

FEN BİLİMLERİ VE MATEMATİKTE GÜNCEL ARAŞTIRMALAR

HAZİRAN 2022

EDİTÖR
PROF. DR. HASAN AKGÜL

gece
kitaplığı

İmtiyaz Sahibi / Publisher • Yaşar Hız
Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel
Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Gece Kitaplığı
Editör / Editor • Prof. Dr. Hasan AKGÜL
Birinci Basım / First Edition • © Haziran 2022
ISBN • 978-625-430-186-5

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin
almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Gece Kitaplığı.

Citation can not be shown without the source, reproduced in any way
without permission.

Gece Kitaplığı / Gece Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt. No: 22/A Çankaya / Ankara / TR

Telefon / Phone: +90 312 384 80 40

web: www.gecekitapligi.com

e-mail: gecekitapligi@gmail.com



Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

Fen Bilimleri ve Matematikte Güncel Araştırmalar

Haziran 2022

Editör

Prof. Dr. Hasan Akgül

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

TİYOFEN HALKALI AMİT BİLEŞİĞİNİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLERİ

Şükriye Çakmak	1
Aysel Veyisoğlu.....	1

BÖLÜM 2

CANLI ORGANİZMALARDA HÜCRE ORGANELLERİ VE FONKSİYONLARI

Sadettin ÜNSAL	15
----------------------	----

BÖLÜM 3

META ANALİZİ VE ODDS ORANI

Tuba ŞEKERCİ.....	35
Mehmet GÜRÇAN	35

BÖLÜM 4

AĞIR METAL ANALİZLERİNDE SPEKTROSKOPİK YÖNTEMLER

Sabahattin Deniz	61
------------------------	----

BÖLÜM 5

DÜNYA, AY VE URANÜS'ÜN YAYDIĞI X-İŞINLARI

E. Nihal Ercan.....	79
---------------------	----

BÖLÜM 6

KEBAN BARAJ GÖLÜ KOÇKALE AVLAK SAHASINDAN YAKALANAN KEREVİT (ASTACUS LEPTODACTYLUS ESCH., 1823)'LERİN ÜREME DÖNEMİNDEKİ MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİ VE HEPATOSOMATİK İNDEKS (HSI) DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Ercan ŞAHİN	101
Önder AKSU.....	101
Filiz KUTLUYER KOCABAŞ.....	101

BÖLÜM 7

BİYOMALZEMELERİN MEDİKAL BİYOTEKNOLOJİ ALANINDAKİ UYGULAMALARI

Pınar BOZBEYOĞLU	117
Burhan BUDAK	117

BÖLÜM 8

DOĞU ANADOLU FAY ZONU UZANIMINDA BULUNAN GÖLBAŞI (ADİYAMAN)-TÜRKOĞLU (KAHRAMANMARAŞ) SEGMENTİ ÜZERİNDE DOĞAL RADYOAKTİVİTENİN BELİRLENMESİ

Serdar GÜMBÜR.....	129
Erdal KÜÇÜKÖDER	129

BÖLÜM 9

G_3^1 'DE NONLİNEER DENKLEMLER

Fatma BULUT	151
-------------------	-----

BÖLÜM 1

TİYOFEN HALKALI AMİT BİLEŞİĞİNİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLERİ

Şükriye Çakmak¹

Aysel Veyisoğlu²

1 Dr. Öğr. Üyesi Şükriye Çakmak ORCID: 0000-0002-2221-0098, Sinop Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü

2 Doç. Dr. Aysel Veyisoğlu ORCID: 0000-0002-1406-5513, Sinop Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü

GİRİŞ

Dünyadaki en önemli güncel tartışmalardan biri, mevcut antibakteriyel ve antifungal ilaçlara karşı dirençli patojen mikroorganizmaların her geçen gün artması nedeniyle bulaşıcı hastalıkların tedavisinin güçleşmesidir (Leeb, 2004; O'Connell ve ark., 2013). Son araştırmalar, özellikle hastanede yatan ve bağışıklığı baskılanmış hastaların enfeksiyonlarının tedavisi için geleneksel ilaçlardan farklı mekanizmalar yoluyla sentezlenen yeni etkili antimikrobiyal ajanlar geliştirmeye odaklanmıştır (Silver, 2011). Bu nedenle, yeni ve güçlü antibakteriyel ve antifungal ilaçlar çok gereklidir.

Milyonlarca insan bakterilerin neden olduğu bulaşıcı hastalıklardan etkilenmekte ve bu da dünyada birçok insanın ölümüne neden olmaktadır (Brundage & Shanks, 2008). Gelişmekte olan ülkelerde patojen mikroorganizmaların neden olduğu bakteriyel enfeksiyonlar yaşamı tehdit eden hastalıklara yol açmaktadır (Al-Bari ve ark., 2006). Şu anda yaygın olarak kullanılan antibakteriyel maddeler Fidaxomicin, Cetromisin, Daptomisin, Torezolid ve Solitromisin'dir (Livermore ve ark., 2016). Antibakteriyel ajanlar/Antibiyotikler, patojenik bakterileri öldürmek veya gelişimini kontrol altına almak için kullanılır, ancak antibakteriyel ajanların uzun süreli kullanımı, uygun zamanda alınmaması gibi nedenlerle bakterilerin antibakteriyel ajanlara/antibiyotiklere karşı direnç geliştirme şansı oluşmaktadır (Sharma ve ark., 2015; Li & Webster, 2018; Kumar ve ark., 2021). Farklı bakteri, mantar, parazit vb. suşların, çoklu ilaca karşı artan dirençlerinin halk sağlığını tehdit ettiği kanıtlanmıştır. En yaygın çoklu ilaca dirençli bakteriler: *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Acinetobacter baumannii*, vb örnek olarak verilebilir (Nordmann ve ark., 2007).

Amitler, geniş bir uygulama yelpazesine sahip önemli organik bileşiklerdir (North, 1997; Hodon,1988). Amit bileşiklerinin sentezi, yapısı ve özellikleri son yıllarda yoğun bir şekilde araştırılmıştır. Çok sayıda doğal ürünün (proteinler ve peptitler) ve birçok ilaç molekülünün yapısında bulunmaktadır (Pattabiraman & Bode, 2011; Valeur & Bradley, 2009). Organik ve biyorganik kimyadaki reaksiyonların çoğu amit bağı oluşumu üzerinedir (Ghodsinio ve ark., 2013). Amit bağları, hidrolize karşı yüksek direnci nedeniyle proteinlerde temel bir yapı birimidir. Bu gerçek biyolojik sistemlerde çok önemlidir, çünkü nispeten basit aminoasit öncülerinden peptitlerin (amitler) oluşturulmasına izin vermektedir (Gudasi ve ark., 2005). Canlı organizmaları oluşturan temel bileşenler olan amitler, çeşitli geçiş metal iyonlarına güçlü koordinasyon yeteneğine sahiptir (Chapman & Vagg, 1979).

Bir heteroatom içeren beş üyeli heterosiklik bileşikler grubunun bir üyesi olan tiyofen, en basit heterosiklik sistemlerden biridir. Tiyofen hal-

kasının inşası için çok sayıda sentetik yaklaşım mevcuttur ve bu sentetik stratejilerin çoğu, çeşitli işlevlerin tiyofen halkası üzerinde eşzamanlı olarak doğru konumlandırılmasına izin vermektedir (Abedinifar ve ark., 2021; Nguyen, 2020; Schaper & Müller, 2018; Mancuso & Gabriele, 2014). Tiyofen halkalarının inşası için sentetik metodolojilerin geliştirilmesine ayak uydurarak, tiyofenlerin halihazırda kurulmuş kimyasal modifikasyonlarına birçok yenilikçi katkı da açıklanmıştır (Makhova ve ark., 2020; Roman, 2013). Tiyofen ve türevlerinin pratik uygulamaları ile ilgili olarak, bu heterosiklin büyüyen elektronik malzeme alanına önemli katkısına ek olarak, tıbbi kimyada ayrıcalıklı bir iskele olarak tiyofenin kullanımı kayda değerdir (Archna ve ark., 2020; Pathania ve ark., 2019; Shah & Verma, 2018; Sperry & Wright, 2005). Biyolojik olarak ilgili moleküllerde tiyofen parçasının kullanımı, artan etki ve aktivite, daha fazla özgüllük ve azaltılmış toksisite sergileyen yeni potansiyel ajanlar ile mevcut ilaçları genişletme ve çeşitlendirmeye yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Tiyofen, benzenin bir biyoizosteridir, ancak en basit aromatik hidrokarbona kıyasla biraz daha küçük bir sterik hacme sahiptir ve elektronca zengin bir yapıya sahiptir. Bu iki fark, biyolojik reseptörlere daha iyi uyması açısından ilaç adaylarının yapısındaki benzenin tiyofen ile yer değiştirmesini önemli hale getirebilir ve ayrıca molekülün çözünürlüğü, biyoyararlanımı ve metabolik ölümü gibi özelliklerde değişikliklere neden olabilmektedir. Bu yüzden, tiyofen türevleri köklü biyolojik özelliklere sahip aktif moleküller içeren benzenin izosterleri olarak tasarlanmıştır ve en iyi örneklerden biri, tiyofen içeren β -laktam antibiyotiklerin tasarımıdır. Spesifik bir molekül tipinin belirli bir biyolojik özelliğine göre benzenin bir tiyofen-2-il veya tiyofen-3-il kısmı ile yer değiştirmesinin sonucunu geliştirme girişimleri şimdiye kadar başarılı olmamıştır. Sonuç olarak, belirli bir molekül tipinin tüm olası izomerik tiyofen türevleri, benzenin tiyofen ile biyoizosterik yer değiştirmesi kullanılarak modifikasyon yoluyla en iyi yer değiştirme modelini ortaya çıkarmak için hazırlanmalıdır. Bununla birlikte, potansiyel biyolojik kullanımları olan tiyofen türevlerinin çoğu, bilinen moleküllerin analogları olarak değil, yeni olarak hazırlanmıştır. Bu durumda, anlamlı araştırmalara yönelik başarı oranı düşük olsada, bu oranın düşüklüğü, şimdiye kadar biyolojik değerlendirme için mevcut olmayan ve sonunda, nicel veri birikimi yoluyla nitel bir sıçramaya yol açarak tiyofen içeren bileşiklerdeki yapı-biyolojik aktivite ilişkisine dair anlayışımızın iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır (Roman, 2022).

Bir süstitüent olarak en az bir tiyofen halkası içeren heterosiklik sistemler, tiyofen içeren antimikrobiyal bileşikler arasında iyi temsil edilmektedir (Roman, 2022).

