

# ALGOL TÜRÜ ÖRTEN ÇİFT YILDIZ ST PERSEI'NİN DÖNEM DEĞİŞİMİ

**Selim SELAM ve Osman DEMİRCAN**

A.Ü. Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100, Tandoğan, ANKARA

## ÖZET

Algol türü örten çift yıldız ST Persei'nin 1907-1991 yılları arasında elde edilmiş minimum zamanlarına ilişkin (O-C) eğrisi (i) iki ayrı sinüs eğrisinin bileşimi olarak (ii) farklı eğimlere sahip doğru parçaları ile ve (iii) bir parabol parçası üzerine binmiş periyodik bir değişimle aynı ölçüde ifade edilmektedir. Sistemin bugüne kadar gözlenmiş yalnız iki tane ikinci minimumu bulunmaktadır ve (O-C) eğrisi üzerindeki konumları gereği, sistemde eksen dönmesinin olmadığını göstermektedir. (O-C) eğrisi göz önüne alınarak sistemin dönem değişiminin karakteri (i) bileşenler arasındaki kütle aktarımı ve sistemden kütle kaybı, (ii) manyetik aktivite çevrimi ve (iii) sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü ve dördüncü cisimlerin varlığı açısından irdelenmiştir.

## 1. Giriş

ST Persei klasik Algol-türü bir çift sistemdir ve ışık değişimi Leavitt (1907) tarafından keşfedilmiştir. Sistemin fotometrik çalışmaları Wood (1946), Srivastava (1970), Weis ve Chen (1976), Mezzetti vd. (1980) ve Olson (1982a,b) tarafından yapılmıştır. Sistem yakın bir astrometrik bileşene sahiptir (bkz. Weis ve Chen, 1976). Olson (1982a) gözlenmiş renk değerlerine dayanarak sistemin bileşenlerinin tayf türlerini A3 V ve K1-2 IV olarak vermiştir. Sistemin tayfsal elemanları Struve (1946) ve Blanco ve Tollinchi (1957) tarafından belirlenmiştir. Sisteme ilişkin fiziksel parametreler Çizelge 1 de verilmiştir.

Tsesevich (1957), Wood (1946), Olson vd. (1981), Olson (1985), Srivastava (1988) ve Diethelm (1990) yalnızca birinci minimum zamanlarını kullanarak sistemin dönem değişimini incelemiştir. Srivastava (1988) yaptığı çalışmada 1908-1985 yılları arasında her biri  $10^{-5}$  veya  $10^{-4}$  gün mertebesinde olan yedi ayrı dönem atlamasının ( $\Delta P$ ) varlığından bahsetmiştir. Bunun yanında 1960-1982 yılları arasında (O-C) eğrisinin göstermiş olduğu önemli yapıyı, sistemde mevcut iki veya daha fazla sayıdaki bileşen yıldızların yarattığı ışık-zaman etkisi olarak yorumlamıştır. Ancak Srivastava'nın bu çalışması çok sayıda hata ve çelişkileri içermektedir. Örneğin önceden hesaplanmış ışık elemanlarının epoch değerlerini minimum zamanı gibi değerlendirerek (O-C) analizinde hesaba katmıştır. Ayrıca minimum zamanları listesi 102 veri içermektedir ve oldukça eksiktir. Dolayısıyla vermiş olduğu ortalama ışık elemanlarının hiç bir anlamı yoktur.

Diethelm'in (1990) çalışması Srivastava'ya oranla daha fazla sayıda minimum zamanı içermektedir ve grafik formatta sistemin (O-C) eğrisini içermektedir. Diethelm (O-C) eğrisinine dayanarak ST Per'in son 90 yıl içerisinde en az beş kez ani dönem değişimi gösterdiğini ifade etmiş ve ortalama dönemin birkaç yıl ara ile  $P_1=2^9.648315$  ile  $P_2=2^9.648325$  değerleri arasında değişim gösterdiğini söylemiştir.

## 2. Minimum Zamanları ve Dönem Değişimi

Bu çalışmada ST Persei'nin göstermiş olduğu ilginç dönem değişimi, çevrimsel yapılı dönem değişimlerinin yorumlanmasında ileri sürülen yeni modellerin ışığında analiz edilmiştir. Bu amaçla ST Per'in gözlenmiş minimum zamanları, orijinal kaynaklarına ulaşılarak yeniden derlenmiş ve Ekim 1907 - Ocak 1991 tarihleri arasında gözlenmiş toplam 213 minimum zamanına ulaşılmıştır. Verilerin büyük bir kısmı (201 adet) görsel gözlemlerin sonucudur. Toplanan tüm minimum zamanlarına ilişkin (O-C) artıkları "General Catalogue of Variable Stars"da ST Per için verilen doğrusal ışık elemanları,

$$\text{Min I} = \text{HJD } 2442436.588 + 2^9.648315 \times E$$

ile hesaplanmıştır ve (O-C<sub>1</sub>) ile gösterilmiştir. (O-C<sub>1</sub>) değişimi grafik formatta Şekil 1 de görülmektedir. (O-C) diyagramı görünümünün, C epochlarının hesaplanması sırasında kullanılan P dönem değerine fazlaca bağımlı olduğu bilinmektedir. Böylece çeşitli dönem değerleri kullanılarak farklı görünümde (O-C) diyagramları elde edilebilmektedir. Şekil 2. de bu duruma bir örnek görülmektedir. Bu şekilde C<sub>2</sub> epochları  $T_0 = \text{HJD}2442436.588$  ve  $P_0 = 2^9.648343$  ışık elemanları kullanılarak hesaplanmıştır ve karşılık gelen artıklar (O-C<sub>2</sub>) ile gösterilmiştir. Derlenen minimum zamanlarına, Şekil 1 ve Şekil 2 ye dayanarak:

