





# TÜBİTAK TUG T60 ve İstanbul Üniversitesi İST60'ın *Gaia* Gözlemlerindeki Bazı Kataklişik Değişen Adaylarının Işık Eğrileri

Hasan H. Esenoğlu<sup>1</sup>  , Gamal M. Hamed<sup>1,2</sup> , Meryem Kübra Dağ<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul-34119, Türkiye

<sup>2</sup> National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Stellar Astronomy Lab, Cairo-1142, Egypt

<sup>3</sup> İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı, İstanbul, Türkiye

Accepted: November 15, 2022. Revised: November 14, 2022. Received: November 6, 2022.

## Özet

*Gaia* uyarıları içerisinde 5 adet kataklişik değişen (CV) adayı (Gaia16ahl, Gaia16bnz, Gaia14adn, Gaia16awq ve Gaia21bpe) küçük açıklıklı robotik teleskoplarla (büyük olanlarla da koordineli şekilde) *B*, *V*, *R* süzgeçlerinde ve süzgeçsiz olarak gözlenmiştir. Adayların tanımlamaları şöyledir: Gaia16ahl-CV, Gaia16bnz-bilinmeyen, Gaia14adn-bilinmeyen, Gaia16awq-bilinmeyen ve Gaia21bpe-nova. *Gaia*'nın *G* süzgecinde ortalama parlaklıkları da Gaia16ahl (14.9), Gaia16bnz (12.9), Gaia14adn (16.3), Gaia16awq (9.0) ve Gaia21bpe (15.4) kadirdir. Bu *Gaia* kaynaklarının farklı tarihlerde uzun süreli fotometrik gözlemleri yapılarak ışık eğrileri elde edilmiştir. Buna göre, Gaia16ahl Z Cam türü duraksamalar ve bitiminde parlaklık artışları göstermiştir. *B*'de 4.2 kadir genlikli derin minimum da görülmüştür. 16adn'nin RR Lyra türü değişen olduğu teyit edilmiştir. Gaia16awq'nun manyetik aktiviteye sahip bir yıldız olması yönü desteklenmiştir. Gaia21bpe, yaklaşık 9 kadirlik bir parlama ile nova patlaması gösterdi ve 7 Haziran 2021 tarihinde 6.5 kadir seviyesinde maksimum parlaklığa ulaştı. Patlama sonrası erken iniş evresine ait ışık eğrileri alındı ve novanın bu aşamadaki evrimine fotometrik katkı verilmiştir.

## Abstract

5 cataclysmic variable (CV) candidates (Gaia16ahl, Gaia16bnz, Gaia14adn, Gaia16awq and Gaia21bpe) among the *Gaia* alerts were observed with small apertures robotic telescopes (also in coordination with larger ones) in filters *B*, *V*, *R* and unfiltered. The identifications of the candidates are as follows: Gaia16ahl-CV, Gaia16bnz-unknown, Gaia14adn-unknown, Gaia16awq-unknown and Gaia21bpe-nova. Average magnitudes in *Gaia*'s *G* band are also Gaia16ahl (14.9), Gaia16bnz (12.9), Gaia14adn (16.3), Gaia16awq (9.0) and Gaia21bpe (15.4). Light curves were obtained by long-term photometric observations of the *Gaia* sources at different dates. Accordingly, Gaia16ahl Z Cam type showed standstills and brightness increases at the end. A deep minimum of magnitude 4.2 was also seen in *B* filter. 16adn had been confirmed to be an RR Lyra type variable star. Gaia16awq was supported to be a magnetically active star. Gaia21bpe showed a nova outburst with a magnitude of about 9, reaching its maximum luminosity of magnitude 6.5 on June 7, 2021. The light curves of the early decrease stage after the outburst were taken and the photometric contribution was given to the evolution of the nova in this phase.

**Anahtar Kelimeler:** *Gaia* Alert Sources – Cataclysmic Variables – Nova – Light Curve

## 1 Giriş

Kataklişik Değişenler (CV'ler), beyaz cüce birinci bileşen ile sıkışık çift yıldızlar olan Madde Aktaran Beyaz Cüce Çiftleri olarak isimlendirilir. CV'ler esas olarak bir disk aracılığıyla toplanır ve ikinci bileşen, geç tipte bir yıldız veya evrimleşmiş bir yıldızdır. 2-2.5 gün olan birkaç istisna çift yıldızlar dışında sistemler 1.4-13 saatlik yörünge periyotları gösterir (Balman 2020). 22 bin gibi sayıya ulaşan *Gaia* uyarı kaynakları içerisinde en çok bulunanlar CV'ler olduğu görülmüştür. Bunlar içerisinde seçilen 5 adet CV adayının 3'ünün (Gaia16bnz, Gaia14adn ve Gaia16awq) henüz kesin tanımlaması bilinmemektedir.

