

## DENEB ( $\alpha$ Cyg) YILDIZININ TUG COUDÉ ECHÉLLE TAYFLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Özgür BAŞTÜRK<sup>1</sup>, Selim O. SELAM<sup>1</sup>, Berahitdin ALBAYRAK<sup>1</sup>

### ÖZET

Bu çalışmada, tayfsal olarak oldukça yoğun çalışılmış ve A-türü süperdev yıldızların prototipi sayılan Deneb ( $\alpha$  Cyg) yıldızının, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) 150 cm.'lik Rus-Türk Teleskobu'na (RTT150) bağlı Coudé Echelle Tayföçeriyle alınan yüksek çözünürlük ve sinyal/gürültü (S/N) oranına sahip tayfları, mevcut gözlem düzeneğinin karakteristiklerini belirlemek amacıyla analiz edildi. Tayf çizgilerine ilişkin eşdeğer genişlik ölçümleri yapılarak elde edilen bulgular, daha önce yapılmış başka çalışmalarda (Zverko 1970, Albayrak 2003) yer alan benzer sonuçlarla karşılaştırıldı. RTT150 teleskobunun Coudé Echelle Tayföçeriyle elde edilen tayfların kalitesi niceliksel olarak ortaya konularak bu tayflarla bolluk çalışmalarının yapılabileceği gösterildi.

**Anahtar Kelimeler:** Tayfsal analiz, Echelle tayföçüm, Deneb ( $\alpha$  Cyg)

### ABSTRACT

In this study, the high resolution and S/N ratio spectra of well-studied A-type supergiant prototype Deneb ( $\alpha$  Cyg) obtained with Coudé Echelle Spectrograph attached to the 150 cm. Russian-Turkish Telescope (RTT150) at the TUBITAK National Observatory (TUG) have been analysed to determine characteristics of the current instrument. The performed equivalent width measurements of the spectral features are compared with the results of previous studies by different authors (Zverko 1970, Albayrak 2003). The quality of the spectra obtained with Coudé Echelle Spectrograph attached to the RTT150 telescope is described in quantitative way and it was shown that the spectra from this instrument are good enough for atmospheric abundance determinations.

**Keywords:** Spectroscopic analysis, Echelle spectroscopy, Deneb ( $\alpha$  Cyg)

#### 1. Giriş :

A tayf türünden bir süperdev yıldız olan  $\alpha$  Cygni (Deneb) tayfsal olarak oldukça yoğun çalışılmış bir yıldızdır. Çok sayıda araştırmacı yıldızla ait elde ettikleri tayflar üzerinde eşdeğer genişlik ölçümleri yapmışlar, ölçümlerin sonuçlarından atmosfer parametrelerini belirlemek ve elementlerin kimyasal bolluklarını hesaplamak üzere çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalarda verilen eşdeğer genişlik ölçümlerinden yararlanılarak, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) 150 cm'lik Rus-Türk Teleskobu'na (RTT 150) bağlı Coudé Echelle Tayföçerinin karakteristiklerini belirlemek ve mevcut düzenekle elde edilen tayfların kalitesini değerlendirmek mümkündür. Bu amaçla, sayısal tayf kütüphanelerinde pek çok verisi bulunan, oldukça fazla sayıda çizgi için eşdeğer genişlik ölçümleri yapılmış ve yayınlanmış Deneb yıldızı seçilmiştir.

Bu çalışmada, 30 Mayıs 2007 tarihinde Deneb yıldızının TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) 150 cm'lik Rus-Türk Teleskobu'na (RTT 150) bağlı Coudé Echelle

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100 Tandoğan-Ankara

Tayföçerileri alınmış tayfları, açık kaynak kodlu IRAF (Image Reduction and Facility) yazılımında yer alan paketler kullanılarak indirildi ve yine aynı yazılımda yer alan paketlerle eşdeğer genişlik ölçümleri gerçekleştirildi ve daha önce, Ondrejov Gözlemevi'nde yer alan iki tayföçerin niteliklerini saptamak üzere yapılmış benzer bir çalışmanın (Zverko, 1971) ve Albayrak (2000) tarafından Deneb'in atmosfer parametrelerini elde etmeye yönelik olarak yapılmış bir çalışmanın sonuçları ile karşılaştırıldı. Ayrıca Coudé Echelle Tayföçerileri elde edilen tayfların çizgi profili çalışmalarında kullanılabilirliğini belirlemek üzere Schiller ve Przybilla (2008) tarafından elde edilen Deneb yıldızına ilişkin çizgi profilleri ile karşılaştırmalar da gerçekleştirildi.

