

## Kromosferde $H\alpha$ Çizgisinde Gözlenen Fibrillere Ait Özellikler

Asuman Gültekin\* ve Nuro! Al Erdoğan

İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü Fen Fakültesi, 34452  
Üniversite-Beyazıt / İSTANBUL

**Özet** Bu çalışmada Vakum Kule Güneş Teleskopu (Kanarya Adaları-Tenerife)'nda kurulu olan bir spektrometre ile 2002 yılında,  $H\alpha$  çizgi profiline taranmasıyla elde edilen yüksek çözünürlüklü iki boyutlu gözlem verileri kullanılarak, kromosferin yarı aktif bir bölgesi incelenmiştir. Burada, görüş alanı içerisinde, fotosferdeki granüller arasında bulunan parlak noktalarla da bağlantılı olduğu anlaşılan ve fibril olarak adlandırılan koyu kromosferik ince yapılara ait hidrojenin toplam parçacık sayı yoğunluğu, gaz basıncı, toplam kolon kütlesi gibi fiziksel parametreler ile periyodik özellikler belirlenmeye çalışılmıştır.

### 1 Giriş

Güneş'in kromosfer tabakasının  $H\alpha$  tayf çizgisinin kullanıldığı gözlemlerinde ince, uzun, koyu iplikli yapılar görülmektedir. Bunlar disk kenarında ve disk üzerinde, manyetik alanın zayıf ve güçlü olduğu bölgelerde bulunmalarına göre farklı isimler almaktadır (Sterling ve Hollweg 1989; Marsh 1976; Foukal 1971; Bray ve Loughhead 1974). Kromosferde manyetik alanın büyük olduğu aktif alanlar civarında yapılan gözlemlerde görülen koyu iplikli yapılar, zıt kutuplu alanları birleştirecek şekilde uzun, yay biçiminde olabildikleri gibi, hem boyutları hem de yaşam süreleri bakımından daha kısa özelliklere de sahip olabilmektedirler. Yüksek ayırma güçlü gözlemlerin kullanıldığı bu çalışmada incelenen ince yapılar ise yaşam süreleri 1.5 - 8 dakika arasında değişen, uzunlukları ortalama 3500 km olan ve fibril olarak isimlendirilen dinamik yapılardır. Dinamik fibriller hakkında son yıllarda yapılan çalışmalarda (Hansteen ve ark. 2006; De Pontieu ve ark. 2007), bu yapıların 3 dakikalık salınımlarla ve/veya fotosferik p-mod salınımların kromosfere sızmasıyla oluşan manyetoses şoklarla yönetildiği söylenmektedir. Bununla birlikte sözkonusu yapıların oluşumundan sorumlu mekanizma hâlâ tam olarak anlaşılmamıştır. Kromosferde aktif bölgelerde görülen bu koyu, dinamik elemanların doğasını anlamak için ayrıntılı gözlem ve incelemeler gerekmektedir. Bu çalışmada fibrillerin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla kromosferde gözlenen optikçe ince yapılara uygulanan Bulut modeli (Beckers 1964) kullanılmıştır. Öte yandan gözlemlerde iki boyutlu spektrometrenin kullanılmasıyla belli bir görüş alanının farklı dalgaboylarında ve dolayısıyla farklı atmosferik yüksekliklere karşılık gelen görüntüleri elde edilmektedir. İki

\* asumang@istanbul.edu.tr

boyutlu spektroskopinin sağladığı olanakla ve Lambdametre denilen yöntemle, yapılara ait çizgi profili ile referans çizgi profilinin karşılaştırılması suretiyle, istenilen profil derinliği için Doppler hız ve şiddet görüntüleri elde edilebilmektedir. Böylece yapıların bulunduğu bölgelere ilişkin periyodik özellikleri belirlemek amacıyla, Fourier analizi uygulayarak, Lambdametre yöntemiyle elde edilen hız görüntülerinin güç spektrumları oluşturulmuştur.