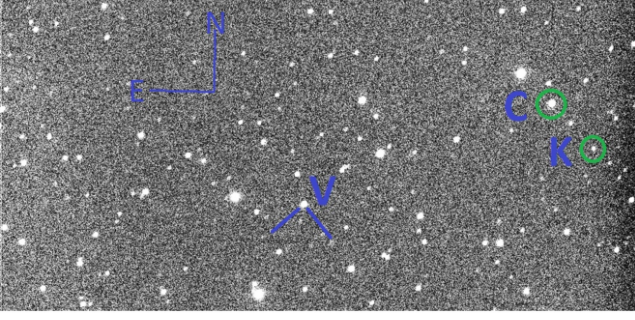
• **Gaia16bnz:** *Gaia*'nın makina öğrenimine göre mavi bir

kaynak, uzun süreli (bir yıldan fazla) 13. kadirde sabitlenmiş bir ışık eğrisi göstermiş ve 1.3 kadirlik bir parlaklık azalması sergilemiştir.

- **Gaia14adn:** *Gaia*'nın makina öğrenimine göre mavi bir değişen yıldız veya bir CV de olabilir. ASASSN-14lg olarak da biliniyor.
- **Gaia16awq:** Yine *Gaia*'nın makina öğrenimine göre CV adayı veya flare yıldızdır, ışık eğrisinde ani parlaklık artışları ve azalmaları göstermektedir.

Gözlemlerin yorumlanmasına katkı verecek bilgileri burada verelim. CV'lerin kalabalık bir alt sınıfı olan cüce novalar, tipik olarak 2-5 kadir aralığında patlamalara sahiptirler. Bununla birlikte, WZ Sge gibi az sayıda örneği olan parlaklığı 8 kadir kadar çıkan patlamalar da sergilemektedirler. Kararlı durumlarındaki birçok CV'nin ve tüm cüce novalardaki patlamaların maksimum ışığına disk emisyonu hakimdir

\* esenoglu@istanbul.edu.tr



Şekil 1. Gaia16ahl'nin V ile belirtilmiş T60 görüntüsü. Görüntüde C ve K harfleriyle gösterilen kaynaklar, sırasıyla mukayese ve denettir.

(Warner 1995). Patlamalar arasındaki süre, her nesne için iyi tanımlanmış bir zaman ölçeği ile yaklaşık 10 gün ile onlarca yıl arasında değişmektedir. Normal patlamaların süresi, patlamalar arasındaki aralıkla ilişkili olarak 2-20 gün arasındadır.

Z Cam yıldızları, patlamaların onlarca günden yıl mertebesine uzanan aralıklarla durduğu, maksimum parlaklığın yaklaşık 0.7 kadir altında duraksamalar gösterir. Üç sistemde (V794 Aql, TT Ari ve MV Lyr) 5 kadirden fazla genlikli derin minimumlar şeklinde nadir sapmalar da gözlenmiştir (Warner 1995). Z Cam sisteminde ilginç özellik taşıyan bir başka örnek de IW And'tır, diğer cüce novalarda da giderek daha fazla tespit edilen patlama sonrası sürdürdüğü duraksama durumunu parlama göstererek sona erdirmesidir (Kato 2019).

Bu çalışmada Gaia uyarı kaynaklarından 5 CV adayının ışık eğrileri elde edilmiştir. Gaia ışık eğrileri ile de karşılaştırılarak özellikle tanımlaması henüz yapılmamış üçü için fotometrik katkı verilmiştir.

## 2 Gözlem

Gaia kaynaklarının Türkiye Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) - TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) T60 ve İstanbul Üniversitesi - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (ÇOMÜ) İST60 robotik teleskoplarla Johnson B, V ve R süzgeçlerinde ve aynı zamanda süzgeçsiz fotometrik verileri alındı. Fark fotometrisi uygulandı. Ayrıntılı ışık eğrileri, genel Gaia ışık eğrisi üzerinden kaynakların fotometrik karakteristikleri yorumlandı.

