

2022 ULUSAL ASTRONOMİ KONGRESİ

SOĞUK YILDIZLARIN DOPPLER GÖRÜNTÜLENMESİ: *SpotDipy*

Engin Bahar, Hakan Volkan Şenavcı, Onur Yörükoğlu

Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri



UAK



2022

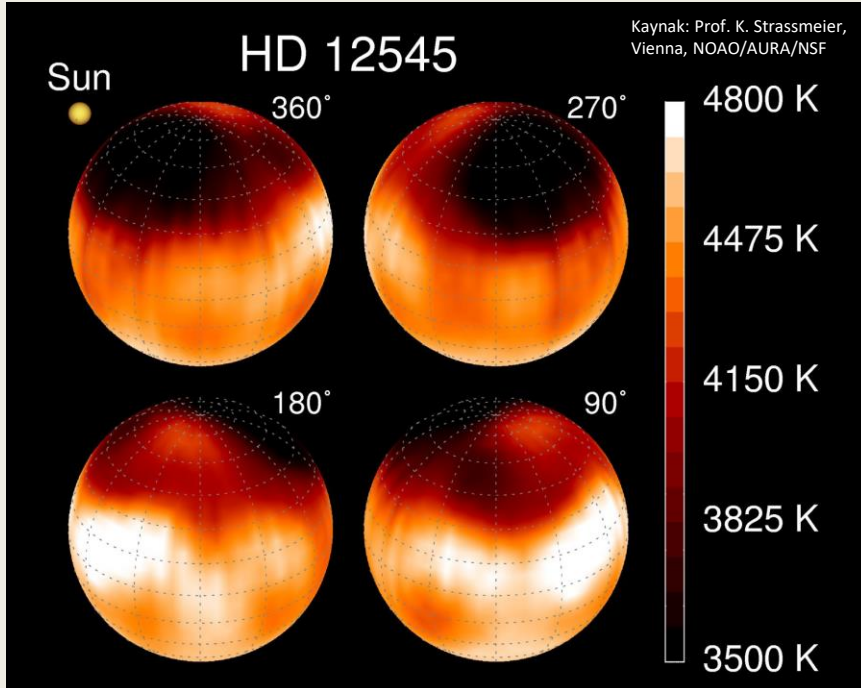


Doppler Görüntüleme Nedir?

- Doppler Görüntüleme (DG), yıldız yüzeyi boyunca parlaklıktaki (ya da sıcaklıktaki) heterojenliğin tayf çizgileri üzerindeki etkilerinin modellenmesiyle ayrıntılı yüzey haritalarını oluşturabilen güçlü bir tekniktir. Bahsedilen bu heterojenlik; manyetik alan yoluyla oluşan soğuk lekelerden, kimyasal bolluk farklılıklarından ya da zonklama süreçlerinden ileri gelebilir.
- Astrofizikte mevcut olan en yüksek çözünürlüklü dolaylı görüntüleme tekniğidir.

Neden Önemli?

- Lekelerin oluşum, gelişim ve yok oluş süreçleri ile zamana bağlı olarak boyutları ve yıldız yüzeyindeki konumlarının değişimleri incelenerek manyetik alanın doğası hakkında bilgi edinmek.
- Manyetik alan neyi etkiler → Veriler üzerindeki olumsuz etkisi
 - Yıldız evrimi
 - Ötezegeen oluşumu ve atmosferleri



XX Tri yıldızın 6 yıllık süre zarfında Doppler Görüntüleme tekniği ile elde edilen yüzey haritalarından;

- Çoğunlukla yüksek enlemli büyük lekelerin varlığı (bazı durumlarda kutup lekesi),
- Ara sıra ekvatora yakın gölgelerde küçük lekelerin varlığı,
- Lekelerin parçalanması ve birleşmesi,
- Lekelerin doğuşu ve yok oluşu,

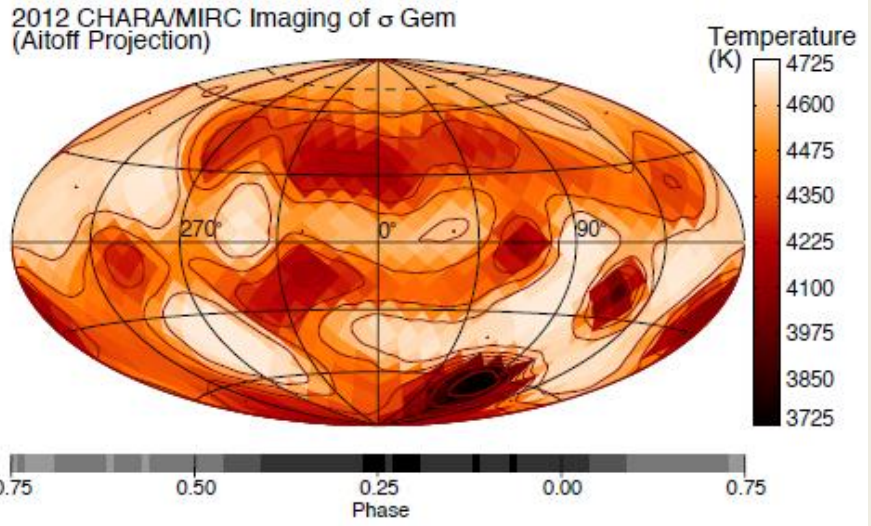
gibi sistematik olarak değişen bir leke dağılımı ve morfolojisi görülmektedir.

XX Tri	
Tayf Türü	K0III
Uzaklık (pc)	160 ⁺³² ₋₂₂
Dönme Dönemi (gün)	~24
Eksen Eğikliği (o)	60 ±10
vsini (km/s)	19.9 ±0.7
Sıcaklık (K)	4620 ±30
Kütle (Mo)	1.26 ±0.15
Yarıçap (Ro)	10.9 ±1.2
Yaş (Gyr)	7.7 ±3.1

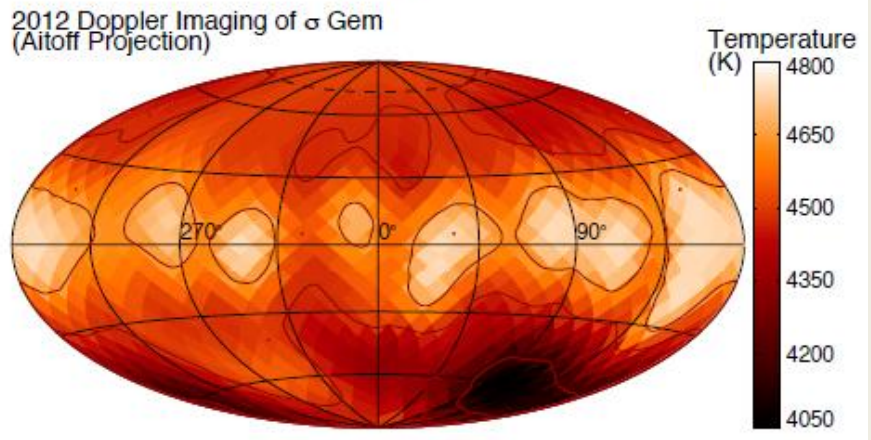
Küster vd. 2015

σ Gem	
Tayf Türü	K1III
Uzaklık (pc)	38.8 ± 0.6
Yörünge Dönemi (gün)	19.6027 ± 0.0005
Yörünge Eğim Açısı ($^{\circ}$)	107.7 ± 0.8
$v \sin i_1$ (km/s)	26.2
Sıcaklık ₁ (K)	4530
Kütle ₁ (Mo)	1.28 ± 0.07
Yarıçap ₁ (Ro)	10.1 ± 0.4

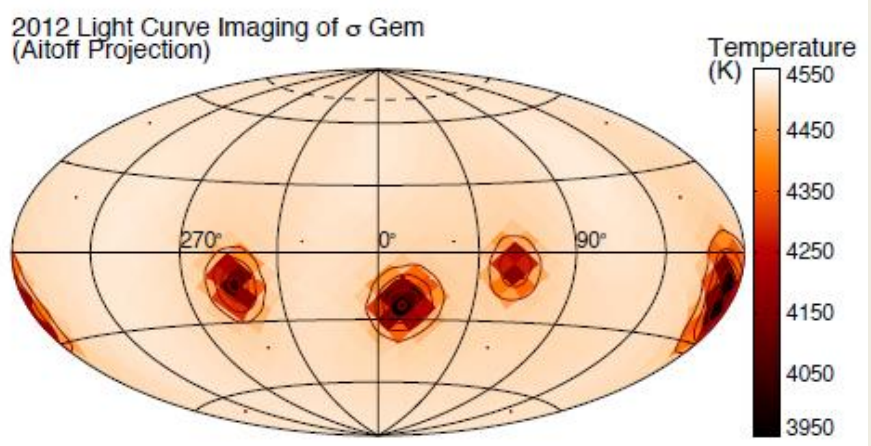
Roettenbacher vd. 2017
Korhonen vd. 2021



