ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CCD KARA AKIM (DARK) GÖRÜNTÜLERİNDEN KOZMİK IŞIN (MÜON) AKISI ÖLÇÜMÜ

Yücel ORMAN

ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Yücel ORMAN tarafından hazırlanan **"CCD Kara Akım (Dark) Görüntülerinden Kozmik Işın (Müon) Akısı Ölçümü"** adlı tez çalışması 23/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay BilimleriBölümü'nde**YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman :Doç. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI
Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri:

Başkan : Prof. Dr. Altan BAYKAL
Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fizik Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR
Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI
Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Özlem YILDIRIM
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

23.12.2019



Yücel ORMAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CCD KARA AKIM (DARK) GÖRÜNTÜLERİNDEN KOZMİK IŞIN (MÜON) AKISI ÖLÇÜMÜ

Yücel Orman

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI

Bu tez çalışmasında, TÜBİTAK Ulusal Gözlemev'inde (TUG) bulunan RTT150 ve T100 Teleskopları ile, Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'nde (AÜKR) bulunan T35 Teleskobu'ndan, 2009-2018 yılları arasında alınan kara akım (Dark) görüntüleri, hazırlanan Python yazılımı ile analiz edilmiş; CCD dedektörü ile algılanan kozmik izler ayıklanmıştır. CCD'lerin yapıları gereğince yüzeylerinde oluşan hatalar (sıcak piksel'ler gibi) tespit edilerek, görüntüler üzerinden temizlenmiştir. Bu ayıklama işleminden sonra CCD üzerinde kalan izlerden, doğrusal olanların büyük oranda ikincil kozmik ışınlar (müonlar) tarafından oluşturulduğu, eğrisel (solucan izleri olarak nitelendirilen) izlerin ise, yer kaynaklı radyoaktif bozunumlardan ortaya çıkan elektronlar olduğu kabul edilmiştir. Dikey etkileşimlerde ise CCD kalınlıkları nedeniyle herhangi bir ayrım yapılamamıştır. Yer kaynaklı etkileşimin sabit olduğu varsayılarak kozmik ışınların dönemsel değişim grafiği her teleskop CCD'si için ayrı ayrı çıkartılmıştır. Veriler SExtractor yazılımı ile de taranarak sonuçlar kıyaslanmıştır. TUG RTT150, T100 ve AÜKR T35 Teleskoplarından çıkartılan veriler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu enerjik olayların yer yüzeyindeki etkileri CCD "Dark"ları üzerinden tespit edilmeye çalışılmış, Güneş patlamaları, Güneş çevrimi, galaktik süpernova patlaması gibi gök olayları ile ilişkisi araştırılmıştır.

Kasım 2019, 69 sayfa

Anahtar Kelimeler: Müon, Kozmik ışın, CCD, "Dark" Görüntüleri, Nükleonik Duş.

ABSTRACT

MSc Thesis

COSMIC RAY (MUON) FLUX ESTIMATION FROM CCD DARK IMAGES

Yücel ORMAN

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI

In the present thesis, ”Dark” CCD images of RTT150 and T100 telescopes of TÜBİTAK National Observatory as well as the T35 telescope of Ankara University Kreiken Observatory gathered between 2009-2018 are processed by a Python code to investigate secondary cosmic ray tracks. The software primarily filters the structural defects produced by CCD. After this pre-cleaning, the rest straight spots are supposed as secondary cosmic rays (i.e. muons). Whereas, worm-like shaped tracks are thought as electrons which are produced by compton scattering of gamma rays emitted by radioactive decays. Because of CCD thicknesses, electrons and cosmic rays are not studied in vertical direction. Considering ground based contributions are stable, cosmic ray statistics for every telescope is gathered. Results of our code are also compared by SExtractor software for testing. Any correlation between the flux of muon tracks in the CCD images and the solar cycle, as well as supernova explosions, is investigated.

September 2019, 69 pages

Key Words: Muon, Cosmic Rays, CCD, Dark image, Nucleonic Shower

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Mühendislik eğitimimin ardından çocukluğumun hayali olan Astronomi üzerine bu yüksek lisans tezini yazıyor olmaktan büyük mutluluk duymaktayım. Bilimsel hazırlık eğitimim ile Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR'in öncülüğünde ve danışmanlığında başladığım tez araştırmamın mevcut danışmanım Doç. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI'yla tamamlamış bulunmaktayım. İki nesil öğretim üyesinin yanında çalışmış olmanın, her iki mentörümün de farklı yaklaşımlarının ışığında kendimi yetiştirmenin şansı ve mutluluğu içerisindeyim. Kısa bir dönem de danışmanlığımı yapan ancak kaybettiğimiz Prof. Dr. Berahitdin ALBAYRAK'a da rahmet diliyorum.

Çalışmamın ana materyallerini sağlayan TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi ve Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tezimin yazılım aşamasında bana özveri ile yardımcı olan bilgisayar mühendisi Hilal ÇELİKMAKAS'a da şükranlarımı sunarım. Uzun yıllara dayanan onbinlerce CCD görüntüsünün hatalarını ayıklamada verdiği özel emek sayesinde AÜKR ve TUG'da bulunan "Dark" görüntülerini efektif bir şekilde incelemeyi başardık.

Yücel ORMAN
Ankara, 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI
ETİK i
ÖZET ii
ABSTRACT iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR iv
İÇİNDEKİLER v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ x
1. GİRİŞ 1
1.1 Müon Hakkında 3
2. KAYNAK ÖZETLERİ 6
3. MATERYAL VE YÖNTEM 23
3.1 Materyal 23
3.1.1 TUG T100 Teleskobu 23
3.1.2 TUG RTT150 Teleskobu 25
3.1.3 AÜKR T35 Teleskobu 27
3.2 Yöntem 28
3.2.1 Analiz programı 28
3.2.2 Test ve kalibrasyon 40
4. BULGULAR 43
4.1 TUG T100 Teleskobu 43
4.2 TUG RTT150 Teleskobu 54
4.3 AÜKR T35 Teleskobu 57
4.3 γ Faktörünün Hesaplanması 64
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 66
KAYNAKLAR 67
ÖZGEÇMİŞ 69

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

λ	Dalgaboyu
μ	Müon
π	Pion
AÜKR	Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi
Binning	CCD görüntülerinde piksel alanlarının biraraya getirilerek görüntü boyutunun düşürüldüğü işlem
CCD	Bir ışık algılayıcı türü (ing. Charge-coupled Device)
ESO	Avrupa Güney Gözlemevi (European Southern Observatory)
FIT(S)	Bir görüntü formatı (ing. Flexible Image Transport System)
GeV	Giga Elektronvolt
GOES	Amerikan kurumu NOAA tarafından 1974 yılından beri çeşitli uygular ile dünyadaki hava olaylarını takip ettiği uzay programı (ing. The Geostationary Operational Environmental Satellite Program)
H	Hidrojen
He	Helyum
Hot piksel	CCD pikellerinde normalin üzerinde sonuç veren piksel hatası
IAU	Uluslararası Astronomi Birliği
IRAF	Bir görüntü ve veri analizi yazılımı (ing. Image Reduction and Analysis Facility)
JD	Jülyen günü
KB	Kilobyte
km/s	Kilometre / saniye
m	Metre
m/s	Metre /saniye
n	Nötron
NASA	Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi (ing. National Aeronautics and Space Administration)
P	Proton
TUG	TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Atmosfer dışı iyonların meydana getirdiği kozmik ışın yağmuru 1
Şekil 1.2 Kozmik ışın kaynaklarının dağılımı..... 2
Şekil 1.3 Anti-müonun bakır içerisinde enerji kaybı-momentum değişim grafiği..... 4
Şekil 2.1 Müon Yağmuru temsili resim..... 7
Şekil 2.2 Enlemin müon akısına etkisi..... 8
Şekil 2.3.a 1965 yılına göre normalize edilmiş aylık bazda ölçüm değerleri 9
Şekil 2.3.b Son 6 Güneş çevriminin aylık ve 13 aylık ortalama Güneş lekesi değerleri. 10
Şekil 2.4 Önden aydınlatmalı bir CCD pikselinin şematik diyagramı……..... 11
Şekil 2.5.a Kozmik ışınların atmosfer akı oranları..... 12
Şekil 2.5.b 1 GeV enerjide yüksekliğe göre kozmik ışın akı oranları..... 13
Şekil 2.6 Kozmik ışın örnekleri……..…….....14
Şekil 2.7 Deneysel ve simülasyona dayalı Kozmik olay dağılımı……..... 17
Şekil 2.8 1 Ağustos 2010 Güneş Lekesi 1092 ve 30 Temmuz 2010 CME ve SOHO Kronograf görüntüsü……..... 18
Şekil 2.9 Kiel, Oulu, Moskova ve Norilsk nötron istasyonlarından alınan günlük kozmik ışın akı verisi..……...…….……..... 19
Şekil 2.10 Kozmik ışınların CCD açısına göre değişim grafiği……..... 20
Şekil 2.11 Farklı dedektör ve üç ortak dedektörün aynı anda yakaladığı kozmik ışınları yakalayan trigger sisteminin farklı açılarda elde ettiği değişim grafiği..... 20
Şekil 2.12 DECO yazılımı kullanılarak tespit edilen CCD görüntülerinin sınıflandırılması ……..... 22
Şekil 3.1 TUG T100 Teleskobu ……..... 24
Şekil 3.2 TUG T100 Teleskobu olası kozmik ışın izi……..... 25
Şekil 3.3 TUG RTT150 Teleskobu Coude odağındaki 2Kx2K Andor 436 CCD…..... 26
Şekil 3.4 Apogee ALTA E2V CCD47-10 teknik çizimi..... 27
Şekil 3.5 AÜKR T35 Teleskobu'ndan alınan bir CCD görüntüsü kesiti ……... 28
Şekil 3.6 TUG T100 Teleskobu "Dark" görüntüleri için görüntü işleme akış diyagramı……30

Şekil 3.7 AÜKR T35 Teleskobu "Dark" görüntüleri için görüntü işleme akış diyagramı 31
Şekil 3.8 TUG RTT150 Teleskobu "Dark" görüntüleri için görüntü işleme akış diyagramı.....32
Şekil 3.9 TUG T100 ve AÜKR T35 Teleskobu "Dark" görüntüleri için ardıl "Dark" görüntüleri ile karşılaştırılması şeması.....34
Şekil 3.10 TUG RTT150 Teleskobu "Dark" görüntüleri için ardıl "Dark" görüntüleri ile karşılaştırılması şeması.....35
Şekil 3.11 AÜKR T35 "Dark"larında sık görülen köşe hatası 40
Şekil 4.1 TUG T100 Teleskobu CCD'sindeki kolon hatası….....46
Şekil 4.2 T100 CCD Bias örneği.....47
Şekil 4.3 TUG T100 Teleskobu'na ait 0-450 sn arası poz süreli "Dark"ların iz sayısı artış grafiği..... 48
Şekil 4.4 TUG T100 Teleskobu'na ait 0-30 sn arası poz süreli "Dark"ların iz sayısı artış grafiği..... 48
Şekil 4.5 TUG T100 kozmik ışın verisinin zamana bağlı değişimi.....49
Şekil 4.6 TUG T100 kozmik ışın verisinin haftalık ortalaması alınmış hali.....50
Şekil 4.7 TUG T100 haftalık kozmik ışın verisinin Period04 ile oluşturulan dönemleri.....50
Şekil 4.8 100 MeV üzeri enerjili NASA GOES Proton akı değişimi.....51
Şekil 4.9 2010-2018 yılları arası *Kp* İndeksi değişim grafiği.....52
Şekil 4.10 TUG T100 haftalık kozmik ışın verisinin periyodogramı 52
Şekil 4.11 TUG T100 Güneş lekesi, İz sayısı- Tarih grafiği.....53
Şekil 4.12 TUG T100 ortalama iz sayısının Güneş ufuk yüksekliğine bağlı değişim grafiği.....54
Şekil 4.13 TUG RTT150 Teleskobu Coude odağında tespit edilen iz sayısı poz süresi grafiği.....55
Şekil 4.14 TUG RTT150 Teleskobu Coude odağında tespit edilen dakikada alan başına düşen iz sayısı / poz süresi grafiği 56
Şekil 4.15 TUG RTT150 Teleskobu için İz sayısı Güneş lekesi grafiği, Güneş lekesi korelasyonu 57
Şekil 4.16 AÜKR T35 "Dark"larında sık görülen köşe hatası, negatif görüntü.....58

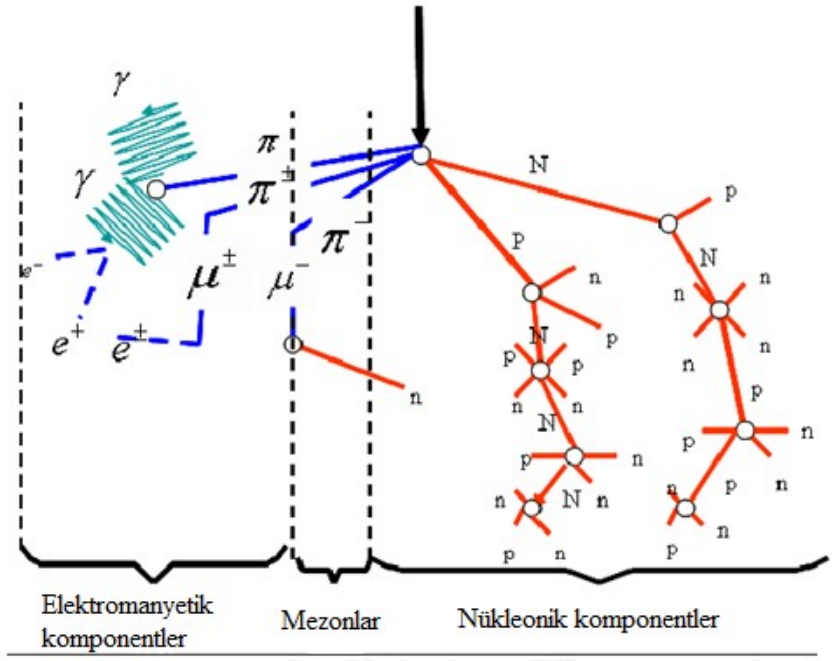
Şekil 4.17 T35 Teleskobu “Dark” verisi ortalama iz sayısı / pozlama süresi değişim grafiği.....59
Şekil 4.18 AÜKR T35 Teleskobu “Dark” verilerinde tespit edilen iz sayısı oranının tarihsel değişim grafiği.....59
Şekil 4.19 AÜKR T35 Teleskobu “Dark” verilerinde tespit edilen iz sayısının haftalık ortalamasının tarihsel değişim grafiği.....60
Şekil 4.20 AÜKR T35 Teleskobu “Dark” verilerinde yıllara göre iz sayısı ortalamasının değişimi..... 60
Şekil 4.21 AÜKR T35 ortalama iz sayısının Güneş ufuk yüksekliğine bağlı değişim grafiği.....62
Şekil 4.22 AÜKR T35 haftalık kozmik ışın verisi / Güneş lekeleri grafiği.....63
Şekil 4.23 AÜKR T35 haftalık kozmik ışın verisinin periyodogramı…….....64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Farklı bölgelerde müon akı oranlarının karşılaştırılması.....15
Çizelge 2.2 CCD yongası etrafında ve binalarda bulunan olası maddelerin radyolojik etkinlik düzeyleri…….....16
Çizelge 3.1 SExtractor yazılımı ile tespit edilen olası izlerin sayımı.....42
Çizelge 4.1 TUG T100 “Dark” görüntüleri yıllık verileri.....44
Çizelge 4.2 TUG T100 Teleskobu başlık verisi.....45

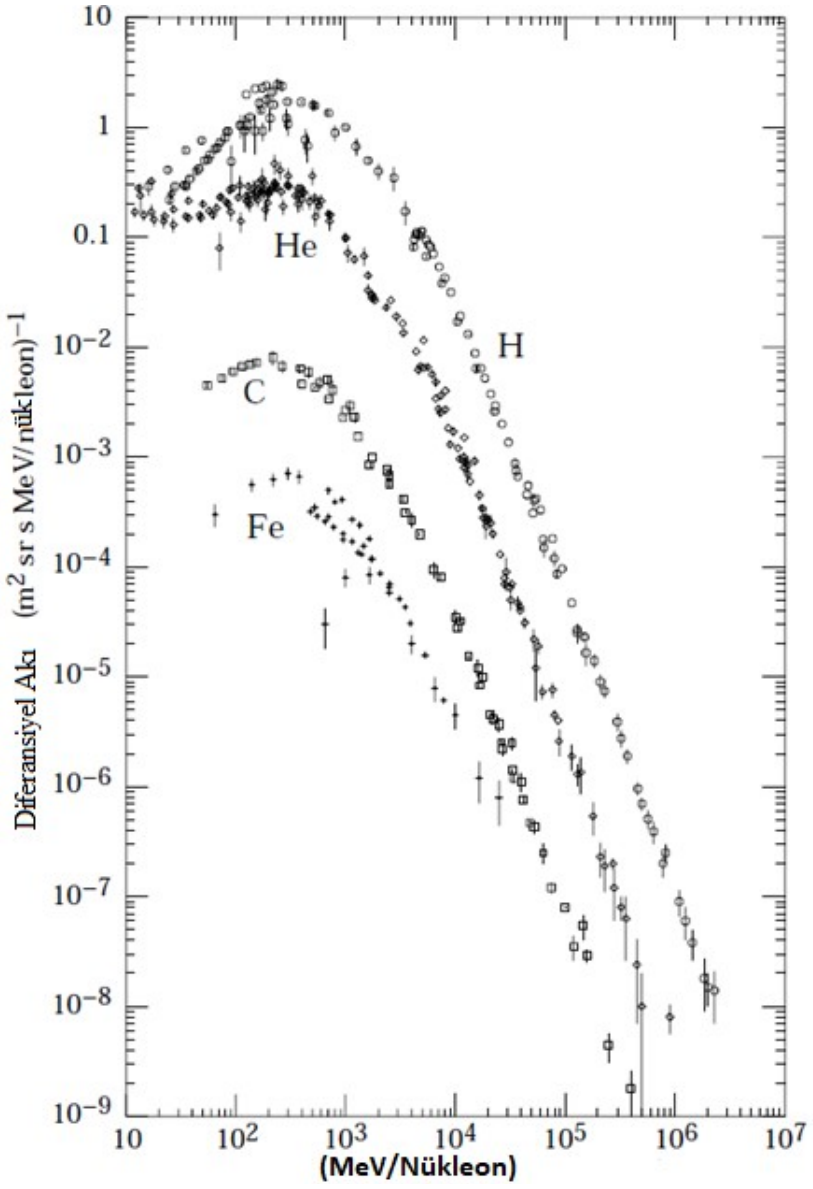
1. GİRİŞ

Kozmik ışınlar, keşif yıllarında hatalı bir şekilde "ışın" olarak isimlendirilmiş olan, yüksek enerjilere ($E \leq 10^{22}$ eV kadar) ivmelendirilmiş, elektriksel olarak yüklü, atom-altı parçacıklardır. İçerdiği parçacık türleri (sayıca %90 H çekirdeği, %9 He çekirdeği, %1 ağır element çekirdekleri, çok küçük oranda da e-, e+ ve anti-protonlar), kozmik bolluk oranıyla hemen hemen uyuşmaktadır. Süpernova patlamalarıyla ortaya çıkan birincil şok dalgalarında, Fermi ivmelenmesi ile, bu kadar yüksek enerjilere çıkarıldıkları düşünülmektedir. Kozmik ışınların (çoğunlukla protonlar) atmosferin üst sınırlarında ($h > 10000$ m), atom çekirdekleriyle etkileşmesi (çarpışması) sonucunda, "atmosferik nükleonik/hadronik duş" oluşur. Bu duşun içerisinde, bir çok atom altı parçacık (α, β, p, n, π, μ ve daha pek çok tür) oluşur (Şekil 1.1). Bu duşta yoğun olarak oluşan türlerden birisi olan müon (μ)'un ortalama ömrü 2.2 μs'dir ve yeterince rölativistik ($\gamma \geq 5$) olanlar yer yüzeyine kadar inebilmektedir.



Şekil 1.1 Atmosfer dışı iyonların meydana getirdiği kozmik ışın yağmuru (Atkinson 2014)

Kozmik ışınların hareket yönleri yıldızlararası boşluk ve galaktik manyetik alan ile ilişkilidir. Bu sebeple geliş yönleri hakkında yorum yapmak zorlaşmaktadır. Ağırlıklı olarak 100 MeV - 1 GeV enerji aralığındadırlar. Atmosfer dışı birincil kozmik ışınların bileşen dağılımı Şekil 1.2'de verilmiştir:



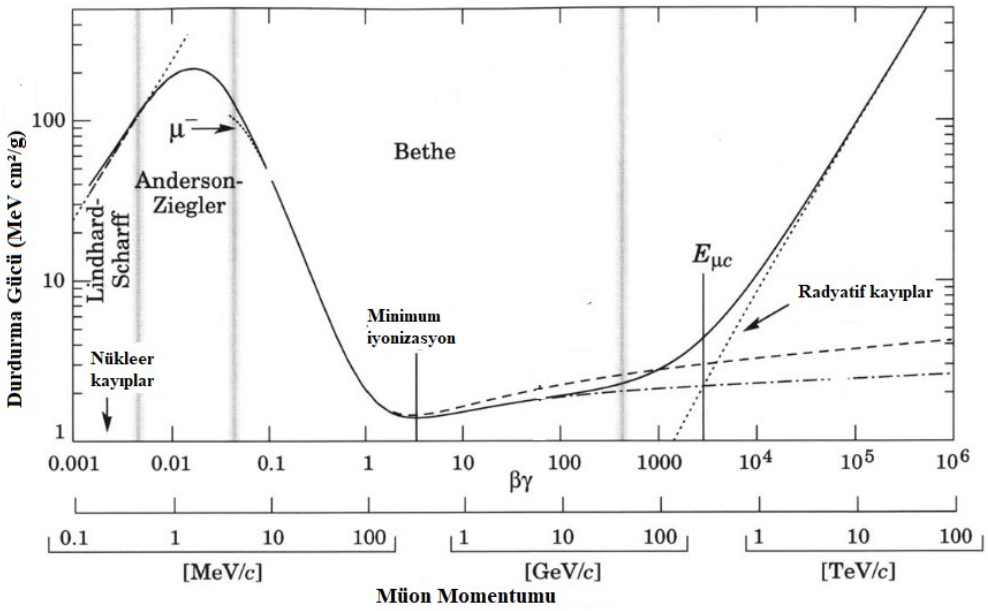
Şekil 1.2 Kozmik ışın bileşenlerinin enerjiye bağlı akı dağılımı (Simpson 1983)

1.1 Müon Hakkında

Müonlar 1937 yılında C. Anderson ve S. H. Neddermeyer tarafından kozmik ışınlar incelenirken keşfedilmiştir. Negatif yüklü müonun yanısıra (μ−) pozitif yüklü anti parçacık olarak pozitif yüklü anti-müon (μ+) bulunmaktadır. Genellikle müon ve anti-müon için elektron ve pozitronun daha ağır versiyonu tanımı yapılagelmektedir. Aynı spin ve elektrik yükü dışında 105,66 MeV/c² kütlesi, elektron ve pozitron kütlesinin yaklaşık 207 katıdır. Bu kütle farkı nedeniyle bozunduklarında elektron-pozitronun yanında iki nötrino ortaya çıkar:

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \overline{\nu}_\mu$$
$$\mu^- \rightarrow e^- + \overline{\nu}_e + \nu_\mu \qquad (1.1)$$

Yüksek enerjili bir müon, atmosferde veya yeryüzünde diğer maddelerle elektromanyetik etkileşime girer. Bu etkileşimler Nükleer, iyonize ve radyatiftir (Şekil 1.3). Yeryüzüne ulaşan müonlar, iyonizasyon ile durdurulmaktadır. Daha düşük enerjili veya daha yüksek enerjili müonlar ise atmosferde durdurulmaktadır.



Şekil 1.3 Anti-müonun bakır içerisinde enerji kaybı-momentum değişim grafiği (Choi 2013)

Yeryüzüne ulaşan müonların tespitinde, yani yer tabanlı ölçümlerde kullanılabilecek iki adet etkin yöntem bulunmaktadır: Bunlar (i) plastik sintilatörler ile doğrudan sayımlarını yapmak ve (ii) CCD "Dark" (karanlık pozlama) görüntüleri üzerinde bıraktıkları iyonizasyon izlerinden sayılarını ölçmektir. Başta TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) olmak üzere ülkemizdeki gözlemevlerinde, yıllardır sürdürülen profesyonel astronomik gözlemlerin bir yan ürünü olarak "Dark" görüntüleri oluşmaktadır. Yıllar öncesine dayanan bu görüntüler arşivlerde beklemekte, başka bir şekilde kullanılmamaktadır. Oysa iyi bilinmektedir ki, astronomik gözlemler sırasında alınan bu "Dark" görüntülerinin üzerinde, kozmik ışın duşunun ikincil ürünleri olan müonlar da iz bırakmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) yanında Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'nde (AÜKR) alınmış olan “Dark” görüntüleri kullanılarak, geçmişe dönük, iki farklı coğrafi yükseklik için kozmik ışın akıları ve

müon oranı ölçümlerinin yapılması hedeflenmiştir. Tez kapsamında geliştirilen yazılım, yine bu çalışma kapsamında verileri kullanılan gözlem düzeneği özelliklerine göre (CCD okuma gürültüsü gibi) uygun biçimde yeniden düzenlenmiş, görüntü işleme yapılmış, sorunlar tespit edilerek ayıklanmış ve istatistiki veri çıkartılmıştır.

İkinci kısım ise verilerin incelenmesidir. Bu kapsamda, yer tabanlı bu ölçümlerden, atmosfer dışına ulaşan kozmik ışın akısı ve bunun zamana bağlı değişimi incelenmiştir. Gözlemler sırasında oluşabilecek herhangi bir periyodik veya sıra dışı enerjik olayın (Güneş patlamaları, Güneş çevrimi, Galaktik süpernova patlaması gibi), yer yüzeyindeki etkileri müon akısına dayalı olarak incelenmiştir. Veriler Güneş çevrimleri, Jeomanyetik değişim ve NASA "GOES" uydusuna ait proton akısı ile karşılaştırılmıştır.