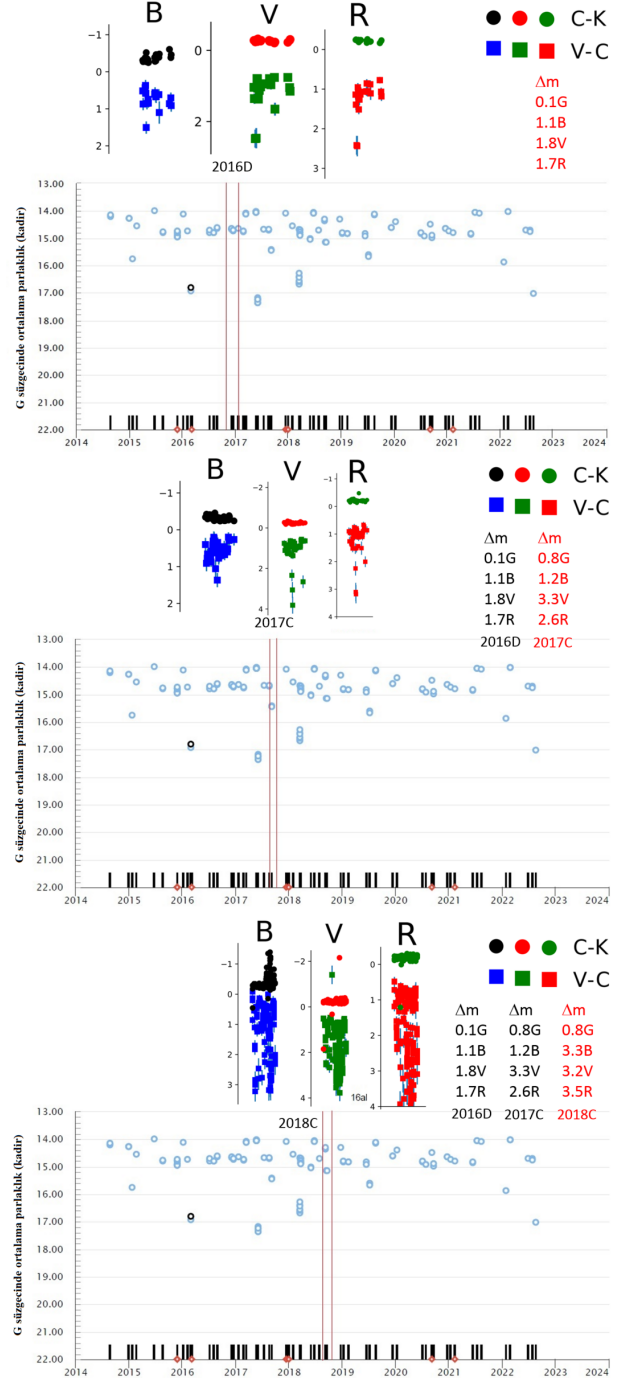
Aşağıda 5 Gaia kaynağının ışık eğrileri, süzgeç, teleskop, poz ve tarih bilgileri ile birlikte verilmiştir.

### 2.1 Gaia16ahl Işık Eğrileri

**Özet:** CV, ort. 14.9 G kadir, T60, 2016D-2017C-2018CD-2019C-2020C-2021BC.

Şekil 1'de Gaia16ahl'nin (V) görüntüsü verilmiştir. Veri indirgemesinde kullanılan mukayese (C) ve denet (K) yıldızları da belirtilmiştir.

Yaklaşık 5 yıla yayılan 5 kaynağın ışık eğrileri toplamda 46 adet görsel doldurdu. Sınırlı sayfa sayısı nedeniyle örnek ve gereklilik temelinde şekillerde seçici olunmuştur. Bu çerçevede Şekil 2'de 2016D, 2017C ve 2018C dönemlerinde B, V ve R süzgeçlerinde 20 s poz verilerle alınmış Gaia'ninki ile birlikte ışık eğrileri verilmiştir. Üsttekiler mukayese denet çıkarılmış (C-K) ve alttakiler de değişenden mukayese çıkarılmıştır (V-C). 4 süzgeçte Gaia16ahl'nin parlaklık değişimi genlikleri de ( $\Delta m$ )



Şekil 2. Gaia ışık eğrisi (Gaia Fotometrik Uyarıları Dizini) üzerinde yeri belirtilmiş olarak Gaia16ahl'nin 2016D (üst panel), 2017C (orta panel), 2018C (alt panel) dönemlerinde (Kasım, Aralık, Ocak) T100 ile alınmış ışık eğrileri.

