

# Kırmızı Süperdev Yıldız Betelgeuse'da Meydana Gelen Büyük Sönme Olayına Yönelik Araştırma

Murat Esendemir<sup>1</sup>  , Serdar Evren<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye

Accepted: January 3, 2023. Revised: December 13, 2022. Received: November 5, 2022.

## Özet

The aim of this study is to examination the causes of the Great Extinction event in the red supergiant star Betelgeuse. Photometric observations of the red supergiant star Betelgeuse show the starlight fading from December 2019 to February 2020. Red supergiants are the leading stars of Type II supernovae. Studies of the emission and condensation of dust grains from the eruption of such red supergiants will add to our knowledge and understanding of the phases red supergiants go through before they become supernovae. The fact that Betelgeuse has been observed comprehensively contributes to our work at this point. In addition, in this study, comparative data with another red supergiant star, Aldebaran, will be examined. Data are from The American Association of Variable Star Observers (AAVSO), which includes photometric observations in the V band (AAVSO 2022).

## Abstract

Bu çalışmanın amacı, kırmızı süperdev yıldız Betelgeuse'da meydana gelen Büyük Sönme olayının nedenlerine yönelik bir inceleme yapmaktır. Betelgeuse'un fotometrik gözlemleri, yıldız ışığının Aralık 2019 – Şubat 2020 tarihlerinde sönükleştğini göstermektedir. Kırmızı süperdevler Tip II süpernovalarının öncü yıldızlarıdır. Bu tür kırmızı süperdevlerin püskürmesinden kaynaklanan toz taneciklerinin salması ve yoğunlaşması üzerine yapılan çalışmalar, kırmızı süperdevlerin süpernova olmadan önce geçtiği aşamalar hakkında bilgimize ve anlayışımıza katkıda bulunacaktır. Betelgeuse'un gözlemsel olarak kapsamlı bir şekilde incelenmiş olması bu noktada çalışmalarımıza katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu çalışmada, bir başka kırmızı süperdev yıldız olan Aldebaran ile karşılaştırmalı veriler incelenmiştir. Veriler, V bandında fotometrik gözlemlerin yer aldığı The American Association of Variable Star Observers (AAVSO)'dan alınmıştır (AAVSO 2022).

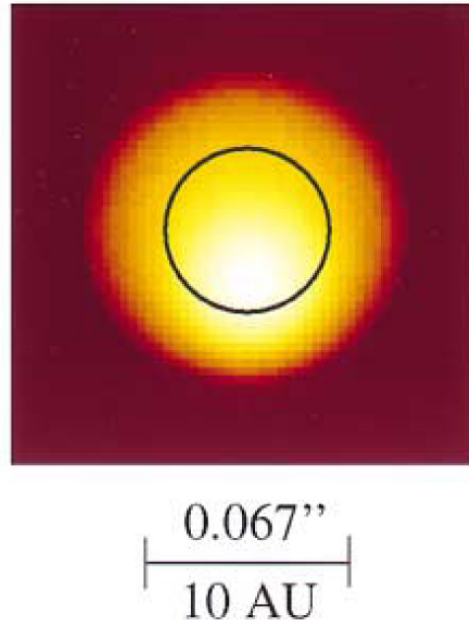
**Anahtar Kelimeler:** betelgeuse – alpha ori – red super giants – precursor supernovae – light curve

## 1 Giriş

Betelgeuse, Avcı (Orion) Takımyıldızı'nda bulunmaktadır ve gökyüzündeki en parlak yıldızlardan birisidir. SRc türü yarı düzenli değişen yıldız olarak kabul edilmektedir. Bu değişimi yaklaşık 100 yılı aşkın bir süredir gözlenmekte ve takip edilmektedir. 416 gün ve 2365 gün olarak iki farklı zonklama dönemi tespit edilmiştir (Joyce ve diğ. 2020). Yıldızda ait fiziksel parametreler Çizelge 1'de verilmiştir (Dolan ve diğ. 2016; Joyce ve diğ. 2020; Levesque & Massey 2020; Stothers & Leung 1971).