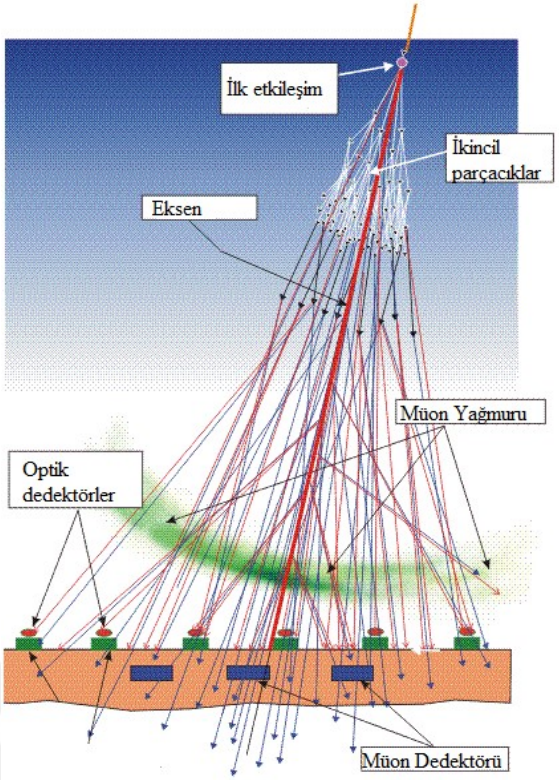
2. KAYNAK ÖZETLERİ

Kozmik ışınlar ve özellikle müonlarla ilgili yeryüzü araçları kullanarak gerçekleştirilmiş birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar CCD görüntüleri veya sintilatörlü dedektörler kullanarak yapılmış olsa da günümüzde CCD teknolojisinin gelişimi, araştırmaları CCD kullanımına yöneltmiştir.

Gaisser vd. (1979), müon akı yoğunluğunun hesabı için bir analitik ifade vermiştir:

$$\begin{aligned}\frac{dI_\mu}{dE_\mu d\Omega}(E_\mu,\theta) &= 0.14\times(E_\mu+\Delta)^{-2.70}\times p_d \\ &\times \left(\frac{1}{1+\frac{1.1E_\mu\cos\theta^\star}{115GeV}}+\frac{1}{1+\frac{1.1E_\mu\cos\theta^\star}{850GeV}}+R_c\right),\end{aligned} \tag{2.1}$$

Bu formülde eşitliğin sol tarafındaki deniz seviyesindeki diferansiyel müon akısının $cm^{-2}sn^{-1}sr^{-1}GeV^{-1}$ cinsinden değeridir. **Δ** düşük enerjili müonlar dışında etkin olmayan atmosferik enerji kayıp değişkenidir. p_d, müonun atmosferde bozunmama ihtimali olarak nitelendirilmektedir. θ, müonun zenit açısıdır. Burada müon akısının zenite olan bağımlılığı açıkça gösterilmektedir. Günümüzdeki modeller de bu formül üzerinden şekillenmektedir. Yüksek enerjili kozmik ışın atmosfere girip ikincil parçacıklara bozunduğunda şemsiye benzeri bir desen oluşturmaktadır. Bu şemsiye yere ulaştığında onlarca kilometre çaplı bir alanda etkili olur (Şekil 2.1). Bu yapının doğal sonucu olarak kozmik ışın izleri Denklem 2.1'den de görüleceği üzere zenit açısına bağımlıdır.



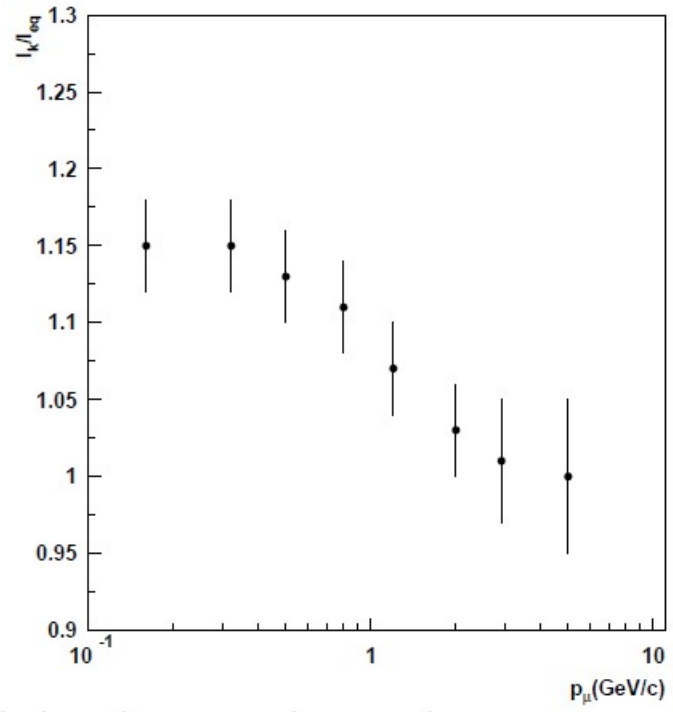
Şekil 2.1 Müon yağmuru temsili resim (Anonymous 2019)

Cecchini ve Sioli (2000), kozmik ışınlar hakkında uzun yıllara dayanan önemli bir çalışma yaparak atmosferik ve yeraltı müon ölçümleri hakkında detaylı bilgiler vermişlerdir.

İkincil müonlar genel olarak ikincil mezonların bozunmasıyla ortaya çıkmaktadırlar. Bunlar çoğunlukla "pion" ($\pi^{\pm}$) ve "kaon"dur ($\kappa^{\pm}$). Meydana gelen müonlar dönüştükleri parçacıkların enerjilerinin (ΔE) sırasıya %79 ve %52'sini alırlar. $\pi^{\pm}$ ve $\kappa^{\pm}$'nin dönüşüm ihtimalleri ise sırasıyla ~%100 ve ~%63 oranındadır.

$$\begin{aligned} \pi^{\pm} &\rightarrow \mu^{\pm}\nu_{\mu} \qquad \sim 100\% \\ K^{\pm} &\rightarrow \mu^{\pm}\nu_{\mu} \qquad \sim 63.5\% \end{aligned} \tag{2.2}$$

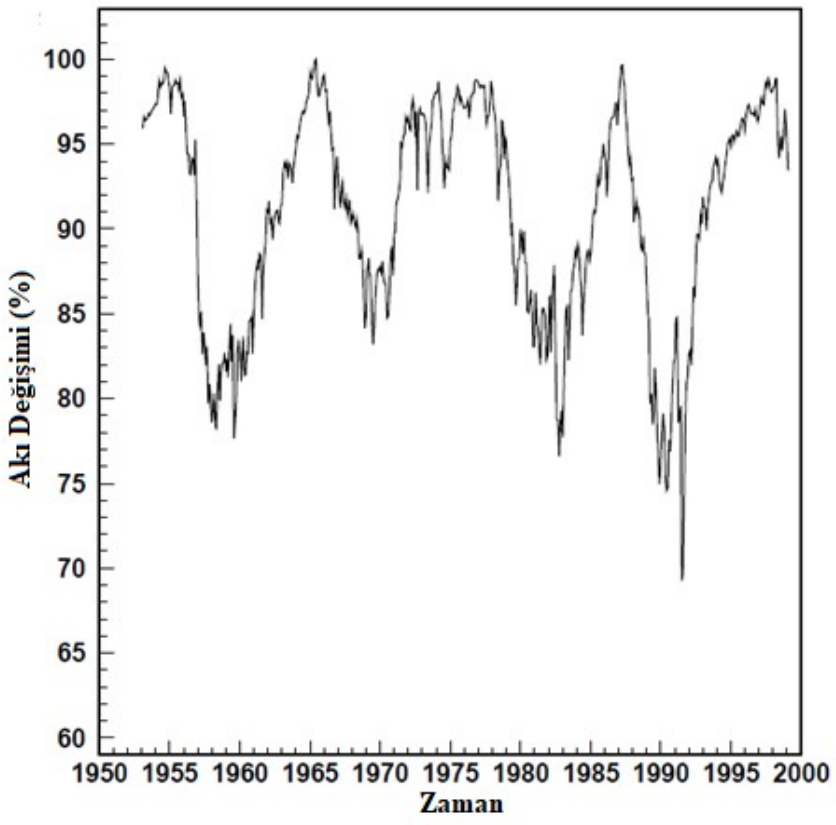
Deniz seviyesindeki müon ölçümlerini Jeomanyetik alan, Güneş aktiviteleri ve atmosferik etkiler etkilemektedir. Jeomanyetik alan düşük enerjili müonların atmosfere inmesini engellemektedir (Şekil 2.2). Kutup bölgelerinde 1 GeV üzerindeki kozmik ışınların çıktıları yeryüzüne ulaşırken, ekvatorda bu rakam 16 GeV değere çıkmaktadır. 0,33 GeV/c momentuma sahip müonların 60 derece enlemde Kiel Rasathanesi'ndeki akısının ekvatordaki akıya oranı 1.8 olarak bulunmuştur (Cecchini ve Sioli 2000).



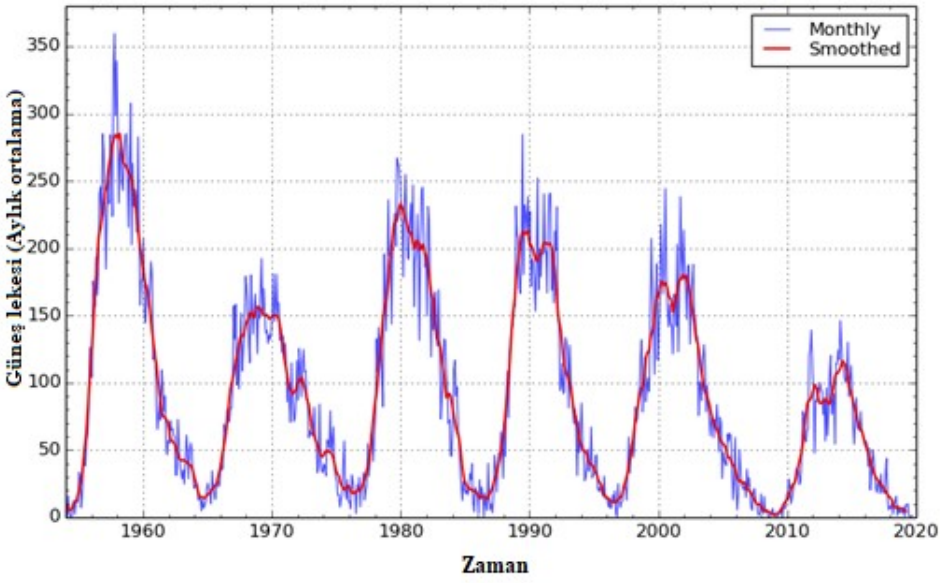
Şekil 2.2 Enlemin müon akısına etkisi. I_K: Kiel akısı. I_{eq}: Ekvator akısı. Yüksek enerji seviyesindeki müonların oranı eşitken (~10 GeV/c), düşük müon enerjisinde bu oran artmaktadır

Bunun yanısıra, protonların yoğunluğu sebebiyle Dünya'ya gelen kozmik ışınlar ağırlıklı olarak pozitif yüklüdür. Bunun sonucu olarak pozitif yüklü müon oluşumu daha fazladır. Dünya'nın manyetik alanı nedeniyle pozitif müonlar doğuya, negatif yüklü müonlarsa daha çok batıya yönlenir. Bu etki kutuplara yaklaştıkça artmaktadır.

Ayrıca 11 yıllık Güneş çevrimi de müon oluşumunu etkilemektedir (Şekil 2.3.a,b).



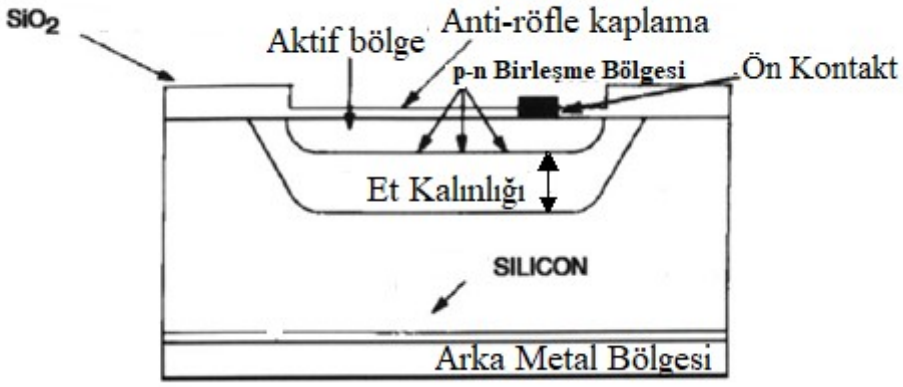
Şekil 2.3.a 1965 yılına göre normalize edilmiş aylık bazda müon akısı ölçüm değerleri, Kiel Nötron monitörü (Cecchini ve Sioli 2000)



Şekil 2.3.b Son 6 Güneş çevriminin aylık ve 13 aylık ortalama güneş lekesi değerleri (Anonymous 2019). Güneş çevrimi ile atmosferdeki müon akısı değişimi arasındaki ters benzerlik kolaylıkla görülmektedir.

Cecchini ve Sioli (2000), çok önemli veriler paylaşsalar da, makaledeki verilerin yetersiz olduğunu belirterek birçok deniz seviyesi ölçümünün çok iyi istatistiklere sahip olmasına rağmen birbiriyle çeliştiğini de çalışmasının sonuç bölümünde belirtmiştir. "Bununla birlikte araştırmacılar, farklı deney sonuçlarının tutarsız olduğunu, 10 – 1000 GeV/c aralığında %30 - % 35 oranında hata payı olduğunu da beyan etmişlerdir.

CCD teknolojisi yüksek kuantum etkinlği ve düşük arka plan gürültüsü sebebiyle günümüzde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Ticari üretime göre bilimsel amaçla daha az kullanılması sebebiyle bilimsel CCD'lerin üretiminde aynı model üründe bile farklılıklar çıkabilmektedir (Choi 2013).



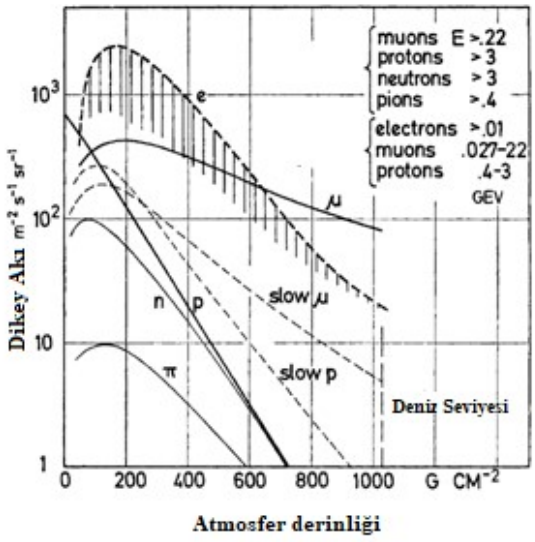
Şekil 2.4 Önden aydınlanmalı bir CCD pikselinin şematik diyagramı. Her bir modern CCD piksellerinin yük treansferi performansı %99.9999'a ulaşmaktadır (Choi 2013)

CCD piksellerinin en dikkati çeken bölgesi "et kalınlığı" (deplation region)'dır (Şekil 2.4). Pikselin fotonları soğurup elektronların depolandığı bölge burasıdır. Bu değer her CCD'de farklı olmakla birlikte kalın CCD ve ince CCD ayrımı bu bölgenin kalınığı ile ilintilidir. Et kalınlığı CCD üzerindeki kozmik izlerin daha noktasal veya çizgisel olmasını belirlemektedir.

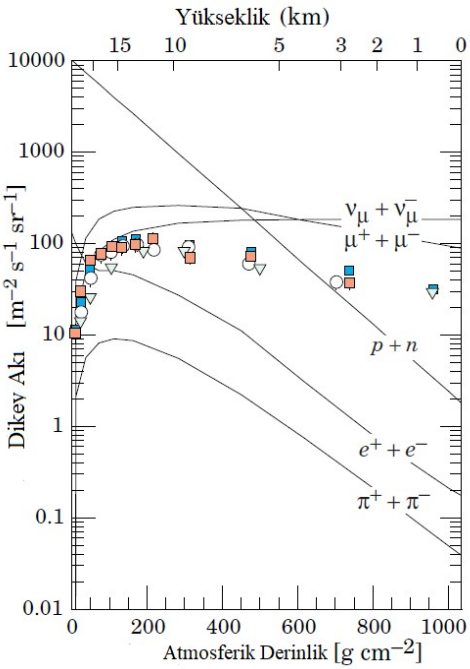
Şekilde gösterilen CCD kesitinde kalınlık "back metallization" bölgesinden itibaren ölçülerek CCD veri sayfasında belirtilse de, "deplation region" olarak gösterilen kısım aktif CCD kalınlığı olarak incelenmelidir.

CCD görüntüleri üzerinde müon tespitine yönelik yapılmış kapsamlı çalışmalardan birisi de Groom (2002) tarafından gerçekleştirilmiştir. Atmosferin deniz seviyesine yakın bölgelerinde kozmik ışınların büyük çoğunluğunu ikincil mezon bozunumundan ortaya çıkan rölativistik hızlardaki müonlar oluşturur. Deniz seviyesinde 4 GeV ortalama enerjiye sahip müonlar toplam kozmik ışınların yüzde 98'ini oluşturmaktadır (Şekil 2.5.a,b). Diğer kalanlar ise ağırlıklı olarak proton ve nötronlardır. Bu müonlar katı maddelerde bile metrelerce ilerleyebilmektedir. İnce CCD'lerle olan

etkileşimlerindeyse ortalama üç piksellik izler bırakmaktadırlar ve bir yıldızın profiline göre daha keskin bir profile sahiptirler. Daha kalın CCD'lerde ise durum biraz daha farklıdır: İzler daha uzun ve hatta bazıları eğimlidirler. Don Groom, kalın CCD'lerin bu özelliği sebebiyle çalışmalarını ağırlıklı olarak LBNL'de bulunan 200–300 μm kalınlıktaki CCD kullanarak gerçekleştirmiştir. CCD'lerin yere paralel konuma sahip olanlar ile dik konuma sahip olanlar arasında ortalma 3 GeV enerjide π/2 orantısı bulunmaktadır. Ancak dik konumdakilerde izler daha uzundur. Yatay dedektörde deniz seviyesinde 0.84–0.94 iz dk⁻cm⁻² akı beklenirken, 2500 metre yükseklikte 1.6 kat daha fazla akı beklenmektedir (Groom 2002). Bunun nedeni proton ve nötron katsayısının yükseklikle orantılı olarak artmasıdır. Bu tespitler TUG T100 ve AÜKR T35 görüntülerinden elde edilen sayımlarda kullanılmıştır.

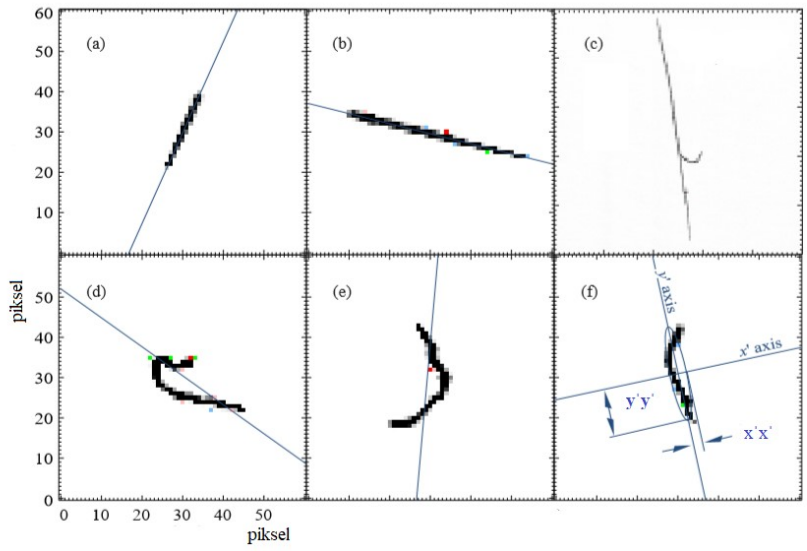


Şekil 2.5.a 4Gev'lik kozmik ışınların atmosfer akı oranları (Hillas 1972)



Şekil 2.5.b 1 GeV Enerjide yüksekliğe göre kozmik ışın akı oranları (Duranti 2011). Deniz seviyesinde kozmik ışınların yüzde 98'ini müonlar oluşturmaktadır

Groom (2002), "Dark" görüntüleri üzerinde sayım yapabilmek için özel bir yazılım üretmiştir. Kullandığı yazılım görüntülerin üzerinde parlak pikselleri ayırt etmektedir. Eğer tespit edilen beyaz pikselin etrafında da beyaz pikseller varsa ve bu öbeğin içindeki bir piksel diğerlerinin hepsinden belirgin şekilde daha parlak ise bu öbeği olay olarak değerlendirmektedir. Groom, kalın CCD ile araştırma yapması sebebiyle, izlerin şeklini de taramıştır. Müon izlerinin yüksek kinetik enerjisi sebebiyle kalın CCD üzerinde düz bir iz bırakması gerekir. Yazılım ile tespit edilen öbeklerin ince, uzun ve düzlük seviyesi, 2. moment martiksi ile hesaplanır. X-y düzleminde belirli bir alanda tespit edilen öbeğin, düzenlenen yeni koordinat sisteminde x'x' momenti ne kadar küçük değerde ise öbeğin şekli o derecede ince uzun ve düzdür (Şekil 2.6). Groom, müon izlerini elektron izlerinden bu şekilde ayırmayı başarmışsa da, TUG T100, TUG RTT150 ve AÜKR T35 teleskoplarının CCD et kalınlıklarının yetersiz olması sebebiyle bu teleskoplarda kullanımı gereksizdir.



Şekil 2.6 Kozmik ışın örnekleri (a, b, c) ve elektron izleri (d, e, f). (f) de 2. moment matriksi ile bir izin şekli hesaplanmaktadır. X'x' momenti ne kadar küçük çıkar ise iz o kadar doğrusaldır (Groom 2002)

Groom (2002), bu denemeleri 4 farklı yerde, UCO/Lick CCD Laboratuvarı (deniz seviyesi), LBNL Düşük Arkaplan Merkezi (deniz seviyesi), Oroville Santrali 180 metre yeraltında ve Oroville Santrali'nin 180 metre derinlikteki ultra-temiz kurşun odasında gerçekleştirmiştir (Çizelge 2.1). CCD et kalınlıkları sayesinde izlerin şekillerini çıkartarak onları "spot", "worm" ve "müon" olarak ayırmıştır. Worm ve spotları çoğunlukla elektron olarak nitelendirmiştir. Ancak spotların, CCD'ye dik açıyla giren müon veya proton olma ihtimali de bulunmaktadır. Bu ihtimal CCD kalınlığı azaldıkça tamamen ayırt edilemez duruma gelmektedir.

Çizelge 2.1 Farklı bölgelerde müon akı oranlarının karşılaştırılması (Groom 2002)

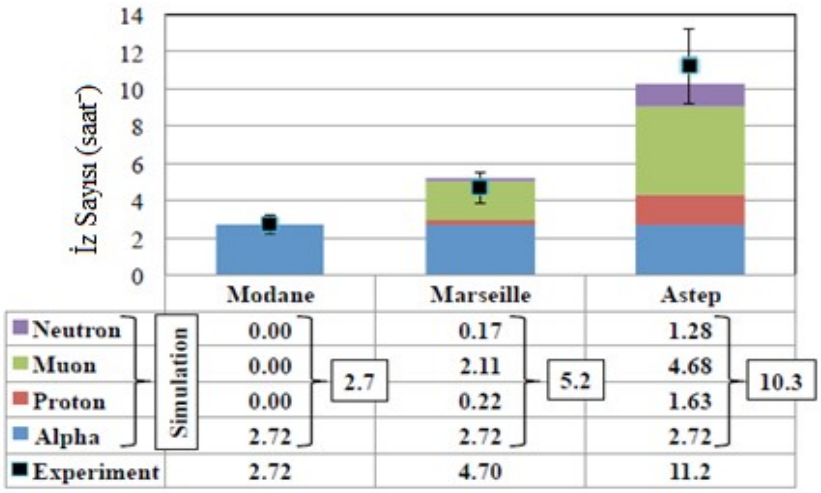
Deney	Süre	Spot	Worm	Olası Müon	Müon olmayan
		($cm^{-2}min^{-1}$)			
1. UCO/Lick (Santa Cruz)	1000	0.87±0.08	0.97±0.08	0.93±0.08	2.16±0.12
2. LBNL, yalıtımlı oda	4800	0.10±0.01	0.22±0.02	0.71±0.03	0.37±0.02
3. Oroville, 180 m yeraltı	7843	0.21±0.01	0.20±0.02	0.06±0.01	0.47±0.02
4. Oroville, 180 m yeraltı, yalıtım	7400	0.02±0.00	0.07±0.01	0.00±0.00	0.10±0.01

Groom (2002) farklı denemeleri de çalışmasına eklemiştir. 5 cm kalınlığında kurşun yalıtımının yer kaynaklı izleri büyük oranda (%65 oranında ~%10 – %15 hata payıyla) düşürdüğünü kaydetmiştir. Bunun yanında CCD'nin yakınındaki maddelerden gelebilecek etkiler için de bir tablo oluşturmuştur (Çizelge 2.2). CCD kutuları, elektronik kabloları, devre kartları gibi çok yakın materyallerin yanında oda koşullarının da zemin döşemesi, duvar kaplamaları gibi etkenlerin elde edilen sonuçları değiştirebileceğini göstermiştir.