➔ İnterferometri

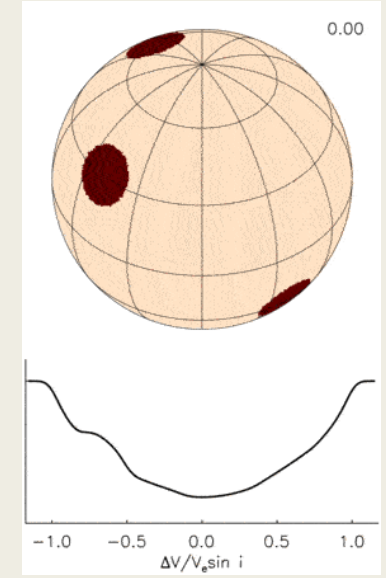
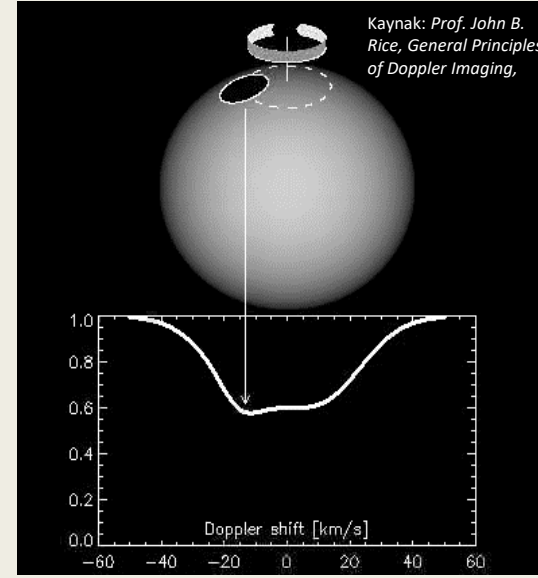
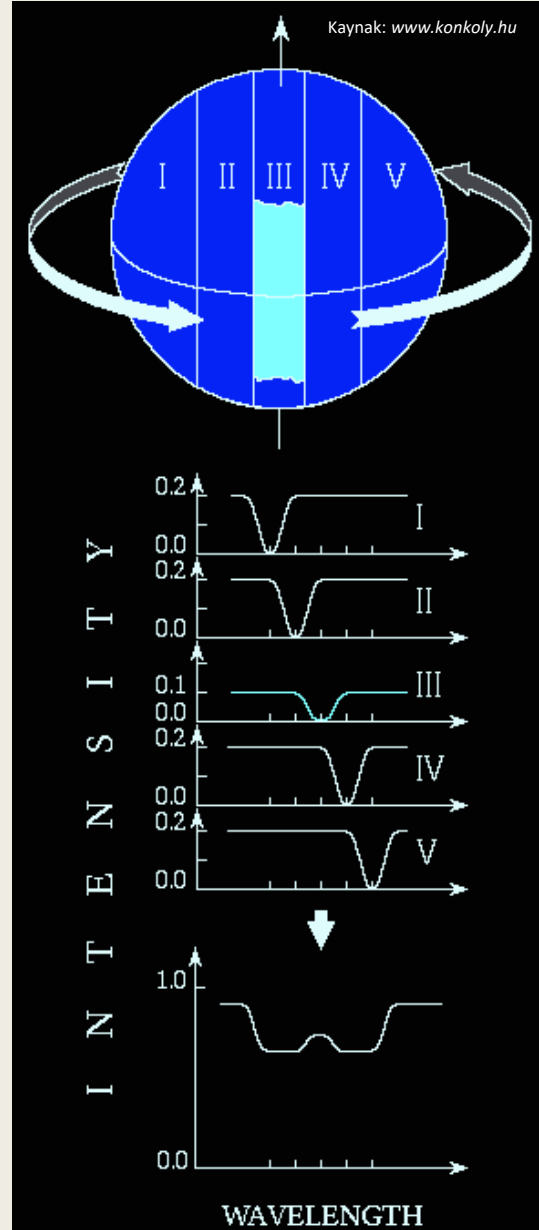
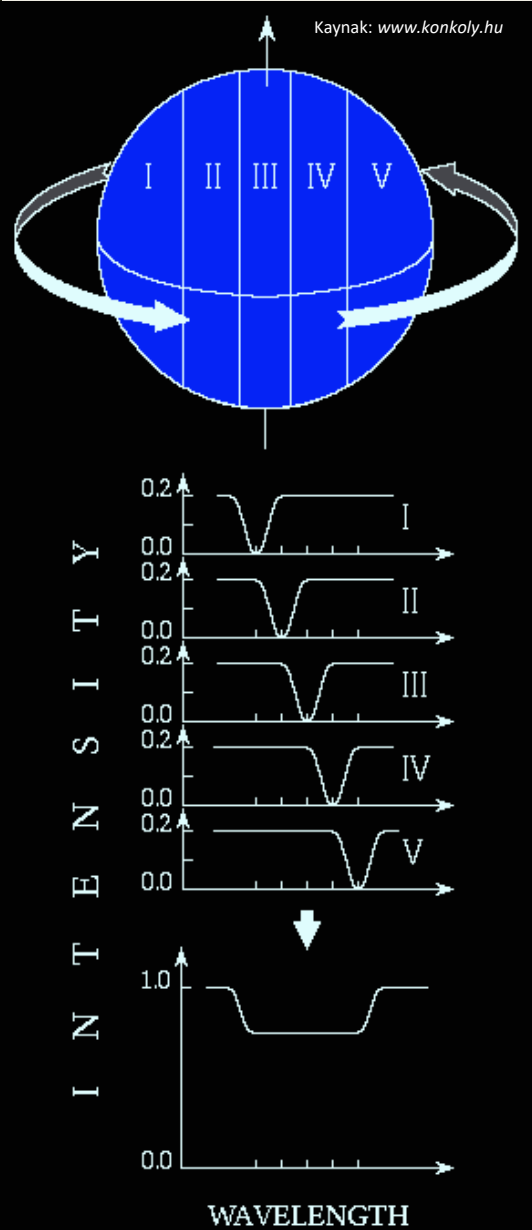


➔ Doppler Görüntüleme



➔ Işık Eğrisi Modelleme (Light Curve Inversion)

Doppler Görüntüleme Tekniği

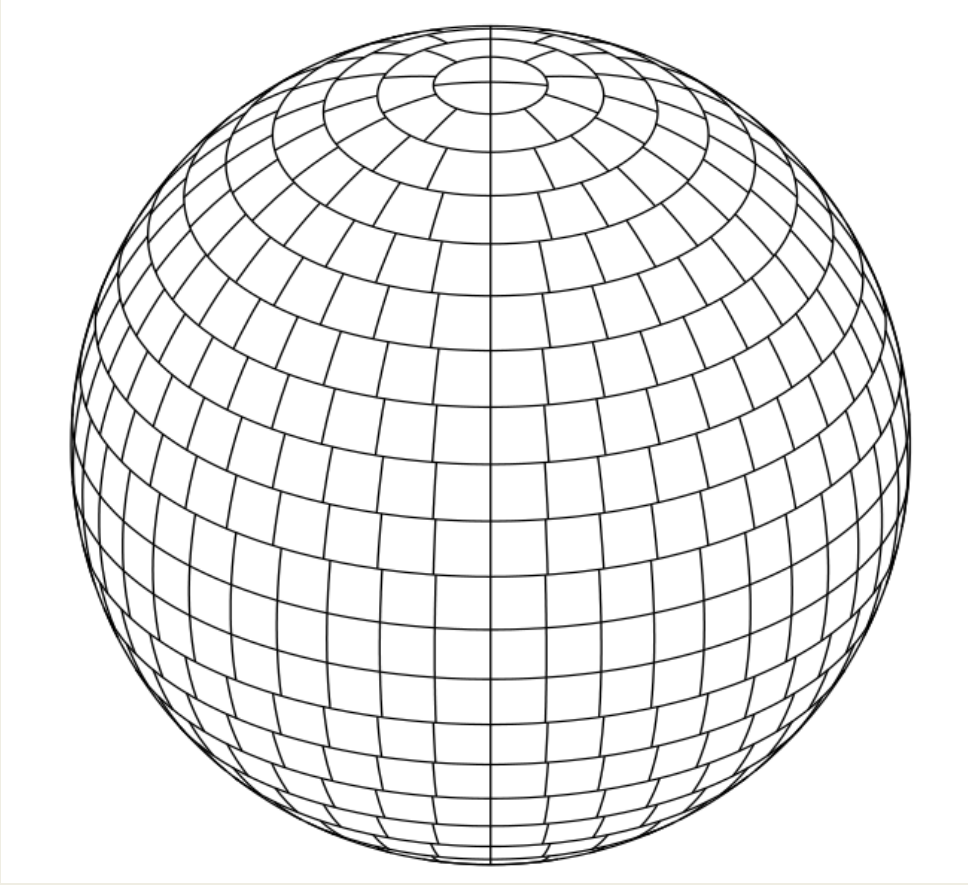


Kaynak: Prof. Oleg Kochukhov, Kişisel internet sitesinden

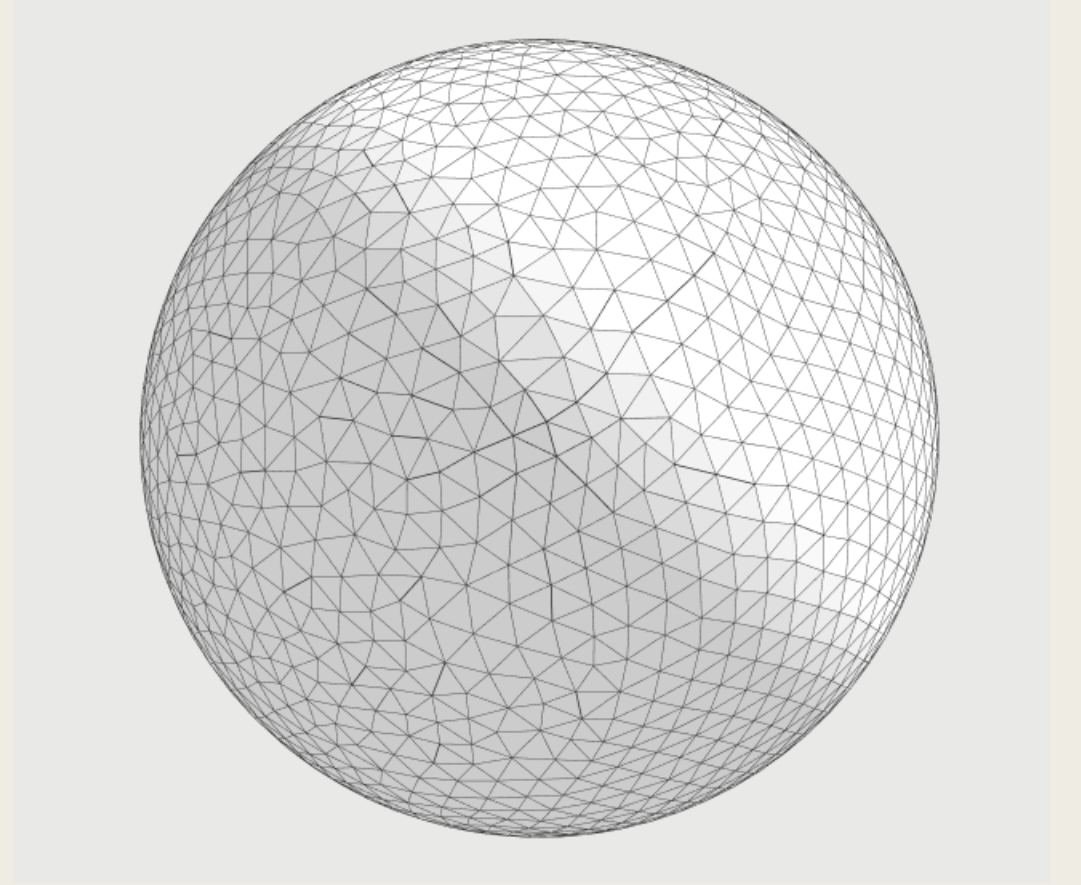
Hörgüç yapının,

- Hız uzayındaki pozisyonu lekenin boylamı,
- Hız uzayındaki yer değiştirme miktarı lekenin enlemi,
- Genişliği lekenin boyutu,
- Genliği ise lekenin sıcaklığı (ya da parlaklığı) hakkında bilgi verir.