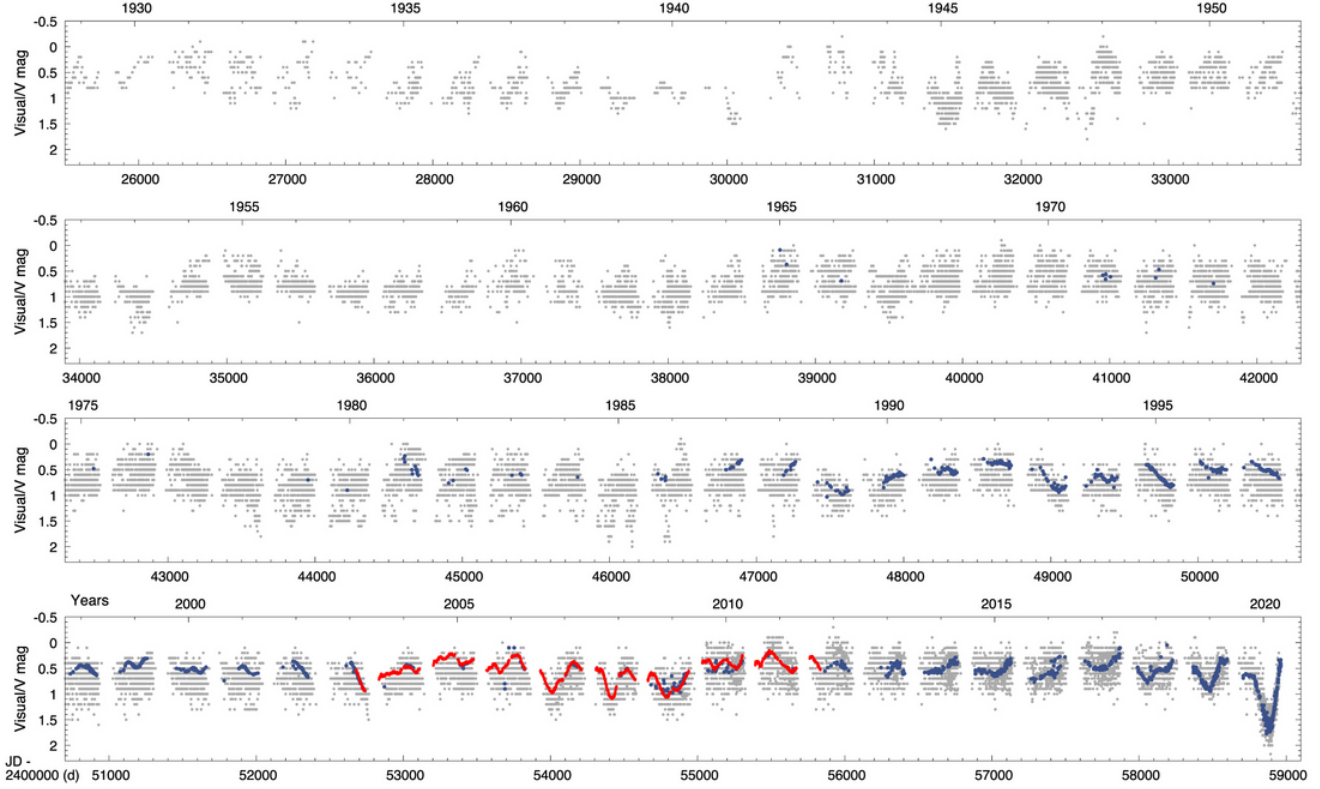
Betelgeuse evrim basamağındaki yeri sebebiyle incelenmesi önem arz eden bir yıldız olmuştur. Tarihte ilk kez bir yıldızın çapsal olarak görüntülenmesi, Şekil 1'de görülüşü üzere, Betelgeuse'da mümkün olabilmiştir (Gilliland & Dupree 1996). Evriminin son aşamalarında olduğu bilinen yıldızın, önümüzdeki yaklaşık  $10^5$  yıl ölçeğindeki herhangi bir zaman, çekirdeğinde karbon yakmaya başlayacağı ve bunu takiben süpernova olarak patlayacağı düşünülmektedir (Dolan ve diğ. 2016). Tam olarak ne zaman patlayacağına ilişkin yorum yapmak oldukça güçtür. Dolayısıyla yorum yapılabilmesi için kütle atımları neticesinde oluşan toz yapısının, yıldız aktivitesinin ve zonklama dönemlerinin detaylı analizlerinin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında toz yapısı, aktivitesi ve zonklama özellikleri incelenmiştir. Benzer özellikte olan diğer yıldızlar



Şekil 1. Betelgeuse'a ait ilk görüntüleme ve açısal çap ölçümü (Gilliland & Dupree 1996).

