

## Algol Türü TX UMa, R CMa ve RW Per'in Dönem Analizi

Selim SELAM ve Osman DEMİRCAN  
A.Ü. Gözlemevi, Fen Fakültesi, 06100, Tandoğan, ANKARA

**Giriş:** Bu çalışmada algol türü TX UMa, R CMa ve RW Per'in dönem değişimi karakterleri incelenmiştir. Bu amaçla sistemlerin literatürde mevcut tüm minimum zamanları, orijinal kaynaklarına ulaşılarak derlenmiş ve (O-C) analizi uygulanarak sistemlerin yeni ışık elemanları bulunmuştur. Her üç sistemin de yörünge dönemi bir veya birkaç çevrimsel yapıya dönüşüm göstermektedir. Bu değişimler çevrimsel yapıya dönüşümünün yorumlanmasında kullanılan yeni modellerin ışığı altında analiz edilmiştir. Sistemlere ilişkin oluşturulan (O-C) diyagramlarında "o" sembolü fotoelektrik, "+" fotografik, "-" ise görsel verileri temsil etmektedir. Çizelge 1 de, hesaplamalarda kullanılan her bir sisteme ilişkin salt boyutlar verilmiştir. Çizelge 2 de ilave cisim yaklaşımı için bulunan parametreler:  $a_{12}$  ikili sistemin, ilave cisim ile oluşturduğu ortak kütle merkezine olan uzaklığı,  $f(m)$  ilave cismin için kütle fonksiyonu,  $M$  ilave cismin kütlesi,  $a$  ilave cismin, ikili sistem ile oluşturduğu ortak kütle merkezine olan uzaklığı,  $a'$  ikili sistem ile ilave cisim arası uzaklık,  $\alpha$  ikili sistem ile ilave cisim arası açısal ayrıklık,  $\Delta m$  ikili sistem ile ilave cisim arası parlaklık farkıdır (burada eski işaretleri çift sistemin daha parlak olduğunu göstermektedir). Manyetik aktivite çevrimi yaklaşımı için Applegate (1992) kuramı dikkate alınmıştır. Çizelge 3 de listelenen parametreler ise:  $\Delta P$  dönem değişimi genliği,  $\Delta E$  bu değişimi gerektirecek enerji miktarı,  $\Delta J$  değişim sürecinde transfer edilen momentum miktarı,  $\Delta m$  değişim nedeni ile çift sistemin parlaklığında oluşacak değişim,  $B_s$  aktif bileşenin yüzey manyetik alan şiddetidir.

Çizelge 1. Sistemlerin salt boyutları

	TX UMa	R CMa	RW Per
Tayf T(1)	B8V	F2V	A5IIIe
Tayf T(2)	G0III-IV	G8IV-V	G0III
i	81°.7	79°.9	81°.6
q	0.295	0.13	0.15
$M_1(M_\odot)$	6.1	1.52	2.56
$M_2(M_\odot)$	1.8	1.2	0.38
$R_1(R_\odot)$	2.8	1.73	2.8
$R_2(R_\odot)$	4.9	0.86	7.3
$T_1(^{\circ}K)$	17000	7050	9700
$T_2(^{\circ}K)$	7000	6000	4200
$L_1(L_\odot)$	586.7	6.64	62
$L_2(L_\odot)$	51.7	0.86	33
kaynak	Grygar vd. (1991)	Radhakrishnan vd. (1984)	Wilson&Plavec (1988)

