

29 MART 2006 TAM GÜNEŞ TUTULMASINDA BEYAZ IŞIK KORONASI'NIN POLARİZASYONU

Mevlana BAŞAL¹, M. Türker ÖZKAN¹, Nuro! AL ERDOĞAN¹,
Z. Funda BOSTANCI GÜVER¹, Adnan Ökten¹, Mehmet KARA¹

Özet

Bu çalışmada, Antalya-Manavgat-Ilıca Beldesi'nden gözlenen 29 Mart 2006 Tam Güneş Tutulması süresince yapılan koronal beyaz ışık polarizasyon gözlemlerinin ön sonuçları sunulmaktadır. Güneş koronası, anılan bölgeden yaklaşık 3^m 50^s süre ile gözlenen tam tutulma evresi boyunca, uygun teleskop, fotoğraf makinası ve polarizör kombinasyonu ile 0^o, 60^o ve 120^o olmak üzere farklı açılarda değişik poz süreleri ile fotoğraflanmıştır. Amaç, geliştirilen görüntü işleme programları yardımıyla, Güneş diskinden uzaklaştıkça koronal ışığın şiddet ve polarizasyonunun nasıl değiştiğini araştırmaktır.

Anahtar Kelimeler: Tam güneş tutulması, Güneş koronası, Polarizasyon

Abstract

In this paper , the first preliminary results of the March 29, 2006 white-light polarization observations carried out in Antalya-Manavgat-Ilıca will be given. The solar corona was photographed in three positions of the polaroid differing by 60° during the eclipse totality of about 3^m50^s. The aim of these observations was to investigate the change of the polarization degree and the brightness with radial distance by means of image proces-sing technique.

Key words: Solare eclipse, Solar corona, polarization

1. Giriş

Korona, koronagraf yardımıyla ya da Tam Güneş Tutulması esnasında gözlenebilen Güneş'in en dış, en sıcak (~10⁶ °K) ve iyonize gazlardan ibaret atmosfer tabakasıdır. Şekli ve parlaklığı 11 yıllık Güneş leke çevrimine bağlı olarak değişim göstermektedir; çevrimin minimumunda kutuplarda basık ekvator bölgesinde ise daha şişkin iken, çevrimin maksimumunda, hemen hemen dairesel olmak üzere, diski simetrik bir şekilde kaplar. Güneş diskinin baskın parlaklığıyla perdelenerek normal şartlarda görülemeyen düzenli ve düzensiz koronal akıntılar, bu olay sayesinde görünür hale gelerek detaylı bir koronal yapı sergilerler. Böylece biçimlenmelerini koronal magnetik alan konfigürasyonuna borçlu olan bu yapıların morfolojik olarak çalışılması imkanı doğduğu gibi, algılanabilir hale gelen koronal ışınım ölçümlerinden itibaren, bu tabaka tarafından üretilen veya saçılan ışığın şiddet ve özelliklerinin çalışılması da mümkün hale gelmektedir.

Korona, iç ve dış korona olmak üzere iki kısımda incelenir. İç korona kendi içerisinde tekrar ikiye ayrılır; K-Korona ve L-Korona. K-Korona fotosferik ışığın tamamıyla iyonize

¹ İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119 Üniversite-İstanbul,
Tel: 212-4400000/10283, Faks: 212-4400370, e-posta: mbasal@istanbul.edu.tr

olmuş korona gazı içerisindeki serbest elektronlar tarafından saçılmasıyla görünür hale gelen bileşen olup, Güneş diski merkezinden itibaren $4 R_{\text{Güneş}}$ 'e kadar uzanır. L-Korona ise koronanın kendi ışınımı kaynaklıdır ve $2 R_{\text{Güneş}}$ 'e kadar uzanır. F-Korona olarak da bilinen dış korona, ışığın Arz ve Güneş arasındaki toz tanecikleri tarafından saçılmasıyla görünür hale gelen bileşendir ve $2R_{\text{Güneş}}$ 'ten itibaren dışarıya doğru yer alır.

Çalışmamızın öncelikli amacı, Etkileşimli Veri Dili (Interactive Data Language) ile yazılan görüntü işleme programları yardımıyla, koronal ışığın şiddet ve polarizasyonunun Güneş diskinden uzaklıkla nasıl değiştiğini araştırmaktır. İkinci aşamada, ilk etapta yapılanlardan ve bunlara ilave olarak elde ettiğimiz orta formatlı (60x60mm) tutulma filmlerinden itibaren, daha uzak koronal yapı ve özelliklerin ortaya koyulması ve koronal elektron yoğunluklarının hesaplanması hedeflenmektedir.

