

U GEM'DE DİSK RÜZGARLARI

M. Türker ÖZKAN

*İstanbul Üniversitesi Gözlemevi, Beyazıt Kampusu 34119, Üniversite,
İstanbul
e-posta: ozkant@istanbul.edu.tr*

Özet

Kataklismik değişenlerden rüzgarlarının araştırılması ilk kez IUE Uydusu ile başladı. Özellikle mor ötedeki yüksek iyonize olmuş CIV 1548, 1550, SiIV 1393,1402 ve NV 1238, 1242 angstromdeki çizgiler geniş bir maviye kaymış soğurma bileşeni ile yüksek eğimli sistemlerde kırmızıya kaymış salma bileşenleri olan P Cygni profilleri göstermekte ve bu çizgiler genişleyen bir atmosferin dolayısı ile rüzgarların bir göstergesi olarak bilinmektedir. Bu çalışmada U Gem yıldızında söz konusu çizgilerden elde edilen sonuçlar verilmekte ve yorumlanmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, C IV çizgisinin beyaz cüceye yakın bir yerden kaynaklanmakta ve örtülmenin olduğu zamanlara yakın evrelerde hızların düştüğü ve böylece de merkezi cisme yakın yoldaşın çizgi oluşum bölgelerini örttüğü söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Yıldızlar: cüce novalar – Yıldızlar: özel (U Geminorum) – Yıldızlar: rüzgarlar.

Abstract

The study of winds in cataclysmic variables was started by the IUE satellite. In particular, clues to wind come from high-ionization lines like CIV 1548, 1550 SiIV 1393,1402 and NV 1238, 1242 angstroms in the UV showing P Cygni profiles with a blueshifted absorption and a redshifted emission in the low-to-intermediate inclination systems. In

high inclination systems the UV lines appear broad and symmetric but the absorption component vanishes. We study in this work, our analysis of wind-formed lines in U Gem and discuss line measurements. According to the results obtained, the CIV line is produced in a region near the white dwarf which is assumed to be the base of the wind. In orbital phases near the eclipse times, the terminal velocities decrease and the secondary eclipses line-forming regions close to the central object.

Keywords: Stars: dwarf novae – Stars: individual (U Gem) – Stars: winds.

1. Giriş

UV tayfları kataklizmiklerde görülen rüzgarların bir çok özelliğini gösterdi. Soğurma bileşeninin mavi kenarından bulunan hızlar rüzgarların terminal hızları için bir alt limit verirler ki bu hızlar yaklaşık beyaz cüceden kaçma hızları (5000 km/san) mertebelerindedir. Bu rüzgarların beyaz cüceye yakın yerlerden oluştuğu ileri sürülmektedir (Cordova & Mason 1982). Rüzgarlarla ilgili model çalışmaların çoğu standart disk modelini (Shakura ve Sunyaev, 1973) göz önüne alır ve elde edilen sonuçlar CIV, SiIV ve NV gibi moröte çizgilerinin gözlemleriyle karşılaştırılır. Model çalışmaları iki grupta toplanabilir. Bunlardan biri kinematik model (Long ve Knigge, 2002) diğeri hidrodinamik sayısal model (Proga, Stone ve Drew, 1999) şeklindedir. Bunların dışında rüzgar etkilerini göz önüne alan ve Doppler görüntülemeyi kullanan diskin tomografik simülasyonlarını yapan çalışmalar da söz konusudur (Ribeiro ve Diaz, 2008).

Gözlemlerden itibaren elde edilen rüzgarlara ait birçok özellik söz konusudur. Bu özellikler kısaca şöyle verilebilir (Froning, 2004).