ölçülerek belirtilmiştir. Değişenin parlaklık değerlerindeki hata miktarları da gösterilmiştir.

### 2.2 Gaia16bnz Işık Eğrileri

**Özet:** Bilinmeyen, ort. 12.9 G kadir, İST60-T60, 2019D-2020C. Bilinmeyen bu Gaia kaynağının 2020C döneminde B (60 s), V (60 s) ve R (30 s) süzgeç ve pozlarla alınmış örnek bir ışık eğrisi Şekil 3'te verilmiştir.

### 2.3 Gaia14adn Işık Eğrileri

**Özet:** Bilinmeyen, ort. 16.3 G kadir, T60, 2016D-2017A-2017D.

Bilinmeyen bu *Gaia* kaynağının 2016D, 2017ABD dönemlerinde *R* süzgecinde 20s pozla alınmış örnek bir ışık eğrisi Şekil 4'da verilmiştir. Değişenin parlaklık değerlerindeki hata miktarları da gösterilmiştir.

### 2.4 Gaia16awq Işık Eğrileri

**Özet:** Bilinmeyen, ort. 9.0 G kadir, T60, 2018A-2019A-2020B.

Bilinmeyen bu *Gaia* kaynağının 2016A, 2019A ve 2020B dönemlerinde *B* süzgecinde alınmış örnek bir ışık eğrisi Şekil 5'de verilmiştir.

### 2.5 Gaia21bpe Işık Eğrileri

**Özet:** Nova, patlama öncesine ait ort. 15.4 G kadir, İST60, 2021BC.

Bu novanın 2021BC dönemlerinde süzgeçsiz 1 s ve 2 s pozlarla alınmış *Gaia*'nın ile birlikte örnek bir ışık eğrisi Şekil 6'de verilmiştir. *Gaia*'nın bu ışık eğrisine göre nova 7 Haziran 2021'de 6.5 kadir seviyesindeki patlamasından hemen sonra gözlemlendiğinden ve süzgeç te kullanmadığımızdan poz süresi kısa tutulmuştur.

## 3 Tartışma

Bu bölümde 5 *Gaia* kaynağının bulgularını tartışma ile birlikte alt başlıklar altında verdik.

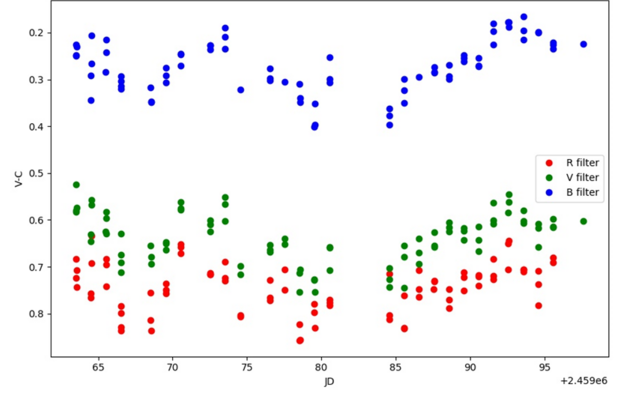
### 3.1 Gaia16ahl

*Gaia* ışık eğrisinde en büyük derin minimum T60'ın A dönemine karşılık gelen 4 Mart 2016 tarihinde (yeri Şekil 7'da gösterildi) *Gaia*'nın *G* süzgecinde 17.35 kadir olup 14.9 ortalama parlaklığına göre yaklaşık 2.5 kadirlik bir genişliğe karşılık gelmektedir (bkz. Şekil 2). T60 verisine göre ise en derin minimum 2018D döneminde *B* süzgecinde 4.2 kadir olarak ortaya çıkmıştır (bkz. Şekil 7 ve 8). Buna göre, 1.7 kadir daha derin bir minimum tespit edilmiş olundu.