1. Minimum zamanlarının büyük bir kısmı (%94) BBSAG amatör astronomi grubunun görsel gözlemleridir. Görsel minimum zamanlarının ortalama hatası  $0^9.004$  değerini geçmemektedir. Bunun dışında 10 fotoelektrik ve 2 fotografik minimum zamanı bulunmaktadır.
2. Gözlemsel güçlükler nedeni ile sistemin ikinci minimumu yalnızca iki defa gözlenebilmiş durumdadır (her ikisi de fotoelektrik). Bunlardan biri Srivastava'nın kendi gözlemlerinden elde ettiği değerdir. İkincisi ise Weis ve Chen'ın (1976) I ve R bandlarındaki fotometrik gözlemlerinden yararlanılarak bizim tarafımızdan hesaplanmıştır.

3. Tüm görsel minimum zamanlarından yalnızca 5 tanesi (O-C) trendinin genel yapısından sapmaktadır ve bu noktalar dönem analizi hesaplarında dikkate alınmamıştır.
4. (O-C) diyagramlarına bakıldığında oldukça büyük iki boşluk görülmektedir. Birincisi Mart 1912 ile Ocak 1925 arasında, diğeri ise Mart 1942 ile Ekim 1945 arasındadır. Bu boşluklar birinci ve ikinci dünya savaşlarına denk gelmektedir. Srivastava (1988) ve Diethelm'in (1990) derlemelerinde ikinci boşluk daha büyüktür. Bu aralıklarda verilerin bulunmaması, sistemin dönem değişiminin karakteri üzerinde kesin yorumların yapılmasını engellemektedir.
5. 1953 ten sonra Şekil 1 de yer alan (O-C) eğrisi dönemi  $20.0 \pm 0.7$  yıl ve genliği  $0.028 \pm 0.006$  gün olan oldukça düzgün yapılı bir sinüsoidal değişim göstermektedir. Bu sinüsoidal yapılı değişim, iki büyük boşlukla beraber 1953 ten geriye doğru ekstrapole edilebilirdi. Ancak minimum zamanları ile ilgili yeni derlememiz ikinci büyük boşluğun 1945 ten sonraki kısmını doldurmuş durumdadır ve geriye doğru bu ekstrapolasyonu kısıtlamaktadır. Şekil 1 de son yıllardaki veriler 1980 den bu yana dönemde bir artmayı işaret ederken, dönemli yapıya sahip değişim gereği şu sıralarda dönemin azalması gerekmektedir.
6. Şekil 2 de görülen (O-C<sub>2</sub>) diyagramı oldukça farklı görünümündedir ve bu diyagramda dönem değişimine ilişkin detaylar daha açık bir şekilde görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi (O-C<sub>2</sub>) değişimi ardışık ve yön değiştiren ani dönem değişimleri ile kolayca ifade edilebilmektedir. Bu yolla olası ani dönem atlamalarının oluşum tarihleri 1951.0, 1965.8, 1974.0 ve 1984.9 olarak tespit edilirken 1909.8, 1935.6, 1935.9 ve 1989.8 civarında da bu tür ani değişimlerin varlığından söz edilebilmektedir (Şekil 2). Ardışık dönem atlamaları arasında dönemin sabit kaldığı varsayılarak, her bir dönem kesikliliği için epoch değeri, her bir aralıktaki ortalama dönem değeri ve dönemde oluşan ani değişim miktarı hesaplanmış ve Çizelge 2 de listelenmiştir. Çizelge 2 den dönem atlaması sayısını,  $t_n$  dönem kesikliliğinin tahmin edilen zamanını,  $P_n$  her bir aralıktaki ortalama dönem değerini,  $\Delta E_n$  ortalama dönem  $P_n$  'in sabit kaldığı zaman aralığını,  $\Delta P_n$  ise  $t_n$  civarında oluşan dönem atlaması miktarını vermektedir. Bu çizelgedeki ilk üç ve sonuncu dönem kesiklilikleri daha az olasıdır. Burada ilginç olan, dönem atlamalarının genliklerinin ve sabit dönemle geçen sürelerin eşit olmamasına rağmen en son atlamının dışında birbirlerini ardışık olarak farklı işaretlerle takip etmeleridir. Yani bir dönem azalmasını mutlaka bir dönem artması izlemektedir. Bu ise uzun zaman aralığında momentumun kısmen korunabildiği anlamına gelmektedir.
7. Tüm verilere uygulanan ikinci derece en küçük kareler yaklaşımı  $5.2 \times 10^{-7}$  gün yıl<sup>-1</sup> (yüzyıl başına  $\approx 4.5$  sn) mertebesinde seküler bir dönem azalmasını

gerektirmektedir. Bu ise sistemden düşük düzeyde bir kütle ve momentum kaybını işaret etmektedir.