Rüzgarın Dönmesi : Disk rüzgarlarının gözlemsel bir özelliği bunların dönmeleri ve diski terk ederken açısal momentumlarını korumalarıdır. İki KD de bu özelliğin işaretleri görüldü. Shlosman ve diğ. (1996) yaklaşık disk boyunca bakılan (büyük eğimli) nova benzeri V347 Pup yıldızında IUE ile alınan UV profillerini tutulma ortası ve tutulma dışı evrelerde karşılaştırdılar. Tutulmada çizginin

rotasyonal genişlemesinin çoğundan sorumlu olan rüzgar bölgesi diske yakın olduğunda CIV çizgisi daralmaktadır. İkinci örnek UX UMa yıldızının tutulması sırasında yine CIV'ün daralması rüzgarın dönmesini destekler (Mason ve diğ., 1995).

Rüzgarın Dik Yapısı : Örten sistemlerin gözlemlerden itibaren diskten çıkan rüzgarların dik yapısı da araştırılmaktadır. UX UMa yıldızının CIV çizgisinin HST gözlemleri tutulma sırasında dönmesel bozulmayı ortaya koyduğu gibi ilaveten dar ve küçük hızlı soğurma bileşenlerini göstermektedirler (Froning, 2004). Knigge ve Drew (1997) bu soğurma çukurlarını kolayca modellediler ve tutulma sırasında bunların kaybolması, yığılma diskinin merkezi kısımları ile hızlı rüzgarların arasında yoğun ve düşük hızlı bir madde akıntısının olduğu bir geçiş bölgesini gerektirir. Bu geçiş bölgesi veya disk atmosferi belki rüzgarın kendisinin bir parçası olabilir. Proga, Stone ve Drew (1998) 'in yaptığı hidrodinamik disk modellerinde gösterdiler ki, diskten gelen ışınım ile madde sürüklenmekte, rüzgarın hem hızlı bir dışarı bileşeni var hem de disk yüzeyine yakın yoğun, düşük hızlı akan bir bölgesi var.

Yörüngesel Değişim: Gözlemlerden disk rüzgarlarının azimutal yapısının değişimleri hakkında da bazı özellikler söylenebilir. Örneğin RW Sex'in zaman çözümlü FUSE tayflarından FUV rüzgar çizgilerinin yörünge dönemi boyunca modüle olduğu görülmüştür (Prinja ve diğ., 2003). FUV de görülen tüm çizgiler CIII, NIII, PV, SIV, OIV aynı özelliği gösterdiler: tek hörgüçlü bir modülasyon. Her çizginin en derin soğurmasının hızı kırmızıya doğru kaymakta ve soğurmanın derinliğinde bir artış ve tekrar geriye kayma olmaktadır. Rüzgar çizgilerinin yörüngesel değişimlerinin kaynağı henüz bilinmemektedir. Ancak bu değişimin diskin asimetric yapısından kaynaklanabileceği şeklinde görüşler vardır (Prinja ve diğ., 2004). Prinja ve diğ (2003) RW Sex için bunu disk eğimi veya bükülmesi ile açıklamaya çalıştılar. Ancak bu V592 Cas da çalışmadı. Çünkü süper hörgüçlerde böyle faza bağlı bir değişim tespit edilmedi. Yörüngesel etkilerin, yoldaş yıldızdan gelen madde ile diskin etkileşmesinden kaynaklandığına inanılmaktadır (Froning, 2004).

Stokastik (tahmini) Değişkenlik : Bazı KD ler yörüngesel değişimler gösterirken bazılarında da seküler yani sistemin yapısını yansıtan uzun süreli değişkenlik söz konusudur. Bazen bu iki değişkenlik az da olsa örtüşebilir. Prinja ve diğ. (2000) nova benzeri

BZ Cam'ın yüksek ayırma güçlü HST/GHRS taylarını çalıştılar. Tayflar gösterdi ki, CII CIII, SiIII, SiIV, NV, ve CI'ün soğurma çukurlarında sürekli ve kuvvetli bir değişkenlik varken salma bileşenlerinde bir değişkenlik yoktur. Bu değişkenlik 100 saniye içinde tüm çizgilerde oldukları için bu değişkenlik muhtemelen iyonizasyon değişimlerinden ziyade rüzgardaki yoğunluk dalgalanmalarına bağlanabilir (Froning, 2004).

