

U Gem'in Yığılma Diski Özellikleri

Cem Uluyazi¹, Tolga Güver¹, Türker Özkan¹

¹ İstanbul Üniversitesi Gözlemevi Araştırma ve Uygulama Merkezi
34119, İstanbul

uluyazi@yahoo.com, tolga@istanbul.edu.tr, ozkant@istanbul.edu.tr

Özet: U Gem'in yığılma diskinin bazı özelliklerinin anlaşılması amacıyla sistemin X-ışın ve uçmorötesinde Chandra, morötesinde IUE uydusu ile elde edilen arşiv verileri analiz edilmiştir. Sistemin x-ışın ve uç morötesi ışık eğrilerinde literatürde de geçen çukurlar görülmüştür. Morötesinde çukurun varlığına işaret eden 1800 Å civarında ortalama akıda düşme tespit edilmiştir. Uç morötesi ve morötesi tayflarındaki bazı çizgilerin de bu çukurlardan etkilendiği anlaşılmıştır. X-ışınlarında gözlenen çizgilerin sakinden patlamaya geçerken Doppler genişleme hızlarının arttığı görülmektedir. Ancak sistemin hem sakin hem patlama döneminde elde edilen bu hızların sınır bölgede beklenen Kepleryen hızlardan daha yavaştır.

Anahtar kelimeler: yığılma, yığılma diskleri – çift yıldızlar: yakın – nova, kataklismik değişenler – yıldızlar: özel (U Geminorum) – morötesi: yıldızlar – x-ışın: yıldızlar

Abstract: We have analyzed the archival data obtained by Chandra in X-rays and in EUV and by IUE in UV in order to study the properties of the accretion disc in U Gem. U Gem's light curves in X-rays and in EUV again show dips similar to the ones observed before. In UV at 1800 Å there is a drop in the mean flux which can be considered as a sign of dip. It has been seen that some of the lines in the EUV and UV spectra have been affected by the presence of dips. The calculated velocities from the Doppler broadening of the X-ray emission lines seem to increase when the system goes into outburst from quiescence. On the other hand these velocities are lower than the Keplerian velocities expected from the boundary layer.

Key words: accretion, accretion disks – binaries: close – novae, cataclysmic variables – stars: individual (U Geminorum) – ultraviolet: stars – X-rays: stars.

1. Giriş

U Gem 118 günde bir yaklaşık 5 kadirlik artışa sebep olan ve 7 – 14 gün süren patlamalar gösteren bir cüce novadır (Szkody ve Mattei 1984). Sistemin yörünge periyodu ve eğimi sırasıyla 4.25 saat (Marsh ve ark. 1990) ve 67°'dir (Long ve Gilliland 1999) bu yörünge eğiminden dolayı yoldaş yıldız yığılma diskinin sadece dış kısımlarını örter. (Berriman ve ark., 1983). Yoldaş yıldızın kütlesi ~0.4 M_☉ ve Beyaz cücenin kütlesinin ise 1.1M_☉ olduğu tahmin edilmektedir (Long ve Gilliland 1999).

U Gem sürekli bir x-ışın kaynağı olarak HEAO (Mason ve ark. 1978), EINSTEIN(Cordova ve Mason 1984), EXOSAT (Mason ve ark. 1988), ASCA (Szkody ve ark. 1996), CHANDRA (Szkody ve ark. 2002), pek çok x-ışın uydusu ile gözlenmiştir. Sistem patlama evresinde iken yumuşak x-ışınları (birkaç 10 eV) ~100 kat artmaktadır, buna karşın sert x-ışınlarında (2-6 keV) büyük bir değişim görünmemektedir (Cordova ve Mason 1984). Sistem x-ışını, morötesi

ve uç morötesi ışık eğrilerinde optik tutulmalardan farklı fazlarda çukur benzeri yapılar göstermektedir (Szkody ve ark. 1996, Szkody ve ark. 2002, Mason ve ark. 1988, Naylor ve la Dous, 1997, Long ve ark. 1996).