8. Oldukça farklı iki zamanda elde edilmiş ikinci minimum zamanları, birinci minimum zamanlarının oluşturduğu (O-C) trendi ile tam bir uyum içerisinde. Dolayısıyla sistemde eksen dönmesinin varlığından söz edilemez.
9. (O-C) değişimi Şekil 3 a ve b de görülen farklı iki teorik sinüs eğrisinin üstüste binmiş şekli ile de oldukça iyi temsil edilebilmektedir. Ardışık yaklaşımlar sonucu gözlemsel değerlerle en iyi uyumu sağlayan iki sinüs eğrisinin dönemleri 22.5 ve 83 yıl ve genlikleri  $0^g.030$  ve  $0^g.060$  dir. Bu teorik sinüs eğrileri için epochlar sırasıyla -4600E ve 1250E olarak belirlenmiştir. 1980 den bu yana dönemde görülen azalma ve (O-C) eğrisinin son kısımları bu değişimle oldukça iyi temsil edilebilmiştir. Böylece ST Per'in yeni ışık elemanları

$$\text{Min I} = \text{HJD } 2442436.593 + 2^g.648345 * E + 0^g.015 \sin[(2\pi(E+4600)/3100) - \pi/2] \\ + 0^g.030 \sin[(2\pi(E-1250)/11400) - \pi/2]$$

olarak belirlenmiştir. Bu ışık elemanlarına göre (O-C) salınımının gelecekteki maksimumu 1997.9 da gerçekleşecektir.

### 3. Yorum ve Tartışma

#### 3.1 Kütle Kaybı ve Kütle Transferi

(O-C) analizi sonucunda ST Per sisteminin ortalama döneminin uzun zaman aralığında oldukça yavaş (seküler) bir şekilde ( $\approx 5.2 \times 10^{-7}$  gün yıl<sup>-1</sup>) azaldığı, bunun yanında dönemin kısa zaman aralıklarında genlikleri ve zaman aralıkları eşit olmayan ve ardışık olarak işaret değiştiren değişimler gösterdiği saptanmıştır. Dönemde görülen seküler azalma kütle aktarımı ile açıklanamamaktadır. Çünkü klasik Algol'lerde kütle aktarımının yönü düşük kütleli ikinci bileşenden büyük kütleli birinci bileşene doğrudur ve kesikli (episodik) bir yapı göstermektedir. Olson (1985), yine bir klasik Algol olan U Cep sisteminde  $\approx 10^{-6} M_{\odot}$  yıl<sup>-1</sup> mertebesinde ani kütle akımlarının bulunduğunu ve bu akımların sistemin dönem değişimi üzerinde hiç bir etki yaratmadığını açıkça göstermiştir. Diğer taraftan teorik bulgular yakın çift yıldızlarda düşük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene madde aktarımı sırasında yörünge döneminin artmasını gerektirmektedir. Bu nedenle ST Per'de görülen seküler dönem azalması, büyük kütleli bileşenden küçük kütleliye madde aktarımının da mümkün olmaması nedeni ile ancak sistemden madde ve momentum kaybı ile oluşabilir. Açısal momentum kaybı (AMK) teorisi (Mochnacki 1981, Rahunen 1981, Vilhu 1982) ST Per'deki seküler dönem azalmasını açıklayabilmektedir. Düşük kütleli ikinci bileşenin manyetik rüzgarı sonucu

açısal momentum kaybının olduğu, dolayısıyla yörünge döneminin dönme-dolanma kitlenmesi sonucu azaldığı göz önüne alınır ve ST Per'in Çizelge 1 de yer alan mutlak boyutları Guinan ve Bradstreet'in (1988) kalibre edilmiş

$$dP/dt = 1.1 \cdot 10^{-8} q^{-1}(1+q)^2(M_1+M_2)^{-5/3} k^2(M_1R_1^4+M_2R_2^4)P^{-7/3}$$

bağıntısında yerine konursa, elde edilen teorik dönem azalması miktarı, gözlemsel olarak bulunan değerden 100 kat daha az çıkmaktadır. Teorik değerlerin düşük olması Guinan ve Bradstreet'in (1988) formüllerini görece olarak daha yavaş dönen yıldızlarla kalibre etmiş olmalarından kaynaklanmış olabilir. Seküler dönem azalması, skaler formdaki genel bağıntı

$$\Delta P/P = (3\Delta L/L) - [3-M_1/(M_1+M_2)] \Delta M_1/M_1 - [3-M_2/(M_1+M_2)] \Delta M_2/M_2$$

ifadesi kullanılarak tekrar incelenmiştir. Bu bağıntı yörünge dönemindeki değişimleri yörünge açısal momentumundaki değişimlere bağlayan en genel ifadedir. Burada Açısal momentum kaybı  $\Delta L = \Delta L$  nin sistemden manyetik rüzgar sonucu olduğu düşünülür ve düşük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene  $10^{-7} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$  mertebesinde bir yavaş kütle aktarımının varlığı da göz önüne alınırsa yukarıdaki bağıntı ile  $\Delta L/L = -1.05 \times 10^{-7}$  mertebesinde oldukça büyük bir açısal momentum kaybı elde edilmektedir. Burada  $\Delta L = k^2 \delta M r_a^2 \omega$  ve  $L = \omega a^2 M_1 M_2 / (M_1 + M_2)$  olduğu düşünülürse  $\delta M (r_a/a)^2 = -4.56 \times 10^{-7}$  elde edilmektedir. Burada  $\omega$  ikinci bileşenin açısal dönme hızı olup, senkronizasyon nedeni ile yörünge açısal dönme hızına eşittir,  $\delta M$  manyetik rüzgar ile kaybedilen kütle miktarı,  $r_a$  Alfven yarıçapı,  $k^2$  ise jirasyon sabiti olup değeri 0.1 e (bkz. Webbink 1976) eşittir. Son eşitliğin ancak  $\delta M$  nin veya  $r_a$  nın (veya her ikisinin) büyük olması ile geçerli olacağı açıktır. Kütle kaybı miktarı için olası en yüksek değer  $\delta M \approx 10^{-10} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$  (bkz. Reimers 1975, Tout ve Eggleton 1988) dikkate alındığında eşitliği sağlayan Alfven yarıçapı  $840 R_{\odot}$  olarak bulunmaktadır. Daha küçük Alfven yarıçapları için sistemden kaybedilen kütle miktarı yukarıda önerilen üst limiti aşmaktadır. Bu durum, ancak maddenin büyük bir kısmının ( $10^{-7} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$  düzeyinde) episodik Roche lobu taşmaları sırasında açısal momentumu ile beraber sistemi terk etmesi sonucu mümkün olabilir.

