

MERKÜR-MANGAN YILDIZLARI 53 Tau, β Tau, γ Crv ve ν Her 'İN TAYFSAL BOLLUK ANALİZİ

Ayşegül F. TEKER¹, Hülya ÇALIŞKAN², Saul J. ADELMAN^{3,4}, A.F. GULLIVER^{4,5}

Özet

Bu çalışmada daha önceki çalışmalarımızdaki benzer yıldızlarla tutarlı ve devamı olarak merkür-mangan (HgMn) yıldızları 53 Tau, β Tau, γ Crv ve ν Her 'in element bolluğu analizini yapılmıştır. β Tau ve γ Crv yıldızlarının ν sinini değerleri sırasıyla 59 ve 32 kms^{-1} olarak hesaplanmıştır ki bu değerler daha önce çalışılmış HgMn yıldızlarınınkinden büyüktür. 53 Tau'da olduğu gibi β Tau'da da Hg II $\lambda 3984$ çizgisi gözlenmemiştir. 53 Tau, β Tau ve γ Crv yıldızlarının tayfsal çiftler olduğu görülmektedir ancak yörüngelerin belirlenmesi için ilave ölçümler gereklidir. β Tau 'nun bollukları genellikle γ Crv'ninkinden büyüktür. ν Her 'in CCD alıcılarla elde edilmiş tayflarından yapılan analizi, ilave tayflar kullanılarak genişletilmiş ve $\lambda 4800$ 'ün uzun tarafını kapsayan dalgaboyu aralığı arttırılmıştır.

Abstract

We performed elemental abundance analyses of the mercury-manganese (HgMn) stars 53 Tau, β Tau and γ Crv consistent with previous studies of similar stars in this series. The derived ν sinini values for the last two stars are 59 and 32 kms^{-1} , respectively, both of which are greater than those of HgMn stars previously studied. For 53 Tau this analysis using selected wavelength regions replaces one performed with coadded photographic spectra. A stricter upper limit is placed on any Hg II $\lambda 3984$ line. The abundances of β Tau are usually greater than those of γ Crv. But the later star has a Hg II $\lambda 3984$ line which the former lacks. Our analysis of ν Her, which was performed with spectrograms obtained with CCD detectors, is extended by using additional spectrograms to increase the range of wavelengths covered longward of $\lambda 4800$. Minor changes in the derived abundances result.

1. Giriş

Merkür Mangan (HgMn) yıldızları etkin sıcaklıkları 10500 K ve 15000 K arasında olan kararlı özel B tipi anakol yıldızlarıdır. Bolluk anormalliklerinde hem artışlarda (örneğin Hg) hem azalmalarda (örneğin N) çok çeşitlilik gösterirler [1],[2]. Radyatif yayılma ve gravitasyonel yerleşme ile elementlerin ayrımından, bunların aşırı hidrodinamik olarak kararlı bir ortamda üretildikleri düşünülmektedir [3]. Hidrodinamik etkilerinin çalışılması için önemli laboratuvarlardır. Örneğin Seaton (1996)'ın Opacity Project verilerini kullanarak yaptığı

¹*Istanbul Kültür Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Ataköy Kampüsü, 34156, Bakırköy, İstanbul, Tel: 0212 498 4320, Faks: 0212 661 9274, e-posta: a.teker@iku.edu.tr*

²*Istanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119 Üniversite, İstanbul, e-posta: caliskan@istanbul.edu.tr*

³*The Citadel, Fizik Bölümü, 171 Moultrie Street, Charleston, SC 20409, USA*

⁴*Dominion Astrofizik Gözlemevi, Herzberg Institute of Astrophysics, National Research Council of Canada, 5071 W. Saanich Road, Victoria V8X 4M6 Canada*

⁵*Brandon Üniversitesi, Fizik Bölümü, Brandon, MB R7A 6A9 Canada*

keşifsel hesaplamaları, yıldız zarfının derinliklerindeki radyatif yayılmanın bir sonucu olarak mangan zengini atmosferlerinin zaman değişken bir alan olduğunu önermektedir [4]. Adelman ve ark. (2002) bu yıldız sınıfında α And A'da Hg II λ 3984 de ilk tayfsal değişkenliği göstermiştir ve halen buluşun anlamı üzerine araştırmalar devam etmektedir [5],[6]. Birçok yıldızın sonuçlarından yıldızsal parametrelere bağlılığa bakılabilir ve kuramsal öngürlerle karşılaştırılabilir [7].

Bu çalışmada, dört merkür-mangan yıldızının element bolluğu analizi yapılmıştır. Adelman (1987, Paper II) Dominion Astrofizik Gözlemevi'nin coude spektrografının uzun kamerasını ile alınmış fotografik IIAO tayflarını kullanarak 53 Tau'nun (HD 27295, HR 1339, HIP 21071) element bolluğu analizini yapmıştır [8]. $2m\text{\AA}$ seviyesinde bile Hg II λ 3984 çizgisinin yokluğu ile normal olmayan bir HgMn yıldızı olduğu doğrulanmıştır. Önceki analizlerden en önemlisi Auer ve ark. (1966) çalışmasıdır [9]. v sini değeri $\leq 5 \text{ kms}^{-1}$ olarak tahmin edilmişti. 53 Tau, bilinen bir SB0 sistemidir ve Cowley (1972) tarafından B9 IV olarak sınıflandırılmıştır [10].