Bu çalışmada kaynağın Chandra uydusu ile x-ışını ve uçmorötesinde, IUE uydusu ile morötesinde alınan tayfları incelenmiştir. Literatürde x-ışın, uç morötesi ve morötesi ışık eğrilerinde gözlenen çukurların elimizdeki gözlem verilerinde gösterdiği özellikler incelenmiştir. X-ışınlarında gözlenen çizgilerin sakinden patlamaya geçerken Doppler genişleme hızlarının nasıl değiştiği araştırılmıştır.

2. Gözlemler

2.1 X-ışın ve Uç morötesi gözlemleri

Kaynak Chandra uydusu ile ikisi patlama esnasında olmak üzere 3 kez 2000-11-29, 2002-12-26, 2002-12-25 tarihlerinde 31 – 1.2 Å ve 1.2 – 175 Å dalgaboyu aralığında 96.05, 67.0, 47.91 ks poz süreleri ile gözlenmiştir. Bu çalışmada arşivlenmiş bu gözlemler kullanılmıştır. Verilerin indirgenmesi için en son kalibrasyon veri tabanı (CALDB 2.27) CIAO 3.1 (<http://cxc.harvard.edu/ciao/>) ve Sherpa spektrel analiz programları kullanılmıştır.

2.2 Morötesi Gözlemleri

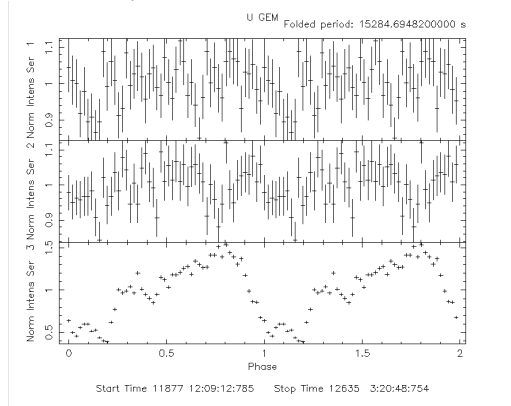
U Gem, IUE uydusu ile 1980 yılından başlayarak 1995 yılına kadar çeşitli defalar gözlemlendi. Bu çalışmada 3 patlama evresi ile 7 sakin dönemi içeren tüm veri arşivden alınarak kullanılmıştır.

3. Gözlemsel Bulgular

3.1 Zamansal Analiz

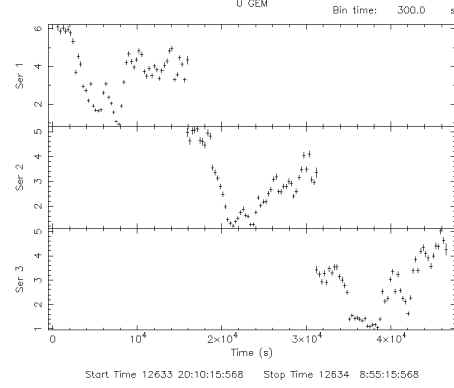
Yörünge evrelerine göre ışık eğrileri oluşturulurken Marsh ve ark.'nın (1990) elde ettiği efemeris kullanılmıştır, 0.0 evresi parlak lekenin yoldaş yıldızca tutulmasının ortasını göstermektedir.

Şekil 1'de X-ışın ışık eğrilerinde (üstteki ve ortadaki) 0.2 ve 0.7 fazlarında çukur benzeri yapılar görülmektedir. EXOSAT ile patlama sırasında elde edilen gözlemlerde (Mason ve ark. 1988) benzer çukurlar 0.7 evresinde ve 0.0-0.3 evreleri arasında gözlenmiştir. Çukurlar ASCA uydusu ile de sakin evrede 0.6-0.8 evreleri arası ve 0.2-0.4 evreleri arasında tespit edilmişlerdir (Szkody ve ark. 1996). Kaynak, 1994 yılında bir patlama sırasında elde edilen EUVE uydusu gözlemlerinde de 0.0 evresi civarında ve Chandra ile elde edilen uç morötesi ışık eğrisinden farklı olarak 0.6-0.8 evreleri arasında da çukur göstermiştir (Long ve ark. 1996). Bu çalışmada elde edilen ışık eğrisinde ise benzer bir çukur 0.5 evresi yakınlarında gözlenmektedir ancak çok daha derin ve geniş bir çukur 0.0-0.3 evreleri arasında görülmektedir (Şekil 1). Ayrıca çukurlar gözlem boyunca farklı yörüngelerde de farklılıklar göstermektedir (Şekil 2). Benzer şekilde, gözlem boyunca morfolojik değişiklikler EXOSAT ve ASCA uydusu ile yapılan gözlemlerde de tespit edilmiştir (Mason ve ark. 1988, Szkody ve ark. 1996).