Kükürt içeren tiyofen iskelesi, organik işlevsellikler arasında en çok hedeflenen moleküllerden biridir. Beş üyeli heteroaromatik halkalar arasında

özellikle tiyofen halkası ilaç moleküllerinde yapı taşı olarak kullanılmakta ve çeşitli biyokimyasal işlemlerde önemli rol oynamaktadır. Tiyofen birimlerinin varlığı ve yapılarında bir amit işlevsellik grubuna sahip olmaları sayesinde tiyofen bazlı amitler antibakteriyel (Koparrı & Parlak, 2018), antifungal (Kheder & Mabkhot, 2012; Refat & Fadda, 2013), anti-kanser (Archna & Pooja, 2020), anti-inflamatuar (de Cruz ve ark., 2021), anti-depresan (Wardakhan ve ark., 2008) ve anti-HIV (Kheder & Mabkhot, 2012) gibi aktiviteler göstermektedir. Ayrıca, tiyofen bazlı moleküller, azo boyalar (López-Duarte ve ark., 2015; Yen & Wang, 2004), elektronik ve optoelektronik cihazlar (Sarswat ve ark., 2003), iletkenlik bazlı sensörler (Vriezema ve ark., 2003), enerji depolama cihazları (Huynh ve ark., 2002), doğrusal olmayan optik kromoforlar (Steybe ve ark., 1997) gibi çeşitli uygulamalar sergilemektedir.

Bu çalışmada, tiyofen bazlı amit türevinin sentezi ve karakterizasyonu rapor edilmiştir. Ayrıca sentez ve karakterizasyona ek olarak, başlık bileşiğinin antibakteriyel ve antifungal aktiviteleri incelenmiş ve antibakteriyel aktivite için referans standart olarak Amoksisilin ve Tetrasiklin kullanılırken, antifungal aktivite için referans standart olarak Ketokonazol kullanılmıştır.

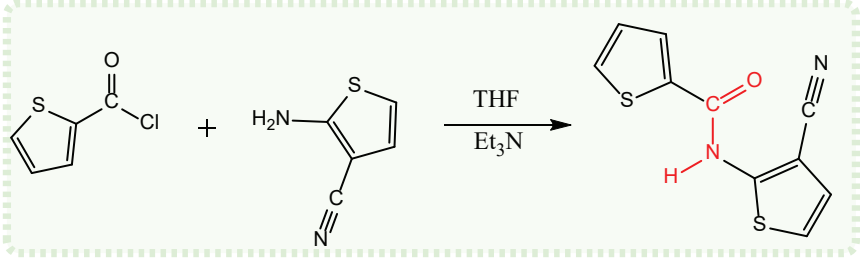
MATERYAL VE YÖNTEM

Kullanılan kimyasal maddeler

Kullanılan tüm çözücüler ve kimyasal maddeler Merck, Sigma, Alfa Aesar firmalarından satın alındı. Sentezlenen maddelerin erime noktasını belirlemek için Stuart SMP 30 marka elektrotermal dijital göstergeli erime noktası tayini cihazı kullanıldı. IR spektrumları Bruker Vertex 80v marka infrared spektrofotometresinde kaydedildi. NMR spektrumları 300 MHz'lik Bruker/Ultraschilt- NMR marka spektrometresi ile alındı. Elementel analizler Ordu Üniversitesi'nde ODUMARAL'da Elementar Vario Micro Cube (Almanya) marka element analizörü ile yapıldı.

N-(3-siyanotiyofen-2-il)tiyofen-2-karboksamit

Sekonder amit bileşiğinin sentezi için tiyofen-2-karbonil klorür türevi 2-aminotiyofen-3-karbonitril ile etkileştirilerek karşılık gelen N-(3-siyanotiyofen-2-il)tiyofen-2-karboksamit bileşiği hazırlandı. 10 mmol 2-aminotiyofen-3-karbonitril 12 ml tetrahidrofuran (THF) içerisinde çözüldü ve üzerine 10 mmol (1,4 ml) trietilamin (Et₃N) damla damla ilave edildi. 10 ml THF de çözülmüş 11 mmol 2 tiyofen-2-karbonil klorür yavaşça eklendi ve karışmaya bırakıldı. 15 saat oda sıcaklığında karıştırıldı. Oluşan beyaz tuz çökeleği süzüldü. Süzüntüye damla damla saf su eklendi. Su eklenince oluşan katı ürün süzüldü ve etanolde kristallendirildi. Verim: % 65; E.N: 94-96 °C; Elementel analiz: C₁₀H₆N₂OS₂, Hesaplanan: C, 51.27; H, 2.58; N, 11.96; S, 27.37; Bulunan: C, 51.23; H, 2.60; N, 11.58; S, 27.24. (Çakmak ve ark., 2016; Mazik ve ark., 1999)



Şekil 1. N-(3-siyanotiyofen-2-il)tiyofen-2-karboksamid bileşiğinin sentez reaksiyonu

Mikrobiyal Suşlar

Gram-pozitif bakterilerden *Bacillus subtilis* ATCC 6623, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, Gram negatif *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70060, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 funguslardan *Candida albicans* ATCC 10231 ve *Aspergillus niger* ATCC 16404 antimikrobiyal aktivite çalışmasında kullanılmıştır. Tüm test tip türleri ATCC (Amerikan Tıp Kültür Koleksiyonu) kültür koleksiyonundan elde edilmiştir.

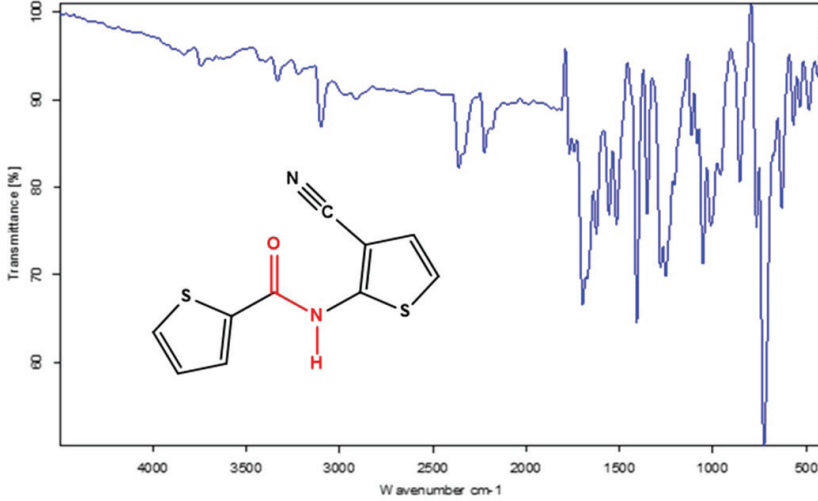
Antimikrobiyal Aktivite Taraması

Antibakteriyel çalışmalar, Ulusal Klinik Laboratuar Standartları Komitesi'nde (Wayne, 2007) açıklandığı üzere broth mikrodilüsyon yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Test edilen suşlara karşı maddelerin minimum inhibisyon konsantrasyonları (MIC'ler), 96 çok oyuklu mikro plakalarda broth mikrodilüsyon metodu kullanılarak belirlenmiştir (Wayne, 2007; Wiegand ve ark., 2008).

Bakteri kültürleri nütrient brothda 37 °C'de 24-48 saat inkübe edilmiş, mantarlar ise 28 °C'de 24 saat inkübe edilmiş ve hazırlanan süspansiyonların bulanıklığı 0.5 McFarland'a ayarlanmıştır. Maddeler Dimetil sülfoksit (DMSO, Merck) içinde çözülmüş ve aynı çözücü kullanılarak seyreltilmiştir. Stok konsantrasyonu 8192 µg/ml olarak ayarlanmıştır. Kontrol kuyuları olarak DMSO, saf kültürler ve nütrient broth kullanıldı. Kuyucuklara her mikroorganizmanın 100 µL süspansiyonu ve test edilen bileşiğin 100 µL süspansiyonu eklendi. MİK değeri görünür büyümeyi engelleyen örneklerin en düşük konsantrasyonu olarak saptanmıştır. Mikroorganizma üremesi olmayan mikropilaka, µg/mL olarak belirtilen MİK temsil edecek şekilde kaydedildi. Antibakteriyel aktivite için referans standart olarak Amoksisilin ve Tetrasiklin kullanılırken, antifungal aktivite için referans standart olarak Ketokonazol kullanıldı.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

IR Spektroskopisi



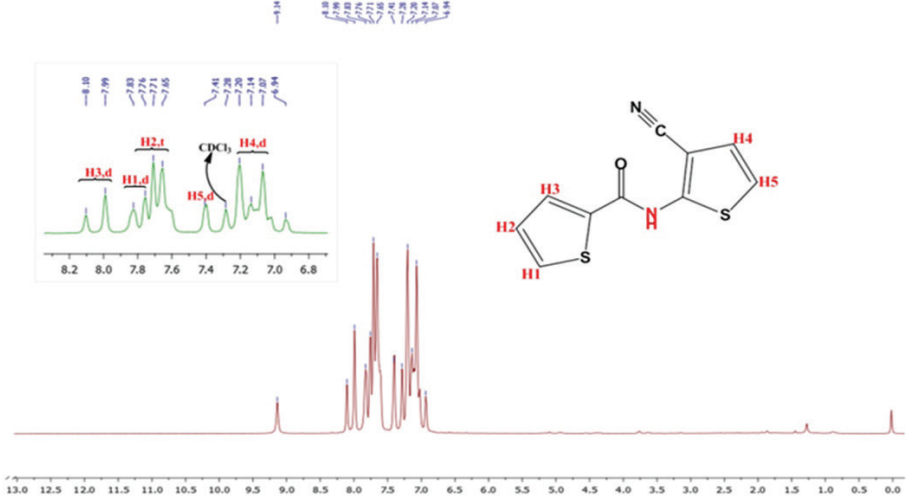
Şekil 2. *N*-(3-siyanotiyofen-2-il)tiyofen-2-karboksamit bileşiğinin IR spektrumu

N-(3-siyanotiyofen-2-il)tiyofen-2-karboksamit'in IR Spektrumu (Şekil 2) incelendiğinde bu bileşiğe ait 3332 cm⁻¹'deki absorpsiyon bandı N-H gerilme titreşimini göstermektedir. Amitler için karakteristik olan karbonil grubu absorpsiyon C=O (Amit I) bandı 1660 cm⁻¹'de gözlemlenirken, 1432 cm⁻¹'deki gerilme titreşimleri Amit II bandı olarak adlandırılan C–N gerilmesi ve N–H eğilme titreşimlerine karşılık gelir. Bileşiğin diğer önemli absorpsiyon bandı 2221 cm⁻¹'de gözlemlenen nitril grubu (-C≡N) gerilme titreşimine aittir. Bu deneysel veriler literatürde ki benzer moleküllerin yapısı ile uyum içindedir (Çakmak ve ark., 2016; Kırca ve ark., 2018; Balcı, 2000).