β Tau'nun (Elnath, HR 1791, Hd 35497, 112 Tau) ve γ Crv'nin (HR 4662, HD 106625, 4 Crv) analizleri bu seri için, tayfsal çizgileri bu miktarda dönme gösteren sınıf üyelerini araştırmak için ilk kez yapılmaktadır. Schneider'ın (1981) HgMn yıldızları kataloğu gibi her ikisi de birçok çalışmada tartışılmıştır [11]. β Tau Hipparcos fotometrisindeki en az değişen yıldızlardan biridir [12]. Tayf türü B7 II olarak ilk kez Johnson ve Morgan (1953) tarafından belirlenmiştir [13]. Houk ve Smith-Moore (1988) γ Crv'yi bir B8 III yıldızı olarak tanımlamıştır [14]. Cowley ve Crawford (1971) olası bir merkür (civa) yıldızı olarak sınıflamıştır [15]. Sonradan Cowley ve Cowley (1971) bu tanımlamayı doğrulamıştır [16]. Fremat ve Houziaux (1997) bir element bolluğu analizi yapmıştır [17].

B9 III tayf türünden HgMn yıldızı v Her (HD 144206, HR 5982); Adelman (1992, Paper X) tarafından fotografik plaklar ve Adelman ve ark. (2001, Paper XXIV) tarafından S/N ≥ 200 Reticon ve CCD spektrogramları ile analiz edilmiştir [18], [19], [7]. v Her bir Fe ve Ni fakiri HgMn yıldızı örneğidir. Dolk ve ark. (2002) γ Crv ve v Her'i içeren bir grup HgMn yıldızının Nd ve Pr bolluklarını belirlemeye çalışmıştır [20]. Sırasıyla $\log \text{Nd/H} = -9.60$ ve -9.50 olarak bulmuşlardır.

2. Veriler ve Ölçümler

Bu çalışma için DAO'dan en az 200 sinyal-gürültü oranına sahip 2.4 \AA mm^{-1} CCD spektrogramları elde edilmiştir. Sırasıyla 63 \AA ve 147 \AA dalgaboyu aralığına sahip SITE2 ve SITE4 CCDler kullanılmıştır. 53 Tau için elde edilen tayflar $\lambda\lambda$ 3824-4247, 4378-4523 ve 4655-4793 aralığındadır, β Tau için $\lambda\lambda$ 3824-4935, 4990-5042 ve 6660-6690 aralığında, γ Crv için ise $\lambda\lambda$ 3830-4927 aralığındadır. v Her için λ 4864, λ 5002, λ 5140, λ 5278 ve λ 6562 merkezi dalgaboylarına sahip yeni SITE4 spektrogramları ölçülmüştür. λ 6562 merkezi dalgaboylarına sahip olan spektrogramda kapsanan bölgenin çoğu tellurik çizgilerle kaplandığından çalışılmamıştır. İlave olarak tüm yıldızlar için H_γ bölgesini içeren 20 \AA mm^{-1} lik DAO spektrogramları da elde edilmiştir.

Diğer sıraların ışığını elemek için bir filtre ile görüntülenirken, Coude ayna sırasının merkezindeki akkor bir lambanın pozları ile yıldız pozları falt field yapılmıştır. Teleskobun ikincil aynası ile aynı mantıkla merkezi bir engel hüzmmeden gelen ışığı çıkarmaktadır. Tayflar interaktif bilgisayar grafik programı REDUCE ile indirgenmiş ve alt programları ile ölçülmüştür [21]. Çoğu tayf CCDSPEC programı kullanılarak indirgeme işlevinde saçılmış ışık için düzeltilmiştir [22]. Eski tayflar için 3.5 % luk bir düzeltme kullanılmıştır [23].

53 Tau ve v Her'in metal çizgilerine Gauss profilleri geçirilmiştir, kuvvetli He I çizgileri için ise Lorentz profilleri kullanılmıştır. β Tau ve γ Crv 'nin en kuvvetli metal çizgileri hariç tüm çizgileri için rotasyonel profiller kullanılmıştır. Bu çizgiler ile çoğu He I

çizgisi için Gauss profili kullanılmıştır ancak yine de en kuvvetli He I çizgileri için Lorentz profili geçirilmiştir.

Tablo-1 bu çalışmadaki dört yıldızla ait kendimizin ve yakın tarihli referansların $v \sin i$ değerlerini içermektedir. Her yıldız için bizim değerlerimiz en küçükler arasında gibi görülmektedir. İki daha hızlı dönen yıldız için uyum, iki keskin çizgili yıldız için olduğundan daha büyüktür.

Tablo-1: Dönme hızı tahminleri.

