# GÜNEŞ AKTİVİTESİNİN DÜNYA'NIN ÜST ATMOSFERİNE ETKİSİ


**Okay Deniz**

**okaydeniz1@hotmail.com**

**Danışman: Zahide Funda Bostancı Güver**

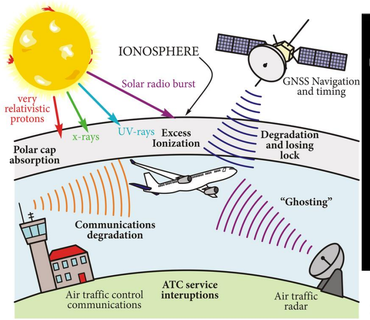

## GİRİŞ

Dünya atmosferi: gezegeni saran, çeşitli gazların karışımından oluşan ve Dünya'nın kütleçekimiyle bir arada tutulup uzaya kaçması engellenen bir gaz katmanıdır. Tek bir katman olarak gözükmesine rağmen aslında içerikleri, yoğunlukları, sıcaklıkları ve Güneş radyasyonu ile etkileşimleri gibi farklı etmenlerden ötürü birbirlerinden ayrılmış ve farklı özelliklere sahip katmanlardan oluşur. Bu katmanlardan biri iyonosferdir.

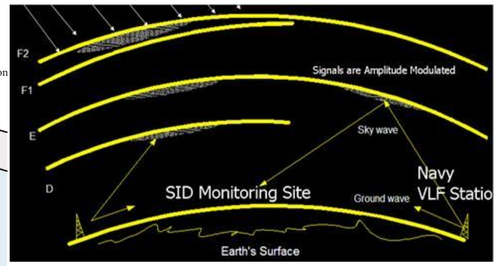
*İyonosfer*: Deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 50-965km arasındadır ve yüksek enerjili Güneş radyasyonu (UV, x-ışınları, gama ışınları) tarafından sürekli iyonlaştırılan, elektrik yüklü, ve bunlardan dolayı Güneş patlamaları gibi "uzay hava koşulları"nı belirleyen olaylardan kolayca etkilenebilen bir katmandır. Bu çalışmada Güneş parlamaları sonucu Dünya'ya gelen yüksek enerjili fotonların, iyonosferle etkileşimi sonucu meydana gelen SID olaylarından bahsedeceğim.

## SID NEDİR?

SID (Sudden Ionospheric Disturbance/Ani İyonosferik Bozulma) olayları: bir Güneş parlaması sırasında iyonosferdeki iyonlaşma miktarında ve iyon yoğunluğundaki ani artıştır. SID'lerin şiddeti, onları tetikleyen Güneş parlamalarının (x-ışını) şiddetine göre değişir. Hemen her zaman Güneş parlamalarından 8.3 dakika sonra gözlenirler (Güneş ile Dünya arasındaki mesafeden dolayı). Bir Güneş parlaması sonucu Güneş'ten çıkıp Dünya iyonosferine varan yüksek enerjili fotonlar (UV, x- ışını ve gama ışını fotonları) buradaki atomlardaki çekirdek ve elektronları birbirlerinden koparır. Birbirinden kopup serbestçe hareket eden çekirdekler(iyonlar) ve elektronlar bir plazma oluşturur, yani iyonosfer iyonlaşır ve elektrik yüklenir. Normal Güneş radyasyonu seviyelerinde de bu durum gözlenir fakat Güneş parlamaları sırasında yüksek enerjili foton miktarındaki artış sebebiyle iyonosferdeki iyonlaşma miktarı ve iyon yoğunluğu ani olarak büyük bir artış gösterir. Bu artış sebebiyle orta frekanslı (MF) ve yüksek frekanslı (HF) radyo dalgalarının iyonosferde emilimi artar, bundan dolayı da radyo iletişiminde (uydularla ve uçaklarla iletişim, radyo ve tv yayınları vb.) kesintiler meydana gelebilir.