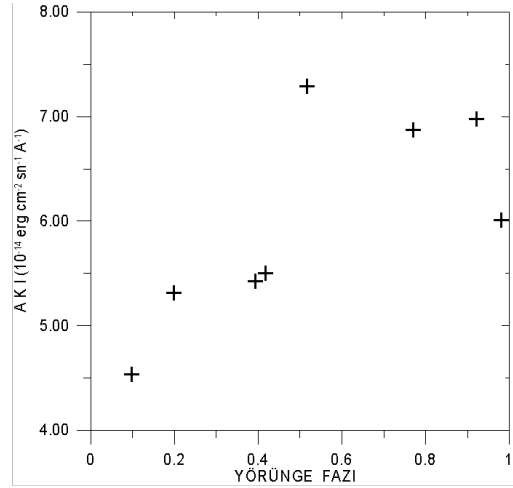
Şekil 3. U Gem yıldızının sakin evrede (en üst), patlamada x-ışın (orta) ve uç morötesi (en alt) Chandra gözlemlerinden elde edilen ışık eğrileri.

X-ışınlarının aksine çukurlar morötesi bölgede sadece patlama sırasında gözlenmiştir (Naylor ve la Dous, 1997).



Şekil 4. Patlama sırasında alınan uç morötesi gözlemi. Çukurların gözlenen şekilleri farklı yörüngelerde değişiklikler göstermektedir.

Bu çalışmada ise, 25 Ocak 1981 tarihinde IUE uydusu ile alınmış bir sakin dönem verisinde 0.097 evresinde, akıda diğer yörünge evrelerindeki akıya göre %27'lik bir azalma belirlenmiştir. Bu akı düşüşünün, aynı yörünge evresinde başka sakin dönem gözlemlerinde olup olmadığını anlamak için gözlem aranmış ancak uygun ölçütlerde gözlem bulunamamıştır.

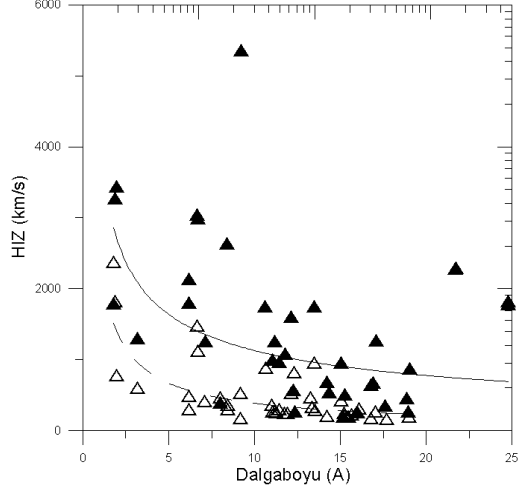


Şekil 3. Şekilde 0.1 evresi yakınlarındaki düşük akı değerli nokta görülmektedir. Ortalama akının bulunmasında 1800 Å etrafında 80 Å'lık bir aralık alınmıştır.