2. Gözlemler

Veriler 29 Mart 2006 tarihinde, Manavgat ilçesi Ilıca Beldesi'nde (Antalya), tam Güneş tutulmasının gerçekleştiği $13^{\text{h}}55^{\text{m}}02^{\text{s}}$ - $13^{\text{h}}58^{\text{m}}52^{\text{s}}$ Bölge Zamamı aralığı içerisinde kaydedilmiştir. Gözlemler odak uzunluğu 1280 mm ve ayna çapı 203 mm olan Meade LX 200 marka ve model Schmidt-Cassegrain tipi teleskop ile gerçekleştirilmiştir. Teleskopun odak arkasına 24×36 mm ebadında standart filmle (Kodak T-Max 100) kullanılan Canon AE1 fotoğraf makinası yerleştirilerek, adaptörü Bölüm'ümüz mekanik atölyesinde sırasıyla 0° , 60° ve 120° açılarında konumlandırılacak şekilde üretilen bir polarizör arkasından her bir açıyla çeşitli poz sürelerinde koronal görüntüler alınmış, bunlardan $1/4$, $1/30$, $1/60$ ve $1/125$ saniye poz süreli olanlar değerlendirmeye uygun bulunarak toplam 12 görüntü ile çalışılmıştır. Ayrıca verilerin indirgenmesinde kullanılmak üzere tutulma sonrasında farklı açıklıklara sahip çeşitli diyaframlarla aynı poz sürelerinde Güneş'li gökyüzü görüntüleri alınmıştır.

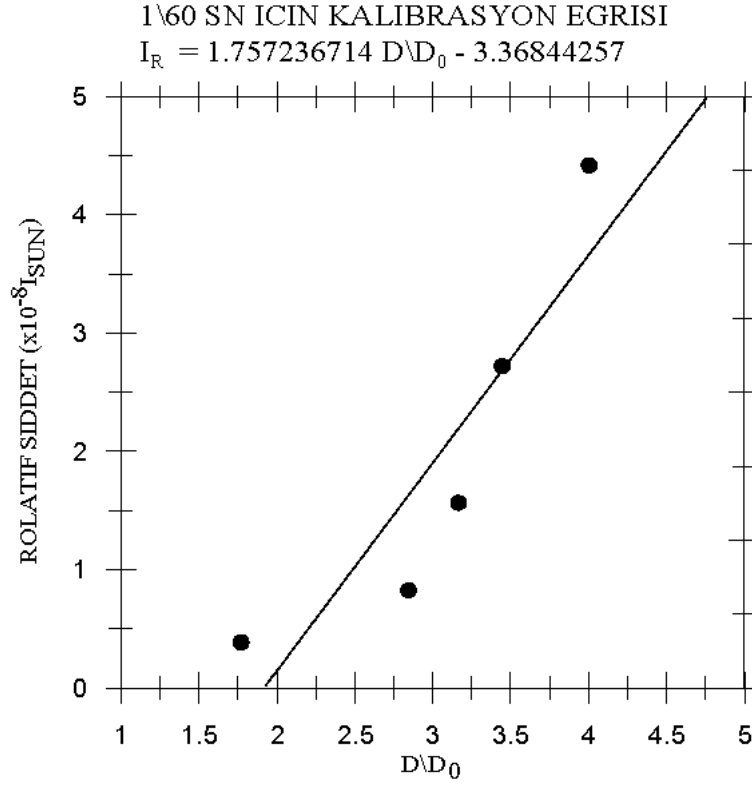
3. Verilerin İndirgenmesi

Bölüm'ümüz film laboratuvarında banyo edilen korona ve kalibrasyon filmleri, yine Bölüm'ümüzde bulunan Microtek Artix Scan 4000t negatif film tarayıcı ile 16 bit dinamik aralığında ve 2000 dpi çözünürlüğünde taratılarak sayısal hale getirilmiştir. Bu özelliklerde yapılan tarama işlemi sonucunda 1708×2415 piksel ebadında oluşan her bir kare film için elde edilen ayırma gücü $1.9''/\text{piksel}$ ' dir.

Sayısallaştırma işleminin ardından, IDL' de hazırlanan bir program yardımıyla, ortak görüş alanları belirlenmek üzere görüntüler üst üste çakıştırılarak merkezlenmiştir. Sonrasında her bir görüntüye ait yoğunluk değerleri, gökyüzü fonunun mümkün merteye üniform olacak şekilde seçilen bir parçasından itibaren elde edilen ortalama yoğunluk değerine bölünerek normalize edilmiştir.

Tutulmanın ardından, sırasıyla 9.5, 10.5, 11.5, 12.5 ve 13.5 cm açıklıklı 5 farklı diyaframın her biri için, $1/4$, $1/30$, $1/60$ ve $1/125$ saniye poz süreleriyle kalibrasyon filmleri çekilmiştir. Bu diyaframlı Güneş çekimlerinden itibaren kullanılan Kodak T-Max 100 filmlerin emülsiyonunun verilen dört poz süresine ait karakteristik kararma eğrileri oluşturulmuş, ölçülen yoğunluklara karşılık gelen rölatif şiddet değerlerine bu kararma eğrileri yardımıyla geçilmiştir.