Star	$v \sin i$ (km s ⁻¹)	References
53 Tau	≤ 5	Adelman (1987)
	10	Abt & Morrell (1995)
	6	Wolff & Lambert (1999)
	20	Abt et al. (2002)
	18	Royer et al. (2002)
	5.5	This Paper
β Tau	60	Abt et al. (2002)
	64	Royer (2002)
	59	This Paper
γ Crv	30	Abt et al. (2002)
	36	Dolk et al. (2002)
	32	This Paper
ν Her	10	Abt & Morrell (1995)
	7.5	Adelman et al. (2001)
	18	Abt et al. (2002)
	11	Dolk et al. (2002)
	20	Royer (2002)
	7.5	This Paper

Çizgilerin tanısında genel referanslar olarak A Multiplet Table of Astrophysical Interest [24], Wavelengths and Transition Probabilities for Atoms and Atomic Ions, Part 1 [25], P II için Svendenius ve ark. (1983) [26], S II için Pettersson (1983) [27], Ti II için Hultdt ve ark. (1982) [28], Mn I için Catalan ve ark. (1964) [29], Mn II için Iglesias & Velasco (1964) [30], Fe I için Nave ve ark. (1994) [31], Fe II için Dworetsky (1971) [32], Johansson (1978) [33], Guthrie (1985) [34], ve Adelman (1987) [8], Ga II için Isberg & Litzen (1985) [35], Y II Nilsson ve ark. (1991) [36] ve Nd III için Dolk ve ark. (2002) [21] kullanılmıştır. Tablo-9'da bollukları verilen elementlere ve H I'e ilave olarak 53 Tau için Mg I çizgileri ve β Tau için Si III ve P II çizgileri bulunmuştur. γ Crv'de bir Si III çizgisi blend olabilir.

Hg II $\lambda 3984$ çizgisi bölgesini içeren 53 Tau tayfını kullanarak, Adelman (1987)'ninkinden dört kat daha az olarak 0.75 mÅ luk yeni bir üst limit belirlenmiştir. CCD pozları ile kapsanan tayfsal aralık fotografik plaklarinkinden daha azdır, ancak S/N oranı en az 200 olarak 80 ile karşılaştırıldığında daha fazladır. Daha önce (Adelman 1987) bulunan Si II, Sc II, Cr I, Ga II ve Ba II çizgileri azalmış dalgaboyu kapsamına bağlı değildir [8]. Tek yeni bolluk P II çizgisininkidir. Mg I çizgisi Mg II çizgisininkinden daha küçük Mg bolluğu verdiği için kullanılmamıştır. ν Her için bulunan tek yeni element Zn II dir. β Tau'da Hg II $\lambda 3984$ çizgisi görülememiştir, bu bağlamda 53 Tau'ya benzemektedir.

Yer'in yörünge hızı için düzeltmeler yapıldıktan sonra radyal hızları bulmak için yıldız ve laboratuvar dalgaboyları karşılaştırılmıştır. Tablo-2 ölçülen radyal hız değerlerimizi

göstermektedir. 53 Tau, β Tau, ve γ Crv'nin tayfsal çiftler olduğu eldeki verilerden görülmektedir. Yörüngeleri belirlemek için ilave ölçümler gerekmektedir. Kırmızı tarafa yakın spektrogramlar yoldaşlarının çizgilerini gösterebilir.

ν Her için 20 tayftan çıkan ortalama radyal hız (Adelman ve ark. 2001) $4.0 \pm 0.5 \text{ kms}^{-1}$ idi [7]. Bu çalışmadan çıkanlarla birlikte ortalama $4.1 \pm 0.5 \text{ kms}^{-1}$ olmaktadır. Buna göre ν Her ya tek bir yıldızdır ya da olası bir yoldaşının yörüngesi gökyüzü düzleminindedir.

Tablo-2: Radyal Hız Tahminleri

Star	Central $\lambda(\text{\AA})$	Heliocentric Julian Date	RV (km s^{-1})
53 Tau	3898	2452571.9431	-1.6
	4036	2452529.0090	20.3
	4036	2452570.9332	-12.7
	4174	2453354.8775	21.8
	4174	2453354.9213	22.8
	4450	2453306.0369	22.4
	4450	2453306.0804	22.6
	4726	2453337.8531	23.3
β Tau	3898	2452572.0490	-51.4
	4036	2452571.0521	-48.1
	4174	2451945.6889	38.0
	4312	2451932.7654	-2.8
	4410	2451116.9890	8.8
	4465	2451115.9449	8.2
	4520	2450529.8994	11.8
	4588	2451883.8865	-35.6
	4685	2450537.6797	18.1
	4740	2450691.9556	9.1
	4864	2452332.6813	32.0
	5015	2451470.8866	-13.1
γ Crv	5070	2450816.7741	13.6
	6680	2451473.9047	-53.4
	3898	2452368.8169	15.1
	4036	2452020.8416	47.9
	4135	2451540.1081	-60.5
	4190	2450963.8564	-2.1
	4245	2451593.9229	-37.0
	4300	2451291.0070	-3.6
	4355	2450965.8462	-4.8
	4450	2452050.7180	88.0
	4588	2452367.6597	18.9
	4726	2452330.9167	-9.6
ν Her	4864	2451677.7572	77.4
	4864	2452332.9464	4.4
	5002	2453170.7910	4.2
	5140	2453214.7599	4.6
	5278	2453575.7540	4.5
	6562	2452064.8160	4.3
	average		4.1 ± 0.5