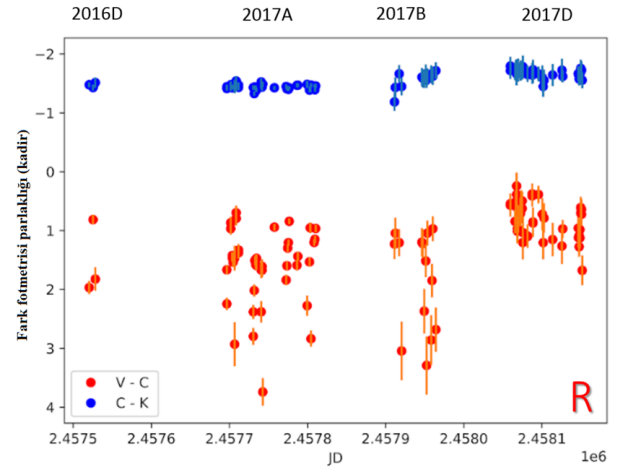
*Gaia16ahl*'nin henüz CV olduğu bilinmediği aşamasında TUG - Rusya Türkiye Teleskopu (RTT150) ile tayfı alınmış ve CV özelliği olan emisyonları göstermiştir. Ayrıca, TUG T100 gözlemlerinden de kaynağın ışık eğrilerini AM Her yıldızlarinkine benzetmiştik ve RS CVn türü değişen de olabileceğini yorumlamıştık. *Gaia* sayfasında *Gaia16ahl* için artık "Z Cam sistemi IW And'taki 3 kadir sönükleşme" şeklinde yorum yapılmış ve sınıfı CV olarak belirlenmiştir. Z Cam sistemi IW And'ın özelliği, patlama sonrası eski haline tam dönmeden ara bir değerlerde duraksadığı (standstil) pozisyonunu parlaklığını arttırarak sona erdirdiği görülmüştür (Kato 2019). Bu durum *Gaia16ahl*'de 2021B döneminde *B*, *V* ve *R*'de ve 2021C *R*'de (bkz. Şekil 9) görülmüştür.

*Gaia16ahl*'nin 2019C döneminde *B* ve *V* ışık eğrilerinde minimumlar arası yaklaşık 58 gün olan, I ile baş ve II ile de yan şeklinde 2 adet minimum gözükmemektedir. Bunların genlikleri *B*'de I:3.1 ve II:2.6 ile *V*'de I:3.7 ve II:3.3 kadirdir. *R*'de ise gözlem eksikliği nedeniyle 1.3 kadir genlikli sadece bir tane minimum (I veya II) yer almaktadır (bkz. Şekil 10).

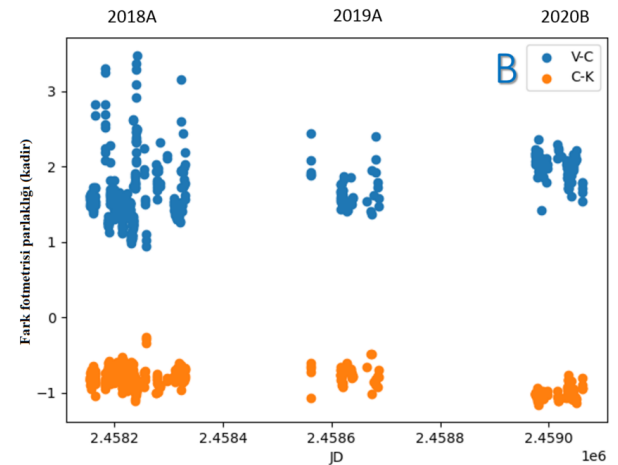
2021B (Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül) döneminde *B*, *V* ve *R* süzgeçlerinde yaklaşık 8 gün süren 0.7 kadir iki parlama görülmektedir (bkz. Şekil 9). İki tepe arasındaki süre yaklaşık 31 gündür. Benzer şekilde, 2021C (Ekim-Kasım-Aralık-Ocak)



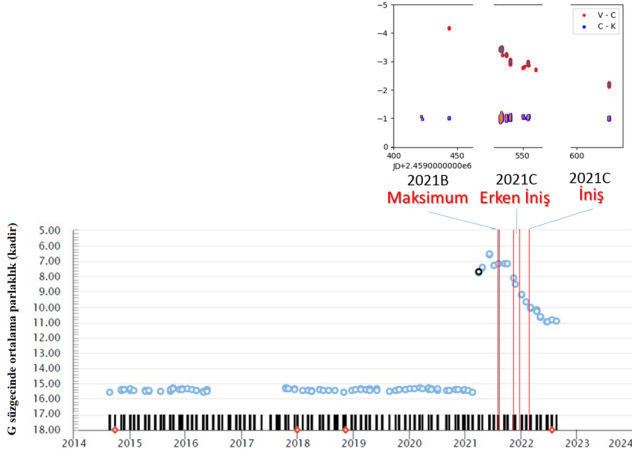
Şekil 3. Gaia16bnz'nin 2020C (Kasım-Aralık-Ocak) döneminde T60 ile alınmış ışık eğrileri.