Bir örnek olarak $1/60$ saniye poz süresi için Şekil.1 ile verilen grafik, normalize edilmiş yoğunluk değerlerine karşılık gelen rölatif şiddet değerlerinin dağılımını, bu dağılımı temsil eden lineer uyum doğrusunu, ve bu doğrunun denklemini resmetmektedir.



Şekil 1. 1/60 saniye poz süresi için, normalize edilmiş yoğunluk değerlerine (D/D_0) karşılık rölatif şiddet değerlerinin dağılımı ve bu dağılımı temsilen çizdirilen uyum doğrusu ile bunun denklemi .

Bu işlemlerin ardından, aynı polarizör konumlarında farklı poz süreleri ile alınan görüntü matrisleri toplanarak, sırasıyla 0° , 60° ve 120° için kompozit görüntüler oluşturulmuştur.

Çalışmanın bundan sonraki aşaması toplam koronal parlaklığın, tutulma diski kenarından uzaklıkla polarizasyon derecelerinin ve polarizasyon açılarının hesaplanmasıdır. Bu işlemler, yine IDL altında yazılan programlar kullanılarak, indirgenen tutulma görüntülerinin şiddet matrislerinden itibaren Stokes parametreleri [1] yardımıyla yapılmıştır. Söz konusu parametrelerin kullanılan formları aşağıdaki gibidir:

$$I = \frac{2}{3}(B_1 + B_2 + B_3)$$

$$Q = \frac{2}{3}(2B_1 - B_2 - B_3)$$

$$U = \frac{2}{3}\sqrt{3}(B_3 - B_2)$$

Bu bağıntılarda B_1 , B_2 ve B_3 , sırasıyla 0° , 60° ve 120° polarizasyon açılarıyla alınan görüntülerdeki koronal parlaklıkları temsil etmekte olup, polarize koronanın toplam ışınım şiddeti (I) bunların matris toplamlarıyla tanımlanmıştır. Bilindiği gibi koronal ışık lineer polarizedir. Lineer polarize olmuş ışığı tanımlayan Stokes parametreleri Q ve U , yine B_1 , B_2 ve B_3 'ten itibaren yukarıdaki gibidir.

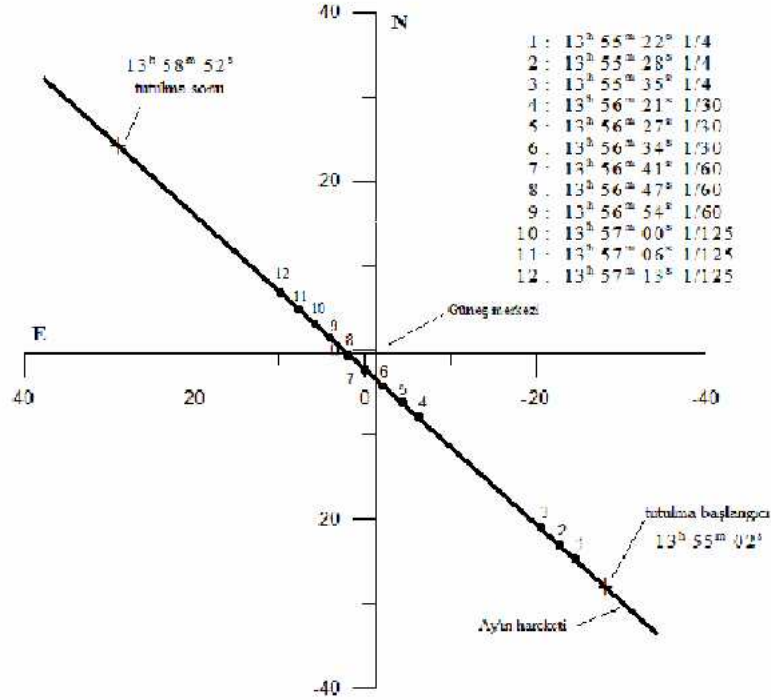
Netice olarak koronanın toplam parlaklığı (I_{top}), polarizasyon derecesi (P) ve polarizasyon açısı (φ), hesaplanan I , Q ve U parametrelerinden itibaren, aşağıda verilen denklemler aracılığıyla elde edilmektedir:

$$I_{top} = I$$

$$P = \sqrt{Q^2 + U^2}$$

$$\varphi = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{U}{Q}\right)$$

Çalışmamızda 12 kare görüntünün alındığı yaklaşık 2 dakika içerisindeki Ay'ın Güneş'e göre hareketi ihmal edilmiş, görüntü konumlandırılmaları Ay diski merkezi referans alınarak yapılmıştır. Bununla beraber, her ne kadar sonuçlara kayda değer bir yansıması beklenmese de, konumlama ve hesaplamalarda, Ay'ın yakınlığı sebebiyle önemli olabilecek Güneş'e göre hareketini dikkate almak gerekebilir. Şekil 2 ile verilen grafik, koronal yapı ve polarizasyon derecelerinin daha ince bir detayla araştırılacağı sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere, zamana bağlı olarak hesaplanan kayma miktarlarını göstermektedir.