Dar Soğurma Çukurları: Bazı KD'ler kısa ölçekli değişiklik göstermezler, fakat çizgilerin dar soğurma bileşenleri formunda değişen çizgi profilleri gösterirler. Nova benzeri IX Vel ve V3885 Sgr de çok kuvvetli rüzgar etkinliği sürelerinde çok dar (1000 km/s) bir çok rüzgar çizgisinde maviye kaymış (-900km/s) soğurma bileşenlerinde soğurma çukurları görülmektedir (Mauche 1991, Hartley ve ark. 2002). Benzer çukurlar patlamada U Gem'in OIV 1032,1038 dublet çizgisinde de görülmüştür (Froning ve diğ. 2001). U Gem'de çizgiler düzenli gözükmezler ve yörünge fazı ile ilişkileri görülmemektedir, bazen iki çukur iki bileşenin her birinde ortaya çıkabilir. Bu özellikler parlak yıldız rüzgarlarında görülen 'ayrık soğurma bileşenleri' ne benzemektedir. Ancak KD soğurma çukurları sabit hızda kalmakta ve zamanla çok yavaş dışarıya doğru ilerlemektedirler.

Yüksek İyonize Rüzgar Çizgileri: Yüksek yığılma hızlı KD larde rüzgarların oluşum mekanizmalarını belirliyebilme, standart moröte rüzgar özellikleri gözükmeyen durumları anlamamıza dayanır. Örneğin patlama sırasında U Gem'in az önce bahsedilen OIV soğurma çukurları ve belki zayıf P Cygni profili haricinde FUV tayfalarında rüzgarla ilgili başka bir işaret yoktur. Bunun yerine çizgiler genellikle dar, düşük hızlı soğurma özellikleri söz konusudur. (Sion, 1997; Froning ve ark, 2001). Bir olasılık sınır tabaka rüzgarın yapısında rol oynayabilir.

