

Klasik Novaların Kütle Aktarım Oranı –Yörünge Peryodu İlişkisi

A. T. Saygac¹, A. Bianchini², H.H. Esenoğlu¹

¹İstanbul Üniversitesi Gözlemevi Araştırma ve Uygulama Merkezi, 34452 – Üniversite – İstanbul, saygac@istanbul.edu.tr

²Astronomy Department, University of Padova - Italy

Özet

Klasik Novaların bir grup seçilmiş örneklerinden, bu yıldızların Kütle Aktarım Oranları ($M_{\text{aktarım}}$) ile Yörünge Peryotları (P) arasında aşağıdaki gibi bir ilişki elde edildi;

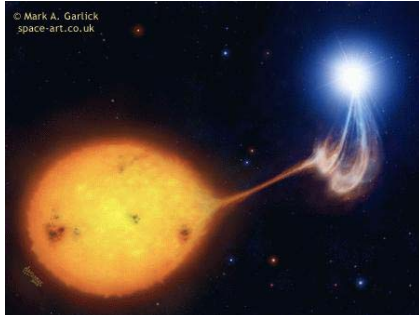
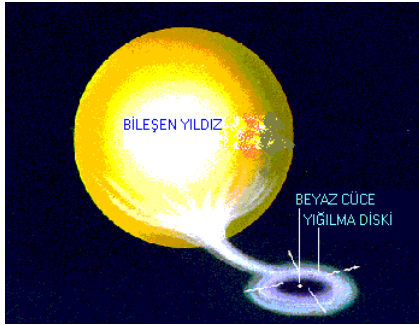
$$\log M_{\text{aktarım}} (M_{\odot}/\text{yıl}) = 2.49 (\pm 0.4) \log P_{\text{yör}} (\text{gün}) - 6.424 (\pm 0.5)$$

Bu ilişki sadece 0.5 günün altındaki periyotlara sahip sistemler için geçerlidir. Daha büyük periyotlarda ve kütle aktarım oranlarında, sadece baş yıldız beyaz cüceleri kararlı nükleer yanmalı simbiyotik çiftleri gözlemlemeliyiz. Ancak, bu ilişki aranırken simbiyotik yıldızlar hemen hemen hiç yoktur. Çünkü, bu yıldızların bileşen yıldızları, çift yıldızın dinamo süreci ve manyetik frenlemeyi oluşturabilecek konvektif bir zarfa sahip değildir. Sadece yörünge periyotları bir kaç yüz gün olan, büyük kütle aktarımı sağlayabilen dev bileşen yıldızlara sahip parlak simbiyotikler görünür. Peryot boşluğunun altında ($P_{\text{yör}} < 2$ saat) gözlenen kütle aktarım oranları düşüktür. Bir spekülasyon olmak üzere, burada bazı çok evrimleşmiş nova sistemleri bulunabileceği düşünülebilir ki bunlar; 'Çok Büyük Patlama Genlikli Cüce Novalar - Tremendous Outburst Amplitude Dwarf Novae [TOADs]' denilebilen örnekler olmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Yıldızlar: novalar ve kataklizmik değişenler, simbiyotik novalar, kütle transfer oranı.

1. Giriş

Klasik Novalar (KN'lar), Kataklizmik Değişen (KD) Yıldızlar Sınıfı'na ait bir gruptur. Roche Lobunu doldurmuş genellikle alt-anakol yıldızından aktarılan madde, beyaz cüce baş yıldız tarafından yığılır. Beyaz cücenin etrafında eğer manyetik alan yeterince kuvvetli değilse bir disk oluşur. Farklı örneklerde manyetik alan arttıkça bu disk kısmen ya da tamamen yok olur (Şekil 1).