Çizelge 2.2 CCD yongası etrafında ve binada bulunan olası maddelerin radyolojik etkinlik düzeyleri. Uranyum, Toryum ve Potasyum ağırlıklı olarak etkin radyoaktif maddelerdir. Parantez içindeki rakamlar son sayıdaki hata payını belirtir. ND: Tespit edilemedi (Groom 2002)

Sample	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)
CCD Soketi	0.64(4)	1.38(6)	0.011(1)
Silikon levhalar	0.025(6)	0.16(2)	ND
Alüminyum Nitrit	0.010(2)	0.019(5)	ND
Aluminyum kaplama	ND	0.044(14)	ND
Devre kartı	0.064(4)	2.07(8)	0.016(2)
Epoksi	0.012(3)	0.010(3)	ND
Nikelli çelik	ND	ND	ND
Molybdenum	0.020(3)	0.020(3)	ND
Sn/In alaşım	5.0(1)	4.6(1)	ND
Lick 3 m dolgu	1.35	4.0	0.72
UCO/Lick Lab duvarı	1.2	1.2	1.23
Mauna Kea Lavı	1.5	4.7	1.52
BK7 (NOAO)	0.10(5)	0.7(2)	3.5(1)

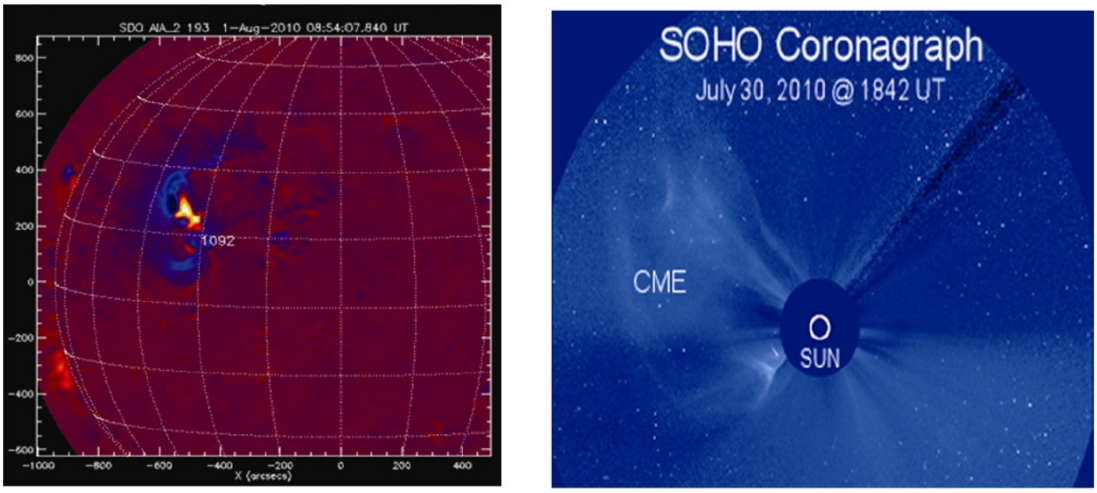
Saoud vd. (2017), Tekrenk CCD (Model: Atik 383L, 2.428 cm² yonga alanı) kamerasını dakikada 1 bias görüntüsü alacak şekilde kullanarak üç farklı konumda CCD "Dark"larında gözlenen yer ve gök kaynaklı izleri araştırmıştır. CCD oda sıcaklığının 40 derece altında kullanılarak, yeraltında (Modane, -1700 m, 2 hafta süre ile), deniz seviyesinde (Marsilya, 14 ay boyunca) ve ASTEP platformunda (Fransız Alpleri, 2552 m, 3 ay süre ile) deneyler yapılmıştır. Ayrıca C++ tabanlı yazılım ile (EXPACS) bu üç farklı konumdaki müon, nötron, proton ve alfa oranları simule edilerek gerçek ölçümlerin de içinde olduğu bir sonuç ortaya çıkarılmıştır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Deneysel ve simülasyona dayalı olay dağılımı (Saoud 2017)

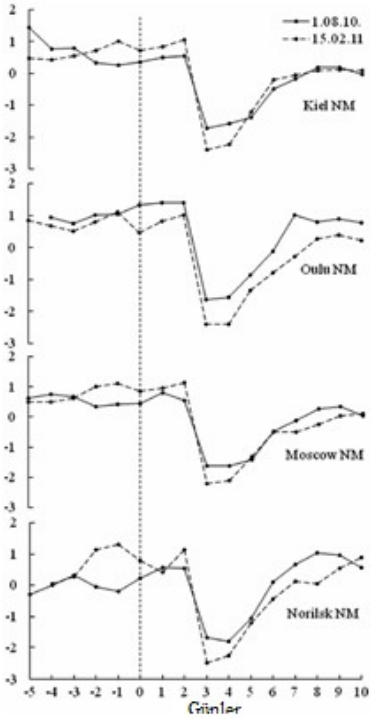
Saoud (2017) tarafından yapılan çalışma ile Groom (2002) tarafından verilen çizelge arasında özellikle deniz seviyesinde belirgin farklılık bulunmaktadır. Simulasyonda Marsilya'da müon/diğer oranı 0,49 iken Groom (2002) bu oranı Santa Cruz'da ~0,23 olarak hesaplamaktadır. Araştırmacıların birçoğunun bu farklı ölçümleri elde etmesi birçok değişkenin etki etmesinden ve farklı varsayımlarda bulunulmasından kaynaklanmaktadır.

Jothe ve Shrivastava (2011), Güneş rüzgarlarının kozmik ışın yoğunluğu üzerine etkilerini ölçmek için Dünya üzerinde dört farklı bölgede (Kiel, Oulu, Moskova ve Norilsk) araştırma yaptılar. Araştırmacılar 1 Ağustos 2010'da gerçekleşen Güneş lekesi 1092 ile ilintili Güneş rüzgarını ve 20 Temmuz 2010'da gerçekleşen büyük bir koronal kütle atımını incelediler (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 1 Ağustos 2010 Güneş lekesi 1092 ve 30 Temmuz 2010 CME ve SOHO Kronograf görüntüsü (Jothe ve Shrivastava 2011)

Dört ayrı istasyondan alınan kozmik ışın verilerine göre, olay gününden dört gün sonra tüm istasyonlarda kozmik ışın verisinde düşüş tespit edilmiştir (Şekil 2.9). Araştırmacılar, ancak güçlü Güneş rüzgarlarının "FD" (Forbush Decrease) oluşumunu tetikleyebildiğini belirtmişlerdir.

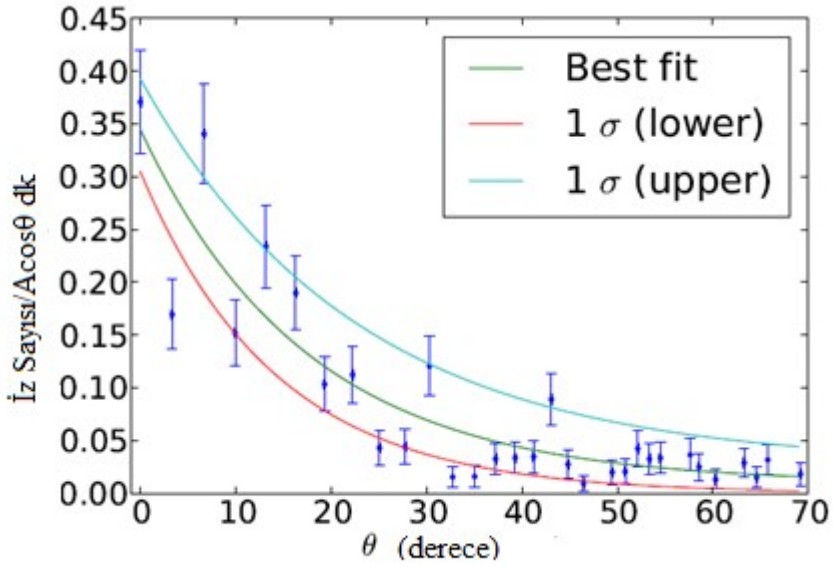


Şekil 2.9 Kiel, Oulu, Moskova ve Norilsk nötron istasyonlarından 1 Ağustos 2010 ve 15 şubat 2011 tarihlerinde gerçekleşen Koronal Kütle atımları sırasında alınan günlük kozmik ışın akısı verisi. "0" olay anı. Veriler olay günü -5 +10 gün aralığında gösterilmiştir. (Jothe1 ve Shrivastava 2010)

Kozmik ışınların kısa süreli azalması ve sonra kademeli olarak yükselişi Forbush decrease (FD) olarak nitelendirilmektedir[1]. Koronal kütle atımı (CME) ise manyetize Güneş plazmasının yüksek hızla uzaya saçılmasıdır. Bu iki etkinlik gezegenlerin manyetik alanında dalgalanmalara sebep olur (Jothe ve Shrivastava 2011).

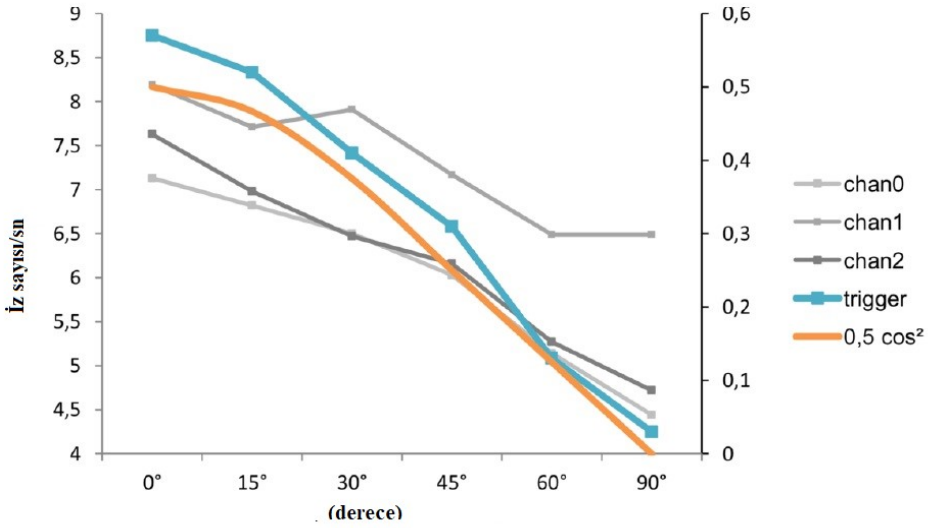
Bremer ve Nobels (2015), 77 ± 8 μm kalınlığa sahip KAF-6303E CCD kamera ile zenit doğrultusunda Gratma Teleskobu'nda (Groningen) yaptığı gözlemlerde müon akısını (2.03 ± 0.09) $dk^{-}cm^{-2}$ olarak kaydetmiştir. CCD üzerindeki izlerin müon / olay oranını ise 0.89 ± 0.05 olarak hesaplamıştır. Yapılan gözlemlerin ardından, zenite yakın açıyla gelen müon sayısının oldukça fazla olması nedeniyle bir açısal grafik oluşturmuşlardır (Şekil 2.10).

[1] Forbush Decrease (FD), Güneş'in Koronal Kütle Atımları (CME) ardından kozmik ışın akısının güçlü bir düşüş kaydetmesidir.



Şekil 2.10 Kozmik ışınların CCD zenit açısına göre değişim grafiği (Bremer ve Nobels 2015)

Schwerdt (2018), kozmik ışınların dedektörle açısal etkileşimini göstermek amacıyla yaptığı çalışmada Bremer ve Nobels (2015)'ten biraz daha farklı bir sonuca ulaşmıştır (Şekil 2.11).

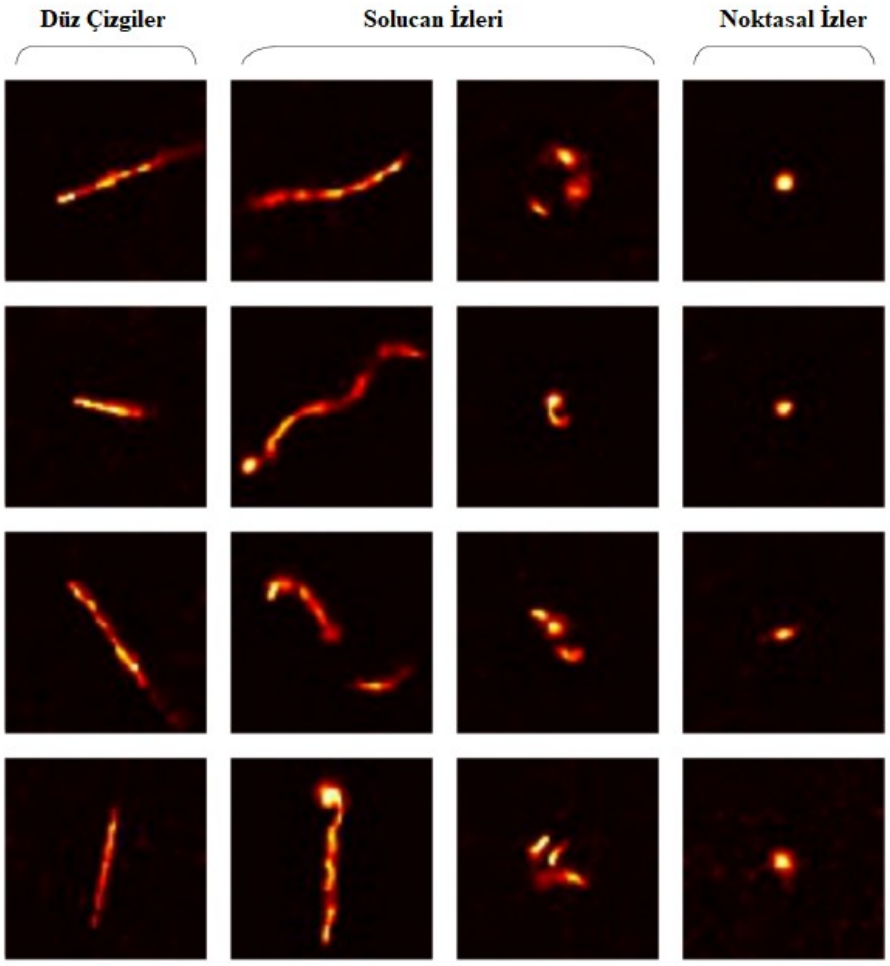


Şekil 2.11 Farklı dedektör ve üç ortak dedektörün aynı anda yakaladığı kozmik ışınları yakalayan trigger sisteminin farklı açılarda elde ettiği değişim grafiği (Schwerdt 2018)

CCD kullanımının oldukça yaygın olduğu günümüzde cep telefonlarına yüklenen bir yazılım sayesinde detaylı bir çalışma yapan DECO ekibi (Meehan 2015), Android tabanlı telefon kullanan katılımcıların uygulamayı çalıştırarak telefonun objektifinin önünü bant vb. ile kapatması ile dünya çapında 80 ülkede veri kaydı yapmaktadır.

Android yazılımı kullanan tüm cep telefonları yüklenen uygulama ile katılım sağlayabilmektedir. Kullanıcılar, programı çalıştırarak cep telefonu kameralarının önünü siyah band veya benzeri fiziksel bir kapak ile kapatırlar. Program belirli aralıklarla ~50 ms süreli görüntüler kaydederek piksellerde tarama yapar. Zaman kazanmak amacıyla görüntünün önce küçük çözünürlükteki taraması yapılır. Eğer bir olay yakalanırsa detaylı görüntü taranarak 5 dakikada bir alınan kalibrasyon görüntüsü ile temizlenir. Keşif yapılması durumunda görüntü veri merkezine internet yoluyla gönderilir, olay numaralandırılır, telefon model ve markası, android yazılım versiyonu, zamanı, jeolokasyonu, manyetik alan değerleri, basınç ve sıcaklık bilgileri ile kaydedilir.

Yazılım elde edilen izleri şekil açısından üçe ayırıp değerlendirmektedir: Düz çizgiler, (büyük çoğunluğu yüksek enerjili müonlardan oluşur) eğri solucan izleri (elektronlar), ve spotlar (birçok sebep olmakla birlikte genelde düşük enerjili elektron ve alfa parçacıkları sebep olur). Bu sınıflandırmayı ürettikleri yazılım yüzde 90 başarıyla gerçekleştirebilmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 DECO yazılımı kullanılarak tespit edilen CCD görüntülerinin sınıflandırılması. Track ve spot, yani düz izler ve spotlar tahmin edilebilir ve sabit şekillerdeyken worm, yani solucan olarak nitlendirilenlerin ise belirli ve tahmin edilebilir şekillleri yoktur. Görüntüler 64 x 64 piksel büyüklüktedir. (Meehan 2015)

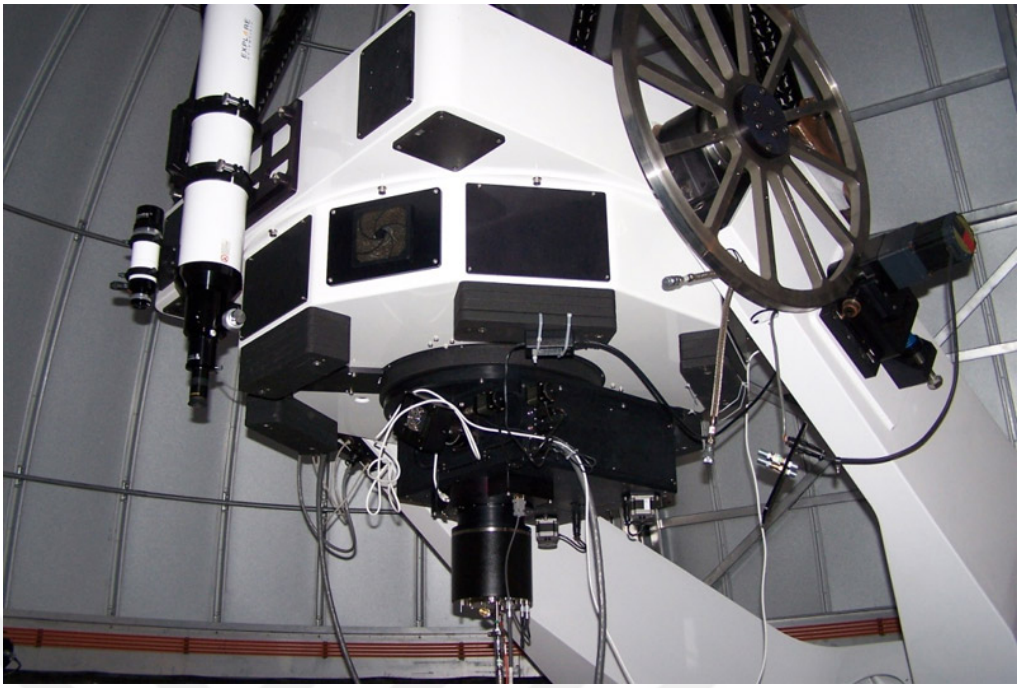
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu tez çalışmasının gözlemsel verisini, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) ve Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi (AÜKR) bünyesindeki teleskoplarla gerçekleştirilen gözlemlere yönelik 2008 – 2018 yılları arası veri arşivindeki "Dark" görüntüleri oluşturmaktadır.

3.1.1 TUG T100 Teleskobu

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nce özellikle geniş alanda çok renk ışıkölçüm (fotometri) veya konum belirleme (astrometri) amaçlı gözlemlerde kullanılmak üzere ABD'deki ACE firmasına yaptırılan 1,0 m ayna çaplı T100 Teleskobu 2-8 Eylül 2009 tarihleri arasında Bakırlıtepe Yerleşkesi'nde Güney Tepe'de bulunan T100 binasına ACE'den Dr. Peter Mack ve TUG Teknik Ekibi tarafından kurulmuştur (Şekil 3.1). TUG T100 Teleskobu'nda ilk ışık 7 Ekim 2009 gecesi alınmıştır. ACE tarafından geliştirilen ve Windows işletim sistemi üzerinde çalışan bir kontrol yazılımı ile kontrol edilen TUG T100 Teleskobu'nda çalışmalar, gözlem sorumlusu ve konuk araştırmacı ile birlikte, gözlem projesi esaslı olarak yürütülmektedir.



Şekil 3.1 TUG T100 Teleskobu

Odak düzleminde her birinde 8 adet yuva olan 2 adet süzgeç tekerleği, Spectral Instruments 1100 serisi 4Kx4K bir CCD (görüntüleme) ve SBIG ST402M CCD kamera (Takip Düzeltici-Autoguider) olan T100 Teleskobu'nda bilimsel gözlem projelerine Ekim 2010'da başlanmıştır.

TUG T100 Teleskobu'nun odak düzleminde ABD "Spectral Instruments" (SI) firmasının ürünü olan "SI 1100" serisi, "Cryo-cooler" soğutmalı CCD kamera kullanılmaktadır. Bu kamera 2010 Mayıs ayında TUG T100 Teleskobu'na takılarak testleri yapılmış ve 13 Mayıs 2010 gecesi ilk görüntü alınarak bilimsel gözlem projelerinde kullanılmaya hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.2).

Bu kamera ile birlikte gelen "Shutter" duzeneği son zamanlarda verimsiz çalıştığı için Bonn firmasına özel olarak yaptırılan 80 x 80 mm perde tipi bir "shutter" ile 6 Mayıs 2012 tarihinde değiştirilmiştir. Bu yeni "shutter" ile 1 ms'ye kadar kısa poz süreleri yüksek doğrulukla ($\Delta t < 0,3$ ms) kullanılabilmektedir.

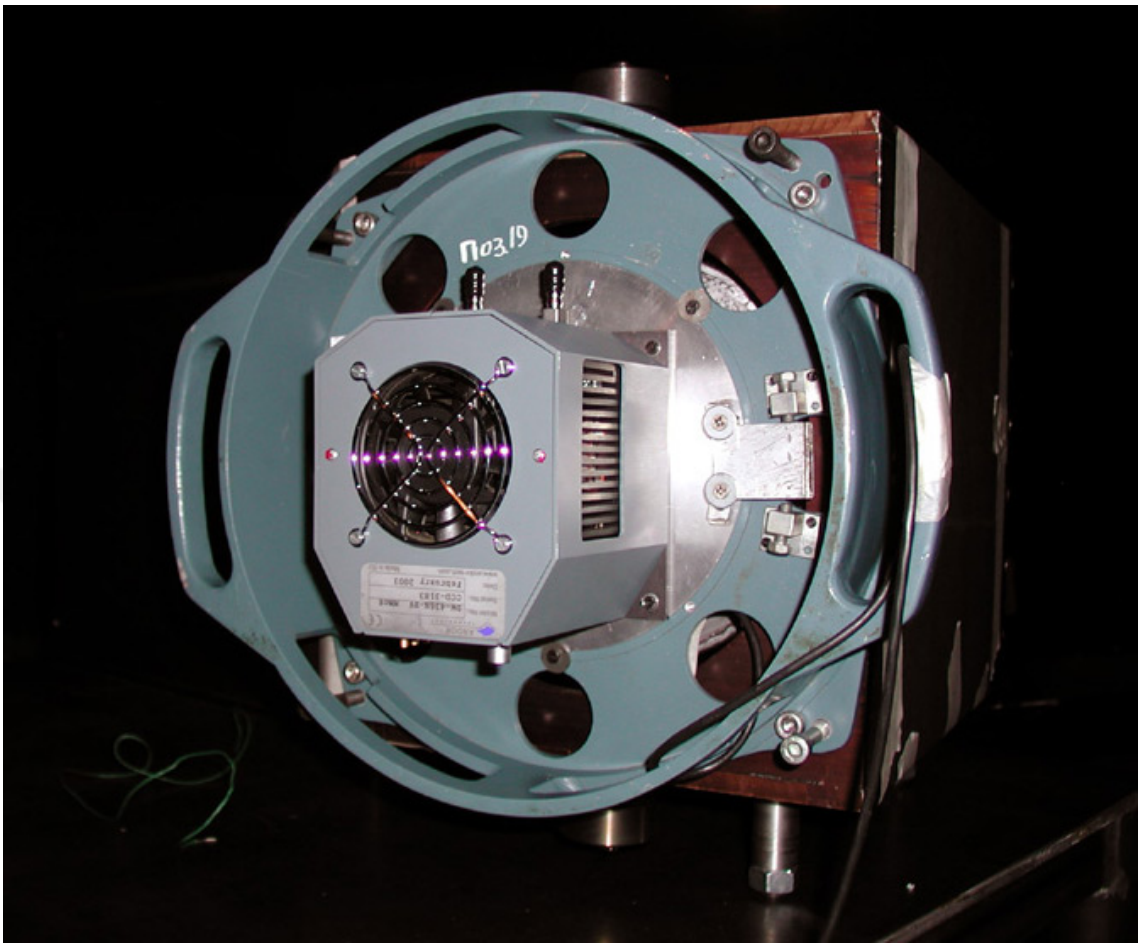
TUG T100 Teleskobu odak düzleminde Fairchild 486 BI marka CCD çipi kullanılmaktadır. 4096 (yatay) x 4097 (dikey) Full Frame CCD yongası piksel başına 15µm x 15µm alana sahip olup CCD'nin toplam aktif alanı 61.440 x 61.455 mm'dir. Arkadan aydınlanmalı yonganın 18 mikron aktif kalınlığı vardır ve CCD piksel "Binning" işlemine olanak sağlamaktadır. Binning işlemi "Dark"larda yoğun olarak kullanılmıştır. CCD'nin kullanım sıcaklığı -100 santigrad derece civarındadır.



