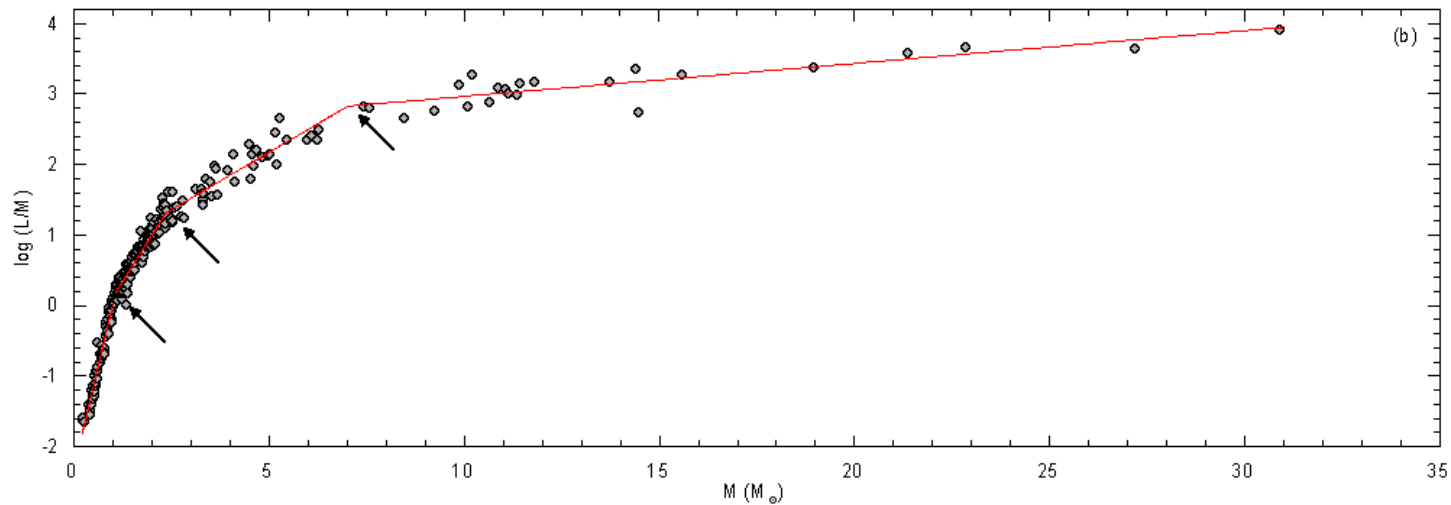
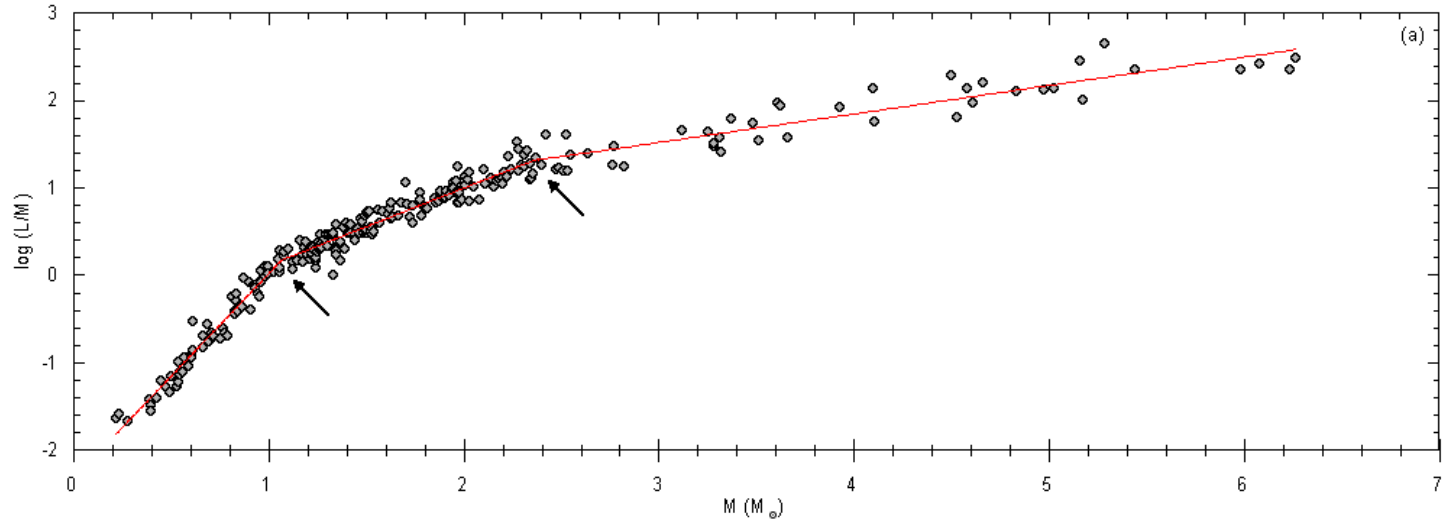
- **Seçim kriteri:** Kütle ve yarıçapta hatalar % 3'den daha küçük ve anakol bileşenler.
- Son durumda MLR analizinde **298 DB** bileşen yıldızı kullanıldı.



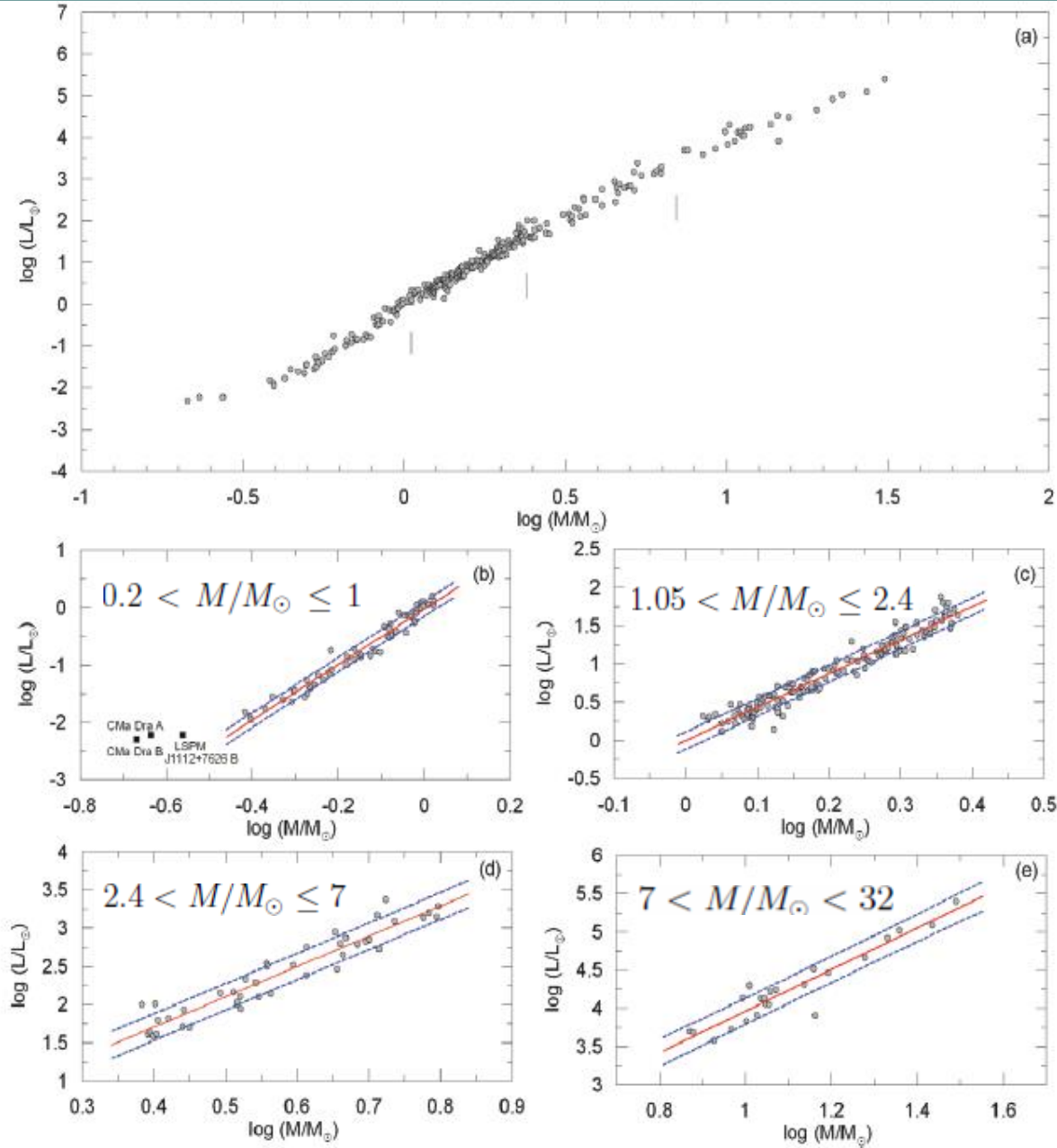
DB: MLR

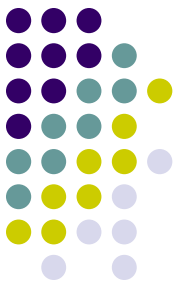


- 4 farklı kütle aralığı için farklı MLR:
- MLR kırılmaları: **1.05, 2.4 ve 7 M_{\odot}**



DB: MLR





DB: MLR

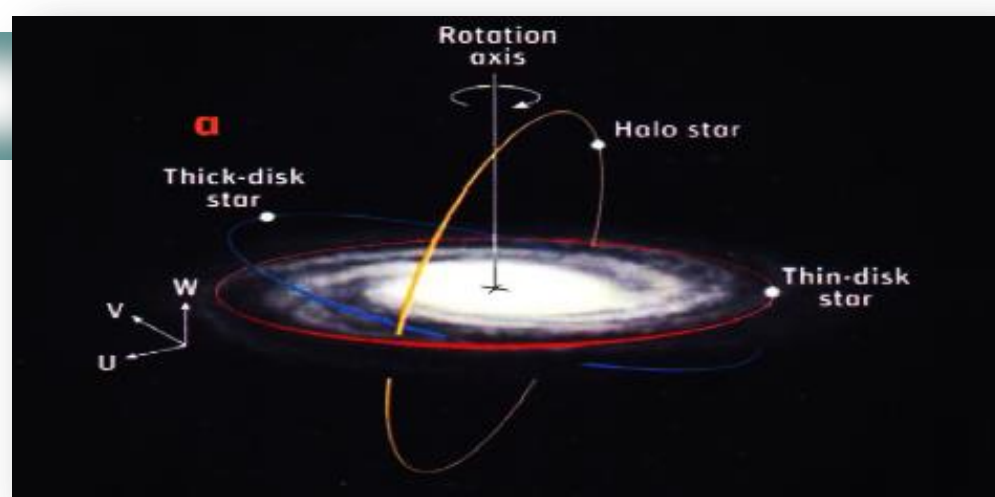
Kütle Aralığı	N	α	β	Standart Sapma	R
$0.38 < M/M_{\odot} < 1.05$	59	4.841 ± 0.127	-0.027 ± 0.025	0.121	0.981
$1.05 < M/M_{\odot} < 2.40$	146	4.328 ± 0.090	-0.002 ± 0.020	0.107	0.970
$2.40 < M/M_{\odot} < 7.00$	42	3.962 ± 0.203	0.120 ± 0.112	0.165	0.951
$7.00 < M/M_{\odot} < 32.0$	23	2.726 ± 0.203	1.237 ± 0.228	0.158	0.946

Kinematik Analiz

- Johnson & Soderblom (1987) algoritması kullanıldı:

Uzay hızları:

$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} = B \begin{bmatrix} \gamma_0 \\ k\mu_\alpha / \pi \\ k\mu_\delta / \pi \end{bmatrix}$$



(B=T.A)

$$A \equiv \begin{bmatrix} +\cos\alpha \cos\delta & -\sin\alpha & -\cos\alpha \sin\delta \\ +\sin\alpha \cos\delta & +\cos\alpha & -\sin\alpha \sin\delta \\ +\sin\delta & 0 & +\cos\delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & -\cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\delta & 0 & -\sin\delta \\ 0 & -1 & 0 \\ -\sin\delta & 0 & -\cos\delta \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \cos b \cos l \\ \cos b \sin l \\ \sin b \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} \cos\delta \cos\alpha \\ \cos\delta \sin\alpha \\ \sin\delta \end{bmatrix}$$

T dönüşüm matrisidir ve ekvatoryal koordinatlardan galaktik koordinatlara dönüşüm için kullanılır.