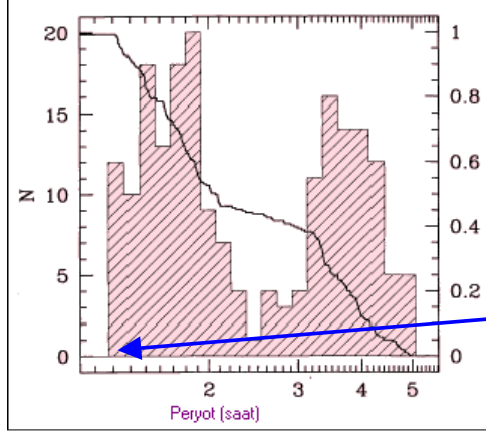


Şekil 1. Beyaz cücenin manyetik alanının biraz fazla olması ile standard yığılma diskinin ortasının bir manyetosfer ile açılması sonucu oluşmuş intermediate polar sistemi.

Bazı gözlemsel kanıtlar şunu göstermektedir ki; nova sistemlerinde, nova benzeri sistemlerdeki gibi, baş yıldızın manyetik kutuplarına doğrudan bir madde yığılması görünür (Şekil 2.). Aslında bu, olay standart yığılma disklerine göre daha fazla oluşan bir olay da olabilir. KN'larda beyaz cücelerin ($\geq 0.6 M_{\odot}$) yeterince kütleli olduğu düşünülür. Çünkü, beyaz cüce etrafında yığılan maddenin dönemsel olarak termonükleer patlamalar yapmasına olanak tanır (Livio, 1994). Diğer KD yıldızlara benzer olarak KN'larda, Roche lobunu doldurmuş bileşen yıldızdan yapılan kütle transferi, manyetik frenleme (magnetic braking) tarafından sürdürülür ki; bu bileşenin manyetik rüzgar tarafından üretilmiş açısal momentum kaybının nedenidir (Warner, 1998). Bileşenin manyetik alanı, büyük bir olasılıkla dış konvektif zarfın tabanındaki sınır tabaka dinamo süreci ile üretilir (Zangrilli et al. 1997).

Şekil 2. Beyaz Cüce manyetik alanının daha da artması ile yığılma diskinin kaybolması ve beyaz cücenin manyetik kutuplarına doğru, manyetik alan kuvvet çizgileri boyunca sürüklenen maddenin yığılması.

Evrilmiş bir KD'nin yörünge periyodu 3 saatten kısa olduğunda, bileşen yıldız tamamen konvektif bir yapıya ulaşmış olur ve dinamo mekanizması çok daha az etkili olur. Bunun bir sonucu olarak sistemin içerisindeki kütle aktarımı; çekimsel ışınım (gravitational radiation) oluşan açıl momentum kaybı ile yörünge periyodu 2 saate kadar azalıncaya değin durur. Bu noktada bileşen yeniden kendi Roche lobunu doldurur ve KD daha parlak bir evreye döner. Bu süreçlerden dolayı, yörünge periyotlarının 2-3 saatlik aralığına 'Peryot Boşluğu – PB' adı verilir (Şekil 3).



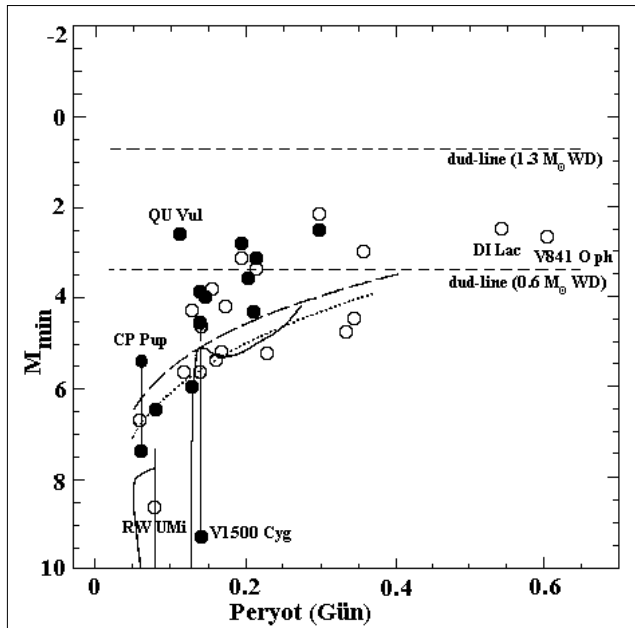
Şekil 3. Peryotların 5 saatten küçük KD'lerin periyot dağılımı. Eğri kümülatif dağılımı göstermektedir. (Ritter ve Kolb, 1998)