3. Bolluk Analizi

Adelman ve Rayle (2000)'nin etkin sıcaklık ve yüzey çekimi tahminleri uygulanmıştır [37]. 53 Tau, β Tau, γ Crv ve ν Her için spektrofotometri değerleri sırasıyla Adelman & Pyper (1979) [38], Schild ve ark. (1971) [39], Davis & Webb (1974) [40], ve Adelman & Pyper (1979) dan alınmıştır. H_γ profilleri 20 \AA mm^{-1} lik DOA sepktrogramlarından elde edilmiştir. H_γ bölgelerinin sentetik tayfı ATLAS9 [41] model atmosferlerinden SYNTHÉ [42] programı ile hesaplanmıştır ve gözlemlerle kıyaslama için ATLAS9 ile akı tahminleri yapılmıştır. Başlangıç değerleri için Napiwotzki ve ark. (1993)'ün programı [43] ve Hauck & Mermilliod (1998)'un homojen ortalama $uvby\beta$ verileri kullanılmıştır [44]. Strömgren fotometrisinin kullanımından gelen belirsizlikler yaklaşık $\pm 150 \text{ K}$ ve $\pm 0.2 \text{ dex}$ kadardır [45]. γ Crv için Frémat & Houziaux (1997) Strömgren fotometrisinden $T_{\text{eff}} = 12000 \text{ K}$ olarak belirlemiştir ve hesaplanan ile gözlenen $H\delta$ profillerini karşılaştırarak $\log g = 3.5$ olarak bulmuştur [17]. Bu bölgede IIaO spektrogramları kullandıkları düşünülürse bizim değerlerimizle uyumu kötü değildir.

Yüzey çekiminin ve etkin sıcaklığın hata paylarının metal bollukları üzerindeki etkisini göstermek için Adelman ve ark. (2001) Tablo-3 lerinde etkin sıcaklıktaki 100 K değişime ve $\log g$ de 0.2 dex lik bir değişime bağlı olarak bolluklardaki değişimi vermektedir [7]. Bunlar ϕ Her'in değerleri kullanılarak bulunmuştur ve bu çalışmadaki yıldızlar için aynen doğrudur. Etkin sıcaklığa hassaslık öyledir ki sıcaklık arttığında bu bolluklar da artmaktadır ancak yüzey çekimi için genellikle nötral ve bir kere iyonize türler karşıt bağımlılıklara sahiptir.

Helyum ve metal bollukları SYNSPEC [46] ve WIDTH9 programları kullanılarak çıkarılmıştır. Metal çizgisi sönümlenme katsayıları Kurucz&Bell (1995)'den alınmıştır [47] veya yokluklarında yarı klasik varsayımlar kullanılmıştır. Fe I ve Fe II çizgilerinin bollukları bir seri mikrotürbülans aralığı için çıkarılmıştır. Eşdeğer genişlikten (ξ_1) bağımsız olarak ve ortalamadan (ξ_2) en az sapmaya sahip olarak bunların benimsenen değerleri (Tablo-3) çıkarılan bolluklarda sonuçlanmaktadır [48].

Tablo-3: Fe II çizgilerinden mikrotürbülans tahminleri.

Star	Number of Lines	ξ_1 (km s ⁻¹)	$\log N/N_T$	ξ_2 (km s ⁻¹)	$\log N/N_T$	gf values
β Tau	36	0.0	-4.61 ± 0.20	0.2	-4.61 ± 0.20	N4+KX
	adopted	0.1				
γ Crv	25	0.0	-5.13 ± 0.17	0.0	-5.13 ± 0.17	N4
	adopted	0.0				
ν Her	58	0.0	-4.72 ± 0.14	0.0	-4.72 ± 0.14	MF+N4
	173	0.0	-4.65 ± 0.17	0.0	-4.65 ± 0.17	MF+N4+KX
	adopted	0.0				

53 Tau için Fe I çizgileri çok zayıftır ve mikrotürbülansın belirlenmesi için çok az sayıdadır. Büyüme eğrisinin doğrusal bölümünün hemen dışında sadece bir Fe II çizgisi vardır. Bu yüzden bu türlerden bir belirleme mümkün değildir. Ti II ve Cr II çizgilerini denenmiştir ama yine en kuvvetli çizgiler büyüme eğrisinin doğrusal bölümünün hemen dışındadır. 44 Ti II çizgisi ile önerilen mikrotürbülans yaklaşık 1 km s^{-1} dir, ancak 22 Cr II çizgisinden mikrotürbülans olmadığı fikri ortaya çıkmaktadır. Mn II çizgileri kullanılmamıştır çünkü muhtemelen kuvvetli olanların bazıları bolluklarının hesaplanmasında aşırı ince kalıplarının kullanılmasını gerektirmektedir. Bu yüzden birçok HgMn yıldızının değerine yakın olarak 53 Tau için sıfır mikrotürbülans benimsenmiştir.

β Tau ve γ Crv nin sonuçları bu serideki diğer HgMn yıldızlarınıninkine benzemektedir. ν Her için son çalışmamızda 0.5 kms^{-1} yerine 0.0 kms^{-1} bulunmuştur. Mikrotürbülans hesaplamak için Fe I çizgileri çok az sayıda ve çok zayıftır. Nd II çizgilerinin analizi için

Dolk ve ark.(2002)'nin değerleri alınmıştır [20]. Hg II λ 3984 için olduğu gibi Woolf & Lambert (1999) bizim verilerimizden biraz daha yüksek çözünürlüğe ve izotropik yarılmının düzgün bir analize sahiplerdir, bu yüzden onların sonuçları kullanılmıştır [49].