Bir önceki bölümde ST Per'in dönem değişiminin alternatif bir karaktere sahip olduğunu ve net etkinin seküler bir dönem azalmasını işaret ettiğini belirtmiştik. Eğer ani dönem azalmalarını ikinci bileşenden episodik Roche lobu taşmaları sonucu oluşan madde ve momentum kaybı olarak yorumlarsak, ani dönem artmalarını da birinci bileşenin zaman zaman madde ve momentum kazanması şeklinde de açıklayabiliriz. Bu ise ikinci bileşenden kaybedilen kütlelerin belli zaman aralıklarında birinci bileşen tarafından yakalanması anlamına gelmektedir. Bir önceki bölümde özetlenen ani dönem atlamalarına göre birbirini takip eden üç dönem azalması ve artması ortalama dönemde sırasıyla  $-2.53 \times 10^{-6} \text{ gün yıl}^{-1}$  azalma ve  $+2.38 \times 10^{-6} \text{ gün yıl}^{-1}$  artmaya neden olmaktadır.

Aralarındaki fark  $-1.5 \times 10^{-7}$  gün yıl<sup>-1</sup> olup bir önceki bölümde parabolik en küçük kareler fiti ile elde edilen seküler dönem azalmasından oldukça küçüktür. Bu durumun ani dönem değişimlerinin tanımlanmasındaki belirsizliklerden kaynaklandığı düşüncesindeyiz.

Olson (1982a) episodik kütle aktarımına ilişkin fotometrik delillerin var olup olmadığını görebilmek açısından ST Per'in birinci minimumunu Kasım 1978 ile Kasım 1980 arasında altı gece gözlemiş, ancak gözlemlerde bu tür bir etkinin yer almadığını söylemiştir. Olson'un gözlemleri 1974.0 daki altıncı ve 1984.9 daki yedinci dönem atlamalarının ortasına düşmektedir (bkz. Çizelge 2). Kaitchuck vd. (1985) ise Kasım 1979 ile Kasım 1984 tarihleri arasında yaptıkları tayfsal gözlemlerde ST Per'in birinci bileşeni etrafında geçici bir yığılma diskinin varlığına ilişkin hiç bir ize rastlamamışlardır. Srivastava'nın (1970) ve Weis ve Chen'in (1976) farklı filtrelerde yapmış oldukları fotometrik gözlemleri yeniden grafiğe döktüğümüzde birinci tutulmanın iniş ve çıkış kollarının simetrik olduğunu ancak tutulma başlangıcından hemen önce ve bitiminden hemen sonra ufak çukurlukların bulunduğunu gördük. Srivastava'nın V bandı gözlemlerinde birinci tutulma parçalı iken diğer bandlardaki tüm gözlemlerde bu tutulma 68.5 dakikalık bir tam evreye sahiptir. Şaşırtıcı olarak Weis ve Chen'in (1976) özellikle I bandındaki ikinci minimumunun oldukça asimetrik bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bu tür bir fotometrik etki ekvatoryal şişkinlikler, akımlar ve sıcak lekelerin varlığı ile açıklanmaktadır (bkz. Olson 1982b, 1985). Bu durumda sistem büyük olasılıkla 1974.0 daki ani dönem azalması sırasında ve hemen öncesinde episodik kütle aktarımına, geçici şişkinliğe, akımlara ve sıcak lekelerle sahiptir. Ancak Olson'a (1985) göre bu tür episodik olgularla dönem değişimi arasında bir korelasyon bulunmamaktadır. Ancak eş zamanlı ve düzenli olarak yapılacak fotometrik ve tayfsal gözlemlerin sonuçları bu durum hakkında kesin karar verebilmemize olanak tanıyacaktır.

### 3.2 Manyetik Aktivite Çevrimi

Manyetik aktivite çevrimi, Matese ve Withmire (1983) ve çok sayıda araştırmacı tarafından kromosferik aktivite gösteren çift yıldızlarda dönem değişiminin temel nedeni olarak gösterilmiştir. Bilindiği gibi manyetik aktivite, dolayısıyla B manyetik alan geç tayf türünden yıldızlarda  $B = \alpha \omega^n$  şeklinde dönmeye bağımlı bir büyüklüktür (Pallavicini vd. 1981). Bu bağıntı gereği en azından yıldızın dış katmanlarının daha hızlı dönmesi sonucu B manyetik alanı büyüyecektir. Diğer bir deyişle bu bağıntı manyetik aktivitenin maksimum olduğu durumlarda B'nin büyük olması sonucu aktif yıldızın dış katmanlarının daha hızlı dönmesini gerektirmektedir. Genişlemiş manyetik alan varlığı halinde yıldız manyetik frenleme sonucu daha etkili bir biçimde açısal momentum kaybeder. Böylece