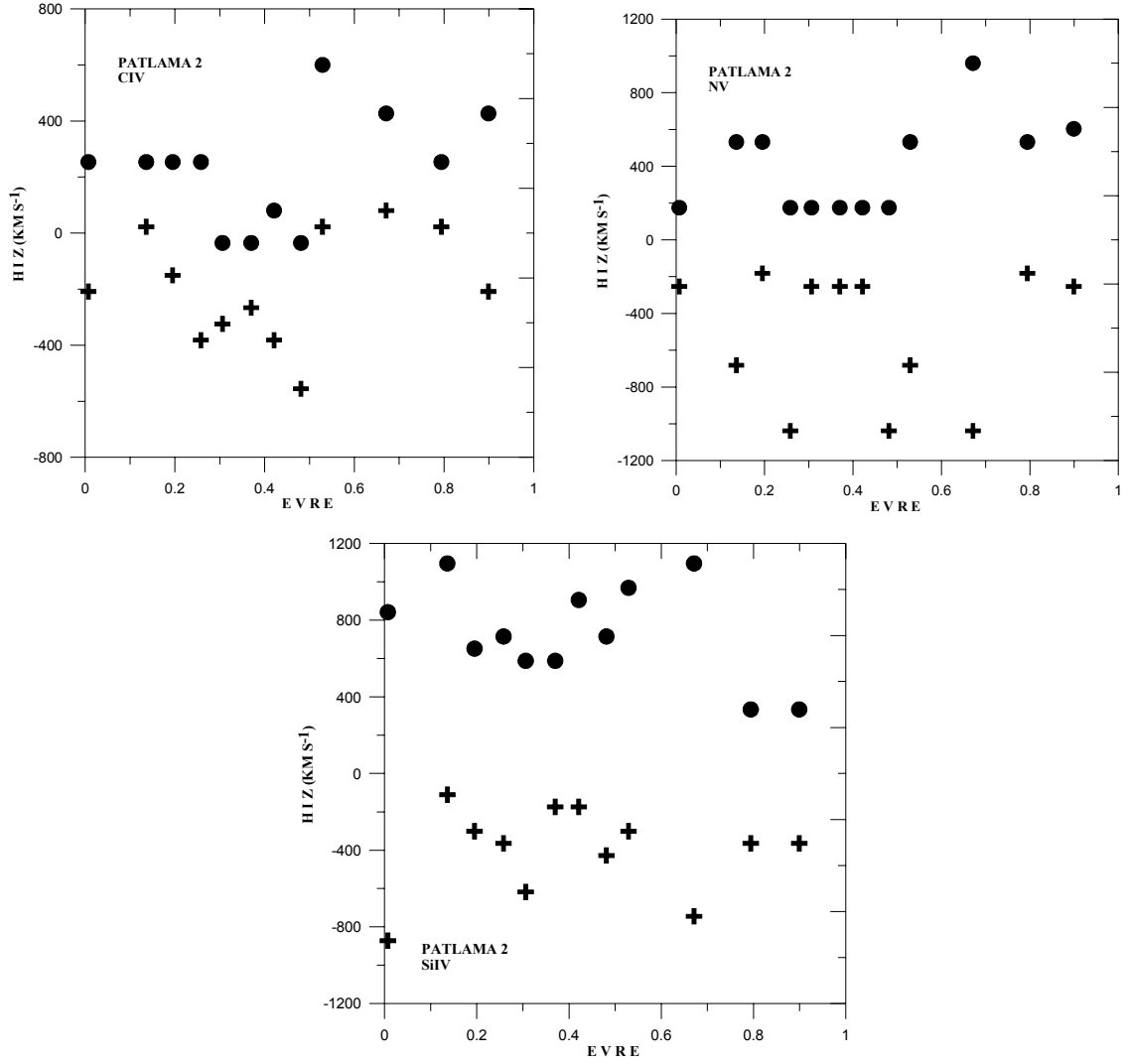
Rüzgarın disk üzerindeki etkileri özellikle HeI 5876, HeI 7065 ve H_{α} gibi optik bölgedeki çizgilerde görülebilirse de (Kafka ve Honeycutt, 2004), temel rüzgar özellikleri moröte dalga boylarındaki gözlemlerle belirlenebilir. Bu çalışmada U Gem yıldızının rüzgar özelliklerini ayrıntısı ile ortaya koyabilmek için patlamadaki tüm IUE tayfları kullanılarak rüzgar konusunda elde edilen sonuçlar verilmektedir.

2. Veriler ve İndirgemeler

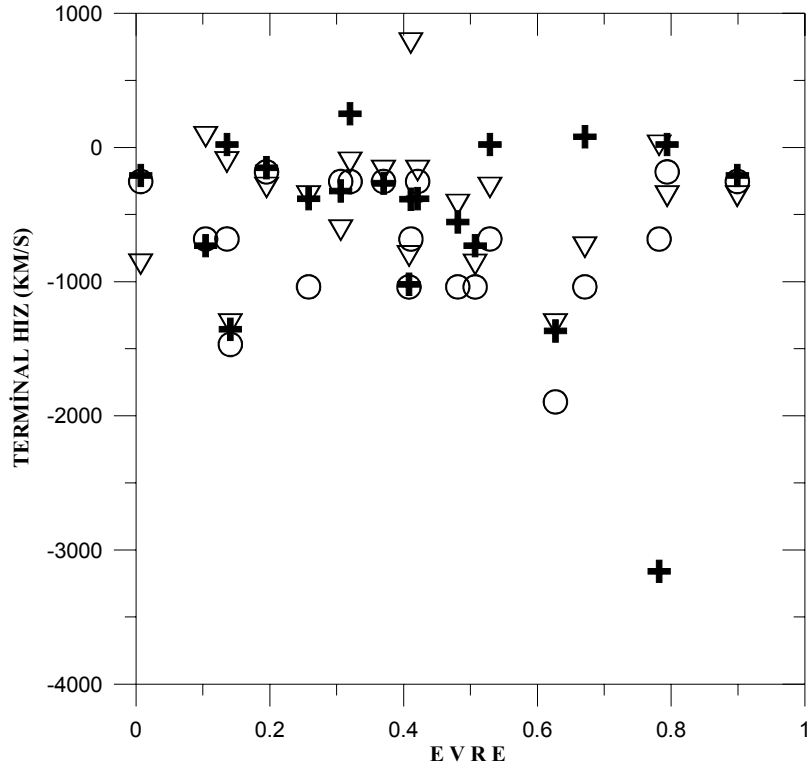
Çalışmada IUE uydu verileri kullanılmaktadır. U Gem'in patlama tayfları toplam 24 tane olmasına rağmen bunlardan istenen koşulları sağlayan toplam 20 tayf kullanılmıştır. Bunların AAVSO gözlemlerinden yararlanılarak elde edilen zamana ve farklı etkinlik dönemlerine yayılışı Tablo 1 de verilmektedir. İndirgeme sonucu bulunan tüm tayfların süreklilikleri bulunarak normalizasyon işlemi yapılmıştır. Her bir etkin dönem sırasında CIV, SiIV ve NV çizgileri kullanılarak terminal hızlar, eşdeğer genişlikler ve FWHM değerleri bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan tayflar veriliyor. 4. sütun etkinlik döneminin maksimum parlaklığa sahip olduğu zamana göre geçen süreyi gösteriyor.