NMR Spektroskopisi

N-(3-siyanotiyofen-2-il)tiyofen-2-karboksamit'in bileşiğinin ¹H-NMR spektrumu (Şekil 3) CDCl₃ içerisinde kaydedilerek, bileşiğe ait farklı kimyasal çevreye sahip protonlarının kimyasal kayma değerleri belirlendi. Amit grubuna ait proton (s, 1H, NH–C=O) 9.14 ppm'de rezonansa gelirken diğer aromatik protonlar 8.10-7.07 ppm'de rezonans olmaktadır. Bileşiğinin ¹H-NMR spektrumu (Şekil 3) incelendiğinde tiyofen halkalarına ait protonlar birbirlerinden etkilenerek yarıldıkları görülmektedir. H1, H3 ve H4, H5 ile orto etkileşimle birbirlerini dublete yarmaktadırlar. H1, H3 hidrojenleri sırasıyla 7.79 ppm ve 8.04 ppm'de rezonansa gelirken, H4, H5

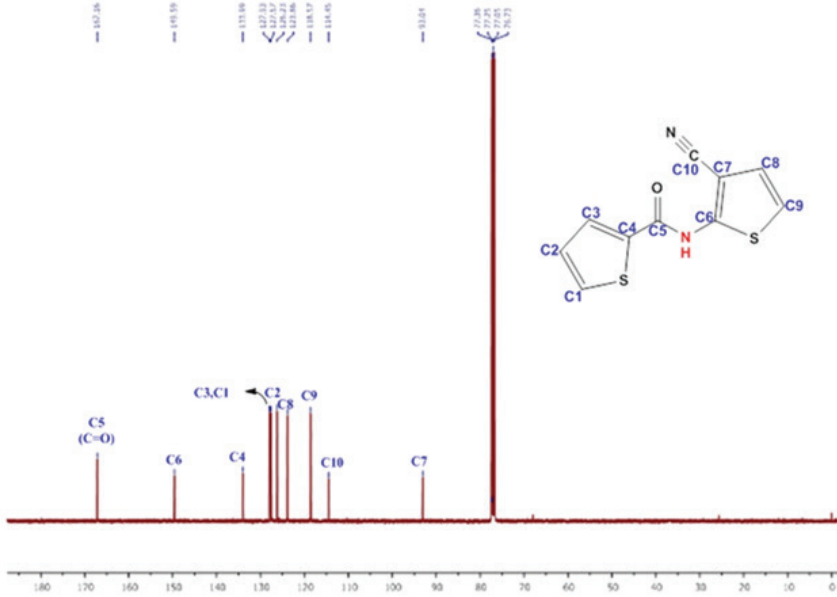
hidrojenleri de 7.14 ppm ve 7.41 ppm'de rezonansa gelir. Diğer taraftan H2 hidrojeni H1 ve H3 hidrojenleri ile etkileşerek triplete yarıлып 7.65-7.76 ppm arasında rezonansa gelmektedir.



Şekil 3. *N*-(3-siyanotiyofen-2-il)tiyofen-2-karboksamid bileşiğinin $^1\text{H-NMR}$ spektrumu

N-(3-siyanotiyofen-2-il)tiyofen-2-karboksamid bileşiğinin $^{13}\text{C-NMR}$ spektrumu CDCl_3 içerisinde kaydedildi. Spektrum incelendiğinde, bileşiğinin 10 farklı kimyasal çevreye sahip karbon atomu içerdiği görülmektedir. İki tiyofen halkasına ait aromatik karbonlar C1, C2, C3, C4, C6, C7, C8 ve C9 sırasıyla 127.57, 126.23, 127.93, 133.98, 149.59, 114.45, 126.23, ve 123.86 ppm' de ortaya çıkmışlardır. Amit karbonil grubuna ait karbon ($-\text{NH-C=O}$) 167.16 ppm'de sinyal verirken nitril grubu ($-\text{C}\equiv\text{N}$) karbonu 118.56 ppm de ortaya çıktı.

Bu $^1\text{H-NMR}$ ve $^{13}\text{C-NMR}$ bulguları, çalışmamızda arzu edilen amit işlevsel grubunun oluştuğunu teyit etmiştir (Cakmak ve ark., 2016; Kırca ve ark., 2018; Balcı, 2000).



Şekil 4. N-(3-siyantiyofen-2-il)tiofen-2-karboksamid bileşiğinin ¹³C-NMR spektrumu

Antimikrobiyal Aktivite Taraması

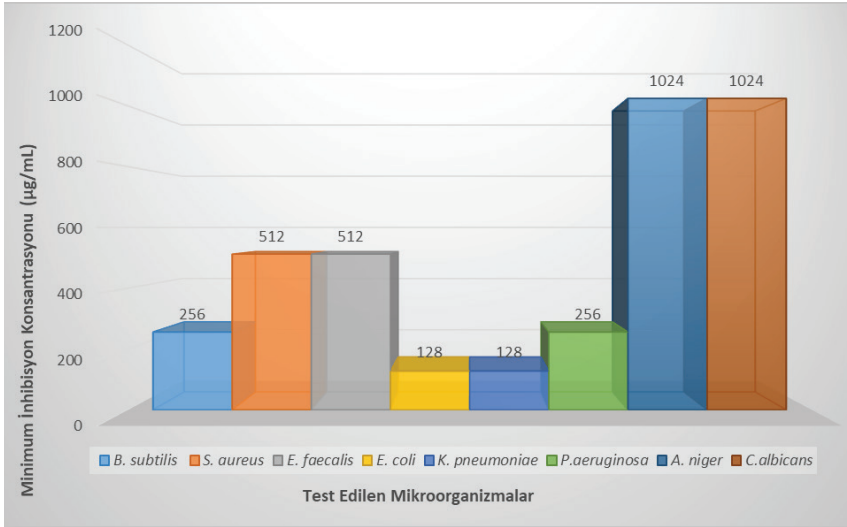
Bu çalışmada, tiofen halkalı amit bileşiğinin in vitro koşullarda antimikrobiyal aktivite özellikleri, broth mikrodilüsyon yöntemiyle (Wayne, 2007) klinik tip suşları üzerinde test edilmiştir. Antibakteriyel aktivite için referans standart olarak Amoksisilin ve Tetrasiklin kullanılırken, antifungal aktivite için referans standart olarak Ketokonazol kullanıldı, elde edilen veriler Tablo 1’de gösterilmektedir (Grafik 1).

Minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) ile maddenin gözle görünür test mikroorganizmasının üremesini engelleyen en düşük konsantrasyonu belirlenmektedir. Sentezlenen bileşiğin antimikrobiyal etkisi 128 ile 1024 µg/mL arasında gözlemlendi. Tablo 1’de görüldüğü gibi gram-negatif bakterilerden *S. aureus* ve *E. faecalis*, gram-pozitif bakterilerden *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa* kullanılan Amoksisilin standartına göre daha iyi aktivite göstermiştir. Ayrıca gram-negatif bakterilerden *B. subtilis* ve gram-pozitif bakterilerden *E. coli* kullanılan Amoksisilin ve Tetrasiklin standartlarından daha düşük aktivite göstermiştir.

Başlık bileşiğinin antifungal aktivitesi değerlendirildiğinde denenen iki fungusu karşı (*A. niger* ve *C. albicans*) Ketokonazol standartından daha düşük aktivite (1024 µg/mL) gösterdiği bulunmuştur.

Table 1 Test edilen molekülün minimum inhibisyon konsantrasyonları (MİK)

Örnek	Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (µg/mL)							
	Gram-negatif bakteri			Gram-pozitif bakteri			Fungus	
	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>E. coli</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>A. niger</i>	<i>C. albicans</i>
N-(3-siyanotiyofen-2-il)tiyofen-2-karboksamid	256	512	512	128	128	256	1024	1024
Amoksisilin	<2	>1000	>1000	32	>1000	>1000	-	-
Tetrasiklin	<2	8	8	<2	8	4	-	-
Ketokonazol	-	-	-	-	-	-	1	2



Grafik 1 Test edilen molekülün minimum inhibisyon konsantrasyonları (MİK) 'nın grafik şeması

Son çalışmalar, tiyofen türevlerinin çeşitli mikrobiyal enfeksiyonlara karşı yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdiğini göstermiştir (Erkuş ve ark., 2020; Cakmak & Veyisoglu 2021). Erkuş ve çalışma arkadaşları 2020 yılında yaptıkları çalışma da dört yeni [1 + 1] yoğunlaştırılmış furan ve tiyofen bazlı sikloheterofan amit sentezlediler ve bu bileşiklerin gram-pozitif (*S. aureus* ATCC 25923 ve *B. cereus* ATCC 11778), gram-negatif (*E. coli* ATCC 25922 ve *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 ve *Salmonella typhimurium* ATCC 14028) bakterilere, maya kültürüne (*C. albicans* ATCC 10231) karşı aktivitelerini test ettiler ve dört bileşikten ikisinin *B. cereus*'a karşı etkili olduğunu buldular (Erkuş ve ark., 2020).

Cakmak & Veyisoglu (2021) yaptığı araştırma da iki aşamada 2-tiyofen asetik asitten heterosiklik amid türevleri (I-IV) sentezlendiler ve sentezle-

dikleri bu dört bileşimin Gram-negatif bakterilere, Gram-pozitif bakterilere ve mantarlara karşı antimikrobiyal aktiviteleri minimum inhibisyon konsantrasyonu yöntemi kullanılarak araştırdılar. Sonuç olarak, bileşikler (I ve III) standart amoksisilin antibakteriyel maddesine kıyasla *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı daha iyi antibakteriyel aktivite sergilediğini tespit etmişlerdir (Çakmak & Veyisoğlu, 2021).

SONUÇLAR

N-(3-siyanotiyofen-2-il)tiyofen-2-karboksamid bileşiği sentezlendi ve ¹³C-NMR, FT-IR, ¹H NMR ve elementel analiz teknikleri ile yapıları karakterize edildi. Heterohalkalı bileşikler arasında tiyofen halkasına sahip bileşikler önemli derecede antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. Bileşimin yapısında he kükürt (S), azot (N) ve oksijen (O) gibi heteroatomların varlığı aktivite üzerinde etkilidir. Antimikrobiyal aktivite sonuçları değerlendirildiğinde bileşimin altı bakteri ve iki fungus arasında en iyi aktiviteyi gram-negatif bakterilerden *S. aureus* ve *E. faecalis*, gram-pozitif bakterilerden *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa* karşı kullanılan Amoksisilin standardından daha iyi aktivite sergilediği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, antimikrobiyal aktivite üzerinde genel olarak bileşimin doğası, ve içerdiği fonksiyonel grupların (-NH-) varlığı aktiviteyi artırıcı etki oluşturmaktadır. Bu bulgular gelecek çalışmalarda, potansiyel antimikrobiyal aktiviteye sahip bu ve buna benzer sentetik ajanların farmakolojik alanda değerlendirilmesinin ümit verici olduğunu göstermektedir.