Şekil 3.2 TUG T100 Teleskobu odak düzleminde kullanılan SI 1100 UV CCD Kamera

3.1.2 TUG RTT150 Teleskobu

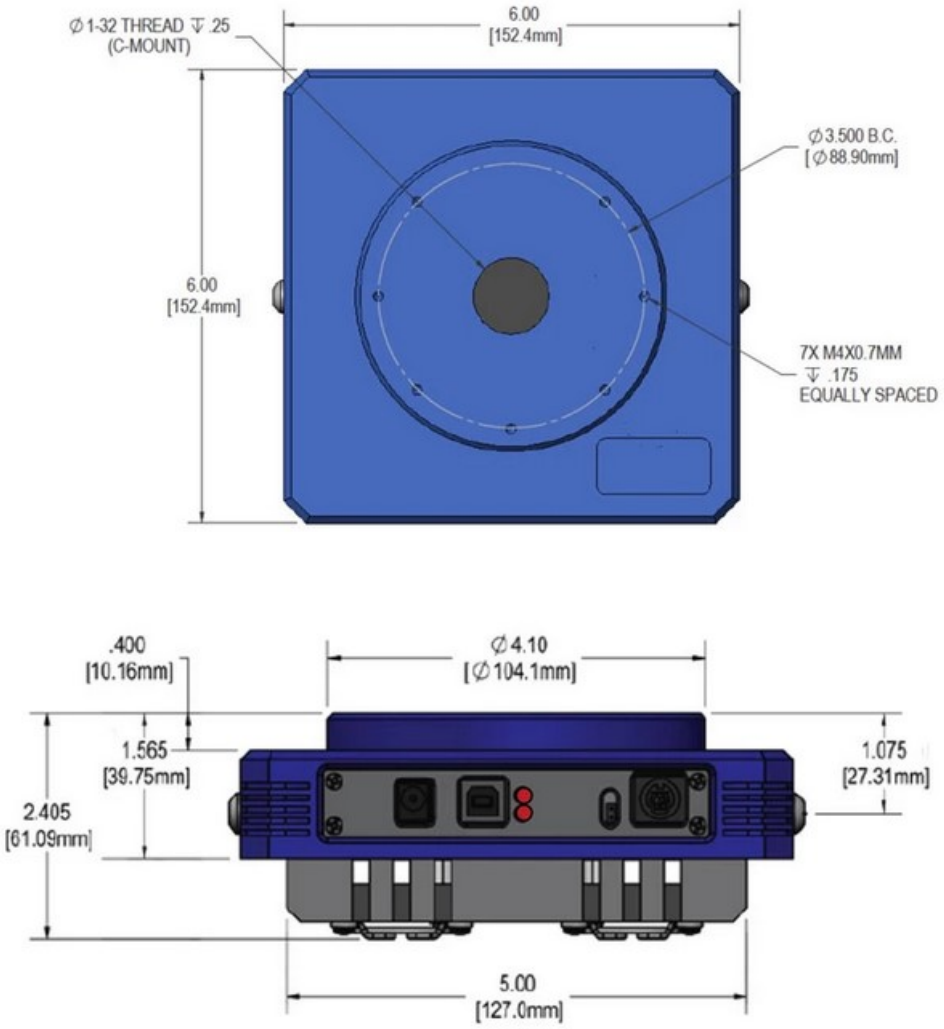
TUG RTT150 Teleskobu'nda "Coude" odağında kullanılan 1K x 1K SAO RAS CCD 2009 yılının Mayıs ayında arızasından dolayı Rusya'ya geri gönderilmiştir. Haziran 2009'da Coude kamerası olarak 2K x 2K Andor 436 CCD (2003) takılarak Coude'deki tayfsal gözlemlerde kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 3.3). 2048 x 2048 adet piksele sahip yonganın 27,6 x 27,6 mm alanı bulunmaktadır. CCD, -60 santigrad derece sıcaklıkta kullanılmaktadır. "Cassegrain" odağında bulunan TFOSC CCD'si ise Teleskop hareketi ile birlikte eksenini sürekli değiştirmesi ve "Dark" verisinin azlığı sebebiyle tercih edilmemiştir.



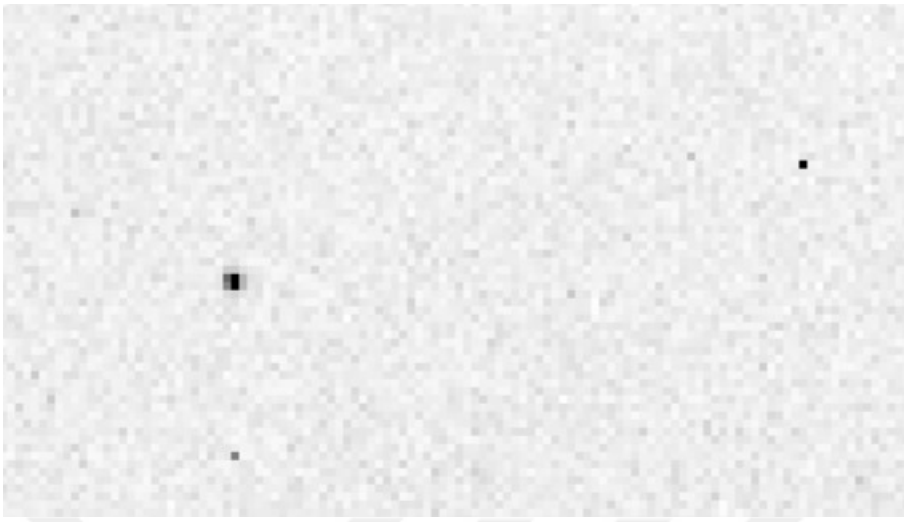
Şekil 3.3 TUG RTT150 Teleskobu Coude odağındaki 2Kx2K Andor 436 CCD (Anonim 2019)

3.1.3 AÜKR T35 Teleskobu

AÜKR T35 Teleskobu'nda Apogee ALTA E2V CCD47-10 arkadan aydınlanmalı CCD kamera kullanılmaktadır (Şekil 3.4). İlgili kamera, herbiri karesel 13 μm boyutuna sahip 1024 x 1024 adet pikselden oluşmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.4 Apogee ALTA E2V CCD47-10 teknik çizimi (Anonymous 2015)



Şekil 3.5 AÜKR T35 Teleskobu'ndan alınan bir CCD görüntüsü kesiti. Olası kozmik ışın izi (solda) ve piksel defekti (sağda ve altta)

3.2 Yöntem

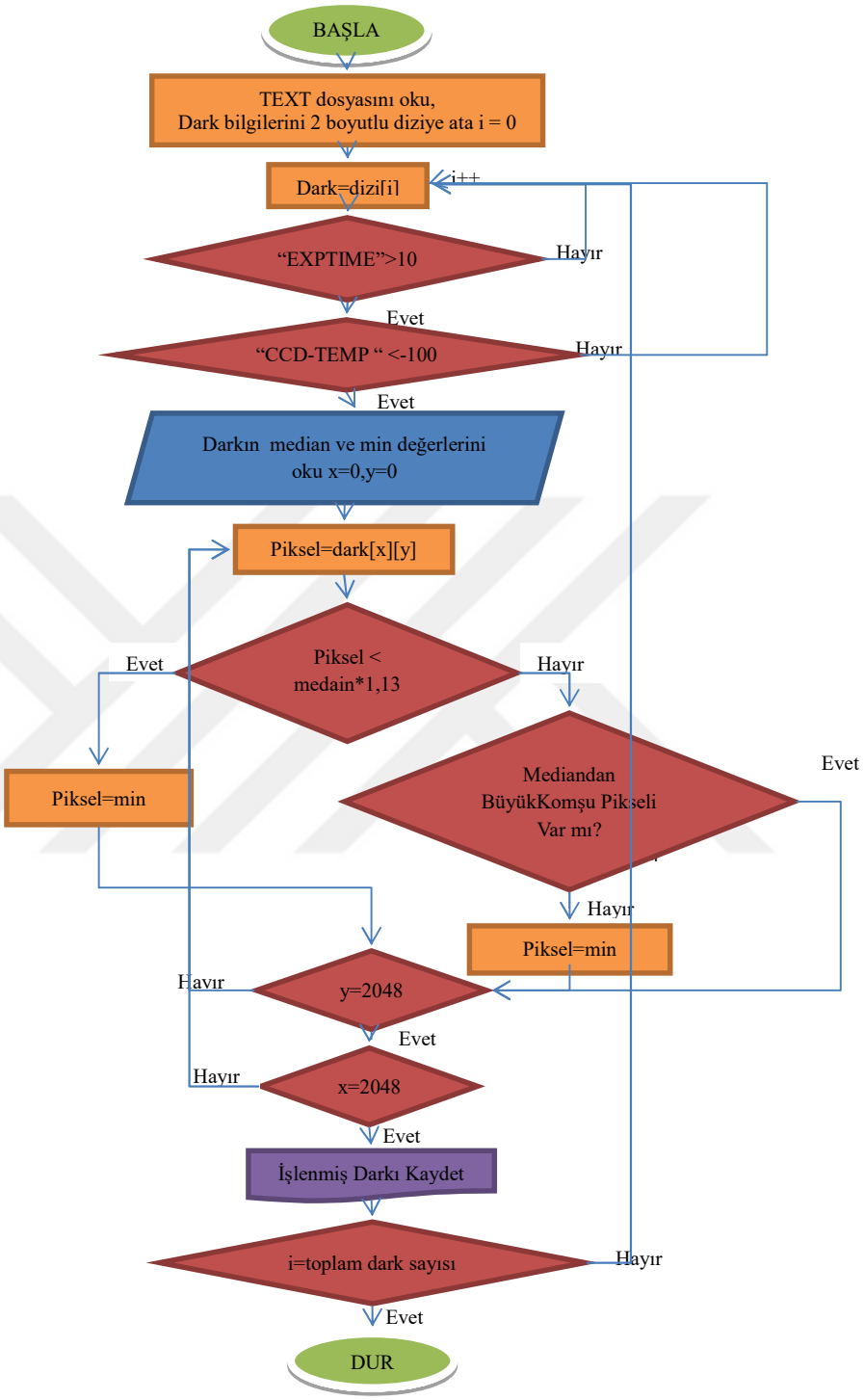
3.2.1 Analiz programı

Bu tez çalışması kapsamında "Dark" görüntülerinin işlenmesi amacıyla Python programlama dili kullanıldı. Astronomide tercih edilen programlama dili olan Python, özellikle "Astropy" gibi görüntü işlemeye yönelik etkin bir kütüphane içermesi bakımından bu tez çalışmasında da tercih nedeni olmuştur. Bu paket sayesinde fit(s) dosyalarında daha kolay işlem yapılabilmektedir. Ayrıca geliştirilen yazılımı test etmek amacıyla kullanılan ve Bölüm 3.2.2'de detaylı incelenecek olan "SExtractor" yazılımı da Python uyumludur.

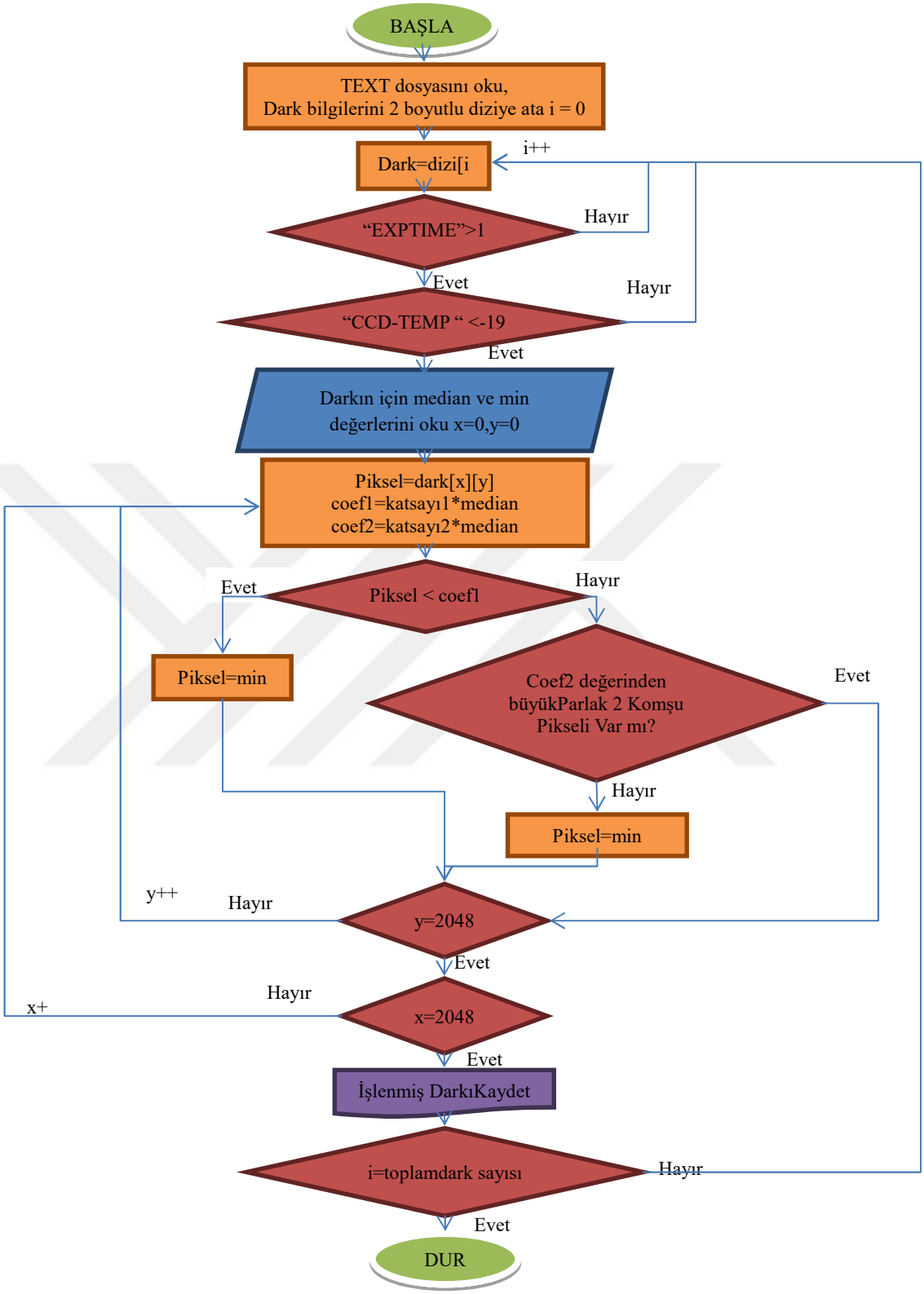
Geliştirilen uygulamanın amacı müon tespiti için piksel değerlerine bakarak görüntü işleme algoritması geliştirmek ve işlenen "Dark"larda kozmik iz sayımı yapmaktır.

Yazılım temelde 3 ana kısımdan oluşmaktadır:

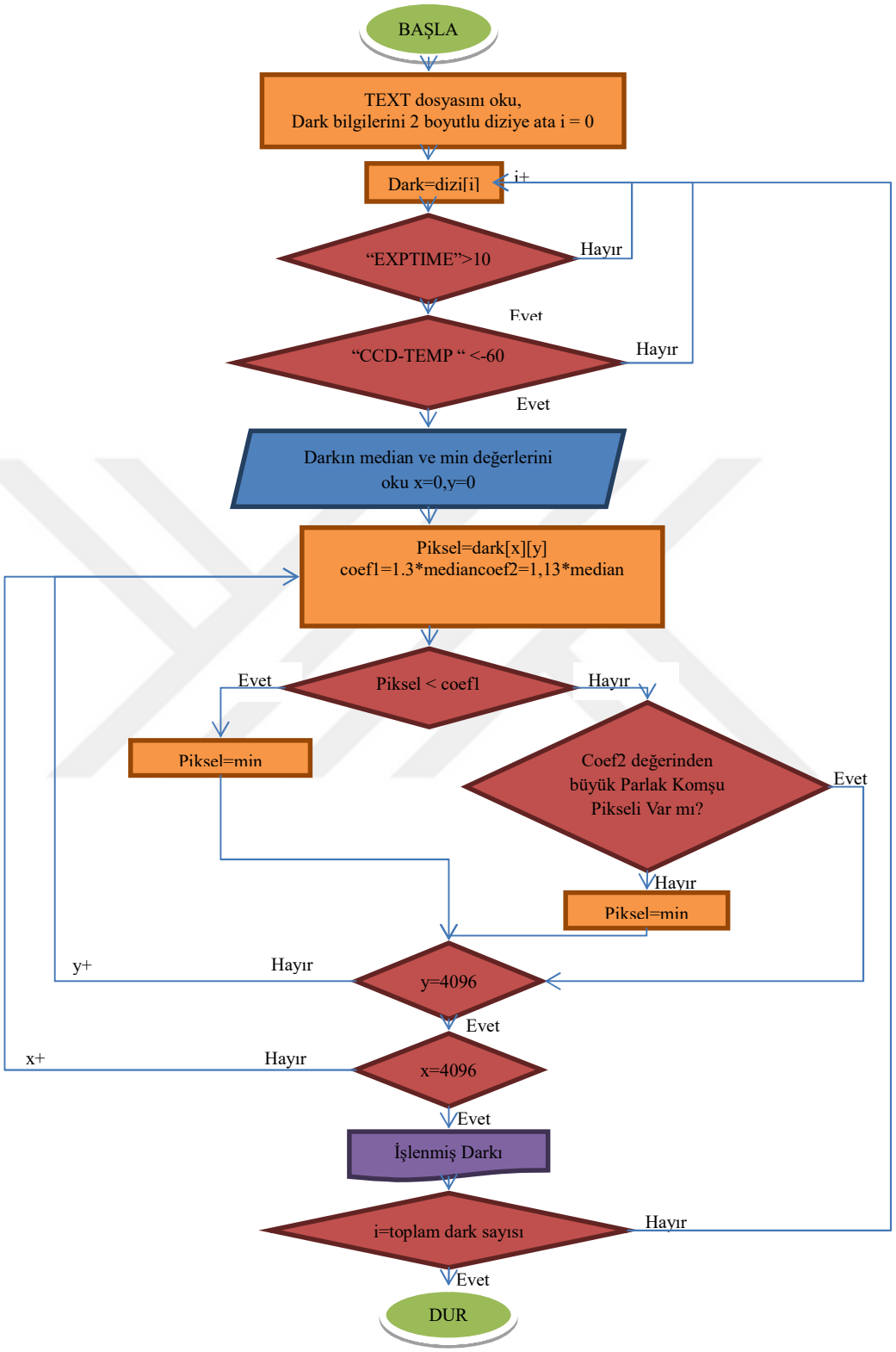
“Dark” Görüntülerinin İşlenmesi: Ön işlemlerde text dosyasında kayıt altına alınan “Dark” bilgileri bu adımda işlenmeye başlanır. Dosyadan okunan “Dark”lar sıra ile işleme alınır. Bu adımda yapılan işlemlerin her teleskop için akış diyagramı verilmiştir (Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8)



Şekil 3.6 TUG T100 Teleskobu "Dark" görüntüleri için görüntü işleme akış diyagramı

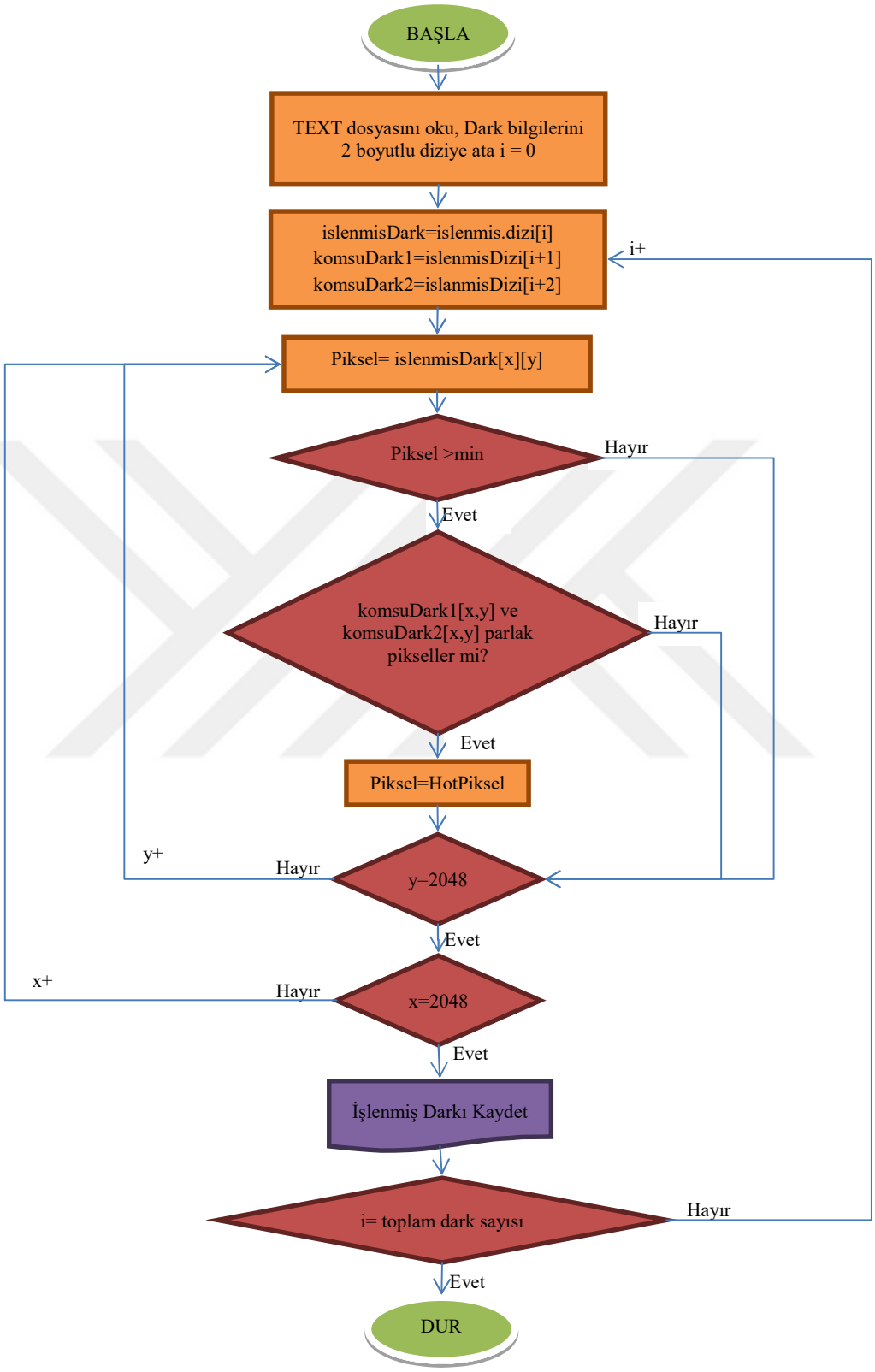


Şekil 3.7 AÜKR T35 Teleskobu "Dark" görüntüleri için görüntü işleme akış diyagramı

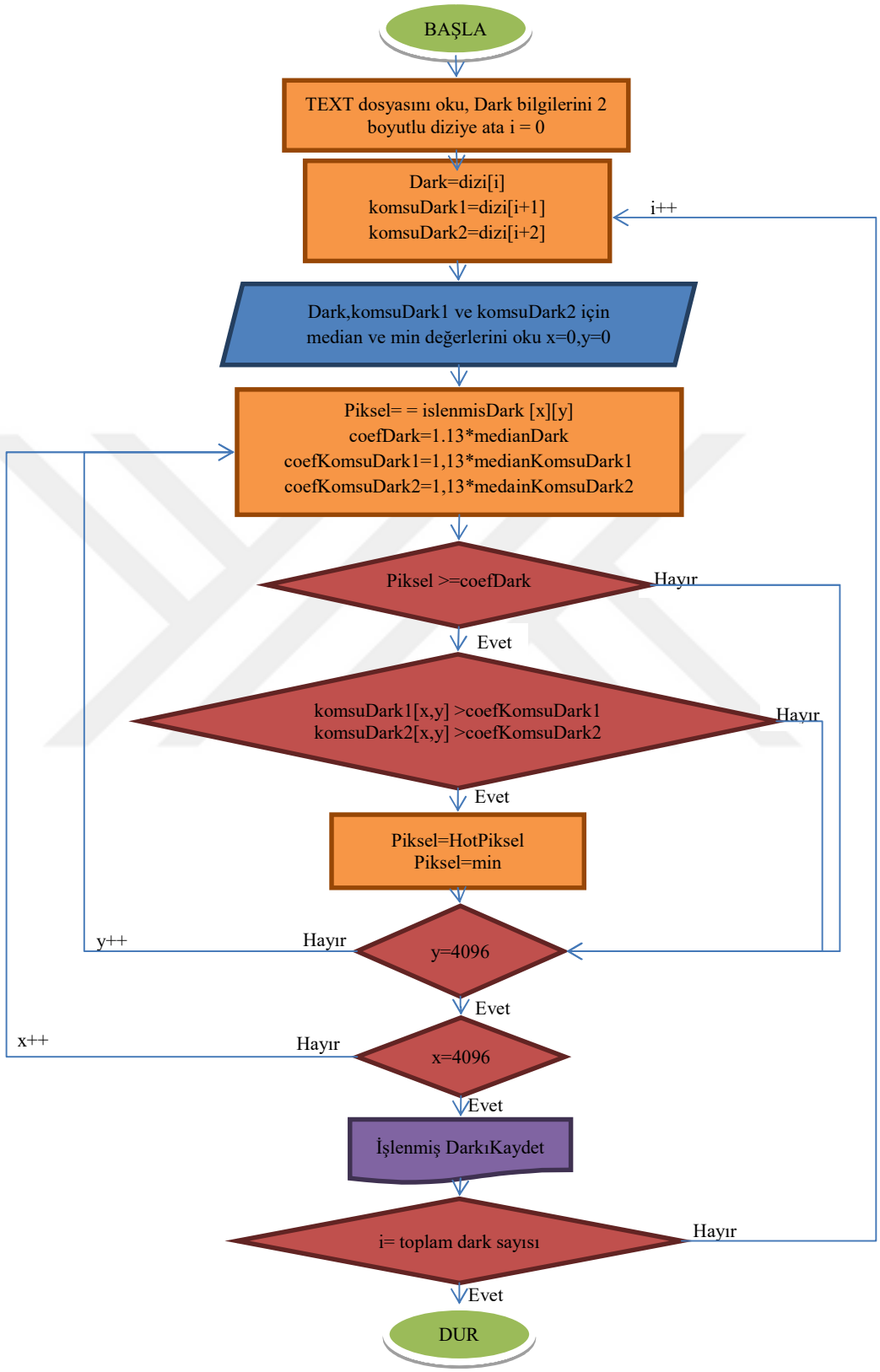


Şekil 3.8 TUG RTT150 Teleskobu "Dark" görüntüleri için görüntü işleme akış diyagramı

“Dark” Görüntülerinin Komşu “Dark” Görüntüleri ile Olan Durumunun Karşılaştırılması: Benzer şekilde TUG T100 ve AÜKR T35 teleskopları için “Dark” görüntülerinin ardıl “Dark” görüntüleri ile olan durumunun karşılaştırılması amacıyla kod geliştirilmiştir (şekil 3.9 ve Şekil 3.10).