Bu boşlukta genel istatistik dağılıma göre çok az sayıda KD sistem belirlenmiştir. Tüm KD'ler için minimum periyodun 80 dakika olması gerektiği önerilmektedir. Howell, Rappaport ve Politano'nun (1997) evrim hesaplarına göre PB'nun altındaki KD'lerin sayısının üst tarafa göre 100 kez daha büyük olması gerekmektedir. Bu kısa periyotlu KD'lerin çoğu KN'ları içermelidir fakat bilinen KN'lar için mevcut yörünge bilgileri (Ritter ve Kolb, 1998), yörünge periyotları ve

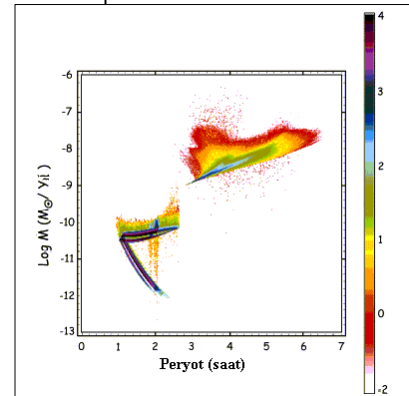
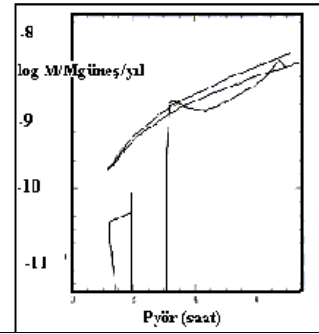
patlama özellikleri arasında her hangi bir açık korelasyon kurabilmek için yeterli değildir (Çizelge 2). Ancak bu konuda yine de birkaç şey söylemeye çalışacağız.

2. Kütle Transfer Oranı – Yörünge Periyodu İlişkisi

Şekil 4, Sakin evre *mutlak parlaklıkları* bilinen KN'ların *periyotları* ile arasındaki ilişkiyi gösteriyor. Dolu daireler uzaklıkları bilinen güvenilir (fiducial) örneklerdir. Diğer KN'ların (içi boş daireler) mutlak parlaklıkları t_2 parametresinden (patlama sonrası parlaklığın 2 kadir azalması için geçen süre) yararlanılarak ($M = 1.76 (\pm 0.31) \log t_2 + 10.42 (\pm 0.38)$) bulunmuştur.



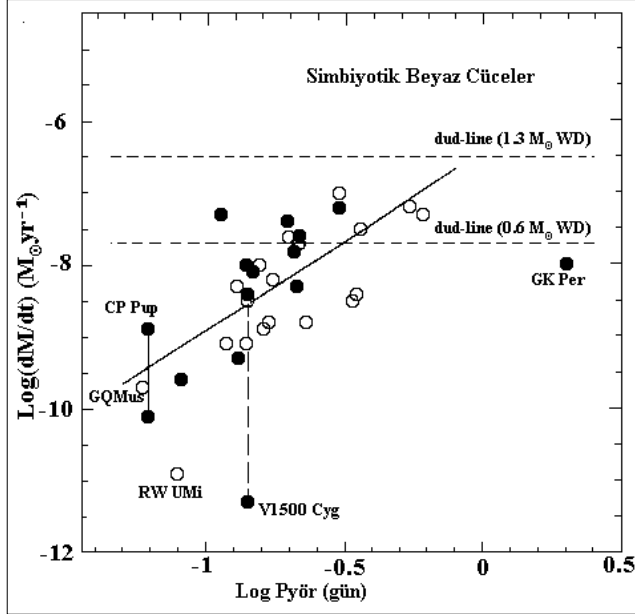
kullanılarak; $M = 1.76 (\pm 0.31) \log t_2 + 10.42 (\pm 0.38)$ ifadesinden bulunmuştur. CP Pup ve V1500 Cyg için iki farklı sakin evre mutlak parlaklık değeri belirlenmiştir. Her iki sistem için sönük olan değerler onların patlama öncesi parlaklıklarına karşılık geliyor. Yatay kesikli çizgiler patlamayan nova çizgisi yada 'nova dud line' olarak açıklayabileceğimiz çizgilerdir. Bunlar başınca