\* mrsndmr@gmail.com



**Şekil 2.** Betelgeuse'un 1920-2020 yılları arasındaki 100 yıllık ışık eğrisi. 2003 ile 2011 yılları arasında kırmızı ile noktalanmış veriler SMEI (Solar Mass Ejection Imager) uydusu verilerinden elde edilmiştir (Joyce ve diğ. 2020).

**Çizelge 1.** Betelgeuse'a ait fiziksel parametreler. Kaynaklar: (1): Dolan ve diğ. (2016), (2): Stothers & Leung (1971), (3): Levesque & Massey (2020), (4): Joyce ve diğ. (2020).

Fiziksel Parametre	Değer	Kaynak
Parlaklık (mag)	0.51	(1)
Tayf Türü	M2 Iab	(2)
$T_e$ (K)	$3650 \pm 25$	(3)
Işınım Gücü $\log(L/L_\odot)$	$5.10 \pm 0.22$	(1)
Açısal Çap (mas)	$41.9 \pm 0.06$	(1)
Uzaklık (pc)	$197 \pm 45$	(1)
Değişim Dönemi (gün)	$416 \pm 24 - 2365 \pm 10$	(4)
Yarıçap ( $R_\odot$ )	$887 \pm 203$	(1)
Kütle ( $M_\odot$ )	19.40	(1)
Kütle Kaybı ( $M_\odot \text{yr}^{-1}$ )	$2 \pm 1 \times 10^{-6}$	(1)

da belirlenerek kıyaslamalar yapılmıştır. Ayrıca Betelgeuse'un B-V renginde bir değişim olup olmadığı da incelenen veriler arasındadır.

## 2 Betelgeuse ve Büyük Sönme Olayı

Betelgeuse'a ait V bandı fotometrik verileri AAVSO'dan alınarak, parlaklıkların zamana göre grafikleri oluşturulmuştur.

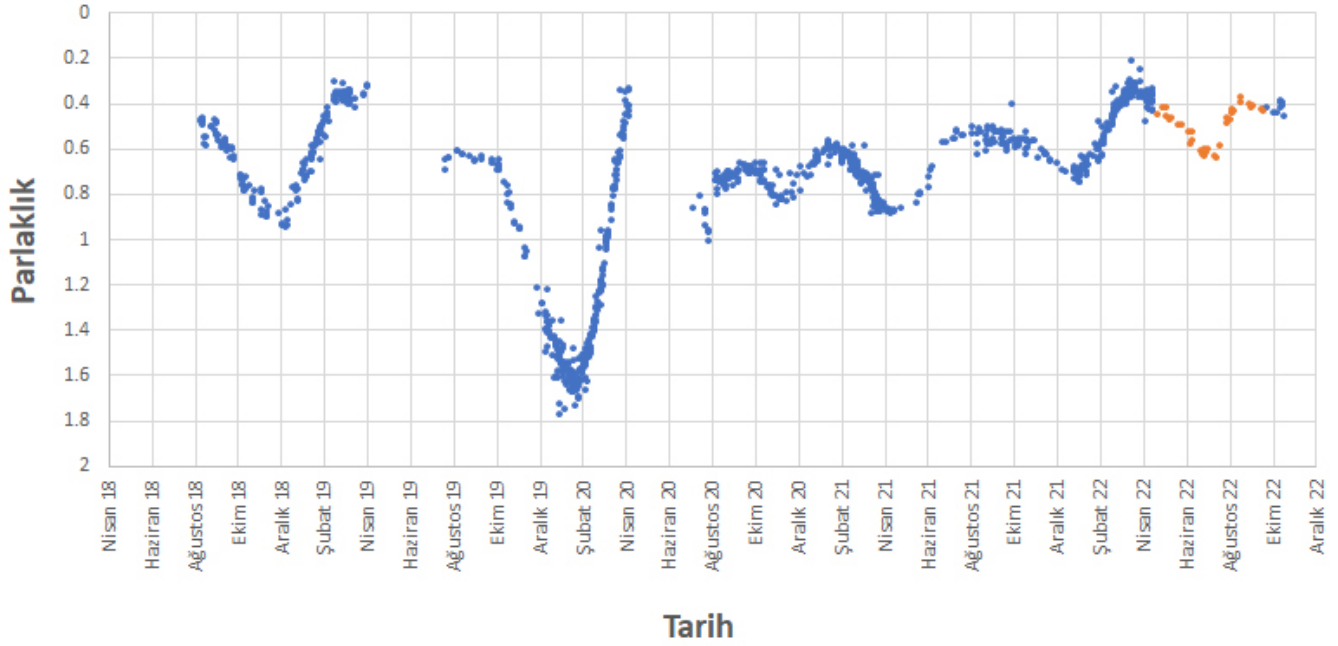
Şekil 2'de  $\sim 100$  yıllık gözlem verisi kullanılarak elde edilen ışık eğrisi,  $\sim 400$  ve 2000 günlük zonklama kaynaklı ışık değişim dönemleri ile göze çarpmaktadır. Betelgeuse'un yıllık hareketi göz önüne alındığında, Mayıs, Haziran, Temmuz,