Şekil 3.9 TUG T100 ve AÜKR T35 Teleskobu "Dark" görüntüleri için ardıl "Dark" görüntüleri ile karşılaştırılması akış şeması



Şekil 3.10 TUG RTT150 Teleskobu “Dark” görüntüleri için ardıl “Dark” görüntüleri ile karşılaştırılması akış şeması

İz Sayma İşlemleri: “Dark”ın kendi piksel parlaklık durumları ve komşu “Dark”lar ile olan durumları yukarıdaki işlem adımlarından geçtikten sonra, müonlar diğer gürültülerden ve bozuk (hot) piksellerden temizlenmiş bir şekilde elde edilmektedir. İki farklı işlem adımından geçen “Dark”larda müon sayma işlemi bu adımda uygulanmaktadır. 7 x 7 piksellik filtre kullanılarak piksel sayma işlemi yapılmaktadır (Filtre kullanım sebebi, bilgisayarların görüntü işleme sürecini hızlandırma amaçlıdır. Yapılan testlerde en hızlı sonucun 7 x 7 piksellik filtreden alındığı görülmüştür). Bu filtre içerisinde kalan alanda eğer minimum değerin üzerinde bir piksel varsa burada iz olduğu tespit edilerek sayma işlemi gerçekleşir. Her Dark için sayılan izler bir dosyada kayıt altında tutulur.

Bu 3 ana durum için gerekli ön işlem adımları aşağıdaki gibidir:

Sıkıştırılmış Dosya Sayısını Bulma ve Zipten Çıkartma: Gözlemevi’nden “Dark” görüntüler sıkıştırılmış (zip) formatta teslim alınmıştır. Bu “Dark”ların hepsinin “zip”’ten çıkartılması fazla zaman alacağı için bu işlem yazılım ile gerçekleştirilmiştir.

Fits Dosya Sayısı Bulma: Farklı dosyalarda bulunan “fits” dosya sayısını tek bir yol göstererek kolay bir şekilde saymaktadır.

Aynı “Dark”ları Tespit Etme ve Silme: Gözlemevi’nden gelen “Dark”larda farklı isimler ile kaydedilmiş aynı “Julian tarihi” verisine sahip “Dark”lar mevcuttur. Bu “Dark”lar “Başlık - Julian tarihi” değişkeni ile tespit edilerek aynı olan “Dark”tan bir tanesini silmektedir.

Poz Süresi 10 Saniye Altı “Dark”ları Tespit Etme ve Silme: Yapılan gözlemlerde kısa poz süreli “Dark”lardaki müon izi sayısının analizi bozacak şekilde fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu fonksiyon, “Dark” görüntülerinin başlık bilgilerine bakarak “EXPTIME” değeri 10 saniyenin altında olan “Dark” görüntülerini silmektedir.

Başlıklarda “JD” Değeri Olmayan “Dark”ları Tespit Etme ve Silme: Başlıklarda herhangi bir tarihi bilgisi bulunamayan “Dark” görüntüleri iptal edilir.

Başlıklarda “Temp” Değeri Farklı “Dark”ları Tespit Etme ve Silme: “Dark”larda CCD sıcaklık değerinin -100 santigrad dereceden daha sıcak olması durumunda CCD gerektiği kadar soğumadığı için sağlıklı kozmik ışın tespiti yapılamamaktadır. Bu fonksiyon “CCD - TEMP” başlık bilgisi olmayan “Dark”ları tespit ederek siler.

Uzantısı Bozuk “Dark” Görüntülerini Bulma ve Düzeltme: Bazı “Dark”larda, örneğin, “Dark01.fits(01)” gibi aslında fit(s) dosyası olup uzantısı bozulmuş “Dark”lar mevcuttur. Bunların işleme alınabilmesi için uzantı düzeltmesi yapar.

“Binning” Uygulanması: TUG T100 Teleskobu’nda gözlemevinden gelen verilerin büyük bir kısmı binning işlemi yapılarak tutulurken bir kısmı ham hali ile bulunmaktadır. Yapılacak olan uygulama sürecinde son verilerin sağlıklı olabilmesi için tüm dakların başlangıç noktalarının aynı olması gerekmektedir. Bu adımda binning yapılmayan “Dark”lara “Binning” işlemi uygulanmıştır. Dört karenin ortalaması alınarak bir kareye aktarılması ile 4096 x 4097 boyutlarındaki “Dark” 2048 x 2048 boyutlarına inmiştir.

Tüm “Dark” Görüntüleri İçin Kayıt Oluşturulması: “Dark”larda medyan bulma, görüntü işleme uygulama ve kozmik ışın sayma işlemlerine başlamadan önce kayıt oluşturarak

tüm “Dark”ları tek bir text dosyasına toplar. Bu dosyada her satır bir “Dark”ı temsil eder. Her “Dark”ın tarihi, saati, boyutu, dosya adı ve dosya yolu tutulur. Sonraki adımlarda yapılacak olan işlemlerde bu text dosyası kullanılır.

Tüm “Dark” Görüntülerinin Medyan ve Minimum Değerlerinin Bulunması: Yazılımın ana çalışma mantığı kozmik izlerin, “Dark”ların ortalama parlaklığından daha fazla olması üzerine kurulmuştur. Bu sebeple “Dark”lar üzerinde görüntü işleme algoritmaları uygulanırken medyan ve minimum piksel değerleri baz alınacaktır. Kayıt altına alınan text dosyasındaki tüm dakların medyan ve minimum piksel değerleri bulunarak ayrı bir dosyada tutulur. Birçok ileri adımda da medyan değeri kullanılmaktadır. Her defasında bu hesapları yapmamak için tek bir defaya mahsus medyan ve minimum değer bulma işlemi uygulanmaktadır. Bu fonksiyonda “Dark”ın tüm piksel değerleri bir dizide tutularak dizi küçükten büyüğe sıralanarak ilk elemanı minimum ise dizinin orta elemanı medyan değer olarak kalır.

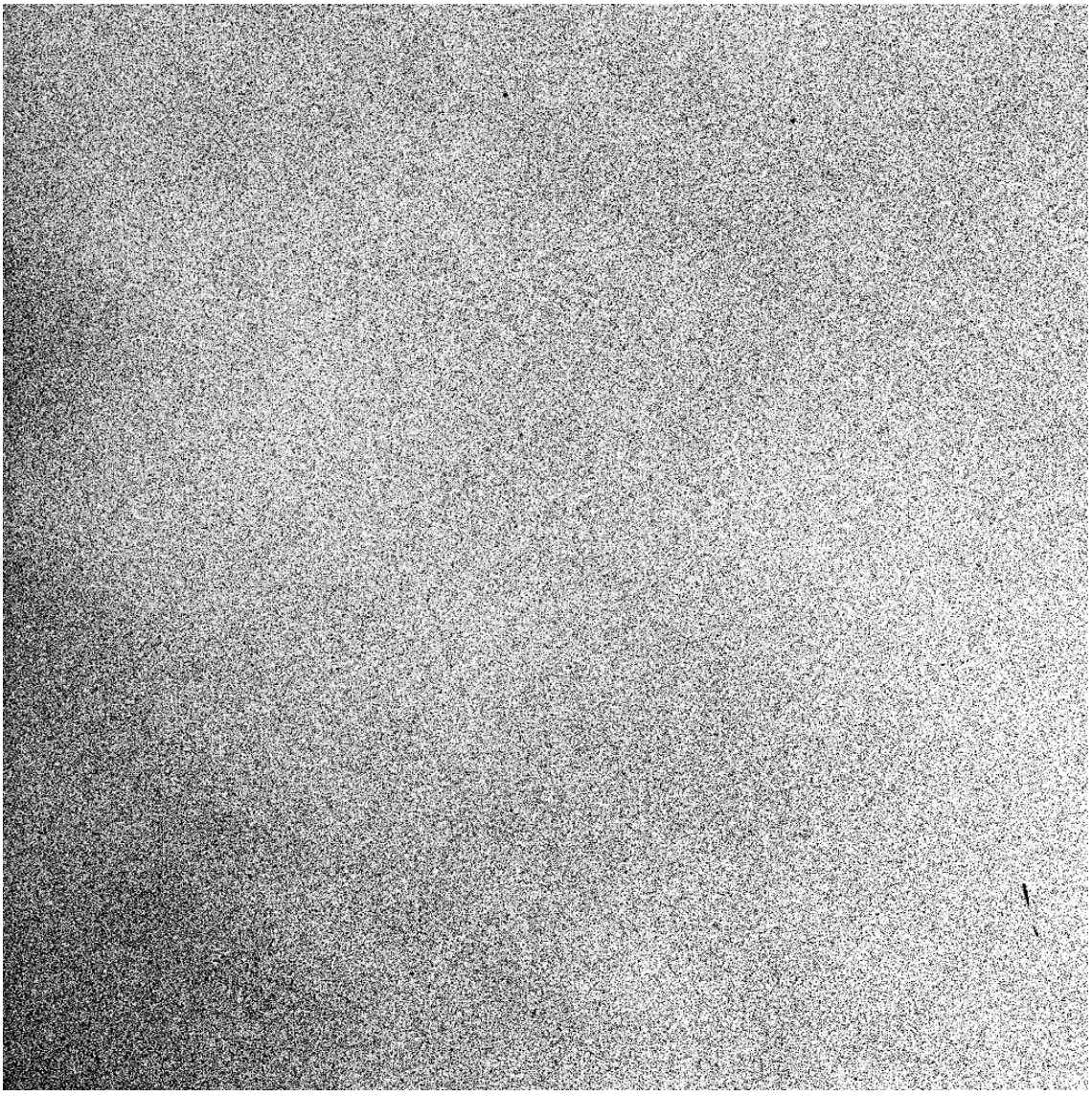
Sağ Kısmı Çizgili “Dark”ların İşlenmesi: “Dark” görüntülerinden sağ alt köşesi teknik olarak sorunlu olan piksellerin temizlenmesini sağlar. Bu hata sürekli olarak aynı bölgede bulunduğu için x-düzleminde 1948 - 2048 aralığı ile y-düzleminde 0 - 1050 piksel aralıklarını minimum değere eşitler.

Sol Kısmı Çizgili “Dark”ların İşlenmesi: “Dark” görüntülerinden sol alt köşesi teknik olarak sorunlu olan piksellerin temizlenmesini sağlar. Bu hata sürekli olarak aynı bölgede bulunduğu için x-düzleminde 0 - 100 aralığı ile y-düzleminde 0 - 1050 piksel aralıklarını minimum değere eşitler.

Belirli Bir Köşesi Yoğun “Dark”ları Tespit Etme ve İşleme: TUG T100 ve AÜKR T35 Teleskobu’nun teknik sorunlarından dolayı bazı “Dark”larda ¼ ‘ lük alanının diğer alanlara göre daha parlak piksel değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. TUG T100

Teleskobu'nda bu "Dark"ları işlem dışı bırakmamak için daha parlak olan ¼ 'lük alan tespit edilerek "Dark"ın medyan değerine eşitlenmiştir. Bu parlak alan tespitinde "Dark" görüntüsü dört eşit parçaya bölünerek her parçanın ayrı medyan değeri alınmış ve medyan değeri diğerlerine göre belirli bir aralığın üzerinde olan alan sorunlu olarak kabul edilmiştir. Bu durumda ¾ 'lük alanda kozmik ışın tespiti yapılacaktır. Bunun eşit dağılımlı olabilmesi için son işlem adımlarında kozmik ışın sayısı tespit edildikten sonra bu adım işlemi yapılan "Dark"larda kozmik ışın sayısı 4/3 ile çarpılmıştır.

AÜKR T35 Teleskobu'nda ise bir bölgedeki fazlalık keskin bir şekilde diğer bölgelerden ayırt edilemediğinden dolayı mevcut sorunu çözmek amacıyla bu "Dark"lar tamamen işlem dışına alınmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 AÜKR T35 “Dark”larında sık görülen köşe hatası, negatif görüntü. Sol alt köşedeki yüzlerce iz sayımı çıkabilmektedir.

3.2.2 Test ve kalibrasyon

Tez kapsamında hazırlanmış olan yazılımın başarısının sınanması için yüzlerce kez “Dark”lar gözlemsel olarak incelendiği gibi farklı bir yazılım olarak SExtractor (Bertin & Arnouts 1996) ile de sonuçlar kıyaslanmıştır.

SExtractor yazılımı öncelikli olarak arkaplan gürültüsünü tespit ederek ayırmaktadır. Bu tespit için farklı katsayılar uygulanarak hangi değerin başarılı olduğunun kararı kullanıcıya bırakılmaktadır. Bunun yanında bir öbeğin minimum kaç piksel değere sahip olması gerektiği de kullanıcının tercihine bırakılmıştır. AÜKR T35 "Dark"larından rastgele alınmış 20 "Dark" görüntüsü SExtractor yazılımının üç ayrı değeri girilerek test edilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1'den de görüldüğü üzere, gözlemsel değerler geliştirilen yazılımın değerlerine daha yakındır. SExtractor'un bazı "Dark"larda başarısız olma sebebi, AÜKR T35 Teleskobu'na özel olarak hazırlanmamış olmasıdır. Ayrıca, tez kapsamında hazırlanan yazılımda bir izin etkilediği minimum piksel sayısı 3 olarak kabul edilmiştir (Groom 2002). SExtractor bu değerleri daha yüksek alabilmektedir. Piksel sayısını bu kadar yüksek seçilme sebebi, bazı CCD'lerde gürültünün oldukça yüksek olma ihtimali ve hatalı iz saymaktan ziyade varlığından emin olunan izleri saymayı tercih etmiş olmalarıdır. SExtractor, ardıl dark görüntülerini de kıyaslamamaktadır.

Tüm bu tercihlerden öte, CCD'nin kendine has elektronik hatalarının ayıklanması oldukça zordur. Belirli köşelerde yoğun hataların olduğu "Dark"larda SExtraxtor iki üç kata kadar fazla sayım yapmıştır.

Bu veriler ışığında tez kapsamında hazırlanmış olan yazılımın başarılı olduğuna ve tüm "Dark"ların işlenme aşamasına geçilmesine karar verilmiştir.

Çizelge 3.1. SExtractor yazılımı ile TUG T100 "Dark" görüntülerinden tespit edilen olası izlerin sayımı. Gözlemsel değerler ile tez çalışması sonucu elde edilen yazılımın sonuçları kıyaslandığında tez çalışması yazılımının daha başarılı olduğu görülmektedir. Katsayı değeri piksel değerinin arkaplan ortalamasından kaç kat fazla olduğunu belirtmektedir. Min8 ve min4 değerleri ise en az kaç parlak pikselin bir arada olması gerektiğini sınırlar.

Dark no	Tarih	Poz süresi	Min8 katsayı 6	Min4 katsayı 10	Min4 katsayı 20	3 değerin Ortalaması	Tez Yazılımı	Göz ile tespit	Açıklama
449.fits	27.08.2014	120	144	140	119	134	198	~199	Normal Dark
7061.fits	21.10.2014	150	302	153	148	201	195	~186	Normal Dark
834.fits	16.12.2014	150	304	163	143	203	210	~164	Parlak tek piksel sayısı çok fazla
1005.fits	26.03.2015	150,3	222	185	180	195	254	~240	
1474.fits	20.08.2015	200	218	212	190	206	285	~280	
1605.fits	5.10.2015	120	257	208	190	218	260	~250	
1921.fits	20.11.2015	240	303	309	237	283	412	~400	
1935.fits	23.11.2015	90	189	131	120	146	164	~160	
2231.fits	28.12.2015	240	314	262	243	273	354	~330	
3298.fits	19.07.2016	15	213	77	66	118	57	~54	Sağ üst köşe medyan düşük
3300.fits	19.07.2016	25	171	43	39	84	55	~51	Sağ üst köşe medyan düşük
3301.fits	19.07.2016	35	214	66	59	113	106	~98	
3302.fits	19.07.2016	40	181	42	37	86	98	~103	
4908.fits	6.03.2017	20	296	128	114	179	63	67	Sağ alt hatalı Dark
4913.fits	6.03.2017	30	916	735	650	767	86	92	Sağ alt hatalı Dark
4925.fits	6.03.2017	40	222	59	51	110	142	131	Sağ alt hatalı Dark
4926.fits	6.03.2017	45	204	35	34	91	115	108	Sağ alt hatalı Dark
4909.fits	7.03.2017	300	917	774	705	798	510	1/2 sinde 274	Sağ alt hatalı Dark
4964.fits	20.03.2017	500	703	523	469	565	791	~770	
5189.fits	22.05.2017	200	926	773	712	803	363	1/4 ünde 336	Normal Dark

4. BULGULAR

4.1 TUG T100 Teleskobu

Yazılım ilk olarak TUG T100 “Dark”ları üzerinde denenmiştir. TUG T100 “Dark”ları 2010 -2018 yılları arasında alınmış 18049 adet görüntüden oluşmaktadır. Özel kullanım amaçlı farklı formatta alınmış “Dark”lar ve hatalı dosyalar dışında kullanılabilir durumda olanlar ise 16606 tanedir. Bu görüntüler binning yapılmış ve yapılmamış olarak iki farklı türde saklanmıştır. Binning işlemi kabaca her dört pikselin bir araya getirilerek parlaklık ortalaması alınarak toplam piksel sayısının dört kat azaltılmasıdır. Sorunlu tek bir bozuk pikselin etrafındaki diğer üç normal piksel ile ortalamasının alınması, bozuk pikselin parlaklığını ortalamaya yaklaştırıp elenmesini de sağlayabilir, ancak tam tersi olup tek bir piksel parlak olarak görülmeye devam da edebilir. Üç veya dört piksele etki etmiş bir kozmik ışının da tek bir piksele sıkıştırılması sebebiyle taramalarda bozuk piksel ile karışabilir. Görüntülerin %58’ine (9547) binning uygulandığından, kozmik ışın taramalarında kayıp olması kaçınılmazdır. Bu sebeple yazılım, binning yapılmamış tüm “Dark”ları binning yaparak işlemeye başlamıştır.

Uzun yıllara dayanan verinin birbirini tekrar etme, “Dark” görüntüsü yerinde “Bias” veya içerisinde yıldızların bulunduğu optik görüntü olması, sıcaklığın yeterince soğutulmadan “Dark” görüntüsünün alınması gibi hatalarla sık sık karşılaşılmıştır. Bu sorunların elimine edilmesi için “Dark” görüntülerinin “Başlık” verileri taranmıştır (Çizelge 4.1). Bu veride Exptime, “CCD – Temp”, “Date – Obs”, “JD”, “Julian, UT – time” verileri incelenmiştir.. Aynı ana denk gelen bir başka “Dark” görüntüsü var ise işlem dışı bırakılmıştır. Bazı görüntülerin “Dark” görüntüsü olmamasına rağmen “Dark” olarak kayıt altına alındığının görülmesinden dolayı, bu sorun başlık verisi ile çözülememiştir (Çizelge 4.2). CCD - Temp bilgisi ise bazı “Dark” görüntülerinde kaydedilmemiştir.

Bu sebeple sadece bu bilginin olduğu “Dark”larda -100 santigrad derece üstü işlem dışı bırakılmıştır (16606’da 110 görüntü).

Çizelge 4.1 TUG T100 “Dark” görüntüleri yıllık verileri. Aynı formatta olan “Dark”lar oldukça yakın dosya büyüklüğüne sahiptir. 2010 ve 2011 yıllarında ağırlıklı olarak binning yapılmamış (32 mb) “Dark” görünüsü bulunmaktayken, 2012 ve 2013 yıllarında bu oran dengelenmiş, son 5 senede ise görüntüler çoğunlukla binning (8 mb) yapılarak kaydedilmiştir.

Yıl	Toplam Dark	32 mb	8 mb	2 mb	14 mb	183 kb	3 mb	İşleme Alınan
2010	1175	425	169	581	0	0	0	421
2011	4729	3545	359	721	104	0	0	2150
2012	3375	1649	1696	30	0	0	0	1911
2013	1300	645	655	0	0	0	0	467
2014	1135	347	788	0	0	0	0	773
2015	1418	163	1255	0	0	0	0	1105
2016	2352	103	2246	0	0	3	0	91
2017	1385	145	1236	0	0	1	3	181
2018	1180	37	1143	0	0	0	0	746
TOPLAM	18049	7059	9547	1332	104	4	3	7845

Çizelge 4.2 TUG T100 Teleskobu başlık verisi

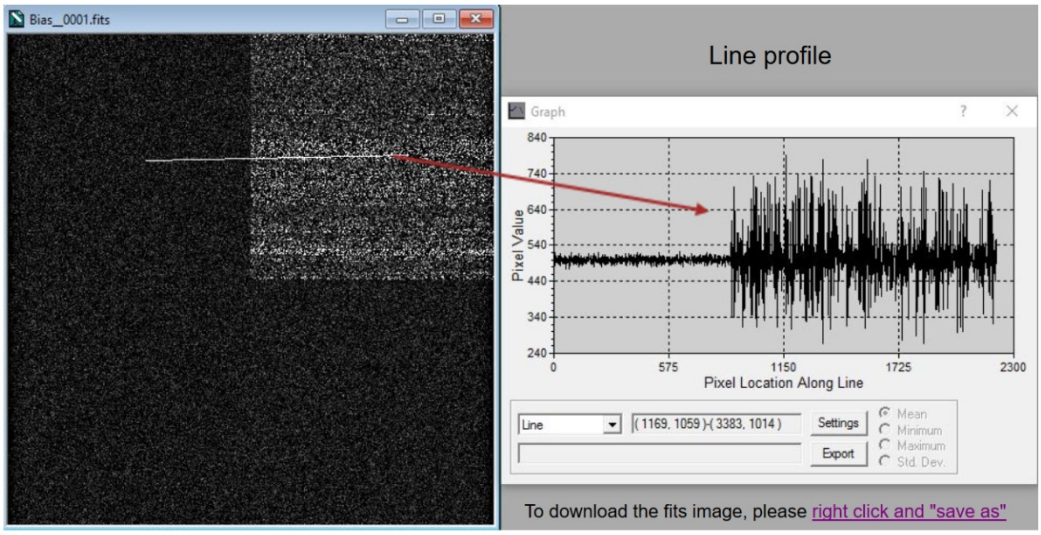
```
DATE-OBS= '2018-01-06T15:09:15.14' /YYYY-MM-DDThh:mm:ss observation start, UT
EXPTIME =   30.000000000000000 /Exposure time in seconds
EXPOSURE=   30.000000000000000 /Exposure time in seconds
SET-TEMP=  -95.000000000000000 /CCD temperature setpoint in C
CCD-TEMP=  -95.049999999999983 /CCD temperature at start of exposure in C
XPIXSZ  =   30.000000000000000 /Pixel Width in microns (after binning)
YPIXSZ  =   30.000000000000000 /Pixel Height in microns (after binning)
XBINNING=                    2 /Binning factor in width
YBINNING=                    2 /Binning factor in height
XORGSUBF=                    0 /Subframe X position in binned pixels
YORGSUBF=                    0 /Subframe Y position in binned pixels
IMAGETYP= 'Dark    '   /        Type of image
JD      =   2458125.1314252317 /Julian Date at start of exposure
FOCALLEN=   10000.000000000000 /Focal length of telescope in mm
APTDIA  =   1000.0000000000000 /Aperture diameter of telescope in mm
APTAREA =   227500.00000000000 /Aperture area of telescope in mm^2
EGAIN   =  0.56999999284744263 /Electronic gain in e-/ADU
SWCREATE= 'MaxIm DL Version 5.12' /Name of software that created the image
SBSTDVER= 'SBFITSEXT Version 1.0' /Version of SBFITSEXT standard in effect
OBJECT  = 'DARK'
TELESCOP= 'ACE T100 Telescope'
INSTRUME= 'Spectral Instruments ASCOM Driver by ACE, Inc.'
OBSERVER= 'D.Kocak, T.Icli'
NOTES   = 'Notes   '
FLIPSTAT= 'Mirror  '
OBSERVAT= 'TUBITAK National Observatory'
LOCATION= 'Turkey  '
UT_DATE = '2018-01-06'
UT_TIME = '15:09:15'
JULIAN  = '2458125.13142    JD         7 / 365'
TELFOCUS=                102845
FILTER  = 'W1:04 R W2:00 Empty' /Filter used when taking image
OBJCTRA = '00:19:11' /          Nominal Right Ascension of center of image
OBJCTDEC= '+36:48:34.8' /       Nominal Declination of center of image
EPOCH   = '         '
CENTAZ  = 'Zenith  ' /          Nominal Azimuth of center of image in deg
CENTALT = '89:59:06' /          Nominal Altitude of center of image in deg
OBJCTHA = '-00:00:02.9' /       Nominal hour angle of center of image
SIDEREAL= '00:19:07.4'
TELSECZ = '1.000   '
SITELAT = '+36 49 17.000' /     Latitude of the imaging location
SITELONG= '02 01 20.533' /      Longitude of the imaging location
SITEELEV= '2496.00   / Meters'
DOMEAZ  = '89.200  '
CONTROL = 'ACE Robotic Control System / www.astronomical.com'
COPYRITE= '(c) 2005'
SWOWNER = 'Tubitak National Observatory' /Licensed owner of software
```

TUG T100 verisinde yaşanan ikinci sorun, “Dark” görüntülerinin sol altından başlayarak yukarıya çıkan kolon hatasıdır, ancak bazı “Dark”larda hata sağ alt köşede belirli bir bölgede de görülebilmektedir (Şekil 4.1). Bu hatanın çözümü için yazılım yardımıyla tüm “Dark” görüntülerinin yüzde 5’lik bir kısmı iptal edilmiştir.