Şekil 4a. Sakin evrelerinde mutlak parlaklıkları ve periyotları iyi bilinen KN'lar. Dolu daireler uzaklıkları iyi belirlenmiş güvenilir (fiducial) cisimleri gösteriyor. İçi boş dairelerin temsil ettiği diğer KN'ların mutlak parlaklıkları ise t_2 parametresi

ısıtılarak aktarılan maddeye karşılık gelir. Verilen bir beyaz cüce kütlesi için kritik bir madde aktarım oranı vardır. Bu oranın üzerinde kuvvetli patlamalar elde edilemez. Çünkü nükleer reaksiyonların ateşlenmesi sadece çok hassas dejenerasyon şartlarında (çok büyük basınç ısıtmasından dolayı) oluşur. M (kütle aktarımı beyaz cüce) – M (kütle aktarımı) düzleminde bu yaklaşımın yeri 'nova dud line' olarak bilinir. Nümerik hesaplarda, nova dud line'in üzerinde patlamalarda kütle atımı yoktur, çizginin alt kısmında ise nova tipi patlamalar oluşur (Livio, 1994). Dud-lines $M_{transfer} \approx 1.32 \cdot 10^{-7} M_{BC}^{3.57} (M_{\odot}/yıl)$ (Iben, 1982), $0.6 M_{\odot,WD}$ ve $1.3 M_{\odot,WD}$ için. Kesiksiz eğriler, sınır-tabaka dinamo etkisi ile oluşan yörünge periyodu ile kütle transferi arasındaki evrim çizgisini (4a ve 4b, 4c), kesikli ve noktalı eğriler ise $0.6 M_{\odot}$ ve $1.44 M_{\odot}$ kütlelerindeki beyaz cücelerin yığılma diski kararsızlığı için kritik kütle transfer oranlarını gösteriyor (Zangrilli ve ark. 1997) (Howell ve ark., 2001).

Şekil 5. Açıklamalar Şekil 4'deki gibidir.



Şekil 5, Yörünge periyodunun bir fonksiyonu olarak bulunmuş kütle transfer oranlarını göstermektedir. Bu şekillerde CP Pup ve V1500 Cyg, iki farklı sakin evre parlaklığı ile temsil edilmektedir. Her iki sistem için sönük parlaklıklar patlama öncesi sakin evrelerine aittir. Böylece periyot boşluğunun altında yer alan en sönük sistemler CP Pup ve RW UMi olarak görülmektedir. Keza V1500 Cyg'de patlama öncesi oldukça sönük bir sistem olmalıdır. Onun periyodu PB'nun üzerinde yer alır. Fakat bu durumda, sakin evrede düşük madde yığılmasının sonucu ışınım gücü, kütleli beyaz cücenin (polar sistem) manyetik tabiatına bağlanabilir.

Yörünge periyotları bilinen güvenilir nova örneklerini (fiducal) kullanılarak (Çizelge 1), onların sakin

evre mutlak parlaklıklarını elde etmek mümkündür. Tylenda'nın (1977, 1978, 1981a, 1981b) modelleri yardımı ile karşılık gelen kütle transfer oranları bulunur. Daha sonra çıkarılan ilişki şöyledir (Şekil 5);

$$\log M_{aktarım} (M_{\odot}/yıl) = 2.49 \pm 0.4 \cdot \log P_{yör} (gün) - 6.424 \pm 0.5 \quad (1)$$

Çizelge 1. Güvenilir (fiducal) klasik nova örnekleri.