## 2. Gözlemsel Materyal ve Yöntem :

Tablo 1'de Coudé Echelle Tayföçerileri ile alınan tayflarda her bir basamağın içerdiği dalgaboyu aralıkları listelendi. 30 Mayıs 2007 gecesinde elde edilen tayflar üzerinde Nordic Optical Observatory (NOAO) tarafından geliştirilen IRAF yazılımı bileşenleri ile bias ve dark düzeltmeleri gerçekleştirildi. Yine aynı yazılımın bileşenleri kullanılarak gözlemlerde elde edilen halojen düz alan görüntülerinin normalizasyonu ve tüm tayfların bu normalize tayfa bölünerek tayflar aletsel etkilerden arındırıldı ve bir boyutlu hale getirildi. Tayfların dalgaboyu kalibrasyonu için yine gözlemlerde elde edilen toryum-argon lambasına ait tayflar ve TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi internet sitesinde yayınlanan toryum-argon lamba atlası kullanıldı. Tayflar IRAF yazılımının ilgili paketleri kullanılarak süreklilik seviyesine normalize edildi.

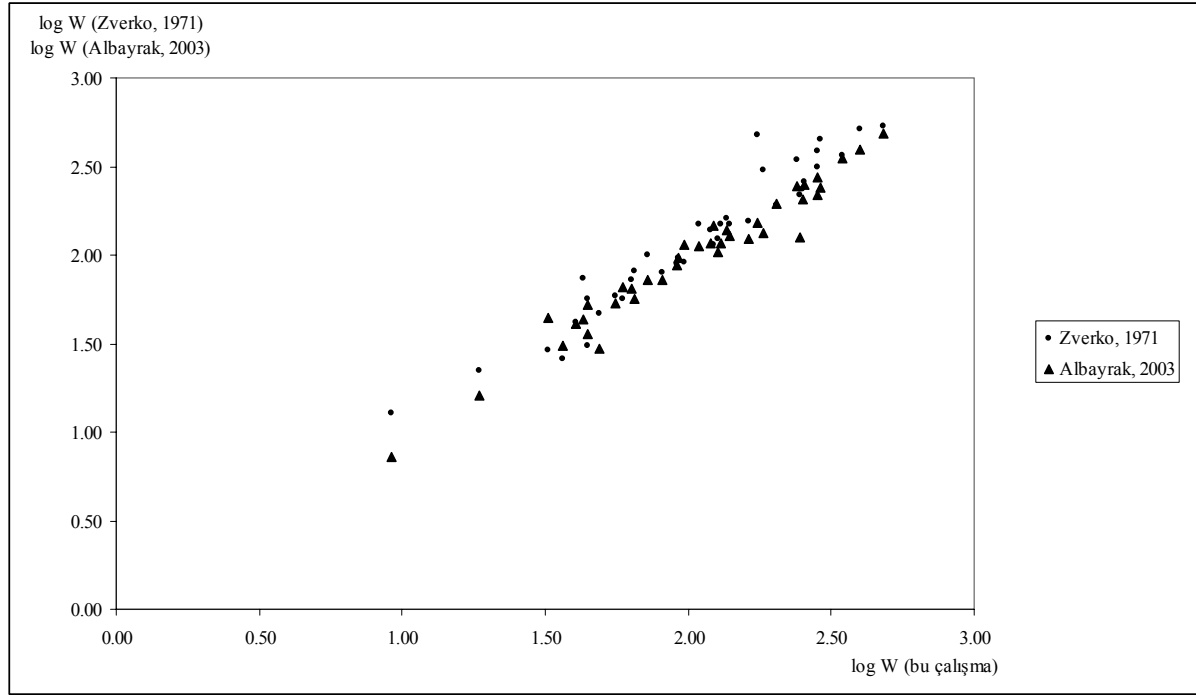
Basamak Sayısı	Dalgaboyu Aralığı, Å	Basamak Sayısı	Dalgaboyu Aralığı, Å	Basamak Sayısı	Dalgaboyu Aralığı, Å
1	8688 - 8772	24	6127 - 6186	47	4733 - 4778
2	8533 - 8615	25	6050 - 6108	48	4686 - 4731
3	8383 - 8464	26	5974 - 6031	49	4641 - 4685
4	8239 - 8318	27	5900 - 5957	50	4596 - 4640
5	8099 - 8177	28	5829 - 5885	51	4553 - 4596
6	7964 - 8041	29	5758 - 5814	52	4510 - 4553
7	7834 - 7909	30	5690 - 5745	53	4468 - 4510
8	7707 - 7782	31	5623 - 5677	54	4426 - 4469
9	7585 - 7658	32	5558 - 5611	55	4386 - 4428
10	7467 - 7539	33	5494 - 5547	56	4346 - 4388
11	7352 - 7423	34	5431 - 5484	57	4307 - 4348
12	7241 - 7310	35	5370 - 5422	58	4269 - 4309
13	7133 - 7201	36	5311 - 5362	59	4231 - 4271
14	7028 - 7095	37	5252 - 5303	60	4194 - 4234
15	6926 - 6992	38	5195 - 5245	61	4157 - 4197
16	6827 - 6893	39	5140 - 5189	62	4121 - 4161
17	6731 - 6796	40	5085 - 5134	63	4086 - 4125
18	6638 - 6701	41	5031 - 5080	64	4052 - 4090
19	6547 - 6610	42	4979 - 5027	65	4018 - 4056
20	6458 - 6520	43	4928 - 4975	66	3984 - 4022
21	6372 - 6434	44	4878 - 4924	67	3951 - 3989
22	6288 - 6349	45	4828 - 4875	68	3919 - 3956
23	6207 - 6267	46	4780 - 4826		