### TX UMa

Rügemer (1931) ve Schneller (1931) tarafından bağımsız olarak keşfedilen TX UMa, Algol türü bir çift yıldız sistemidir. Sistemin eski gözlemlerine ilişkin detaylar Wood (1946) ve Koch (1961) de yer almaktadır. Sistemin son fotometrik analizi Oh ve Chen (1984) tarafından, tayfsal yörünge analizi ise Komzik vd. (1992) tarafından yapılmıştır. Hesaplamalar için sisteme ilişkin salt parametreler Grygar vd. (1991) den alınmıştır. Sistemin dönem değişimi gösterdiği ilk kez Rügemer (1935) tarafından ileri sürülmüştür. Plavec (1960) dönem değişiminin çevrimsel bir karaktere sahip olduğunu ve daha önceki araştırmacıların da ileri sürdüğü gibi bu olayın eksen dönmesinden kaynaklandığını söylemiştir. Kreiner ve Tremko (1980) ise dönemin 1965 yılından beri sabit olduğunu ve 1965 de bir dönem atlamaının varlığını öngörmüşlerdir. Kreiner ve Tremko ışık eğrisinin özellikle 1. minimum civarında değişimler gösterdiğini vurgulamışlardır. Literatürden sisteme ilişkin 224 adet minimum zamanı toplanmıştır. Bunlardan 175 adedi görsel, 2 adedi fotografik, 47 adedi ise fotoelektrik minimum zamanlarıdır. O'Keefe (1938)'in görsel gözlemlerinde 1. minimum gözlemi bulunmaktadır. Ancak minimum zamanını vermemiştir. Bu minimum zamanı Kweevan Woerden (1956) yöntemi ile belirlenmiş ve dönem analizinde kullanılmıştır. Sisteme ilişkin minimum zamanları 1904 – 1993 yılları arasında yapılan gözlemleri kapsamaktadır. Bu çalışmada elde edilen ve aşağıda verilen yeni ışık elemanlarının doğrusal kısmı ile oluşturulan (O-C) diyagramı Şekil 1 de verilmiştir. Sistemin (O-C) verileri üst üste binmiş iki sinüsel değişim ile temsil edilebilmektedir. Şekilde kesikli çizgilerle gösterilen bu değişimlerden dönemi büyük olanının genliği  $0^{\circ}.054$ , dönemi 75.5 yıl, kısa dönemli olanının genliği  $0^{\circ}.019$ , dönemi 31.0 yıldır. Bu iki çevrimsel yapının ortak etkisi ise şekildeki sürekli eğri ile temsil edilmiştir. Modelin verilerden olan artık karelerinin toplamı  $\chi^2=0.031$  dir. Buna göre sistemin yeni ışık elemanları,

$$HJD \text{ MinI}=2448594.5224+3^{\circ}.06329554 * E+0^{\circ}.054 \sin[(2\pi(E+200)/9000)-\pi/2]+0^{\circ}.019 \sin[(2\pi(E+1180)/3700)-\pi/2]$$

olmaktadır. Bu çevrimsel yapıların (i) ilave bileşen yıldızların yarattıkları ışık-zaman etkisinden ve/veya (ii) çift sistemdeki mevcut düşük kütleli geç tayf türünden bileşenin çevrimsel manyetik alan etkisinden kaynaklanabileceği düşünüülerek bu modellere ilişkin parametreler hesaplanmış ve sırasıyla Çizelge 2 ve 3 de listelenmiştir. İlave cisimler TX UMa'dan  $3^m.0$  ve  $5^m.2$  daha sönüktürler. Dolayısıyla çift sistemin tayfında çizgileri görülemeyecektir. Ancak Speckle interferometre gözlemlerinin  $0^{\circ}.02$  açısal ayırma gücüne ulaşabildiği dikkate alınırsa, bu ilave cisimlere gözlemsel kanıtın bu gözlem tekniğinden bulunabileceği açıktır. Manyetik aktivite çevrimi dikkate alındığında hesaplanan parlaklık değişimi miktarlarının gözlemsel sınırların dışında kaldığı ve gözlemsel kanıtın bulunamayacağı açıktır. Zaten değişimler için bulunan dönemler, manyetik aktivite çevrimleri için önerilen karakteristik dönemlerden (3-20 yıl, Maceroni vd. 1990) çok büyüktür. Bu durumda ilave bileşen yıldız hipotezi daha olası görülmektedir.