Uzay hızlarının belirsizlikleri:

$$\begin{bmatrix} \sigma^2_U \\ \sigma^2_V \\ \sigma^2_W \end{bmatrix} = C \cdot \begin{bmatrix} \sigma^2_{\gamma_0} \\ (k/\pi)^2 \left[\sigma^2_{\mu_\alpha} + (\mu_\alpha \sigma_\pi / \pi)^2 \right] \\ (k/\pi)^2 \left[\sigma^2_{\mu_\delta} + (\mu_\delta \sigma_\pi / \pi)^2 \right] \end{bmatrix} + 2\mu_\alpha \mu_\delta k^2 \sigma^2_\pi / \pi^4 \begin{bmatrix} b_{12} \cdot b_{13} \\ b_{22} \cdot b_{23} \\ b_{32} \cdot b_{33} \end{bmatrix}$$

Kinematik Analiz



- U ve V hız bileşenlerine diferansiyel dönme düzeltmesi uygulandı.
- Hız bileşenlerine LSR (Local Standart of Rest) düzeltmesi yapıldı.
- Sistemlerin toplam uzay hızları, toplam uzay hız hataları ve dispersiyonları aşağıdaki ifadelerle hesaplandı:

$$S = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2} \quad S_{hata} = \sqrt{U_{hata}^2 + V_{hata}^2 + W_{hata}^2}$$

$$\sigma_U = \sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2 / N} \quad \sigma_V = \sqrt{\sum_{i=1}^n V_i^2 / N} \quad \sigma_W = \sqrt{\sum_{i=1}^n W_i^2 / N} \quad \sigma_{toplam} = \sqrt{\sigma_U^2 + \sigma_V^2 + \sigma_W^2}$$

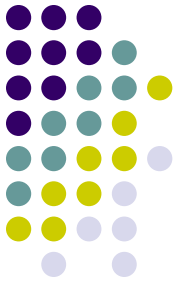
Kinematik Yaş



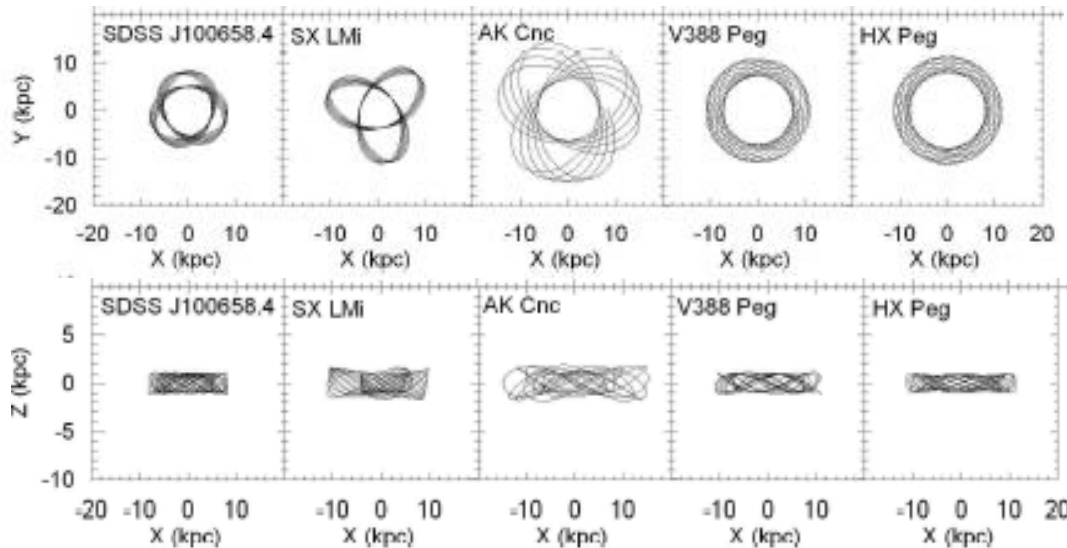
$$\sigma_V^3(\tau) = \sigma_{V,r=0}^3 + \frac{3}{2} \alpha_V \delta_2 T_\delta \left[\exp\left(\frac{\tau}{T_\delta}\right) - 1 \right] \quad (\text{Wielen 1977})$$

$\sigma_{V,r}^3$	= 10 km/s	(Yıldızın sıfır yaşındaki hız dispersiyonu)
α_V	= 2.95	(Rotasyon eğrisini açıklayan bir parametre)
T_δ	= 5×10^9 yıl	(Zaman skalası)
δ_2	= 3.7×10^{-6} (km/s) ³ yıl	(Yayıma katsayısı)
$\sigma_V(\tau)$	= $[(\sigma_U)^2 + (\sigma_V)^2 + (\sigma_W)^2]^{1/2}$	(Bir grup yıldızın hız dispersiyonu)

Popülasyon Ayrımı

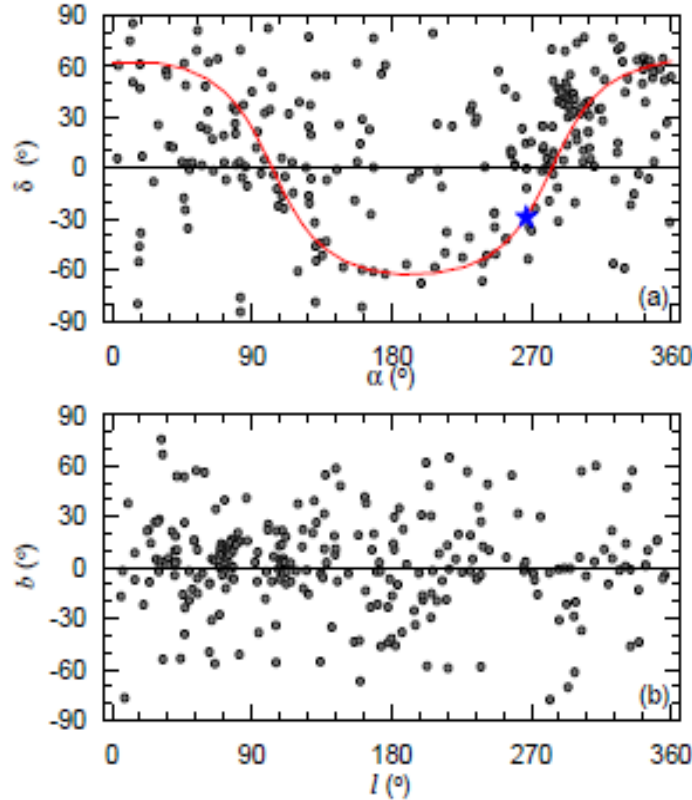
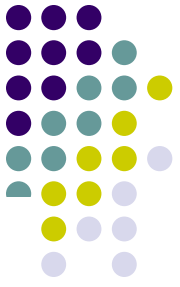


- **Galaktik yörünge parametreleri:** Dinescu ve ark. (1999) çalışmasında yer alan **galaktik potansiyel modelleri** kullanılarak galaktik yörünge parametreleri hesaplandı. Temelde yörünge hareketi sırasında **galaktik düzlemden maksimum ayrılma miktarı olan Z_{mak}** (~ 850 pc), ince disk ve olası kalın disk ve kalın disk ile halo yıldızları için ayırım kriteri olarak kullanıldı.

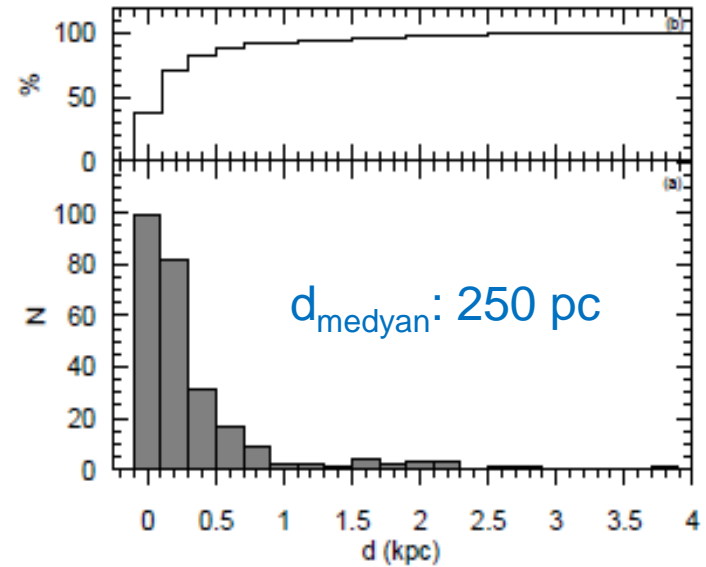


- Uzay hız dağılımlarından belirlenen **Bensby ve ark. (2003)** kriterleri

Kinematik Analiz : DBs

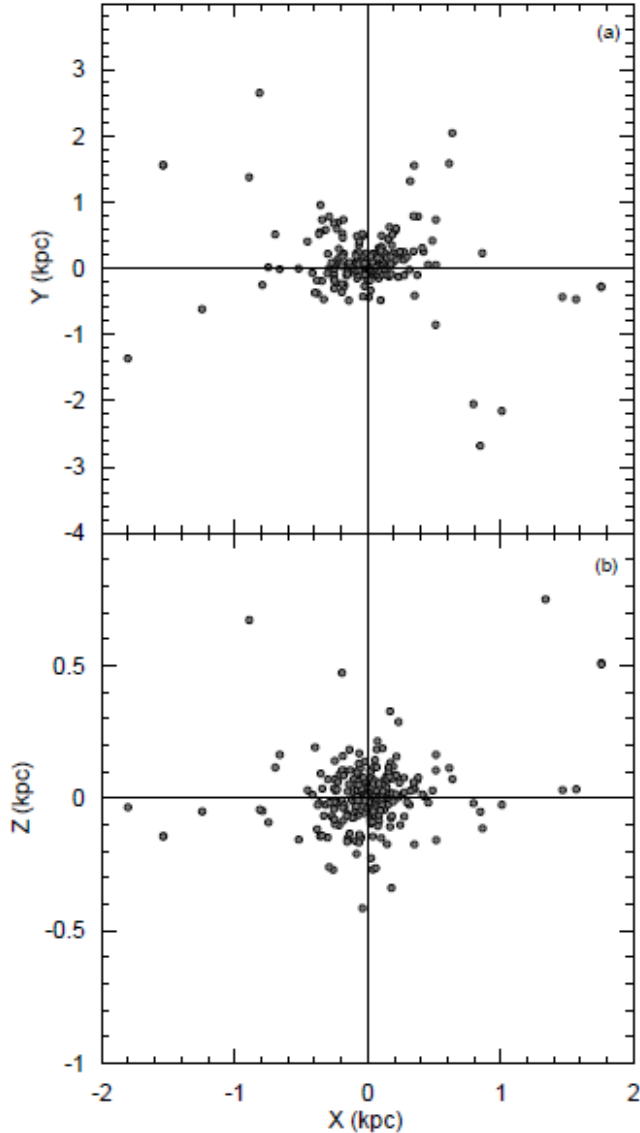
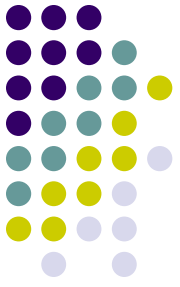


DB'lerin ekvatorial (a) ve galaktik (b) koordinatlardaki dağılımları. Üst panelde kırmızı sürekli çizgi galaktik düzlemi, mavi yıldız sembolü ise galaktik merkezi göstermektedir.