REFERANSLAR

- Abedinifar, F., Babazadeh, R. E., Biglar, M., Larijani, B., Hamedifar, H., Ansari, S., & Mahdavi, M. (2021). Recent strategies in the synthesis of thiophene derivatives: highlights from the 2012-2020 literature. *Molecular Diversity*, 25, 2571–2604. Doi: 10.1007/s11030-020-10128-9
- Al-Bari, A. A., Sayeed, M. A., Rahman M. S., & Mossadik, M. A. (2006). Characterization and antimicrobial activities of a phthalic acid derivative produced by *Streptomyces bangladesiensis* a novel species collected in Bangladesh. *Research Journal of Medicine and Medical Sciences*, 1, 77–81.
- Archna, Pathania, S., & Chawla, P. A. (2020). Thiophene-based derivatives as anticancer agents: An overview on decade's work. *Bioorganic Chemistry*, 101, 104026. Doi:10.1016/j.bioorg.2020.104026
- Archna, S. P., & Pooja, A. C. (2020). Thiophene-based derivatives as anticancer agents: An overview on decade's work. *Bioorganic Chemistry*, 101, 104026. Doi:10.1016/j.bioorg.2020.104026
- Balçı, M. (2000). Nükleer manyetik rezonans spektroskopisi. Ankara, METU PRESS.
- Brundage, J. F., & Shanks, G. D. (2008). Death from bacterial pneumonia during 1918 –19 influenza pandemic. *Emerging Infectious Diseases*, 14, 1193–1199. Doi: 10.3201/eid1408.071313
- Cakmak, S., & Veyisoglu, A. (2021) Heterocyclic amides derived from 2-Thiopheneacetic acid: Synthesis, characterization and antimicrobial activity evaluation. *El-Cezerî Journal of Science and Engineering*, 8, 389–396. Doi :10.31202/ecjse.824619
- Cakmak, S., Kutuk, H., Odabasoglu, M., Yakan, H., & Buyukgungor, O. (2016). Spectroscopic properties and preparation of some 2, 3-dimethoxybenzamide derivatives. *Letters in Organic Chemistry*, 13, 181–194. Doi: 10.2174/1570178613666151230210931
- Chapman, R. L., & Vagg, R. S. (1979). Studies on the metal-amide bond. I. Metal complexes of the bis-amide tetradentate ligand *N,N'*-bis(2'-pyridinecarboxamide)-1,2-benzene. *Inorganica Chimica Acta*, 33, 227–234. Doi: 10.1016/S0020-1693(00)89480-3
- da Cruz, R., Mendonça-Junior, F., de Mélo, N. B., Scotti, L., de Araújo, R., de Almeida, R. N., & de Moura, R. O. (2021). Thiophene-based compounds with potential anti-inflammatory activity. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, 14, 692. Doi: 10.3390/ph14070692
- Erkuş, B., Özcan, H., & Zaim, Ö. (2020). Synthesis, antimicrobial activity, and ion transportation investigation of four new [1 + 1] condensed furan and thiophene-based cycloheterophane amides. *Journal of Heterocyclic Chemistry*, 57, 1956–1962. Doi: 10.1002/jhet.3922

- Gudasi, K. B., Vadavi, R. S., Shenoy, R.V., Patil, M. S., & Patil, S. A. (2005). Ambidentate behavior of pentadentate *N,N'*-bis(2-hydroxyphenyl)-pyridine-2,6-dicarboxamide towards transition metal(II) salts. *Transition Metal Chemistry*, 30, 569–574. Doi: 10.1007/s11243-005-2384-4
- Hudson, D. (1988). Methodological implications of simultaneous solid-phase peptide synthesis. 1. Comparison of different coupling procedures. *The Journal of Organic Chemistry*, 53, 617–624. Doi: 10.1021/jo00238a026
- Huynh, W. U., Dittmer, J. J., & Alivisatos, A. P. (2002). Hybrid nanorod-polymer solar cells. *Science*, 295, 2425–2427. Doi: 10.1126/science.1069156
- Kheder, N. A., & Mabkhot, Y. N. (2012). Synthesis and antimicrobial studies of some novel bis-[1,3,4]thiadiazole and bis-thiazole pendant to thieno[2,3-b]thiophene moiety. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 3661–3670. Doi: 10.3390/ijms13033661
- Kırca, B. K., Çakmak, Ş., Kütük, H., Odabaşoğlu, M., & Büyükgüngör, O. (2018). Synthesis and characterization of 3-acetoxy-2-methyl-N-(phenyl) benzamide and 3-acetoxy-2-methyl-N-(4-methylphenyl) benzamide. *Journal of Molecular Structure*, 1151, 191–197. Doi: 10.1016/j.molstruc.2017.09.034
- Koparrı, P., & Parlak, A. E. (2018). Investigation of antitumor and antibacterial properties of some new thiophene-2,5-dicarboxylic acid bis-aryl (alkyl) amide compounds. *Cumhuriyet Science Journal*, 39, 357–365. doi: 10.17776/csj.412145
- Kumar, A., Prakash, O., Vivekanand, Saxena, M. K., Kasana, V., Rathore, S., & Sing, S. (2021). New insights into the promising antibacterial activity of thiophene or chromene moiety containing aryl sulfonamide, *PREPRINT (Version 1) available at Research Square*, Doi: 10.21203/rs.3.rs-452693/v1.
- Leeb, M. (2004) Antibiotics: a shot in the arm. *Nature*, 431, 892–893. Doi: 10.1038/431892a.
- Li, B., & Webster, T. J. (2018). Bacteria antibiotic resistance: New challenges and opportunities for implant-associated orthopedic infections. *Journal of Orthopaedic Research*, 36, 22–32. Doi: 10.1002/jor.23656.
- Livermore, D. M., Mushtaq, S., Warner, M., & Woodford, N. (2016). In vitro activity of eravacycline against carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* and *Acinetobacter baumannii*. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 60, 3840–3844. Doi: 10.1128/AAC.00436-16
- López-Duarte, I., Chairatana, P., Wu, Y., Pérez-Moreno, J., Bennett, P. M., Reeve, J. E., & Anderson, H. L. (2015). Thiophene-based dyes for probing membranes. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 13, 3792–3802. Doi: 10.1039/C4OB02507E
- Makhova, N.N., Belen’kii, L. I., Gazieva, G. A., Dalinger, I. L., Konstantinova, L. S., Kuznetsov, V. V., Kravchenko, A. N., Krayushkin, M. M., Rakitin,

- O. A., Starosotnikov, A. M., Fershtat, L. L., Shevelev, S. A., Shirinian, V. Z., & Yarovenko, V. N. (2020). Progress in the chemistry of nitrogen-oxygen- and sulfur-containing heterocyclic systems. *Russian Chemical Reviews*, *89*, 55–124. Doi:10.1070/RCR4914
- Mancuso, R., & Gabriele, B. (2014). Recent advances in the synthesis of thiophene derivatives by cyclization of functionalized alkynes. *Molecules*, *19*, 687–719. Doi:10.3390/molecules191015687.
- Mazik, M., Bläser, D., & Boese, R. (1999). Hydrogen-bonding motifs in the crystals of secondary diamides with 2-amino-6-methyl- and 2, 6-diaminopyridine subunits. *Tetrahedron*, *55*, 12771–12782. Doi: 10.1016/S0040-4020(99)00789-9
- Nguyen, T. B. (2020). Recent Advances in the Synthesis of Heterocycles via Reactions Involving Elemental Sulfur. *Advanced Synthesis & Catalysis*, *362*, 3448–3484. Doi:10.1002/adsc.202000535
- Nordmann, P., Naas, T., Fortineau, N., & Poirel, L. (2007). Superbugs in the coming new decade; multidrug resistance and prospects for treatment of *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus* spp. and *Pseudomonas aeruginosa* in 2010. *Current Opinion in Microbiology*, *10*, 436–440. Doi: 10.1016/j.mib.2007.07.004
- North, M. (1997). Amines and amides. *Contemporary Organic Synthesis*, *4*, 326–351. Doi: 10.1039/CO9970400326
- O’Connell, K. M., Hodgkinson, J. T., Sore, H. F., Welch, M., Salmond, G. P., & Spring, D. R. (2013). Combating multidrug-resistant bacteria: current strategies for the discovery of novel antibacterials. *Angewandte Chemie International Edition*, *52*, 10706–10733. Doi: 10.1002/anie.201209979.
- Pathania, S., Narang, R. K., & Rawal, R. K. (2019). Role of sulphur-heterocycles in medicinal chemistry: An update. *European Journal of Medicinal Chemistry*, *180*, 486–508. Doi: 10.1016/j.ejmech.2019.07.043
- Pattabiraman, V. R., & Bode, J. W. (2011). Rethinking amide bond synthesis. *Nature*, *480*, 471–479. Doi: 10.1038/nature10702.
- Refat, H. M., & Fadda, A. A. (2013). Synthesis and antimicrobial activity of some novel hydrazide, benzochromenone, dihydropyridine, pyrrole, thiazole and thiophene derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry*, *70*, 419–426. Doi: 10.1016/j.ejmech.2013.09.003
- Roman, G. (2022). Thiophene-containing compounds with antimicrobial activity. *Archiv der Pharmazie*, e2100462. Doi: 10.1002/ardp.202100462.
- Roman, G. (2013). Advances in the chemistry of Mannich bases of thiophenes and furans. *Mini-Reviews in Organic Chemistry*, *10*, 27–39. Doi: 10.2174/1570193X11310010003
- Sarswat, P. K., Sathyapalan, A., Zhu, Y., & Free, M. L. (2013). Design, synthesis, and characterization of TPA-thiophene-based amide or imine functional-

- zed molecule for potential optoelectronic devices. *Journal of Theoretical and Applied Physics*, 7, 4. Doi:10.1186/2251-7235-74
- Schaper, K., & Müller, T. J. J. (2018). Thiophene Syntheses by Ring Forming Multicomponent Reactions. *Topics in Current Chemistry*, 376, 38. Doi:10.1007/s41061-018-0216-1
- Shah, R., & Verma, P. K. (2018). Therapeutic importance of synthetic thiophene. *Chemistry Central Journal*, 12, 137. Doi: 10.1186/s13065-018-0511-5
- Sharma, M., Singh, S., & Sharma, S. (2015). New generation antibiotics/antibacterials: Deadly arsenal for disposal of antibiotic resistant bacteria. *Microbial & Biochemical Technology*, 7, 374–379. Doi: 10.4172/1948-5948.1000241
- Silver, L. L. (2011). Challenges of antibacterial discovery. *Clinical Microbiology Reviews*, 24, 71–109. Doi: 10.1128/CMR.00030-10.
- Sperry, J. B., & Wright, D. L. (2005). Furans, thiophenes and related heterocycles in drug discovery. *Current Opinion In Drug Discovery & Development*, 8, 723–40.
- Steybe, F., Effenberger, F., Beckmann, S., Krämer, P., Glania, C., & Wortmann, R. (1997). Enhanced nonlinear optical properties and thermal stability of donor-acceptor substituted oligothiophenes. *Chemical physics*, 219, 317–331. Doi: 10.1016/S0301-0104(97)00103-1
- Valeur, E., & Bradley, M. (2009). Amide bond formation: beyond the myth of coupling reagents. *Chemical Society Reviews*, 38, 606–631. Doi: 10.1039/B701677H
- Vriezema, D. M., Hoogboom, J., Velonia, K., Takazawa, K., Christianen, P. C. M., Maan, J. C., & Rowan, A. E. (2003). Vesicles and polymerized vesicles from thiophene containing rod-coil block copolymers. *Angewandte Chemie International Edition*, 42, 772–776. Doi.org/10.1002/anie.200390204
- Wardakhan, W., Abdel-Salam, W. A. G. N. A. T., & Elmegeed, G. A. (2008). Screening for antidepressant, sedative and analgesic activities of novel fused thiophene derivatives. *Acta Pharmaceutica*, 58, 1–14. Doi: 10.2478/v10007-007-0041-5
- Wayne, P. A. (2007). NCCLS Standarts. Clinical and Laboratory Standards Institute, Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standard, 7th edition, CLSI document M7-A7, Clinical Laboratory Standards Institute.
- Wiegand, I., Hilpert, K., & Hancock, R. E. W. (2008). Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration (MIC) of antimicrobial substances. *Nature Protocols*, 3, 163–175. Doi: 10.1038/nprot.2007.521
- Yen, M. S., & Wang, I. J. (2004). Synthesis and absorption spectra of hetarylazo dyes derived from coupler 4-aryl-3-cyano-2-aminothiophenes. *Dyes and Pigments*, 61, 243–250. Doi: 10.1016/j.dyepig.2003.10.015