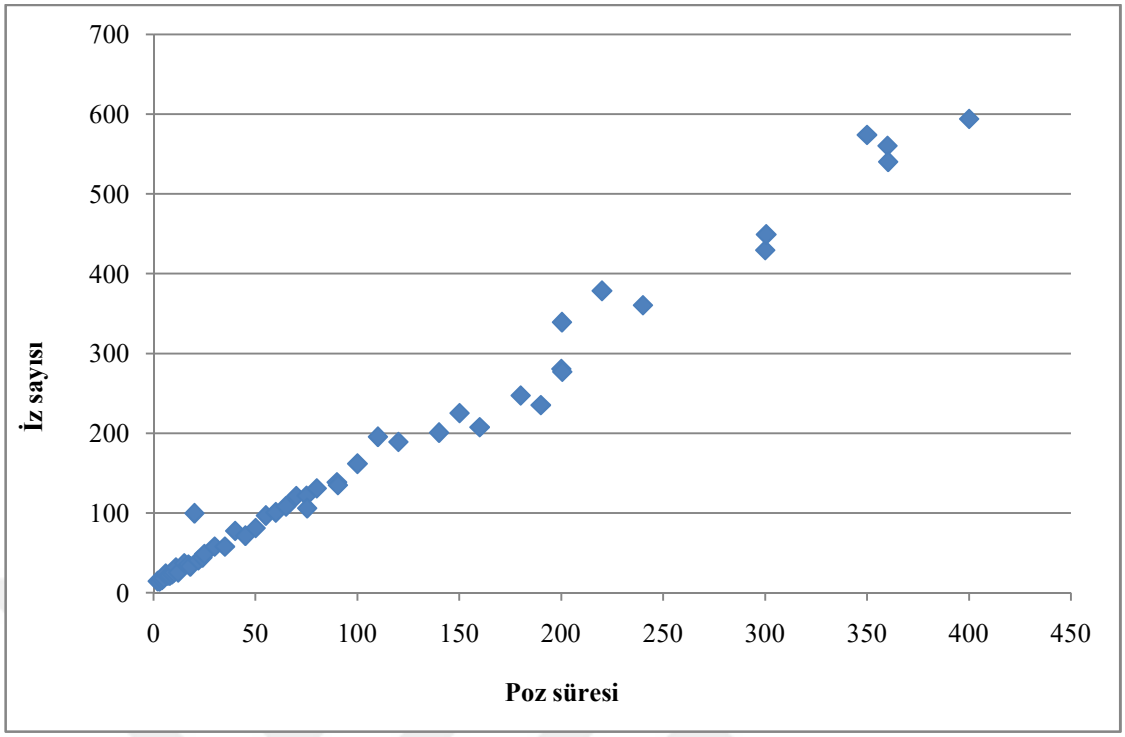
Şekil 4.1 TUG T100 Teleskobu CCD'sindeki kolon hatası

TUG T100 CCD kamerasından alınan görüntü dört farklı okuyucu ile okunmaktadır. Yani görüntü tam ortadan dörde bölündüğünde oluşan her sektör farklı elektronik okuyucular ile okunup sayısallaştırılmaktadır. Görüntülerde bir çeyrekteki parlaklık farkının elektronik bir hatadan dolayı oluştuğu düşünülmektedir. Bu sorun yazılım çalıştırıldığında normalin üzerinde kozmik ışın tespitine sebep olmaktadır (Şekil 4.2). Bu sebeple her "Dark"ın dörde bölünerek incelenmesi kaçınılmaz olmuştur. Her bir çeyrekte olası kozmik ışınlar sayılarak dört çeyrekten birisinde belirgin bir artış olması durumunda o çeyrek incelemeden çıkartılmıştır.

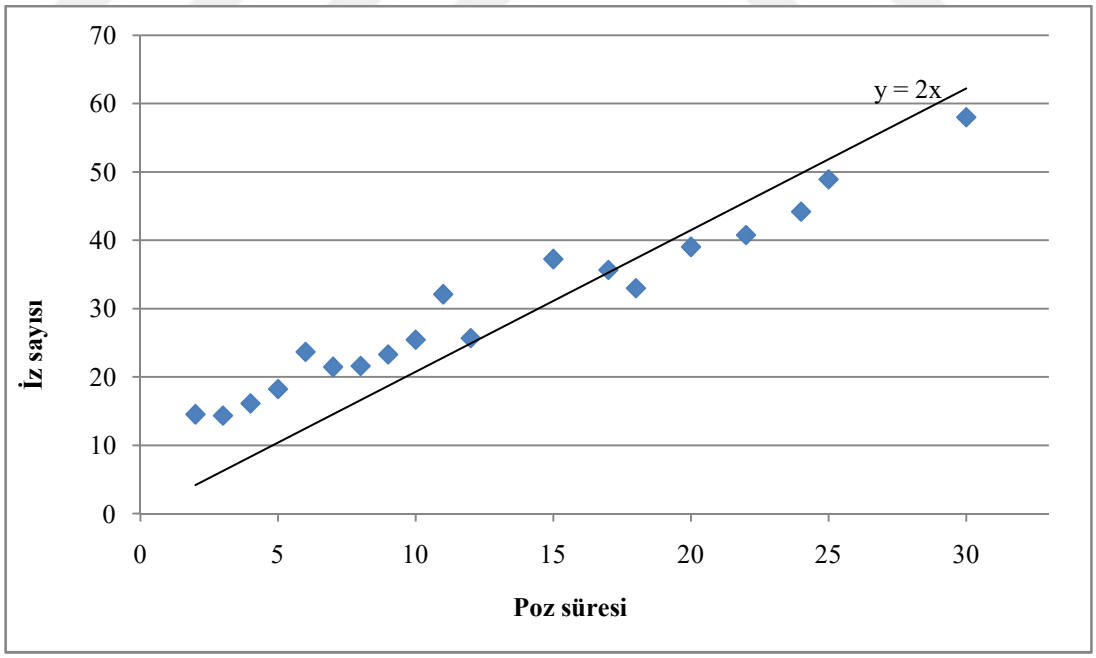


Şekil 4.2 T100 CCD Bias örneği. Yonga dört farklı sektörden oluştuğu ve elektronik okuyucu tarafından işlendiği için bazı teknik sorunlar çıkabilmektedir. Bias ve "Dark" görüntülerinde yaşanan bu sorun kozmik ışınların ayıklanmasını oldukça zorlaştırmaktadır. Sorunlu sektörler yazılım ile tespit edilerek işlem dışı bırakılmıştır

"Exp-time" verisi, "Dark"ları elemede diğer bir önemli veri olarak karşımıza çıkmıştır. Yapılan ilk taramalarda, kısa süreli "Dark"larda olası kozmik ışın izlerinin belirgin şekilde arttığı görülmüştür (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). Bu soruna diğer teleskoplarda da rastlanmıştır. Sorunun CCD'nin elektronik veriyi kısa poz sürelerinde biriktirmesinden veya elektronik "shutter" sisteminden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. İstatistiki verinin bozulmaması amacıyla kısa poz süreli "Dark" görüntülerin işlem dışı bırakılması düşünülmüştür. Bu amaçla, kısa poz süreli verinin poz süresiyle korelasyonu incelenmiştir. 0-5 sn aralığında poz süreli "Dark"ların korelasyonu 0,2 çıkmıştır. 0-8 sn aralığında poz süreli "Dark"ların korelasyonu 0,37, 0-9 sn aralığında poz süreli "Dark"ların korelasyonu 0,4 çıkmıştır. Korelasyon oranı 0,5'in üzerine ancak 10 saniye poz süreli "Dark" görüntülerinin de eklenmesi ile ulaşması üzerinde sağlıklı korelasyon verisinin 10 sn ve üzerindeki "Dark" görüntülerinden elde edileceği öngörülmüştür.



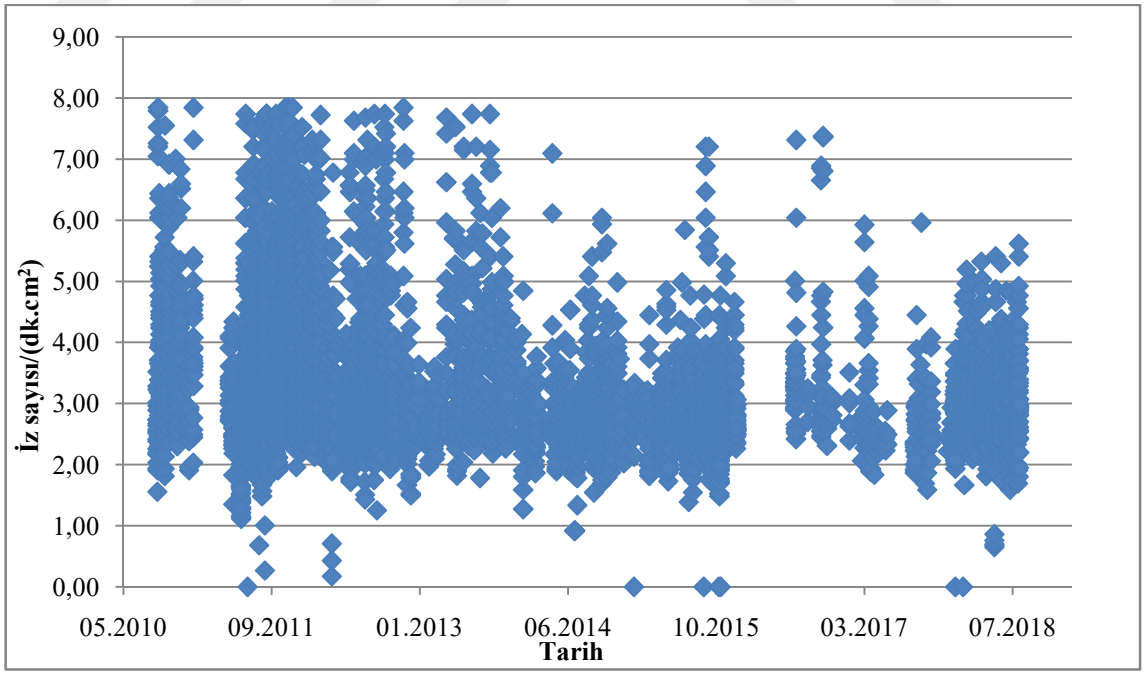
Şekil 4.3 TUG T100 Teleskobu'na ait 0-30 sn arası poz süreli "Dark"ların iz sayısı artış grafiği



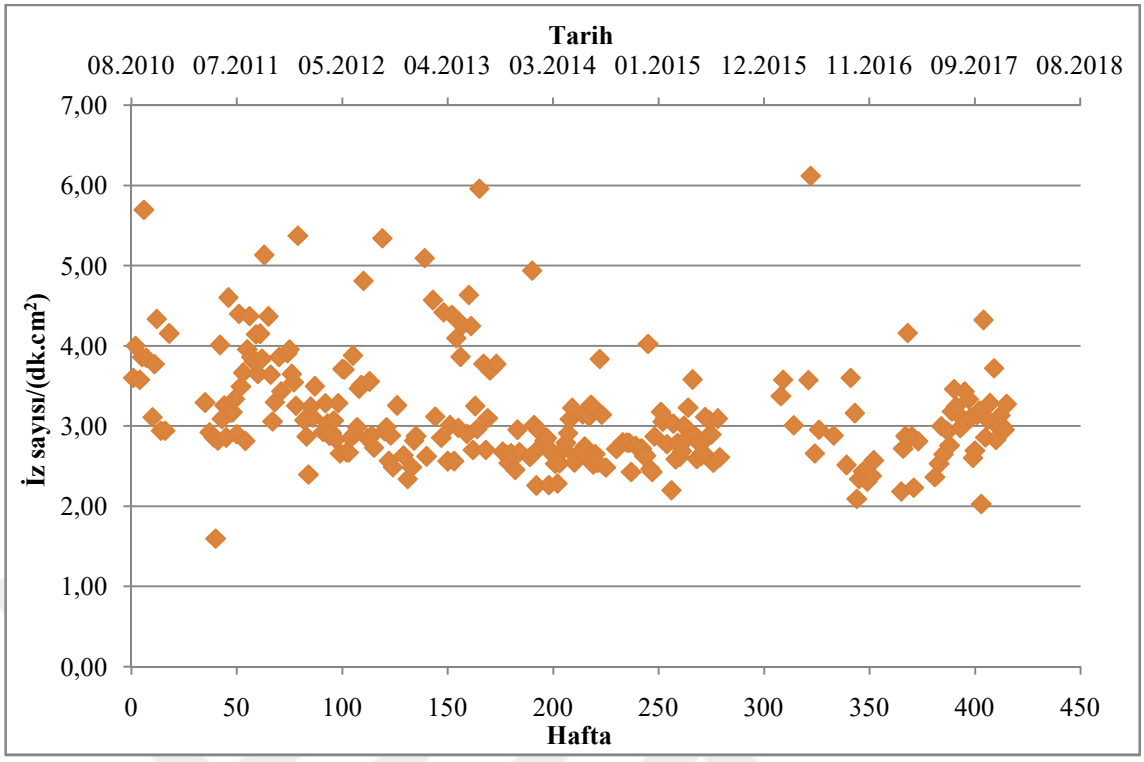
Şekil 4.4 TUG T100 Teleskobu'na ait 0-30 sn arası poz süreli "Dark"ların iz sayısı artış grafiği

TUG T100 Teleskobu'nda toplam 16496 "dark" görüntüsü işleme alınmıştır. Yazılım öncelikle her "Dark"ın medyan parlaklık değerini almaktadır. Ardından her piksel tek tek taranarak parlaklık verileri kaydedilir. Parlak piksellerin yanında bulunan başka parlak pikseller taranarak öbekler ortaya çıkartılır. Kronolojik sıraya göre bir önceki ve bir sonraki "Dark" görüntülerinde aynı bölgede de parlak nokta olup olmadığına bakılır.

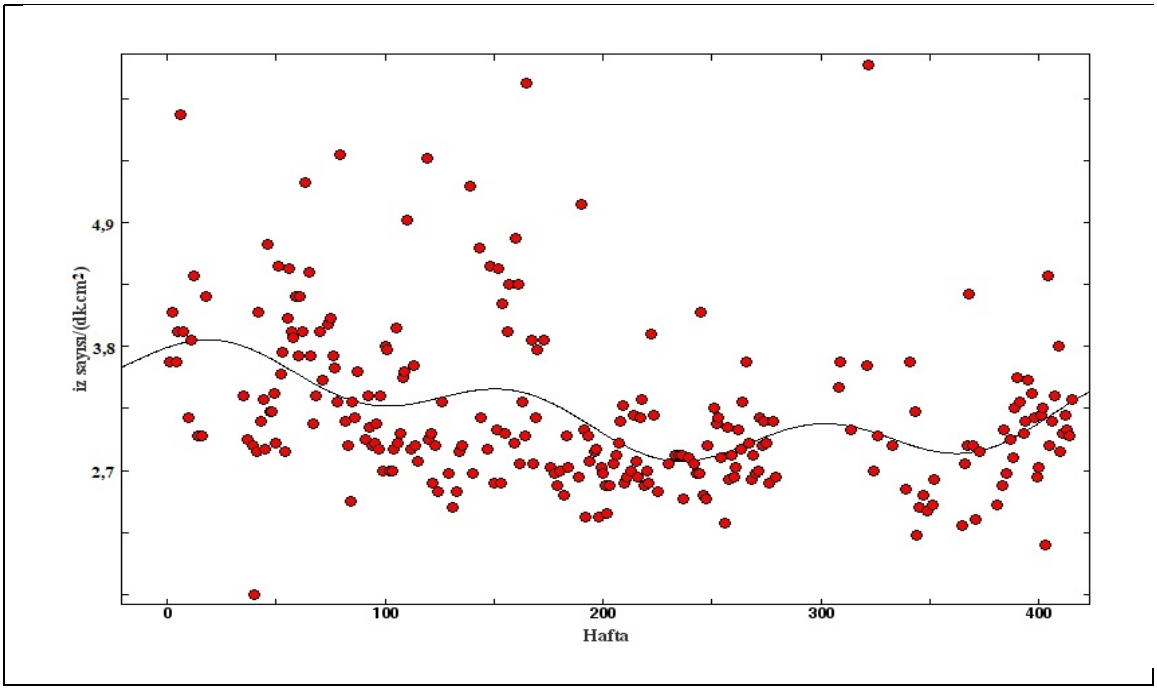
Yapılan tarama sonucunda öbek ortalaması 3.178 iz $dk^{-1}cm^{-2}$ çıkmıştır. Bu oran, Groom'un (2002) verisiyle parallellik göstermektedir (3.09 ± 0.2, bu veri 1250 mt yükseklikte yere yatay CCD üzerinden alınmıştır). Ancak, her ne kadar etkisi çok olmasa da binning yapılmasının çözünürlüğün azalmasına sebep olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca yer tabanlı etkinin de gözardı edilemeyen katkısı mevcuttur. Yer tabanlı etkinin ve bozuk piksel katılımının sabit olması kabulü altında kozmik ışınların istatistiğinin sonuç verdiği görülmektedir (Şekil 4.5). Verinin ağırlığının arttırılması amacıyla haftalık ortalamalar alınmıştır (Şekil 4.6). Bu dağılımda Period04 programı (Berger ve Lenz 2005) ile dönemlilikler araştırılmıştır.



Şekil 4.5 TUG T100 kozmik ışın verisinin zamana bağlı değişimi

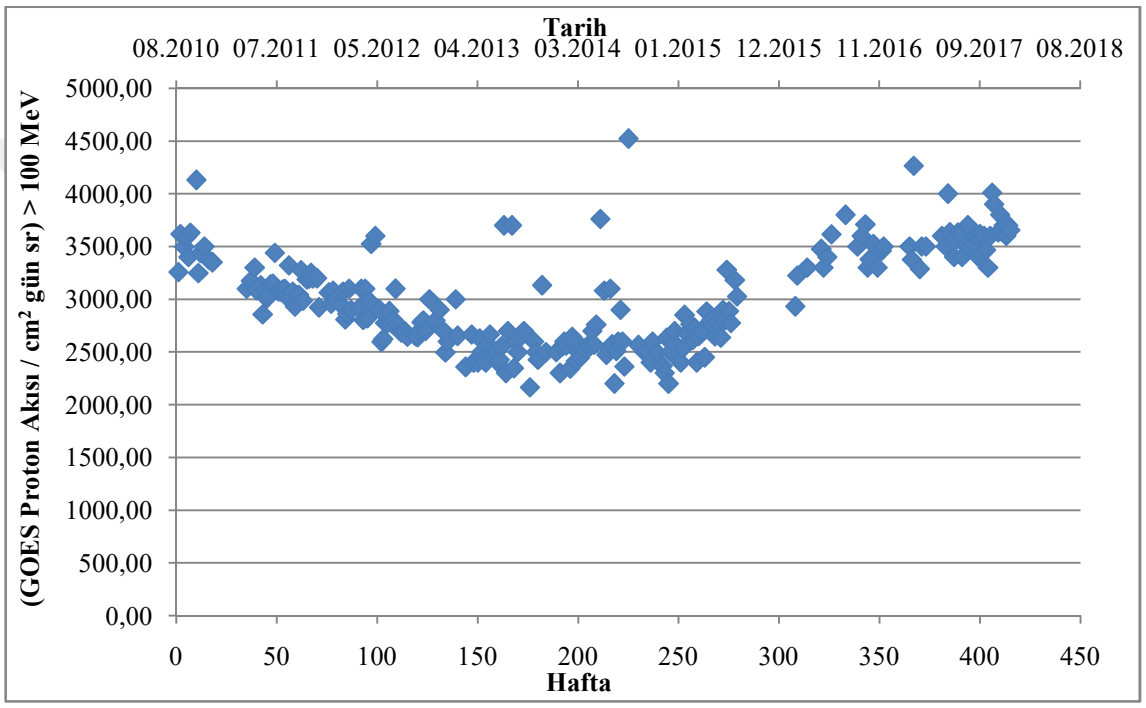


Şekil 4.6 TUG T100 kozmik ışın verisinin haftalık ortalaması alınmış hali.



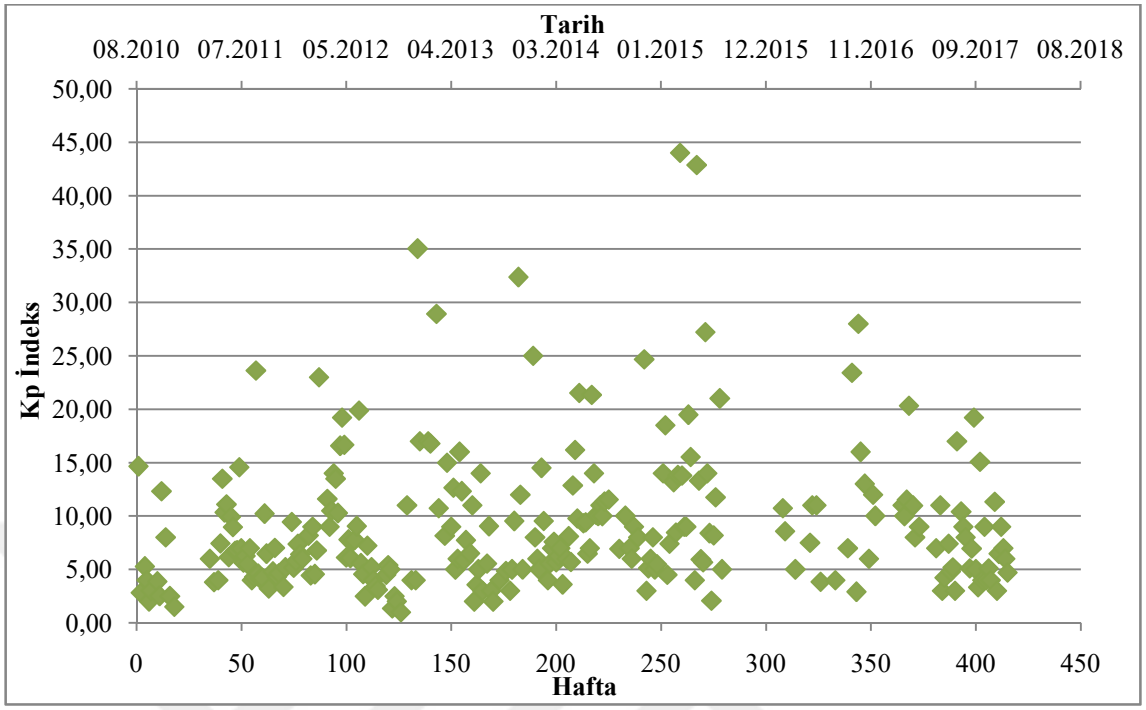
Şekil 4.7 TUG T100 haftalık kozmik ışın verisinin Period04 ile oluşturulan dönemleri

Period04 programında P_1 = 10.4 yıl ve P_2 =80 ± 1 hafta olmak üzere iki döngü yakalanmıştır (Şekil 4.7). 10.4 senelik değişimin, Güneş çevrimi ile alakalı olduğu tahmin edilmektedir. NASA GOES uydusuna ait proton akışındaki referans değişim de (Şekil 4.8) benzer yapıdadır. Ayrıca dünyamızın jeomanyetik yapısının değişimini karakterize eden *Kp* İndeksi[2] de kozmik ışın verisinin dalgalanmasına paralel hareket etmektedir (Şekil 4.9). Ancak 80 haftalık dönem ile ilişkili olabilecek bir döngü bulunamamıştır (Şekil 4.10).

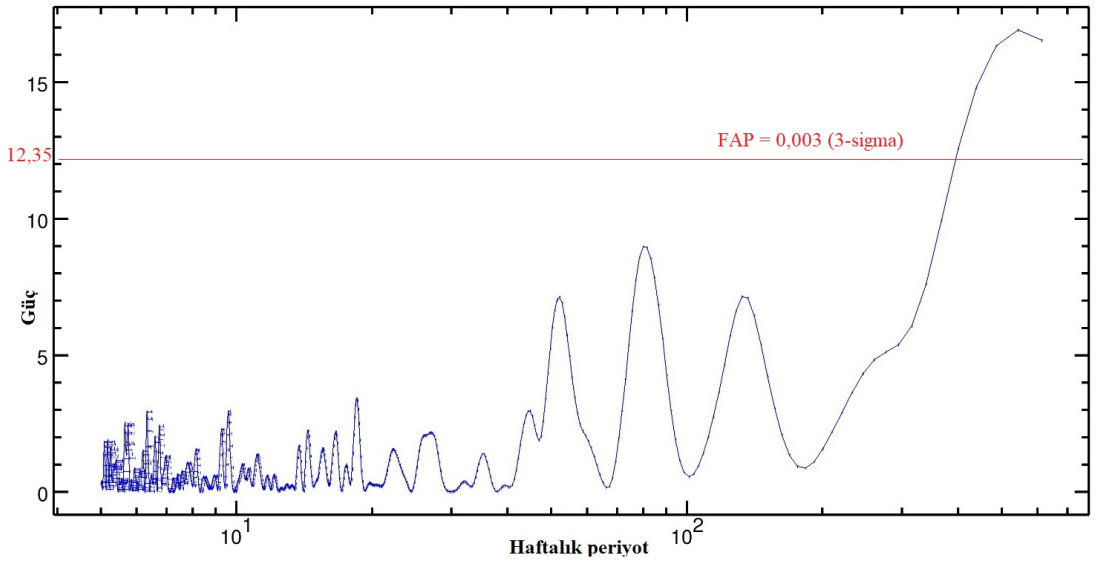


Şekil 4.8 100 MeV üzeri enerjili NASA GOES proton akı değişimi.