DB'lerin Güneş'ten olan uzaklıklarının frekans (a) ve kümülatif dağılımları (b).

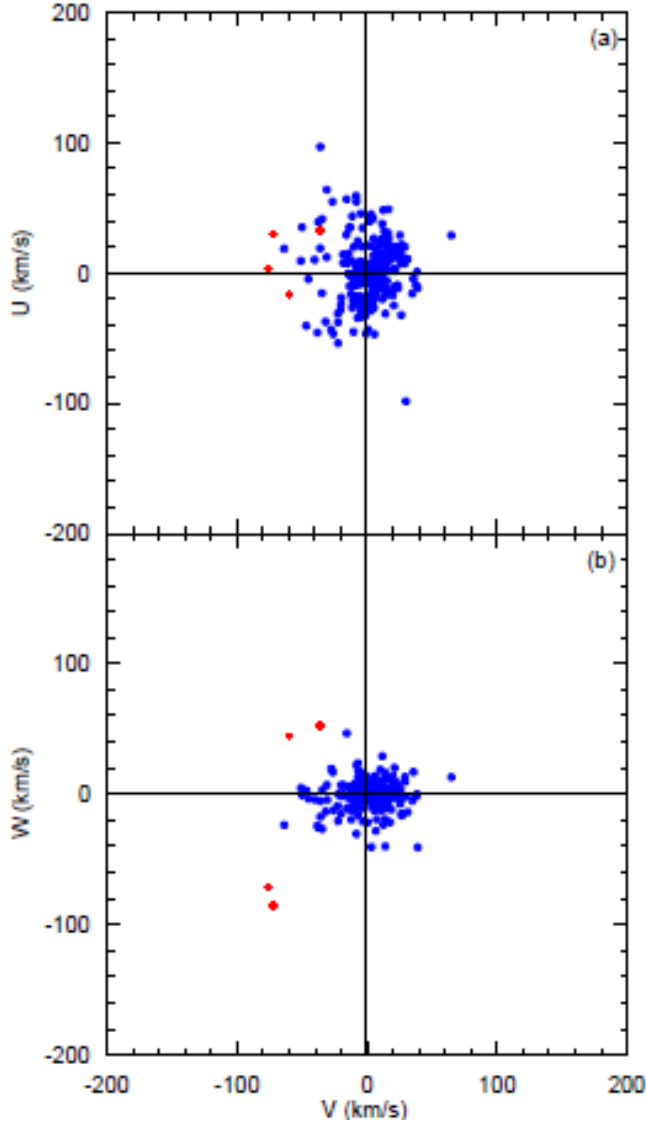
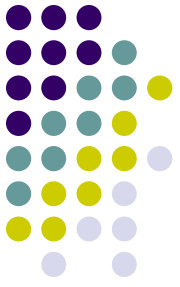
Kinematik Analiz : DBs



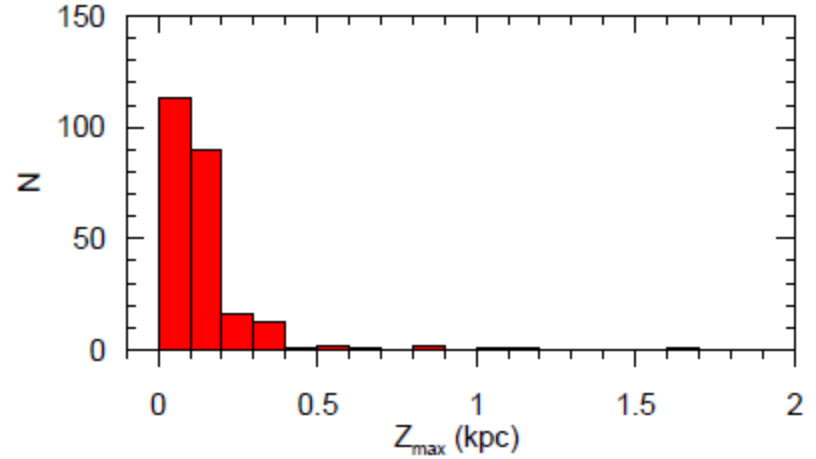
- ❖ DB'ler Güneş civarında yer almaktadırlar.
- ❖ Gökada düzlemi boyunca yayılmışlardır.
- ❖ Çoğunun ince disk üyesi olduğu söylenebilir.

DB'lerin Güneş merkezli galaktik uzay dağılımları. XY düzlemi (a) ve XZ düzleminde (b) dağılımlar.

Kinematik Analiz : DBs

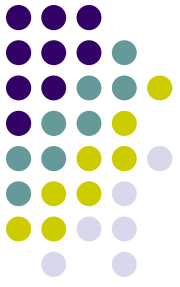


241 DB sistemine ilişkin uzay hız bileşenlerinin UV (a) ve WV (b) düzlemlerindeki dağılımları. Mavi içi dolu noktalar Bensby ve ark. (2005) kriterine göre ince disk yıldızlarını, kırmızı (+) sembolü ile gösterilen sistemler ise grup içindeki kalın disk ve halo popülasyonlarına ait üyeleri gösterir.



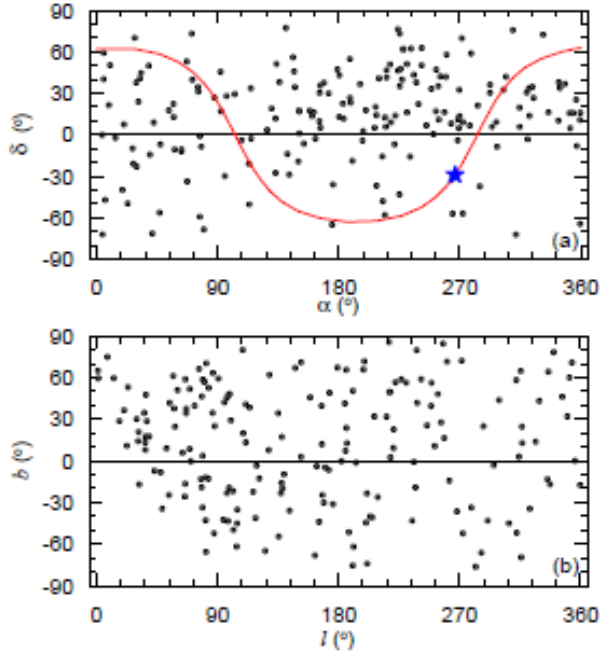
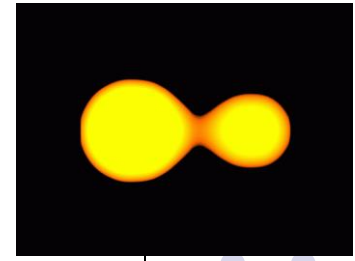
Galaktik yörüngeleri hesaplanan DB'lerin galaksi düzleminde çıkabilecekleri maksimum uzaklıklara (Z_{max}) ait frekans dağılımları.

Kinematik Analiz : DBs

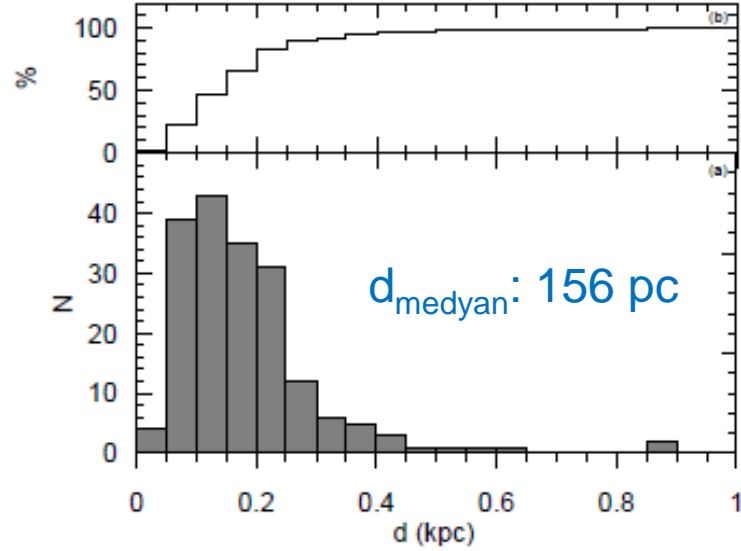


Grup	Z_{\max} aralığı (pc)	N	σ_u (km/s)	σ_v (km/s)	σ_w (km/s)	σ_T (km/s)	Yaş (Gyr)
	Tümü	241	23.85±2.05	19.33±1.95	13.82±2.05	33.67±3.49	1.87±0.50
DB	≤ 825	236	23.62±1.97	17.71±1.87	10.66±1.99	31.39±3.37	1.56±0.44
	> 825	5	33.04±2.89	56.50±3.35	61.93±2.64	90.11±5.15	11.48±0.77

Kinematik Analiz : CBs

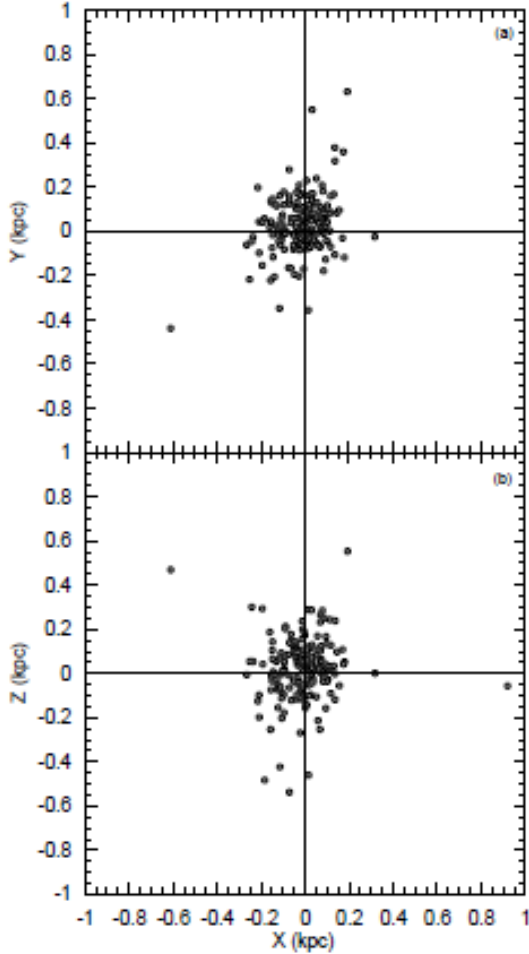
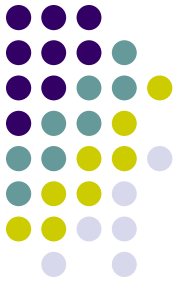


CB'lerin ekvatorial (a) ve galaktik (b) koordinatlardaki dağılımları. Üst panelde kırmızı sürekli çizgi galaktik düzlemi, mavi yıldız sembolü ise galaktik merkezi göstermektedir



CB'lerin Güneş'ten olan uzaklıklarının frekans (a) ve kümülatif dağılımları (b).