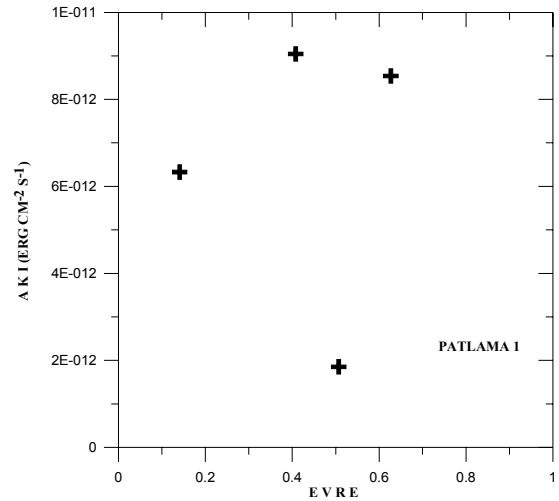
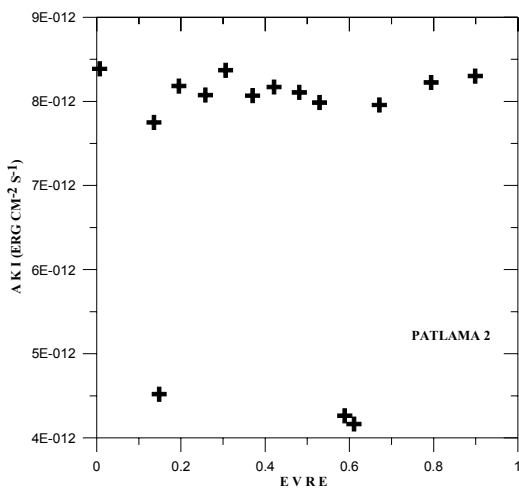
Tayf	JD	Evre	Gün S.	Par.	akı	Etkinlik
s10326	2444523,024	0,408	-2,78	8,8	1,13E-11	Patlama 1
s10327	2444523,062	0,627	-2,74	8,8	1,04E-11	Patlama 1
s10364	2444527,044	0,141	1,24	8,8	8,00E-12	Patlama 1
s10423	2444532,769	0,507	6,97	8,8	2,40E-12	İniş kolu 1
s27067L	2446379,716	0,782	32,87	8,7	3,17E-12	İniş kolu 2
s27068	2446379,773	0,104	32,92	8,7	3,45E-12	İniş kolu 2
s27088L	2446381,401	0,320	34,55	8,7	2,58E-12	İniş kolu 2
s27090	2446381,774	0,411	34,92	8,7	2,23E-12	İniş kolu 2
s54317	2449814,592	0,136	1,29	8,69	9,89E-12	Patlama 2
s54318	2449814,614	0,258	1,31	8,69	9,50E-12	Patlama 2
s54319	2449814,633	0,37	1,33	8,69	1,09E-11	Patlama 2
s54320	2449814,653	0,481	1,35	8,69	1,09E-11	Patlama 2
s54321I	2449814,687	0,671	1,39	8,69	1,01E-11	Patlama 2
s54322	2449814,708	0,794	1,41	8,69	1,22E-11	Patlama 2
s54323	2449814,727	0,899	1,43	8,69	1,22E-11	Patlama 2
s54324	2449814,746	0,007	1,45	8,69	1,06E-11	Patlama 2
s54325I	2449814,779	0,195	1,48	8,69	1,11E-11	Patlama 2
s54326	2449814,799	0,306	1,5	8,69	1,13E-11	Patlama 2
s54327	2449814,819	0,421	1,52	8,69	1,27E-11	Patlama 2
s54328I	2449814,838	0,529	1,54	8,69	1,06E-11	Patlama 2