4. Tayfsal Analiz

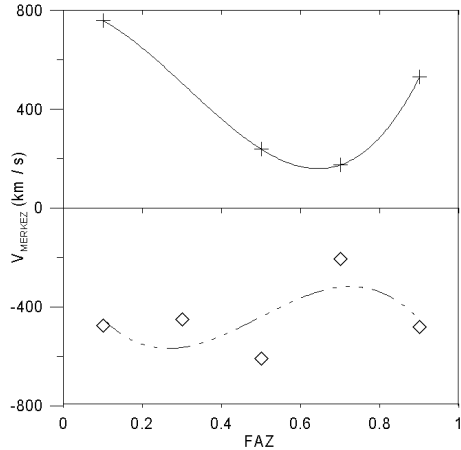
X-ışın tayfsal analizinde ilk göze çarpan olgu gözlenen emisyon çizgilerinin sakin evre ve patlama evresine geçerken Doppler

genişlemesinden itibaren ölçülen hızlarının artmasıdır.



Şekil 4. X-Işınlarda gözlenen çizgilerin sakinden patlamaya geçerken Doppler genişleme hızlarının değişimleri. İçi boş semboller sakın dönemi temsil etmektedir.

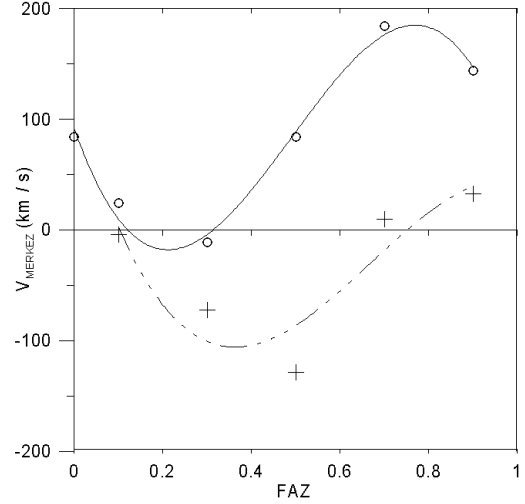
Patlama sırasında alınan uç morötesi tayfında, tanısı yapılabilen çizgilerin kırmızıya kayma değerleri incelendi. Bunlar arasında, (beyaz cücenin radyal hızının sıfır olduğu) 0.0 evresinde, yüksek kırmızıya (veya maviye) kayma gösteren Mg VIII (85.598 Å), Ca X (118.18 Å) çizgilerinin radyal hız eğrilerini elde ettik. Söz konusu çizgiler her fazda, makul hata değerleriyle hep aynı yönde hareket göstermektedir. Her iki çizginin radyal hız minimumları 0,75 evresindedir.



Şekil-5. Ca X (üst) ve Mg VIII (alt) çizgilerinin merkezlerinden ölçülen kırmızıya (veya maviye) kayma hızları.

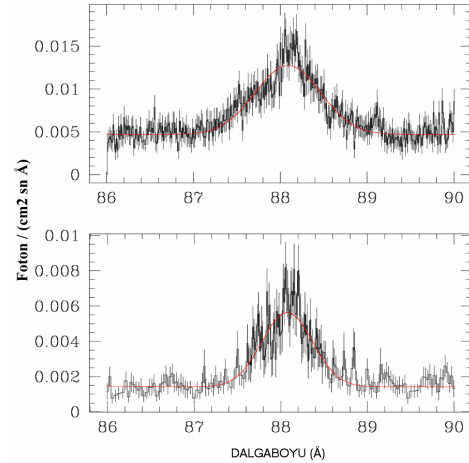
Ne VIII (88.082 Å) çizgisinin ise radyal hız eğrisi beyaz cüceninki ile benzerlik gösterdiği

söylenebilir ancak hatalar göz önüne alındığında bunun yanıltıcı bir ilişki olması da söz konusudur.