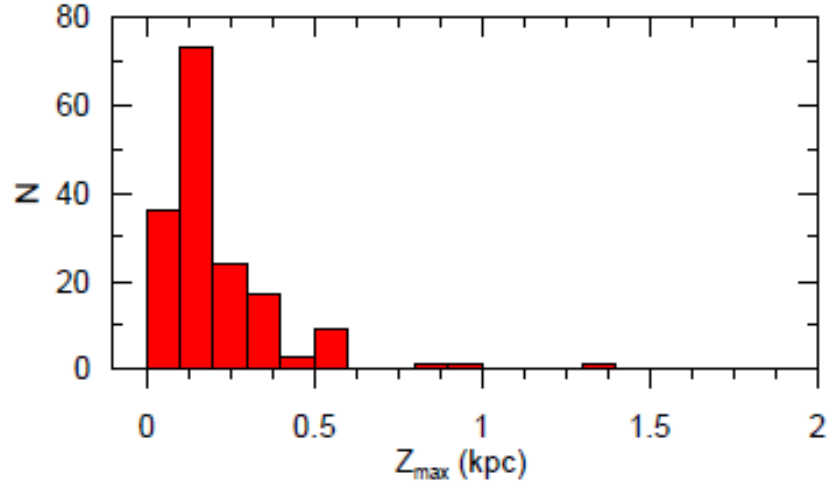
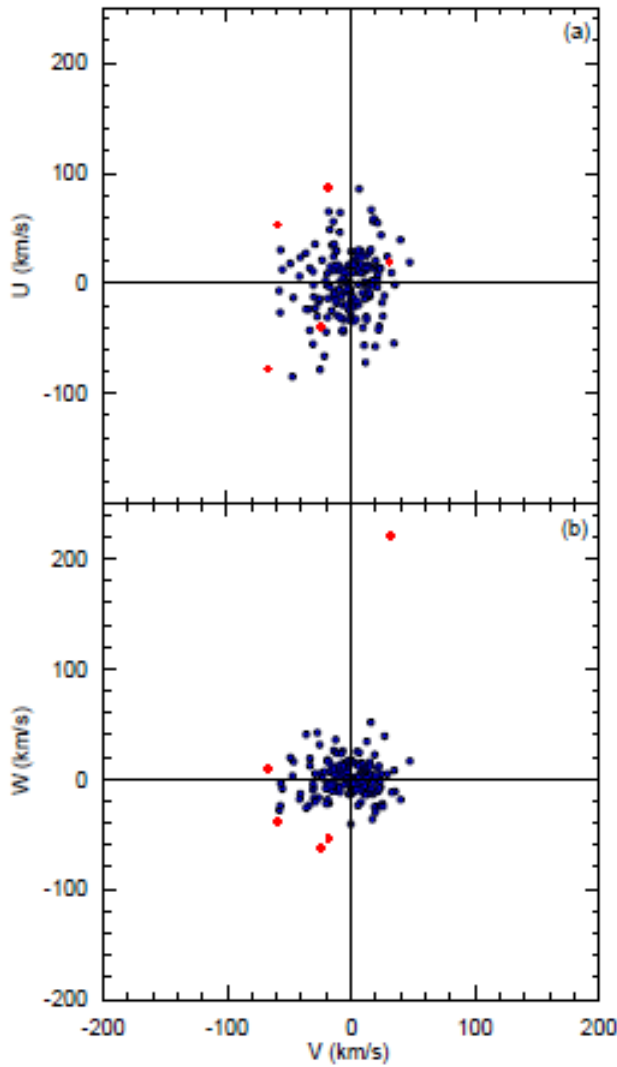
Kinematik Analiz : CBs



CB'lerin Güneş merkezli galaktik uzay dağılımları. XY düzlemi (a) ve XZ düzleminde (b) dağılımlar.

- ❖ CB'ler Güneş civarında yer almaktadırlar.
- ❖ Gökada düzlemi boyunca 1 kpc uzaklığa yayılmışlardır.
- ❖ Çoğunun ince disk üyesi olduğu söylenebilir.

Kinematik Analiz : CBs



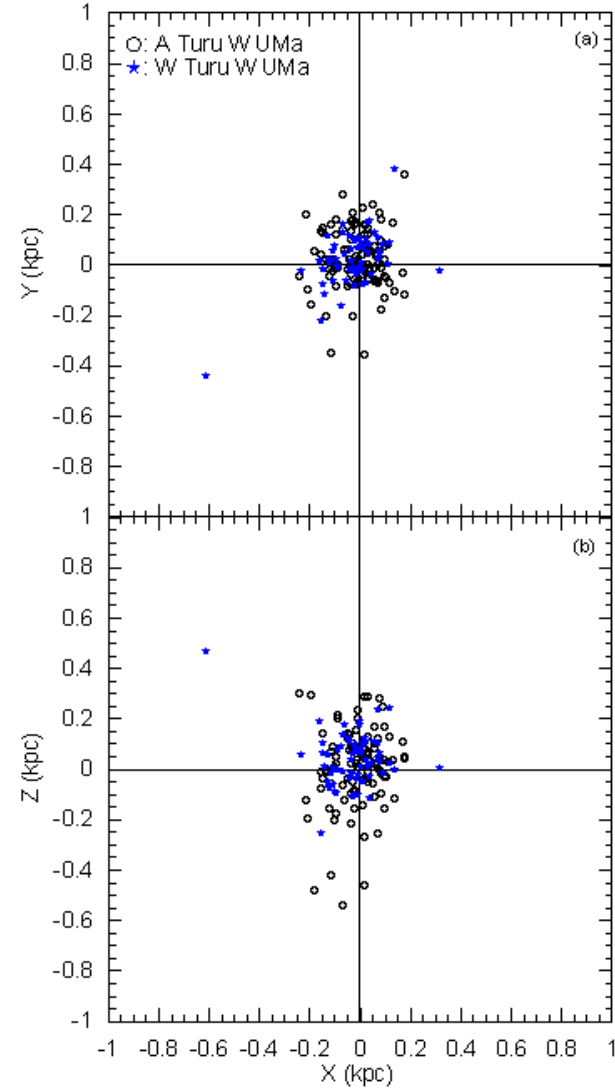
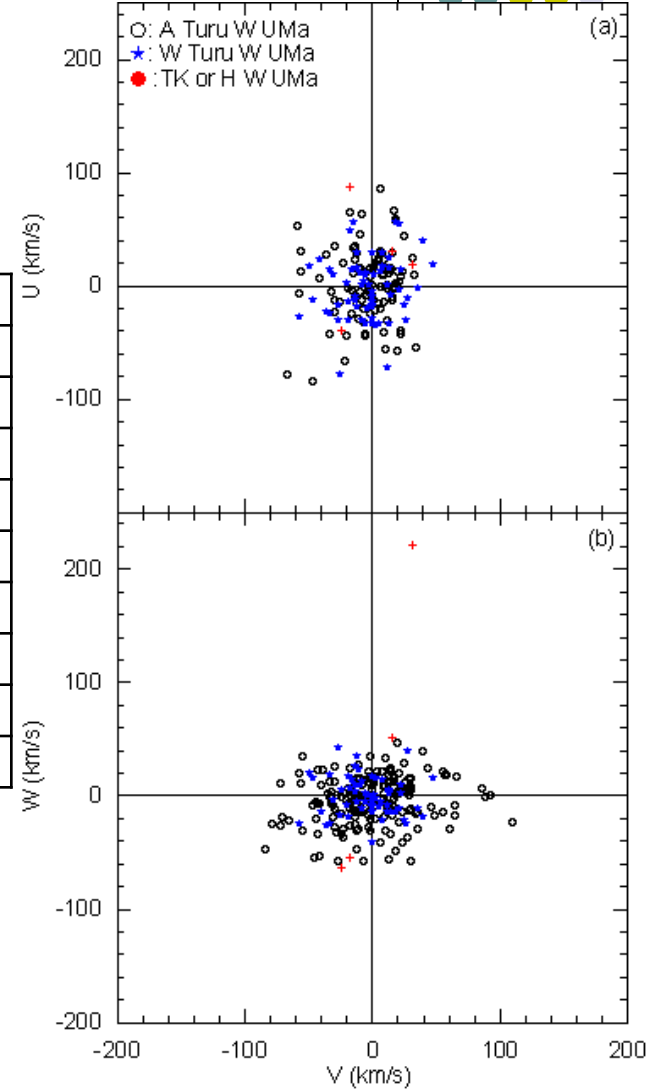
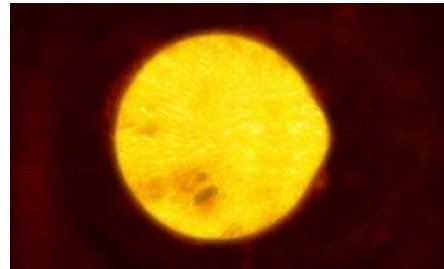
Grup	Z_{max} aralığı (pc)	N	σ_u (km/s)	σ_v (km/s)	σ_w (km/s)	σ_T (km/s)	Yaş (Gyr)
	Tümü	166	31.01±2.18	21.70±2.03	24.06±1.68	44.85±3.42	3.69±0.60
CB	≤ 825	162	30.34±2.17	21.66±2.04	15.23±1.65	40.27±3.40	2.90±0.56
	> 825	4	51.18±1.60	23.31±1.52	120.92±1.52	133.36±2.68	---

Dinamik Analiz : CBs



A ve W türleri

Grup	Zmax	N	Yaş	Yaş_err
CB	tümü	166	3,69	0,6
	<=825	162	2,9	0,56
	>825	4	---	---
CB_A	tümü	98	4,29	0,59
	<=825	94	3,01	0,54
	>825	4	---	---
CB_W	tümü	61	2,62	0,59
	<=825	61	2,62	0,59
	>825	---	---	---



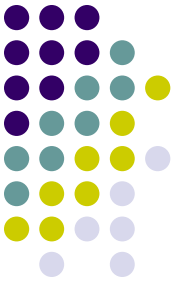
Kinematik Analiz Bulguları



Popülasyon türlerine sınıflandırılan örten çift sistemlerin kinematik özellikleri.