## 2 Gözlemler

Bu çalışmada kullanılan gözlem verileri, 2002 tarihinde İspanya'nın Kanarya Adaları'ndan biri olan Tenerife'de Almanlar'a ait Vakum Kule Teleskopu'yla alınmıştır. Gözlemlerde iki Fabry-Perot interferometresinden oluşan iki boyutlu spektrometre (Bendlin ve Volkmer 1995) kullanılmış ve bu iki interferometrenin kullanımıyla çok dar bir geçirgenlik bandında (72 mÅ) görüntüler elde edilmiştir. Gözlem boyunca iki boyutlu spektrometreyle yapılan H $\alpha$  (6562.8 Å) çizgi profili taramalarında, bir CCD'yle 18 dalgaboyu konumunda sekiz dar bant görüntüsü ve bunlarla eş zamanlı olarak başka bir CCD ile geniş bant görüntüleri alınmıştır. Görüntülerin alınmasında kullanılan poz süresi 30 ms, görüş alanı 386 × 286 pikseldir. Bu da 0".102'lik piksel çözünürlüğü ile Güneş üzerinde yaklaşık 27840 × 20740 km<sup>2</sup>'lik bir alana karşılık gelmektedir. İki ardışık tarama arasındaki süre ise 49 s, 60 taramanın yapıldığı gözlemin toplam süresi 49 dakikadır. Dar ve geniş bant görüntüleri dışında gözlemlerde 20 adet kara akım ve 144 adet düz alan görüntüsü alınmıştır. Görüntüler kara akım ve düz alan düzeltmelerinden sonra Spekl yöntemiyle (Keller ve von der Lühe 1992; Weigelt 1977) atmosferin bozucu etkisinin uzaklaştırılması amacıyla yeniden oluşturulmuştur. İndirgemeler ve görüntü işleme tekniklerinden sonra her bir taramada 125 mÅ'luk adımlarla alınmış 18 görüntünün olduğu bir zaman serisi elde edilmiştir. Aynı görüş alanını görecekle şekilde hizalanan görüntülerin boyutları 30".6 × 16".7 (306 × 167 piksel)'dir.

## 3 Yöntemler

### 3.1 Standart Bulut Modeli

Beckers'in Bulut modeline göre kromosferde gözlenen yapılar, alt tabakalardan gelen ışınımı soğuran bulut benzeri yapılardır. Bu yapıların kromosferin altındaki tabakalardan ve çevresinden tamamen ayrı olduğu; kaynak fonksiyonu, görüş doğrultusundaki hız, Doppler genişliği ve soğurma katsayısının görüş doğrultusu boyunca sabit olduğu kabul edilir. Bu çalışmada inceleme konusu olan fibriller, alt tabakadan gelen ışınımı soğuran bulutlar şeklinde düşünülmektedir. Bulut tarafından soğurulma ve salma süreçleri boyunca enerjinin yayılımını ifade eden radyatif transfer denklemi,

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)e^{-\tau(\lambda)} + \int_0^{\tau(\lambda)} S_t e^{-t(\lambda)} dt \quad (1)$$

eşitliğiyle verilir. Burada  $I(\lambda)$  gözlenen şiddet;  $I_0(\lambda)$  artalandan salınan şiddet;  $\tau(\lambda)$  optik kalınlık ve  $S$  bulut boyunca optik derinliğin bir fonksiyonu olan kaynak fonksiyonudur. Basit Bulut modeline göre kaynak fonksiyonu, optik derinlikten bağımsız kabul edildiğinden radyatif transfer denklemi şu şekilde daha sade bir hal alır:

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)e^{-\tau(\lambda)} + S(1 - e^{-\tau(\lambda)}) \quad (2)$$

Buradan,  $C(\lambda)$  ile gösterilen kontrast eğrisi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$C(\lambda) = \frac{I(\lambda) - I_0(\lambda)}{I_0(\lambda)} = \left(\frac{S}{I_0(\lambda)} - 1\right)(1 - e^{-\tau(\lambda)}) \quad (3)$$

Dalgaboyuna bağlı optik kalınlık ise şöyledir:

$$\tau(\lambda) = \tau_0 \exp \left[ - \left( \frac{\lambda - \lambda_c(1 - v/c)}{\Delta\lambda_D} \right)^2 \right] \quad (4)$$