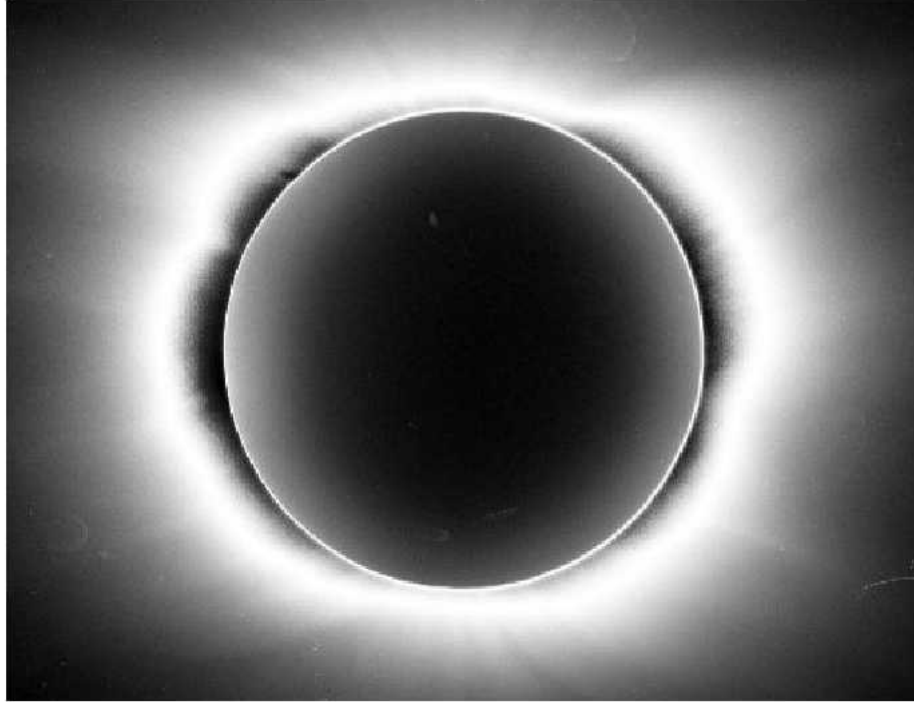
Şekil 2. Tam tutulma süresince Ay'ın Güneş diski merkezine göre hareketi. Hareket izi üzerindeki işaretler, zamanları grafikte verilen pozlardaki Ay konumlarına işaret etmektedir.

Grafik'te, tutulma süresince 4 farklı pozlamayla alınan ve Ay diskinin hareket izi üzerinde işaretlenen 12 kare fotoğraf için, Ay'ın sağ ve dik açıklık değişimlerinin yönsel yansımaları resmedilmiştir. Ayrıca tutulma başlangıç-bitiş ve fotoğraf çekim zamanları da yer almaktadır. Farklı poz süreli karelerin çakıştırılmasıyla elde edilen kompozit görüntülerin oluşturulması aşamasında, poz zamanlarına karşılık gelen kayma miktarları bu grafikten yönsel olarak okunarak, her bir poz için Güneş'in o zamana ait merkez konumu bulunabilir. Örneğin Ay ve

Güneş diski merkezleri arasındaki farkın en fazla olduğu 1 numaralı filmde Güneş'in merkezini bulabilmek için, Ay'ın merkezini 24.6 yay saniyesi Doğu'ya ve 24.7 yay saniyesi Kuzey'e kaydırmak gerekir (Bkz.Şekil). Odak eşelinin 165''/mm olduğu görüntülerimizde ayırma gücü yaklaşık 1''.9/piksel'dir. Dolayısıyla ilgili kare için yukarıda verilen öteleme miktarları sırasıyla 12.9 ve 13 piksel olarak da verilebilir. Bunlar ilk poz için verilen maksimum kayma miktarları olup, grafikten görülebileceği üzere 4 ila 12 numaralı pozlar için bu miktarlar çok daha küçük değerlerdedir.

4. İlk Sonuçlar ve Tartışma

Şekil 3, 0°, 60° ve 120° polarizasyon açılarının her biri için, 1/4, 1/30, 1/60 ve 1/125 sn poz süreleri ile alınarak birleştirilen 3 kompozit görüntünün toplamından ibaret koronal toplam parlaklık görüntüsünü vermektedir. Tipik bir çevrim minimumu koronası sergileyen görüntüde koronal huzmeler, miğfer yapılar (özellikle görüntünün sağ üst çeyreğine tekabül eden Kuzeybatı bölgesinde) ve kutup tüyüklüleri dikkati çekmektedir. Diskin sol üst çeyreğine karşılık gelen Kuzeydoğu kenarında (Kuzey noktasından yaklaşık 45° uzaklıkta), filmin ışığa doymuş bölgesinde kaldığı halde hala kolayca seçilebilir olan bir prominens vardır.