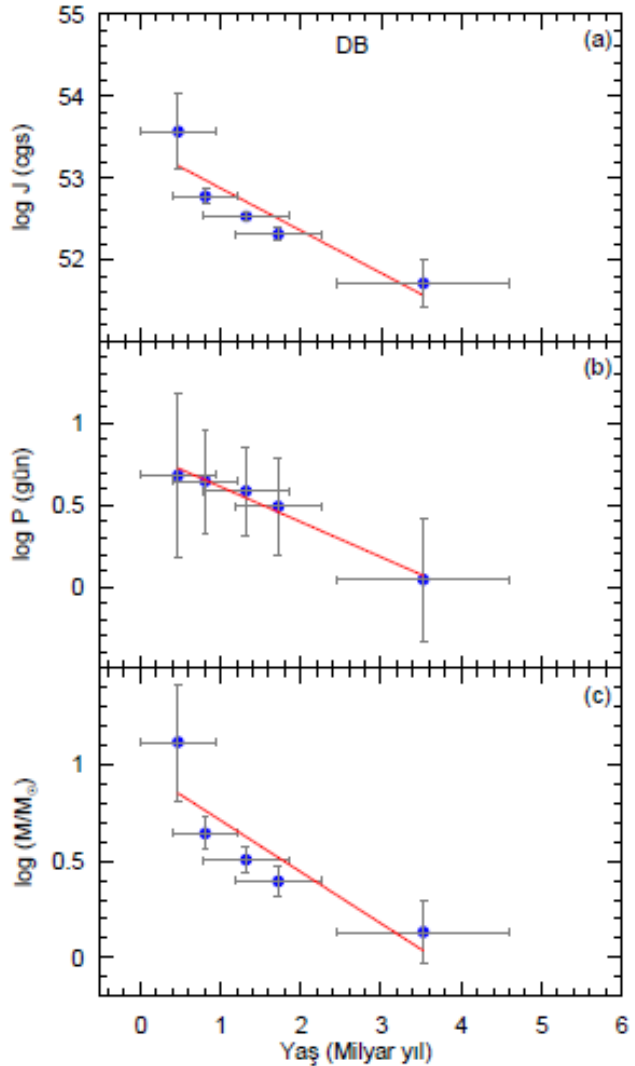
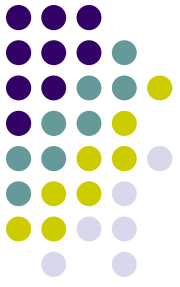
Grup	Z_{\max} aralığı (pc)	N	σ_u (km/s)	σ_v (km/s)	σ_w (km/s)	σ_T (km/s)	Yaş (Gyr)
DB	Tümü	241	23.85±2.05	19.33±1.95	13.82±2.05	33.67±3.49	1.87±0.50
	≤ 825	236	23.62±1.97	17.71±1.87	10.66±1.99	31.39±3.37	1.56±0.44
	> 825	5	33.04±2.89	56.50±3.35	61.93±2.64	90.11±5.15	11.48±0.77
CAB	Tümü	325	31.39±1.69	22.94±1.46	20.41±1.17	43.91±2.52	3.52±0.44
	≤ 825	316	30.85±1.71	20.88±1.42	15.19±1.17	40.23±2.51	2.89±0.42
	> 825	9	46.48±1.09	60.81±2.40	83.33±1.01	113.15±2.82	---
SDB	Tümü	87	21.29±2.51	16.01±2.35	10.49±2.20	28.63±4.08	1.21±0.48
	≤ 825	87	21.29±2.51	16.01±2.35	10.49±2.20	28.63±4.08	1.21±0.48
	> 825	0	---	---	---	---	---
NCB	Tümü	48	36.00±2.75	24.05±2.52	15.88±2.53	46.11±4.51	3.91±0.80
	≤ 825	48	36.00±2.75	24.05±2.52	15.88±2.53	46.11±4.51	3.91±0.80
	> 825	0	---	---	---	---	---
CB	Tümü	166	31.01±2.18	21.70±2.03	24.06±1.68	44.85±3.42	3.69±0.60
	≤ 825	162	30.34±2.17	21.66±2.04	15.23±1.65	40.27±3.40	2.90±0.56
	> 825	4	51.18±1.60	23.31±1.52	120.92±1.52	133.36±2.68	---
CV	Tümü	216	36.59±3.95	30.00±4.58	25.39±4.28	53.70±7.41	5.29±1.35
	≤ 825	199	33.91±3.85	27.61±4.41	18.15±4.04	47.35±7.11	4.13±1.27
	> 825	17	59.18±2.90	50.09±3.31	65.54±3.90	101.52±5.88	13.11±0.81

Dinamik Hesaplamalar



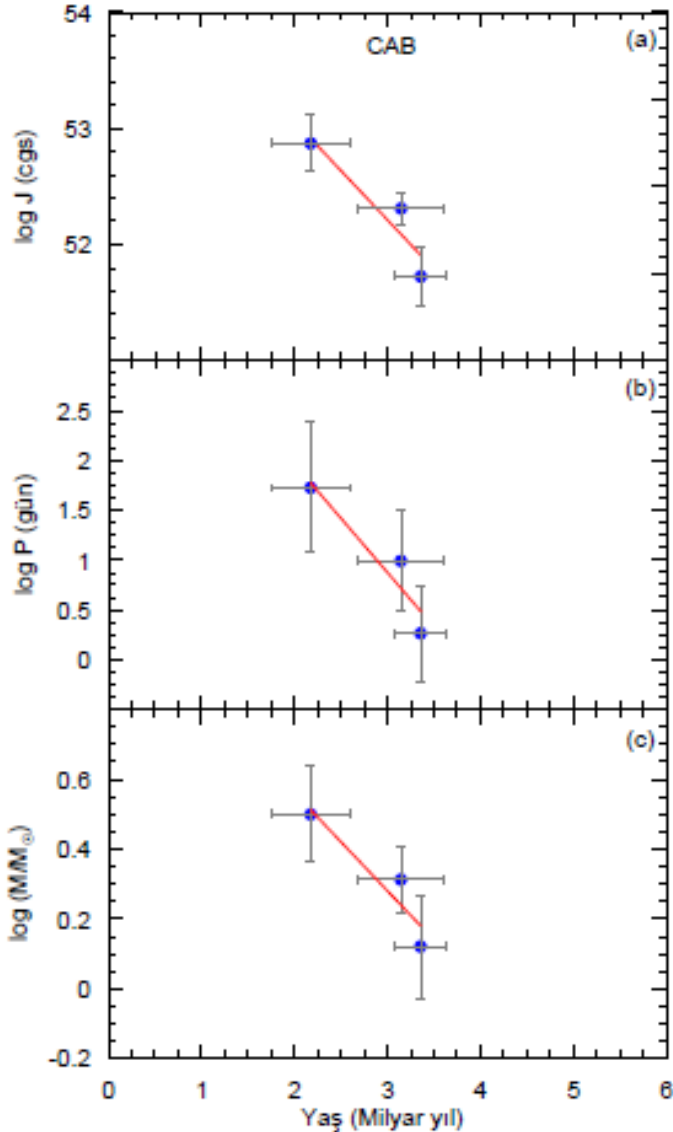
- Dinamik analizler tüm türlerin sadece ince disk üyeleri için yapılacaktır.
- Yörünge açısal momentumu (J), yörünge dönemi (P) ve toplam kütle (M) değerlerinin yaşla değişimi incelenecektir.
- Her grubun J aralıklarına göre alt grupları oluşturularak hesaplamalar yapılacaktır.

Dinamik Analiz : DBs



log J Aralığı	N	Yaş (Gyr)	log J (cgs)	log M (M/M _⊙)	log P (gün)
51.04 - 52.15	46	3.53 ± 1.07	51.712 ± 0.284	0.132 ± 0.168	0.045 ± 0.376
52.16 - 52.42	51	1.72 ± 0.53	52.312 ± 0.084	0.396 ± 0.074	0.491 ± 0.292
52.43 - 52.62	45	1.32 ± 0.54	52.529 ± 0.057	0.508 ± 0.065	0.586 ± 0.272
52.63 - 52.98	51	0.81 ± 0.40	52.775 ± 0.096	0.645 ± 0.084	0.647 ± 0.316
52.99 - 54.59	43	0.47 ± 0.47	53.567 ± 0.464	1.119 ± 0.303	0.682 ± 0.500

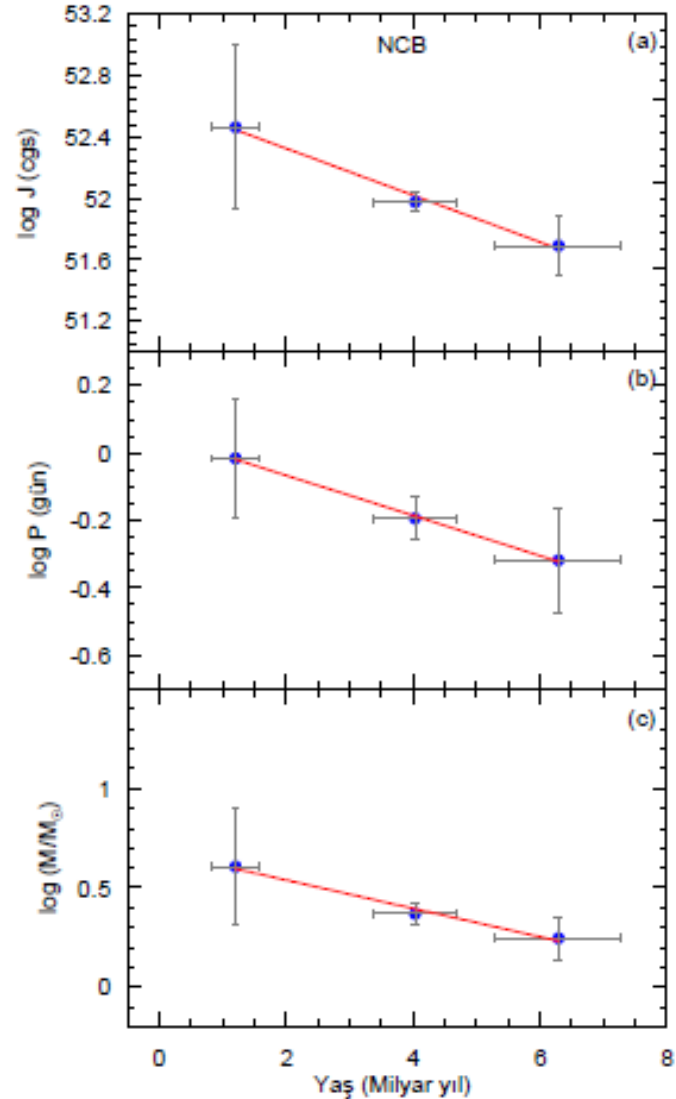
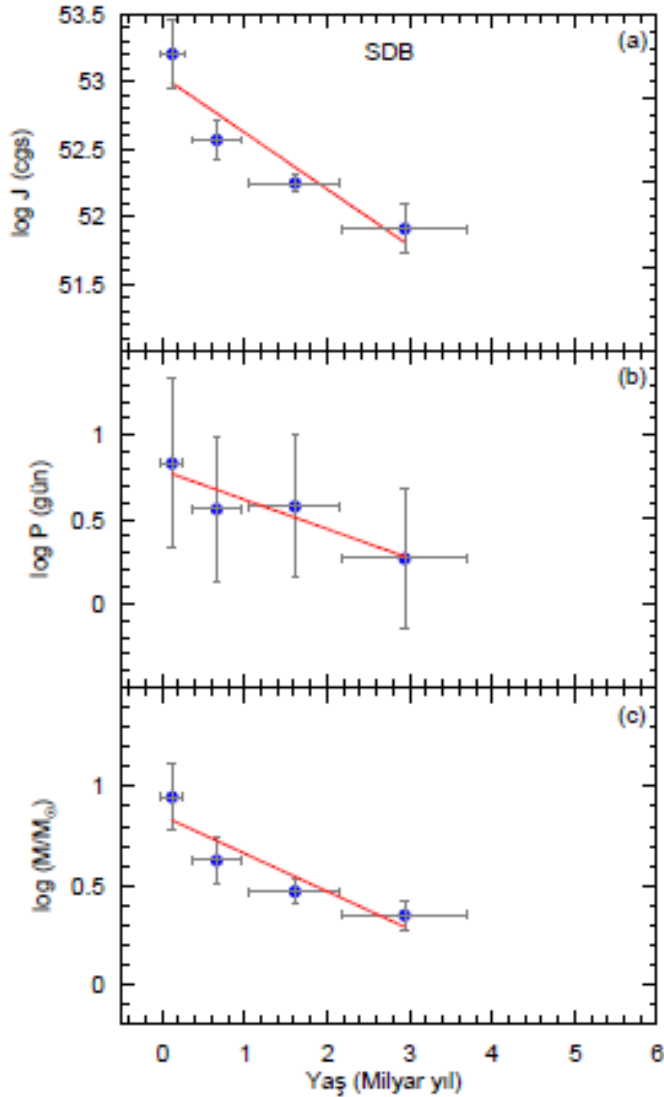
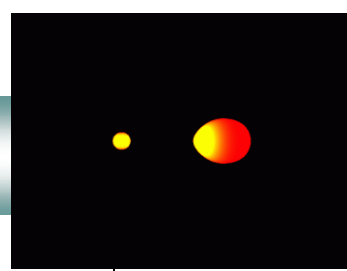
Dinamik Analiz : CABs