Ağustos aylarında açısal olarak Güneş'e olan yakınlığından dolayı gözlemleri yapılamamaktadır. Bu durum her gözlem döneminde ortaya çıkan ışık eğrisindeki boşluklar ile kendisini göstermektedir.

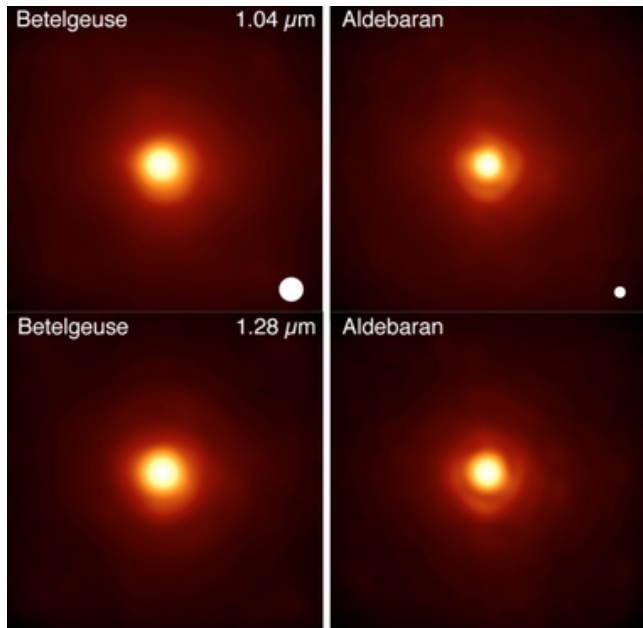
Büyük Sönme olayının yaşandığı dönemi kapsayan 2019-2020 tarihleri arası Şekil 3'te ayrı bir grafik olarak elde edilmiştir. Şekilde Büyük Sönme olayının yaşandığı, Kasım 2019 ile Şubat 2020 tarihleri arasındaki değişim dikkat çekmektedir. Yaz aylarına denk gelen tarihlerin parlaklık değerleri, gündüz gözlemi yapan AAVSO gözlemcisi Nickel & Calderwood (2021) sayesinde mümkün olmuştur. Bu gözlemcinin verileri şekil üzerinde "turuncu" noktalar ile işaretlenmiştir.

Literatürde yer alan verilere göre 0,51 kadir parlaklık değerine sahip yıldız (Dolan ve diğ. 2016), bu olayın yaşandığı dönemde  $\sim 1,61$  kadir sönükleşmiştir (Harper ve diğ. 2020b).