[2] *Kp* İndeksi, jeomanyetik aktivite (fırtına) ölçeğini gösteren sayı sistemidir. Kp-indeksi 0 ile 9 arasında değerler alır. 0 değeri çok az, 9 değeri ise çok güçlü bir jeomanyetik aktivite olduğunu gösterir (https://www.swpc.noaa.gov/products/planetary-k-index)



Şekil 4.9 2010-2018 yılları arası *Kp* İndeksi değişim grafiği

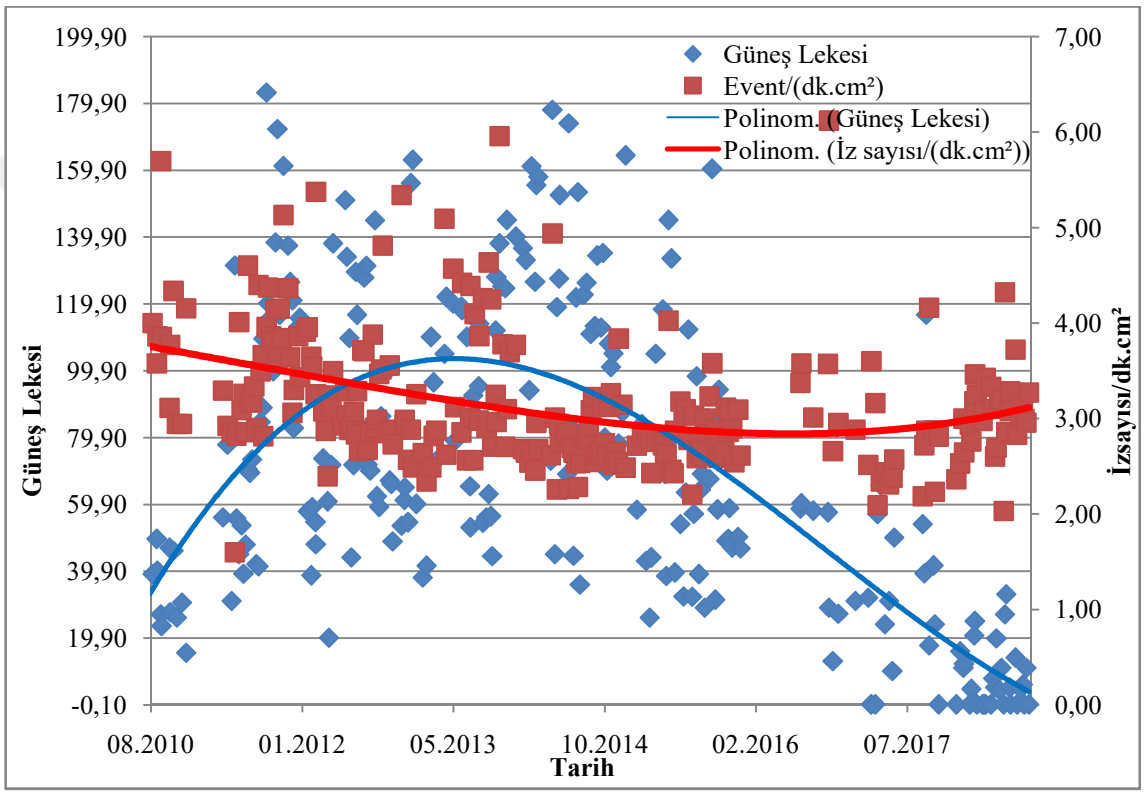


Şekil 4.10 TUG T100 haftalık kozmik ışın verisi periyodogramı ve 3-sigma doğruluk derecesi.

Aldığımız sonuçların *Kp* İndeksi ile korelasyon faktörü oldukça zayıftır (R = -

0.103525).

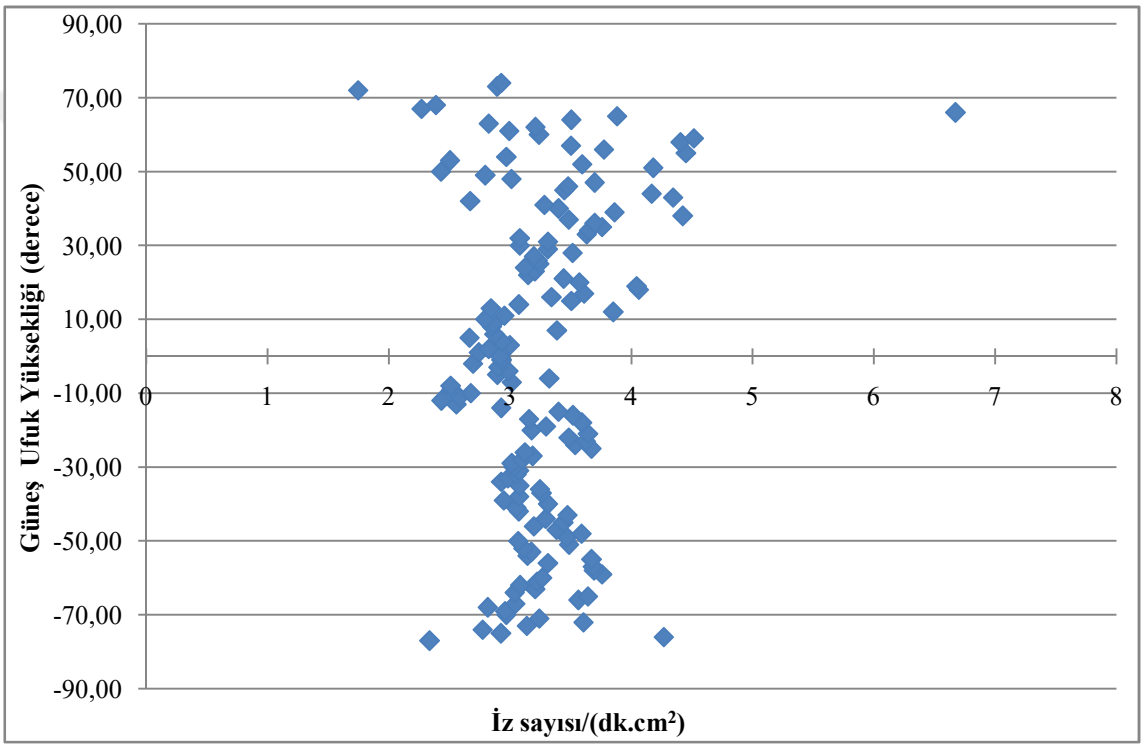
Bulunan sonuçlar, Güneş lekeleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4.11). “Dark”ların alındığı tarih aralığındaki leke sayılarının 10,4 yıllık çevrim ile ilgisi olmakla birlikte TUG T100 “Dark”larıyla aralarındaki korelasyon katsayısı R = 0,0578 olarak çıkmıştır.



Şekil 4.11 TUG T100 Güneş lekesi, İz sayısı- Tarih grafiği

NASA GOES uydusuna ait yüksek enerjili proton verisi ile yapılan incelemede de korelasyon faktörü R = 0.09901 bulunmuştur.

"Dark"ların alındığı saatte Güneş'in ufuk yüksekliği ile bir korelasyon olabileceği düşünülerek, Güneş yüksekliği ve kozmik ışın sayısı grafiği çıkartılmıştır. İlk bakışta gün batımına yakın saatlerde kozmik ışın akısının azaldığı izlenimi bırakması üzerine gün batımına ve doğumuna yakın saatlerde daha az "Dark" verisi çıkarıldığı düşünülerek her 1 derece enlem için ortalama alınarak grafik yeniden düzenlenmiştir (Şekil 4.12). Güneş'in ufuk yüksekliğinin Kozmik ışınlara olan etkisine dair belirgin bir işaret bulunamamıştır.

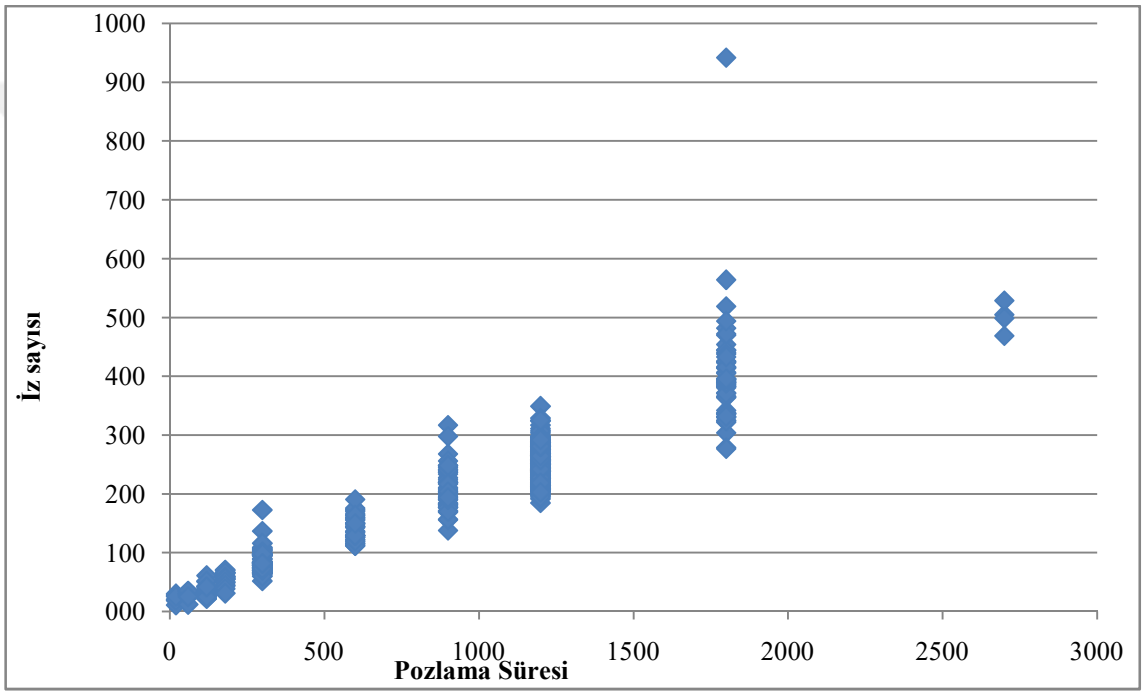


Şekil 4.12 TUG T100 ortalama iz sayısının Güneş ufuk yüksekliğine bağlı değişim grafiği

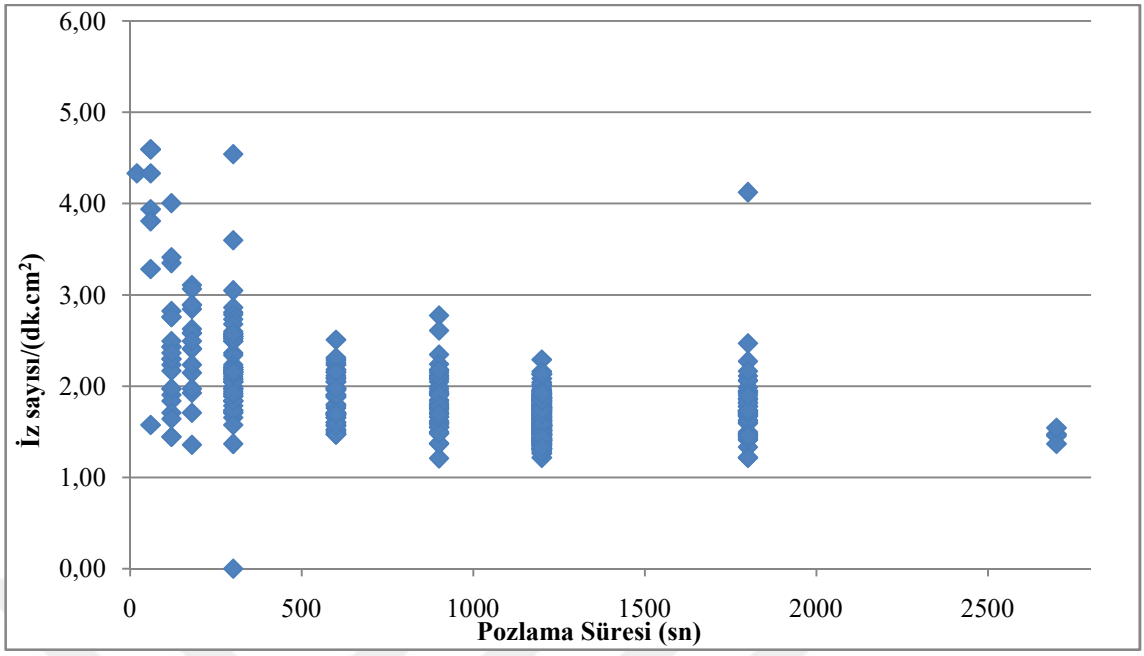
4.2 TUG RTT150 Teleskobu Coude Odağı

TUG RTT150 Teleskobu, Türkiye'deki en büyük teleskop olması nedeniyle çalışmaların ana materyali olarak beklenmekteydi. Ancak kullanıcıların "Dark" ölçümlerini

periyodik olarak yapmamaları nedeniyle arşivde oldukça kısıtlı "Dark" verisi bulunabilmiştir. Cassegrain odağında bulunan TFOSC CCD'si ise Teleskop ile birlikte eksenini sürekli değiştirmesi ve "Dark" verisinin azlığı sebebiyle tercih edilmemiştir. Haziran 2009 - Şubat 2014 tarihleri arasında Coude odağında bulunan CCD'den 472 "Dark" işleme alınmıştır. Grafikte görüldüğü üzere tespitler poz süresi ile lineer olarak beklendiği gibi artmaktadır (Şekil 4.13). Korelasyon faktörü R= 0.93236985 çıkmıştır. Ancak poz süresi ile oranlandığında, kısa poz süreli "Dark"larda sapma olduğu görülmektedir (Şekil 4.14).



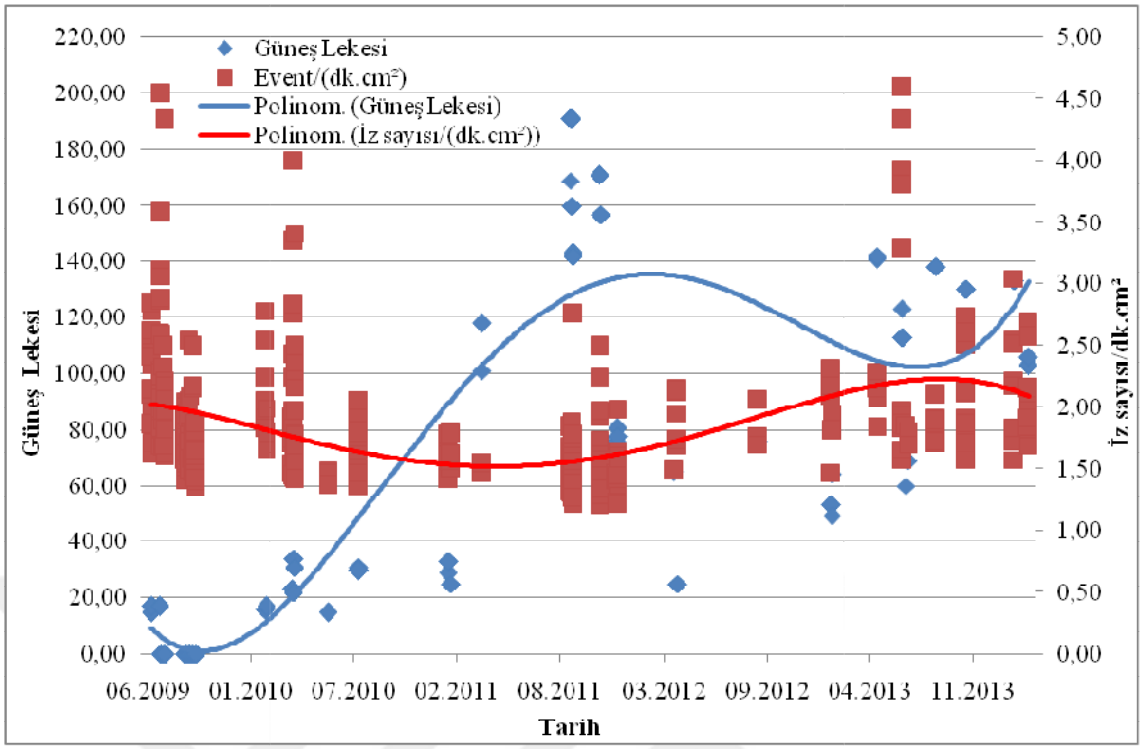
Şekil 4.13 TUG RTT150 Teleskobu Coude odağında tespit edilen iz sayısı poz süresi grafiği



Şekil 4.14 TUG RTT150 Teleskobu Coude odağında tespit edilen dakikada alan başına düşen iz sayısı / poz süresi grafiği

TUG RTT150 "Dark"larını tarihsel olarak incelediğimizde 2011 senesinde taban yapan hafif bir eğim görülmektedir (Şekil 4.15). Ancak eldeki veri sadece TUG T100 ve AÜKR T35 verileriyle kıyaslama yapmak için yeterli olmuştur. Güneş çevrimi ile korelasyonu R = -0.14754 çıkmıştır ancak kıyaslamak için süre kısadır. Bunun yanısıra ortalama iz sayısı 1.86 iz / $dk^{-1}cm^{-2}$ olarak hesaplanmıştır. CCD 2500 mt yükseklikte ve yüzeyi ufuk düzlemine dik konumdadır. Bu oran T100 verisiyle kıyaslandığında 3.178 iz / $dk^{-1}cm^{-2}$ ile yaklaşık bir sonuçtur. TUG T100 CCD'sinin sürekli hareket ettiği unutulmamalıdır. Dik ve paralel CCD'lerin kozmik ışınlarla etkileşim oranı $\pi/2$'dir (Groom 2002).

AÜKR T35 verisi ile kıyaslanırken de AÜKR T35'in hareketi yanısıra rakım da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca AÜKR T35 CCD'sinin küçük yüzey alanı sebebiyle birçok "Dark" görüntüsünde 0 sayım alınmıştır.

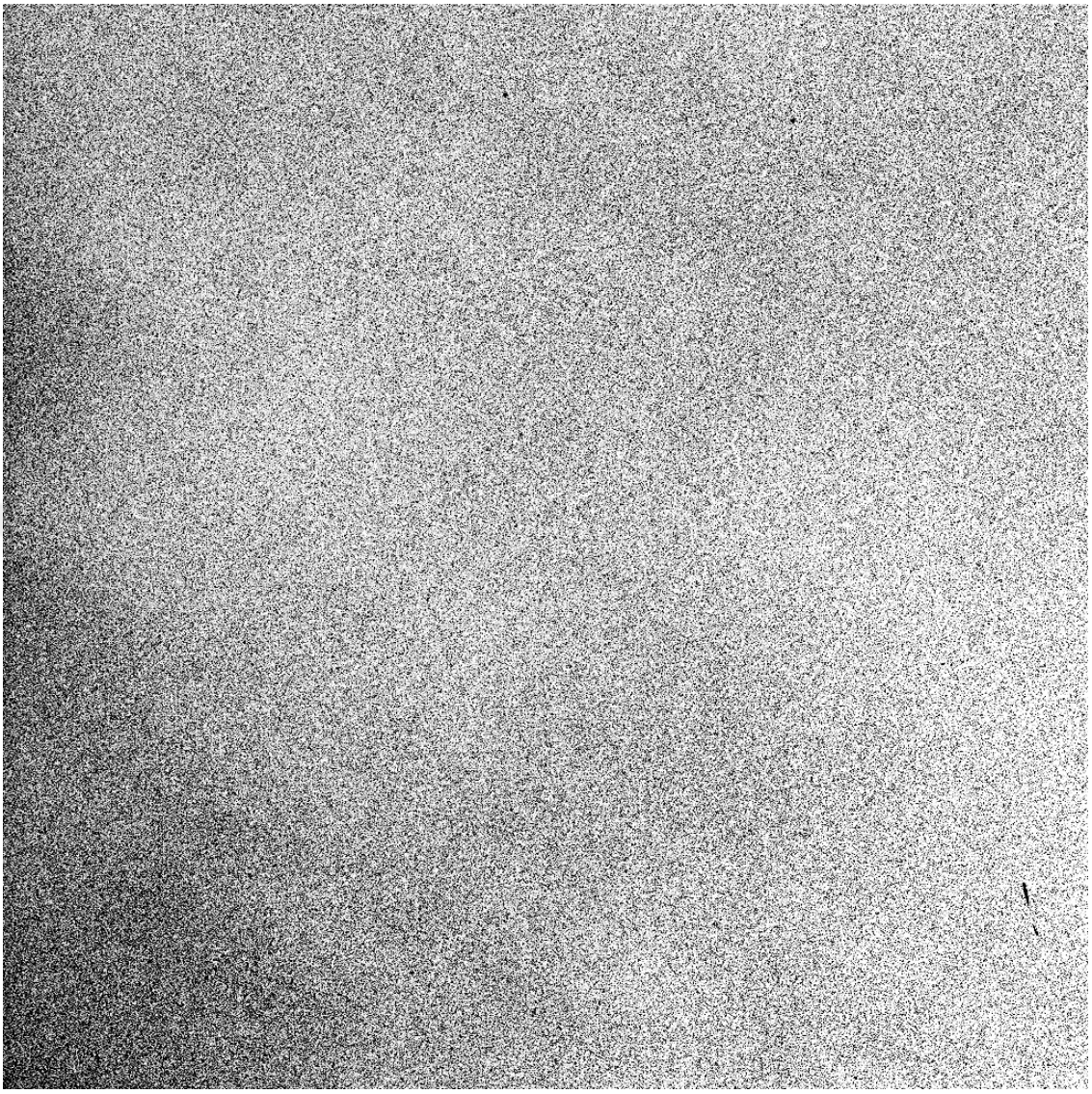


Şekil 4.15 TUG RTT150 Teleskobu için İz sayısı Güneş lekesi grafiği, Güneş lekesi korelasyonu, R=-0.1435

4.3 AÜKR T35 Teleskobu

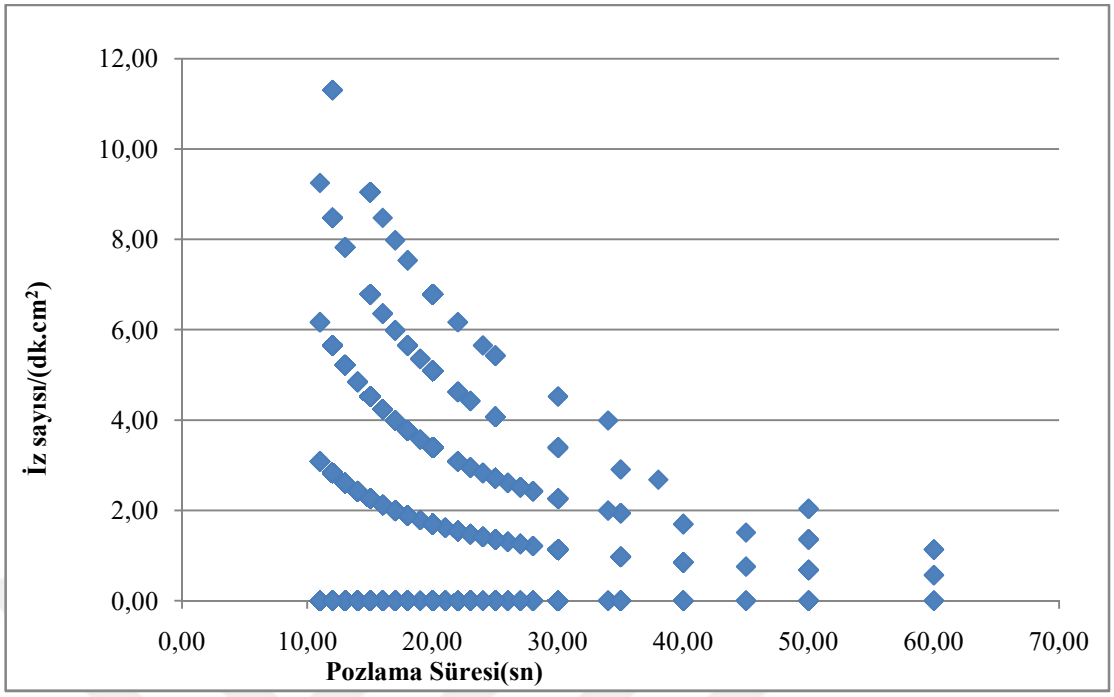
Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi T35 Teleskobu'nda 2008 - 2017 yılları arasında 66190 "Dark" tespit edilmiştir. 2011 ve 2014 senelerinde "Dark" verisi bulunmamaktadır.

AÜKR T35 Teleskobu'nda birçok "Dark" görüntüsünün en az bir köşesinde elektronik bir sebepten kaynaklanan beyaz noktalar oluştuğu görülmüştür (Şekil 4.16). Bu sorunun çözülmesi amacıyla tüm "Dark"lar dört parçaya ayrılarak her köşenin medyanı alınmıştır. Bu medyanlarda bir veya iki köşenin diğerlerinden farklı çıkması durumunda "Dark"lar hatalı sayılmalıdır. Bu şekilde medyan değerleri normalin üzerinde olan 26778 "Dark" tespit edilmiştir ve işlem dışı bırakılmıştır (% 40.05).

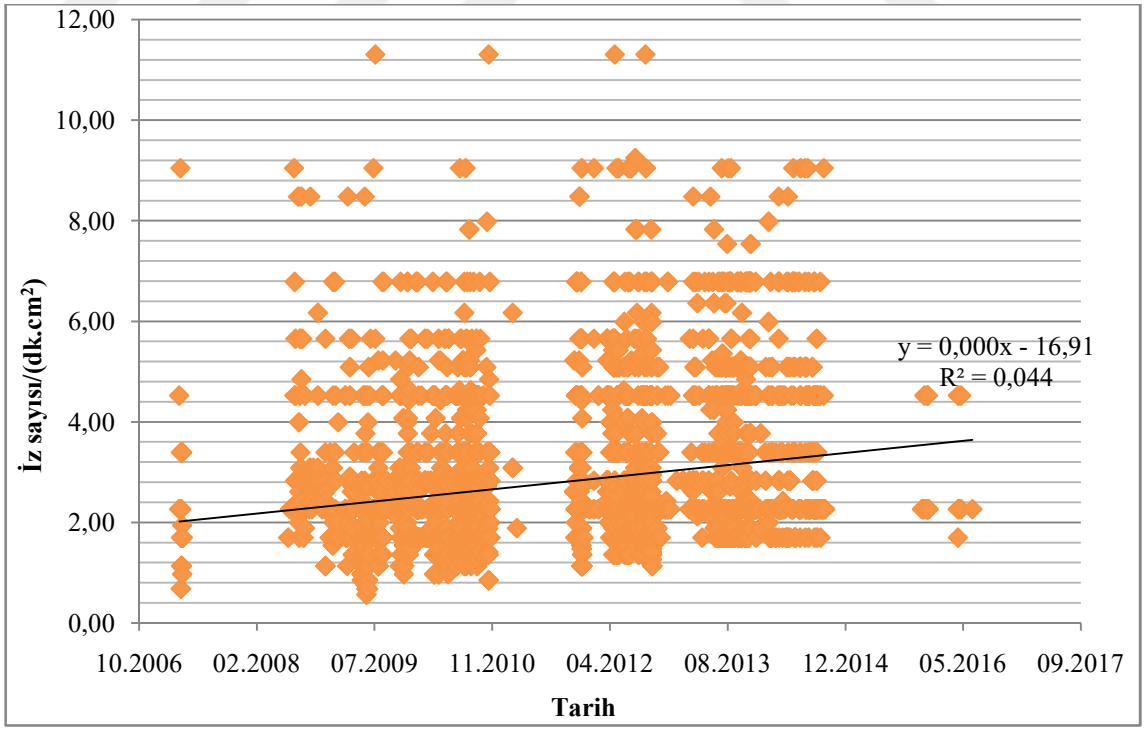


Şekil 4.16 AÜKR T35 “Dark”larında sık görülen köşe hatası, negatif görüntü. Sol alt köşedeki yüzlerce iz sayımı çıkabilmektedir.