Şekil 4. Gaia14adn'nin 2016D (Kasım-Aralık-Ocak), 2017A (Şubat-Mart-Nisan), 2017B (Mayıs-Haziran-Temmuz) ve 2017D dönemlerinde T60 ile alınmış ışık eğrileri.



Şekil 5. Gaia16awq'nun 2018A (Şubat-Mart-Nisan), 2017A, 2017B (Mayıs-Haziran-Temmuz) ve 2017D (Kasım-Aralık-Ocak) dönemlerinde *B* süzgecinde 120s poz verilerek T60 ile alınmış ışık eğrileri. Üstteki maviler değişenden mukayese çıkarılmış (V-C) ve alttakiler de mukayeseden denet çıkarılmıştır (C-K).



**Şekil 6.** Gaia21bpe novasının 2021B (Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül) ve 2021C (Ekim-Kasım-Aralık-Ocak) dönemlerinde İST60 ile alınmış ışık eğrileri. Üsttekiler değişenden mukayese çıkarılmış (V-C) ve alttakiler de mukayeseden denet çıkarılmıştır (C-K). Gaia ışık eğrisinde (Gaia Fotometrik Uyarıları Dizini) evre bilgileri ve İST60 verisinin karşılık geldiği yerler belirtilmiştir.

döneminde sadece R süzgecinde yaklaşık 13 gün süren 0.5 kadir genlikli bir parlaklık artışı görülmüştür (bkz. Şekil 9).

CV'lerde disk baskın olduğundan kütle aktarımına bağlı olarak etkinlik (yüksek veya alçak) durumu söz konusu olabilmektedir. T60 verilerinde derin minimumların B-V olarak genlik farklarına bakıldığında Gaia16ahl'nin zaman içerisinde disk durumunun değiştiği ve sakin (kararlı ya da sabit) kaldığı da söylenebilir (bkz. Şekil 11).

### 3.2 Gaia16bnz

Gaia16bnz belirsiz bir kaynaktır. Gaia ışık eğrisinde 1 yıl boyunca 1.3 kadirlik bir parlaklık düşüşü göstermiştir. Bu kaynağın T60 ve İST60 ışık eğrilerinin tamamı Gaia ışık eğrisine benzer bir karakterde olup kaynağın tanısına katkı verecek bilgi çıkmamıştır.

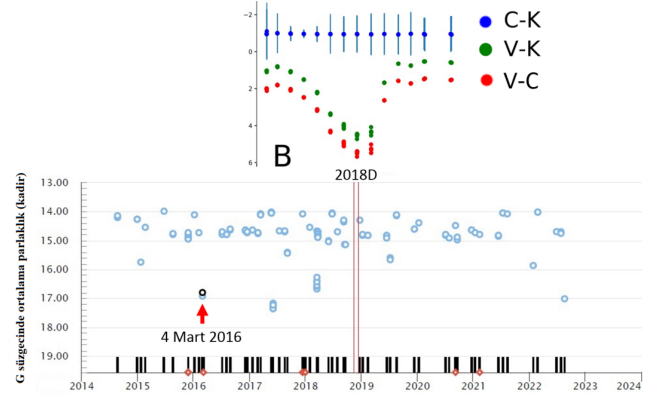
### 3.3 Gaia14adn

Gaia14adn bilinmeyen ve Gaia ışık eğrisinde az verisi bulunan bir kaynaktır. Bununla birlikte, T100 gözlemlerinden RR Lyra türü değişen olduğu bulunmuştur. Değişen yıldızın bu fotometrik karakteri T60'ın 2016D'de ve özellikle 2017B-C-D dönemlerinde B, V ve R süzgeçlerinde de görülmüştür.