BÖLÜM 2

CANLI ORGANİZMALARDA HÜCRE ORGANELLERİ VE FONKSİYONLARI

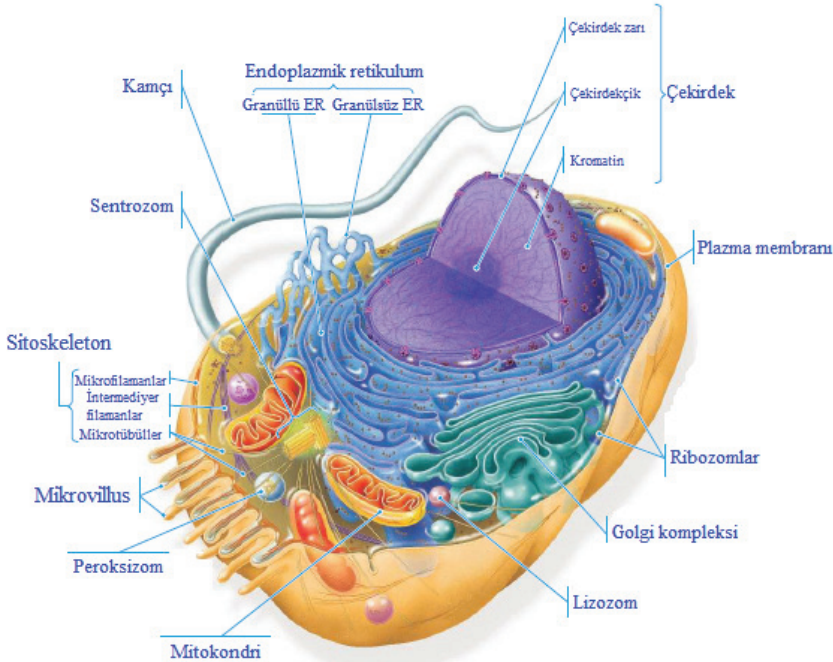
Sadettin ÜNSAL¹

¹ Doç. Dr. Sadettin ÜNSAL, Selçuk Üniversitesi fen Fakültesi Biyoloji Bölümü
KONYA, ORCID: 0000-0002-0805-9707

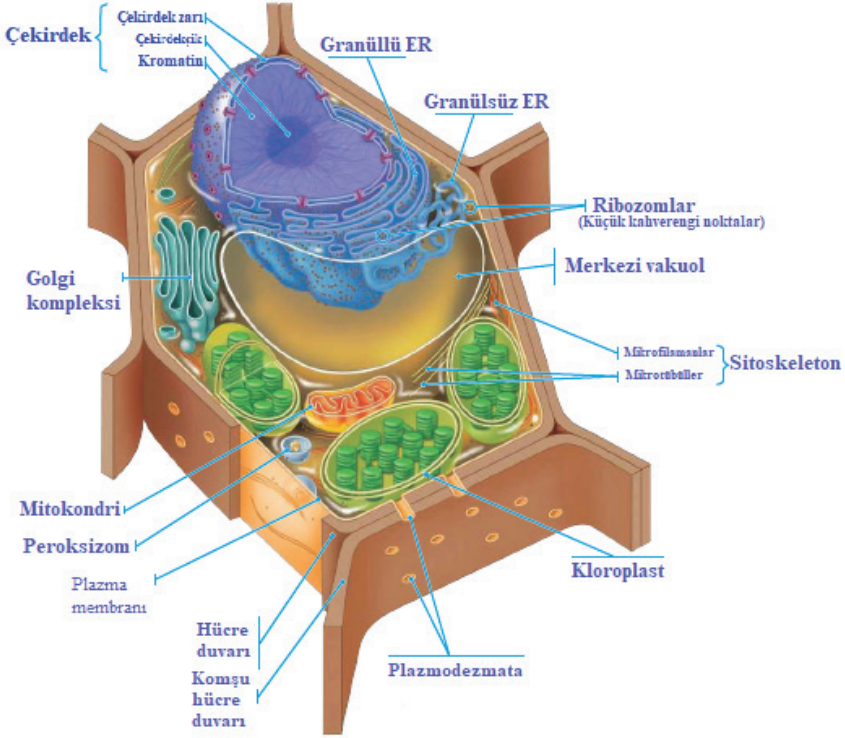
Sitoplazmada aynı anda birçok değişik biyokimyasal olay gerçekleşir. Her biri diğerinden farklı ve özgün olan bu biyokimyasal olayların kendilerine özgü ortamlarda gerçekleşebilmesi, birbirleriyle karışmaması ancak sitoplazmanın zarlarla çevrili bölümlere ayrılması ile mümkün olmaktadır. Biyolojik membranlarla (lipid ve proteinlerden oluşan) çevrili bu yapılara organel denir. Organeller madde sentezlenmesi, depolanması, parçalanması, enerji üretimi ve hareket ile ilgili görevler üstlenmişlerdir. Organellerin iki türü bulunur. Bunlar **A) Membransel organeller, B) İplişsel organellerdir**. Membransel organeller, metabolik olayların yerine getirilmesinden sorumlu iken, iplişsel organeller ise genel olarak hareket olaylarının yerine getirilmesinden sorumludurlar. Hücrenin yerine getirdiği görevin türüne bağlı olarak, ilgili organelin sayısı ve fonksiyon kapasitesinde artış gözlenir.

A) Membransel Organeller

Membransel organeller tamamıyla veya kısmen metabolik olaylarda; madde yapımı ve yıkımı aynı zamanda enerji üretimiyle özelleşmiş organellerdir. Hücrelerde membransel organeller yedi şekilde gözlenir. Bunlar: **1-Hücre zarı, 2-Ergastoplazma (Ribozom ve Endoplazmik retikulum), 3-Golgi kompleksi, 4-Lizozom, 5-Peroksizom (Mikrocisim/Mikrobadi), 6-Mitokondri, 7-Kloroplast**'lardır (Şekil 1, 2).



Şekil 1 Hayvan hücresinin genel yapısı ve organeller (Urry, LA. et al. 2020).

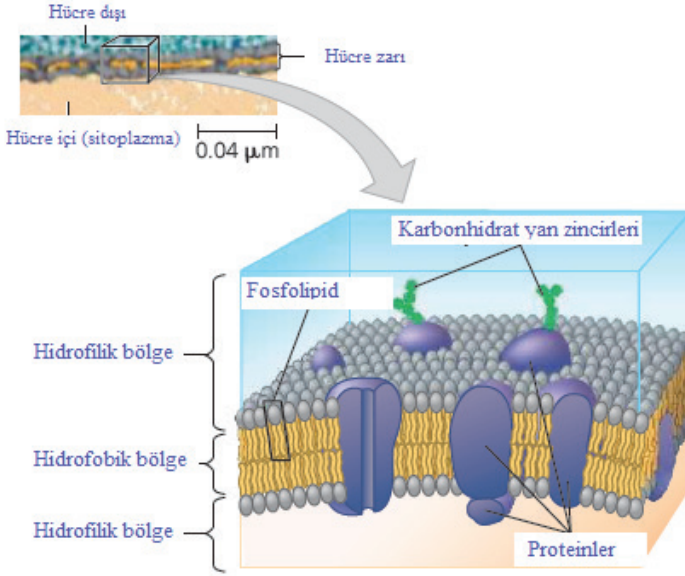


Şekil 2 Bitki hücresinin genel yapısı ve organeller (Urry, LA. et al. 2020).

1-Hücre zarı (Plasmolemma) : Bu yapı aynı zamanda hücre membranı olarak ta ifade edilir. İnce olmasından dolayı ışık mikroskopunda görülmesi mümkün değildir. Bu yapı elektron mikroskopunda üç katmanlı bir yapı olarak gözlenir. Bu katmanlardan dışta ve içte olanın kalınlığı 25 Å (Angström), ortadaki katmanın kalınlığı ise 30 Å'dür. Bununla beraber bitkisel ve hayvansal hücre zarlarının kalınlıkları 80-120 Å aralığında değişebilmektedir. Biyolojik membranın yapısını lipidler ve proteinler oluşturmakla beraber ana omurgasını lipidler meydana getirir. Zar yapısındaki lipidler ve proteinlerin su ile irtibatlı hidrofob kısımları dışa, su ile irtibatlı olmayan hidrofob kısımları içe yönelik olarak bulunur (Şekil 3).

Hem hayvansal hem de bitkisel hücreler bir zar ile çevrilmişlerdir. Bitkisel hücrelerde bu zar yapısına ilaveten bir karbonhidrat polimeri olan selüloz'dan yapılmış olan **hücre çeperi** bulunur (Şekil 2).

Hücre zarının ana omurgasını oluşturan lipidler, geçirgenlik engeli olarak görev yaparlar. Zarın lipidlerden oluşan kısımlarından her türlü madde ve molekülün geçmesi söz konusu değildir. Zar lipidlerinden sadece su, gazlar, yağda eriyen maddeler ve yağla bağdaşabilen maddelerin geçebilmesi söz konusudur.



Şekil 3 Hücre zarının moleküler yapısı (Urry, LA. et al. 2020) .

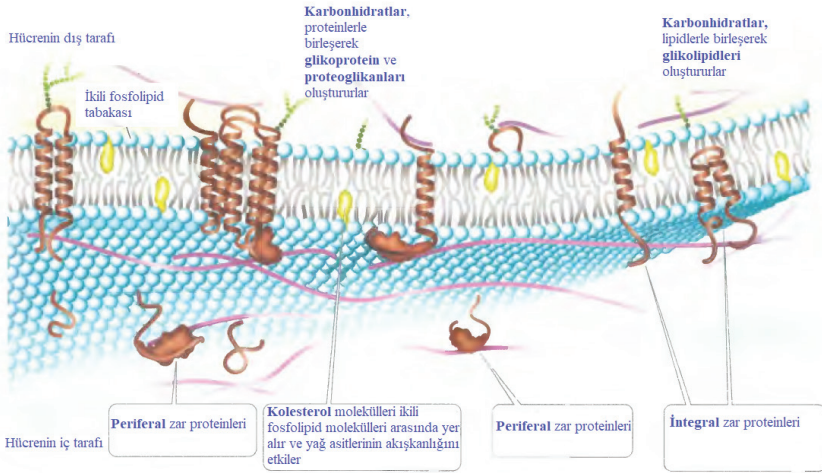
Hücre zarının ana omurgasını her ne kadar lipidler oluştursa da, hücre için yerine getirilmesi gereken önemli fonksiyonları, zar yapısında yer alan proteinler üstlenmişlerdir. Zar yapısında yer alan proteinlerin çoğunluğu enzim özelliğinde olan proteinlerdir. Bunlar: membranların bir yüzeyinden diğer tarafına madde taşımak, dış ortamdan gelen farklı uyarılara (hormon, sinirsel uyarıcı) bağlanarak, hücrelerin bunlara karşı reaksiyonunu sağlamak ve zarın yapısını oluşturan lipidlerin sentezlenmesine aracılık etme gibi görevleri vardır.