Sistem	M_{maks}	M_{min}	m_{min}	$t_z(gün)$	$i(^{\circ})$	$P_{yör}(gün)$
T Aur	-7.2	3.6	15	81	57	0.20438
V603 Aql	-9.1	2.95	11	4	17	0.1381
V1500 Cyg	-10.1	9.2	21.5	2	55	0.13996
V1974 Cyg	-7.5	6.05	18.0	23	45	0.0849
HR Del	-5.9	2.6	12.0	65	40	0.21416
DQ Her	-7.4	5.6	14.2	65	86	0.1936
V533 Her	-6.4	5.95	14.5	18	80	0.2098
GK Per	-8.4	4.8	13.2	13	73	1.9968
RR Pic	-7.3	4.4	12.8	60	65	0.1450
CP Pup	-9.5	6.85	17.0	4	40	0.0614
QU Vul	-8.2	5.13	19	22	85	0.1117

3. Tartışma

1) (1) numaralı bağıntının eğilimi, yörünge periyotlarının 0.5 günün altında olduğu durumlarda geçerli olduğunu gösteriyor. Bu ilk öğrendiğimiz şeydir. Gerçekte bu durum şunu gösterir; daha büyük periyotlarda (ve daha büyük kütle transfer oranlarında) biz sadece kararlı nükleer yanmaya sahip simbiyotik beyaz cüceli sistemleri gözlemliyiz (Çizelge 3) (Iben, 1991). Ancak simbiyotikler görülüyor çünkü, bileşen yıldızları

etkin bir dinamoyu üretecek ve böylece manyetik frenlemeyi sağlayacak bir konvektif zarfa sahip değil! Bu durumda, görelî olarak uzun periyotlu GK Per, DI Lac, V841 Oph gibi KN'lar ve keza V1017 Sgr (Pyör = 5.7 gün, örneklerimizde yer almıyor!) oldukça az ve sadece bileşen yıldızı bir parça evrimleşmiş ise görülebiliyorlar. Şekil 4'de görüldüğü gibi, onların kütle transfer oranları yukarıdaki bağıntının tahmin ettiğinden daha küçük olmalı! Burada bir de şunu söylemeliyiz ki; parlak simbiyotikler sadece birkaç yüz günlük yörünge periyotları ile görülmelidirler çünkü, onlar dev bileşenlere sahiptirler. Bu bileşenler oldukça hızlı evrimleşmişlerdir ve böylece çok büyük kütle transferi sağlayabilirler. Ancak, 5.7 günlük yörünge periyoduna sahip V1017 Sgr novasının mutlak parlaklığının istatistik değeri +0.7 dir. Şekil 1'de, bu nova simbiyotik novaların(!) sınırına düşer fakat (1) bağıntısının vereceği değer in altındadır.

2) Gözönüne alınacak diğer bir düşünce, novaların sakin evre ışınım güçleri ile yörünge periyotları arasındaki ilişki ciddi bir saçılma göstermemektedir. Eğer bu doğru ise o zaman şunu tartışabiliriz; periyot boşluğunun altındaki kütle transfer oranları daha uzun yörünge periyotları için ilgili oranlardan en az iki kat daha düşüktür. Eğer parlaklıklar ki; biz birbirini takip eden iki nova patlaması arasındaki ortalama kütle transfer oranını düşündüğümüzde, kabaca tahmin edebiliriz ki bu düşük yığılma oranlarının belirlenmesi olasılığı çok çok küçüktür. Gerçekte, biz tüm KN'ların %10'unun 2 saatin altında olduğunu görebiliriz. Bunun anlamı; orada sayının bir hayli yüksek olmasıdır. Böylece, Howell, Rappaport ve Politano'nun (1997), tüm KD'ler için elde ettikleri evrim sonuçlarını desteklenmiş olur. Bu da belki çok sönük yaşlı novaların içerisinde bulunan bazı nova akranı (counterpart) TOAD'ların olasılığını destekler.

