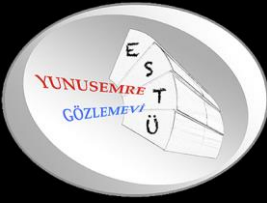


# Betelgeuse'un Işığındaki Kararma ve Sonrasındaki Tayfsal Ve Fotometrik Değişkenlik

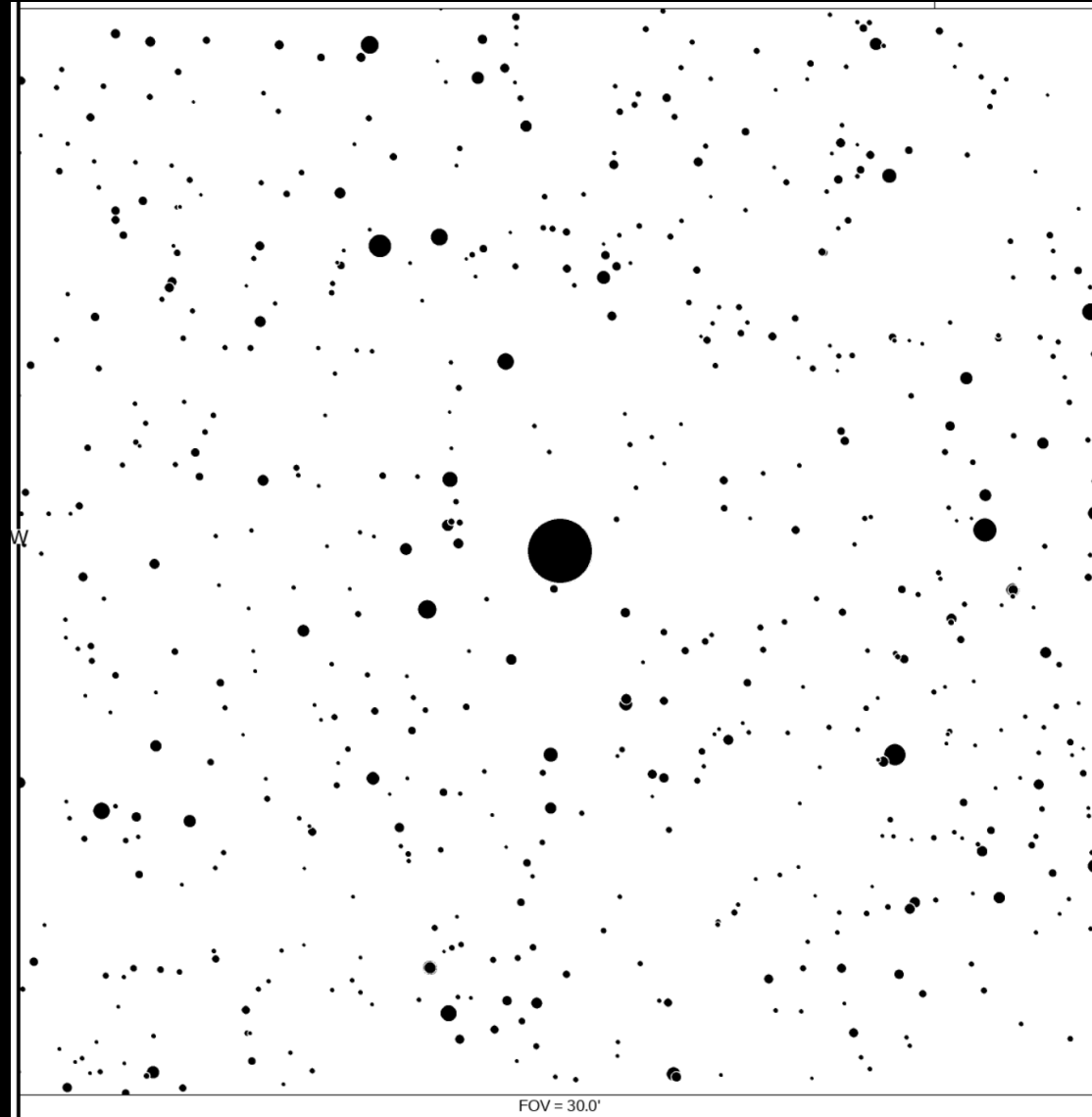
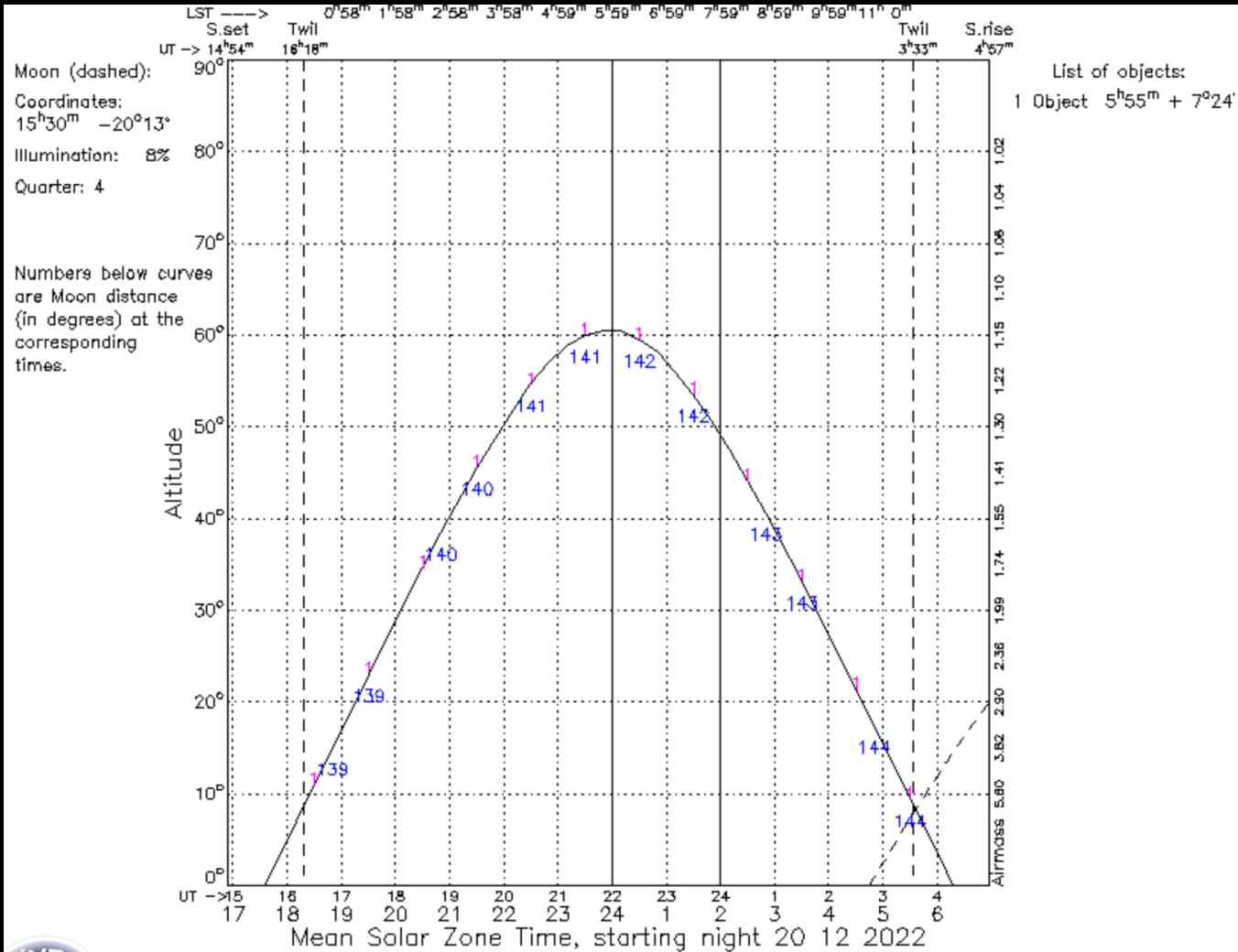
*Esin ÇATAL, Göktuğ SAVUR, Hande OKURLAR, Metin ALTAN*