Hayvansal hücre zarı yapısal olarak diğer biyolojik membranlara benzer. Ancak onlardan farklı olarak zarın dış yüzeyinde **glikokaliks** (hücre örtüsü) adı verilen bir oluşuma sahiptir. Bu yapı bitkisel hücrelerde gözlenen hücre çeperinin analogudur. Glikokaliks'in büyük çoğunluğunu, karbohidratlar oluşturur. Bunlardan oligosakkarit türünde olanlar zar proteinleri ile birleşerek **glikoproteinleri**, polisakkarit türünde olanlar yine zar proteinleri ile birleşerek **proteoglikanları** meydana getirir. Oligosakkarit türünde olan karbohidratlar, aynı zamanda lipidlerle birleşerek, **glikolipidleri** oluştururlar. Zar dışına taşan proteinler, glikoprotein, proteoglikan ve glikolipidler, glikokaliks denilen hücre örtüsünü oluştururlar (Şekil 4).

Glikokaliks hücre zarının önemli bir unsurudur. Bu yapı sayesinde antikorlarla antijenlerin birleşebildiği uygun ortamlar oluşur. Aynı za-

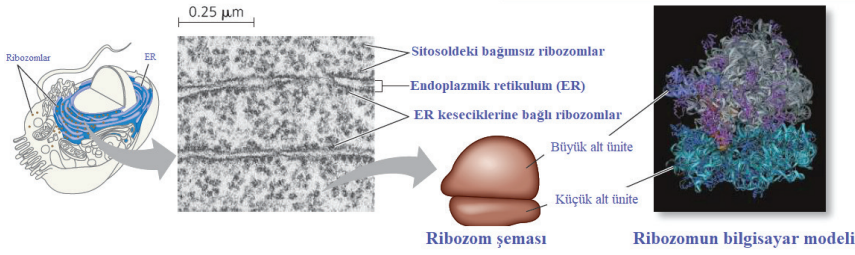
manda hücrenin antijenik kimliğini belirleyen bir yapıdır. Kan gruplarının tayini, zar yapısında bulunan polisakkaritlerin antijenik özelliklerine bakılarak tespit edilir.

2-Ergastoplazma: Bazı hücreler (bez epitel hücreleri, fibroblastlar, plazma hücreleri vb), bazik boyalarla boyandığı zaman sitoplazmanın belirli bölgeleri veya tamamı koyu olarak görülür. Bu bölgeler sitoplazmanın sentez yapan bölgeleridir. Bu bölgeler elektron mikroskobunun keşfinden önce ışık mikroskobu döneminde farkedilmiş ve bu bölgeler için **ergastoplazma** ifadesi kullanılmıştır. Bu bölgeler elektron mikroskobuyla incelendiğinde iki farklı organelden oluştuğu gözlenir. Bu yapılar, bağımsız ribozomlar ve endoplazmik retikulum'dur.



Şekil 4 Hayvansal hücre zarının moleküler yapısı ve glikokaliks (Gündüz ve Türkan, 2014).

Ribozomlar: Hem prokaryot hem de ökaryot hücrelerde bulunan ribozomlar, yapı ve fonksiyon bakımından birbirlerine benzerler. Işık mikroskobu ile gözlenemeyen organellerdir. % 60 oranında rRNA, % 40 protein moleküllerinden oluşurlar. Her bir ribozom, biri diğerinden büyük iki alt ünitenin birbirleriyle birleşmesinden oluşur. Ökaryotlarda küçük olan alt ünite bir adet, büyük olan alt ünite ise üç adet RNA molekülü bulunur (Şekil 5).



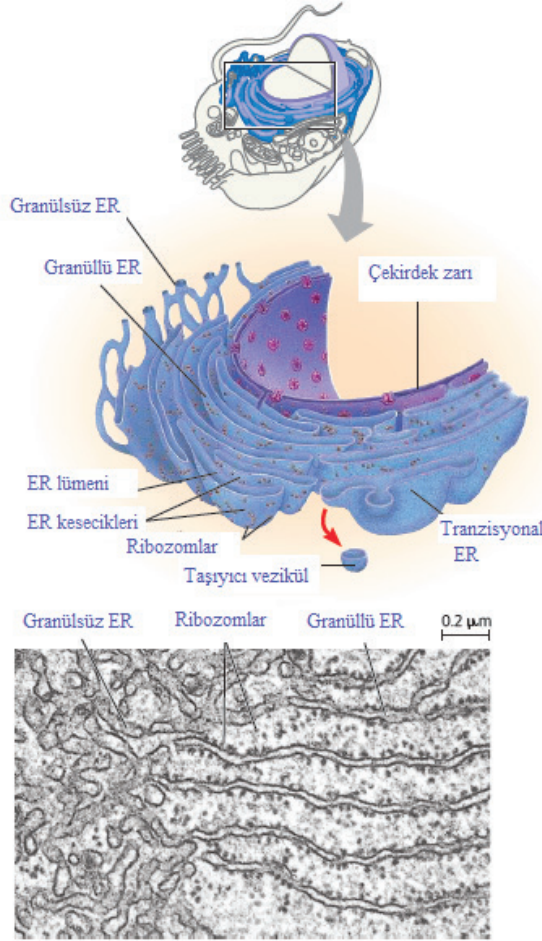
Şekil 5 Ribozom ve ribozomun yapısı (Urry, LA. et al. 2020).

Bağımsız ribozomlar sitoplazmada ya tek tek bulunur ya da birkaç tanesi mRNA üzerinde tesbih tanesi şeklinde dizilerek **poliribozom** veya **polizom** denilen oluşumları meydana getirir. Polizomdaki ribozomların sayısı, mRNA'nın uzunluğuna bağlı olarak değişir. Polizomlar sitoplazmada zikzaklı, spiral veya rozet şeklinde gözlenebilirler. Ribozom ve polizomlar, belli sayı ve sırada amino asitlerin birleştirilerek sitoplazmada ilk protein sentezinin yapıldığı organellerdir. Sentezlenen proteinler vasıtasıyla sitoplazmanın artması, genç hücrelerin büyümesi ve bölünüp çoğalması gerçekleştirilir.

Bölünüp çoğalan genç hücreler belli bir olgunluk düzeyine gelince ergastoplazmanın ikinci kısmını oluşturan iç plazma ağı (**endoplazmik retikulum**) şekillenemeye başlar. Endoplazmik retikulum sitoplazmadan şekillenebilirse de, genellikle çekirdek dışı zarından köken alır. Olgun alyuvarlar, trombosit ve bakteriler dışındaki bütün hayvansal ve bitkisel hücreler bu organelle sahiptirler.

Endoplazmik retikulum zarları ribozomlu ve ribozomsuz olabilir. Bu özelliğinden dolayı iki tip ER vardır. **1) Granüllü ER (GER) 2) Granülsüz ER (AGER).**

Granüllü endoplazmik retikulum (GER) : Hücrelerin geneli bu tür retikulum taşır. Granüllü endoplazmik retikulum, birbirleriyle anotomozlaşan kesecikler ve kanalcıklar sisteminden oluşur. Hücre istirahat halindeyken bu kesecikler yassılmış vaziyette ve yan kollarla birbiriyle irtibatlı olarak bulunurlar. Keseciklerde madde sentezlenmeye başlayınca keseciklerin genişlemesi, yuvarlak şekile dönüşmesi veya farklı şekiller alması söz konusu olabilir. Granüllü endoplazmik retikulum keseciklerinin sitoplazmaya bakan yüzeylerinde aralıklı olarak ribozom ve polizomlar mevcuttur (bu organelle "**granüllü**"denmesinin sebebi de budur) (Şekil 6).



Şekil 6 GER-AGER (Urry, LA. et al. 2020).

Ribozom ve polizomlar kesecikler üzerine büyük alt üniteleri ile oturmuşlardır. Kesecik lümeninde gözlenen değişik türdeki proteinler, kesecik yüzeyindeki ribozom ve polizomlarda sentezlenip, kesecik içerisine geçmiş olan proteinlerdir. Ribozom ve polizomlarda sentezlenmiş proteinlerden bir kısmı globuler (yumak) hale getirilerek tekrar sitoplazmaya verilir. Bunlar yeniden şekillenmekte olan organellerin membranlarında yapı malzemesi olarak kullanılırlar. Keseciklerde kalan proteinlerin yeniden fabrikasyona uğrayarak granül şekline dönüştürülürler. Granül içerikleri ise oligosakkaritlerden istifade edilerek glikoproteinlere dönüştürülür. Glikoprotein içerikli bu oluşumlar enzim özelliğindedir. Granül şekline dönüştürülen bu glikoprotein içerikli oluşumların bir kısmı keseciklerde kalır çeşitli metabolik olaylarda görev yapar, bir kısmı ise granüler boyutta golgi kompleksine gönderilir.

Granülsüz endoplazmik retikulum (AGER): Granülsüz endoplazmik retikulum ya tek tek, ya da birbirleriyle bağlantılı kesecik ve kanalcıklardan veya farklı büyüklükteki veziküllerden meydana gelebilir (Şekil 6). Her hücrede az veya çok olmakla beraber, yoğun olarak bulunduğu hücreler vardır. Bunlar; Karaciğer epitel hücreleri, ince barsak epitel hücreleri ve çizgili kas hücreleridir. Çizgili kas hücrelerindeki isimleri **sarkoplazmik retikulum**'dur. Buldukları yerlerde farklı görevler üstlenmeleri sözkonusudur.

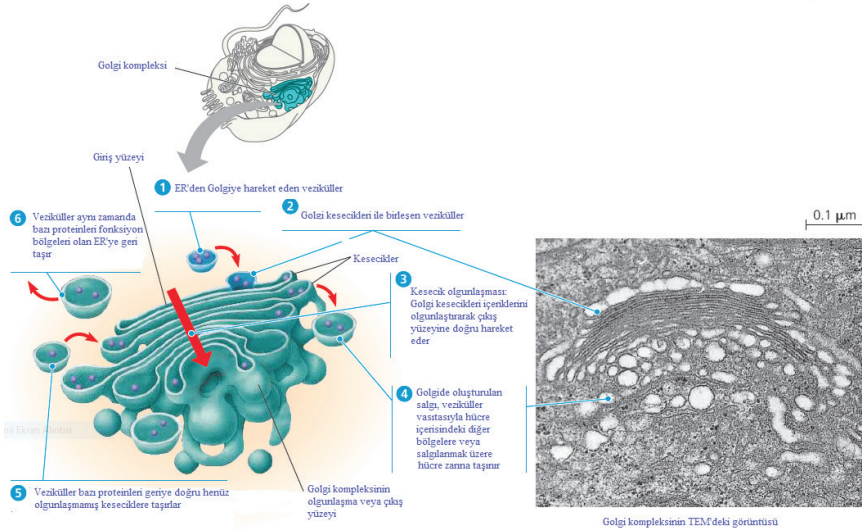
Karaciğer epitel hücrelerinde glikojenin hem yapımında (**glikojenez**), hem de yıkımından (**glikojenezis**) sorumludur. Yine aynı hücrelerde ilaçların ve zehirli maddelerin detoksifikasyonunu sağlar. Aynı zamanda kolesterol ve safra yapımından sorumludur. İnce barsak epitel hücrelerinde monogliserit şeklinde emilen yağlar, kesecikler içerisinde proteinlerle birleştirilerek trigliseritler ve lipoproteinler oluşturulur. Çizgili kas hücrelerindeki Granülsüz endoplazmik retikulum'a daha önceden sarkoplazmik retikulum denildiği ifade edilmişti. Sarkoplazmik retikulum keseciklerinde ise, Bu keseciklerde Ca^{2+} iyonu depo edilir. Bu iyonlarla miyoflamanların kasılması gerçekleştirilir.