Tablo-4: Ortalama Helyum bollukları.

Yıldız Adı	Ortalama He/H Bolluk Değeri
53 Tau	0.042+/-0.008
β Tau	0.070+/-0.010
γ Crv	0.067+/-0.010

Helyum bollukları (Tablo-4) çizgi profillerini rotasyonel hız ve aletsel profil ile evriştirilmiş kuramsal öngörülerle karşılaştırılarak çıkarılmıştır. Her bir yıldız için He/H değerleri çizgiden çizgiye tutarlıdır. 53 Tau için artan S/N oranının çizgi kanatlarının daha çoğunu ortaya çıkarmasına bağlı olarak Adelman (1987) dekinden 2.5 kat daha büyüktür. $\log N/N_T$ değerlerini $\log N/H$ değerlerine çevirmek için 53 Tau, β Tau, γ Crv ve ν Her için sırasıyla -0.02 dex, -0.04 dex, -0.03 dex ve -0.03 dex eklenmiştir. ν Her için olduğu gibi önceki sonuçlarımızda kullandığımız blend olmamış He I çizgisi yoktur.

Metal çizgili tayfin analizi, herbir çizgi için multiplet numarasını [24], laboratuvar dalgaboyunu, gf değerinin logaritmasını ve kaynağını, gözleendiği gibi mÅ biriminde eşdeğer genişliği ve ortaya çıkan bolluğu içermektedir. Tablo-5'de β Tau, γ Crv, 53 Tau ve ν Her'in sonuçlarının bir kısmını göstermektedir. gf değerlerinin kaynakları Tablo-5'in sonunda verilmiştir. Bazı türler için Moore (1945) den başka kaynaklar için multiplet numarasının yerinde harfler kullanılmıştır; C= Catalan ve ark. (1964), D= Dworetzky (1971), H= Huldts ve ark.(1982), I=Iglesias ve Valesco (1964), J=Johansson (1978) ve S=Svendenius ve ark. (1983). [24], [26], [28], [29], [30], [32], [33].

Tablo-5: Yıldızların çizgi tanılarından bir örnek.

Yıldız Adı	İyon	Multiplet Numarası	Laboratuvar Dalgaboyu (Å)	Log gf Değeri	Log gf Kaynağı	Eşdeğer Genişlik (mÅ)	Bolluk $\log(Nel/Nt_{ot})$
beta Tau	C II	4	3918.97	-0.53	WF	31	-3.59
beta Tau	Mg II	5	3848.24	-1.59	WS	11	-4.88
beta Tau	Si II	1	3853.66	-1.44	LA	67	-4.76
beta Tau	Si II	3.01	4075.46	-1.40	SG	23	-4.54
beta Tau	Si II	7.15	4673.28	-0.71	KX	13	-4.26
gamma Crv	C II	4	3918.97	-0.53	WF	18	-3.80
gamma Crv	Mg II	10	4384.64	-0.79	WS	20	-4.97
gamma Crv	Si II	3	4128.05	+0.38	LA	71	-5.23
gamma Crv	Sc II	7	4246.83	+0.24	LD	32	-8.25
gamma Crv	Ti II	11	3981.99	-2.53	KX	7	-6.15
53 Tau	Mg II	9	4427.99	-1.21	WS	11	-4.82
53 Tau	Al II	2	4663.05	-0.28	FW	3	-6.89
53 Tau	Ca II	1	3933.66	+0.13	WM	319	-5.67
53 Tau	Mn I	16	4754.05	-0.09	MF	16	-4.61
ups Her	P II	7	5296.07	-0.16	WS	6	-5.85
ups Her	S II	39	5201.03	+0.05	WS	4	-4.90
ups Her	Ti II	70	5226.54	-1.30	MF	34	-6.02
ups Her	Cr II		4824.13	-1.22	MF	50	-5.61
ups Her	Mn II	I	4806.82	-1.56	KX	42	-4.77

FW = Fuhr & Wiese (1990, in Lide, D. R. ed, CRC Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press, Cleveland, OH), KX = Kurucz & Bell (1995, Kurucz CD-Rom No. 23), LA = Lanz & Artru (1985PhysS...32..115L), LD = Lawler & Dakin (1989, JOSA B, 6, 1457), MF = Fuhr, Martin & Wiese, 1988, and Martin, Fuhr & Wiese, 1988, Cat. VI/72, SG = Schulz-Gulde (1969, JQSRT, 9, 13), WF = Wiese, Fuhr & Deters (1996, Atomic transition probabilities of carbon, nitrogen, and oxygen : a critical data compilation. Edited by W.L. Wiese, J.R. Fuhr, and T.M. Deters. Washington, DC), WM = Wiese & Martin (1980, NSRDS-NBS 68. Part 2, US Government Printing Office, Washington, DC), WS = Wiese, Smith & Glennon (1966, NSRDS-NBS 4, US Government Printing Office, Washington) and Wiese, Smith & Miles (1969, NSRDS-NBS, D.C.: US Department of Commerce, National Bureau of Standards)