Doppler Görüntüleme Tekniği



Klasik Yüzey Izgarası



Phoebe 2 Yüzey Izgarası

SpotDIpy

- Programlama dili: %100 Python
- Tek yıldızlar için hem sıcaklık hem de parlaklık haritası
- Çekim kararması ve kenar kararması (linear)
- Diferansiyel dönme
- Makrotürbülans
- Ki-kare (Chi-square) taraması ile parametre belirme
- Kolay kullanım
- İlgili grafikleri oluşturan kullanıcı dostu arayüz

```
SDI = SpotDIpy(map_type='brightness map')

""" Set required parameters (Bmap) """
SDI.set_param('t0', 2449950.55)
SDI.set_param('period', 1.36500596)
SDI.set_param('incl', 60)
SDI.set_param('vsini', 38.1)
SDI.set_param('vrt', 3.0)
SDI.set_param('mass', 1.017)
SDI.set_param('Tphot', 5750)
SDI.set_param('Tspot', 5000)
SDI.set_param('gdC', 0.32)
SDI.set_param('LDCphot', 0.639)
SDI.set_param('LDCspot', 0.725)
SDI.set_param('EQW', 1.45)
SDI.set_param('LLPRVCor', -0.15)
SDI.set_param('resolution', 0.0)
//

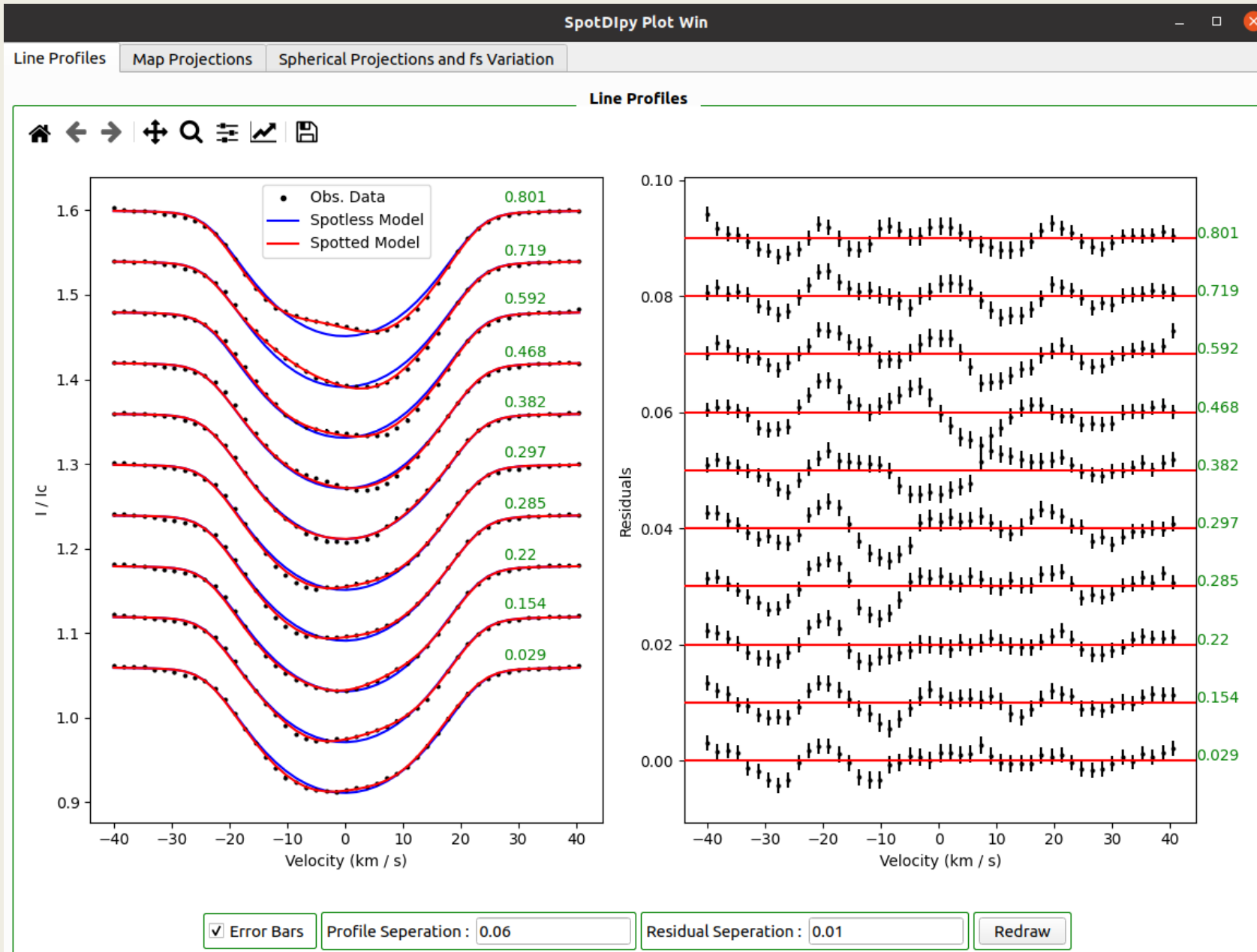
""" Construction surface grid """
SDI.constructSurfaceGrid(method='default', noes=3500)
# SDI.constructSurfaceGrid(method='phoebe2', noes=10500)
//

""" Import initial local line profiles (LLP) and observational data """
SDI.set_obsData(data=obsData, midTimes=obsMidTimes)
SDI.set_LLPs(LLPvels=LLPvels, LLPs={'phot': LLPphotInt, 'spot':
LLPspotInt})
//

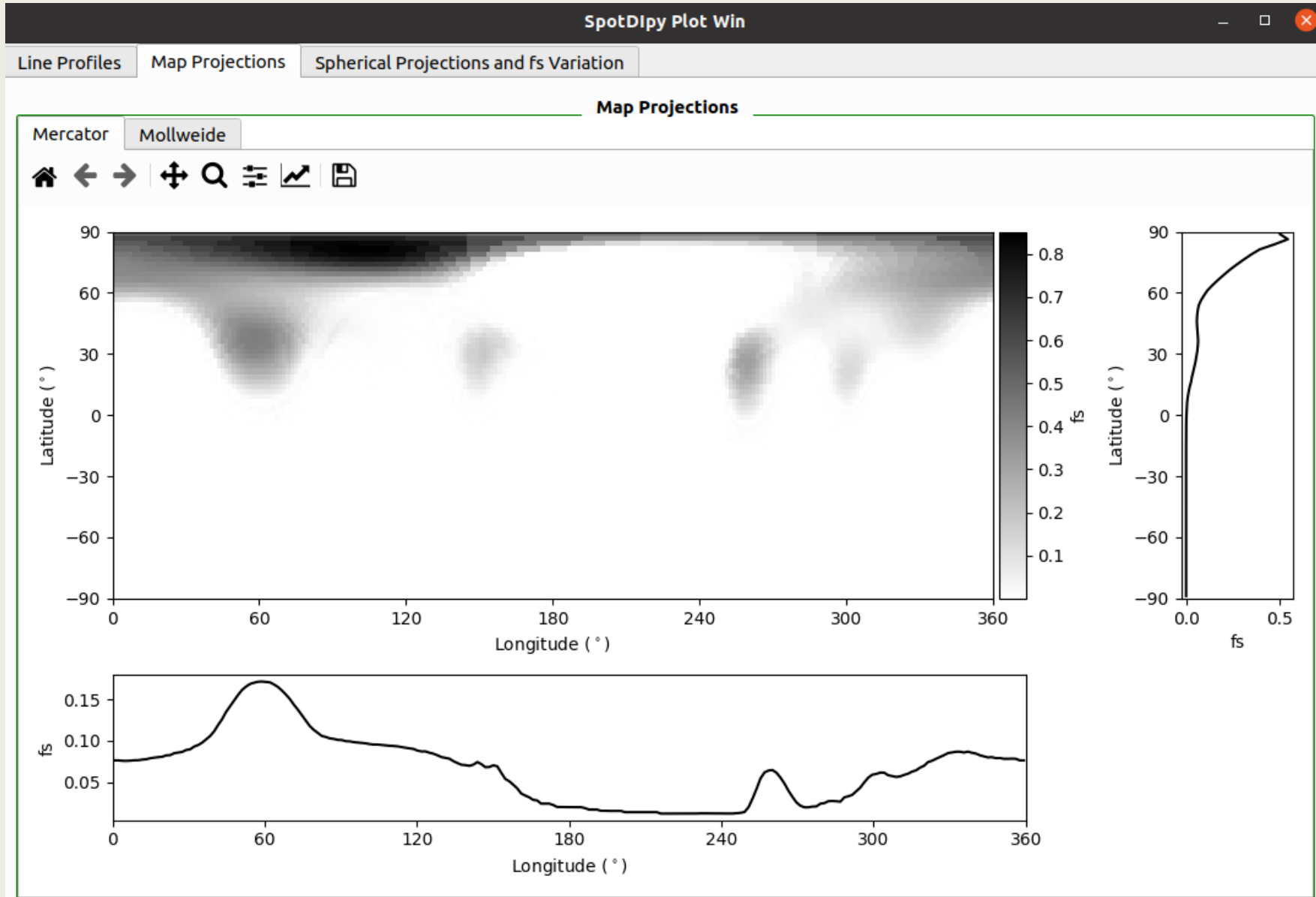
""" Reconstruct surface map """
result, fchi, freg, grad = SDI.reconstructor(lmbd=10.0, maxiter=50,
iprint=True, disp=False)
//

""" Plotting """
SDI.plot()
//
```