AGER ayrıca steroid hormonların yapım yeri olan organlarda (testis, ovaryum, adrenal korteks) bulunarak bu hormonların sentezini gerçekleştirir.

3-Golgi kompleksi: Uygun bir boyama yöntemi ile (**gümüş impregnasyonu**) ışık mikroskopunda da gözlenebilen bir organeldir. Sitoplazmada madde sentezinde görev yapan organellerden bir tanesidir. Işık mikroskopuyla tanecik ve dallanan çubuklardan meydana gelmiş ağsı bir görüntüsü vardır. Alyuvarlar dışında her hücrede az veya çok bulunurlar. Özellikle salgı yapan hücrelerde yoğun olarak bulunurlar. Elektron mikroskopik yapısında ise sayıları 3-10 arasında değişen yassı keseciklerden oluştuğu gözlenir. Keseciklerin üzerinde ribozomlar bulunmaz. Üst üste paketlenmiş olan bu organel bombeleşme gösterir. Bu sebepten dolayı, Bir konveks ve bir de konkav yüzeye sahiptir. Bu organelde sentezlenen maddeler hücre dışına verilecekse konkav yüzey dışı, hücre içerisinde kalacaksa konkav yüzey çekirdeğe bakar. Konveks yüzeye aynı zamanda şekillenme yüzeyi veya giriş yüzeyi, konkav yüzeye ise çıkış yüzeyi veya olgunlaşma yüzeyi denir (Şekil 7).

Golgi kompleksinin farklı görevleri vardır. GER'den veziküler boyutta kendilerine gelen glikoprotein içerikli maddeleri modifikasyona uğratarak yoğunlaştırarak garanül haline dönüştürürler. Hücre dışına verilecek ve hücre içerisinde görev yapacak lizozomal enzimler, glikoprotein içerikli enzimlerdir. Golgi kompleksinin aynı zamanda sentezlenip kendisine gelen maddeleri birbirine monte ederek olgunlaştırma görevi de vardır.

Karbonhidratlarla (polisakkarit türünde) proteinleri birleştirerek **proteoglikanları**, yine karbonhidratlarla (oligosakkarit türünde) lipidleri birleştirerek **glikolipidleri** oluştururlar. Oluşturulan bu maddeler önce yoğunlaştırıcı vakuollere sonrada salgı granüllerine dönüştürülürler. Bunlardan bir kısmı lizozomal enzim olarak hücre içerisinde görev yaparken diğer kısmında farklı amaçlar için kullanılmak üzere hücre dışarısına verilirler. Glikokaliksin esasını meydana getiren glikoproteinlerin olgunlaştırılma yeri ve proteoglikanların oluşturulup olgunlaştığı organel yine golgi kompleksidir.



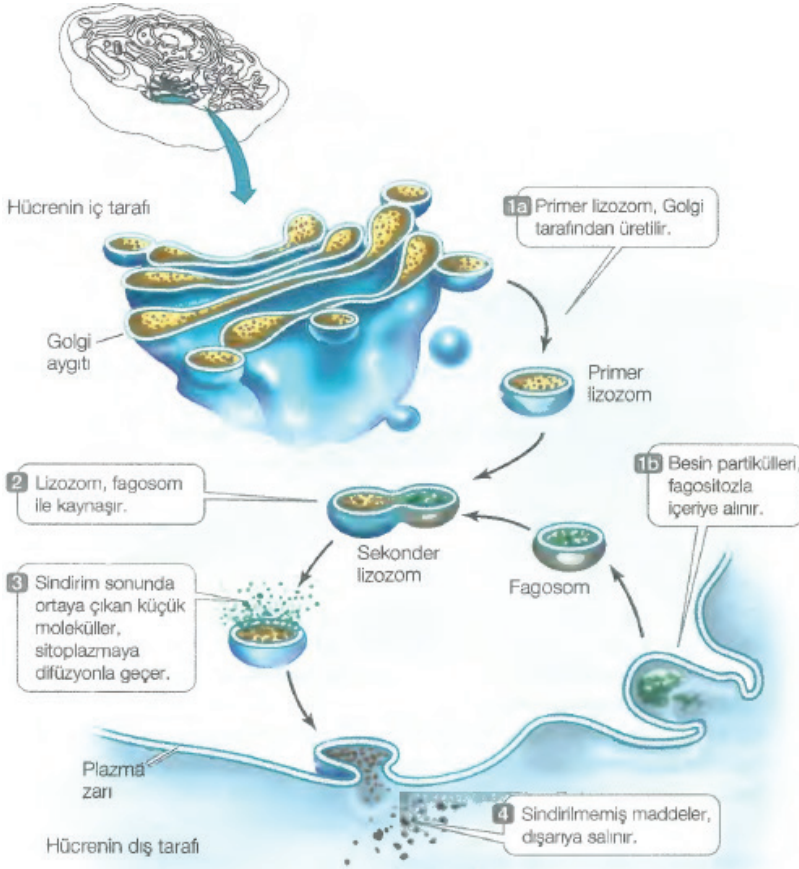
Şekil 7 Golgi kompleksi (Urry, LA. et al. 2020).

4-Lizozomlar: Golgi kompleksi tarafından oluşturulan zarlı organellerden biridir. Bu organelin görevi hücre içi sindirimi sağlamaktır. Golgi tarafından oluşturulan, içeriği homojen ve yoğun etrafından bir membranla kuşatılmış olan yapılara primer lizozom denir. Primer lizozomlar, gerek endositöz, gerekse ekzositöz sonucu şekillenen, etraflarından yine bir membranla kuşatılmış olan keseciklerle birleşerek sekonder lizozomları oluştururlar (Şekil 8).

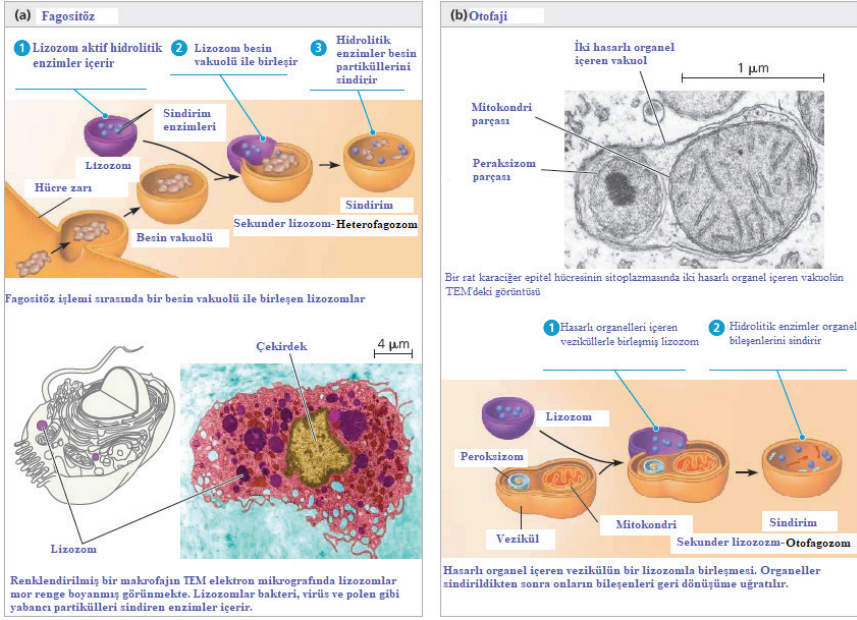
Lizozomların içerisinde protein, yağ, karbonhidrat ve nükleik asitleri (DNA-RNA) parçalayabilecek 50'den fazla hidrolitik enzim tespit edilmiştir. Lizozomları çevreleyen zarların görevi bu enzimlerin sitoplazmaya geçmesini önlemektir. Sağlıklı durumlarda bu organel organizmayı hastalıklara karşı korur. Patolojik durumlarda ise membran geçirgenliğinin artması sonucunda bu enzimler lizozomlardan dışarı çıkarak çeşitli hastalıkların oluşmasına neden olurlar.

Primer lizozomların fagositöz sonucu şekillenen heterojen içerikli (bakteri, virüs, partikül v.b) keseciklerle birleşerek oluşturdukları sekonder lizozom türüne **heterofagozom**, hücre içi kaynaklı (hücre organelleri ve inklüzyonlar) keseciklerle meydana getirdikleri yapıya ise **otofagozom** denir (Şekil 9).

Bitki hücrelerinde, mantarlarda ve alyuvarlarda lizozom bulunmaz. Bunun dışındaki tüm hücrelerde bu organel mevcuttur. Bu organelin en yoğun olarak bulunduğu hücreler fagositöz için özelleşmiş hücreler olan **mikrofaq** (nötrofil granulositlerin farklılaşmasıyla oluşan) ve **makrofaq** (monositlerin farklılaşmasıyla oluşan)'lardır.



Şekil 8 Lizozom oluşumu, primer ve sekonder lizozom (Gündüz ve Türkan, 2014)



Şekil 9 Heterofaji-Heterofagozom ve Otofaji-Otofagozom (Urry, LA. et al. 2020).

5-Peroksizom (Mikrocisim/Mikrobadı): Çapları 0.3-1.5 mikron arasında değişen yuvarlak veya oval granüller halinde olabilen organellerdir. Granülsüz endoplazmik retikulumdan köken alırlar. Hidrojen peroksitin yapım (ürikaz) ve yıkımında (katalaz) görev yapan enzimleri içerdiklerinden **peroksizomlar** olarak isimlendirilirler (Şekil 1). Özellikle karaciğer epitel hücreleri ve bazı böbrek kanalcıklarının duvarını oluşturan epitel hücrelerinde yoğun olarak bulunurlar. Hidrojen peroksitin yıkılması sonucunda ortaya çıkan oksijen (O_2), kan yoluyla karaciğer ve böbreklere gelen alkol ve alkol türevleri maddelerden H^+ substratını alarak onların parçalanmasına yol açar. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda organizma üzerinde büyük zararları olduğu bilinen serbest radikallerin detoksifikasyonunda, peroksizom enzimlerinin önemli görevler yaptığı tespit edilmiştir. Peroksizomlarda bulunan enzimler sitosoldeki serbest ribozomlarda yapıлып oradan peroksizomlara geçerler.