konvektif dış katmanların dönmesi yavaşlarken yıldız dinamosu zayıflar ve B azalır. Sonuçta yıldız manyetik aktivite çevriminin minimum evresine ulaşır. Daha sonra konvektif zarf, daha hızlı dönmekte olan iç katmanlardan yüksek açısal momentumlu materyali alarak dönmesini artırır, manyetik alan tekrar şiddetlenir ve yıldız aktivite çevriminin maksimum evresine ulaşır. Yakın çift yıldız sistemlerinde dönme-dolanma kitlenmesi (senkronizasyon) nedeni ile, bileşen yıldızlardan birinin dönme hızında oluşacak çevrimsel bir değişim doğrudan çift sistemin yörünge döneminin çevrimsel bir değişim göstermesine neden olacaktır. Bu şekilde kromosferik aktivite gösteren yıldızlarda görülen çevrimsel yapılı dönem değişimleri, ortalama yarıçapdaki değişimleri (radyal titreşimler gibi) yerine bir bileşen yıldızın diferansiyel dönme gradientinde oluşan çevrimsel değişimlerle açıklanabilmektedir. Bu görüş Applegate (1992) tarafından irdelenmiştir. Bu yeni yaklaşıma göre (i) seküler ışık değişimi ve (O-C) değişimi aynı çevrim uzunluğuna sahip olmalıdır, (ii) seküler ışık değişiminin ekstremumları (O-C) değişiminin ekstremumları ile tam olarak çakışmalıdır, (iii) yıldız parlaklaştığında sistemin rengi daha mavi olmalıdır. Yeni yaklaşımın bu beklentileri Hall (1991) tarafından kısa dönemli RS CVn türü CG Cyg sistemi üzerinde doğrulanmıştır. Yeterli gözlemsel veri bulunmadığından bu yeni yaklaşımı ST Per için test etmek olanaksızdır. Sistemin düşük kütleli ikinci bileşenin parlaklık ve renk değişimine ilişkin veriler yeterli değildir, ayrıca dönem değişiminin gerçek doğası bazı belirsizlikler nedeni ile tam olarak belirlenememektedir. Sistemin değişik bantlarda fotoelektrik gözlemleri yalnızca Srivastava (1970) Weis ve Chen (1976) ve Olson (1982b) tarafından yapılmıştır. Olson'nun (1982b) gözlemleri yalnızca birinci minimum yöresindedir. Gözlemler birbiriyle karşılaştırıldığında birinci minimum derinliklerinin ve maksimum ışık seviyelerinin uzun dalga boylarına gidildikçe azaldığı, buna karşılık ikinci minimum derinliklerinin beklenildiği gibi daha derinleştiği görülmektedir. Bir önceki bölümde özetlenen alternatif yapılı dönem değişimi düşük kütleli ikinci bileşenin manyetik aktivite çevriminden kaynaklanıyor olabilir. Böylece seküler yapılı dönem azalması da manyetik rüzgarlar sonucu sistemden uzaya kaybedilen kütle ve momentum ile açıklanabilmektedir.

### 3.3 Üçüncü ve Dördüncü Bileşen Yıldızlar

Bir önceki bölümde (bkz. Şekil 3) gösterildiği gibi ST Per'in (O-C) değişimi iki dönemli değişimin toplamı olarak ifade edilebilmektedir. Bu yapı sistemde yer alabilecek üçüncü ve dördüncü bileşen yıldızların ışık-zaman etkisi olarak göz önüne alınabileceği gibi, bir üçüncü cismin oluşturduğu ışık-zaman etkisi ile, sistemden kütle ve momentum kaybı sonucu oluşan seküler yapılı bir dönem azalmasının üstüste binmiş şekli olarak da

açıklanabilmektedir. Şekil 3 deki olası dönem değişimlerinden büyük dönemli ve genlikli olanı yalnızca bir çevrim boyunca gözlenebilmiş durumdadır. Dolayısıyla bu değişim seküler dönem azalmasını ifade eden parabolik bir yapı da olabilir. Ancak 1980 den bu yana olan dönem artması iki sinüs eğrisinin üstüste binmesi ile daha iyi ifade edilebilmektedir. (O-C) değişiminin ışık-zaman etkisi ile ifadesi sırasında üçüncü ve dördüncü cisimlerin yörüngelerinin dairesel olduğu kabul edilmiştir. Ancak dördüncü bileşenin (uzun yörünge dönemli) yörüngesinin bir miktar dışmerkezli olduğu göz önüne alınırsa Şekil 3 deki uyumun biraz daha iyileşmesi olasıdır. Her ne kadar Şekil 3 deki uyum eski görsel verilerdeki büyük saçılma nedeni ile iyi değilse de üçüncü ve dördüncü cisimlerden kaynaklanan ışık-zaman etkisi bizim açımızdan daha olası gözükmektedir. Bu iki dönemli değişimin genlikleri  $A_3 \approx 0^g.015$  ve  $A_4 \approx 0^g.030$  ve dönemleri  $P_3 \approx 22.5$  yıl ve  $P_4 \approx 83$  yıl kullanılarak üçüncü ve dördüncü bileşenlerin kütle fonksiyonları için  $f(m_3) \approx 0.036 M_\odot$  ve  $f(m_4) \approx 0.029 M_\odot$  elde edilmiştir. Teorik üçüncü ve dördüncü cisimlerin yörüngelerinin çift sistem ile eş yörünge eğimine sahip oldukları kabul edilir ve çift sistemin toplam kütlesi  $(M_1+M_2)=3.8 M_\odot$  ve yörünge eğimi  $i=86^\circ.6$  (Mezzetti vd. 1980) değerleri kullanılırsa üçüncü ve dördüncü cisimlerin kütleleri eşit ve her biri  $0.9 M_\odot$  olarak bulunmaktadır. Eğer bu ilave cisimlerin anakol yıldızları oldukları kabul edilirse, Demircan ve Kahraman'ın (1991)  $M_{bol} = 4.67-9.79 \text{ Log}(M/M_\odot)$  deneysel kütle-parlaklık bağıntısı gereğince her ikisinin de bolometrik mutlak parlaklığı  $5^m$  olarak bulunmaktadır ve her biri çift sistemden  $4^m$  daha sönüktür. Bu bileşenlerin çift sistemden olan uzaklıkları  $\approx 10 \text{ AB}$  ve  $\approx 27 \text{ AB}$  dir ve çift sistemin dış Lagrange noktalarından oldukça uzaktadır.