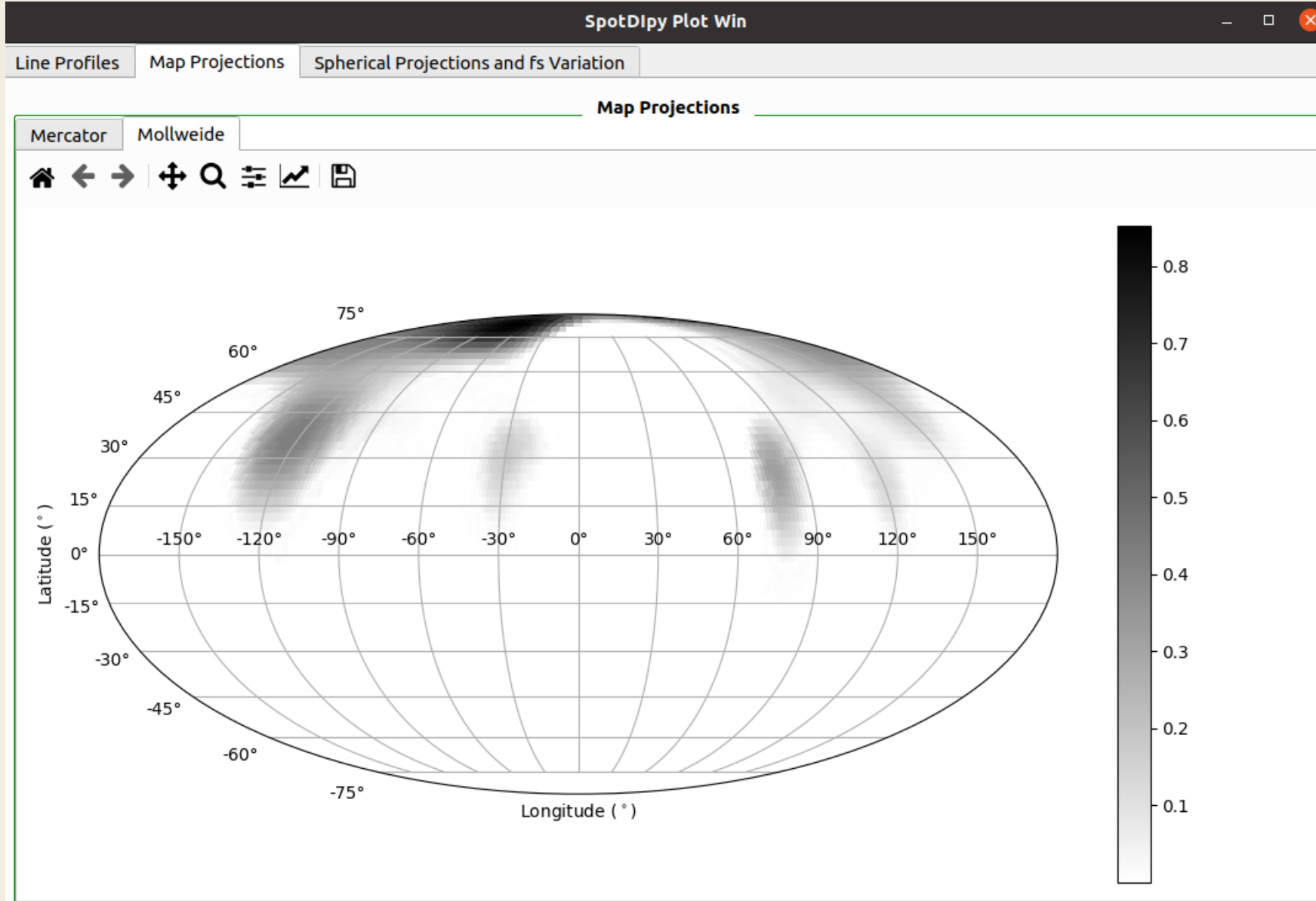
Çıktıların Sunulduğu Arayüz



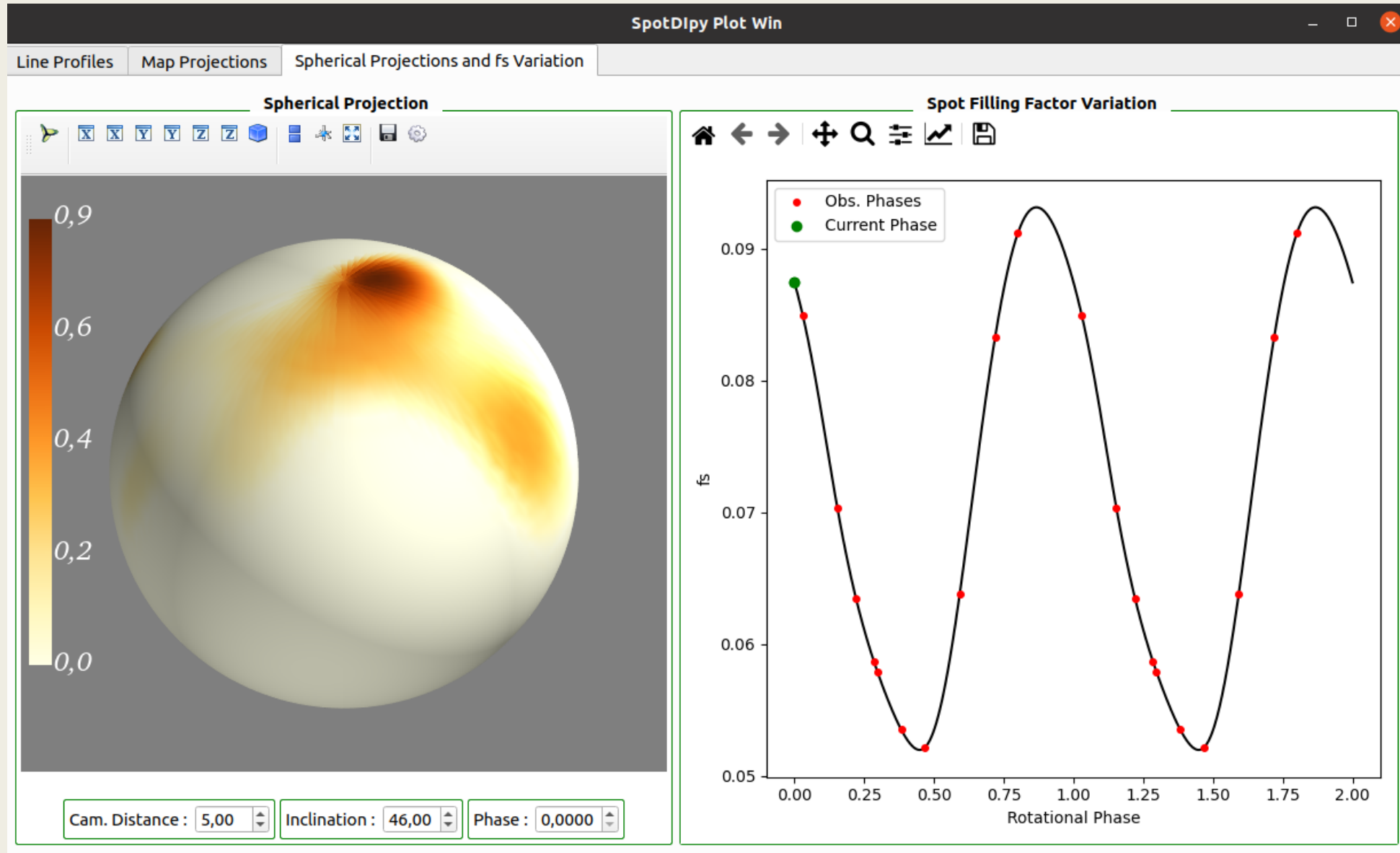
Çıktıların Sunulduğu Arayüz



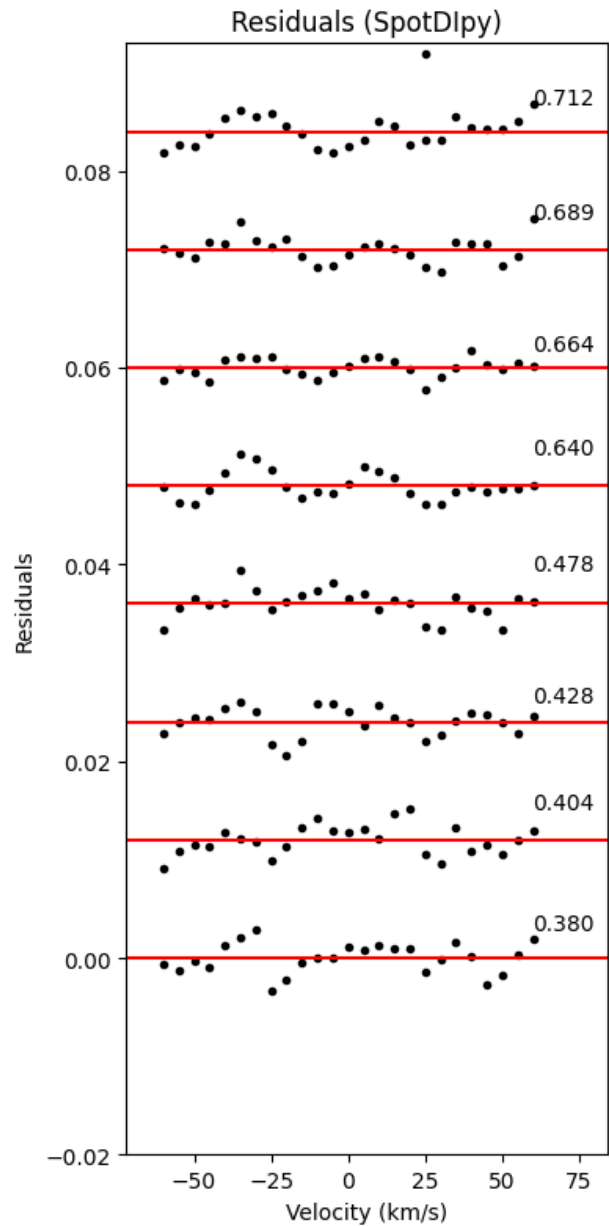
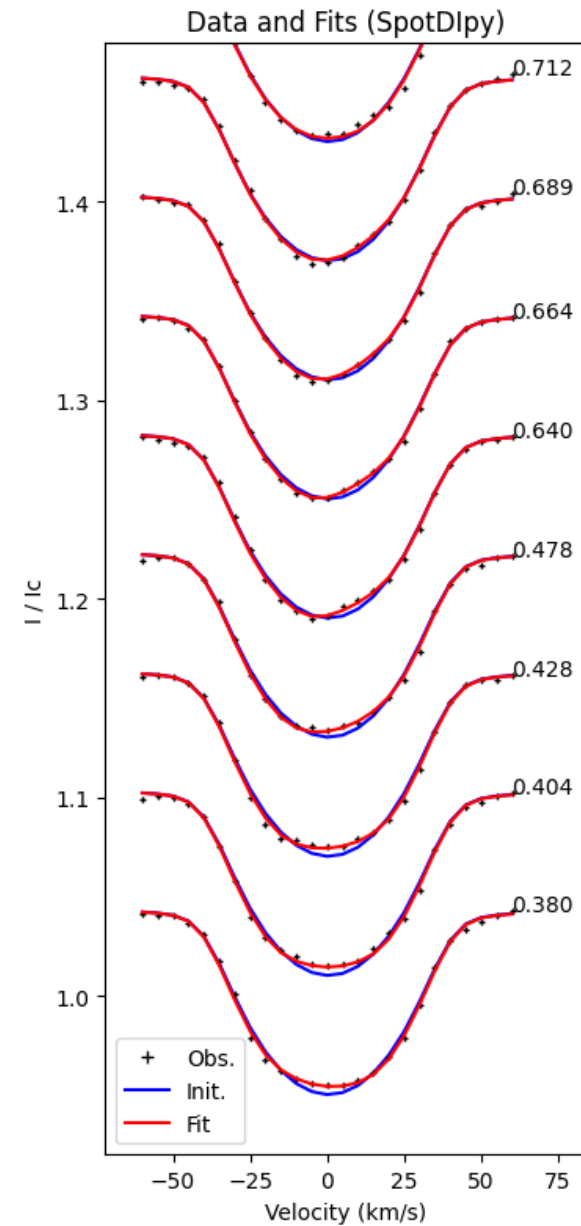
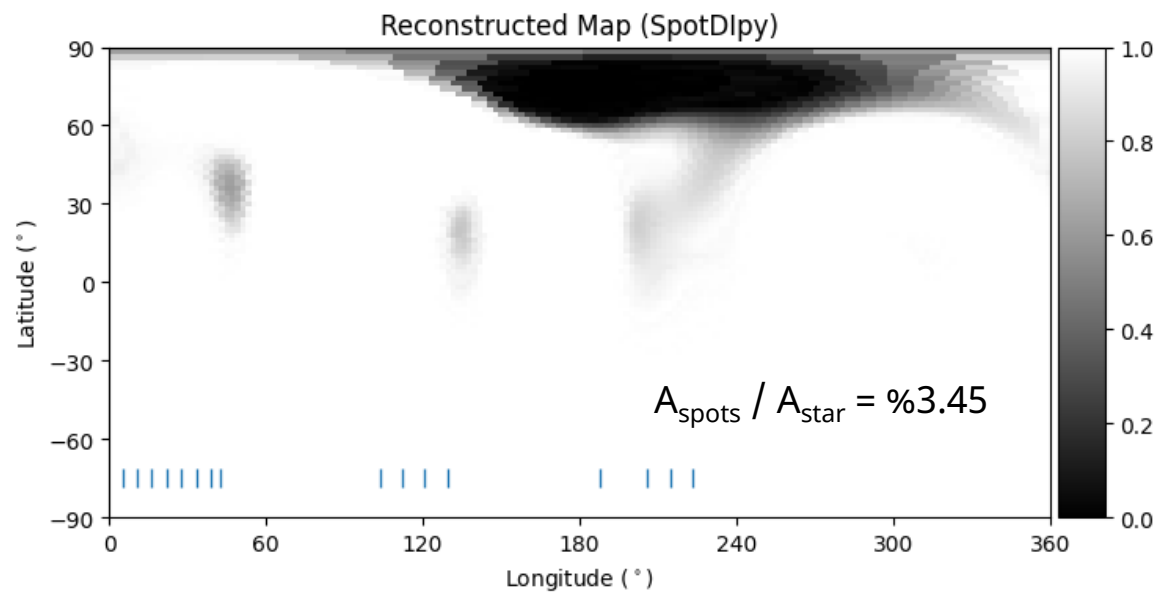
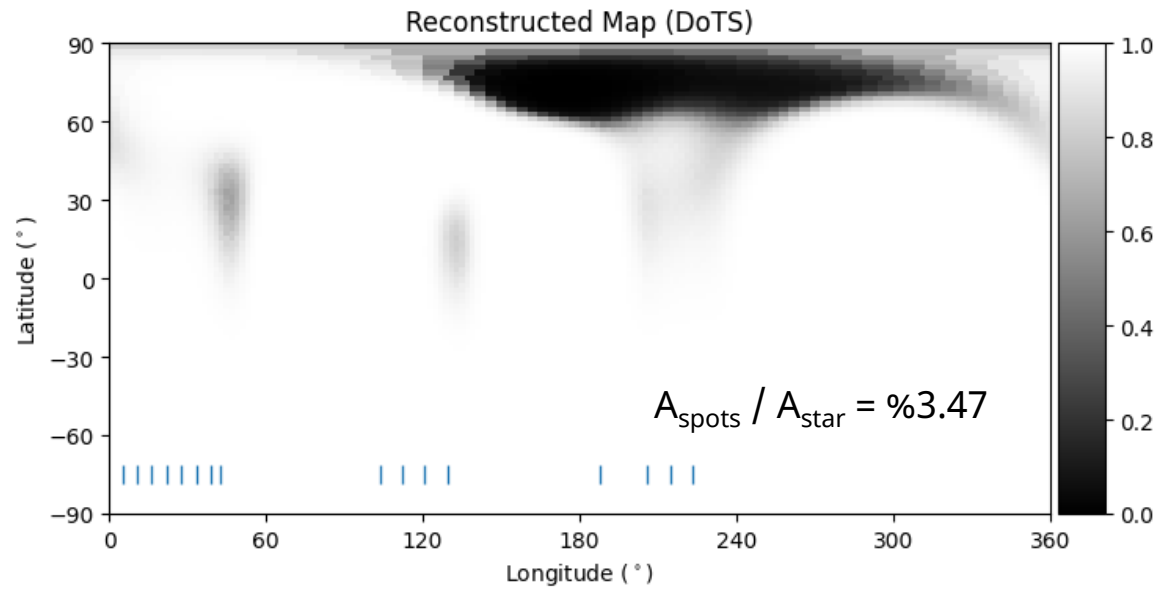
Çıktıların Sunulduğu Arayüz