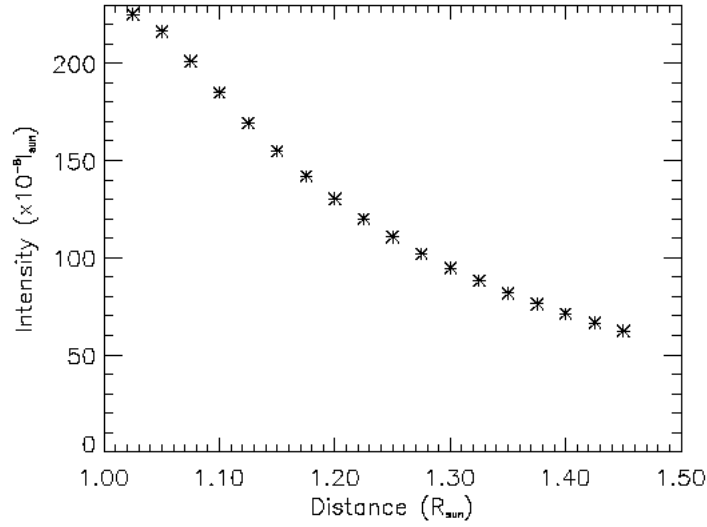


Şekil 3. Koronanın toplam parlaklık görüntüsü. 0°, 60° ve 120° polarizasyon açılarında dört farklı poz süresi kullanılarak elde edilen kompozit görüntülerin toplamıyla oluşturulmuştur. İç bölgedeki koyu koronal alanlar, filmin ışığa doymuş olan bölgelerini göstermektedir.

Şekil 4, tüm disk çevresi dikkate alınarak, her bir derecelik açısal ayrılık için disk kenarından dışa doğru $0.0025R_{\text{Güneş}}$ 'lik adımlarla (ki 3.3 yay saniyesine tekabül etmektedir) Güneş'i merkezleyen 18 çember üzerinde 360 nokta ölçümden itibaren hesaplanan ortalama koronal şiddet değerlerinin radyal uzaklıkla değişimini vermektedir.

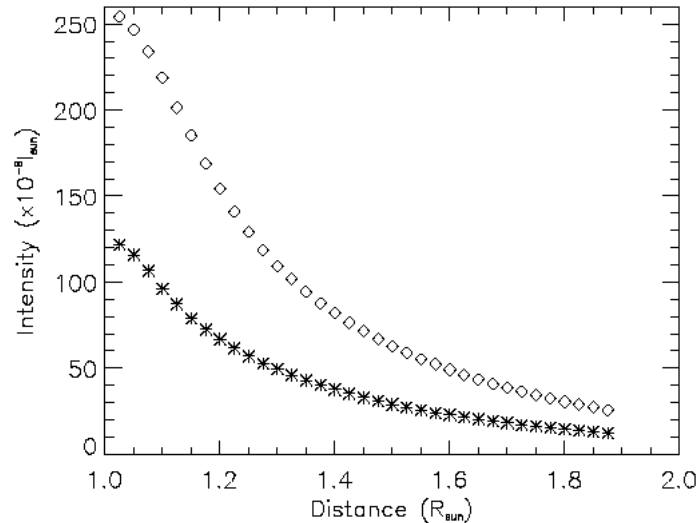
Şekil 5 ise, Şekil 4 ile verilen durumu Doğu ve Batı kenarları için ayrı ayrı resmetmektedir. Ortalama şiddet hesaplamaları, bu defa tutulma diskinin Doğu ve Batı kenarı merkezli ± 50 derecelik kuşağı dikkate alınarak, karşılıklı100'er derecelik yelpazede yine 1'er

derecelik farklar ve $0.025R_{\text{Güneş}}$ adımlarla disk merkezli çembersel yaylar üzerinden yapılmıştır.