İki boyutlu spektroskopi ile gerçekleştirilen bir çizgi taraması ile görüş alanındaki her piksel için bir çizgi profili elde edilmektedir. Bulut modelinde, fibrillere ait bir pikselin çizgi profilinden ( $I(\lambda)$ ), zemin şiddetine karşılık gelen referans çizgi profili ( $I_0(\lambda)$ ) çıkarılıp, bu farkın referans profiline oranlanmasıyla bir kontrast profili ( $C(\lambda)$ ) oluşturulur. Böylece 3 no'lu denklemde eşitliğin sol tarafı gözlemlerden bulunmuş olur. En küçük kareler yöntemiyle, belirlenen bu kontrast profiliyle en iyi uyumu veren eğri hesaplanır. Bu eğrinin katsayıları, 3 no'lu eşitliğin sağ tarafında bulunan kaynak fonksiyonu, merkezi dalgaboyundaki optik derinlik, Doppler genişliği ve merkezî dalgaboyu parametrelerini verir. Bu işlemler görüş alanındaki fibrillere ait bütün pikseller için yapılarak, her bir piksel için bu Bulut parametreleri hesaplanır. Şekil 1'de solda, örnek bir taramada bir fibril üzerindeki bir piksele ait çizgi profili ile o taramaya ait referans çizgi profilini veren ortalama çizgi profili; sağda ise bu iki profilden elde edilen kontrast profili ile en küçük kareler yöntemiyle hesaplanan eğri gösterilmektedir.

Tsiropoula ve Schmieder (1997) ile Tsiropoula (2000)'nin çalışmalarında verilen,

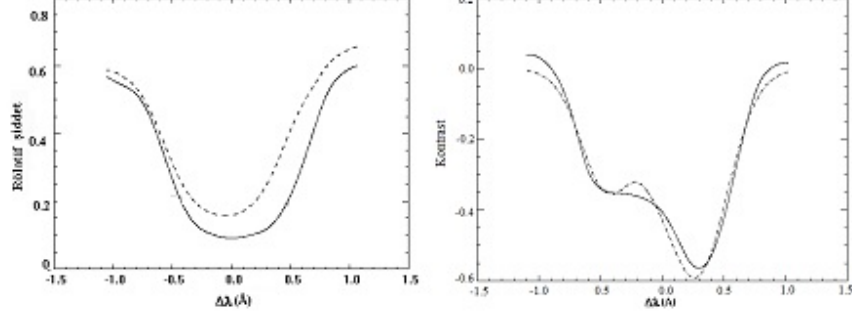
$$N_2 = 7.2610^7 \frac{\tau_0 \Delta\lambda_D}{d} \quad (5)$$

$$N_e = 3.210^8 \sqrt{N_2} \quad (6)$$

$$\Delta\lambda_D = \frac{\lambda_0}{c} \sqrt{\xi_t^2 + \frac{2kT}{m}} \quad (7)$$

bağıntıları yardımıyla, daha önce bulunan Bulut parametreleri kullanılarak,  $N_2$  ikinci enerji seviyesindeki hidrojenlerin sayı yoğunluğu ( $\text{cm}^{-3}$ ),  $N_e$  elektron sayı yoğunluğu ( $\text{cm}^{-3}$ ) ve  $T$  kinetik sıcaklık (K) belirlenebilmektedir. Burada  $d$  yapıların kalınlığı,  $\xi_t$  mikrotürbülans hızı,  $k$  Boltzmann sabiti ve  $m$  atom kütesidir. Yine yukarıdaki çalışmalara göre,  $N_H$  (hem nötral hem de iyonize haldeki hidrojenlerin toplam parçacık yoğunluğu) ( $\text{cm}^{-3}$ ),  $p$  gaz basıncı ( $\text{dyncm}^{-2}$ ), kolon kütlesi ( $\text{gcm}^{-2}$ ) ve kütle yoğunluğu ( $\text{gcm}^{-3}$ ),

$$N_H = 5.10^8 \sqrt{N_2} \quad (8)$$



**Şekil 1.** Solda, bir piksele ait çizgi profili (düz çizgi) ve ortalama çizgi profili (kesikli çizgi); sağda, incelenen piksele ait kontrast profili (düz çizgi) ve en iyi uyumu gösteren teorik profil (kesikli çizgi).

$$p = kN_T T_e = k(N_e + N_H + 0.0851N_H)T_e \quad (9)$$

$$M = (N_H m_H + 0.0851N_H 3.97m_H)d \quad (10)$$

$$\rho = \frac{M}{d} \quad (11)$$

eşitlikleri ile hesaplanmaktadır. Burada  $N_T$  toplam parçacık yoğunluğu ve  $m_H$  ise hidrojen atomunun kütlesidir. 0.0851 katsayısı helyum bolluğunun hidrojen bolluğuna oranına, 3.97 katsayısı ise helyum atom kütlesinin hidrojen atom kütlesine oranına karşılık gelmektedir.