Aldebaran, Betelgeuse ile benzer parlaklık değerindedir ve ayrıca Betelgeuse'a benzer şekilde her iki yıldızda da kütle kaybı mekanizmaları görülmektedir. Bu mekanizma yıldızların, yıldızlararası ortama yaymış olduğu toz yapının nedenleri arasında gösterilmektedir. Kırmızı süperdev bir yıldız olan Aldebaran, Kervella ve diğ. (2009) tarafından Betelgeuse'un fotometrik gözlemleri sırasında mukayese yıldızı olarak kullanılmıştır. Sözü edilen bu çalışmada Very Large Telescope'un (VLT) verilerini kullanmışlardır. 1,04-2,17 mikrometre dalgaboyu aralığında 10 adet dar bant filtre kullanılarak gerçekleştirilen gözlemlerin sonucunda Betelgeuse ve Aldebaran yıldızlarına ait çevresel toz yapısı Şekil 4'te gösterildiği üzere oldukça belirgin şekilde ortaya



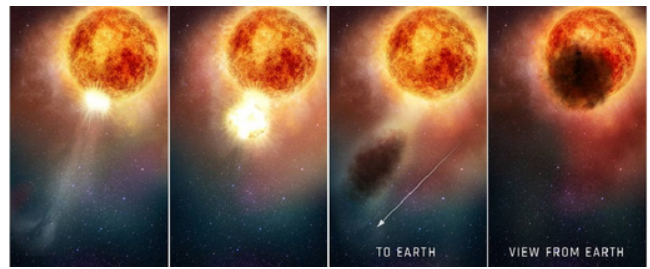
**Şekil 3.** Betelgeuse'un 2014-2022 yılları arasındaki ışık değişimi. Ayrıca 2021-2022 yıllarının haziran, temmuz, ağustos aylarındaki ışık değişimi gündüz gözlemi yapan AAVSO gözlemcisi tarafından belirlenebilmiştir. (Nickel & Calderwood 2021)



**Şekil 4.** Betelgeuse ve mukayese yıldızı Aldebaran'ın yakın çevresel toz oluşumuna ilişkin VLT-NACO dar bant gözlemleri. Üst paneldeki görsellerin sağ alt kısmında bulunan beyaz daireler, yıldızların fotosferik çaplarını temsil etmektedir. (Kervella ve diğ. 2009)

çıkılmaktadır. Bu gözlem verileri gösteriyor ki yıldız etrafında, yıldız yarıçapının 6 katına kadar uzanan bir toz yapısı mevcuttur. Betelgeuse ve Aldebaran'ın madde atımı yoluyla kütle kaybetmesine ve etrafında toz oluşturmaya dair kanıt niteliğindedir.

Betelgeuse'da meydana gelen Büyük Sönme olayı bu



**Şekil 5.** Betelgeuse tarafından püskürtülen maddenin, Yer'den bakış doğrultusunda olup, görüşü engellediği ve Büyük Sönme olayına neden olması. Bu durum hiç beklenmedik bir şekilde meydana gelmiş ve çok büyük miktarda madde çıkışı tespit edilmiştir. (NASA 2022)

çalışma kapsamında 3 ana başlık altında incelenmektedir. Bu başlıklar şu şekildedir:

**Toz Yapısı:** Betelgeuse aktif bir yıldızdır. Tayf gözlemlerinden Josselin & Plez (2007) konveksiyonun, etkin yüzey kütle çekimini azaltarak, maddeyi fotosferin üzerine kaldırdığını ve ışınımsal basınçla bağlantılı olarak dışarı akışı tetikleyebileceğini öne sürmüştür. Şekil 5'te görselleştirildiği üzere, Büyük Sönme'yi yaratan olgunun bu olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte Harper ve diğ. (2020b) çalışmasındaki açıklama, yıldızın sönme nedeninin toz olmadığı yönündedir.

**Aktivite:** Betelgeuse'un fotosfer katmanlarında oluşan büyük bir yıldız lekесinin Büyük Sönme olayını gerçekleştirmiş olabileceği düşünülmektedir (Harper ve diğ. 2020b,a; Kervella ve diğ. 2011).