**Şekil 1:** *İyonosferdeki iyonlaşma artışının olumsuz etkilerinin bir örneği: hava araçlarıyla iletişimde bozulma ve kesintiler.*



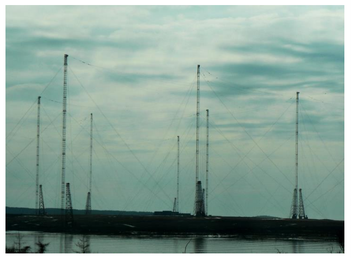

**Şekil 2:** *İyonosferden VLF yansıtılması. Gece (resmin sağ yarısı) D katmanı çok zayıf olduğundan VLF dalgaları E katmanından yansıtılır. Gündüz (resmin sol yarısı) ise bir Güneş patlaması sonrası katmanda yeteri kadar iyonlaşma olduğu için dalgalar D katmanından yansıtılır.*

## NASIL GÖZLEMLENİRLER?

İyonosfer, farklı iyonizasyon seviyelerine ve özelliklerine sahip katmanlardan oluşur. Bunlar alçaktan yükseğe doğru sırasıyla: D, E, F katmanlarıdır. Bir Güneş parlaması sırasında bütün iyonosferde iyonizasyon artışı gözlense de SID olayları sadece D katmanında gözlenir. Çünkü daha alçakta olan D katmanı normal Güneş ışınımından daha az etkilenir. Yani üst katmanlara göre daha fazla nötral atom içerir. Dolayısıyla ancak bir Güneş parlaması sırasında yüksek enerjili (x-ışını) fotonlar tarafından iyonize edilince belirgin, anormal özellikler gösterir. Ayrıca iyonosferin ana iyonizasyon kaynağı Güneş olduğu için gece vakti iyonlaşma azalır, katmanlar incelir ve D katmanı neredeyse kaybolur. Bundan dolayı SID'ler sadece gündüz vakti, yerel olarak gözlenebilirler. Normal bir günde yer kaynaklı VLF(Very Low Frequency/Çok Düşük Frekans) radyo dalgaları (3-30 kHz) D katmanında yeterince iyon yoğunluğu olmadığı için daha yukarıda bulunan daha yoğun E ve F katmanlarından Dünya'ya geri yansıtılırlar. Fakat bir Güneş parlaması ve buna bağlı SID sırasında D katmanındaki iyon yoğunluğu artar ve VLF dalgalarını yansıtacak kadar güçlü hale gelir. SID gözlemleri bu duruma bağlı olarak yapılır. Belli uzaklıklardaki VLF radyo dalga vericileri ve alıcıları iyonosferden bu dalgaları yansıtarak gözler. Bir SID sırasında gözlenen sinyallerde anormal değişiklikler görülür. Bu değişiklikler kaydedilip incelenerek SID gözlemi yapılmış olur. Normal ("sessiz") bir gündeki VLF dalga genlikleriyle Güneş parlaması ve SID olan bir gündeki VLF dalga genlikleri karşılaştırılır. Kayıtlar çizgi grafiği olarak yapılır. X-ışını gözlem uydularından gelen veriler ile de tespit edilen SID'ler ve Güneş parlamaları ile karşılaştırılır.

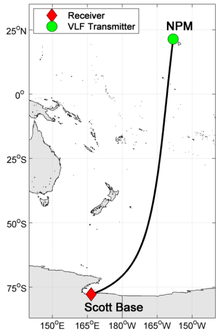
## VLF GÖZLEM ARAÇLARI

D katmanı meteorolojik balonlar ve uçaklar için çok yüksek, uydular için ise çok alçak olduğu için buranın gözlenmesinde yer tabanlı VLF verici-alıcı sistemleri kullanılır. Bir VLF vericisinden çıkan VLF radyo dalgaları iyonosfere gönderilir. Güneş parlaması olan bir günde yeterince iyon yoğunluğuna sahip olan ve "plazma frekansı" yeterince artan D katmanı bu dalgaları yansıtır ve uzaktaki bir VLF alıcısına ulaştırır. Verici ve alıcı arasındaki uzaklığa göre VLF dalgaları çokça kez iyonosfer ve yer arasında yansıyabilir. Bu durumda alıcıdan alınan verilerdeki ani değişimlerin nispeten daha az şiddetli görünebilir.