4. Tartışma ve Sonuç

Tablo-6'de 53 Tau, γ Crv ve υ Her'e ait bizim sonuçlarımız ile en yeni çalışmaların sonuçlarını karşılaştırılmaktadır. Bizim sonuçlarımız ve Adelman (1987)kinler büyük uyum içindedir [8]. Daha çok çizgi kanadı bulunduğundan yeni He I sonucu daha büyüktür ve çıkarılan Ni değerlerindeki farklar öncelikle gf değerlerindeki bir değişime bağlıdır. γ Crv için çıkarılan bolluklar He, Fe ve Zn için sadece Frémat & Houziaux (1997)'un bulduklarıyla uyuşmaktadır [17]. υ Her için yeni bollukların çoğu Adelman ve ark. (2001)'inkilerle uyumludur [7]. Eski değerlerin yerine yeni NIST [50] Fe I ve Fe II gf değerlerinin konması sonucunda 0.02 dex kadarlık bir azalma olmuştur. Belirli bir atomik türün analizinde daha çok çizgi kullanıldığında rms hatalarında da küçük bir azalma olmuştur.

Tablo-6: 53 Tau, γ Crv ve υ Her'e ait bizim sonuçlarımız ile en yeni çalışmaların sonuçlarını karşılaştırılmaktadır. Eski $\log(\text{Nel}/\text{H})$ değerleri 53 Tau için Paper II (Adelman, 1987), gamma Crv için Fremat & Houziaux (1997), ups Her için Paper XXIV (Adelman ve ark. 2001) den alınmıştır. [8], [17], [7].

Yıldız Adı	İyon	$\log(\text{Nel}/\text{H})$ eski	$\log(\text{Nel}/\text{H})$	Yıldız Adı	İyon	$\log(\text{Nel}/\text{H})$ eski	$\log(\text{Nel}/\text{H})$
53 Tau	He I	-1.80	-1.38	ups Her	He I	-1.51	-1.51
53 Tau	C II	-3.94	-3.85	ups Her	C II	-3.98	-4.04
53 Tau	Mg II	-4.91	-4.99	ups Her	O I	-3.57	-3.57
53 Tau	Si II	-4.71	-4.82	ups Her	Mg I	-5.56	-4.76
53 Tau	S II	-5.33	-5.76	ups Her	Mg II	-5.06	-5.04
53 Tau	Ca I	-5.34	-5.32	ups Her	Si II	-5.11	-5.06
53 Tau	Ca II	-5.58	-5.65	ups Her	Si III	-4.67	-4.66
53 Tau	Ti II	-5.72	-5.77	ups Her	P II	-6.03	-5.99
53 Tau	Cr II	-5.75	-5.91	ups Her	S II	-5.18	-5.07
53 Tau	Mn I	-4.50	-4.68	ups Her	Ca II	-6.10	-6.04
53 Tau	Mn II	-5.00	-4.69	ups Her	Sc II	-8.96	-8.95
53 Tau	Fe I	-5.33	-5.44	ups Her	Ti II	-6.15	-6.10
53 Tau	Fe II	-5.25	-5.27	ups Her	Cr II	-6.04	-5.99
53 Tau	Fe III	-4.53	-4.77	ups Her	Mn I	-4.57	-4.61
53 Tau	Ni II	-7.43	-6.65	ups Her	Mn II	-4.74	-4.77
53 Tau	Sr II	-8.16	-8.11	ups Her	Fe I	-4.70	-4.66
53 Tau	Y II	-8.18	-8.00	ups Her	Fe II	-4.72	-4.65
53 Tau	Zr II	-7.49	-7.46	ups Her	Fe III	-4.57	-4.55
gamma Crv	He	-1.16	-1.17	ups Her	Ni II	-6.79	-6.78
gamma Crv	C	-4.14	-3.71	ups Her	Ga II	-5.70	-5.67
gamma Crv	Mg	-4.62	-5.02	ups Her	Sr II	-7.92	-7.85
gamma Crv	Si	-5.15	-5.60	ups Her	Y II	-7.59	-7.45
gamma Crv	P	-5.65	-5.96	ups Her	Zr II	-8.09	-8.08
gamma Crv	S	-5.36	-5.16	ups Her	Ba II	-8.77	-8.74
gamma Crv	Ca	-5.46	-5.75	ups Her	Hg I	-5.96	-5.94
gamma Crv	Ti	-6.01	-5.79	ups Her	Hg II	-5.75	-6.12
gamma Crv	Cr	-6.93	-6.34				
gamma Crv	Mn	-5.91	-5.32				
gamma Crv	Fe	-5.05	-5.10				
gamma Crv	Zn	-6.30	-6.31				

Bu çalışmada bulunan bolluklar Tablo-7'da Asplund ve ark. (2005)'in yeni güneş değerleri ile kıyaslanmıştır [51]. Hafif elementleri çoğunlukla güneşaltı bolluklara sahiptir. Mn gibi demir zirvesi elementleri aşırı bolluk göstermekle beraber bazıları güneş bolluğunda bazıları ise Ni gibi daha düşüktür. Demir zirvesinin ötesindeki elementler aşırı bolluk göstermektedir. HgMn yıldızlarının istatistiksel olarak yeterli ilave bolluk analizi gerçekleştirilmiştir ve tekrar bolluk analizinin bir bağıntısı gerçekleştirilecektir.

Tablo-7: Çıkarılan bollukların güneş bolluğu ile kıyaslanması (log N/H).