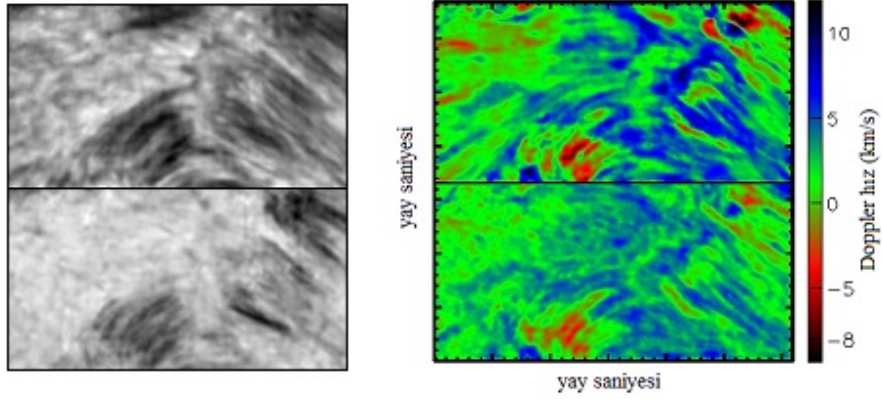
60 tarama içerisinde Beckers (1964)'in standart Bulut modelinin uygulanabildiği toplam 1149104 piksel için kaynak fonksiyonu, Doppler genişliği, optik derinlik ve hız değerleri elde edilmiştir (Gültekin ve Erdoğan Al 2008; Gültekin 2010). Bu değerleri ve yukarıdaki eşitlikleri kullanarak hesaplanan diğer fiziksel parametrelere ait ortalama değerler Çizelge 1'de gösterilmektedir. Burada hesaplar yapılırken, yapıların kalınlığı 700 km ve mikrotürbülans hızı  $10 \text{ kms}^{-1}$  olarak alınmıştır.

**Çizelge 1.** Bulut modeli parametrelerinden elde edilen ikinci enerji seviyesindeki hidrojenlerin sayı yoğunluğu, elektron sayı yoğunluğu, hidrojenin toplam parçacık sayı yoğunluğu, gaz basıncı, toplam kolon kütlesi ve kütle yoğunluğuna ait ortalama değerler ve standart sapmaları.

$N_2(\text{cm}^{-3})$	$N_e(\text{cm}^{-3})$	$N_H(\text{cm}^{-3})$	$p(\text{dyn cm}^{-2})$	$M(\text{g cm}^{-2})$	$\rho(\text{g cm}^{-3})$
$5.1 \cdot 10^4$	$6.8 \cdot 10^{10}$	$1.1 \cdot 10^{11}$	0.46	$1.7 \cdot 10^{-5}$	$2.4 \cdot 10^{-13}$

### 3.2 Lambdametre Yöntemi

Bu çalışmada ayrıca dar bant zaman serilerine, farklı atmosferik yüksekliklerdeki hız ve şiddet görüntülerinin hesaplanmasına imkân veren Lambdametre yöntemi (Tsiropoula ve ark. 1993; Al ve ark. 2004) uygulanmıştır. Söz konusu yöntemde, incelenen bir piksele ait çizgi profilindeki belli bir eş şiddet doğrusunun ortayının, ortalama çizgi profilindeki aynı eş şiddet doğrusunun ortayına göre olan kayma miktarı bulunur. Doppler yer değiştirme formülüyle bu kayma miktarından itibaren Doppler hızı, o dalgaboyu genişliğindeki çizgi derinliği ile de şiddet tespit edilebilir. Bu çalışmada 0.6 Å ile 1.2 Å'luk eş şiddet doğruları ele alınmıştır. Bu görüntüler dışında, her bir pikselin çizgi profilinin merkezî dalgaboyunun referans çizgi profilin merkezî dalgaboyuna göre kayma miktarından o piksele ait merkezî hız değeri ve profil merkezinin derinliği ile de merkezî şiddet değeri elde edilmiştir. Bu işlemler bütün pikseller için yapılarak her bir taramaya ait birer merkezî hız ve merkezî şiddet görüntüsü oluşturulmuştur. Şekil 2'de, örnek olarak zaman serisindeki bir taramaya ait 0.6 Å ve 1.2 Å'luk eş şiddet doğruları için elde edilen şiddet ve Doppler hız görüntüleri verilmektedir.