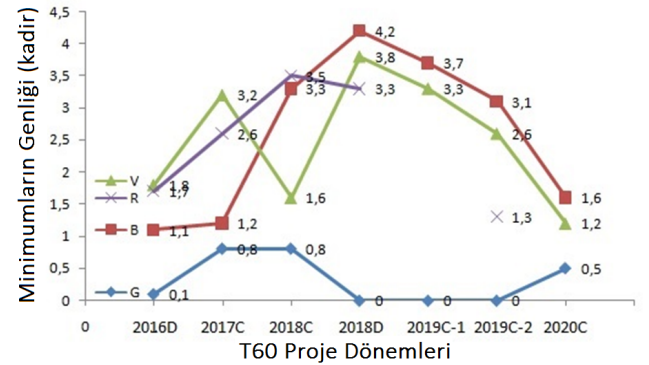
### 3.4 Gaia16awq

Gaia16awq belirsizliğini korumaktadır. Gaia ışık eğrisi yaklaşık 0.5 kadir genişliğinde tamamen düz, Gaia uyarısına göre flare tipi bir parlamadan dolayı manyetik aktiviteye sahip bir yıldız olabilir. T100 gözlemlerinde değişen yıldız değil şeklinde yorumlanacak düzlükte bir ışık eğrisi ve bir de flare türünden ani parlaklık çıkışı görülmüştür.

T60'ın 2018A ve 2019A-B dönemlerinde B, V ve R'de durum ilginçtir; 0.6 kadir Gaia flare genişliğinin yaklaşık üç katına varan parlaklık artışı görülmüştür. Bu yüzden, süzgeçli T60 gözlemlerinin sürdürülmesi kaynağın anlaşılmasına katkı verebilecektir.



**Şekil 7.** Gaia ışık eğrisi (Gaia Fotometrik Uyarıları Dizini) üzerinde yeri belirtilmiş olarak Gaia16ahl'nin 2018D (Kasım-Aralık-Ocak) döneminde B süzgeci ile 60s poz verilerle alınmış ışık eğrileri. Üstte mavi olanlar mukayeseden denet çıkarılmıştır (C-K) ve alttakiler de değişenden denet (yeşil, V-K) ve mukayese çıkarılmıştır (kırmızı, V-C).



**Şekil 8.** Gaia16ahl'nin T60 gözlemlerinden derin minimumlardaki genliklerin değişimleri. Yatay eksen zaman olarak proje dönemleri düşey eksen de minimumlardaki kadir biriminde genlik değerleridir.

### 3.5 Gaia21bpe

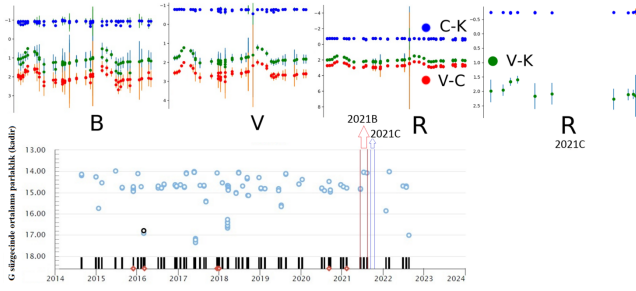
Gaia21bpe (Nova Cas 2021) Gaia'nın nova patlamasının maksimumdan önce tespit ettiği yeni patlayan bir novadır. Bugünlerdeki parlaklığı Gaia'nın G süzgecinde 11.4 kadir olup eski halindeki 15.4'ye doğru sönükleşmektedir. İST60 ile süzgeçsiz 2021B (Temmuz), 2021C (Kasım-Aralık ve 2022 Ocak) dönemlerinde az sayıda novanın gözlemi yapılmıştır. 2021B maksimum parlaklıkta ve 2021C de maksimumdan sonraki iniş evresine karşılık gelmektedir. Işık eğrileri ilerleyen zamanda maksimumdan sonraki parlaklık azalmasını göstermiştir.

## 4 Sonuçlar

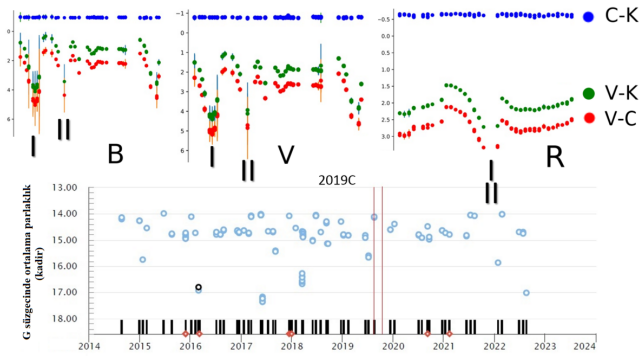
5 Gaia kaynağının araştırılmasında bulunan sonuçları şöyle özetleyebiliriz.