4. Sonuç

- 1) Klasik yaşlı novalar için Mtransfer-Perb arasında bir ilişki bulduk.
- 2) Bu ilişkide eğim oldukça diktir.
- 3) 0.5 günden daha uzun periyotlarda novalar görülüyor.
- 4) Bu aşağıdaki etkilerin birleşmesinden olabilir;
 - a) Sadece simbiyotikler gözlenmelidir çünkü bu yığılma hızlarında aktarılan madde depolanamaz ama kararlı nükleer yanma oluşabilir (simbiyotik yıldızlarda beyaz cücede madde yığılması olasıdır... Öyle ki onlar SN Ia olabilirler. Beyaz cücenin kütlesi $1.44 M_{\odot}$ sınırına ulaştığında, nova yerine, yığılan madde her 1000-10000 yılda bir fırlatılır, yığılma sürekli olamaz.)
 - b) Her durumda madde transfer oranı periyotların 1 güne yaklaşmasını öner çünkü bileşen yıldızlar dış konvektif zarflarını kaybederler ve böylece dinamo daha fazla etkin olamaz ve manyetik frenleme etkin olmaz. Bu iki nedenle ne nova ne de simbiyotik göremiyoruz.
- 5) Ancak yine de GK Per, gibi bazı novalar gözlenebilir. Bu durumda bileşen bir anakol yıldızı olmayıp evrimleşmiş bir yıldız olmalıdır. Konvektif zarfı dinamo olayına izin verip açısal momentum kaybettirecek manyetik frenleme yapabilir. Sonuçta madde transfer edilir. Bu durumda düşük madde transfer oranlarına sahip birkaç nova görebiliriz.
- 6) Düşük yörünge periyotlarında ve özellikle periyot boşluğunun 2 saat limitinin altında çok düşük yığılma oranları olduğu teklif edilmektedir. O zaman biz neden çok büyük patlamalı novaları gözlemiyoruz? Sakin evrede çok düşük kütle transfer oranlarından başlansa? Onlar nova akranı denilen TOADları sunmalıdır. Onlar çok evrimleşmiş çift sistemlerden gelmelidirler, yaklaşık 80 dakikalık çok düşük yörünge periyodu limitinde evrimleşmiş olmalıdırlar. Şimdi evrimleri geriye doğru, çok çok düşük yığılma oranlarında daha uzun periyotlara doğru olmalıdır.

Kaynaklar

- Hellier, C., 2001, in Cataclysmic Variable Stars: How and why they vary, p.163.
 Howell, S.B., Rappaport, S., and Politano, M., (1997), in "On the Existence of Low-Luminosity Cataclysmic Variables Beyond the Orbital Period Minimum", MNRAS, 287, 929.
 Howell, S.B., Nelson, L.A., Rappaport, S., ApJ, 550, 918.
 Iben, I. Jr., 1982, ApJ, 254, 244.
 Iben, I. Jr, 1991, ApL Suppl. Series, 76, 55.
 Kolb, U., Ritter, H., 1992, A&A, 254, 213.
 Livio, M., 1994, in Interacting Binaries, Eds. H. Nussbaumer & A. Orr, Berlin: Springer-Verlag.
 Ritter, H., Kolb, U., 1998, A&AS, 129, 83.
 Tylenda, R., 1977, Acta Astr., 27, 335.
 _____, 1978, Acta Astr., 28, 333.
 _____, 1981a, Acta Astr., 31, 127.
 _____, 1981b, Acta Astr., 31, 267.
 Warner, B., 1998, in Cataclysmic Variable Stars, p. 447.
 Zangrilli, L., Tout, C.A., Bianchini, A., 1997, MNRAS, 289, 59.

Teşekkür

A. T. Saygıç vd: Klasik Novaların Kütle Aktarım Oranı – Yörünge Peryodu İlişkisi

ATS ve HHE, Asiago gözleminde bulunduğumuz süre boyunca desteklerini esirgemeyen; A. Bianchini ve R. Barbon'a, Çeşme NATO ASI Toplantısı sırasında değerli tartışmaları ile katkıda bulunan; I. Jr. Iben, H. Drechsel, C.A. Tout ve J.A. Mattei'ye ve PASA'dan M. Storey'e teşekkür ediyoruz.