Çıktıların Sunulduğu Arayüz



SpotDipy ve DoTS Kodunun Karşılaştırılması



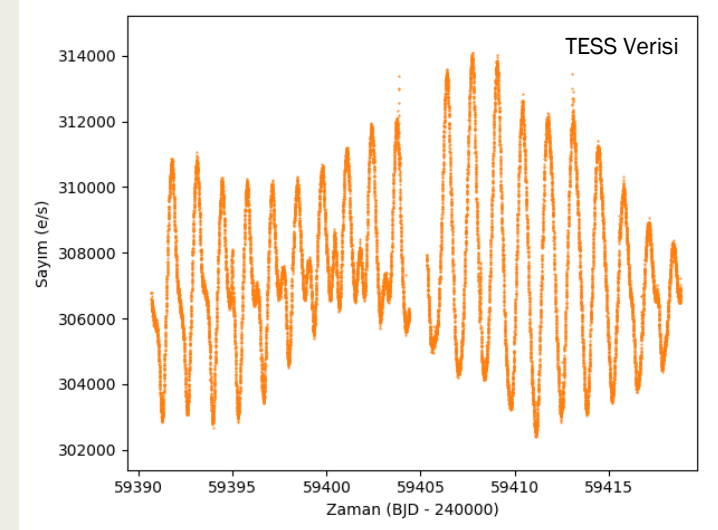
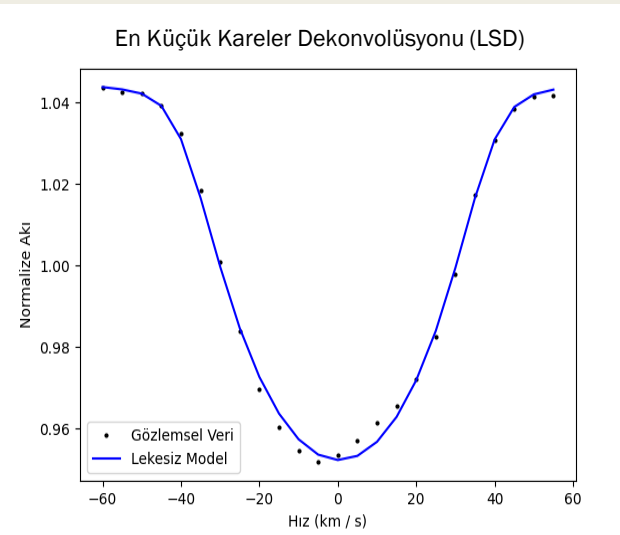
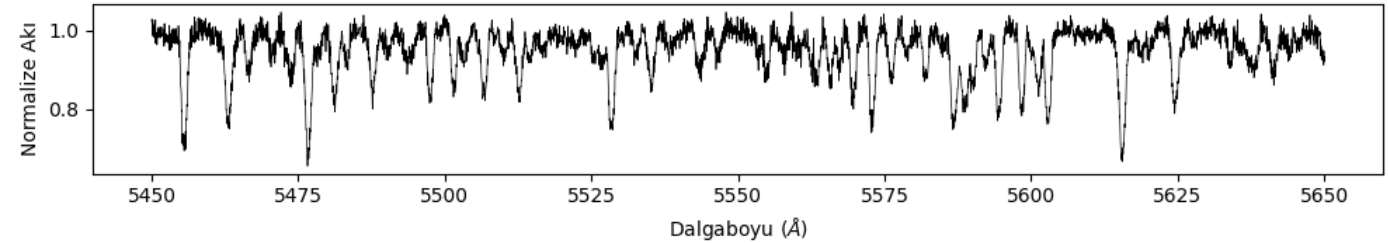
V889 Her Yıldızının SpotDıpy ile Doppler Görüntülenmesi: Gözlemler

- Tayfsal gözlemler (37 adet) T80 – Prof. Dr. Berahitdin Albayrak Teleskobu’na bağlı Shelyak Whoppshel tayfçekerini ile gerçekleştirildi (R ~30000).

Tarih	BJD	Evre	Poz Süresi (s)
2020-09-03	2459096.2803142	0.13947353	2700
2020-09-03	2459096.3130552	0.163459506	2700
2020-09-03	2459096.3453100	0.187089293	2700
2020-09-03	2459096.3769862	0.210295199	2700
2020-09-02	2459095.2671153	0.397206515	1200
2020-09-02	2459095.2810958	0.407448595	1200
2020-09-02	2459095.2998562	0.421192417	1800
2020-09-02	2459095.3221696	0.437539159	1800
2020-09-02	2459095.3433604	0.453063487	1800
2020-09-02	2459095.3643312	0.468426643	1800
2020-09-02	2459095.3853021	0.483789873	1800
2020-09-02	2459095.4062151	0.499110685	1800
2020-09-04	2459097.2695442	0.864180989	2700
2020-09-04	2459097.3019379	0.887912534	2700
2020-09-04	2459097.3334405	0.91099126	2700
2020-09-04	2459097.4004963	0.960116174	2700

Tarih	BJD	Evre	Poz Süresi (s)
2020-09-07	2459100.2712562	0.063227797	2700
2020-09-07	2459100.3032333	0.086654142	2700
2020-09-07	2459100.3348052	0.109783638	2700
2020-09-07	2459100.3675576	0.133777966	2700
2020-09-06	2459099.2972122	0.349645565	2700
2020-09-06	2459099.3285989	0.372639384	2700
2020-09-06	2459099.3599857	0.395633276	2700
2020-09-06	2459099.3913262	0.41859325	2700
2020-09-05	2459098.2844085	0.607668072	2700
2020-09-05	2459098.3209570	0.634443413	2700
2020-09-05	2459098.3547279	0.659183891	2700
2020-09-05	2459098.3861610	0.682211703	2700

Tarih	BJD	Evre	Poz Süresi (s)
2020-09-18	2459111.2497196	0.10602301	2700
2020-09-18	2459111.2810600	0.128982909	2700
2020-09-18	2459111.3124466	0.151976655	2700
2020-09-17	2459110.2489578	0.372867383	2700
2020-09-17	2459110.2803444	0.395861129	2700
2020-09-17	2459110.3116847	0.418820955	2700
2020-09-16	2459109.3354231	0.703614115	2700
2020-09-16	2459109.3668213	0.726616358	2700
2020-09-16	2459109.3982658	0.749652522	2700



V889 Her Yıldızının SpotDipy ile Doppler Görüntülenmesi: Literatür

Parametre	Değer	Referans
Fotosfer Sıcaklığı (K)	5800	Willamo vd. (2019)
Leke Sıcaklığı (K)	5000	Willamo vd. (2019)
Referans Zamanı	2449950.55	Järvinen vd. (2008)
Dönme Dönemi (gün)	1.36494	TESS ışık eğrilerinden
Eksen Eğikliği (°)	60	Marsden vd. (2006)
vsini (km/s)	38.5	Willamo vd. (2019)
Mikrotürbülans Hızı (km/s)	1.8	Frasca vd. (2010)
Makrotürbülans Hızı (km/s)	3	Strassmeier vd. (2003)
[Fe/H]	-0.04	Soubiran vd. (2022)
logg [cgs]	4.5	Strassmeier vd. (2003)
Kütle (M_{\odot})	1.017	Montalto vd. (2021)