- Gaia16ahl** özellikle 2018D döneminde B'de 4.2 kadir genlikli olmak üzere derin minimumlar göstermiştir. Kaynakta 0.5-0.8 kadir genlikte 8-13 gün süren parlaklık artışları görülmüştür. T60 verisi, kaynağın katakлизмik

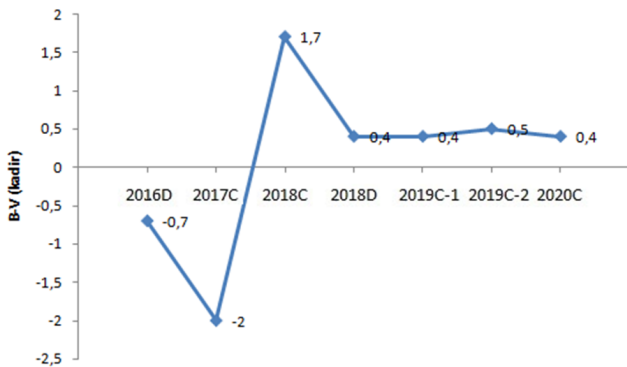




**Şekil 9.** *Gaia* ışık eğrisi (*Gaia* Fotometrik Uyarıları Dizini) üzerinde yeri belirtilmiş olarak Gaia16ahl'nin 2021B (Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül) döneminde *B* (210 s), *V* (150 s) ve *R* (120 s) ile 2021C (Ekim-Kasım-Aralık-Ocak) döneminde *R* (120 s) süzgeçler ve pozlarda alınmış ışık eğrileri. Üstte mavi olanlar mukayeseden denet çıkarılmıştır (C-K) ve alttakiler de değişenden denet (yeşil, V-K) ve mukayese çıkarılmıştır (kırmızı, V-C).



**Şekil 10.** *Gaia* ışık eğrisi (*Gaia* Fotometrik Uyarıları Dizini) üzerinde yeri belirtilmiş olarak Gaia16ahl'nin 2019C (Ağustos-Eylül-Ekim) döneminde *B* (60 s), *V* (60 s) ve *R* (30 s) süzgeçler ve pozlarda alınmış ışık eğrileri. Üstte mavi olanlar mukayeseden denet çıkarılmıştır (C-K) ve alttakiler de değişenden denet (yeşil, V-K) ve mukayese çıkarılmıştır (kırmızı, V-C). *B* ve *V*'de Değişenin parlaklık değerlerindeki hata miktarları da gösterilmiştir.



**Şekil 11.** Gaia16ahl'nin T60 gözlemlerinden derin minimumlardaki *B-V* olarak genlik farklarının değişimi. Yatay eksen zaman olarak proje dönemleri düşey eksen de parlaklık farkıdır.

değişen çift yıldızlarda görülen fotometrik özellikleri ortaya çıkartmıştır. Minimumlarda sakin, yüksek ve alçak durumları göstermiştir. Z Cam gibi duraksamalar ve bitiminde parlaklık artışları göstermiştir. Makina öğreniminin CV önerisi T60 verisi ile teyit edilmiştir.

- Gaia16bnz**'nin tanınırlığına T60 ve İST60 verisinden katkı gelmemiştir.
- 16adn**'nin T60 gözlemleri kaynağın RR Lyra türü değişen olmasını teyit etmiştir.
- Gaia16awq**'nun T60 verisinden manyetik aktiviteye sahip bir yıldız olması yönünde destek görülmüştür.
- Gaia21bpe** bir novadır. Maksimum ışıktaki ve iniş evresindeki parlaklık azalmasını İST60 verisi sağlamıştır.

### Teşekkür

18BT60-1322 numaralı proje ile T60'ın ve İST60'ın kullanımına destek verdiği için TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne (TUG'a) ve İÜ Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne teşekkür ederiz. TJAA hakemlerine makaleyi iyi seviyeye yükselten önerilerine ayrıca teşekkür ederiz. Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nin (BAP) FBA-2020-36956 nolu projesi tarafından HHE'nun kongreye katılımı desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- Balman, S., *Advances in Space Research* **66** (2022) 1097–1122.  
 Kato, T., *PASJ* **71** (2019) 20–1–20–4.  
 Warner, B., *Cataclysmic Variable Stars*, Cambridge University Press, ISBN 0-521-41231-5 (1995).

### Access:

M23-0344: *Turkish J.A&A* — Vol.4, Issue 3.