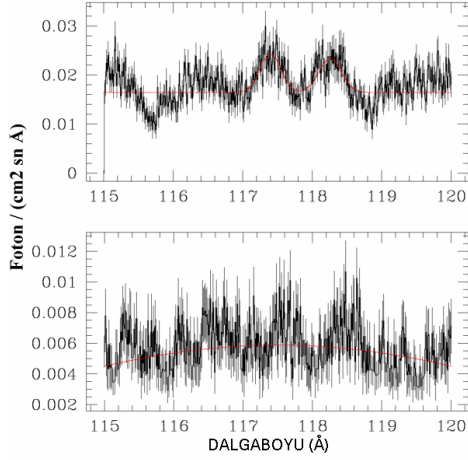


Şekil 6. Ne VIII'in çizgi merkezinden ölçülen kırmızıya kayma hızları artı işaretleri ile gösterilmiştir. Sürekli çizgi ise beyaz cücenin (Wade'in 1981'deki çalışmasından alınan uzay hızı eklenmiş) radyal hız eğrisini (Long ve Gilliland, 1999) göstermektedir.

Önceki bölümde bahsedilen uç morötesi ışık eğrilerindeki çukurun olduğu 0.0-0.3 evresinde, Ne VIII (Şekil 7(a)) ve Ca X Şekil 7(b). çizgileri akı olarak düşme göstermektedir.

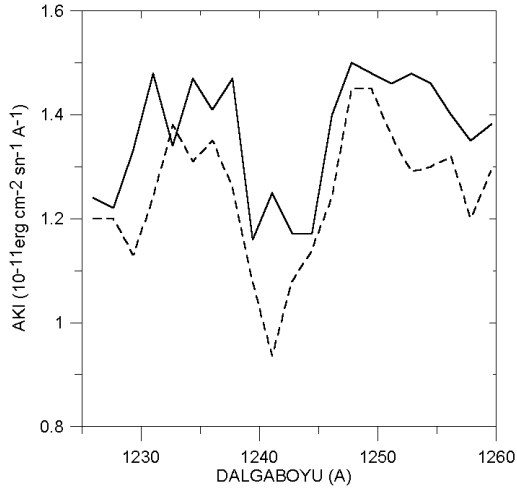


Şekil 7(a). Üstte çukurun olmadığı bir fazda görülen Ne VIII çizgisinin, alttaki bölümde çukurun olduğu 0.0-0.3 evresi arasında değiştiği anlaşıyor.



Şekil 7(b). Şekilde Ca X çizgisi çukurun olmadığı (üst) ve olduğu (alt) evrelerde karşılaştırılabilir.

Morötesinde ise bazı sistemlerde P Cygni profili vermesi ile bilinen NV (1242,778 Å) çizgisi bir patlama gözleminde incelenmiştir. Bu tayflarda çizginin U Gem'de zayıf emisyonlu bir P Cygni profili gösterdiği söylenebilir. Bu patlama gözleminde, 0.14 fazında olduğu ifade edilen çukur (Naylor ve la Dous, 1997) ile aynı fazda ve çukurun gözlenmediği bir fazda alınan tayflardaki NV çizgileri aşağıda karşılaştırılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. NV çizgisi, çukurun olduğu 0.1 evresinde (kesikli çizgi) ve çukurun olmadığı başka bir evrede (sürekli çizgi) görülüyor.

P Cygni profiline ait soğurma bileşeni, çukurun olduğu fazda daha da derinleşmiştir; buradan söz konusu rüzgar çizgisinin de bu çukurlardan etkilendiği anlaşılmaktadır.

5. Tartışma ve Sonuç:

U Gem sisteminin x-ışınları, uç morötesi ve morötesi dalgaboylarındaki verilerini yığılma diskinin özelliklerini anlayabilmek için analiz ettik. X-ışınlarında çukurların özelliklerine bakıldığında oluştukları evrelerin literatürde daha önce söz edilen evreler ile aynı olduğu, hem sakin hem de patlama döneminde gözlenebildiği görülmektedir.