KN	Patlama Yılı	Peryodu (gün)	Tipi
QZ Aur	1964	0.357496	NA
V368 Aql	1936	0.3452	NA
V838 Her	1991	0.297635	NA
U Leo	1855	0.2674	N?
V1425 Aql	1995	0.2558:	N,NL?, IP?
V705 Cas	1993	0.2280	NA
PW Vul	1984	0.2137:	NA
V533 Her	1963	0.2098:	NA, CP
CT Ser	1948	0.1950	N
V849 Oph	1919	0.172755	NB
DO Aql	1925	0.167762	NC
V4077 Sgr	1982	0.16:	NB
OY Ara	1910	0.155466	NA
WY Sge	1783	0.153635	N, DN
V909 Sgr	1041	0.14:	NA
DN Gem	1912	0.12785	NA
V2214 Oph	1988	0.117515	NA
QU Vul	1984	0.111765	NA
V Per	1887	0.10712	N, NL
V1974 Cyg	1992	0.081259	NA, SH
RW UMi	1956	0.079:	NB
V356 Aql	1936	?	NB
V603 Aql	1918	0.1381, 0.14646	NA,SH
T Aur	1891	0.204378	NB
T CrB	1866, 1946	227.53	dNR
V1500 Cyg	1975	0.139613	NA,NL,AM,AS
V1668 Cyg	1978	0.1384	NA
HR Del	1967	0.214165	NB
DQ Her	1934	0.193621	NA, DQ
V446 Her	1960	?	NA
V533 Her	1963	0.2098	NA
CP Lac	1936	?	NA
BT Mon	1939	0.333814	NA
RS Oph	1898,1933,1958,1967,1985	230	NR
V841 Oph	1848	0.60423	NB
V849 Oph	1919	0.172755	NB
GK Per	1901	1.996803	NA
RR Pic	1925	0.145025	NB
CP Pup	1942	0.06143	NA, SA?
T Pyx	1890, 1902,1920,1966	0.073:	NR
U Sco	1866,1906, 1979,1987	5 – 9	NR
FH Ser	1970	?	NB
V1059 Sgr	1898	?	NA
RR Tel	1946	?	NC,Zand
CK Vul	1670	?	N:
LV Vul	1968	?	NA
GQ Mus	1983	0.06	NA

Ek 1.

Çizelge 2. Peryotları bilinen Klasik Novalar Ritter ve Kolb (1998). NA; Hızlı Nova, NB;Yavaş Nova, NC; Çok Yavaş Nova, IP; Intermediate Polar, CP; Koherent pulsator, Koherent olarak puls yapan beyaz cüce içerir, SH; SU UMA sistemi değil ama kalıcı yada geçici süperhörgüçler gösteriyor, AM; Polar Am Her sistemi, AS; AM Her alt tipi, DQ; DQ Her sistemi, NR; Tekrarlayan Nova, ZAnd; Z And sistemi N; Şüpheli nova

SN	Patlama Yılı(ları)	Peryot (gün)	Tip
V1017 Sgr	(1901, 1919, 1973)	5.714	NB
V410 Cas	(1938)	?	
CK Cyg	(1913)	?	
V1016 Cyg	(1964)	2190-3468	
V1329 Cyg	(1969)	963	
V2110 Oph	(<1950)	?	NB, ZAND
RT Ser	(1909)	3504	ZAND, NC
HM Sge	(1975)	?	
BS Sgr	(1917)	?	
AG Peg	(1850:)	816-819	
RR Tel	(1944)	?	NC, ZAND
PU Vul	(1977)	4900	
V916 Sco		?	ZAND
V4074 Sgr		?	NB, ZAND
V2506		?	ZAND
SS Sge	?	?	ZAND, NC
V352 Aql	?	?	ZAND
Cl Cyg	?	855	

Çizelge 3. Simbiyotik Novalar (SN).