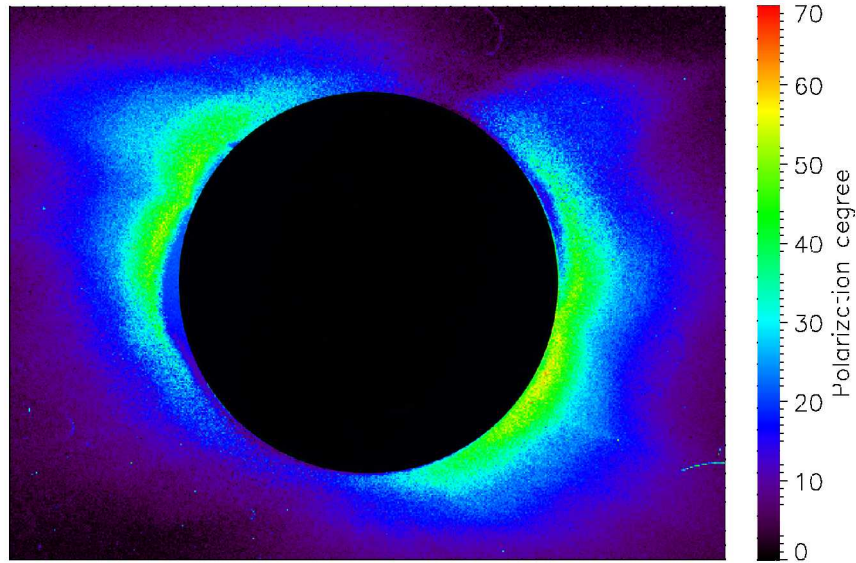
Şekil 4. Kenardan itibaren $0.025R_{\text{Güneş}}$ adımlı olarak disk merkezli 18 çember üzerinde her bir derece için yapılan ölçümlerin ortalamasıyla hesaplanan koronal şiddetlerin radyal uzaklıkla değişimi.

Şekil 3 ile verilen toplam parlaklık görüntüsünü teyiden bu şekilden de görülmektedir ki, tutulma diskinin Doğu kenarı Batı kenarına göre daha parlaktır. 24x36mm ebadında standart dikdörtgen filmler kullanıldığı için ekvatorial bölgelerde daha büyük kenar uzaklıklarına kadar çalışmak mümkün olmuştur. Yaklaşık $1.9R_{\text{Güneş}}$ 'te olan son ölçüm noktasına doğru aradaki fark giderek kapanmaktadır. Polarizasyon ölçümlerindeki ilk bir kaç değer için ise durum bunun tersine olup, Şekil 6 ve 9'dan görüleceği üzere, kenara çok yakın bölgelerde Batı kenarı Doğu kenarına göre biraz daha fazla polarizedir. Devamla maksimum değerlere kadar farklı olan gidişat, sonrasında her iki parçalı grafik için genel bir uyum sergilemektedir.

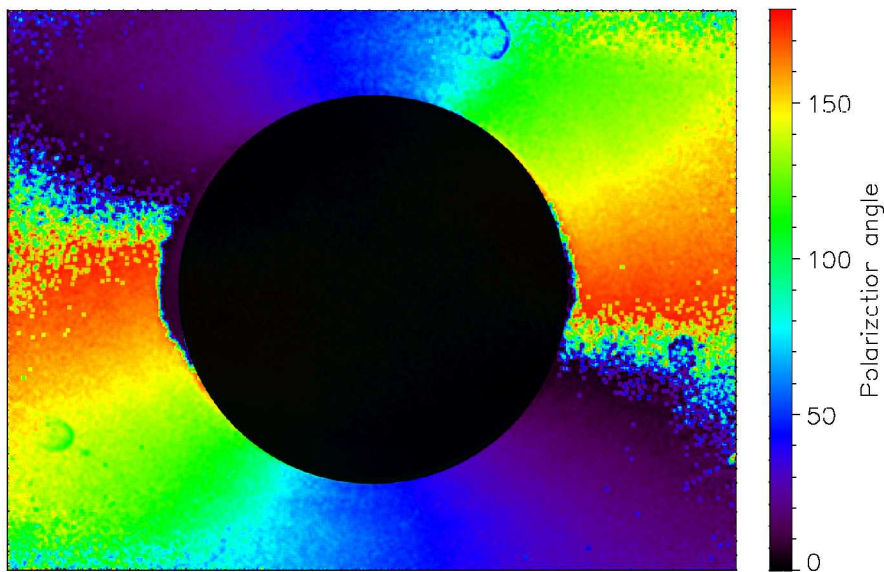


Şekil 5. Şekil 4'teki gibi fakat bu defa yaklaşık $1.9R_{\text{Güneş}}$ 'e kadar hesaplanabilen ortalama koronal şiddetlerin Güneş'in Doğu ve Batı kenarları için (sırasıyla elmas ve yıldız işaretli eğriler) radyal uzaklıkla değişimi.

Şekil 6 ile renkli bir ölçekte koronal polarizasyon derecesinin dağılımı verilmiştir. Görüldüğü gibi %60 ila %70 arasında olan en yüksek polarizasyon değerlerine, Doğu kenarında ekvatorun hemen üzerinde, Batı kenarında ise ekvatorun hemen altında kalan, aktivite kuşağı merkezine yakın iç bölgelerde, yani iç koronanın karşılıklı yer alan en yüksek şiddet değerli bölgelerinin yaklaşık ortalarında ulaşılmaktadır. Her iki kenardaki bu dar bölgeleri çevreleyen yaygın şiddet bölgelerinin yaklaşık %35 ila %55 arasında olan polarizasyon dereceleri, %35'lik bir ortalama ile temsil edilebilir. Yatayda (kutuplara doğru) ve dikeyde (dışarıya doğru) bu bölgelerden uzaklaştıkça polarizasyon dereceleri hızla azalmakta, renk ayırımının güçlükle yapıldığı fona geçiş bölgelerinde %5'lere kadar düşmektedir. Aynı şekil üzerinde dikkati çeken bir başka nokta, yaklaşık 10° Kuzeybatı'da polarizasyon derecesinin çok küçük değerlere ulaştığı bir bölgenin olmasıdır. Bu bölge muhtemelen bir koronal deliği temsil etmektedir.