## R CMa

R CMa öten çift sistemi Sawyer (1887) tarafından keşfedilmiştir. Canis Major takım yıldızında keşfedilen ilk değişen yıldızdır. Sistemin eski gözlemlerine ilişkin sonuçlar ve tarihçesi, Dugan (1924), Dugan ve Wright (1939) ve Wood (1946) tarafından oldukça detaylı olarak ele alınmıştır. Sistemin yakın tarihteki fotometrik gözlemleri ve analizi Radhakrishnan vd. (1984) ve Edalati ve Khalessa (1989) tarafından, tayfsal yörünge analizi ise yine Radhakrishnan vd. (1984) ve Tomkin (1985) tarafından yapılmıştır. Hesaplamalar için sisteme ilişkin salt parametreler Radhakrishnan vd. (1984) den alınmıştır. Dönem değişiminin varlığından ilk kez Dugan (1920) söz etmiş ve dönemin kısaldığını söylemiştir. Son olarak Radhakrishnan vd. (1984) dönemi değişiminin çevrimsel bir yapıya sahip olduğunu ve bu olayın sisteme bağlı ve oldukça büyük dışmerkezlikli bir yörüngede dolanan bir üçüncü cisimden kaynaklandığını söylemiştir. Sistemin ışık eğrisinde bazı düzensiz değişimlerin varlığı ilk keşif yıllarından beri bilinmektedir. Literatürden sisteme ilişkin toplanan 175 minimum zamanının 143' ü görsel, 1 adedi fotografik ve 31 adedi fotoelektrik gözlemlerin sonucudur. 107 yıllık bir zaman aralığına dağılmış bu verilere ilişkin (O-C) diyagramı bu çalışmada elde edilen ve aşağıda verilen yeni ışık elemanlarının doğrusal kısmı ile oluşturularak Şekil 2 de verilmiştir. Sistemin (O-C) verileri üst üste binmiş iki sinüsel değişim ile temsil edilebilmektedir. Şekilde kesikli çizgilerle gösterilen bu değişimlerden dönemi büyük olanının genliği  $0^9.12$ , dönemi 182.9 yıl, kısa dönemli olanının genliği  $0^9.005$ , dönemi 52.9 yıldır. Bu iki çevrimsel yapının ortak etkisi ise şekildedeki sürekli eğri ile temsil edilmiştir. Modelin verilerden olan artık karelerinin toplamı  $\chi^2=0.013$  dür. Buna göre sistemin yeni ışık elemanları,

$$\text{HJD MinI}=2444289.485+1^9.1359499 * E+0^9.12 \sin[(2\pi(E-3000)/58800)-\pi/2]+0^9.005 \sin[(2\pi(E-2200)/17000)-\pi/2]$$

olmaktadır. Bu çevrimsel yapıların (i) ilave bileşen yıldızların yarattıkları ışık-zaman etkisinden ve/veya (ii) çift sistemdeki mevcut düşük kütleli geç tayf türünden bileşenin çevrimsel manyetik alan etkisinden kaynaklanabileceği düşünülerek bu modellere ilişkin parametreler hesaplanmış ve sırasıyla Çizelge 2 ve 3 de listelenmiştir. İlave cisimler R CMa'dan  $0^m.7$  ve  $7^m.3$  daha sönüktürler. Bu durumda ikinci ilave cisme ilişkin tayf çizgileri çift sistemin tayfında görülemeyecektir. Ancak birinci ilave cismin tayfta kanıtları görülebilmelidir ve sistemin geçmişte yapılan veya gelecekte yapılacak tayfsal gözlemleri bu açıdan irdelenmelidir. Ayrıca Speckle interferometre gözlemlerinin  $0''.02$  açısal ayırma gücüne ulaşabildiği dikkate alınırsa, bu ilave cisimlere gözlemsel kanıtın bu gözlem tekniğinden de bulunabileceği açıktır. Manyetik aktivite çevrimi dikkate alındığında hesaplanan parlaklık değişimi miktarlarının gözlemsel sınırların dışında kaldığı ve gözlemsel kanıtın bulunamayacağı açıktır. Zaten değişimler için bulunan dönemler, manyetik aktivite çevrimleri için önerilen karakteristik dönemlerden (3-20 yıl, Maceroni vd. 1990) çok büyüktür. Bu durumda ilave bileşen yıldız hipotezi daha olası görülmektedir.