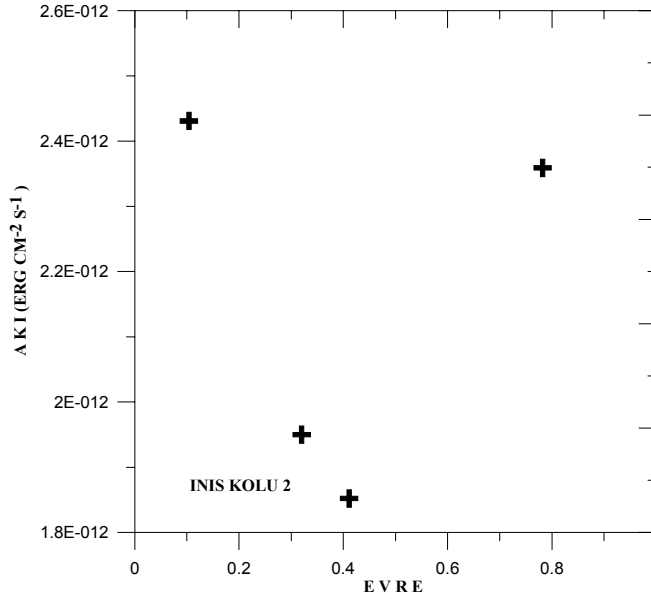


Şekil 1: Patlama 2 etkinlik döneminde çizgilerin maviye kaymış bileşenlerinin hızlarının yörünge evresiyle değişimleri. + işareti ile terminal hız ve • işareti ile soğurmanın minimumuna karşılık gelen hız gösteriliyor.



Şekil 2: Patlama 1, iniş kolu 2 ve patlama 2 de CIV, NV ve SiIV'e ait terminal hızlarının yörünge evresiyle değişimi. Özellikle örtülmenin olduğu evrelerde CIV ve NV'in hızları daha küçük görülmektedir. + , O ve ∇ sırasıyla CIV, NV ve SiIV hızlarını göstermektedir.





Şekil 3: Üç farklı etkinlik döneminde 1400 – 1800 Å arasındaki sürekli akı ortalamasının yörünge evresine göre değişimi. Görüldüğü üzere 0.15, 0.35, 0.4, 0.5 ve 0.6 evrelerinde minimum akı yani çukur benzeri yapılar ortaya çıkıyor

Tablo 2. Üç etkinlik dönemine ait CIV, NV ve SiIV ün soğurma bileşenlerine ait terminal hız, eşdeğer genişlikler ve yarı yükseklikteki çizgi genişliklerinin ortalamaları veriliyor. Hız km/s cinsinden W ve FWHM Å cinsindedir.