#### 4. Tartışma

Mevcut tüm minimum zamanları kullanılarak ST Per'in uzun bir zaman aralığında göstermiş olduğu yörünge dönemi değişimi incelenmiştir. (O-C) değişimi alternatif bir karaktere sahiptir, ancak ani dönem atlamaları şeklinde mi yoksa düzgün bir salınım şeklinde mi olduğuna karar vermek mümkün değildir. Ayrıca uzun vadede görülen değişim, kolları aşağıya yönelik bir parabol parçası olabileceği gibi dönemli bir değişimin gözlenmiş bir parçası da olabilir. İşte bu belirsizlikler nedeni ile sistemin dönem değişiminin gerçek doğası kesin olarak belirlenememiştir.

Alternatif yapıllı dönem değişimi, kütle/momentum kaybı ve transferi, altdev ikinci bileşenin manyetik aktivitesi ve sisteme çekimsel olarak bağlı iki ilave cismin yarattığı ışık-zaman etkisi açısından dikkatle incelenmiştir. Sistemde eksen dönmesinin bulunmadığı ayrıca gösterilmiştir. Algol'lerin kromosferik aktivite gösteren bileşenlerinin dönme hızındaki dönemli değişimlerin açıklanmasında kullanılan Rotostat hipotezi,



gözlemsel verilerin eksikliği nedeni ile ST Per için test edilememiştir. (O-C) değişiminin düzgün (sürekli) bir salınım yapısına sahip olduğu kabul edilerek sistemde iki ilave cismin ışık-zaman etkisi üzerinde durulmuştur. Bu yolla iki ilave cismin çift sistemden  $\approx 10$  AB ve  $\approx 27$  AB uzaklıklardaki yörüngelerde buldukları ve yörünge dönemlerinin  $\approx 22.5$  yıl ve  $\approx 83$  yıl olduğu gösterilmiştir. Her iki cismin kütlelerinin eşit ( $0.9 M_{\odot}$ ) olduğu ve anakol yıldızları olmaları halinde çift sistemden  $4^m$  daha sönük oldukları da gösterilmiştir. Bundan sonra yapılacak eş zamanlı fotometrik ve tayfsal gözlemler ST Per'de gözlenen dönem değişiminin gerçek doğasını ortaya koyabilmek açısından oldukça önemlidir.

### Kaynaklar

- Applegate J.H., 1992, ApJ, 385, 621  
 Blanco V., Tollinchi E., 1957, PASP, 69, 354  
 Demircan O., Kahraman G., 1991, Ap&SS, 181, 313  
 Diethelm R., 1990, BBSAG Bull, no:93, 6  
 Guinan E.F., Bradstreet D.H., 1988, Editörler: Dupree A.K., Lago M.T.V.T., "Formation and Evolution of Low Mass Stars" Kluwer Acad. Publ., s.345  
 Hall D.S., 1991, ApJ, 380, L85  
 Kaitchuck R.H., Honeycutt R.K., Schlegel E.M., 1985, PASP, 97, 1173  
 Leavitt H.S., 1907, AN, 175, 335  
 Lucy L.B., Sweeney M.A., 1971, AJ, 76, 544  
 Matese J.J., Withmire D.P., 1983, A&A, 117, L7  
 Mezzetti M., Cester B., Giuricin G., vd., 1980, A&AS, 39, 273  
 Mochnacki S.W., 1981, ApJ, 245, 650  
 Olson E.C., 1982a, ApJ, 257, 198  
 Olson E.C., 1982b, ApJ, 259, 702  
 Olson E.C., 1985, Editörler: Eggleton P.P., Pringle J.E. "Interacting Binaries" D. Reidel Publ. s.127  
 Olson E.C., Crawford R.C., Hall D.S., vd., 1981, PASP, 93, 464  
 Pallavicini P., Golub L., Rosner R., vd., 1981, ApJ, 248, 274  
 Rahunen T., 1981, A&A, 102, 81  
 Srivastava R.K., 1970, BAC, 21, 219  
 Srivastava R.K., 1988, Ap&SS, 143, 175  
 Struve O., 1946, ApJ, 104, 253  
 Tout C.A., Eggleton P.P., 1988, MN 231, 823  
 Tsevevich V.P., 1957, PZ, 11, no:6, 403