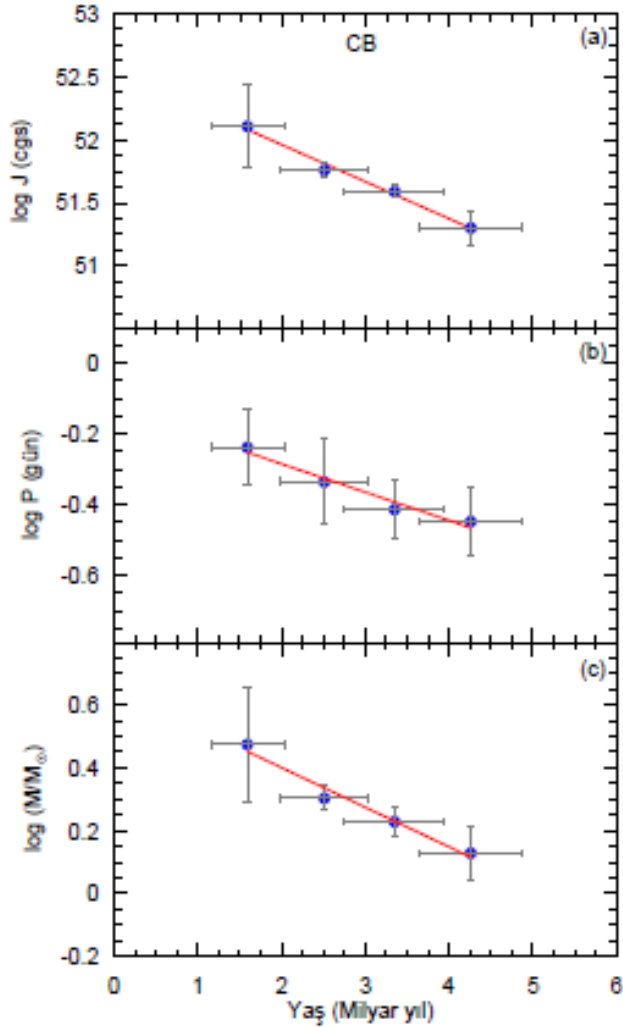
log J Aralığı	N	Yaş (Gyr)	log J (cgs)	log M (M/M _⊙)	log P (gün)
50.94-51.90	60	3.36 ± 0.29	51.727 ± 0.250	0.121 ± 0.149	0.266 ± 0.481
51.90-52.29	58	3.14 ± 0.46	52.312 ± 0.135	0.313 ± 0.096	0.992 ± 0.505
52.62-53.71	56	2.17 ± 0.42	52.872 ± 0.245	0.500 ± 0.137	1.727 ± 0.653

Ayrıntılar: 4 Şubat 2015, Çarşamba, Saat:15:15
M. Tüysüz ve ark.: “Aktif Kromosferli Çift Yıldızların Kinematik Yaş ve Dinamik Davranışları”

Dinamik Analiz : SDBs, NCBs

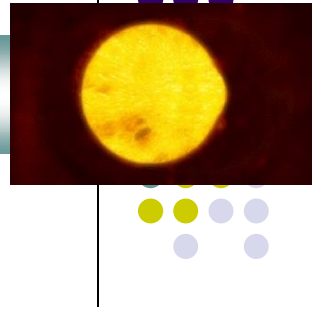


Dinamik Analiz : CBs



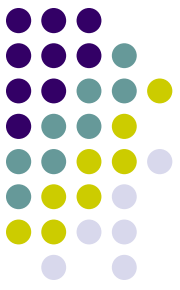
log J Aralığı	N	Yaş (Gyr)	log J (cgs)	log M (M/M_{\odot})	log P (gün)
50.92 - 51.49	33	4.26 ± 0.61	51.302 ± 0.141	0.129 ± 0.088	-0.448 ± 0.094
51.49 - 51.66	37	3.35 ± 0.60	51.590 ± 0.048	0.229 ± 0.045	-0.414 ± 0.085
51.66 - 51.88	35	2.51 ± 0.52	51.761 ± 0.064	0.304 ± 0.038	-0.336 ± 0.120
51.88 - 53.64	37	1.59 ± 0.44	52.108 ± 0.335	0.475 ± 0.182	-0.238 ± 0.109

Dinamik Analiz : CBs (A, W)

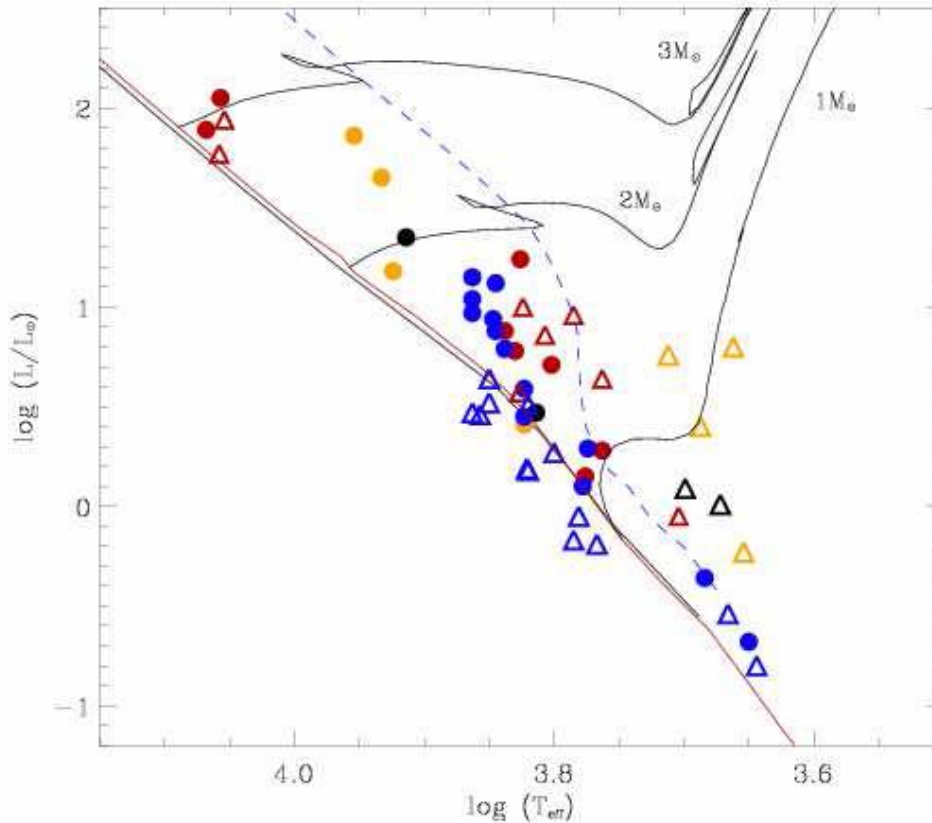


Grup	J aralığı	N	yaş	yaş_err	<logJ>	<logM>	<logP>
CB	50.92-53.64	142	2,92	0,56	51,7	0,288	-0,357
CB_A	50.92-53.13	85	2,75	0,6	51,69	0,26	-0,414
CB_W	51.08-53.64	55	2,86	0,52	51,71	0,3	-0,32

Sonuçlar ve Tartışma



- Farklı türden 29 öçy'ın LC+RV gözlem ve analizleri yapılarak mutlak parametreleri hesaplanmıştır. Bazı sistemler için model atmosfer analizleri de yapılmıştır.



Sistem / Parametre	KIC 4851217	KIC 8043961	KIC 6525196
Tür	DB	DB	DB
P (gün)	2.47028	1.559212	3.420604
$M_1 (M_{\odot})$	1.89 ± 0.02	1.43 ± 0.01	1.039 ± 0.005
$M_2 (M_{\odot})$	2.13 ± 0.03	1.62 ± 0.01	1.037 ± 0.007
$R_1 (R_{\odot})$	3.11 ± 0.02	1.88 ± 0.01	1.114 ± 0.003
$R_2 (R_{\odot})$	2.18 ± 0.01	2.71 ± 0.01	1.069 ± 0.004
T_1 (K)	$6694^a \pm 200$	$6343^a \pm 200$	$5966^a \pm 200$
T_2 (K)	6416 ± 210	6096 ± 210	5800 ± 205
$\log L_1 (L_{\odot})$	1.24 ± 0.06	0.71 ± 0.06	0.15 ± 0.06
$\log L_2 (L_{\odot})$	0.86 ± 0.06	0.96 ± 0.06	0.64 ± 0.07
$\log g_1$ (cgs)	3.72 ± 0.01	4.04 ± 0.01	4.36 ± 0.01
$\log g_2$ (cgs)	4.09 ± 0.01	3.78 ± 0.01	4.40 ± 0.01
Mbol-1 (kadir)	1.65 ± 0.14	2.97 ± 0.14	4.38 ± 0.15
Mbol-2 (kadir)	2.61 ± 0.15	2.35 ± 0.15	4.59 ± 0.16
Uzaklık (pc)	791 ± 52	494 ± 30	176 ± 12

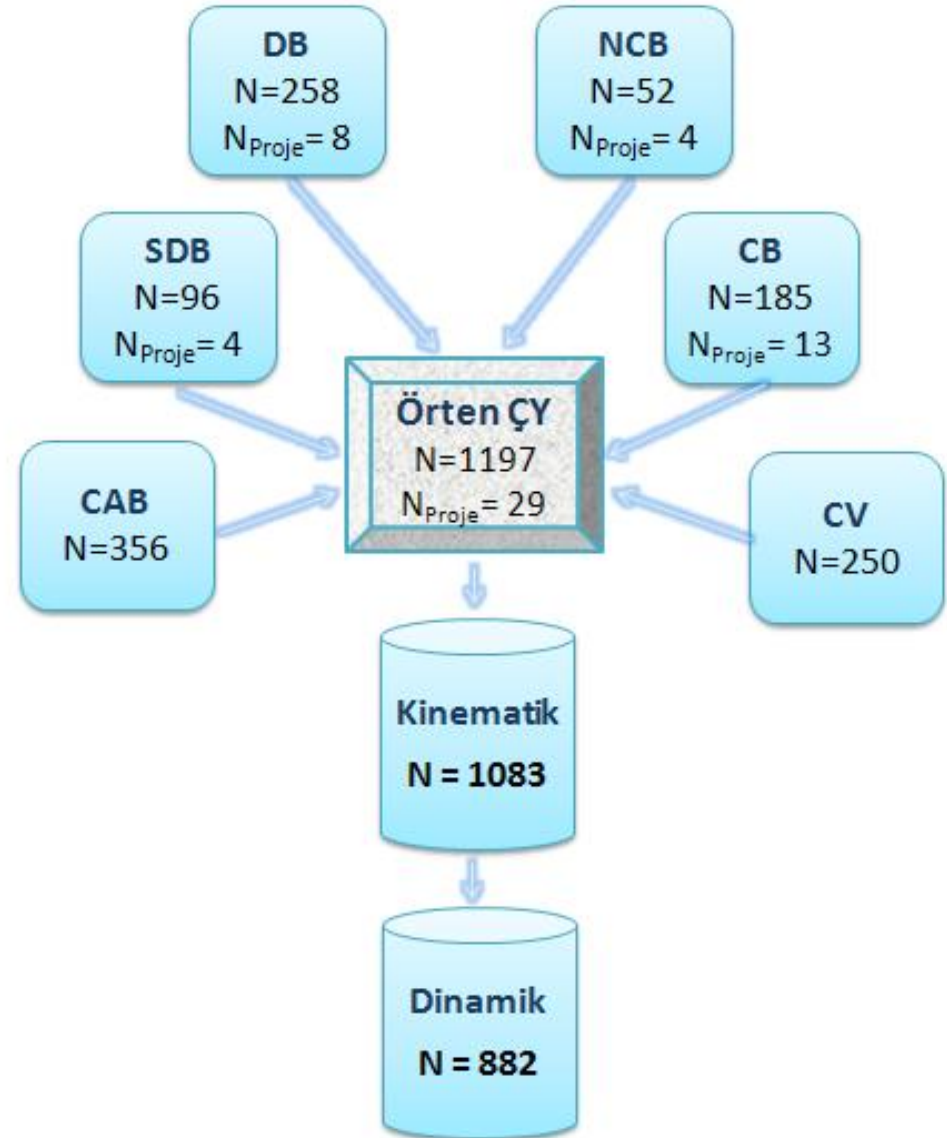
^aCox (2000)