Çizgi (soğurma)	Etkinlik	Patlama 1	İniş Kolu 2	Patlama 2
CIV	Terminal Hız	<-1118.46>	<-1005.96>	<-194.19>
	W	<0.72>	<1.07>	<0.32>
	FWHM	<5.10>	<6.49>	<2.71>
NV	Terminal Hız	<-1360.78>	<-575.36>	<-509.39>
	W	<2.46>	<1.82>	<1.92>
	FWHM	<8.34>	<7.45>	<6.27>
SiIV	Terminal Hız	<-1080.18>	<189.02>	<-401.18>
	W	<0.50>	<0.55>	<1.34>
	FWHM	<4.58>	<4.36>	<7.47>

3.Sonuçlar

Tablo I'den görüldüğü üzere U Gem yıldızına ait kullanılabilir tayflar 3 farklı etkinlik dönemini kapsamaktadır. Bu 3 farklı dönemden elde edilen genel sonuçlar şöyle özetlenebilir.

1. Sion ve diğ. (1997) gösterdiler ki, beyaz cücenin hızı 0.75 evresinde maksimum pozitif hıza ve 0.25 evresinde de maksimum negatif hıza sahip olmaktadır. Patlama 2 verilerine göre (Şekil 1) özellikle de CIV çizgisinin maviye kaymış soğurma bileşeninin değerleri buna uymaktadır. Buradan rüzgar çizgisi C IV ün beyaz cüceye yakın bir yerden kaynaklandığı söylemek mümkündür. Böylece UV tayflarından itibaren U Gem de böyle bir sonuç ilk kez somut olarak ortaya konulmaktadır. RW Sex, RW Tri ve V Sge içinde benzer bulgu Vitello ve Shlosman (1993)'nın bu yıldızların UV çizgilerine uyguladıkları modelden itibaren gelmektedir.

2. İlk sonucu doğrulayan bir bulgu da örtülmenin olduğu zamanlara yakın evrelerde CIV ve NV çizgilerinin hızlarının düşmesidir (Şekil 2). Yani yoldaş yıldızın çizginin oluşum bölgesini örttüğü bu nedenle hızlarda bir düşüş olduğu anlaşılmakta. Bu da merkezi cisme yakın yerlerde olabilir.

3. Literatür sonuçlarını doğrulayan bir bulgu da genelde çizgi hızlarının düşük olmasıdır (Sion ve diğ., 1997; Uluyazi ve diğ., 2007). Aslında bu sonuç iki şekilde açıklanabilir. 1. Bu çizgiler diskin içlerinde oluşuyorsa o zaman yoğunluğun daha fazla olduğu bu bölgelerin hareketlerinin tayflara yeterince yansımadağı söylenebilir. 2. Yine literatürden bilmekteyiz ki, gerek X-ışınlarında 0.2 ve 0.7 evrelerinde (Mason ve diğ., 1988) gerek uç mor öte bölgede 0.6 ile 0.8 evreleri arasında (Long ve diğ., 1996) akı düşüşleri görülmektedir. Çukur olarak bilinen bu yapılar çalıştığımız tayflardan Patlama 1 için 0.5, İniş kolu 2 için 0.3 ve 0.4 ve Patlama 2 için de 0.15 ve 0.6 evrelerinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 3). Patlama 2 de 0.15 evresindeki çukur Naylor ve la Dous (1997) tarafından da tespit edilerek bunun diskte bulunan dik bir yapı ile açıklanabileceğini ifade etmişlerdir. Eğer söz konusu bu çukurlar oldukça yerleşik ve geniş bir madde yığını ile oluşuyorsa o zaman rüzgar çizgileri bundan etkilenecek ve hızlar düşecektir.

Teşekkür

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: BYPF-10-18/201006.

Kaynaklar

Cordova, F.A., Mason, K.O.1982, “High-Velocity Winds from Dwarf Nova during Outburst”, *ApJ*. 260, 716-721.

Drew, J.E. 1997, “Winds from Cataclysmic Variables”, *ASP Conference Series*, Vol. 121, eds. D. T. Wickramasinghe, L. Ferrario ve G. V. Bicknell.

Drew, J.E., Verbunt, F. 1985, “Investigation of a wind model for cataclysmic variable ultraviolet resonance line emission”, *MNRAS*, 213, 191-213.

Froning, C.S. 2004, “Observations of Outflows in Cataclysmic Variables”, *arXiv : astro-ph/0410200* v1.