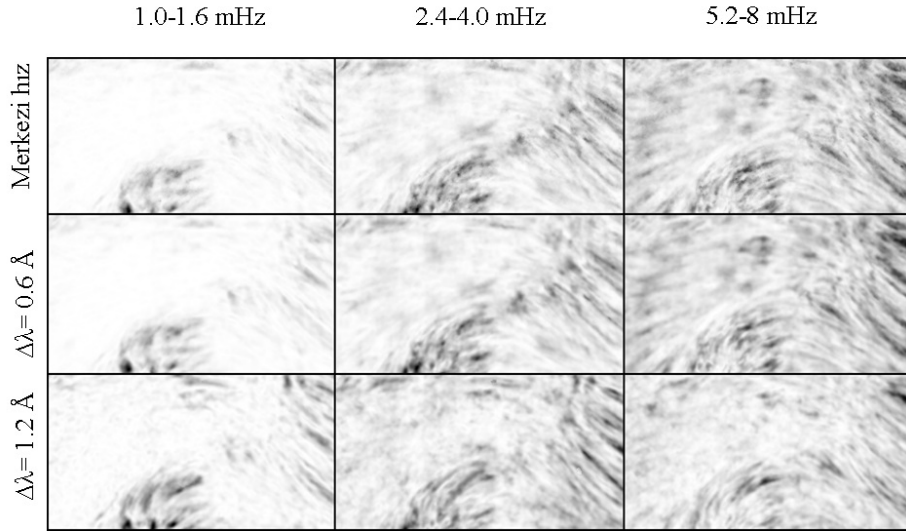


**Şekil 2.** Örnek bir taramaya ait sırasıyla üstte ve altta 0.6 Å ve 1.2 Å'luk eş şiddet doğruları için oluşturulan şiddet (solda) ve hız görüntüleri (sağda). Görüntülerin boyutları  $30''.6 \times 16''.7$ 'dir.

### 3.3 Fourier Analizi

Merkezî hız ve şiddet görüntülerinde görüş alanına ait periyodik özellikleri belirleyebilmek için bu görüntülere ait zaman serilerinin güç spektrumları oluşturulmuştur. Bunun için kullanılan algoritma hızlı Fourier dönüşümü (Fast Fourier Transform, FFT)'dür. bu algoritma yardımıyla her bir piksel için 1.0 - 10

mHz'lik frekans aralığındaki güç spektrumları hesaplanmıştır. Bu güç spektrumları daha sonra belli frekans aralıklarında incelenmiştir. Bunlar 1.0 - 1.6 mHz'lik evrimleşme frekans aralığı (karşılık gelen periyotlar 10.4 - 16.7 dakika), 2.4 - 4 mHz'lik sönümlenme frekans aralığı (4.2 - 6.9 dakika arasındaki periyotlar) ve son olarak da 5.2 - 8 mHz'lik yüksek frekans aralığı (2.1 - 3.2 dakika arasındaki periyotlar)'dır. Bu frekans aralıklarındaki güç spektrumu haritaları oluşturulurken, görüş alanındaki her bir piksele ait güç spektrumunda, incelenen frekans aralığına karşılık gelen güçlerin ortalaması alınmış ve bu değer o piksele atanmıştır. Böylece üç farklı frekans aralığı için merkezî hız zaman serilerinin birer ortalama güç spektrumu görüntüsü elde edilmiştir. Benzer şekilde 0.6 Å ile 1.2 Å'luk eş şiddet doğruları için bulunan Doppler hız görüntülerinin de ortalama güç spektrumları oluşturulmuştur. Şekil 3'te üç farklı hıza ait güç spektrumlarının farklı frekans aralığındaki ortalamaları gösterilmektedir. Bu şekilde koyu olan yerler gücün büyük olduğu bölgelere karşılık gelmektedir.