**Tablo 1:** Coudé Echelle Tayföçerileri'nin her bir basamağının içerdiği dalgaboyu aralıkları.

Her bir basamak (order) için ayrı ayrı süreklilik seviyesine normalize edilen tayflar üzerinde eşdeğer genişlik ölçümlerinin yanı sıra çözünürlük ve sinyal/gürültü değerlerine ilişkin ölçümler de yine IRAF yazılımının ilgili paketleri kullanılarak gerçekleştirildi. Eşdeğer genişlik ölçümleri için yalnızca ayrılabilen çizgiler değil blend çizgiler de kullanıldı ve elde edilen sonuçlar Zverko (1971) ve Albayrak (2003)'ün sonuçlarıyla karşılaştırıldı. Tablo 2'de tanımlanan çizgiler ve bu çizgilere ilişkin eşdeğer genişlik ölçümleri listelendi. Listelenen eşdeğer genişlik ölçümleri ile Zverko (1971) ve Albayrak (2003) tarafından hesaplanan eşdeğer genişlikler arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 1'de gösterildi.

Dalgaboyu	Çizgi	log W	Zverko (1971)	Albayrak (2003)
4024.567	Fell (127) ZrII (54)	2.12	2.17	2.07
4025.112	TiII (11)	1.81	1.91	1.75
4026.258	HeI (18)	1.80	1.86	1.81
4028.352	TiII (87)	1.97	1.98	1.98
4035.620	VII (32)	1.51	1.46	1.65
4053.878	TiII (87) VII (215) CrII (19)	2.10	2.09	2.02
4067.049	NiII (11)	2.14	2.21	2.14
4071.741	Fel (43)	1.77	1.75	1.82
4109.895	MgII (21) NI (10)	1.69	1.67	1.47
4113.319	CrII (18)	0.96	1.11	0.86
4119.512	Fel (21)	1.56	1.41	1.49
4124.779	Fell (22)	1.61	1.62	1.61
4128.063	Sill (3)	2.38	2.54	2.39
4130.883	Sill (3)	2.41	2.41	2.40
4163.624	TiII (105)	2.15	2.17	2.11
4171.941	TiII (105)	2.09	2.06	2.16
4187.835	Fel (152)	1.65	1.49	1.72