Uç morötesinde, sistemden gözlem boyunca elde edilen farklı yörüngelere ait ışık eğrilerinde ilk göze çarpan olgu, sistemin 0.0-0.3 evresinde gösterdiği çukurun zamanla değişimidir (Şekil 2). Sadece ilk yörünge periyodunda çukurun yaklaşık tam ortasında akıda bir yükselme görülmektedir. Gözlem ilerledikçe bu yükseliş yok olmaktadır. 0.4-0.5 evresindeki çukurun ise gözlem ilerledikçe derinleştiği ve sistem 3. yörünge periyodundayken en derin halini aldığı görülebilir. X-ışın gözlemlerindeki foton sayısının yetersizliğinden dolayı uç morötesindeki benzer bir analiz bu dalgaboyunda yapılamamıştır. Bir başka ilginç nokta ise EUVE uydusu gözlemlerinde 0.6-0.8 evresinde çukurlar gözlenirken (Long ve ark. 1996) söz konusu yapıların bu çalışmada (kullanılan Chandra EUV verilerinde) 0.4-0.5 evresinde tespit edilmesidir. Bu şekilde bir evre değişikliği daha önce gözlenmemiştir.

Morötesinde sakin dönemde 0.097 evresindeki düşük akı değerindeki noktanın (Şekil 3) parlak lekenin tutulmasından olup olmadığının anlaşılması için görsel tutulma uzunluklarının incelendiği Krzeminski'nin (1965) çalışmasına başvurduk. İncelediğimiz gözlem patlamadan 106 gün sonra yapılmıştır, söz konusu çalışmaya göre patlamadan bu kadar gün geçtikten sonra görsel tutulma, bu gözlemin başlangıcından önce sona ermektedir. Bu nedenle akıdaki düşüş parlak lekenin örtülmesi ile ilgili değildir. Başka IUE gözlemlerinde de aynı evrede benzer bir çukur işareti olup olmadığını da inceledik ancak ya aynı evrede gözlem yoktu ya da kıyaslayabilecek yeterli sayıda veri yoktu. Burada sözü edilen çukur, patlamada 0.14 evresinde yine IUE'ce gözlenen (Naylor ve la Dous, 1997) ile yakın evrelerdedir hatta yine bu çalışmada elde edilen uçmorötesi ışık eğrilerindeki (Φ : 0.0-0.3) çukur ile aynı evrede sayılır. EXOSAT gözlemlerini de (Mason ve ark 1988) bu ortaklığa dahil edebileceğimizden bu çukurlara yol açan yapıların, morötesinden x-ışınlarına kadar uzun bir dalgaboyu aralığında etkin olduğu anlaşılıyor. Bu soğurucu yapıların disk düzleminde oldukça uzakta (Mason ve ark 1988) veya diskin dış kısımlarında olduğu (Long ve ark. 1996) düşünülüyor.

Sistemin hem sakin hem patlama döneminde x-ışın spektral çizgilerinin genişliklerinden itibaren elde edilen hızlar sınır bölgede beklenen Kepleryen hızlardan daha yavaştır. Bunun yanında sakinden patlamaya geçerken hızlarda yaklaşık üç kat artış görülmektedir (Şekil 4). X-ışını üretilen bölgenin diskin dış kısımlarında olmayacağı varsayımını da kullanarak sakin dönemde alınan x-ışınlarının beyaz cüceye yakın onunla birlikte dönen bir plazmadan geldiği söylenebilir.

Yığılma diskinde kepleryen hareket varsayımı kullanıldığı gibi U Gem için bunun aksinin söz konusu olduğunu gösteren bazı çalışmalar da var. U Gem'in sakin dönemde yapılan görsel gözlemlerinde alınan tayflardaki emisyon çizgilerinin tepeleri arasındaki mesafelerin, yörünge boyunca değiştiği görülmüş. Bir diskte kepleryen yörüngelerde hareket eden madde söz konusu olduğunda bu mesafelerin sabit olması gerekir. Bu durumu diskteki spiral şoklar ile açıklayan bir model de geliştirilmiştir (Neustroev ve Borisov, 1998). U Gem'in yığılma diskinde patlamada da, yine görsel bölgede, spiral şoklar söz konusudur (Groot 2001). Tabii diskin dış kısımları için söz konusu olan spiral şokların diskin iç bölümlerindeki etkileri ayrıca incelenmelidir.