**Şekil 3.** Merkezî hız, 0.6 Å ve 1.2 Å'luk eş şiddet doğruları için oluşturulan hız görüntülerinin üç farklı frekans aralığındaki ortalama güç spektrumları.

#### 4 Sonuçlar

Bu çalışmanın inceleme konusu olan fibriller, geniş tabanlı, merkezî şiddeti, ortalama çizgi profiline göre daha düşük olan bir profil gösterir. Bu sebeple fibriller, Bulut modelinin uygulanmasına uygun yapılardır. Heinzel ve Schmieder (1994), gaz basıncının  $0.5 \text{ dyn cm}^{-2}$ ' den küçük olması durumunda kaynak fonksiyonunun

sabit bir fonksiyon olarak kabul edildiği bulut modelinin tutarlı sonuçlar verebileceğini belirtmiştir. Burada bulunan ortalama basınç değeri (bkz. Çizelge 1) incelenen yapıların bu koşulu sağladığını göstermektedir. Ayrıca bulut modelinin uygulanabilir olması için yapıların optikçe ince olması gerekmektedir. Merkezî dalgaboyundaki optik derinlik için bulunan 1.19'lük ortalama değere göre bu şart sağlanmaktadır. Mikrotürbülans hızının  $10 \text{ kms}^{-1}$  ve  $15 \text{ kms}^{-1}$  olması durumunda bulunan sıcaklık değerleri sırasıyla  $1.7 \cdot 10^4$  ve  $1.16 \cdot 10^4 \text{ K}$ 'dir. Burada mikrotürbülans hızının etkisinin önemi görülmektedir.

Şekil 3'teki ortalama güç spektrumları incelendiğinde, 1.0 - 1.6 mHz'lik evrimleşme frekans aralığına karşılık gelen uzun periyotlar için, gücün özellikle, fibrillerin gözlem süresi boyunca sürekli ortaya çıktıkları bölgelerde daha büyük olduğu anlaşılmaktadır. 2.4 - 4 mHz'lik frekans aralığında ise gücün büyük olduğu yerler, yine kromosferdeki ince yapıların sıklıkla ortaya çıktığı bölgelerle çakışmaktadır. 5 dakikalık periyotlara karşılık gelen bu frekans aralığında gücün özellikle fibrillerin ayak noktasına karşılık gelen ve beyaz ışık görüntülerinde yer alan parlak noktaların bulunduğu yerlerde belirgin olduğu görülmektedir. 5.2 - 8 mHz'lik frekans aralığında ise merkezî hız görüntülerinde hemen hemen her yerde mevcut olan gücün, daha alt tabakalara doğru gittikçe zayıfladığı görülmektedir. Bu, 3 dakikalık periyotlara karşılık gelen söz konusu frekans aralığındaki güç için beklenen bir durumdur. Bununla birlikte burada verilen güç spektrumlarında özellikle fibrillerin bulunduğu bölgede 5 dakikalık periyotlar da gözlenmektedir. Son yıllardaki birkaç çalışmada (Krijger ve ark. 2001; De Moortel ve ark. 2002; De Pontieu ve ark. 2003; Centeno ve ark. 2006; Vecchio ve ark. 2007) Güneş'in kromosfer ve korona tabakasında 5 dakikalık salınımların tespit edildiği bildirilmiştir. Bu çalışmalarda ağ yapı içindeki salınımlar 3 dakikalık periyotlar gösterirken, 5 dakikalık salınımlar daha çok faküler alanlarda ve ağ yapı sınırlarında belirlenmiştir. 3 dakikadan daha uzun periyotlu ses dalgaları için bir filtre gibi davranan kromosferde 5 dakikalık salınımların nasıl gözlemlendiği hâlâ tartışılmaktadır. De Pontieu ve ark. (2007) bir plaj alanı kenarında gözledikleri aktif bölge fibrillerinde 3 dakikalık salınımların yanı sıra 5 dakikalık salınımlar da tespit etmişler ve eğimli manyetik alanların, sönümlenme frekansını düşürerek fotosferik salınımların kromosferde yayılmasına izin verdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada 5 dakikalık periyotlara ait gücün fibrillerde ve özellikle fibrillerin ayak noktasında büyük olması bu yapılardan sorumlu mekanizmanın manyetoses dalgaları olabileceğini düşündürmektedir.