4224.871	CrII (162)	1.75	1.77	1.73
4233.193	Fell (27) CrII (31)	2.68	2.73	2.68
4235.932	Fel (152)	1.27	1.35	1.21
4246.813	ScII (7)	2.08	2.14	2.07
4258.160	Fell (28)	2.04	2.17	2.05
4269.273	CrII (31)	1.65	1.75	1.55
4271.750	Fel (42)	1.91	1.90	1.86
4275.546	CrII (31)	1.96	1.95	1.94
4284.219	CrII (31)	1.86	2.00	1.86
4296.579	Fell (28)	2.40	2.37	2.32
4301.854	TiII (41)	2.26	2.48	2.12
4320.796	ScII (15)	1.99	1.96	2.06
4325.615	Fel (42)	2.39	2.34	2.10
4351.727	VII (36) TiII (94) Fell (27) Mgl (14)	2.60	2.71	2.60
4367.575	TiII (104)	1.64	1.87	1.64
4385.342	Fell (27)	2.45	2.59	2.44
4417.716	TiII (40)	2.21	2.19	2.09
4443.751	TiII (19)	2.45	2.50	2.34
4501.214	TiII (31)	2.31	2.28	2.29
4522.597	Fell (38)	2.24	2.68	2.18
4555.970	Fell (37)	2.54	2.56	2.55
4629.293	Fell (37)	2.46	2.65	2.38

**Tablo 2:** Eşdeğer Genişlik Değerleri – Dalgaboyu değerlerinin birimi Angström'dür ve değerler laboratuvar dalgaboylarını göstermektedir. Eşdeğer genişlik değerleri ise logaritmik olup miliangström birimindedir. İlk değerler (log W) bu çalışmaya aittir.



**Şekil 1:** Eşdeğer genişlik ölçümlerinin karşılaştırması

Karşılaştırma sonucunda Zverko (1971) ile bu çalışmanın sonucu arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu görüldü ve (1)'de verildi. Aynı şekilde Albayrak (2003) ile bu çalışmanın sonuçları arasındaki ilişkinin de doğrusal olduğu görüldü ve bu ilişki (2)'de verildi.

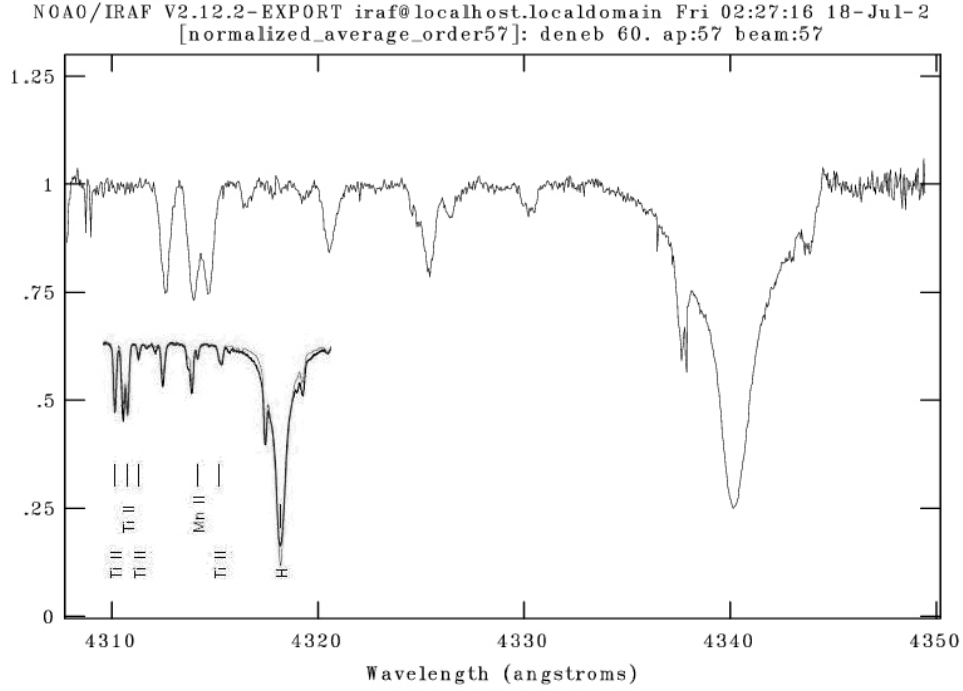
$$\log W = 1.037 (\pm 0.046) * \log W_{\text{Zverko, 1971}} - 0.029 (\pm 0.009) \quad (1)$$