Önceki bölümde belirtildiği gibi uç morötesinde 0.0 evresinde yüksek kırmızıya (ve maviye) kayma gösteren Mg VIII (85.598 Å), Ca X (118.18 Å) çizgileri dikkat çekicidir. Çizgi merkezlerinden itibaren ölçülen hızlar devamlı aynı yönde yüksek hızda hareketi göstermektedir. P Cygni profili göstermeseler de bu çizgilerin diskten uzaklaşan madde olduklarını düşünüyoruz. Benzer bir yorum, yine U Gem'in uç morötesi gözlemlerinde, P Cygni profili göstermeyen başka emisyon çizgileri için, hızlara bakılmaksızın yapılmıştır (Long ve ark. 1996).

Ne VIII çizgisi ise 80 km/sn civarında bir hatası olsa da hem 0.0 evresindeki düşük kayma değerinden dolayı hem de yörünge boyunca beyaz cücenin radyal hızlarına yakın değerlere sahip olmasından dolayı beyaz cüceye yakın bir bölgede oluştuğu düşünülebilir.

Şekil 7(a) ve 7(b)'de Ne VIII ve Ca X çizgilerinin çukurun olduğu evrede ciddi şekilde etkilendiği anlaşılmaktadır. (Çalışmada resim olarak yer vermemiş olsak da Mg VIII çizgisi de çukur olan evrede akı olarak düşme göstermektedir).

Morötesinde incelenen NV çizgisi ise zayıf emisyonlu bir P Cygni profili göstermektedir. Son hızı bu şekilde ölçülmesi de çizginin soğurma bileşeninin merkezi 0.0 fazında yaklaşık 400 km/sn'lik bir kayma vermektedir ki bu da uçmorötesinde rüzgar çizgileri olduğunu düşündüğümüz Mg VIII ve Ca X ile bir ortaklık anlamına gelir. Nisan 1995'teki patlama gözleminde 0.14 evresindeki çukurun (Naylor ve la Dous, 1997) olduğu fazda bu rüzgar çizgisi de etkilendirilmiştir. Tüm bunları göz önünde bulundurursak, hem uç morötesinde hem de morötesinde rüzgar ve disk-beyaz cüce çizgileri bu soğurucu maddenin etkisinde kalmaktadır. Tüm patlamalarda denetlenmemiş olsa da söz konusu yapıların hem sakin dönemde hem patlamada gözlenmeleri, bunların oldukça yerleşik olduğu fikrini uyandırıyor.

6. Kaynaklar

- Berriman, G., Beattie, D.H., Gatley, I., Lee, T.J., Mochnacki, S. W., Szkody, P., 1983, MNRAS, 204, 1105
 Cordova, F. A., Mason, K. O., 1984, MNRAS, 206, 879
 Krzeminski W. 1965, ApJ, 142, 1051
 Long, K. S., R. L. Gilliland, 1999, ApJ, 511, 916
 Long, K. S., Mauche, C. W., Raymond J. C., Szkody, P., Mattei, J. A., 1996, ApJ, 469, 841
 Groot, P.J., 2001, ApJ, 551, 89
 Marsh, T. R., Horne, K., Schlegel, E. M., Honeycutt, R. K., Kaitchuck, R. H., 1990, ApJ, 364, 637
 Mason, K. O., Lampton, M., Charles, P. Bowyer, S., 1978, ApJ, 226, L129
 Mason, K.O., Cordova, F. A., Watson, M. G., King, A. R., 1988, MNRAS, 232, 779
 Naylor, T., la Dous, C., 1997, MNRAS, 290, 160
 Neustroev, V. V., Borisov, N., V., 1998, A&A, 336L, 73N
 Sion, E. M., Cheng, F.H., Szkody, P., Sparks, W., Gaensicke, B., Huang, M., Mattei, J., 1998, ApJ, 496, 449
 Szkody, P., Long, K. S., Sion, E. M., Raymond, J. C., 1996, ApJ, 469, 834
 Szkody, P., Nishikida, K., Raymond, J. C., Seth, A., Hoard, D. W., Long, K. S., Sion, E. M., 2002, ApJ, 574, 942
 Szkody P., J. Mattei, 1984, PASP, 96, 988
 Wade, R.A., 1981, ApJ, 246, 215