Species	53 Tau	β Tau	γ Crv	ν Her	Sun
He I	-1.38 ± 0.09	-1.15 ± 0.06	-1.17 ± 0.06	-1.51 ± 0.00	-1.07
C II	-3.85 ± 0.10	-3.62 ± 0.10	-3.71 ± 0.12	-4.04 ± 0.18	-3.71
O I	...	...	...	-3.57 ± 0.09	-3.34
Mg II	-4.99 ± 0.14	-4.83 ± 0.08	-5.02 ± 0.13	-5.04 ± 0.04	-4.47
Al II	-6.87	...	...	...	-5.63
Si II	-4.82 ± 0.23	-5.57 ± 0.18	-5.60 ± 0.25	-5.06 ± 0.25	-4.49
Si III	...	...	...	-4.66	-4.49
P II	-6.45	...	-5.96	-5.99 ± 0.13	-6.64
S II	-5.76	-5.05 ± 0.14	-5.33	-5.07 ± 0.15	-4.86
Ca I	-5.32	...	...	...	-5.69
Ca II	-5.65	-5.60	-5.75	-6.04	-5.69
Sc II	...	...	-8.22	-8.95 ± 0.07	-8.95
Ti II	-5.77 ± 0.20	-6.22 ± 0.20	-5.79 ± 0.20	-6.10 ± 0.20	-7.10
Cr II	-5.91 ± 0.16	-5.85 ± 0.18	-6.34 ± 0.17	-5.99 ± 0.18	-6.36
Mn I	-4.68 ± 0.10	...	-5.05 ± 0.22	-4.61 ± 0.14	-6.61
Mn II	-4.69 ± 0.19	-4.84 ± 0.15	-5.32 ± 0.20	-4.77 ± 0.19	-6.61
Fe I	-5.44 ± 0.14	...	...	-4.66 ± 0.16	-4.55
Fe II	-5.27 ± 0.18	-4.57 ± 0.20	-5.10 ± 0.17	-4.65 ± 0.16	-4.55
Fe III	-4.77	-4.26	...	-4.55	-4.55
Ni II	-6.65 ± 0.26	-6.26 ± 0.19	...	-6.78 ± 0.19	-5.78
Zn I	...	...	-5.63	...	-7.40
Zn II	...	...	...	-6.92	-7.40
Ga II	...	...	...	-5.67 ± 0.06	-9.12
Sr II	-8.11 ± 0.18	...	-9.04	-7.85 ± 0.25	-9.08
Y II	-8.00 ± 0.20	...	...	-7.45 ± 0.17	-9.79
Zr II	-7.46 ± 0.20	...	-7.95 ± 0.12	-8.08	-9.41
Ba II	...	-7.80	...	-8.74 ± 0.01	-9.83
Nd III	...	...	-9.60	-9.50	-10.55
Hg I	...	...	...	-5.94	-10.87
Hg II	...	...	-7.42	-6.12	-10.87
$T_{\text{eff}}(\text{K})$	11 700	13 250	12 125	11 950	
log g	4.25	3.65	3.70	3.70	

Hg II $\lambda 3984$ çizgisinin yokluğu β Tau'nun 53 Tau gibi özel bir HgMn yıldızı olduğunu göstermektedir. Bu davranışın uygun bir açıklaması yoktur. Son zamanlarda α And A yıldızındaki bu çizginin profili tuhaf olarak bulunmuştur [52]. Daha sonra periyodik olarak değişken olduğu bulunmuştur [5]. Bu HgMn yıldızlarında bilinen ilk taysfal değişkenlik örneğidir. Bu değişkenliğin en uygun yorumu 2.382 günlük yıldızsal dönme periyodu ile birlikte homojen olmayan Hg yüzey dağılımıdır. Hg dağılımının Doppler haritalaması, kutuplara yakın bölgelerde element bolluğu azalması ve ekvator yakınlarında dağılımın lekelerde yoğunlaştığını göstermektedir.

Son zamanlarda Kockukhov et al. (2005) etkin sıcaklıkları 13000 ve 13800 K arasında olan HR 1185 ve HR 8723 isimli iki HgMn yıldızının homojen olmayan Hg dağılımı gösterdiğini bulmuştur [6]. HR 8723'ün iki gözlemi arasındaki fark $\lambda 3984$ de bir değişimi önermektedir. Ancak β Tau benzer parametrelerle herhangi bir saptanabilir Hg çizgisinden yoksundur. Bu yüzden açıklamaları tamamlanmamış olabilir. Hg II $\lambda 3984$ profil değişkenliğini daha ileri düzeyde çalışmak ve bulunduğunda rotasyonal ve uzun dönem değişimi incelemek için HgMn yıldızlarına ve özellikle bu üç yıldızla ait ilave gözlemlere ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