$$\log W = 0.992 (\pm 0.034) * \log W_{\text{Albayrak, 2003}} + 0.002 (\pm 0.001) \quad (2)$$

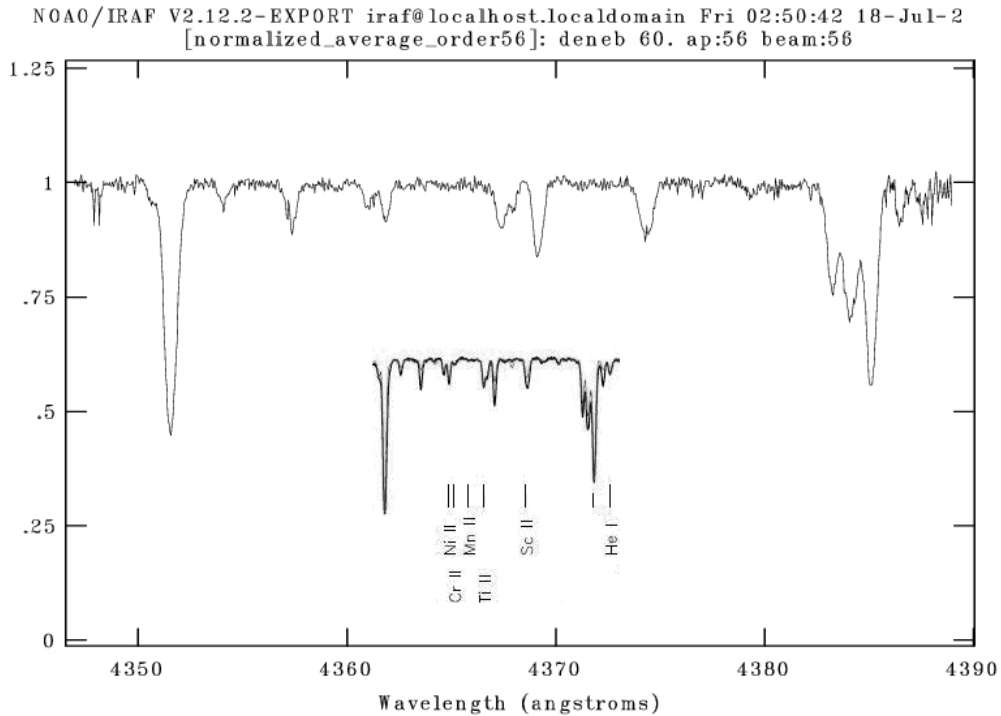
### 3. Çözünürlük ve Sinyal/Gürültü Oranları :

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi RTT-150 teleskopuna bağlı Coudé Echelle Tayfölçeri ile elde edilen tayfların nitelik açısından bir karşılaştırması için Schiller ve Przybilla (2008) tarafından elde edilen Deneb yıldızının tayfları ve bu çalışma için elde edilen tayflar Şekil 2 ve Şekil 3'te karşılaştırıldı.