- 58 bileşen yıldızın, ışık eğrilerinde manyetik etkinlik sonucu leke kaynaklı etkin asimetri görülen iki sistemin bileşenleri dışında, **kütleleri % 1-4 ve yarıçapları %1-3 duyarlılık aralığında** hesaplanmıştır. Bu duyarlılıklar, iç yapı ve evrim modellerinin testlerinde kullanılabilir düzeydedir.
- Yıldızlararası kızarma düzeltmesi uygulanarak hesaplanan uzaklık aralığı, tüm sistemler için **54 pc – 1330 pc** olarak bulunmuştur.
- Çalışılan sistemlerin bileşenlerinin önemli bölümünü anakol bandında yer almasına karşın **8 bileşen yıldız anakoldan ayrılmış, 3 tanesi ise TAMS üzerinde** görülmektedir. Bu görünüm, bileşen yıldızların log g değerleri ile de uyumludur.
- Gözlem ve analizleri yapılan 13 CB sisteminin birinci bileşenlerinin tamamı anakol bandında yer alırken, ikinci bileşenlerin önemli bölümü bu tür sistemlerde gözlemlendiği üzere ZAMS'ın altında kalmaktadır.
- Çift çizgili DB türü sistemlerin tamamının kütle oranı bire yakın bulunurken **KIC 6525196 ise "ikiz Güneş"** sistemi şeklinde sınıflanacak şekilde yakın kütlelere ($M_1=1.039 M_{\odot}$, $M_2=1.037 M_{\odot}$) sahip bileşenlerden oluşmaktadır.

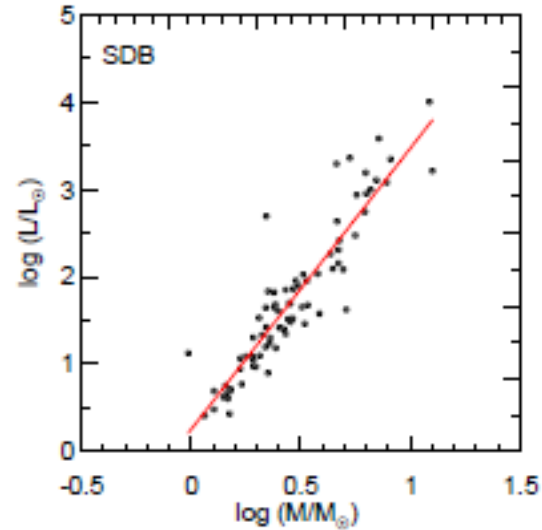
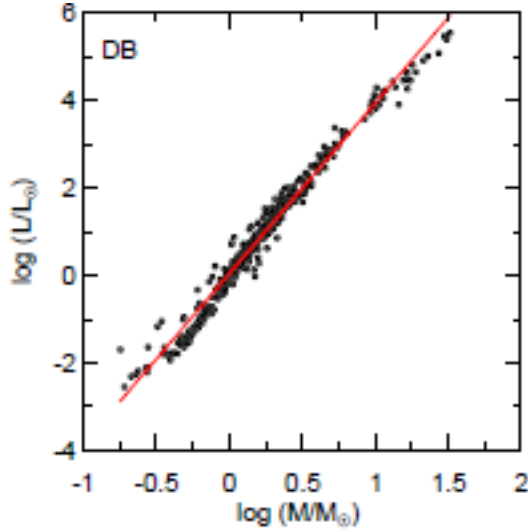


- Binlerce makale incelemesi sonucu altı farklı çy türünün (DB, NCB, SDB, CB, CAB ve CV) veritabanları (**toplam 1197 sistem**) oluşturulmuştur.
- 1083 sistemin kinematik, 882 sistemin ise dinamik hesaplamaları yapılmıştır.



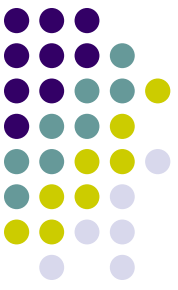


- Tüm öçy türleri için, **anakol bileşenleri** kullanılarak, **MLR bağıntıları** üretilmiştir. Tümünün **MLR katsayıları farklıdır**.
- **DB'ler** için **en duyarlı MLR üretilmiş** olup literatürde ilk kez **dört farklı kütle aralığı için duyarlı MLR** verilmiştir: Farklılığın nedenlerinin (**Z**, **nükleer reaksiyonlardaki değişimler**, **B**, **dönme** ?) anlaşılması için kuramsal modellerle birlikte değerlendirilmelidir.



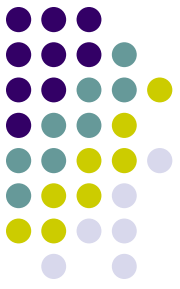


- Bu çalışmada büyük bir örnekten ilk kez yapılan kinematik ve galaktik yörünge hesaplarının çift yıldız astrofiziğine iki farklı katkısı olmuştur: **i) sistemlerin popülasyon analizi ve ii) grup yaşlarının belirlenmesi.**
- **En genç iki alt grup DB ve SDB** olup kinematik yaşları sırasıyla **1.56 Gyr ve 1.21 Gyr'dir.**
- En genç ve en yaşlı gruplar arasında yer alan **CAB, CB ve NCB'lerin kinematik yaşları sırasıyla 2.89, 2.90 ve 3.91 Gyr'dir. NCB lerin CAB ve CB lere göre ortalama yaşlarının daha büyük hesaplanması şaşırtıcı olabilir.** Bunun nedeni bu gruplar içinde hareketli grup üyesi sistemlerden kaynaklanabilir. Benzer bulgular, CAB ve CB sistemlerinin kinematik olarak analiz eden Karataş ve ark. (2004) ve Bilir ve ark. (2005) tarafından gösterilmiştir.
- İncelenen gruplar arasındaki **en yaşlı grup olan CV'lerin kinematik yaşları da 4.13 Gyr'dir.** CV'lerde 17 sistem olası kalın disk veya halo yıldızı olarak belirlenmiştir.



Dinamik evrim:

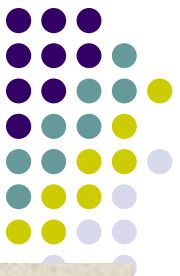
- Örtün çiftlerin dinamik evrimleri üç temel parametre olan toplam kütle (M), yörünge açısal momentumu (J) ve yörünge dönemleri (P) üzerinden incelenmiştir.
- Sistemlerin alt-gruplamaları J üzerinden yapılmış olup bu üç parametrenin de farklı eğimlerde olmak üzere yaş ile azalma gösterdiği açıkça ortaya konulmuştur.
- Hesaplamalar, $\log J$ -Yaş, $\log M$ -Yaş ve $\log P$ -Yaş değişimlerine yapılan doğrusal temsillerden elde edilen denklemlerin türevleri alınarak yapılmıştır. Burada J cgs sisteminde hesaplanmış olup, toplam kütle M_{\odot} ve yörünge dönemi de gün olarak verilmektedir



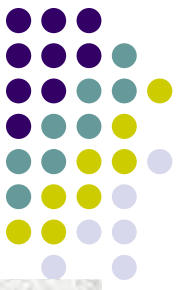
Grup	$\frac{dJ}{J.dt}$ ($\times 10^{-10}$ yıl ⁻¹)	$\frac{dM}{M.dt}$ ($\times 10^{-10}$ yıl ⁻¹)	$\frac{dP}{P.dt}$ ($\times 10^{-10}$ yıl ⁻¹)
DB	-11.95	-6.17	-4.95
CAB	-19.48	-6.45	-23.19
SDB	-2.76	-4.40	-4.01
NCB	-3.52	-1.64	-1.36
CB	-6.75	-2.90	-1.84
CV	--	--	-8.66

Grup	dJ/Jdt ($\times 10^{-10}$ yıl ⁻¹)	dM/Mdt ($\times 10^{-10}$ yıl ⁻¹)	dP/Pdt ($\times 10^{-10}$ yıl ⁻¹)
CB_A	-5,62	-2,37	-1,61
CB_W	-8,36	-3,97	-2,36

- Altı tür içinde J, M ve P parametreleri için en büyük değişim oranlarına sahip sistemler CAB'lar olarak ortaya çıkmıştır. Buna göre, **CAB'ların açısal momentum değişimleri -19.48×10^{-10} yıl⁻¹, kütle değişimi -6.45×10^{-10} yıl⁻¹ ve dönem değişim miktarı ise -23.19×10^{-10} yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır.**
- Bulunan değerler, Demircan ve ark. (2006) tarafından önerilen değerlerden birkaç kat daha büyüktür.
- CAB'larda var olan **manyetik çevrimlerin, sistemlerin dinamik evrimlerinde oldukça baskın** olduğu yapılan hesaplamalardan görülmektedir.