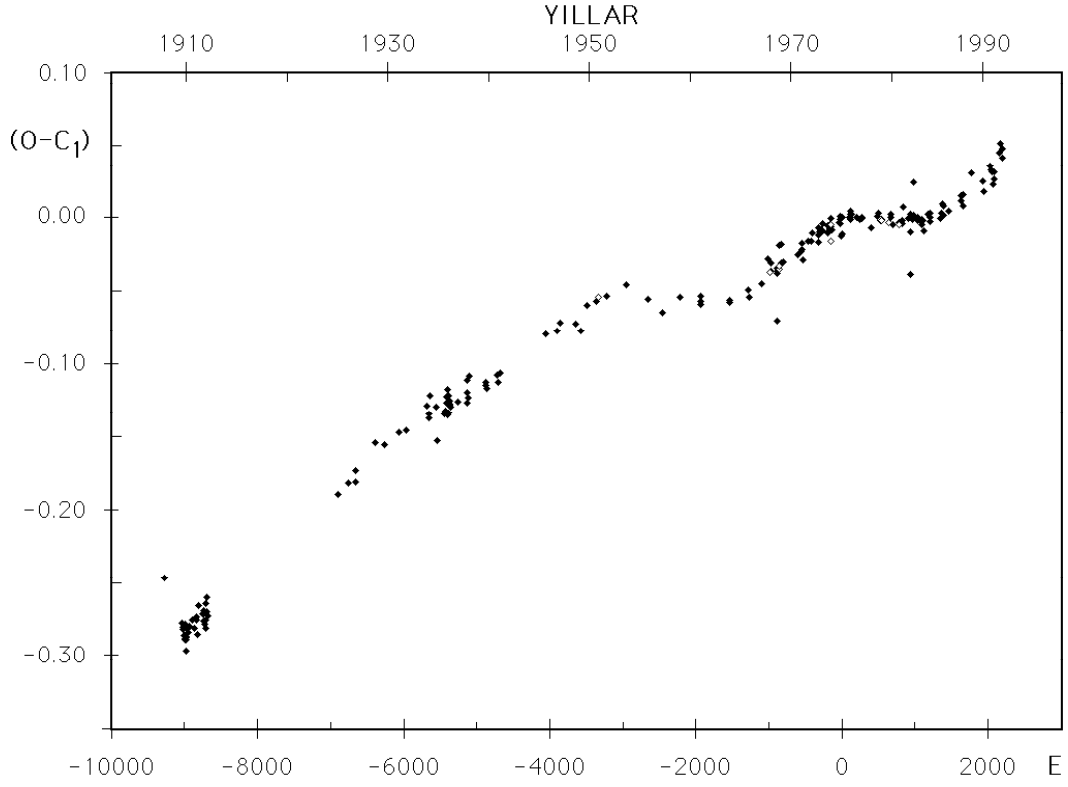
- Vilhu O., 1982, A&A, 109, 17  
 Webbink R.F., 1976, ApJ, 209, 829  
 Weis E.W., Chen K.Y., 1976, AcA, 26, 15  
 Wood F.B., 1946, Princ. Contr., no:21, 46

**Çizelge 1.** ST Per sisteminin tanımı ve çeşitli fiziksel parametreleri

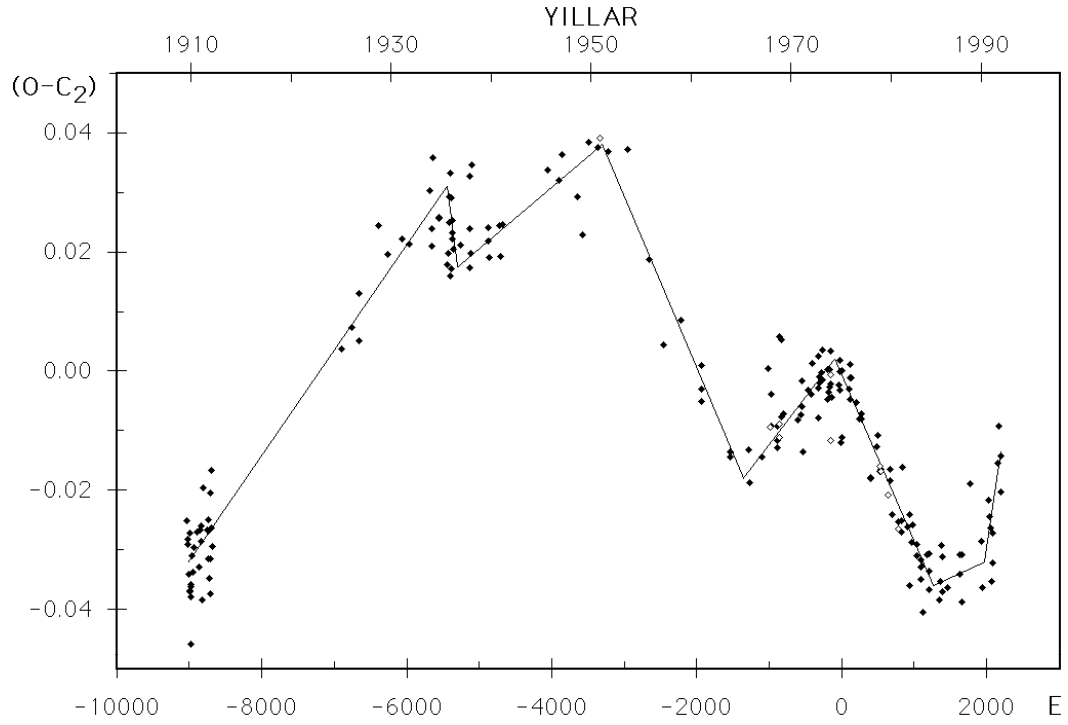
ST Per = HD 18541 = BD +38° 0606		
$T_0=2442436.588$ , $P=2^9.648315$		GCVS 1985
Max= $9^m.52$ , MinI= $11^m.40$ , MinII= $9^m.62$ ,		GCVS 1985
Görsel bileşen: $\rho=11''.6$ , $V=11^m.76$		Dugan(bkz. Weis&Chen 1976)
Tayfsal bilgi: A3 V + K1-2 IV		Olson (1982b)
$e=0$ , $K_1=33.1$ km/s, $\gamma=-47.6$ km/s		Lucy & Sweeney (1971)
$f(m)=0.0099 M_\odot$		Blanco & Tollinchi (1957)
Fotometrik çözüm: $i=86^\circ.6$ , $q=0.15$ ,		Mezzetti vd. (1980)
$r_h=0.18$ , $r_c=0.23$ ,		"
$T_h=9000$ °K, $T_c=5200$ °K		"
Salt boyutlar: $M_h=3.3 M_\odot$ , $M_c=0.5 M_\odot$ ,		Mezzetti vd. (1980)
$R_h=2.32 R_\odot$ , $R_c=2.95 R_\odot$ ,		"
$L_h=32 L_\odot$ , $L_c=6 L_\odot$		"