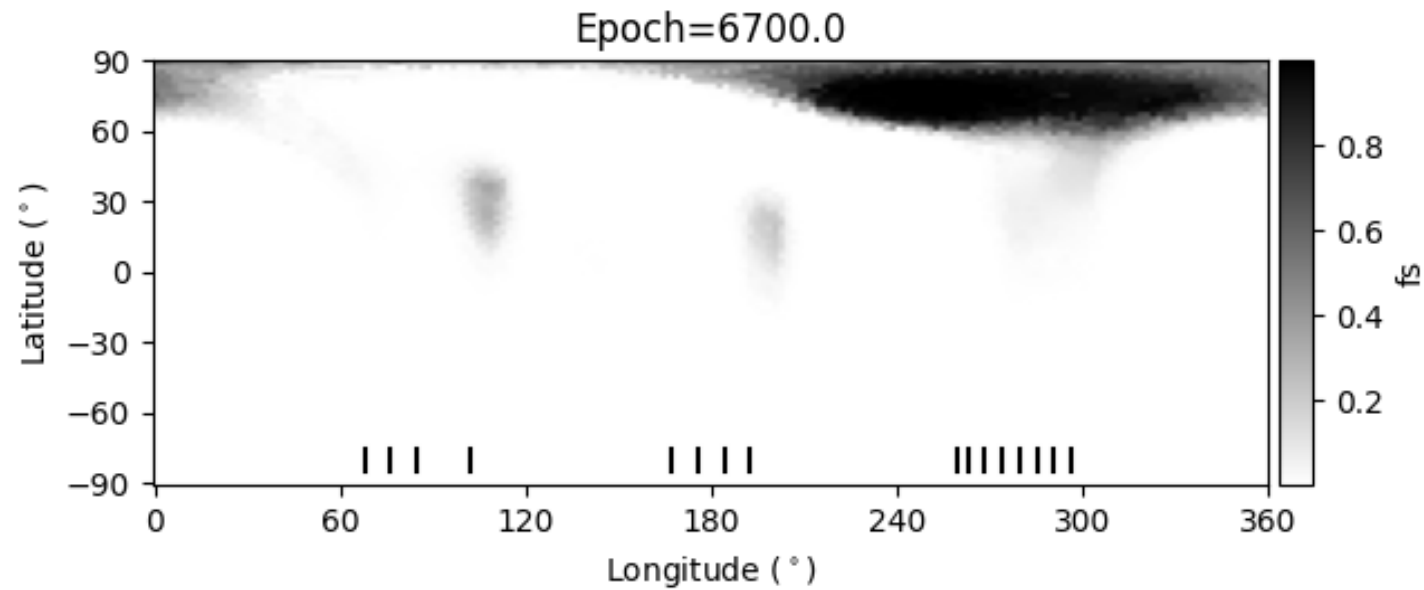
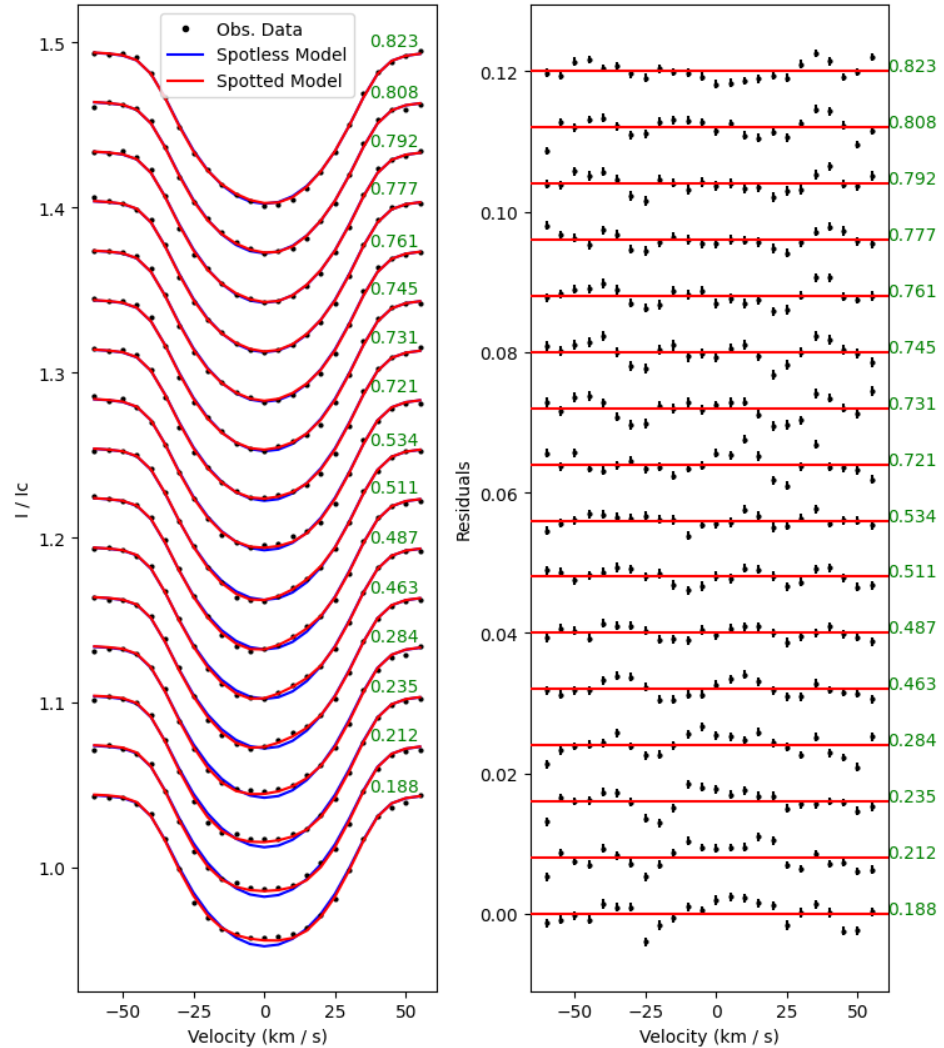
V889 Her

- G2 V tayf türünden genç (30 – 50 Myr) hızlı dönen bir, tek yıldız (Güneş benzeri genç yıldız)
- Kısmen ekvatora yakın küçük lekeler, çoğunlukla yüksek enlemli büyük lekeler (bazı durumlarda kutup lekesi)
- Yüksek diferansiyel dönme

Yerel Hız Profilleri	
	Sıcaklık
HD143761	5800
HD22049	5000

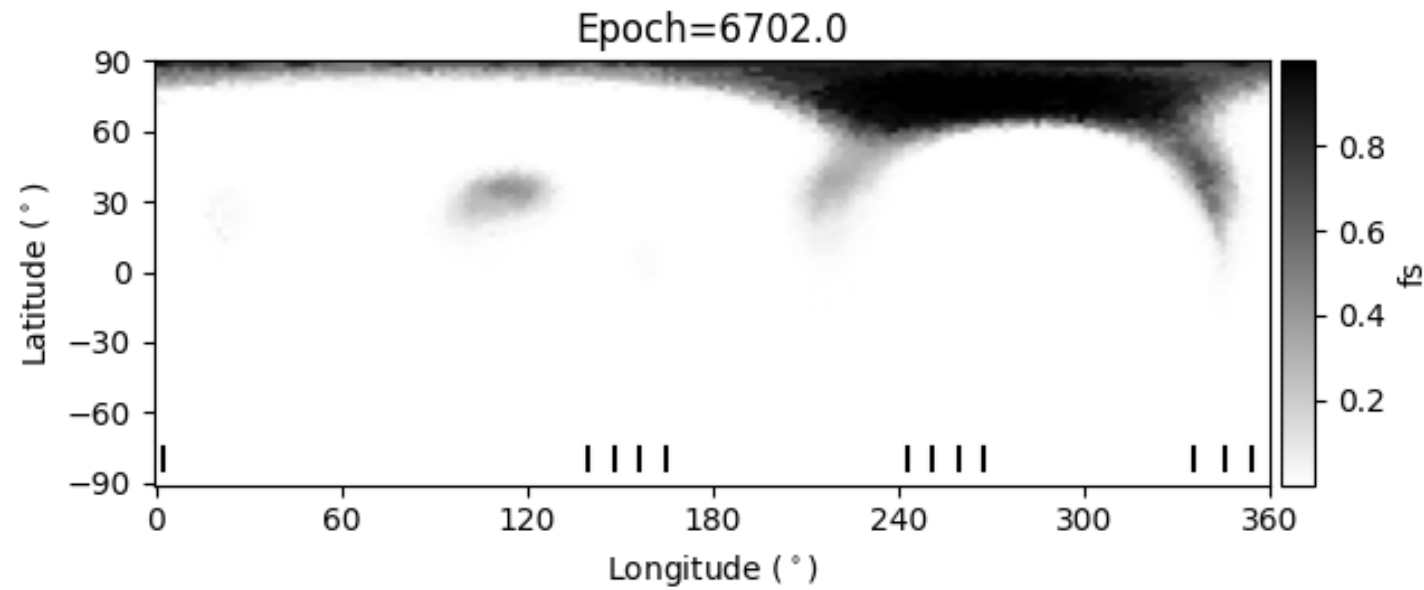
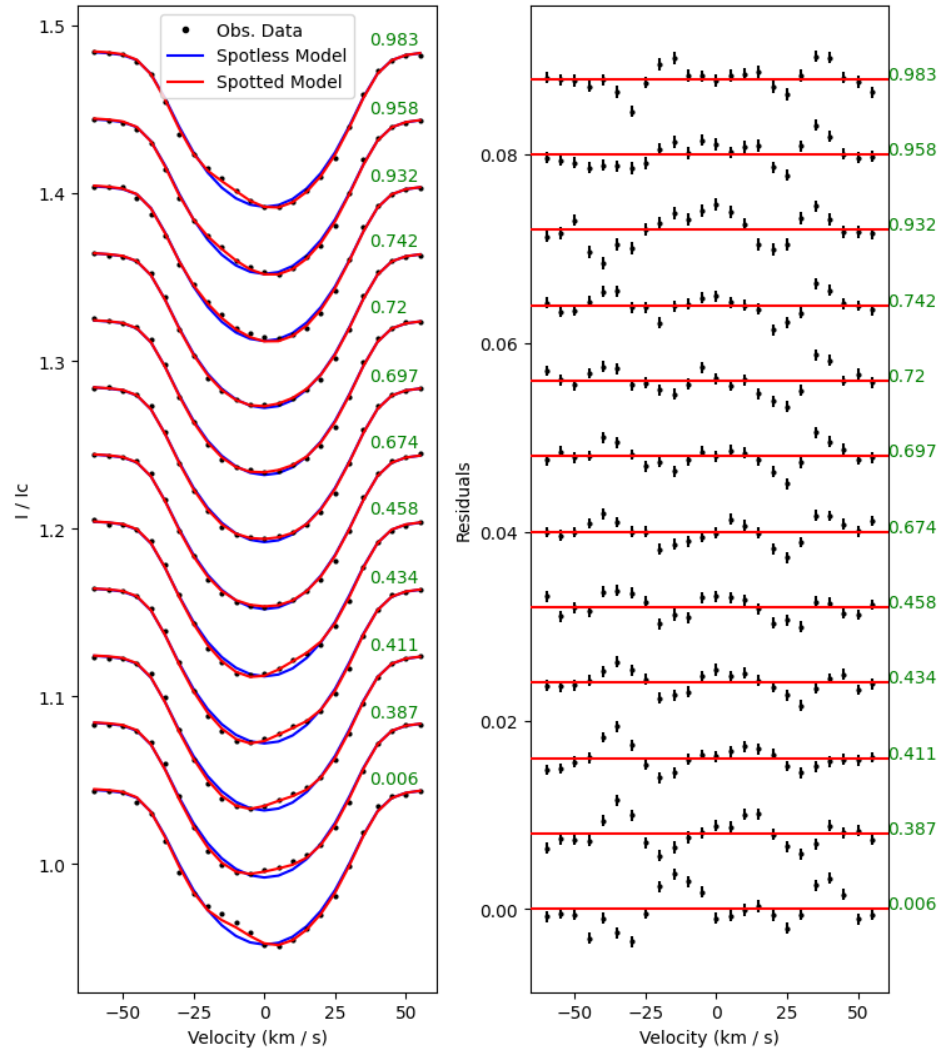
V889 Her Yıldızının SpotDipy ile Doppler Görüntülenmesi: Sonuçlar