Froning, C.S. ve diğ. 2001, “FUSE Observations of U Geminorum during Outburst and Decline”, *ApJ*, 562, 963-984.

Greenstein, J.L., Oke, J.B. 1982, “RW Sextantis, a disk with hot, high-velocity wind”, *ApJ*. 258, 209-216.

Hartley, L.E. ve diğ. 2002, “Testing the Line-driven Disc Wind Model: Time-resolved Ultraviolet Spectroscopy of IX Vel and V3885 Sgr”, *MNRAS*, 332, 127-143.

Kafka, S., Honeycutt, R.K. 2004, “Detecting Outflows from Cataclysmic Variables in the Optical”, *AJ*, 128, 2420-2429.

Knigge, C., Drew, J.E. 1997, “Eclipse mapping of the Accretion Disk Wind in the Cataclysmic Variable UX Ursae Majoris”, *Apj*, 486, 445-456.

Long, K. S., ve diğ. 1996, “EUVE Observations of U Geminorum in Outburst”, *ApJ*, 469, 841-853.

Long, K. S., ve diğ. 1996, “EUVE Observations of U Geminorum in Outburst”, *ApJ*, 469, 841-853.

Long, K.S., Knigge, C. 2002, “Modeling the spectral signatures of accretion disk winds: a new Monte Carlo Approach”, *ApJ*, 579, 725-740.

Mason, K. O., ve diğ. 1988, “The discovery of orbital dips in the soft X-ray emission of U GEM during an outburst”, *MNRAS*, 232, 779-791.

Mason, K.O., ve diğ. 1995, “Eclipse Observations of an Accretion Disc Wind”, *MNRAS*, 274, 271-286.

Mauche, C.W. 1991, “High-resolution IUE Spectra of the Nova-like Variable IX Velorum”, *Apj*, 373, 624-632.

Naylor, T., ve la Dous, C. 1997, “The Vertical Disc Structure of U Geminorum in Outburst”, *MNRAS*, 290, 160-164.

Prinja, R.K. ve diğ. 2003, “FUSE and HST Ultraviolet Observations of the Disc Wind of RW Sextantis”, *MNRAS*, 340, 551-561.

Prinja, R.K. ve diğ. 2004, “FUSE Observations of V592 Cas: the Continuing Enigma of Orbitally Modulated Spectral Signatures of Accretion Disc Winds”, *MNRAS*, 355, 137-142.

Prinja, R.K. ve diğ. 2000, “HST Ultraviolet Observations of Rapid Variability in the Accretion-disc Wind of BZ Cam”, *MNRAS*, 312, 316-326.

Proga, D., Stone, J.M., Drew, J.E. 1998, “Radiation-driven winds from luminous discs”, *MNRAS*, 295, 595-617.

Proga, D., Stone, J.M., Drew, J.E. 1999, "Line-driven disc wind models with an improved line force", *MNRAS*, 310, 476-482.

Ribeiro, F.M.A., Diaz, M.P. 2008, "Tomographic Simulation of Accretion Disks in Cataclysmic Variables – Flickering and Wind", *PASJ*, 60, 327-335.

Sclosman, I., Vitello, P., ve Mauche, C.W. 1996, "Rotating winds from accretion disks in Cataclysmic Variables: Eclipse Modeling of V347 Puppis", *Apj*, 461, 377-385.

Shakura, N.I., Sunyaev, R.A. 1973, "Black holes in binary systems. Observational appearance", *A&A*, 24, 337-355.

Sion, F.H.C., ve diğ. 1997, "Hubble Space Telescope GHRSSpectroscopy of U Gem During Two Outburst", *ApJ*, 483, 907-912.

Uluyazi, C., Güver, T., ve Özkan, M.T. 2007, "U Gem'in Yığılma Diski Özellikleri"

XIV. Ulusal Astronomi Toplantısı, 31 Ağustos - 4 Eylül 2004, p, 353, 2007.

Vitello, P., ve Shlosman, I. 1993, "Ultraviolet Line Diagnostics of Accretion Disk Winds in Cataclysmic Variables", *ApJ*, 410, 815-828.