Çözünürlük değerleri basamaktan (order) basamağa değişmekle birlikte ortalama olarak 40000 yöresinde tespit edildi. Sinyal/Gürültü oranlarının da basamaktan basamağa değiştiği, özellikle ilk basamaklar ve ışık şiddetinin iyice düştüğü son basamaklarda oldukça düşük olduğu gözlenirken, ışık şiddetinin yüksek olduğu 19 ve 20. basamaklarda oldukça yüksek olduğu bulundu. Deneb yıldızının parlaklığı nedeniyle kısa sürelerle tayf alınabilmesi, bazı basamaklarda yüksek sinyal elde edilebilirken ilk ve son basamaklarda sinyal seviyesinin oldukça düşük kalmasına neden oldu. Bu sorunu aşabilmek için kısa süreler içerisindeki profil değişimleri ihmal edilerek gece boyunca alınmış 10 tayf birleştirildi ve gerek eşdeğer genişlik ölçümleri gerekse de sinyal/gürültü oranları bu tayflar üzerinden hesap edildi. 60'ar poz saniye süreli 10 tayfın birleştirilmesiyle ulaşılabilen sinyal/gürültü değerleri Tablo 3'te listelendi.



**Şekil 2:** Coudé Echelle Tayfölçeri kullanılarak toplamda 60 s. poz süresi ile alınan bir Deneb tayfinin 57. basamağı ile Schiller ve Przybilla (2008) tarafından bir kimyasal bolluk analizi çalışmasında kullanılan Deneb tayfinin aynı dalgaboyu aralığında karşılaştırması Przybilla ve Schiller (2008)'e ait tayf grafiğinin sol alt köşesinde yer almaktadır.



**Şekil 3:** Coudé Echelle Tayfölçeri kullanılarak toplamda 60 s. poz süresi ile alınan bir Deneb tayfinin 60. basamağı ile Schiller ve Przybilla (2008) tarafından bir kimyasal bolluk analizi çalışmasında kullanılan Deneb tayfinin aynı dalgaboyu aralığında karşılaştırması Przybilla ve Schiller (2008)'e ait tayf grafiğinin alt kısmında yer almaktadır.

Basamak	S / N	Basamak	S / N	Basamak	S / N
1	40	24	300	47	250
2	55	25	300	48	250
3	65	26	350	49	230
4	70	27	350	50	230
5	70	28	330	51	250
6	75	29	350	52	200
7	75	30	350	53	200
8	80	31	400	54	200
9	80	32	450	55	180
10	85	33	450	56	190
11	85	34	400	57	200
12	90	35	440	58	180
13	90	36	430	59	150
14	95	37	480	60	120
15	110	38	450	61	100
16	120	39	430	62	90
17	150	40	400	63	80
18	150	41	380	64	80
19	150	42	350	65	60
20	200	43	350	66	50
21	250	44	350	67	35
22	250	45	300	68	35
23	280	46	275		

**Tablo 3:** 60'ar saniye poz süreli tayfların birleştirilmesiyle ulaşılabilen sinyal/gürültü oranlarının basamaklara dağılımı.

#### 4. Sonuçlar :

Elde edilen eşdeğer genişlik ölçümlerinin literatürde daha önce yapılan gözlemlerle karşılaştırılması, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi RTT-150 teleskopuna bağlı Coudé Echelle Tayföçeri ile elde edilen yüksek çözünürlüklü tayfların kimyasal bolluk analizi ve çizgi profili değişim çalışmalarında kullanılabileceği ortaya kondu. Çalışmada tayfların indirgenmesi ve tek boyutlu hale getirilerek dalgaboyu kalibrasyonlarının gerçekleştirilmesi, sürekliliğe normalizasyon adımları isteyen tüm araştırmacıların kullanabileceği bir indirgeme kılavuzu haline dönüştürülerek doktora hazırlık çalışmasının bir parçası olarak hazırlandı.

#### Kaynaklar :

Albayrak B., Gulliver, A. F.; Adelman, S. J.; Aydın, C.; Kocer, D., "Spectroscopic atlas of Deneb 3826-5212 Å", 2003, Astronomy&Astrophysics, 400, 1043.

Albayrak, B., "A Spectral Analysis of Deneb (A2Iae), 2000, A&A, 364, 237.

Schiller, N., Przybilla, F., "Quantitative Spectroscopy of Deneb", 2008, Astronomy&Astrophysics, 479, 849.

Zverko, J., "The Test of the Cassegrain and Coudé Spectrographs at 2 m. Telescope at Ondrejov By Means of a Detailed Analysis of Alpha Cygni", 1971, BAICz, 22, 49.