*Eskişehir Teknik Üniversitesi Astrofizik Eğitim ve Araştırma Birimi*

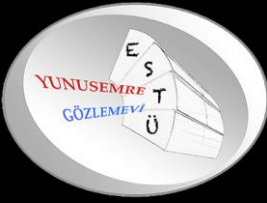




20.12.2021



39.885700° N 30.460536° E



# ESTÜ Yunus Emre Gözlemevi Verileri

23.10.2020

21.10.2021

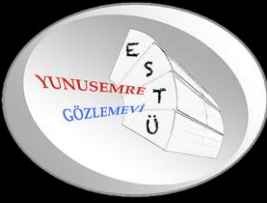
22.10.2021

26.10.2021

27.10.2021

08.11.2021



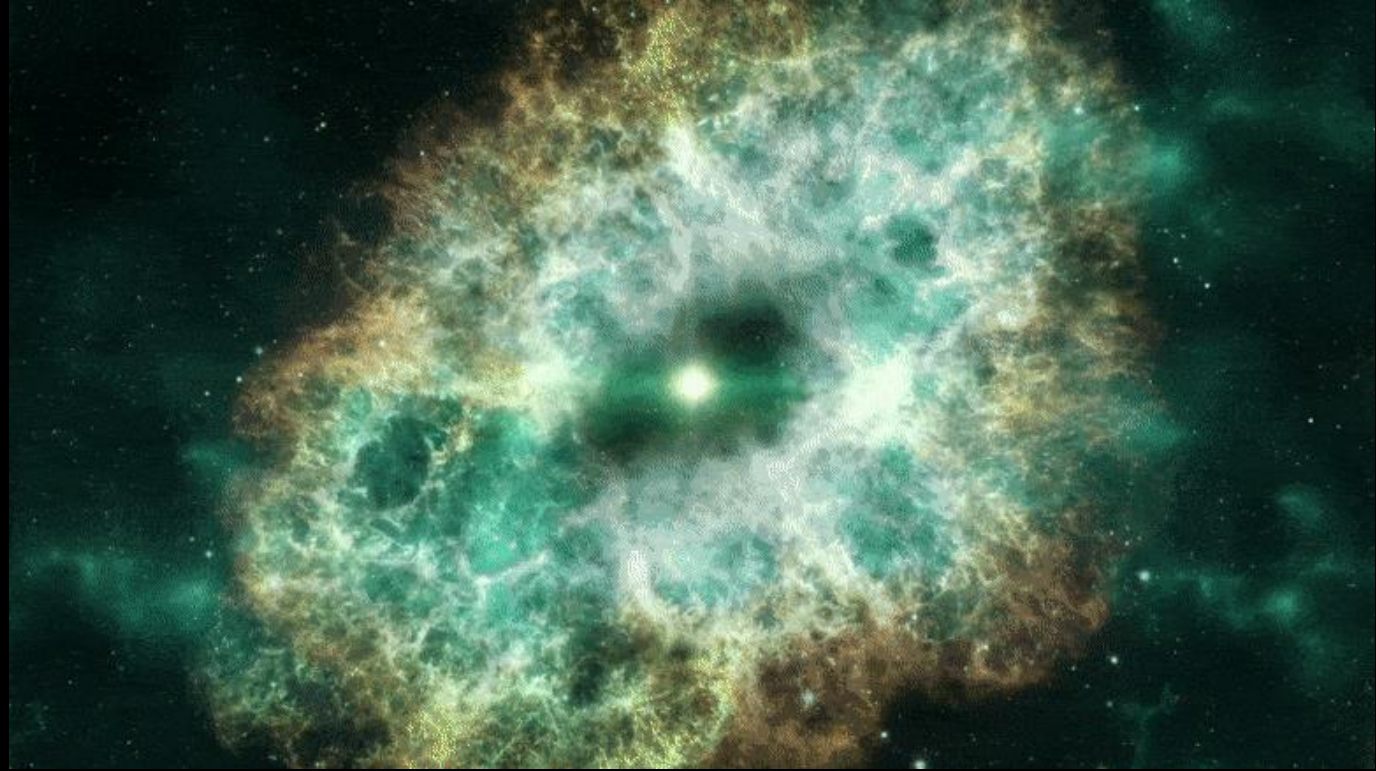
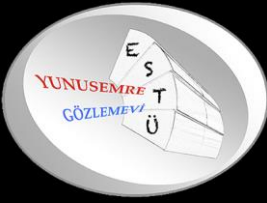


# Süpernova Patlamaları

Patlamalar sırasında ve hemen sonrasında;

- nötrino ve yerçekimi dalga emisyonları,
- enerji yayılımı ve patlayıcı nükleosentez,
- radyoaktif bozunmalar,
- çevresel madde ile şoklar,

gibi incelenebilecek çeşitli temel fiziksel mekanizmalar oluşur.