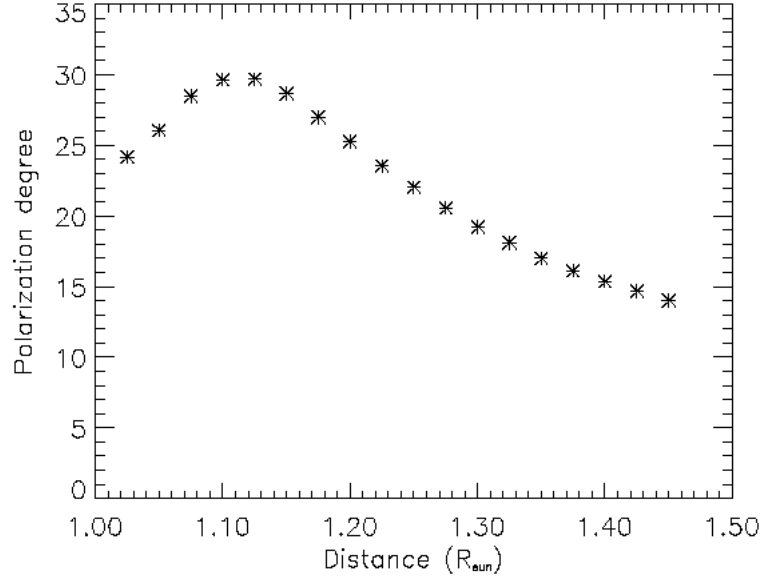


Şekil 6. İç koronada polarizasyon derecesinin renk ölçekli olarak yüzde (%) dağılımı.



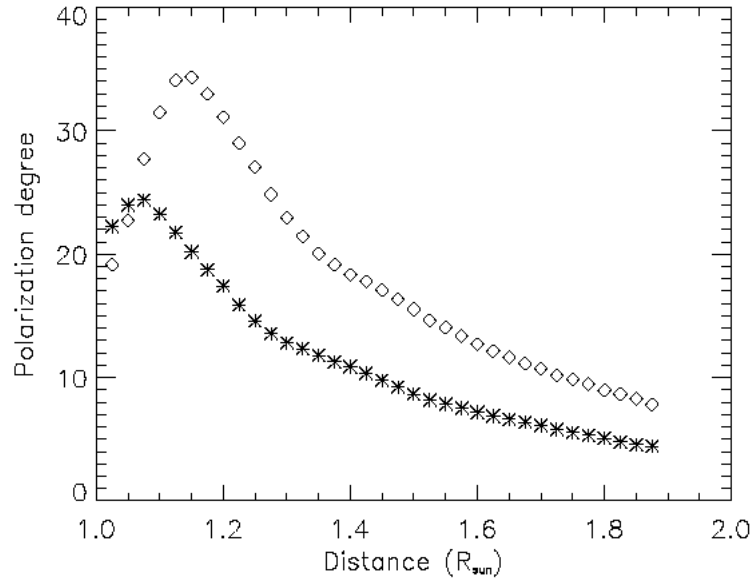
Şekil 7. İç koronada polarizasyon açısının renk ölçekli derece ($^\circ$) dağılımı.

Şekil 7 koronal polarizasyon açısının dağılımına dairdir. Geosentrik Doğu ynt ile söz konusu noktadaki magnetik alan doğrultusu arasındaki açı olarak tanımlanan [2] bu değer, Doğu ve Batı kenarında yaklaşık aktivite kuşağı merkezli maksimumlara sahip olup, dışarıya doğru tedricen, kutuplara doğru ise hızla azalmaktadır.



Şekil 8. Ortalama polarizasyon derecesinin radyal uzaklıkla değişimi.

Şekil 8.'de yine aynı şekilde 1'er derecelik farklarla ve dışarıya doğru 0.025R_{Güneş}'lik adımlarla hesaplanan ortalama polarizasyon derecesinin radyal uzaklığa bağlı değişimi verilmiştir. Görüldüğü gibi diskin hemen kenarında yaklaşık %25 dolaylarında olan polarizasyon derecesi, hemen sonrasında yaklaşık 1.1 R_{Güneş} civarında %30'a kadar artmakta, sonrasında tedrici bir azalma gstererek 1.45 R_{Güneş} civarında %15'e kadar düşmektedir. Tespit edilen bu değerler literatürde verilen ([3],[4],[5],[6]) eski tutulmalara ait değerlerden



Şekil 9. Güneş'in Doğu (elmas) ve Batı (yıldız) kenarı için ortalama polarizasyon derecesinin radyal uzaklıkla değişimi.