6700. çevrim



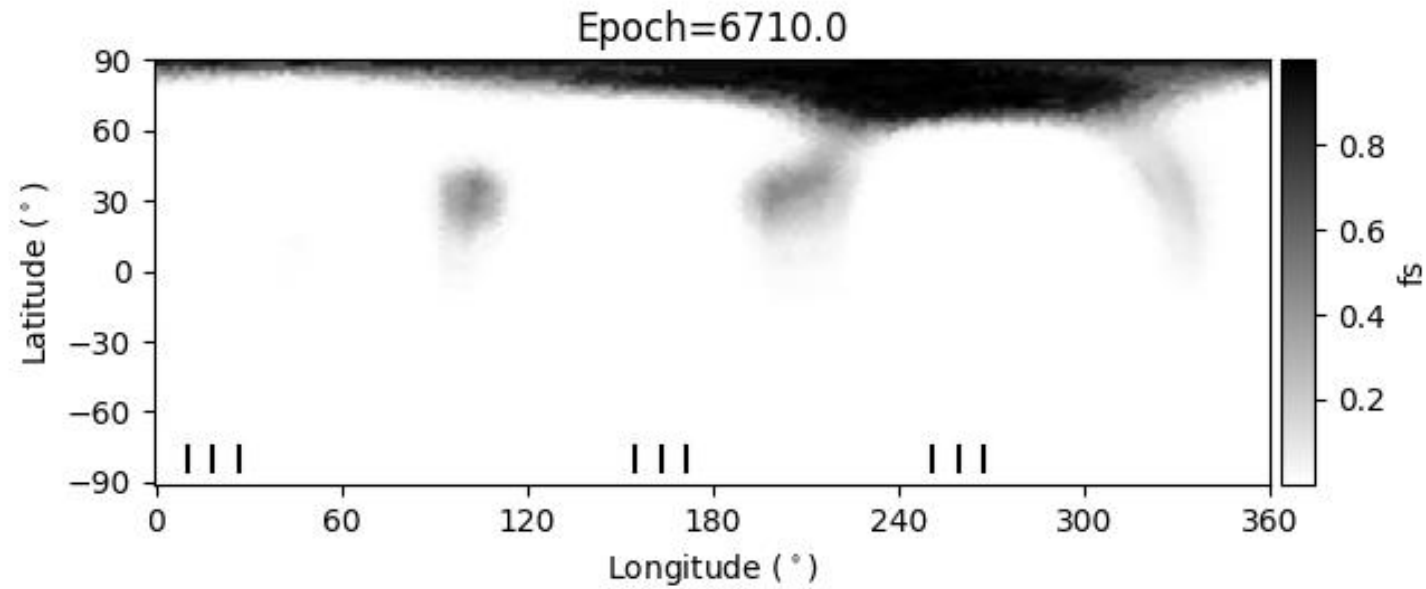
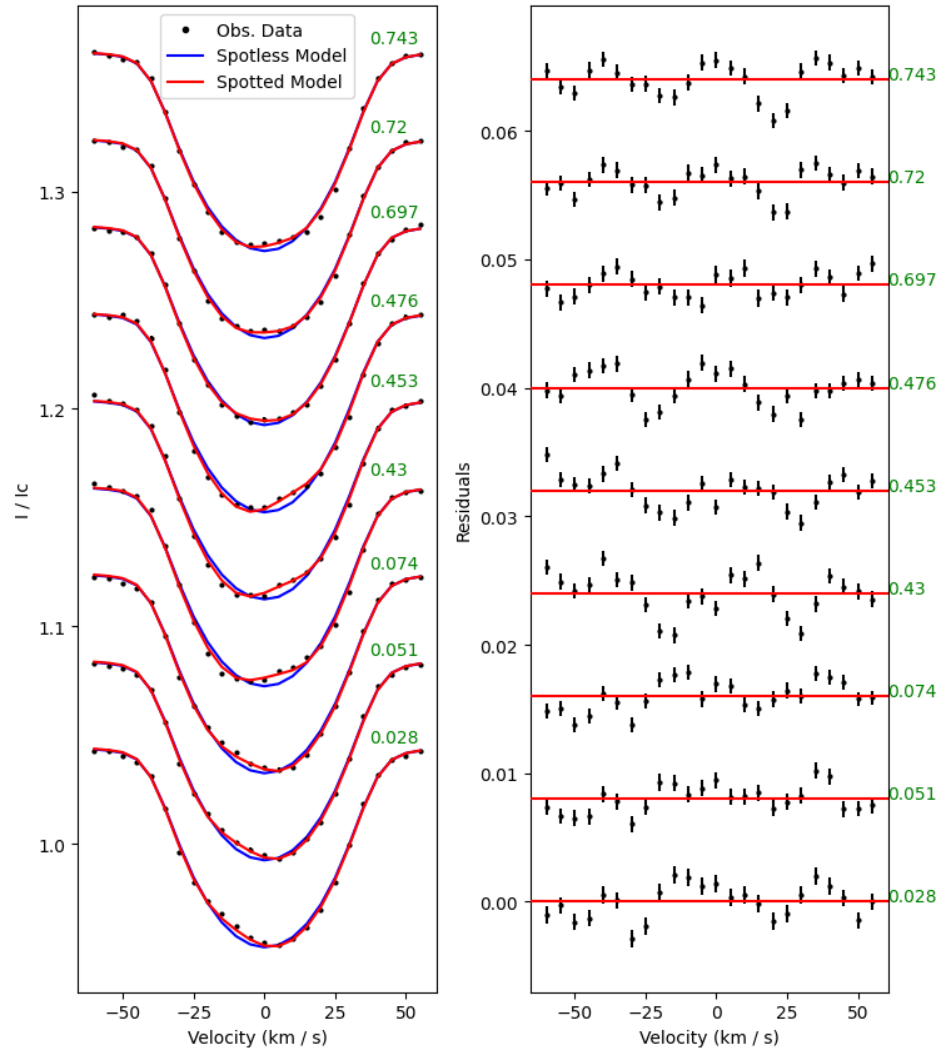
V889 Her Yıldızının SpotDipy ile Doppler Görüntülenmesi: Sonuçlar

6702. çevrim



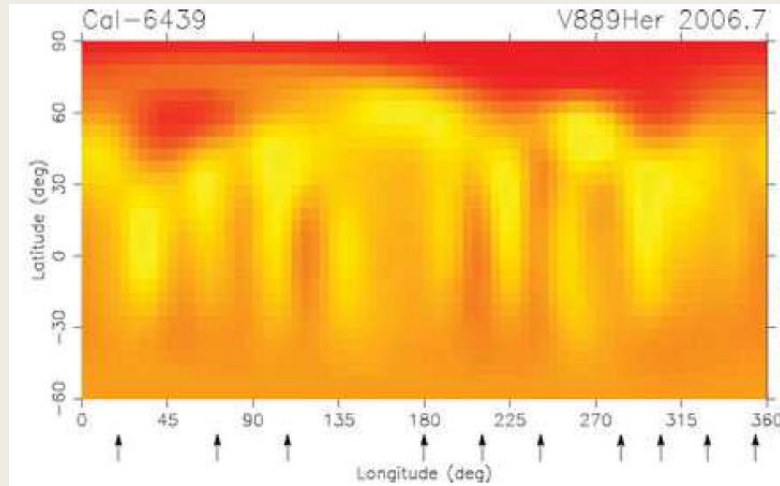
V889 Her Yıldızının SpotDıpy ile Doppler Görüntülenmesi: Sonuçlar

6710. çevrim

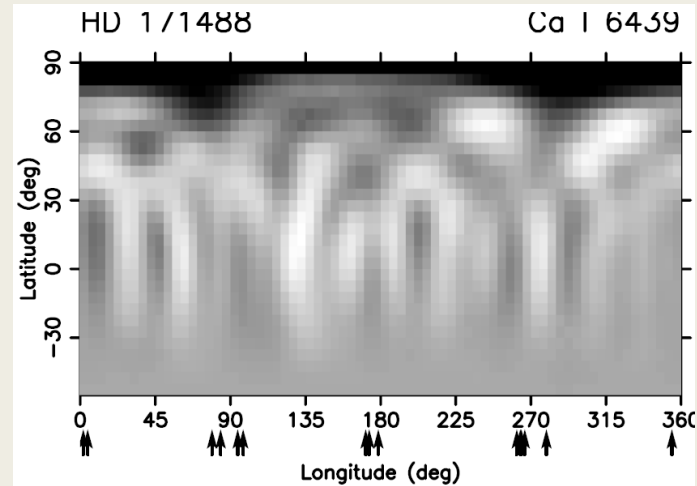


V889 Her Yıldızının SpotDıpy ile Doppler Görüntülenmesi: Literatür ile Kıyaslama

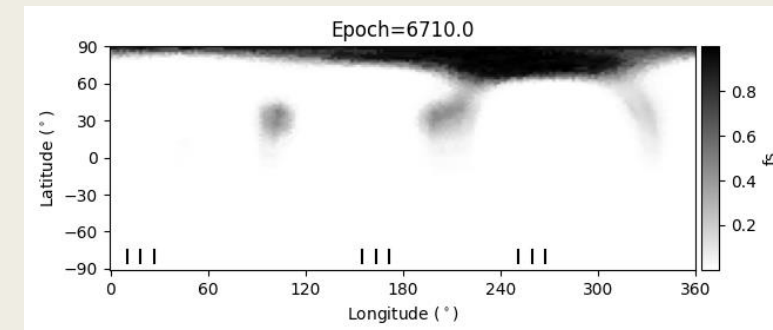
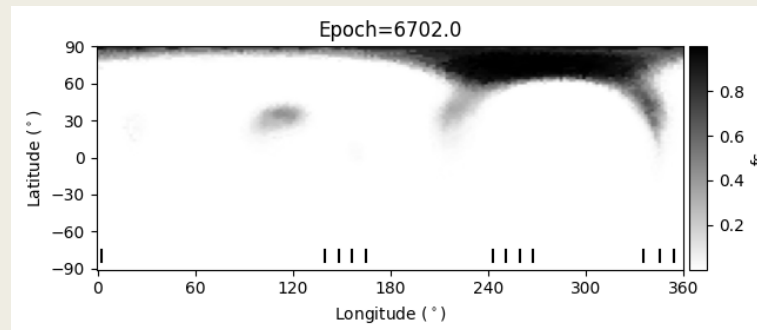
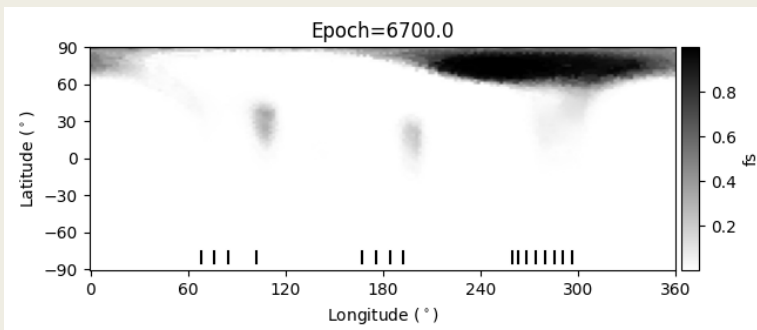
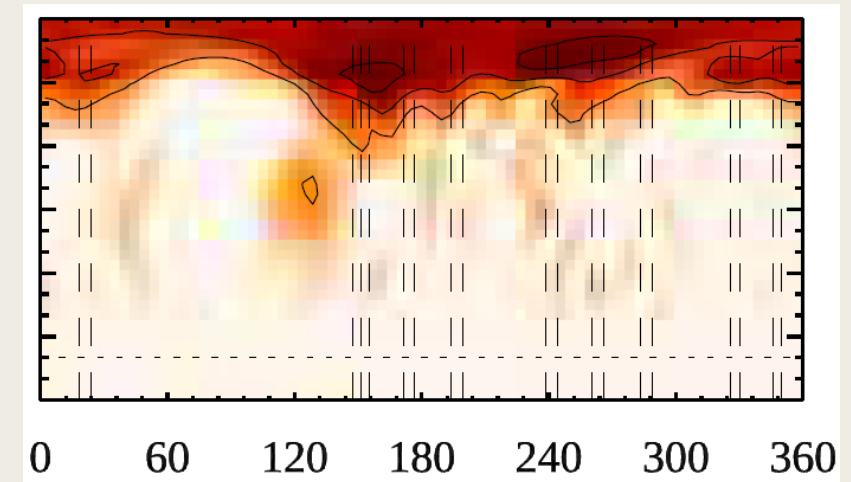
Kovari vd. (2010)