**Şekil 3:** *ABD'de askeri amaçlı bir VLF vericisi.*

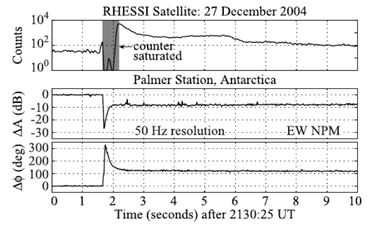
**Şekil 4:** *Antarktika'da bir VLF alıcı düzeneği.*



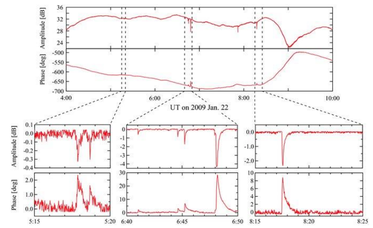

**Şekil 5:** *Harita üzerinde bir VLF vericisi ve alıcısı.*

## GÜNEŞ DIŞI KOZMİK ETKENLER

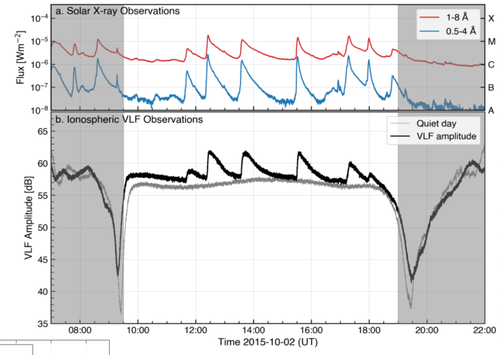
Gözlenen SID'lerin büyük çoğunluğu Güneş parlamaları kaynaklı olsa da araştırmalar sonucu bazı Güneş dışı kaynaklardan gelen yüksek enerjili ışınımlardan dolayı iyonosferde SID olabileceği gözlenmiştir[1]. Çok kuvvetli bir manyetik alana sahip ve kendi etrafında çok hızlı dönen bir nötron yıldızı, yani magnetar/atarca, olan ve düzensiz aralıklarla çok güçlü gama ve x-ışını patlamaları yapan SGR 1806-20 (Soft Gamma Repeater/Yumuşak Gama-ışın Yineleyicisi) cisminden gelen bazı gama ışını patlamalarının (GRB/Gamma Ray Burst) nispeten düşük şiddette olsa da SID olaylarına neden olduğu gözlenmiştir. Bir başka örnek olarak da henüz kaynağı bilinmeyen, ama şimdiye kadar tespit edilen en parlak gama ışını patlaması olan GRB 221009A'dan gelen x ve gama ışınları da benzer şekilde nispeten düşük şiddette SID'lere sebep olmuştur.



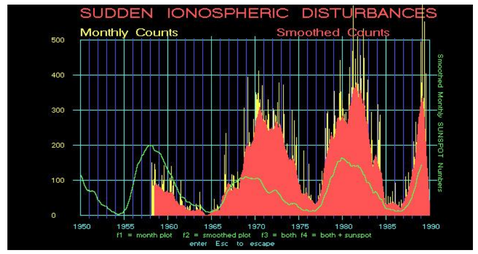

**Şekil 6:** *SGR 1806-20 kaynaklı bir GRB iyonosfere varınca VLF genliğinde azalmaya sebep olmuştur.*




**Şekil 7:** *SGR J1550-5418 kaynaklı tekrar eden gama ışını patlamalarının VLF ile tespiti.*




**Şekil 8:** *VLF gözlemleriyle iyonosfer tepkisinden Güneş patlamalarının tespiti. Patlamaların x-ışını akı değerleriyle iyonosferden yansıtılan VLF dalgalarının genlik artışları örtüşüyor.*




**Şekil 9:** *SID olaylarının Güneş'in 11 yıllık döngüsüyle bağlantılı olduğu düşünülüyor. Grafikte Güneş lekesi sayısı arttıkça gözlenen SID olayı sayısı da artmıştır.*


**REFERANSLAR:**

- https://arxiv.org/pdf/2109.06558.pdf
- https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/sudden-ionospheric-disturbance
- https://earth-planets-space.springeropen.com/articles/10.1186/s40623-022-01598-2
- https://solar-center.stanford.edu/SID/activities/ionosphere.html
- https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2010ApJ...721L..24T/graphics
- https://vlfstanford.ku.edu.tr/research_topic_inlin/gamma-ray-burst-effects-ionosphere/ [1]