- [1] Leckrone, D. S., Wahlgren, G. M., & Johansson, S. 1991, ApJ, 377, L37.
- [2] Roby, S. R., Leckrone, D. S., & Adelman, S. J. 1999, ApJ, 524, 974
- [3] Michaud, G. 1970, ApJ, 160, 641
- [4] Seaton, M. J. 1996, Phys. Scripta, T65, 129
- [5] Adelman, S. J., Gulliver, A. F., Kochukhov, O. P., & Ryabchikova, T. A. 2002, ApJ, 573, 359
- [6] Kochukhov, O., Piskunov, N., Sachkov, M., & Kudryavtsev, D. 2005, A&A, 439, 1093
- [7] Adelman, S. J., Gulliver, A. F., & Rayle, K. E. 2001, A&A, 367, 507
- [8] Adelman, S. J. 1987, MNRAS, 228, 573 (Paper II)
- [9] Auer, L. H., Mihalas, D., Aller, L. H., & Ross, J. E. 1966, ApJ, 145, 153
- [10] Cowley, A. P. 1972, AJ, 77, 750
- [11] Schneider, H. 1981, A&AS, 44, 137
- [12] Adelman, S. J. 2001, A&A, 367, 297
- [13] Johnson ve Morgan (1953)
- [14] Houk ve Smith-Moore (1988)
- [15] Cowley ve Crawford (1971)
- [16] Cowley ve Cowley (1971)
- [17] Fremat ve Houziaux (1977)
- [18] Cowley, A., Cowley, C., Jaschek, M., & Jaschek, C. 1969, AJ, 74, 375
- [19] Adelman, S. J. 1992, MNRAS, 258, 167 (Paper X)
- [20] Dolk, L., Wahlgren, G. M., Lundberg, H., et al. 2002, A&A, 385, 111
- [21] Hill, G., Fisher, W. A., & Poeckert, R. 1982, Publ. Dom. Astrophys. Obs. Victoria, 16, 27
- [22] Gulliver, A. F., & Hill, G. 2002, in Astronomical Data Analysis Software and System XI, ed. D. A. Bohlender, D. Durand, & T. H. Handley (San Francisco: ASP), ASP Conf. Ser., 281, 351
- [23] Gulliver, A. F., Hill, G., & Adelman, S. J. 1996, in 5th Vienna Symp. on Stellar Atmospheres and Spectrum Synthesis, ed. S. J. Adelman, F. Kupka, & W. W. Weiss (San Francisco: ASP), ASP Conf. Ser., 108, 232.
- [24] Moore, C. E. 1945, A Multiplet Table of Astrophysical Interest, Princeton University Observatory
- [25] Reader, J., & Corliss, C. H. 1980, NSRDS-NBS 68, Part 1, US Government Printing Office, WashingtonDC
- [26] Svendenius, N., Magnusson, C. E., & Zetterberg, P. O. 1983, Phys. Scr., 27, 339
- [27] Pettersson, J. E. 1983, Phys. Scripta, 28, 421
- [28] Huldt, S., Johansson, S., Litzen, U., & Wyart, J.-F. 1982, Phys. Scr., 25, 401.
- [29] Catalan, M. A., Meggers, W. F., & Garcia-Riquelme, O. 1964, J. Res. NBS 68A, 9
- [30] Iglesias, L., & Velasco, R. 1964, Publ. Inst. Opt. Madrid, No. 23
- [31] Nave, G., Johansson, S., Learner, R. C. M., Thorne, A. P., & Brault, J. W. 1994, ApJS, 94, 221
- [32] Dworetzky, M. M. 1971, Ph.D. Thesis, University of California at Los Angeles
- [33] Johansson, S. 1978, Phys. Scr., 18, 217
- [34] Guthrie, B. N. G., 1985, MNRAS, 216, 1G
- [35] Isberg, B., & Litzen, U. 1985, Phys. Scr., 31, 533
- [36] Nilsson, A. E., Johansson, S., & Kurucz, R. L. 1991, Phys. Scr., 44, 226
- [37] Adelman, S. J., & Rayle, K. E. 2000, A&A, 355, 308
- [38] Adelman, S. J., & Pyper, D. M. 1979, AJ, 84, 1603
- [39] Schild, R., Peterson, D., & Oke, J. B. 1971, ApJ, 166, 94
- [40] Davis, J., & Webb, R. J. 1974, MNRAS, 168, 163
- [41] Kurucz, R. L. 1993, Atomic Data for Opacity Calculations, Kurucz CD-Rom No. 13, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA
- [42] Kurucz, R. L., & Avrett, E. H. 1981, SAO Special Report No. 391
- [43] Napiwotzki, R., Schönberner, D., & Wenske, V. 1993, A&A, 268, 653
- [44] Hauck, B., & Mermilliod, M. 1998, A&AS, 129, 431
- [45] Lemke, M. 1989, A&A, 225, 125
- [46] Hubeny, I., Lanz, T., & Jeffrey, C. S. 1994, Daresbury Lab. New. Anal. Astron. Spectra, 20, 30
- [47] Kurucz, R. L., & Bell, B. 1995, Atomic Data for Opacity Calculations, Kurucz CD-Rom No. 23, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA
- [48] Blackwell, D. E., Shallis, M. J., & Simmons, G. J. 1982, MNRAS, 199, 33
- [49] Woolf, V. M., & Lambert, D. L. 1999, ApJ, 521, 414
- [50] Fuhr, J. R. 2005, J. Phys. Chem. Ref. Data, submitted
- [51] Asplund, M., Grevesse, N., & Sauval, J. 2005, in Cosmic abundances as records of stellar evolution and nuclear synthesis, ed. F. N. Bash, & T. G. Barnes (San Francisco: ASP), ASP Conf. Ser., in press
- [52] Ryabchikova, T. A., Malanushenko, V. P., & Adelman, S. J. 1999, A&A, 351, 963.