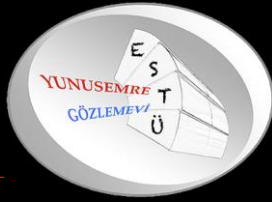


Patlamaların kalıntıları;

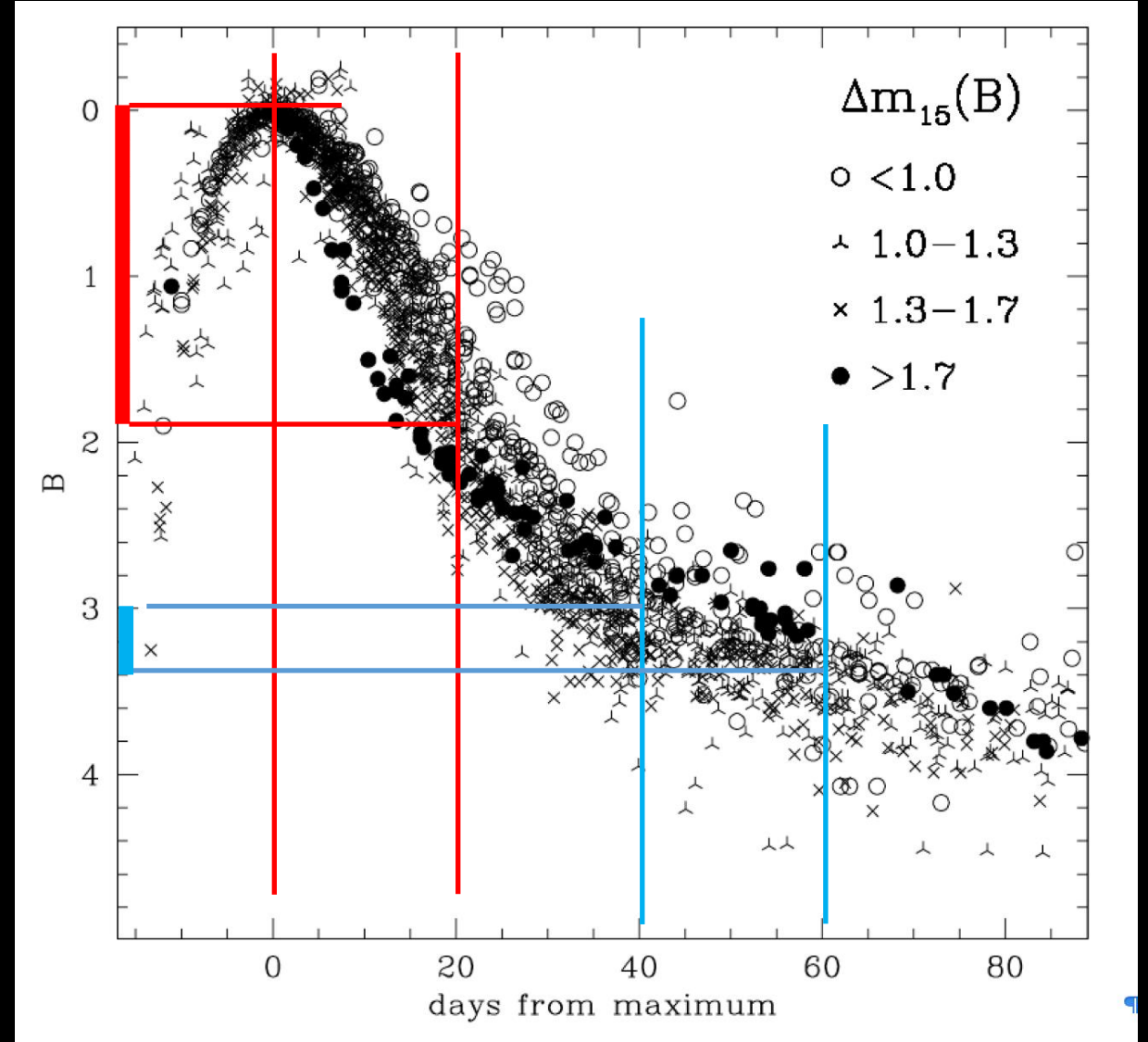
- çökmüş kalıntılar,
- nötron yıldızları veya kara delikler,
- yıldızlararası ortamı ısıtan ve genişleyen gaz bulutlarıdır.



- Zamanla **yoğunluk ve sıcaklık düşer**,
- **Fotosfer**, kütleçekim etkisi ile **geriler**,
- **Yayılim ortamı optik olarak incelir.**
- Bu noktada **en içteki bölgeler** açığa çıkar ve patlamaların sonuçları **araştırılabilir.**

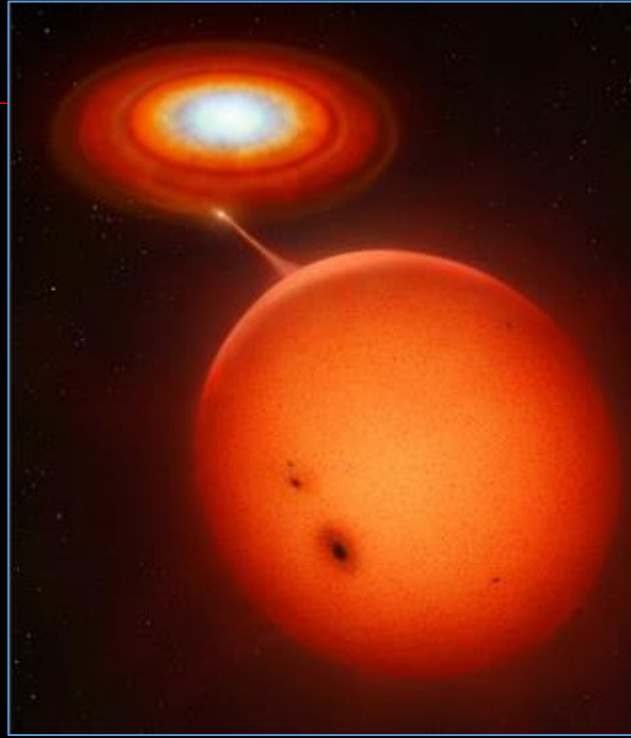


**Parlaklık düşüş hızı** ile maksimumdaki mutlak büyüklükler arasında, hızlı azalan SNe'nin daha soluk (ve daha kırmızı) olduğu belirlenmiştir.



(Altavilla 2000)

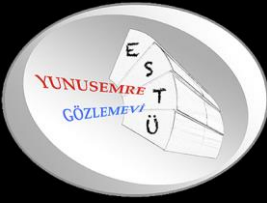




## SN Ia patlaması:

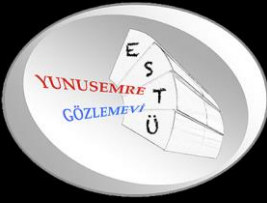
Yıldızlardan birinin **beyaz cüce** (WD) olduğu, ikincil yıldız için madde toplayan, **Chandrasekhar** sınırına ulaşan ve yıkıcı, termonükleer bir patlamaya maruz kalan ikili bir sistemden oluşur.

*(Nomoto ve diğerleri 1984, Woosley & Weaver 1986).*



Kararmanın nedeni tartışılırken;

- süpernova patlamasının **ön aşaması**,
  - **tozun** perdelemesi,
  - yıldızın **fotosferindeki** değişiklikler
- önerilen senaryolardı.



Karartma olayının, 31 Ocak 2020'de etkin **sıcaklığının 170 K düşmesinden** kaynaklandığını ve bunun, yıldızın yüzeyinde büyük bir **karanlık nokta**nın ortaya çıkmasına atfediliyor.

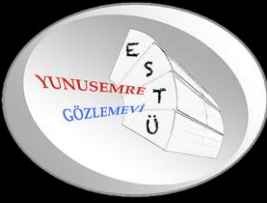
Betelgeuse, büyük kütleli yıldızların geç evrim aşamasında gibi görünüyor ve er ya da geç bir Tip II-P Süpernova olarak patlayacak ve görelî bir kompakt nesneye dönüşecek.