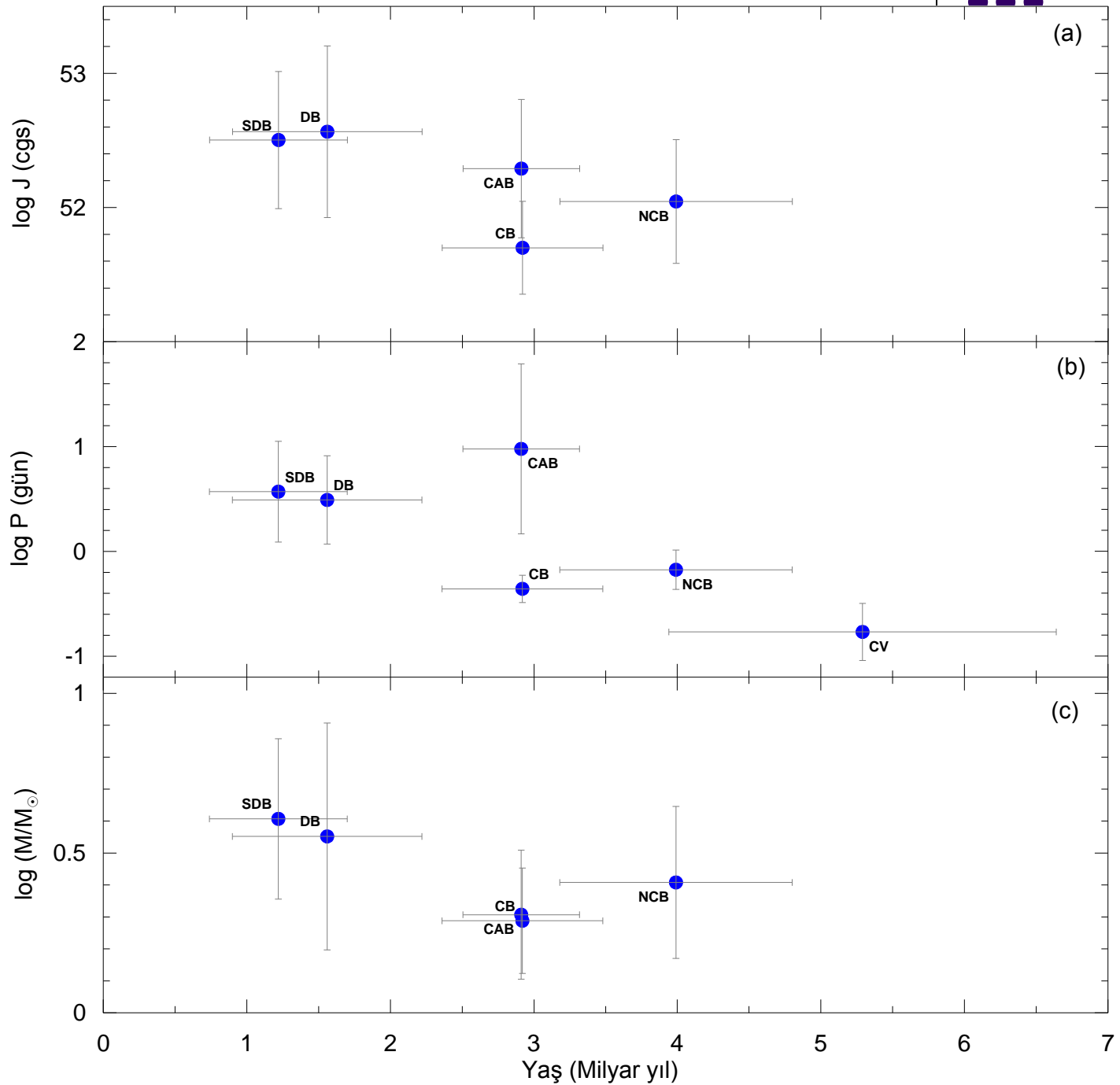
- NCB'ler tüm sistemler içinde **J, M ve P parametrelerinin en az değişim gösterdiği** dizgelerdir. Bileşenlerinin **büyük bölümünün A-F tayf türünde olması ve değme sürecinin tam olarak başlamaması** (ayrık, yarı-ayrık veya geometrik değen olabilir) **parametre değişimlerinin yavaş** olduğunu göstermektedir.
- Kütle aktarımı süreci sırasında, kütle ve açısal momentum kaybı da özellikle kısa dönemli SDB'lerde beklenmektedir. Tayfsal çalışmalar ve yörünge dönemi değişimleri analizlerinin bir bölümü, bu çalışmada hesaplanan özellikle kütle ve yörünge dönemi değişimleri ile uyumlu görünmektedir.



- Önemli miktarda CB'nin F ve daha geri tayf türünden bileşenler içermesi manyetik etkinliğin de açısasal momentum ve yörünge dönemi değişimlerine katkı vereceğini ortaya koymaktadır.
- CB'lerde öne çıkan değişimler yörünge açısasal momentumunda belirlenmiştir.
- CB'ler için; J değişim değerinin, aktif bileşenler içeren DB ve CAB'lardan küçük ancak **SDB ve NCB türü sistemlerden 2-3 kat büyük** olduğu ve **açısasal momentum kayıplarının evrim modellerinde dikkate alınması gerektiği** görölmektedir.

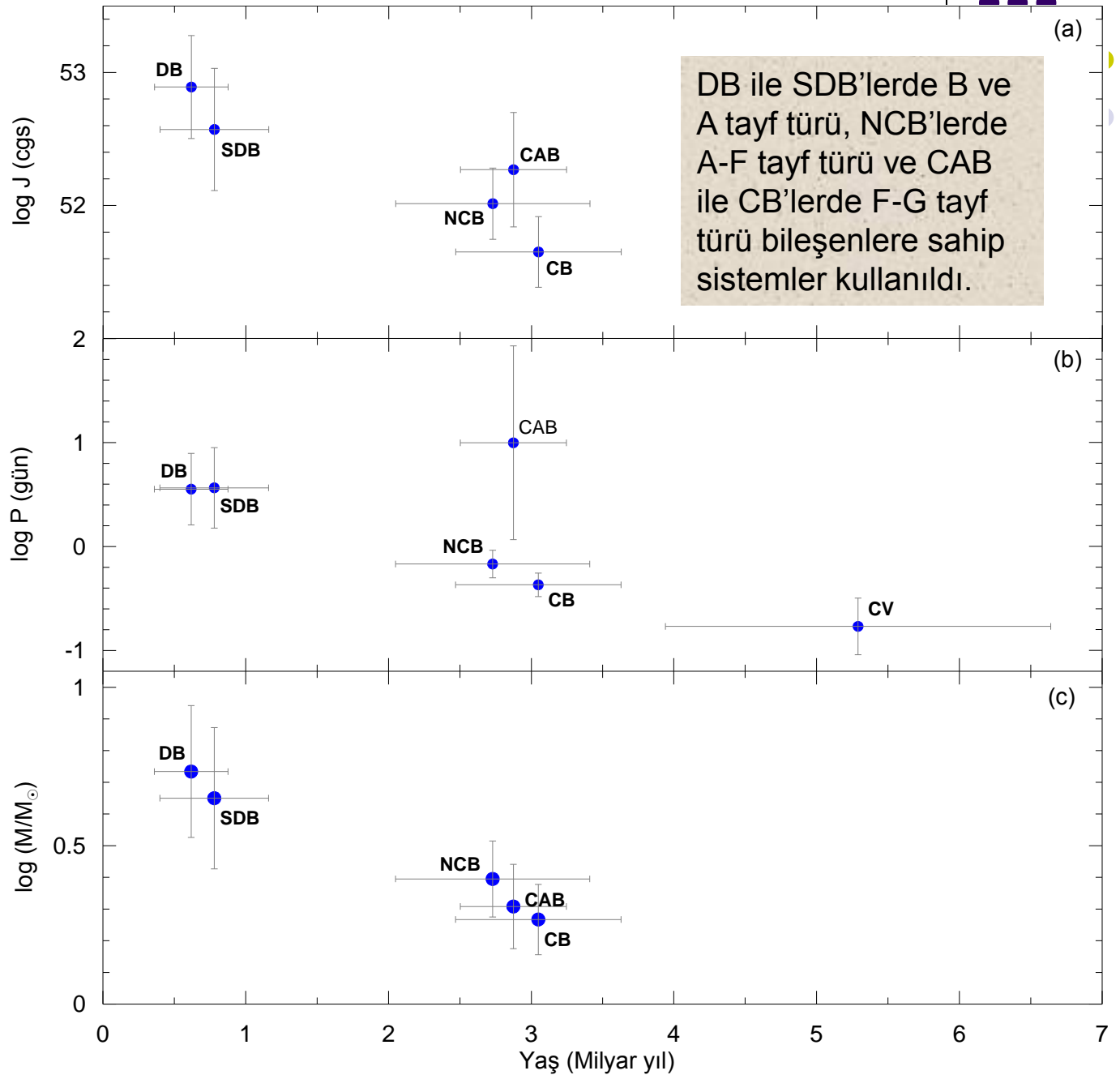
Çift yıldızlarda akrabalık ilişkileri ?

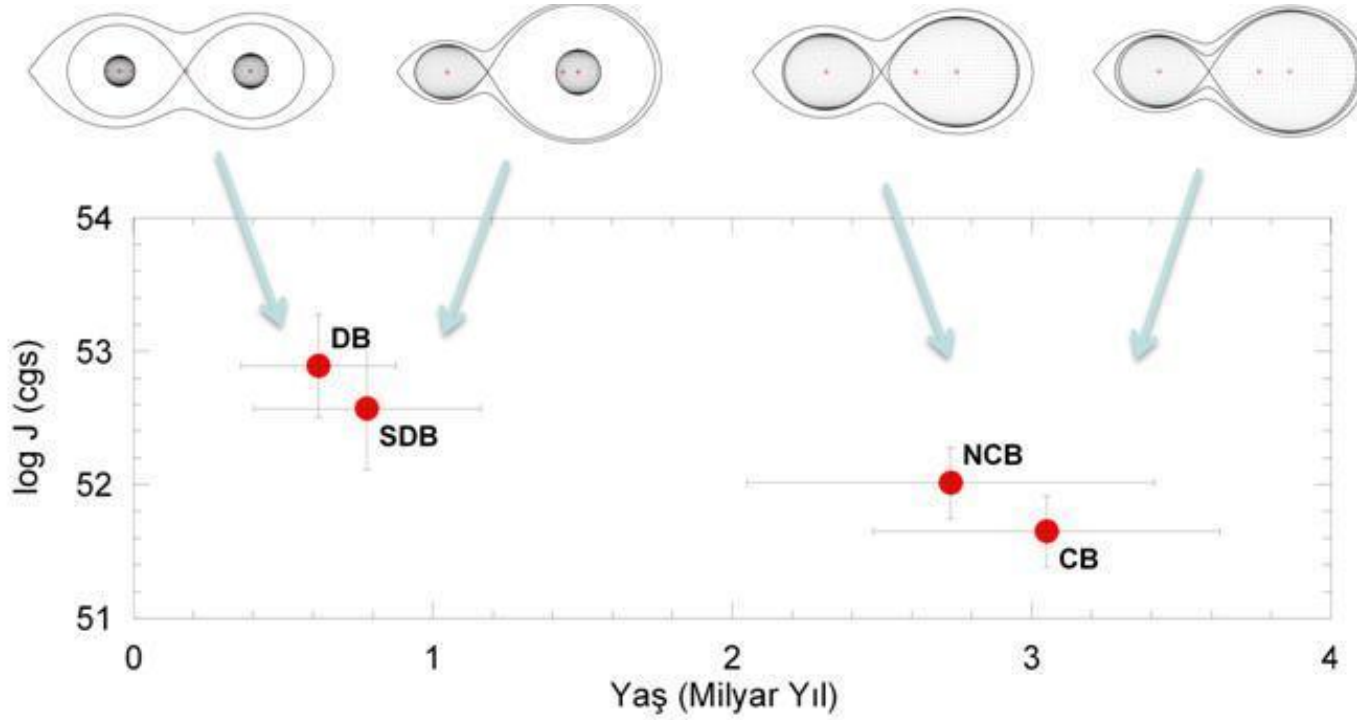
- Tüm sistemlerin ince disk üyeleri için değerlendirme yapıldığında:
- ???



Çift yıldızlarda akrabalık ilişkileri ?

- Tüm sistemlerin ince disk üyeleri için **aynı tayf türü** aralıklarında değerlendirme yapıldığında:
- **DB-SDB ve NCB-CB arası geçişler !**
- **NCB, A türü CB' lere daha yakın özellikler gösteriyor.**





Yakın çift yıldızlarda yörünge açısal momentumunun (J) kinematik yaş ile değişimi.

Çalışmanın çıktıları:

- 5 SCI yayın (MNRAS, AJ, PASA, 2 NewA)
- Uluslararası kongre/çalıştay: 3 bildiri ve 3 poster
- Ulusal kongre/çalıştay: 4 bildiri
- 2 YL tezi
- ...



TEŞEKKÜRLER ...

Bu çalışma 111T224 numaralı TÜBİTAK Projesi ile desteklenmiştir.