## RW Per

Algol türü RW Per çift sistemi Enebo tarafından 1905 yılında keşfedilmiştir (Schroeter, 1906). Sistemin ilk düzenli fotometrik gözlemleri Pickering (1906), Wendell (1913), Gaposchkin (1953) ve Kodylewska (1961) tarafından yapılmıştır. Sistemin ilk fotometrik yörünge analizi Shapley (1915) tarafından Pickering'in ışık eğrisi üzerine uygulanmıştır. Sistemin son fotometrik gözlemleri ve analizi Wilson ve Plavec (1988) ve Olson vd. (1992) tarafından yapılmıştır. RW Per'in ilk detaylı tayfsal gözlemi ve yörünge analizi Struve (1945) tarafından yapılmıştır. Sistemin son tayfsal yörüngesi ise Popper (1989) tarafından yayınlanmıştır. RW Per'in dönem değişimi gösterdiği ilk kez Woodward (1943) tarafından ileri sürülmüştür. Hall (1969) yaptığı fotometrik gözlemleri ve geriye dönük gözlemleri inceleyerek sistemin 1. min daki tam tutulma evresinin kaybolduğunu ve tutulmanın parçalı hale geldiğini söylemiştir ve bu olayı ana bileşenin yarıçapındaki artışa bağlamıştır. Mayer (1984) ise (O-C) eğrisindeki çevrimsel değişimin bir 3. cisimden kaynaklanabileceğini söylemiştir. Sisteme ilişkin literatürden toplanan toplam 58 minimum zamanının 33 tanesi görsel, 18 tanesi fotografik, 7 tanesi ise fotoelektrik gözlemlerin sonucudur. Olson vd. (1992) de yer alan fakat zamanı verilmeyen 1. minimum gözlemleri için Kwee-van Woerden metodu kullanılarak bir minimum zamanı hesaplanmış ve dönem analizinde dikkate alınmıştır. Sistemin 4 Aralık 1994 ve 10 Aralık 1994 tarihlerinde minimum zamanı tesbiti amacı ile Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde yapılan fotometrik gözlemleri, kötü hava koşulları nedeni ile kesilmiş ve bu gözlemlerden minimum zamanı bulunamamıştır. Buna göre elde edilen veri 104 yıllık bir zaman aralığını kapsamaktadır. Bu çalışmada elde edilen ve aşağıda verilen yeni ışık elemanlarının doğrusal kısmı ile oluşturulan (O-C) diyagramı Şekil 3 de verilmiştir. Sistemin (O-C) verileri bir sinüsel değişim ile temsil edilebilmektedir. Şekilde sürekli çizgi ile gösterilen bu değişimin genliği  $0^9.092$ , dönemi ise 64.3 yıldır. Modelin verilerden olan artık karelerinin toplamı  $\chi^2=0.033$  dür. Buna göre sistemin yeni ışık elemanları,

$$\text{HJD Mini}=2447207.345+13^9.198674 * E+0^9.092 \sin[(2\pi(E+780)/1780)-\pi/2]$$

olmaktadır. Bu çevrimsel yapının (i) ilave bir bileşen yıldızın yarattığı ışık-zaman etkisinden veya (ii) çift sistemdeki mevcut düşük kütleli geç tayf türünden bileşenin çevrimsel manyetik alan etkisinden kaynaklanabileceği düşünülerek bu modellere ilişkin parametreler hesaplanmış ve sırasıyla Çizelge 2 ve 3 de listelenmiştir. İlave bileşen RW Per'den  $0^m.4$  daha parlaktır. Bu durumda ilave bileşenin tayfta kanıtları görülebilmelidir ve sistemin geçmişte yapılan veya gelecekte yapılacak tayfsal gözlemleri bu açıdan irdelenmelidir. Ayrıca Speckle interferometre gözlemlerinin  $0''.02$  açısal ayırma gücüne ulaşabildiği dikkate alınırsa, bu ilave bileşene gözlemsel kanıtın bu gözlem tekniğinden de bulunabileceği açıktır. Manyetik aktivite çevrimi dikkate alındığında hesaplanan parlaklık değişimi miktarı gözlemsel sınırların dışında kaldığı ve gözlemsel kanıtın bulunamayacağı açıktır. Zaten değişim için bulunan dönem, manyetik aktivite çevrimleri için önerilen karakteristik dönemlerden (3-20 yıl, Maceroni vd. 1990) çok büyüktür. Bu durumda ilave bileşen yıldız hipotezi daha olası görülmektedir.