Tayf tipi M2 olan ve yarı düzenli değişen Betelgeuse'un parlaklığındaki değişim:

25 Ekim 2019'da görsel V parlaklığı +0.679 mag (Evrensel Zaman (UT) 11.06) idi. Bundan sonra parlaklığını günlük ortalama 0,01 kadir oranıyla kaybederek 2020 9 Şubat'ta minimuma ulaşıyor ( $V=+1,638$ , UT 23.33) (son 8 yılın en derini).

Mart 2020'de zaten Betelgeuse, günde ortalama 0,02 kadirlik bir hızla parlaklığı geri kazanıyordu ve 19 Nisan 2020'de karartma başlamadan önceki günden bile daha parlak hale geldi ( $V = +0.487$ , UT 02.57).



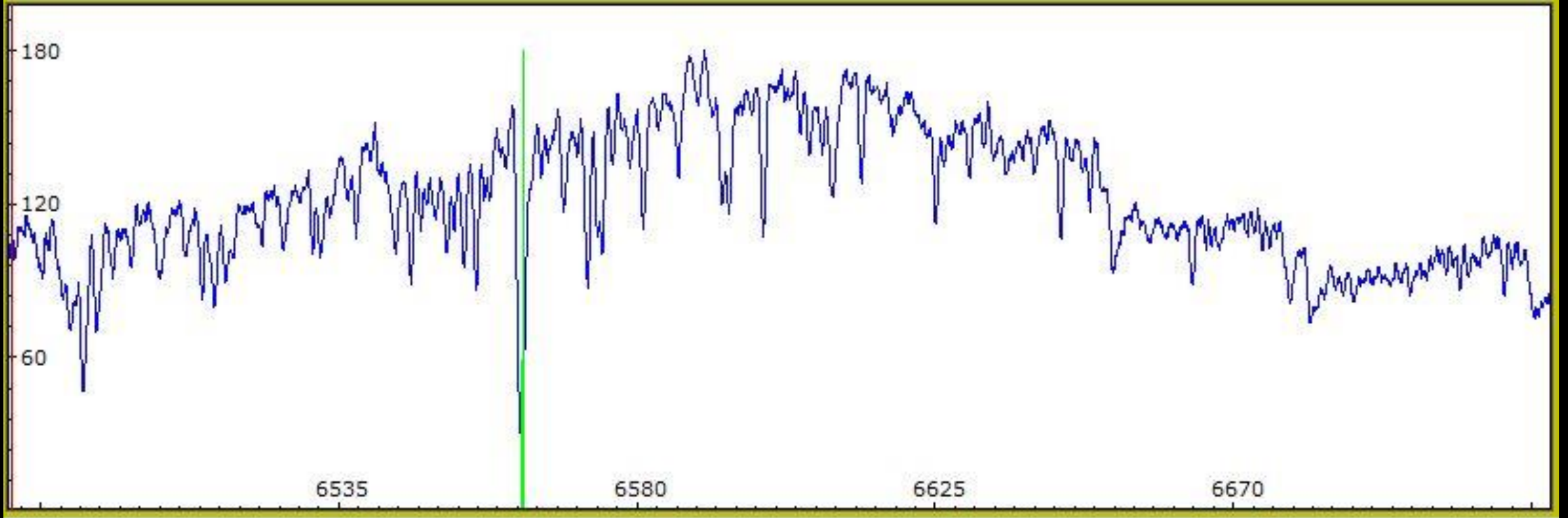
## Süpernovalarda sınıflandırma ipuçları

En genel sınıflandırma göstergesi;

Spektrumlarında **H gösteren** (tip II) ve **göstermeyen** (tip I).

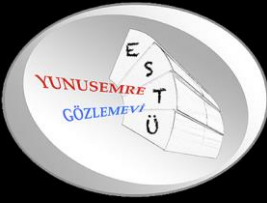
( Minkowskii, 1941 )