## Kaynaklar

- Al, N., Bendlin, C., Hirzberger, J., Kneer, F., Trujillo Bueno, J.: Dynamics of an enhanced network region observed in H $\alpha$ . *Astronomy and Astrophysics* **418** (2004) 1131-1139
- Beckers, J. M.: Ph.D. Thesis. Utrecht University (1964)
- Bendlin, C.; Volkmer, R.: The two-dimensional spectrometer in the German Vacuum Tower Telescope/Tenerife. From observations to results. *Astronomy and Astrophysics Supplement* **112** (1995) 371

- Bray, R. J., Loughhead, R. E.: *The Sun*. Chapman and Hall Great Britain (1974) 0412107309
- Centeno, R., Collados, M., Trujillo Bueno, J.: Oscillations and wave propagation in different solar magnetic features. *ASP Conference Series* **358** (2006) 465
- De Moortel, I., Ireland, J., Hood, A. W.: The detection of 3 and 5 min period oscillations in coronal loops. *Astronomy and Astrophysics* **387** (2002) L13–L16
- De Pontieu, B., Erdélyi, R., de Wijn, A. G.: Intensity Oscillations in the Upper Transition Region above Active Region Plage. *The Astrophysical Journal* **595** (2003) L63–L66
- De Pontieu, B., Hansteen, V. H., Rouppe van der Voort, L., van Noort, M., Carlsson, M.: High-Resolution Observations and Modeling of Dynamic Fibrils. *The Astrophysical Journal* **655** (2007) 624
- Foukal, P.: Morphological Relationships in the Chromospheric H $\alpha$  Fine Structure. *Solar Physics* **19** (1971) 59
- Gültekin, A.: PhD Tez. İstanbul Üniversitesi, (2010)
- Gültekin, A., Erdoğan Al, N.: H $\alpha$  Spektrel Çizgisinde Gözlenen Kromosferik İnce Yapılara ait Fiziksel Parametreler. XVI. Ulusal Astronomi Kongresi Çanakkale, (2008)
- Hansteen, V. H., De Pontieu, B., Rouppe van der Voort, L., van Noort, M., Carlsson, M.: Dynamic Fibrils Are Driven by Magnetoacoustic Shocks. *The Astrophysical Journal* **647** (2006) 73–76
- Heinzel, P., Schmieder, B.: Chromospheric fine structure: Black and white mottles. *Astronomy and Astrophysics* **282** (1994) 939–954
- Keller, C. U., Von Der Lühe, O.: Solar speckle polarimetry. *Astronomy and Astrophysics* **261** (1992) 321
- Krijger, J. M., Rutten, R. J., Lites, B. W., Straus, Th., Shine, R. A., Tarbell, T. D.: Dynamics of the solar chromosphere. III. Ultraviolet brightness oscillations from TRACE. *Astronomy and Astrophysics* **379** (2001) 1052–1082
- Marsh, K. A.: The lifetime and evolution of fibrils. *Solar Physics* **50** (1976) 37
- Sterling, A. C., Hollweg, J. V.: A rebound shock mechanism for solar fibrils. *The Astrophysical Journal* **343** (1989) 985
- Tsiropoula, G.: Determination of the line-of-sight velocities in the dark penumbral fibrils. *New Astronomy* **1** (2000) 6
- Tsiropoula, G., Schmieder, B.: Determination of physical parameters in dark mottles. *Astronomy and Astrophysics* **324** (1997) 1183
- Tsiropoula, G., Alissandrakis, C. E., Schmieder, B.: The fine structure of a chromospheric rosette. *Astronomy and Astrophysics* **271** (1993) 574
- Vecchio, A., Cauzzi, G., Reardon, K. P., Janssen, K., Rimmele, T.: Solar atmospheric oscillations and the chromospheric magnetic topology. *Astronomy and Astrophysics* **461** (2007) L1–L4
- Weigelt, G. P.: Modified astronomical speckle interferometry 'speckle masking'. *Optics Communications* **21** (1977) 55–59