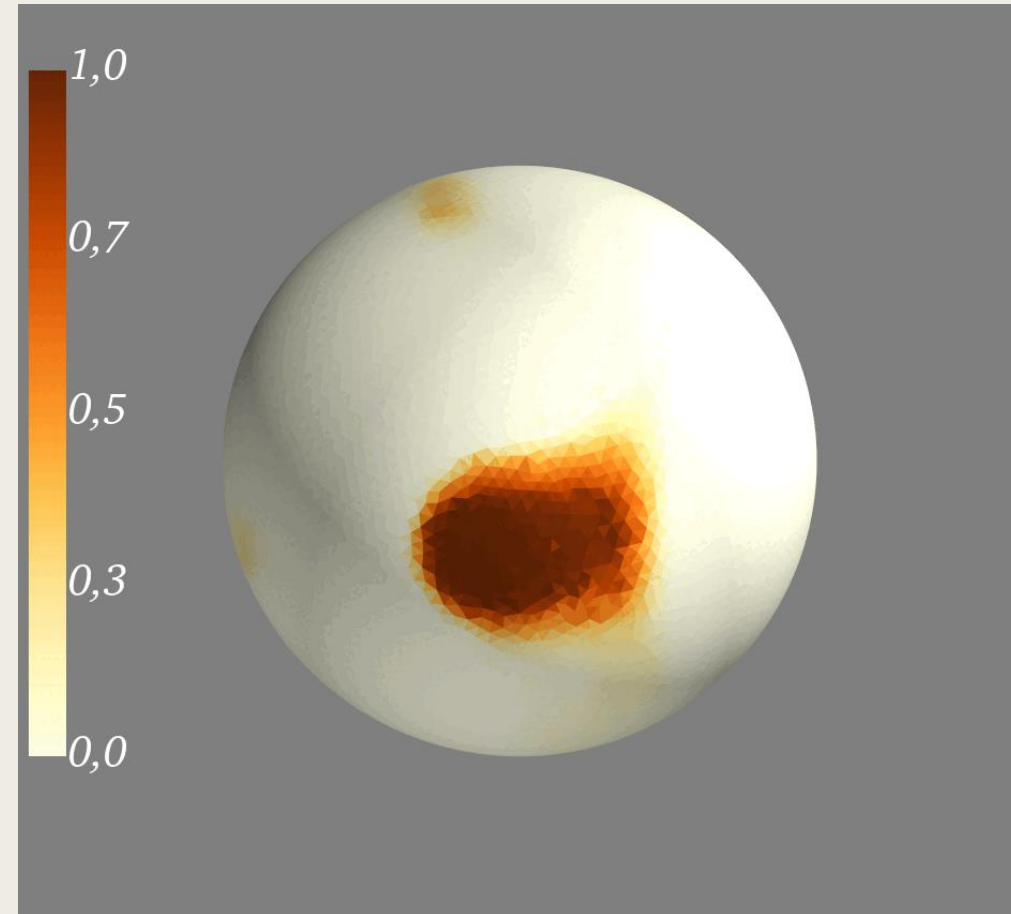
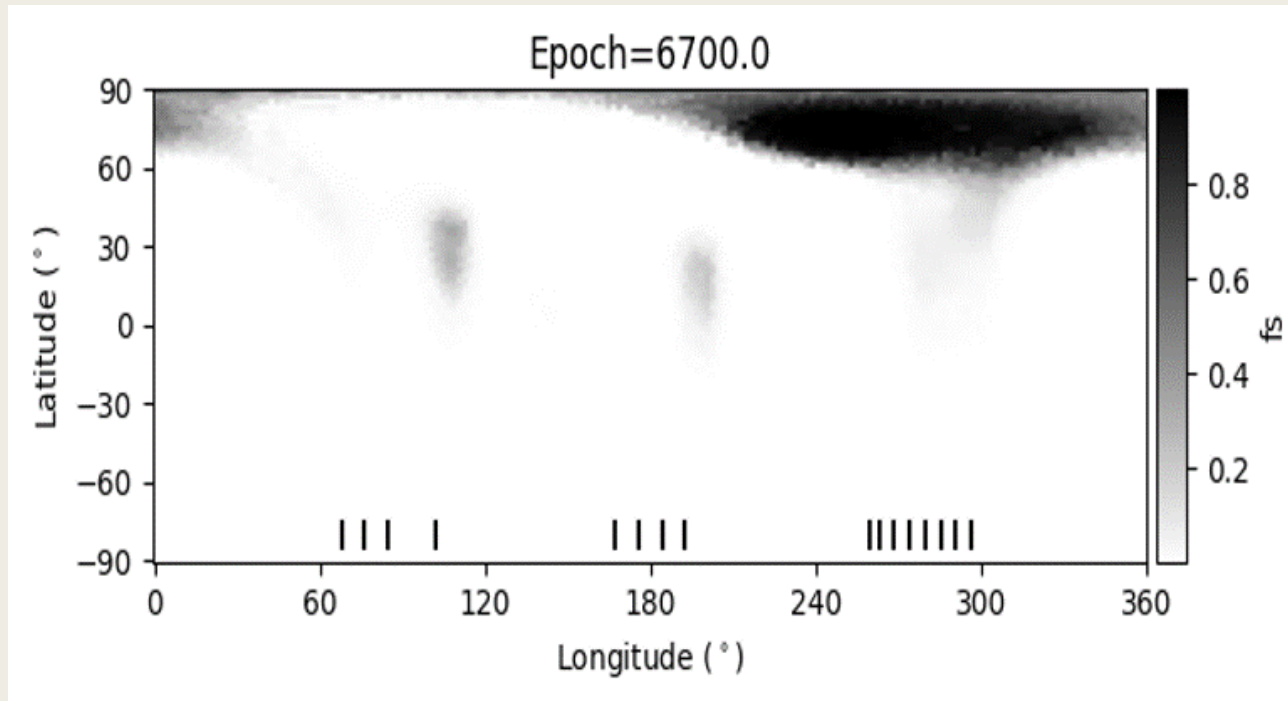
Strassmeier vd. (2003)



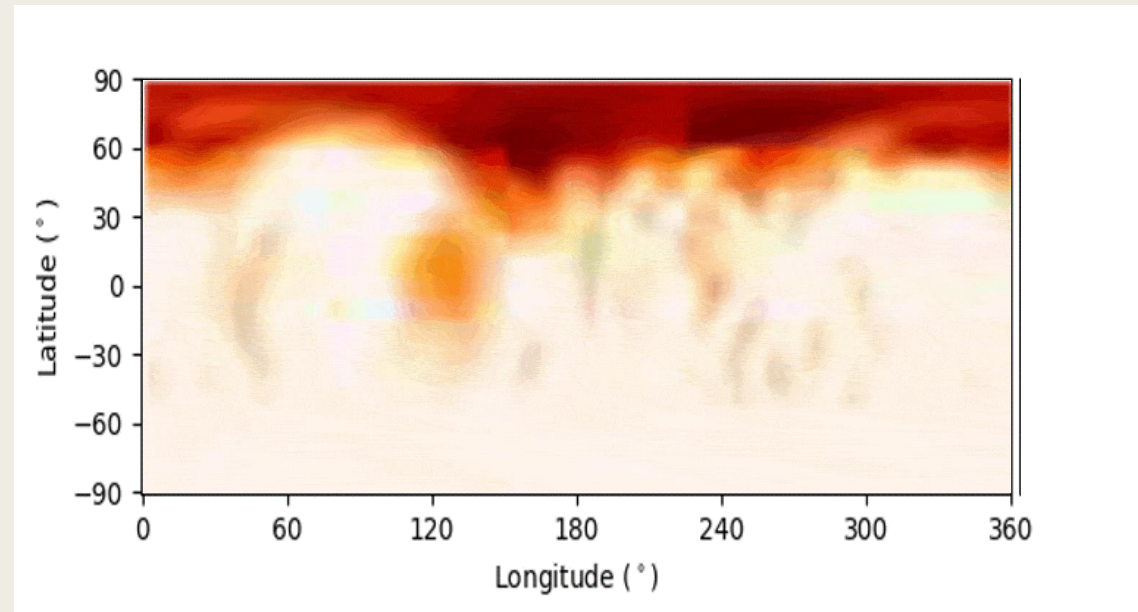
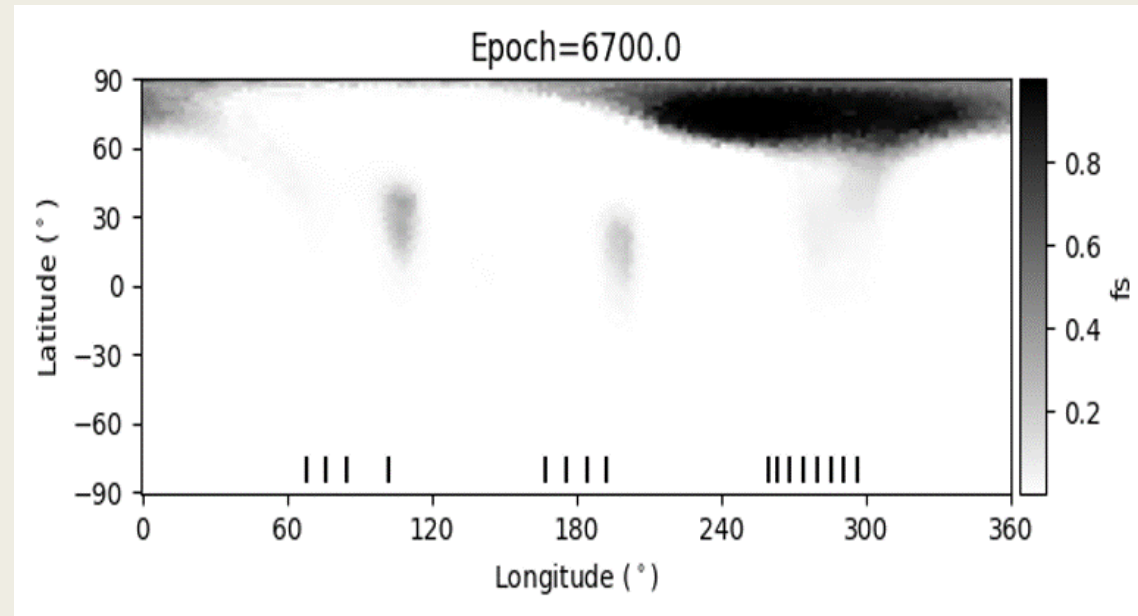
Willamo vd. (2022)



V889 Her Yıldızının SpotDipy ile Doppler Görüntülenmesi: Leke Evrimi



Willamo vd. (2022)



TEŞEKKÜRLER