## KAYNAKLAR

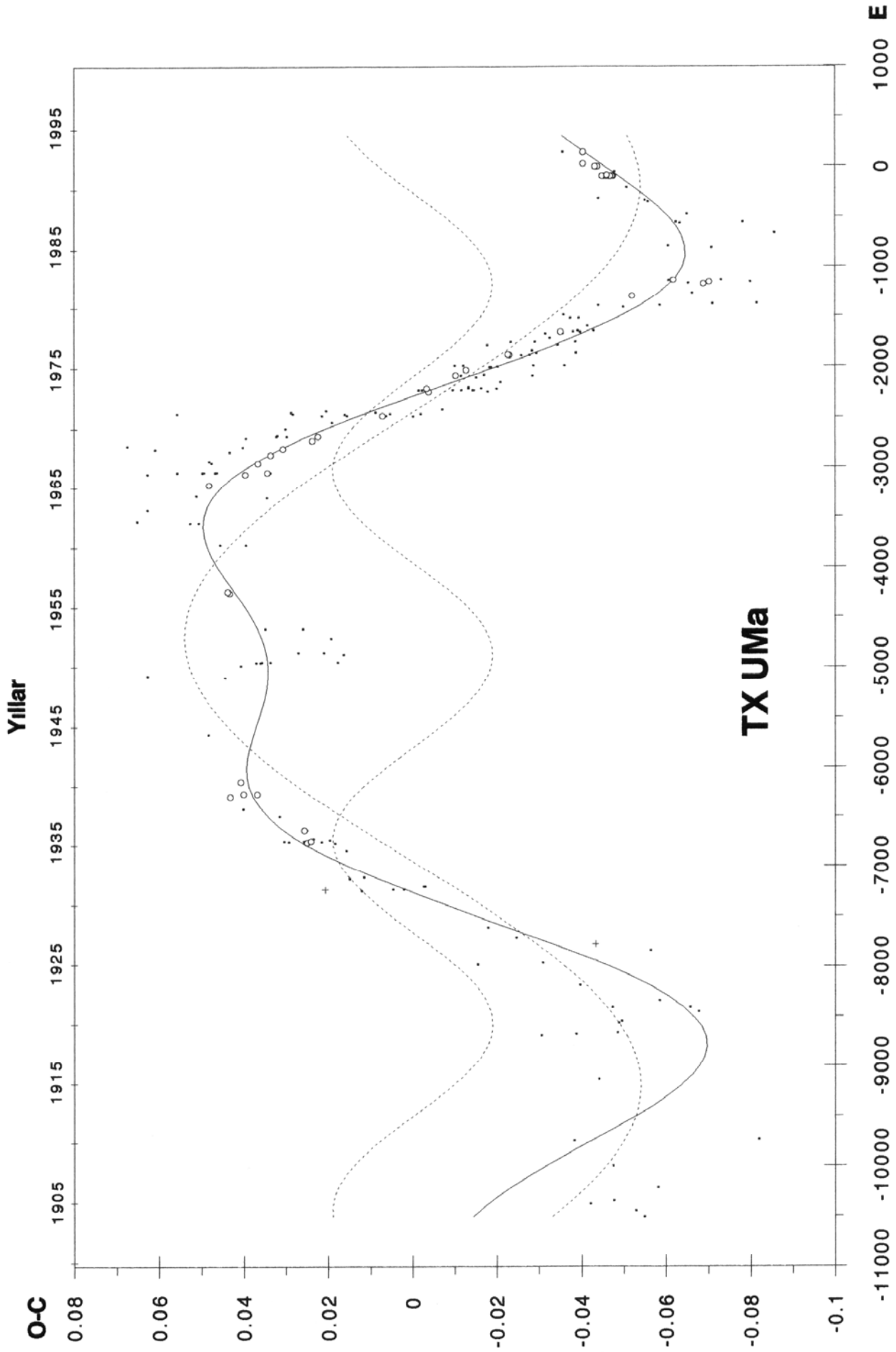
- Applegate J.H., 1992, ApJ, 358, 621  
 Dugan R.S., 1924, PC, no:6  
 Dugan R.S., Wright F.W., 1939, PC, no:19  
 Edalati M.T., Khalessa B., 1989, Ap&SS, 151, 1  
 Gaposchkin S., 1953, HA, 113, 68  
 Grygar J., Hric L., Komzik R., Sima Z., 1991, Ap&SS, 185, 189  
 Hall D.S., "Mass Loss From Stars", Ed: M. Hack, Dordrecht, p.171  
 Koch R.H., 1961, AJ, 66, 330  
 Kordylewska J., 1961, AcA, 11, 43  
 Kreiner J.M., Tremko J., 1980, BAC, 31, 343  
 Kwee K.K., van Woerden H., 1956, BAN, 12, 327  
 Mayer P., 1984, BAC, 35, 180  
 Oh K.-D., Chen K.-Y., 1984, AJ, 89, 126  
 Olson E.C., Schaefer B.E., Lines R., Lines H., Fried R.E., 1992, AJ, 103, 256  
 Pickering E.C., 1906, HC, no:114  
 Plavec M., 1960, BAC, 11, 148  
 Popper D.M., 1989, ApJS, 71, 595  
 Radhakrishnan K.R., Sarma M.B.K., Abhyankar K.D., 1984, Ap&SS, 99, 229  
 Rügemer H., 1931, AN, 242, 177  
 Rügemer H., 1935, AN, 257, 349  
 Sawyer E.F., 1887, AJ, 7, 119  
 Schneller H., 1931, AN, 242, 180  
 Schroeter J.Fr., 1906, AN, 170, 357  
 Shapley H., 1915, PC, no:3  
 Struve O., 1945, ApJ, 102, 74  
 Wendell O.C., 1913, HA, 69, 149  
 Wood F.B., 1946, PC, no:21  
 Woodward E.C., 1943, HB, 917, 7