**Çizelge 2.** ST Per'in alternatif yapılı olası ani dönem değişimleri.

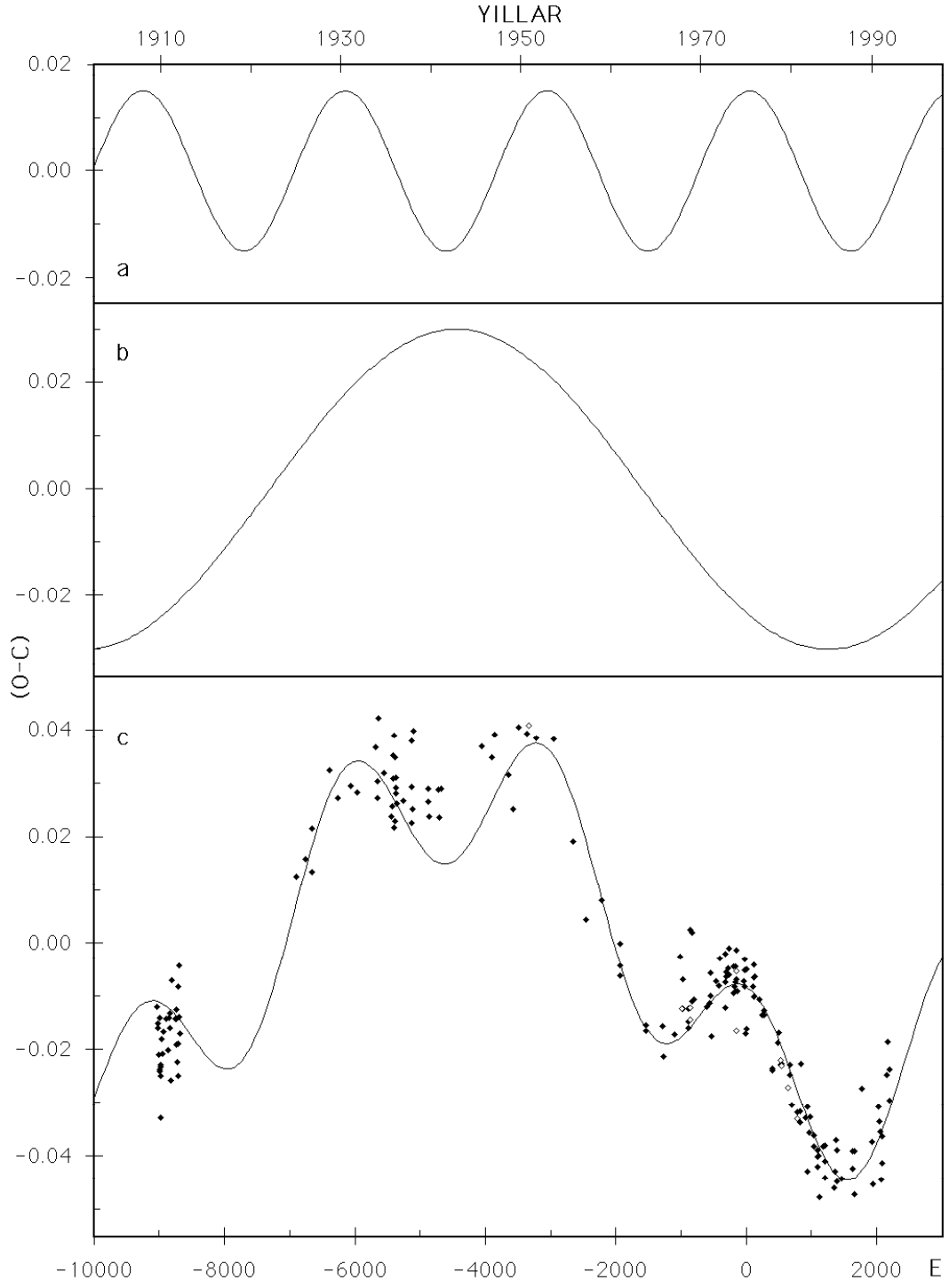
n	$t_n$	$P_n$ (gün)	$\Delta E$ (çevrim)	$\Delta P_n \times 10^{-4}$ (gün)
1	1909.8	2.648360	3560	–
2	1935.6	2.648247	140	-1.14
3	1935.9	2.648353	2000	+1.07
4	1951.0	2.648314	1940	-0.39
5	1965.8	2.648359	1260	+0.45
6	1974.0	2.648315	1170	-0.44
7	1984.9	2.648349	700	+0.34
8	1989.8	2.648421	–	+0.73



Şekil 1. ST Per'in minimum zamanları için  $(O-C_1)$  artıkları.



Şekil 2. ST Per'in minimum zamanları için  $(O-C_2)$  artıkları. Alternatif yapılı ani dönem atlamaları doğrularla ifade edilmiştir.



**Şekil 3.** (O-C) değişiminin üstüste binmiş iki sinüsoidal değişimle ifadesi.