**Zonklama:** Betelgeuse zonklama yapan bir yıldızdır. Bu yıldızın farklı modlarda zonkladığı ve dönemlerinin yaklaşık olarak 400 ile 2000 gün olduğu yapılan araştırmalar sonucunda

ortaya konulmuştur. Zonklamanın sonucu olarak meydana gelen toz yapısının Büyük Sönme olayına katkısı olduğu düşünülmektedir (Harper ve diğ. 2020a; Dupree ve diğ. 2020).

### 3 Tartışma ve Sonuç

Literatür taramaları neticesinde elde edilen veriler, Betelgeuse'un bir toz katmanı ile örtüldüğünü destekler niteliktedir. Evrim sürecinin son aşamalarında olan kırmızı süperdev yıldızlarda kütle kaybının yaşandığı bilinen bir olgudur (Kervella ve diğ. 2011). Bir kırmızı süperdev olarak Betelgeuse da, yüzeyinde yer alan karakteristik yıldız lekeleri ve zonklama mekanizmasından kaynaklı olarak kütle kaybı yaşamaktadır. Büyük Sönme olayında yaşandığı gibi, yıldızın parlaklığında  $\sim 1,61$  kadire varan düşüş, ancak bu şekilde açıklanamamaktadır. Bununla birlikte, Betelgeuse'da meydana gelen yüzey aktivitesi sonucunda ortaya çıkan soğuk yıldız lekesinin bu sönmeyi yaratmış olup olmayacağı halen tartışma konusudur.

AAVSO gözlemcileri tarafından gözlemleri sürekli olarak devam eden yıldızın, fotometrik V bant ve B bant verileri düzenli olarak incelenmektedir. Şekil 3'te görüldüğü üzere, Büyük Sönme olayının yaşandığı tarihten itibaren yıldızın parlaklığı, olayın yaşanmadan önceki standart düzeyine (0,51 kadir) yaklaşmaktadır. Bu tarihten sonra tekrar bir sönme olayının yaşanıp yaşanmayacağı bilinmemektedir. Devam edilecek olan incelemeler ile Betelgeuse hakkında daha detaylı bilgiler sağlanabilecektir.

### Kaynaklar

- AAVSO 31.10.2022, [AAVSO International Database](#).
- Dolan M. M., Mathews G. J., Lam D. D., Lan N. Q., Herczeg G. J., Dearborn D. S., 2016, *The Astrophysical Journal*, 819, 7
- Dupree A. K., ve diğ., 2020, *The Astrophysical Journal*, 899, 68
- Gilliland R. L., Dupree A., 1996, *The Astrophysical Journal*, 463, L29
- Harper G. M., DeWitt C. N., Richter M. J., Guinan E. F., Wasatonic R., Ryde N., Montiel E. J., Townsend A. J., 2020a, *The Astrophysical Journal Letters*, 893, L23
- Harper G. M., Guinan E. F., Wasatonic R., Ryde N., 2020b, *The Astrophysical Journal*, 905, 34
- Josselin E., Plez B., 2007, *Astronomy & Astrophysics*, 469, 671
- Joyce M., Leung S.-C., Molnár L., Ireland M., Kobayashi C., Nomoto K., 2020, *The Astrophysical Journal*, 902, 63
- Kervella P., Verhoelst T., Ridgway S. T., Perrin G., Lacour S., Cami J., Haubois X., 2009, *Astronomy & Astrophysics*, 504, 115
- Kervella P., Perrin G., Chiavassa A., Ridgway S., Cami J., Haubois X., Verhoelst T., 2011, *Astronomy and Astrophysics-Les Ulis*, 531, 1210
- Levesque E. M., Massey P., 2020, *The Astrophysical Journal Letters*, 891, L37
- NASA 05.11.2022, Hubble Finds That Betelgeuse's Mysterious Dimming Is Due to a Traumatic Outburst, [URL](#)
- Nickel O., Calderwood T., 2021, arXiv preprint arXiv:2112.12673
- Stothers R., Leung K., 1971, *Astronomy and Astrophysics*, 10, 290

### Access:

M23-0332: [Turkish J.A&A](#) — Vol.4, Issue 3.