Çizelge 2. İlave cisim parametreleri

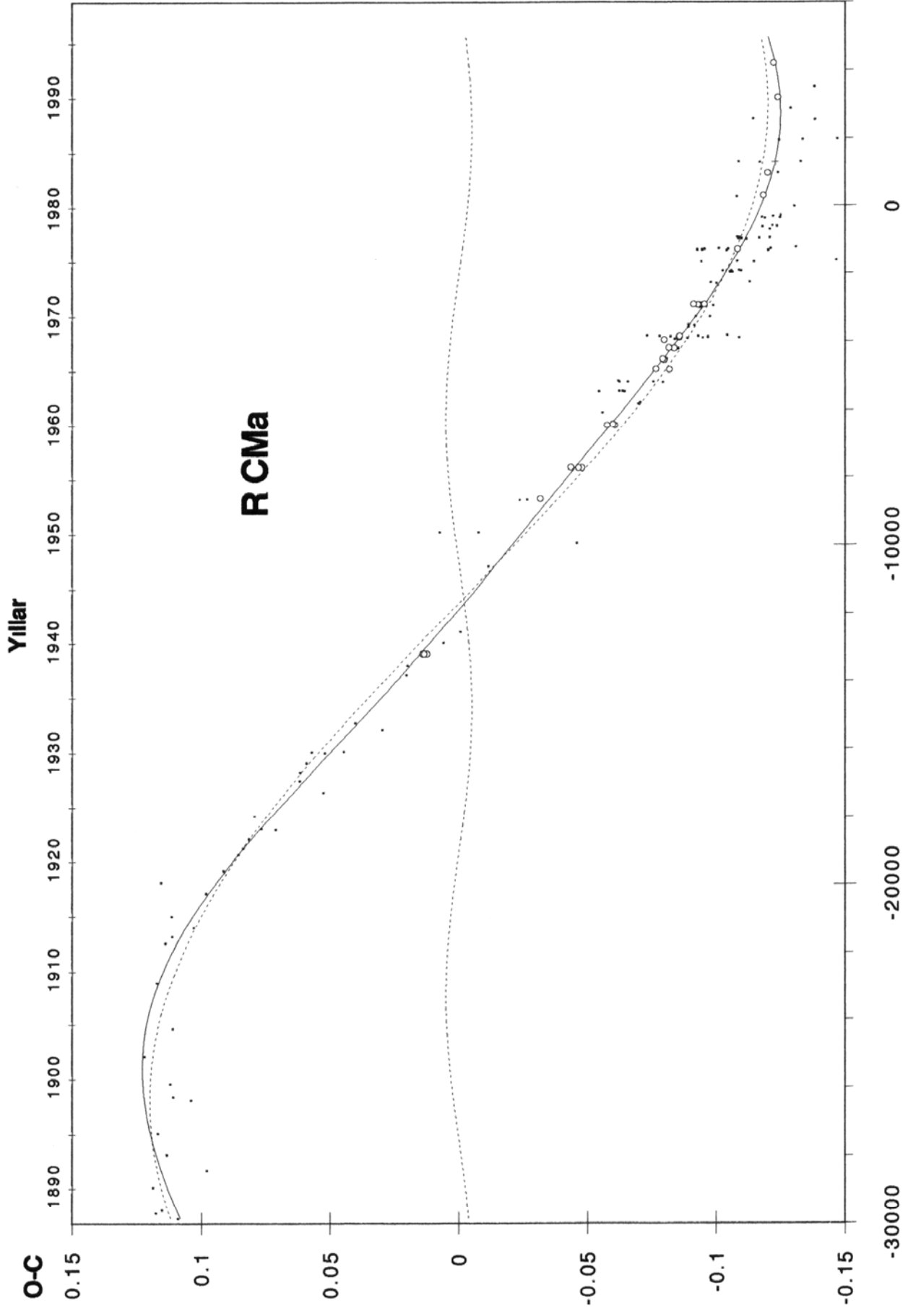
	TX UMa		R CMa		RW Per
	Sin 1	Sin 2	Sin 1	Sin 2	
$a_{12}$ (AB)	9.5	3.3	21.1	2.6	16.1
$f(m)$ ( $M_{\odot}$ )	0.144	0.037	0.269	0.006	0.979
$M$ ( $M_{\odot}$ )	2.5	1.5	1.4	0.3	3.5
$a$ (AB)	29.6	17.4	26.0	15.0	13.7
$a'$ (AB)	39.02	20.7	47.1	17.6	29.8
$P$ (yıl)	75.5	31.0	182.9	52.9	64.3
$\alpha''$	0.249	0.132	1.095	0.408	0.068
$\Delta m$	$-3^m.00$	$-5^m.21$	$-0^m.69$	$-7^m.25$	$0^m.40$