## Spektrumlarında H gösteren (tip II) ve göstermeyen (tip I)

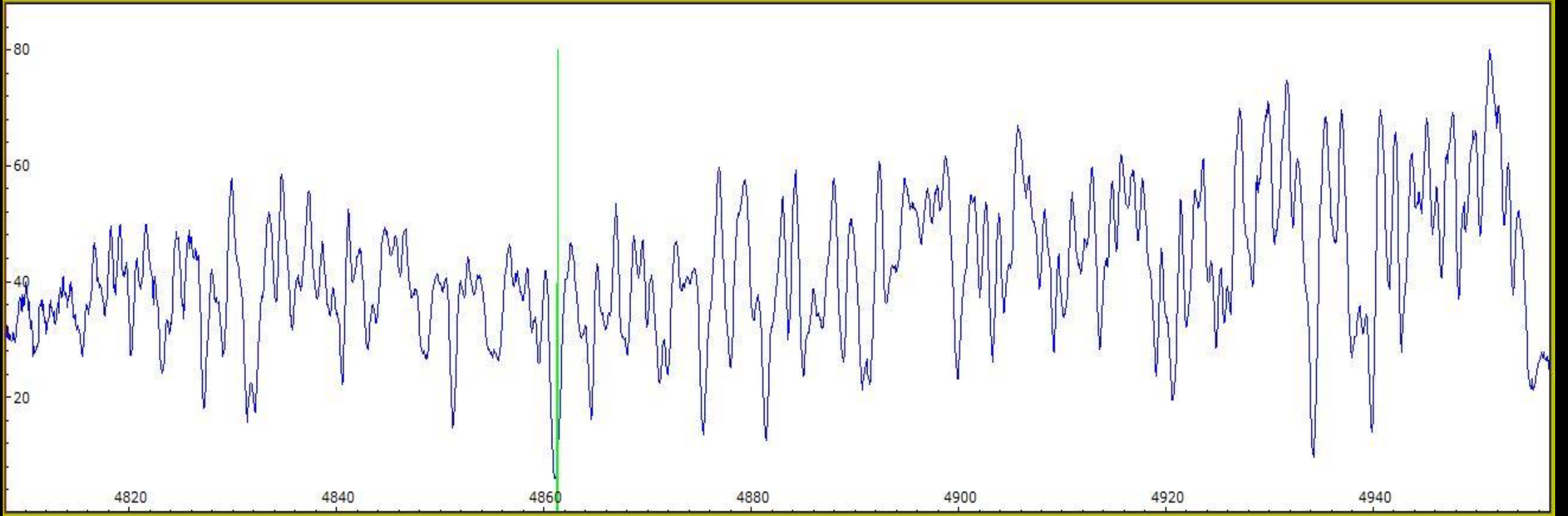


656 nm  
FWHM: 1.12

Order 34



## Spektrumlarında H gösteren (tip II) ve göstermeyen (tip I)



486 nm  
FWHM: 0.783

Order 46

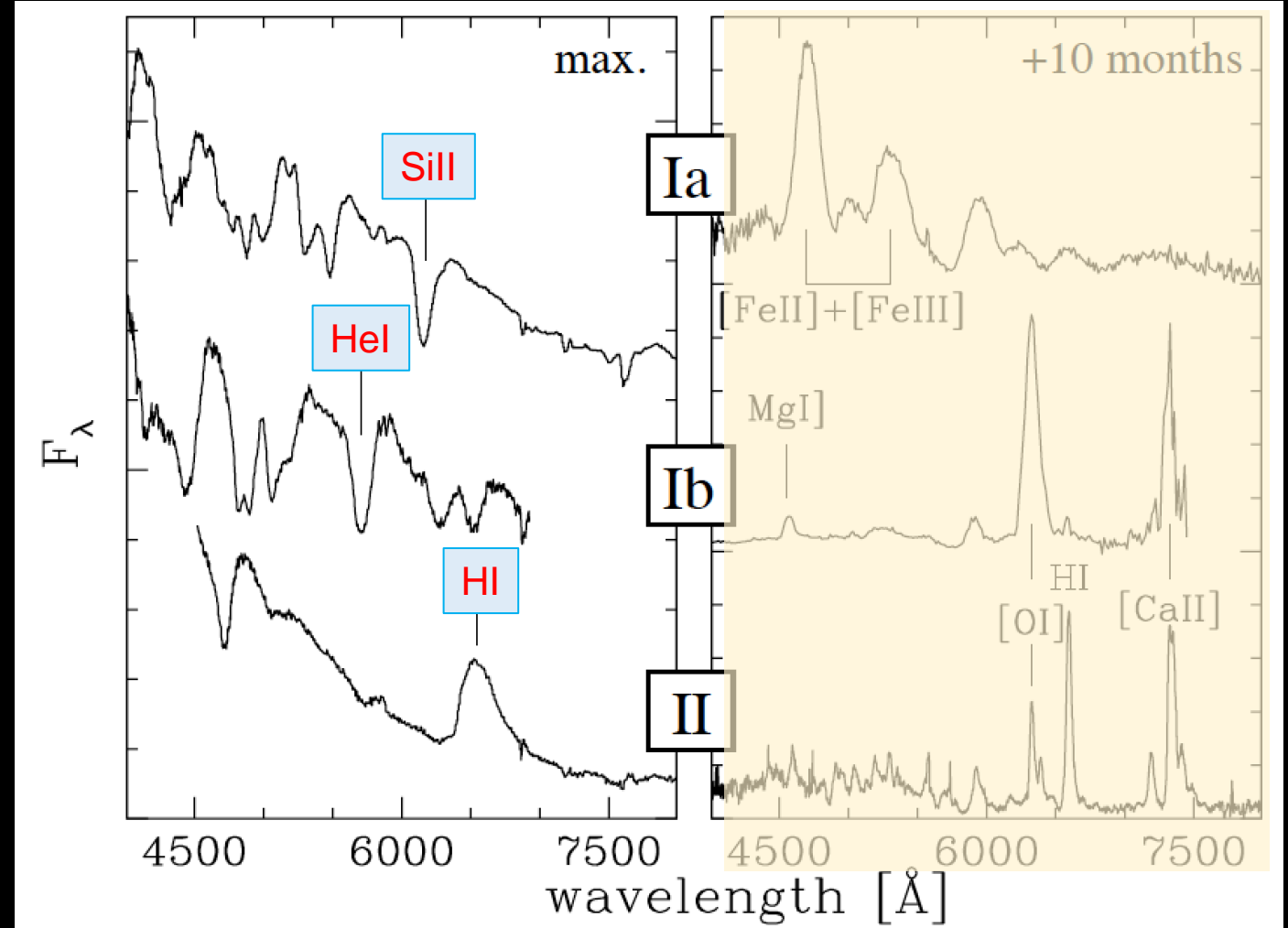


## Süpernovalarda sınıflandırma ipuçları

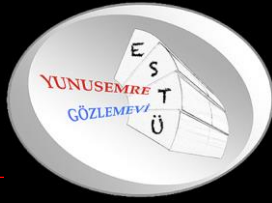
Yaklaşık 6150Å'da güçlü bir **Si II** absorpsiyonu gösteriyorsa **tip Ia** olarak tanımlanır.

**He I** absorpsiyonu, SN **tip Ib** göstergesidir.

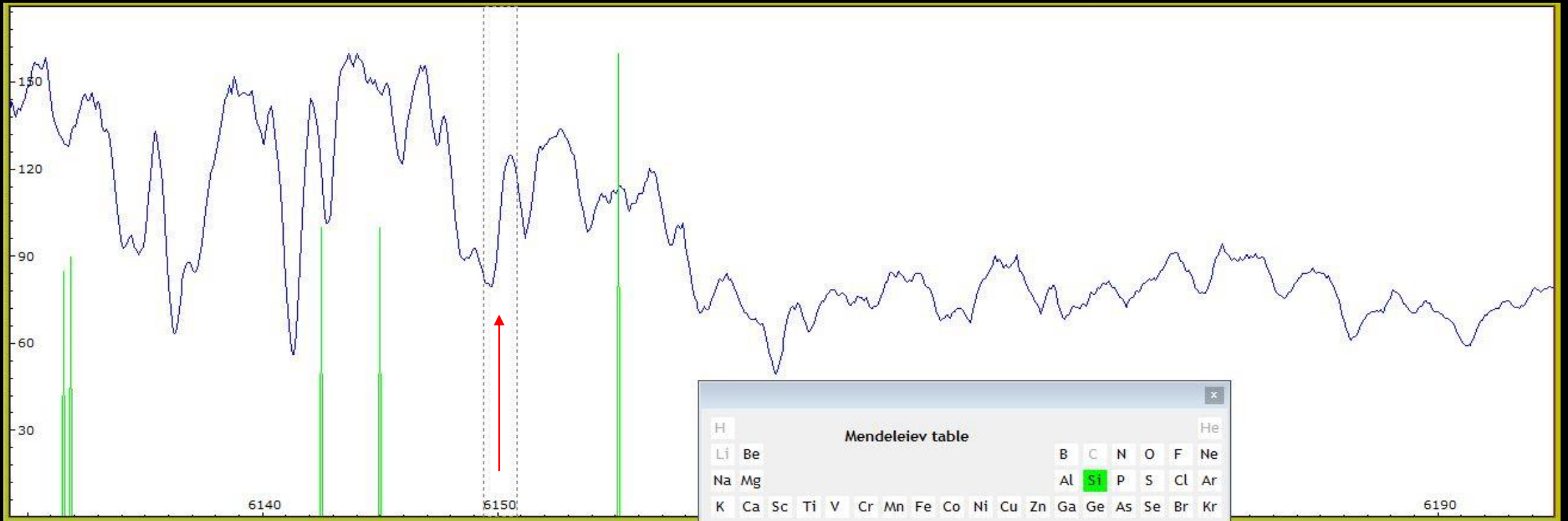
**H**'nin açık imzasını gösteren bir SN **tip II**.