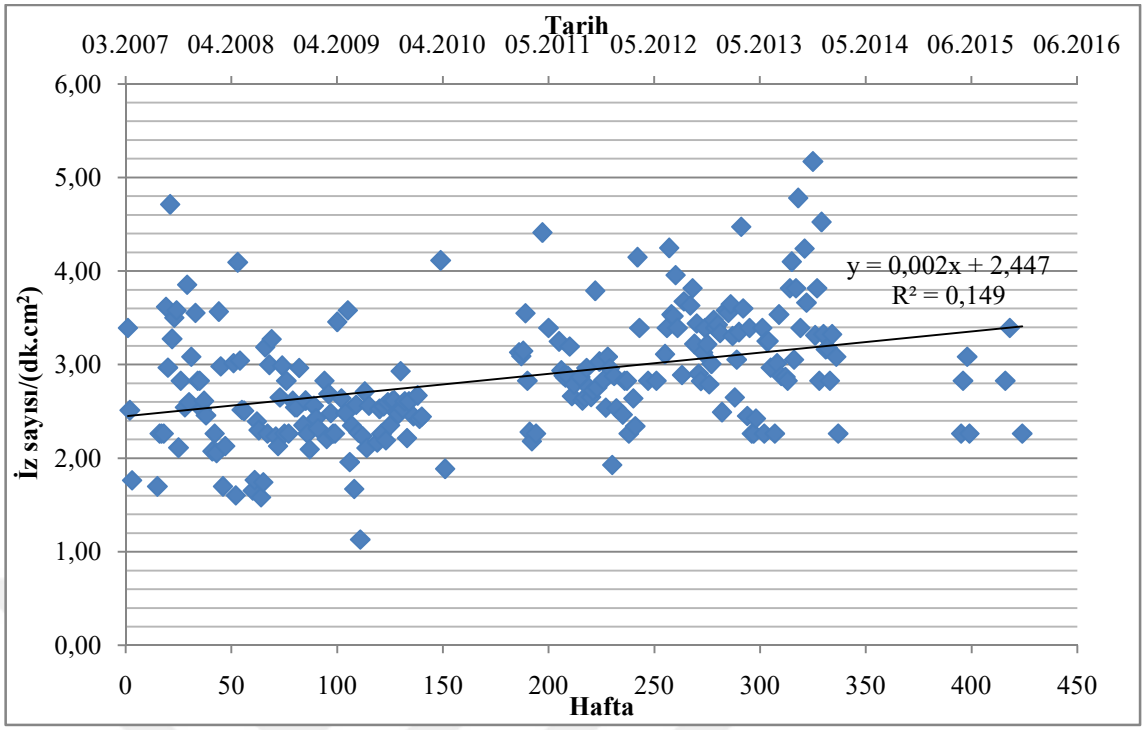
AÜKR T35 arşivi içerisindeki “Dark”lardan -20 ± 1 santigrad derecenin dışında alınan 334 “Dark” işlem dışı bırakılmıştır. Şekil 4.17’den de görüleceği üzere, kısa poz süresi TUG T100 Teleskobu’ndaki gibi iz sayısında üstel bir artışa sebep olmaktadır. Bu sebeple 10 saniye altında poz süresine sahip 22232 “Dark” işlem dışı bırakılmıştır. 5817 “Dark” farklı görüntü büyüklüğüne sahiptir, bu görüntüler özel alınmış “Dark”lardır ve işlem dışı bırakılmıştır. Geriye kalan 11086 “Dark” işleme alınmıştır (Şekil 4.17,18,19,20).



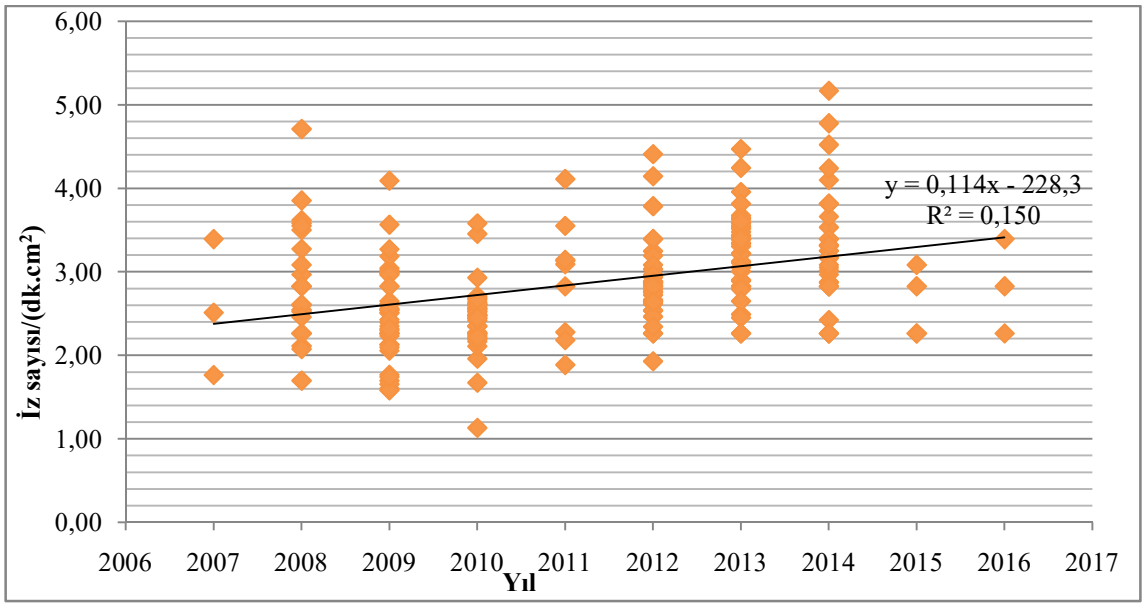
Şekil 4.17 AÜKR T35 Teleskobu "Dark" verisi ortalama iz sayısı / pozlama süresi değişim grafiği. Düşük poz sürelerindeki iz sayısındaki artış kolaylıkla görülmektedir.



Şekil 4.18 AÜKR T35 Teleskobu "Dark" verilerinde tespit edilen iz sayısı miktarının tarihsel değişim grafiği



Şekil 4.19 AÜKR T35 Teleskobu "Dark" verilerinde tespit edilen iz sayısının haftalık ortalamasının tarihsel değişim grafiği

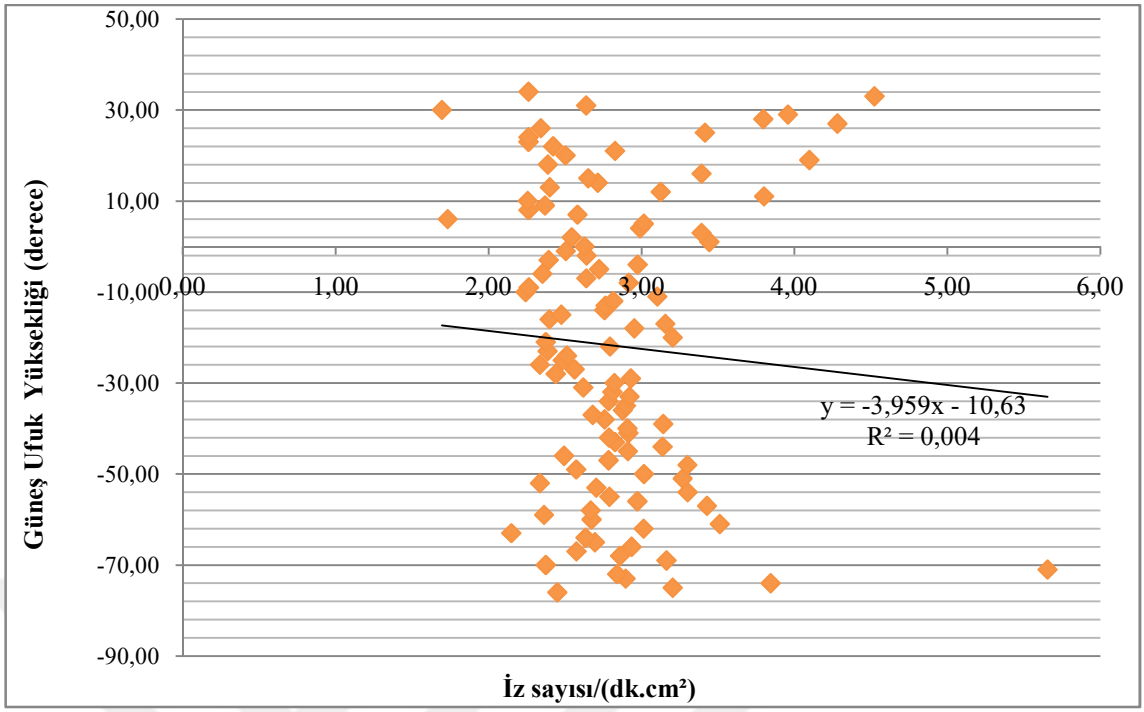


Şekil 4.20 AÜKR T35 Teleskobu "Dark" verilerinde yıllara göre iz sayısı ortalamasının değişimi

İşleme alınan 11086 AÜKR T35 “Dark” sayısına rağmen 7056 görüntüde hiçbir ize rastlanmamıştır. Bu sonuç, TUG T100 Teleskobu ile karşılaştırıldığında kabul edilebilir seviyededir. CCD alanları kıyaslandığında AÜKR T35 Teleskobu CCD’si, TUG T100 Teleskobu CCD’sinden alanca 21,345 kat daha küçüktür. Bu sebeple 50 saniyelik poz süresine kadar olan tüm “Dark”larda iz bulunamaması istatistiği etkileyebileceği düşünülmüştür. Tüm “Dark”lar ortalamaya katıldığında 1,08 iz $dk^{-1}cm^{-2}$, hiçbir iz olmayan 7056 görüntü işlem dışı bırakıldığında, kalan 4030 “Dark”ın ortalaması 2.80 iz $dk^{-1}cm^{-2}$çıkmaktadır. Bu oran Groom’un (2002) aynı yükseklikte (2500 m) sabit CCD ile yaptığı deneyi ile (3.09 ± 0.2 iz $dk^{-1}cm^{-2}$) daha uyumludur.

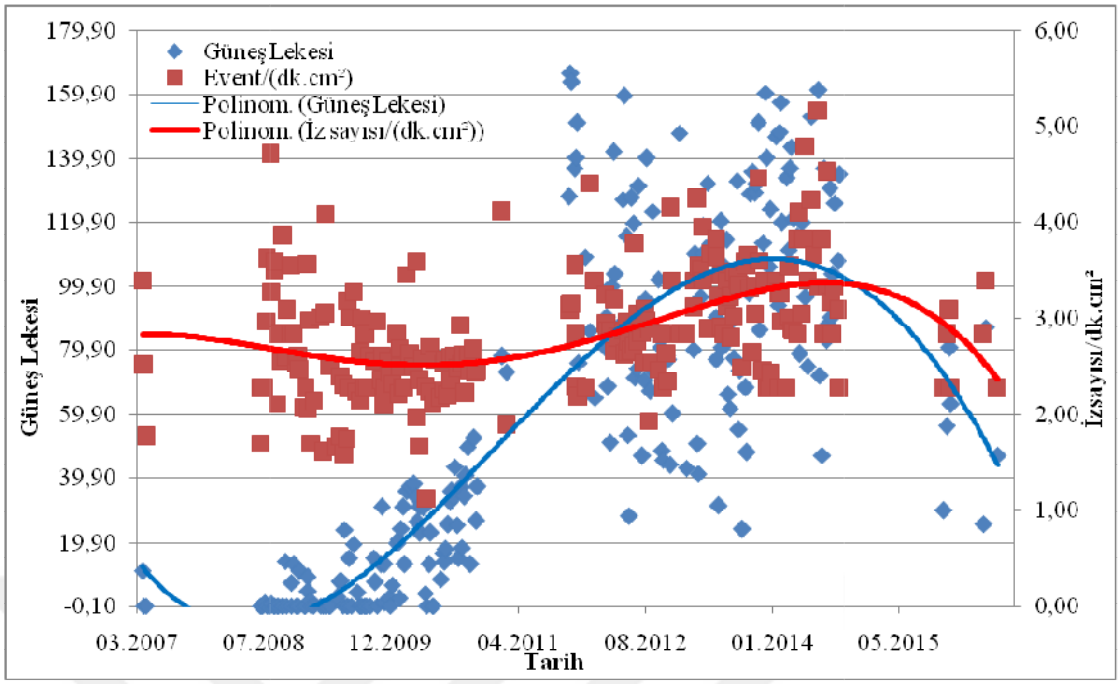
AÜKR T35 “Dark”larında yaşanan en büyük sorun arka plan gürültüsüdür. CCD, TUG T100 ve TUG RTT150 CCD’lerine göre oldukça sıcak bir ortamda, ortalama -20 santigrad derecede kullanılmaktadır. Bu durum kozmik izlerin bozuk pikseller ve bazen sadece arka plan gürültüsü ile ayırt edilemeyecek şekilde karışmasına sebep olabilmektedir. Bu sorunu çözebilmek amacıyla, yazılım AÜKR T35’e özel olarak tekrar tasarlanmıştır. Ancak CCD’nin birçok kez tamire uğramış olması, hatta bazı dönemlerde aynı modelde farklı CCD’nin AÜKR T35’e takılarak kullanılması gibi sebeplerden dolayı bu teleskoptan aldığımız sonuçların şüpheli olduğu kabul edilmelidir. Özellikle 2014 sonrasındaki “Dark”larda kozmik izler ile elektonik hatalardan kaynaklanan izlerin ayırt edilmesi oldukça güçleşmeye başlamıştır ve yazılımın kayıp yaşattığı düşünülmektedir.

AÜKR T35 Teleskobu’nda Güneş ufuk yüksekliği ile alakalı olarak yapılan çalışmada herhangi belirgin bir değişime rastlanamamıştır (Şekil 4.21).



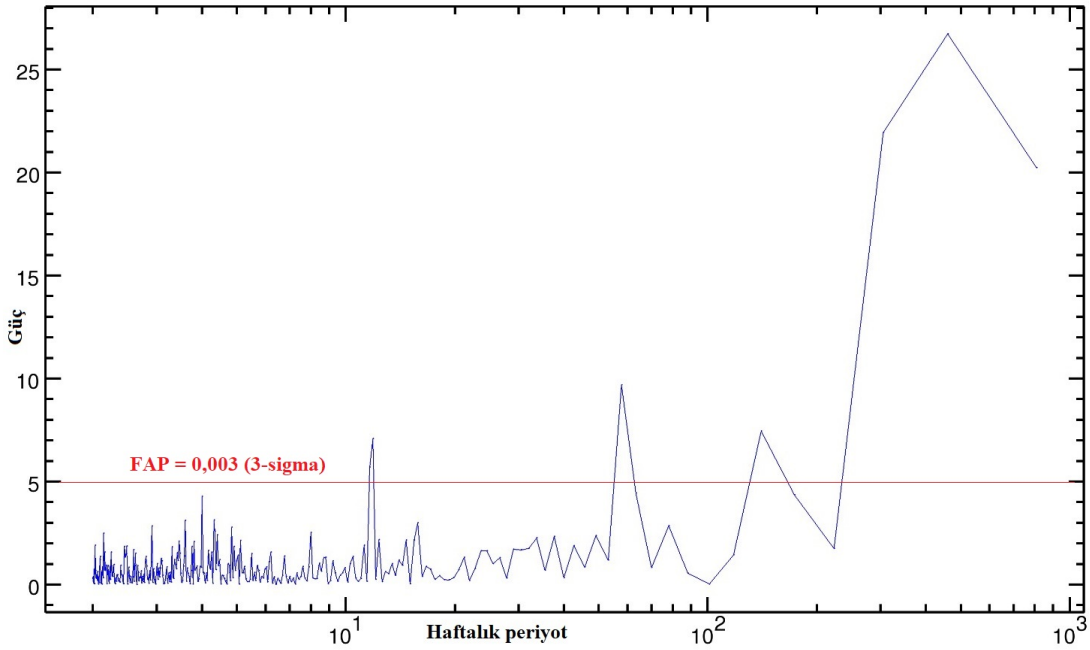
Şekil 4.21 AÜKR T35 ortalama iz sayısının Güneş ufuk yüksekliğine bağlı değişim grafiği

AÜKR T35 iz sayısının Güneş lekeleri ile korelasyonu 0.386652 olmasına rağmen (Şekil 4.22), *Kp* İndeksi ile korelasyonu 0.089457 gibi oldukça düşüktür. İz sayısının NASA GOES uydusundan alınan proton akısı ile bir korelasyonu (R= -0.07738) bulunamamıştır.



Şekil 4.22 AÜKR T35 haftalık kozmik ışın verisi / Güneş lekeleri grafiği

AÜKR T35 Teleskobu'nda Period04 programı ile P = 8,9 yıllık bir dönem tespit edilmiştir (Şekil 4.23). Bu dönemin de Güneş çevrimi ile alakalı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.23 AÜKR T35 haftalık kozmik ışın verisi periyodogramı ve 3-sigma doğruluk derecesi

4.4 γ Faktörünün Hesaplanması

Müonların bozunma süreleri 2.20 μs'dir. Bu süre içerisinde müonların atmosferin üst tabakalarında oluştuktan sonra ancak 660 m yol alabilmesi gerekir. Ancak ışık hızına yakın hızları sebebiyle rölativistik etkiyle zaman genişlemesi yaşarlar. Bu sayede yeryüzüne ulaşmaları mümkün olur. Ancak yüksek rakımlı bölgelerde bu oran daha fazla olmalıdır. Bu oran γ Faktörü ile hesaplanabilmektedir.

$$N=N_o\, e^{-t/\tau}, \qquad (4.1)$$

Bu formüle göre AÜKR ile TUG teleskoplarının rakımı üzerinden γ Faktörü hesaplamak için N = 2.80 iz $dk^{-1}cm^{-2}$ (AÜKR T35) ve N_o = 3.18 iz $dk^{-1}cm^{-2}$ (TUG T100) "Dark"larının ortalama iz ölçümleri kullanılabilir.

$$t=\Delta l/c\ , \qquad (4.2)$$

$$\Delta l=l_{TUG} - l_{AÜKR} =2500\text{-}1250 =1250\ m,$$

$$t=1250/c = 4.17\ \mu s,$$

$\tau = \gamma\ 2.2\ \mu s,$ (4.3)

$2.80 = 3.18\ e^{-4.17/\ (2.20\gamma)},$

$\gamma = 14.94$

AÜKR T100 teleskobu üzerinde hiç iz olmayan "Dark" görüntüleri hesaplara eklendiğinde N = 1.08 iz $dk^{-1}cm^{-2}$ (AÜKR T35) çıkmakta idi. Bu yeni durumda 1,08 = $3.18\ e^{-4.17/\ (2.20\gamma)}$, γ = 1.75 çıkmaktadır. N_o = 3.18 iz $dk^{-1}cm^{-2}$ (TUG T100) yerine TUG RTT 150 teleskobu incelendiğinde N_1 = 1,86 iz $dk^{-1}cm^{-2}$ (TUG RTT150), 1,08 = $1,86\ e^{-4.17/\ (2.20\gamma)}$, γ = 3,48 çıkmaktadır, ancak RTT150 teleskobu CCD'sinin diğer CCD'ler gibi farklı gözlemler sırasında sürekli sabit olduğu unutulmamalıdır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında, astronomide kullanılan mevcut kozmik ışın yazılımları incelenerek, tez çalışmasında kullanılan CCD'ler için en uygun yazılım hazırlanmış, görüntü işleme yapılmış, sorunlar tespit edilip ayıklanarak kozmik ışın izlerine ait istatistiki veri çıkatrılmıştır. Hazırlanan yazılım, astronomide yoğun olarak kullanılan Sextractor yazılımı ile kıyaslanıp başarılı olduğu tespit edilmiştir.

TUG ve Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'nde alınmış olan "Dark" görüntüleri kullanılarak, yeryüzüne ulaşan kozmik ışın akısı ve bunun zamana bağlı değişimi incelenmiştir.

Gözlemler sırasında oluşabilecek herhangi bir periyodik veya sıra dışı enerjik olayın (Güneş patlamaları, Güneş çevrimi, galaktik süpernova patlaması gibi), yer yüzeyindeki etkileri müon akısına dayalı olarak ortaya konulmuştur. Veriler Güneş çevrimleri, Jeomanyetik alan değişimi ile NASA GOES uydusuna ait proton akım oranıyla karşılaştırılmıştır. Kozmik ışın akımının 11 senelik Güneş çevrimi ile ilişkisi tespit edilmiştir. Güneş lekelerinin CCD kozmik ışın izleri ile korelasyonu sırasıyla R_{T100} = 0,0578758, R_{RTT150} = -0,14754 R_{T35} = 0,386652 olarak tespit edilse de, Period04 programı ile yapılan dönemler sırasıyla P_{T100} = 10.4 yıl, P_{T35} = 8.9 yıl olarak tespit edilmiştir.

Dünya'nın jeomanyetik alanının değişimi ile korelasyon bulunamamıştır. Güneş'in ufuk yüksekliği ile kozmik ışın akısı arasında herhangi bir korelasyon bulunamamıştır.

AÜKR ve TUG Gözlmevi verileri ve rakımları kıyaslanarak **γ** Faktörü hesaplanmıştır (γ =14.94).

KAYNAKLAR

Berger, M. & Lenz, P. 2005. Period04. Communications in Asteroseismology, vol. 146, p.53-136

Bertin, E & Arnouts, S. 1996. SExtractor: Software for source extraction. Astron. Astrophys. Suppl. Ser.117,393-404.

Bremer, J. & Nobels, F. 2015 Characterising the Cosmic Rays in a CCD. Kapteyn Astronomical Institute, Groningen.

Cecchini, S. & Sioli, M. 2000. Cosmic ray muon physics. Istituto TESRE/CNR and INFN. arXiv: hep-ex/0002052

Choi, H. 2013. Cosmic-ray interactions in charged-couple devices in the DMTPC 4-shooter detector. Doktora tezi, Massachusetts Institute of Technology Department of Physics.

Duranti, M. 2011. Measurement of the atmospheric muon flux on ground with the AMS-02 detector. Doktora tezi, Università degli Studi di Perugia.

Gaisser, T. K., Protheroe, R. J., Turver, K. E. And McComb, J. L. 1978. Cosmic ray showers and particle physics at energies 1015-1018 eV. Rev. Mod. Phys. 51, 649

Groom, D. 2002. Cosmic rays and other nonsense in astronomical CCD imagers. Lawrence Berkeley National Laboratory. DOI: 10.1007/1-4020-2527-0_9, Exp.Astronomy. 14,45-55.

Hillas, A. M. 1972 Cosmic Rays. Pergamon Press, 297, New York.

Jothe, M. & Shrivastava, P. 2011. Effects of recent solar events on cosmic rays and earth's geomagnetic field. Indian Journal of Radio and Space Physics, Vol 40, August 2011, pp 179-182.

Meehan, M., Bravo, S., Campos, S., Ruggles, T., Schneider, C., Vandenbroucke J., Winter, M. 2017. The particle detector in your pocket: The distributed electronic cosmic-ray observatory. Department of Physics and Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center, University of Wisconsin, Madison.

Saoud, S. Moindjie, S. Munteanu, D. & Autran, J. 2017. Natural radiation events in CCD imagers at ground level.2017. DOI: 10.1016/j.microrel.2016.07.138

Schwerdt, C. 2018. Measurement and analysis with the CosMO experiment and Cosmic@Web. Wissenschaftliche Koordinatorin Cosmic-Projekte, Zeuthen. Web sitesi: https://icd.desy.de/sites/sites_conferences/site_icd/content/ e12688/e13082/e80711/Cosmic@Web_engl.pdf. Erişim Tarihi: 21 Nisan

2019.

Simpson, J.A. 1983. Elemental and isotopic composition of the galactic cosmic rays. Annual Review of Nuclear and Particle Science, Vol. 33:323-382

Anonim. 2019. TUG RTT150 Teleskobu Coude odağındaki 2Kx2K Andor 436 CCD. Web sitesi: http://www.tug.tubitak.gov.tr. Erişim Tarihi: 21 Nisan 2019.

Anonim. 2019. Apogee ALTA E2V CCD47-10 teknik çizimi. Web sitesi: http://rasathane.ankara.edu.tr. Erişim Tarihi: 21 Nisan 2019.

Anonymous. 2019. Web sitesi: ftp.swpc.noaa.gov/pub/indices/old_indices Erişim Tarihi: 21 Nisan 2019.

Anonymous. 2019. Web sitesi: https://www.univie.ac.at/tops/Period04 Erişim Tarihi: 21 Nisan 2019.

Anonymous. 2019. Son 6 Güneş çevriminin aylık ve 13 aylık ortalama güneş lekesi değerleri. Web sitesi: http://sidc.be/silso/monthlyssnplot Erişim Tarihi: 21 Nisan 2019.

Anonymous. 2019. Müon yağmuru temsili resim. Web sitesi: ikfia.ysn.ru/en/eas. Erişim Tarihi: 21 Nisan 2019.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı **:** Yücel Orman
Doğum Yeri **:** Bergama/İzmir
Doğum Tarihi **:** 26.03.1983
Yabancı Dili **:** İngilizce

Eğitim Durumu
Lisans **:** ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümü, 2008

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl
Otokar, ALTAY Ana Muharebe Tankı Projesi, Proje Mühendisi 2009 – 2011
Pergamın Yapım, Kurucu, 2011-

Gerçekleştirilen Bilimsel İçerikli Tv Programları

- Galaksi Notları Belgeseli, TRT Okul,60 Bölüm, 2012
- Zaman Makinası Belgeseli, TRT Belgesel,10 Bölüm, 2015
- Bilimin Ev Hali Belgeseli, TRT Belgesel,13 Bölüm; 2019
- Uzayın Bilinmeyenleri Belgeseli, TRT Belgesel,7 Bölüm, 2019