Çizelge 3. Manyetik aktivite çevrimi parametreleri

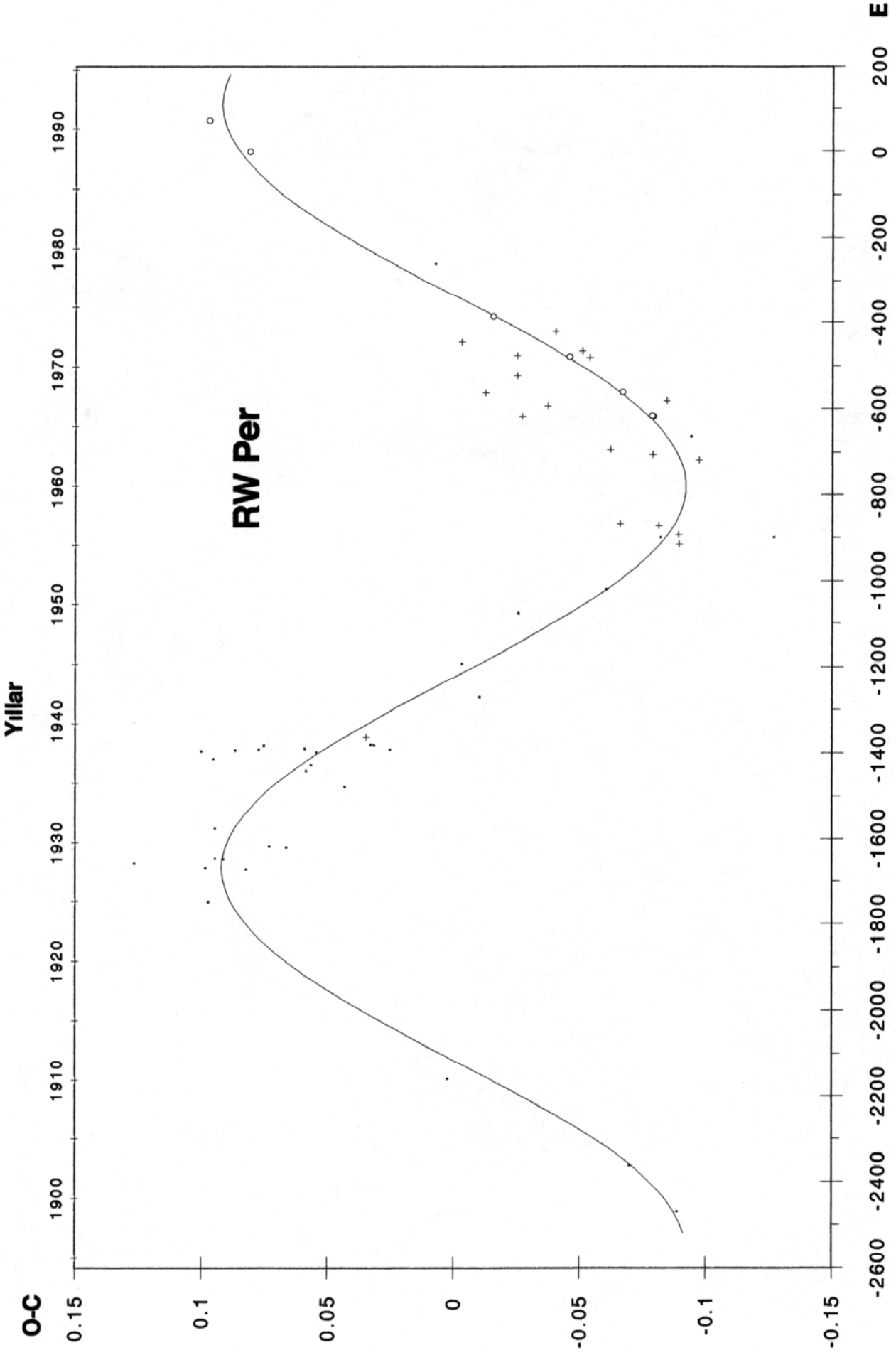
	TX UMa		R CMa		RW Per
	Sin 1	Sin 2	Sin 1	Sin 2	
$\Delta P$ (sn/çev)	3.257	2.788	1.108	0.479	28.058
$\Delta J$ (cgs)	$-1.70 \cdot 10^{48}$	$-1.45 \cdot 10^{48}$	$-3.46 \cdot 10^{46}$	$-1.50 \cdot 10^{46}$	$-5.15 \cdot 10^{47}$
$\Delta E$ (cgs)	$2.08 \cdot 10^{41}$	$1.52 \cdot 10^{41}$	$1.34 \cdot 10^{40}$	$2.51 \cdot 10^{39}$	$4.08 \cdot 10^{40}$
$\Delta L$ (cgs)	$2.74 \cdot 10^{32}$	$4.88 \cdot 10^{32}$	$7.32 \cdot 10^{30}$	$4.73 \cdot 10^{30}$	$6.32 \cdot 10^{31}$
$B_s$ (Gauss)	3643	5256	3071	3756	1298
$\Delta m$	$0^m.0001$	$0^m.0002$	$0^m.0003$	$0^m.0002$	$0^m.0002$



**Şekil 1**



**Şekil 2**



**Şekil 3**