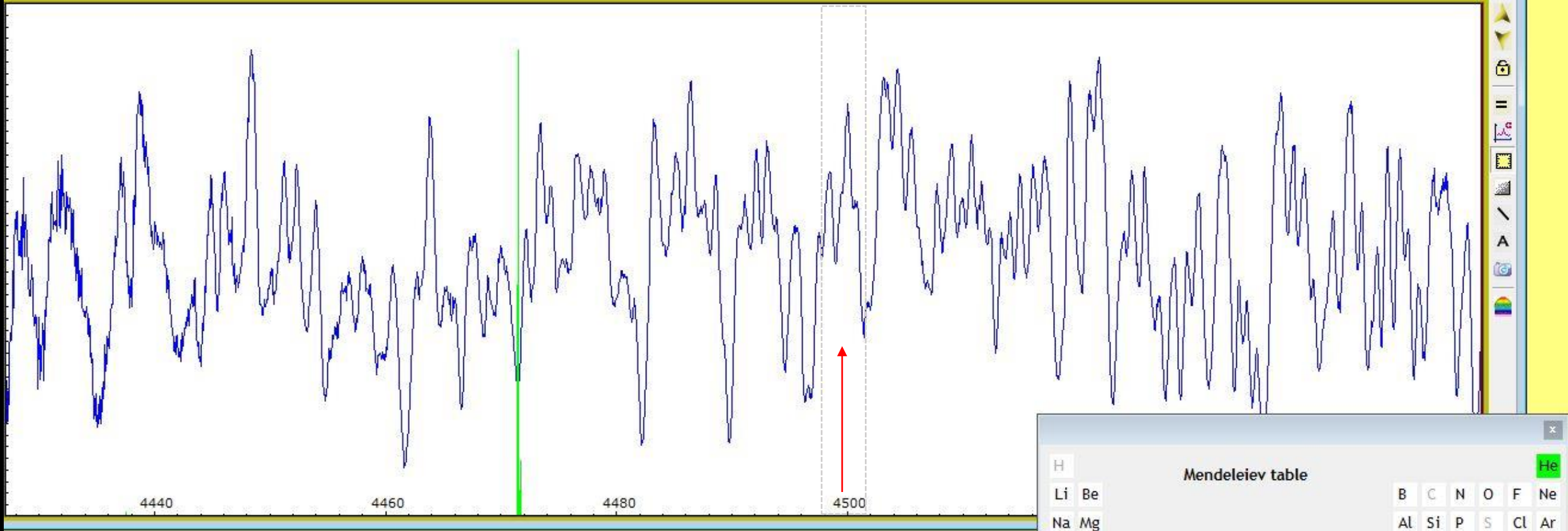


Yaklaşık 6150Å'da güçlü bir **Si II** absorpsiyonu gösteriyorsa **tip Ia** olarak tanımlanır.





Yaklaşık 4500Å'da güçlü bir **HeI** absorpsiyonu gösteriyorsa **tip Ib** olarak tanımlanır.



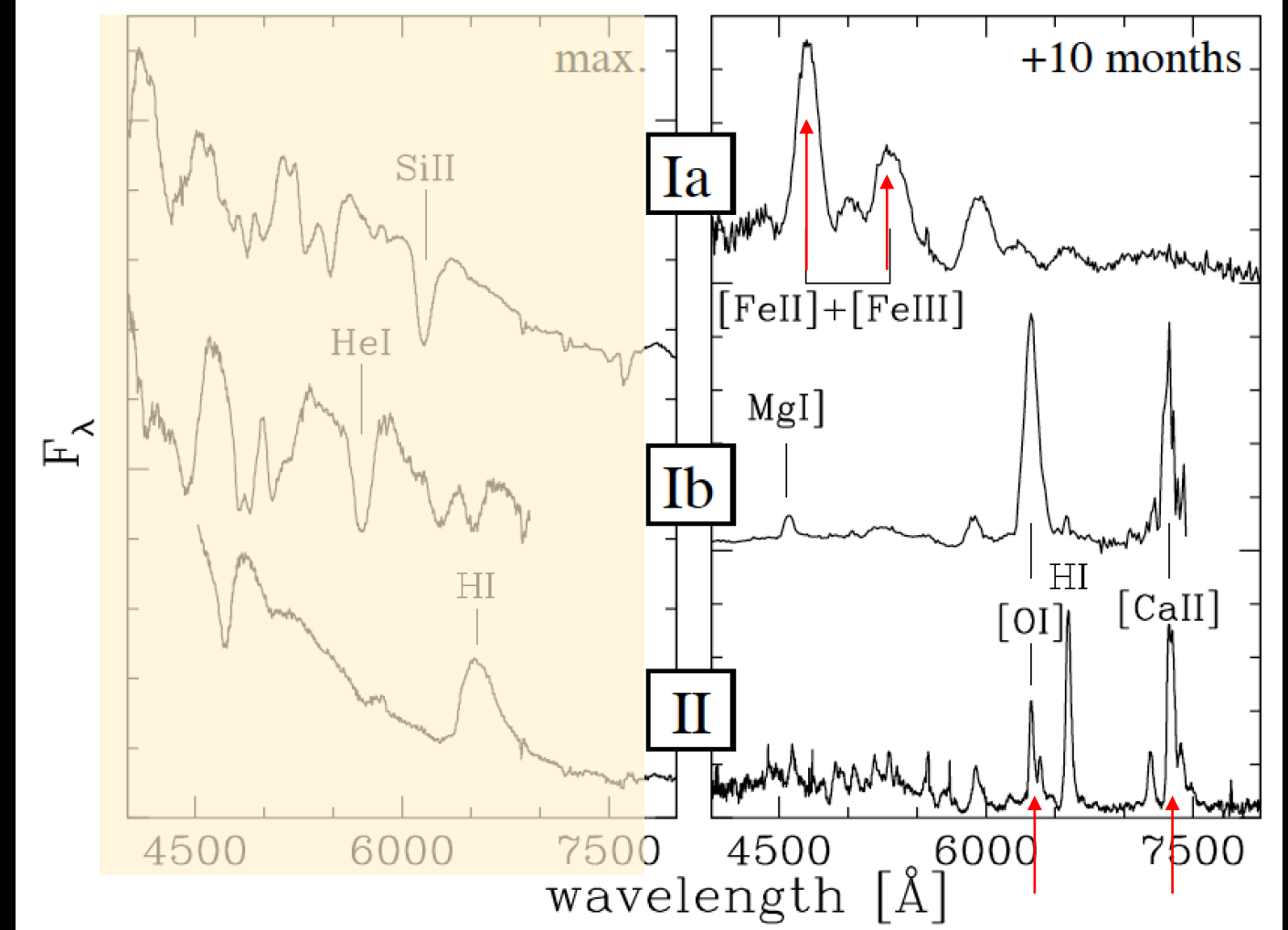


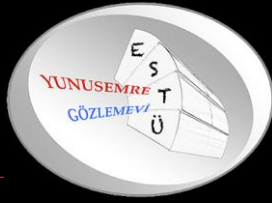
## Süpernovalarda sınıflandırma ipuçları

SN Ia, **[FeII]** ve **[FeIII]**'ün güçlü emisyonlarını gösterirken,  
SN Ib/c'ye, **[MgI]**  
**[CaII]** ve **[OI]** hakimdir.