%10 ila %20 kadar daha küçük olmakla beraber, gidişatların karakterleri çok benzerdir. Bu dereceye kadar değişik değerlerin bir açıklaması, tutulmanın farklı çevrim fazlarına tekabül etmeleri olabilir. Gerçekten mukayesede kullanılan değerler Güneş aktivite çevriminin maksimum fazında veya civarındaki tutulmalara ait değerlerdir. 29 Mart Tam Güneş Tutulması ise yirmi üçüncü 11 yıllık çevrimin minimum dönemine (yani Güneş aktivitesinin minimum seviyelerde seyrettiği döneme) denk gelmiştir.

Şekil 9 ortalama polarizasyon derecelerini Doğu-Batı ayırımıyla parçalı olarak vermektedir. Hesaplamanın mantığı, ortalama koronal şiddetlerin yine Doğu-Batı ayırımıyla verildiği Şekil 5'teki gibidir. Doğu ve Batı kenarları ortalama polarizasyon dereceleri eğrilerinin gidişatları arasında da pik değerlerinden sonrası için parçalı ortalama şiddet gidişatlarındakine benzer farklar vardır. Pike kadar olan durum ise çok farklıdır. Doğu kenarı için hesaplanan ortalama polarizasyon dereceleri $1.15 R_{\text{Güneş}}$ civarında %35 dolaylarına ulaşırken, Batı kenarı için hesaplanan değerler %25 civarında kalmaktadır. Bu durumun bir açıklaması, tutulma günü Güneş'in Doğu kenarı yakınında yer alan bir Güneş leke grubu ile yine Doğu yarı kenarı üzerinde bulunan iki küçük prominensin varlığı olabilir. Bu yorum kabul edilir ve Doğu kenarı için hesaplanan ortalama polarizasyon derecelerinin Batı kenarındakilere göre yüksek oluşları bahsedilen Güneş olaylarına bağlanırsa, bu, polarizasyon derecesinin aktivite çevriminin fazıyla çok açık bir ilişki içerisinde olduğunun kuvvetli bir teyidi anlamına da gelir.

Çalışmanın devamında bundan sonra hedeflenenler; aynı tutulmada elde ettiğimiz 60x60mm formatlı daha büyük filmleri de benzer yöntemlerle indirgeyerek daha detaylı analizler yapmak suretiyle miğfer yapılar ve prominensler gibi lokal bölgeler dahilindeki şiddet ve polarizasyon derecesi dağılımlarını incelemek, bu filmler sayesinde daha uzaklara giderek dış koronanın da benzer özelliklerini ortaya koymak, ve önemli bir fark olarak, koronal elektron yoğunluğu dağılımını incelemektir.

Teşekkür: Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 470/27122005. Ayrıca tutulma öncesinde ve sırasında sağladıkları yerel imkanlar için Ilica Belediyesi yetkililerine, bilgi paylaşımı için Tuncay Özışık'a ve gözlemlere katkıları için Tolga Güver, Sinan Aliş, Asuman Fezadan ve Nilda Oklay'a teşekkürü borç biliriz.

Kaynaklar

- [1] Newkirk, G. Jr., Dupree, R. G., Schmahl, E. J. (1970), 'Magnetic Fields and the Structure of the Solar Corona. II: Observations of the 12 November 1966 Solar Corona', *Solar Physics*, 15, 15
- [2] Kulijanishvili, V. I., Kapanadze, N. G. (2005), 'Polarization and Physical Properties of the August 11, 1999 White-Light Corona', *Solar Physics*, 229, 45
- [3] Clette, F., Cugnon, P., koeckelenbergh, A. (1985), 'Observations of the Solar Corona in Polarize White Light During the Total Solar Eclipse of February 16, 1980: Preliminary Results', *Solar Physics*, 98, 163.
- [4] Badalyan, G. O., Livshits, M. A. (1992), 'Polarization of the White-Light Corona and its Large-Scale Structure in the Period of Solar Cycle Maximum', *Solar Physics*, 145, 279.
- [5] Badalyan, G. O., Livshits, M. A., Sykora, J. (1997), 'White-Light Polarization and Large -Scale Coronal Structures', *Solar Physics*, 172, 67.
- [6] Özkan, M. T., Ökten, A., Ak, T., Özışık, T., Kulijanishvili, V., Al, N. (2001), '11 Ağustos 1999 Tam Güneş Tutulmasında Beyaz Işık Koronası', *XII. Ulusal Astronomi Toplantısı tebliği*, 367-374