Güçlü **[HI]** emisyonu, yasaklanmış **[CaII]**  
ve **[OI]** emisyonları SN II için tipiktir.

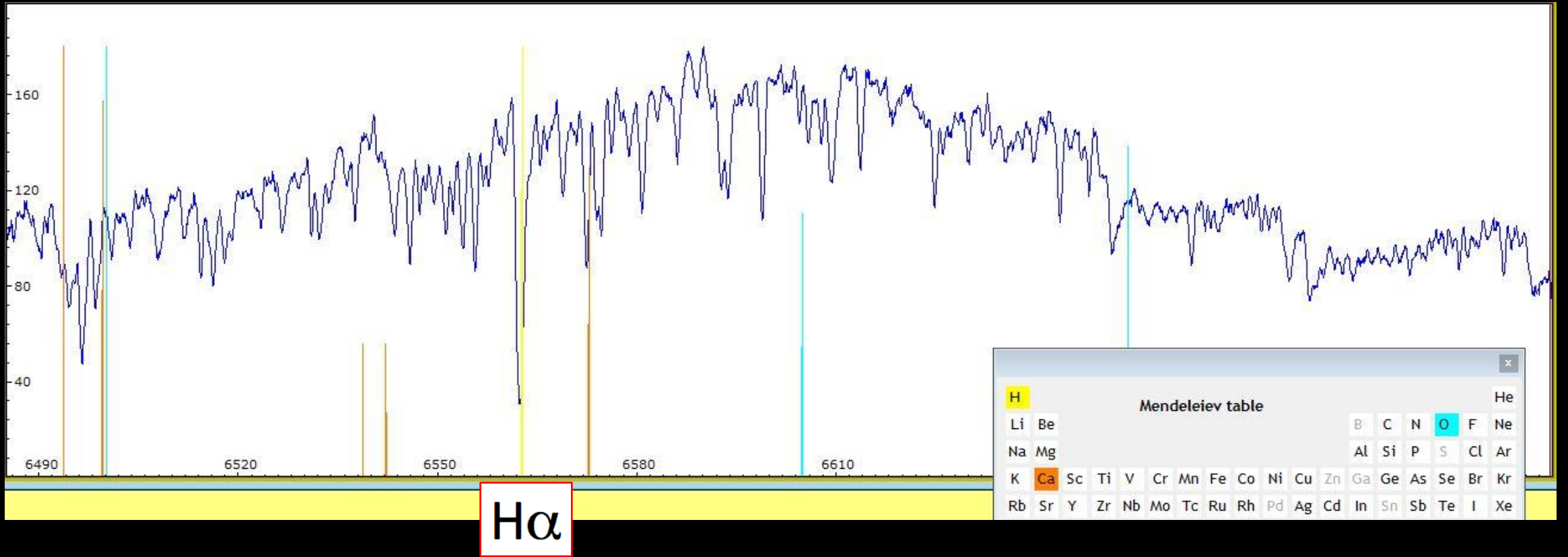
( Gaskell ve diğerleri 1986 )

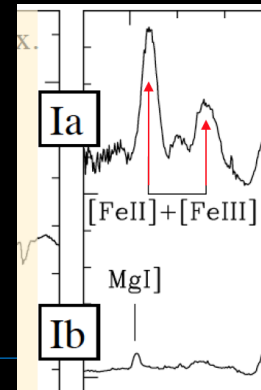
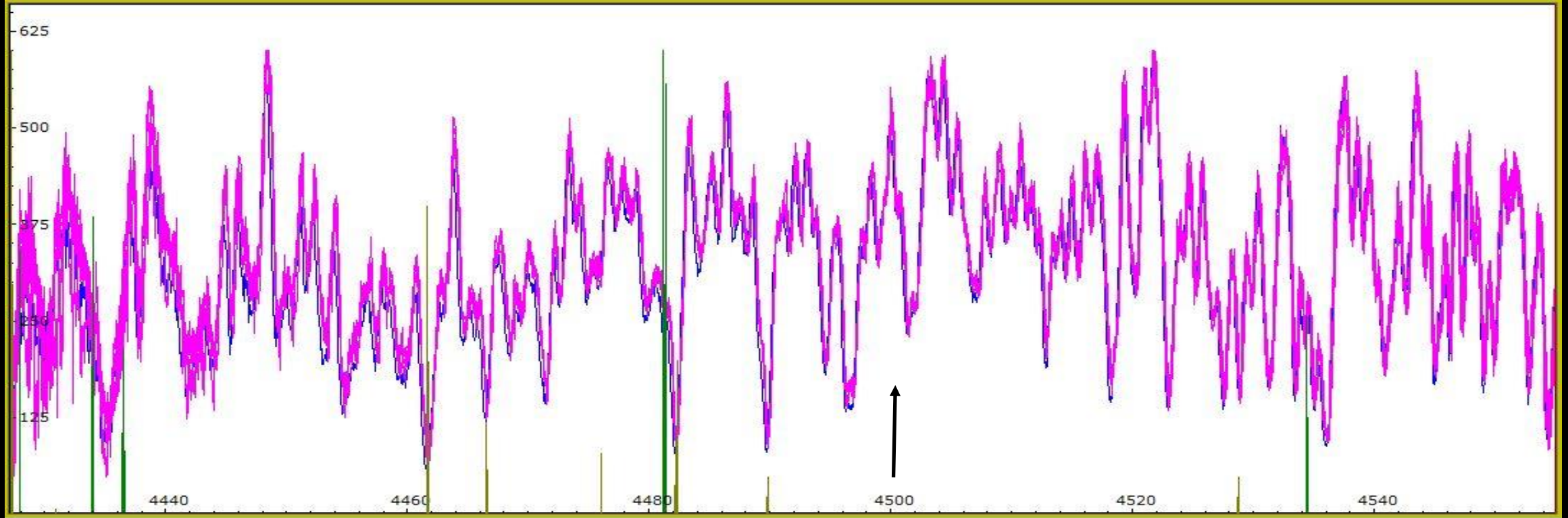
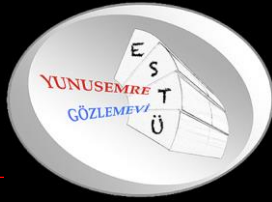




## SN sınıflandırma çalışmaları

H'nin açık imzasını gösteren bir SN **tipli**

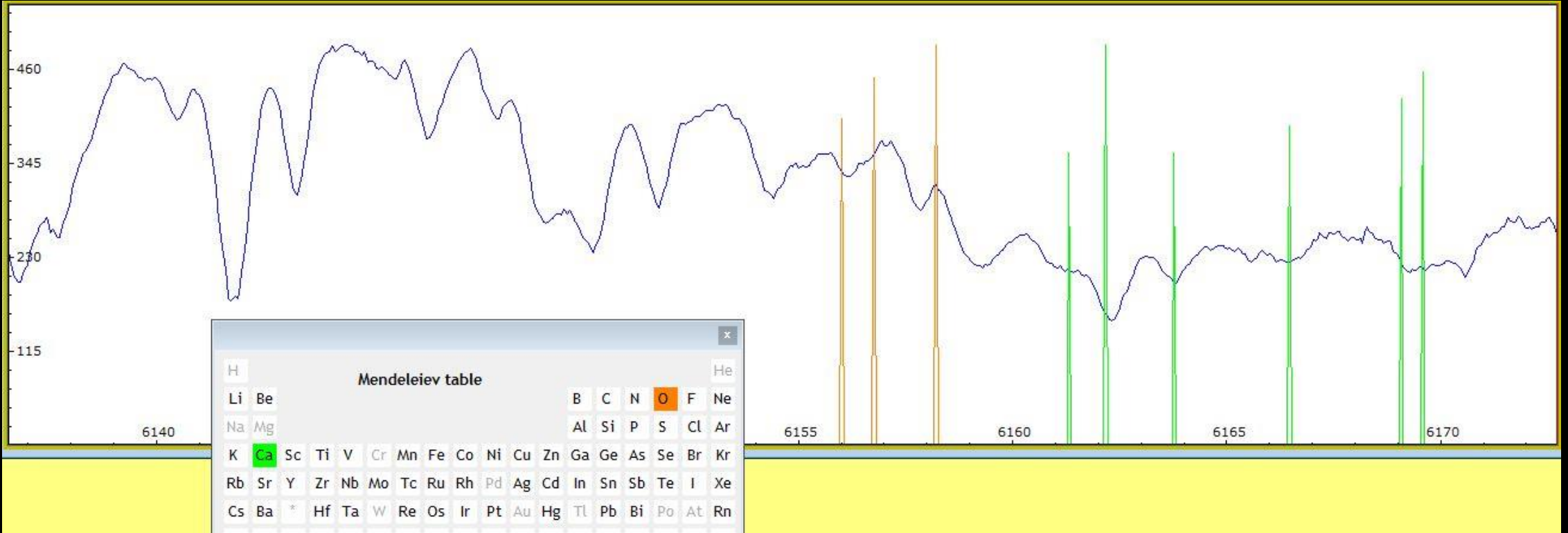


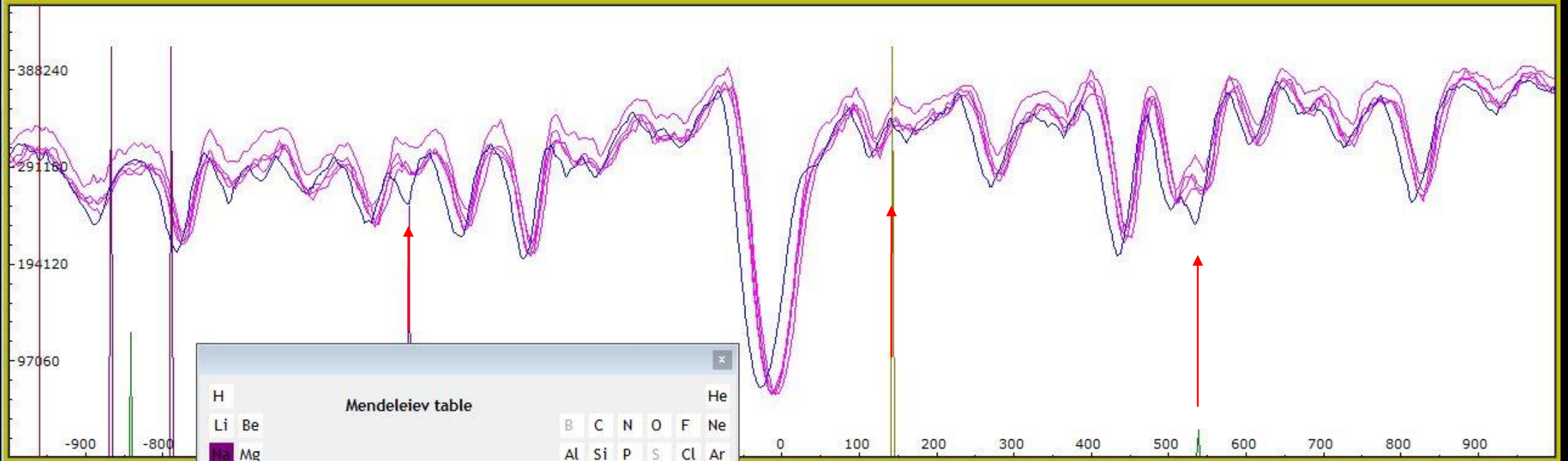


- Fe
- Mg

## Süpernovalarda sınıflandırma ipuçları

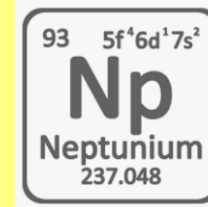
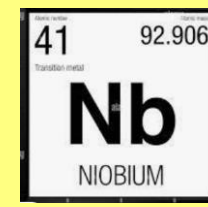
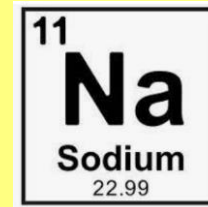
**[CaII]** ve **[OI]** hakim çizgileri, **SN II** için tipiktir.

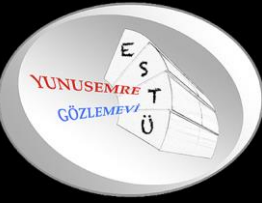




Mendeleviev table

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uuq	Uut	Uuq	Uuh	Uus	Uuo	
		*	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		**	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

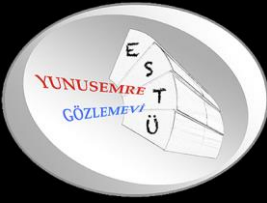




## Sonuç ve Öneriler

- Betelguese'un parlaklığındaki ani değişim, yıldıza yönelik bilimsel çalışmaları tetiklemiş, geliştirilen öngörü ve senaryolar, henüz **patlama zamanı açısından bir netlik kazanmamıştır.**
- Patlama sürecinin ve mekanizmaların netleşmesine yönelik **çalışmalar güncelliğini korumaktadır.**





## Sonuç ve Öneriler

- Çalışmamızın ileri aşamalarında fotometrik ve tayfsal gözlemler ile **parlaklık değişimi, tayfsal çizgi tanımlamaları, element sentezleri** ara işlemler desteği ile, yıldızın evrimsel aşamalarına ipuçları arayacağız.

*Bu çalışma TÜBİTAK 2209 Öğrenci Lisans Projeleri Programı kapsamında ve Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri 229 Öğrenci Lisans Projeleri Programı kapsamında desteklenmektedir.*