6-Mitokondri: Uygun boyama yöntemleriyle hazırlanmış preparatlarda ışık mikroskopuyla görülebilen bir diğer organeldir. Işık mikroskopunda yuvarlak, iplik ve çomak şeklinde görülebilirler. Hücrede meydana gelen karmaşık biyosentez olaylarının gerçekleşebilmesi, hücrenin şeklini ve iç düzenini koruyabilmesi, hücre hareketleri ve bölünmeleri için enerjiye ihtiyaç vardır. Mitokondri ökaryotik hayvansal hücrelerde bahsedilen farklı fonksiyonların gerçekleşebilmesi adına gerekli olan enerjinin (ATP)

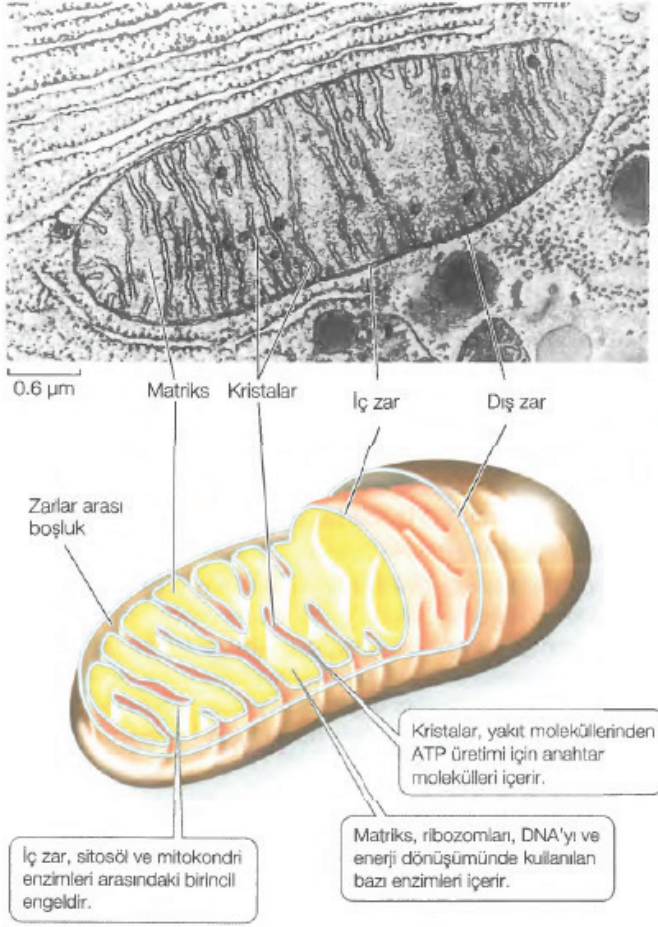
üretildiği merkezlerdir. Bitkisel hücrelerde ATP sentezinde görev yapan organel kloroplast'tır. Işık mikroskobunda ayrını göstermeyen bu organel, elektron mikroskobunda her biri birim zar yapısına sahip iç içe geçmiş iki zardan oluşur. Dış zar düzgün seyirli iken, iç zar mitokondri iç bölgesine doğru birtakım çıkıntılar yapar. Bu çıkıntılar; krista, tüpsü, kesecik ve prizma şeklinde olabilir (Şekil 10). Mitokondrinin iç yüzeye doğru böyle çıkıntılar oluşturmasının nedeni ATP sentezinde görev yapacak enzimler (Übikinon, Sitokrom, Sitokrom oksidaz ve ATP-Sentetaz) için daha fazla yüzey oluşturma amacına yöneliktir. Prokaryotik bir canlı olan bakterilerde mitokondri bulunmaz. Bunlarda ATP sentezi hücre membranında gerçekleşir (Şekil 10).

Mitokondrinin görevlerinden biri sitosolden aldığı yakıt maddelerini, dehidrojenaz grubu enzimler aracılığı ile aerobik yolla parçalayıp enerji açığa çıkarmaktır. Mitokondride gerçekleşen bu olaya **biyolojik oksidasyon** denir. Diğer görevi ise ortaya çıkan bu enerjiyi adenzindifosfat ve fosfat molekülleri arasına sıkıştırıp (bu olayda büyük ölçüde sitokrom, sitokrom oksidaz ve ATP sentetaz rol oynar) enerji yüklü ATP moleküllerini oluşturmaktır. Bu olaya ise **oksidatif fosforilasyon** denir. Yakıt maddesi olarak piruvat, yağ asitleri ve amino asitler kullanılır. Bu maddelerden piruvat, glikozun sitosolde aerobik yolla parçalanması (**glikoliziz**) sonucu elde edilir.

Mitokondriler bireysel olarak gelişebildikleri gibi, bölünüp çoğalma yeteneğine de sahiptirler. Çoğalmaları ortadan ikiye bölünme ve tomurculanarak çoğalma şeklinde gerçekleşebilir.

Mitokondriler diğer organellerden farklı olarak sahip oldukları enzimleri kendileri sentezleyebilen organellerdir. Bunun nedeni kendilerine özgün DNA moleküllerinin bulunması ve bu moleküllerden sentezlenen üç tip RNA molekülünün mevcudiyetidir.

Diğer organellerden farklı olarak kendi başlarına hareket edebilen organellerdir. Sitoplazma içerisinde enerjiye ihtiyaç duyulan bölgelere göç ederek, gerekli enerjiyi karşılamaktadırlar.



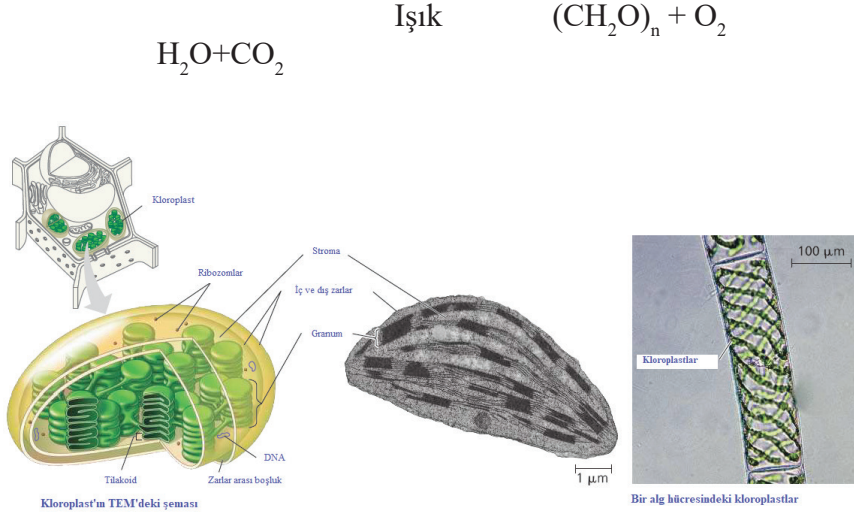
Şekil 10 Mitokondri ve iç yapısı (Gündüz ve Türkan, 2014).

7-Kloroplast: Plastidler, bitkisel hücrelerde gözlenen hacimsel olarak büyük sitoplazmik organellerdir. Hayvansal hücrelerde ve mantarlar da gözlenmezler. Işık mikroskopuyla rahatlıkla gözlenebilirler. Bunların üç türü mevcuttur. Bunlar **Kloroplast** (renkli plastitler), **kromoplastlar** (renkli plastitler) ve **lökoplastlar** (renksiz plastitler)'dir.

Kloroplastlar, yeşil renkli pigment olan klorofili içeren plastidlerdir. Yeşilden turuncu renge kadar karatenoit grubu pigmentleri (sarı, kırmızı, turuncu) içerenler ise **kromoplast** grubundandır. Elektron mikroskopunda çift zarlı bir yapıya sahiptirler. Kloroplastın içerisinde tilakoid denilen yassı kesecikler şeklinde ayrı bir zar sistemi vardır. Buralardaki tilakoidler yassı levhalar şeklinde üst üste dizilmişlerdir. Her bir levha yığını **granum** (çoğulu grana) olarak adlandırılır. Tilakoidlerin yatakladığı

içerisinde kloroplast DNA'sını, enzimleri ve ribozomları içeren sıvıya ise **stroma** adı verilir. Klorofil ve karatenoitler, tilakoid zarlarındaki lipid ve proteinlere bağlıdır. Fotosentez, tilakoid içerisindeki pigment, lipid ve proteinlerin kusursuz organizasyonu ile gerçekleşir (Şekil 11).

Fotosentezin mekanizması oldukça karışıktır. Biyolojik sistemlerde harcanan tüm enerji, fotosentez yoluyla güneş ışığından elde edilir. Fotosentez birçok büyük ve küçük molekülün görev yaptığı reaksiyonlardan meydana gelir. Fotosentezi basite indirgeyip ifade etmek gerekirse;



Şekil 11 Kloroplast ve ince yapısı (Urry, LA. et al. 2020).

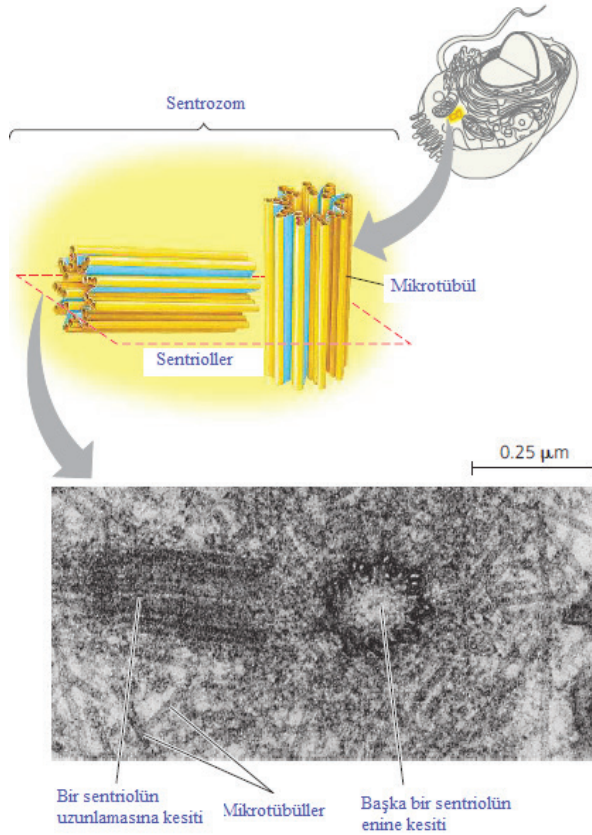
Şeklinde ifade etmek mümkündür. Kloroplastlar ile H_2O ve CO_2 'den organik bileşikler (karbonhidratlar) yapılmakta, hayvansal hücrelerde ise mitokondrilerde organik bileşikler oksidasyona uğrayarak H_2O ve CO_2 meydana gelmektedir. Hem hayvan hem de bitkilerdeki reaksiyon zincirlerinde elektronların taşıma enerjisinden ATP sentezlenmektedir.

Kloroplastlarda mitokondriler gibi zarla çevrili olmalarına karşın hücre içi zar sisteminin birer ögesi değildirler. Zarlarını oluşturan proteinler kendi içlerinde bulunan ribozomlarda sentezlenir. Sentezlenecek proteinlerin komutunu da sahip oldukları DNA verir. Bu yüzden tıpkı mitokondriler gibi kendi kendilerine büyüyüp büyüyüp çoğalabilen yarı otonom organellerdir. Kloroplastlar sadece bitkisel hücreler ve alglerde bulunur.

B) İpliksel organeller

İpliksel organeller ise hücre hareketi yanında, destek ve hücredeki madde iletimi ve aynı zamanda hücre içi iskeletinin kurulumundan sorumlu organellerdir. Bunların ise beş türü mevcuttur. Bu yapılar ise: **1-Sentrozom, 2-Mekik iplikleri, 3-Miyofibril, 4-Nörofibril 5-Tonofibril**'lerdir. Bu yapılardan ilk ikisi mikrotubulus (tüp), diğerleri ise mikrofilaman (iplik) yapısındadır.

1-Sentrozom: Işık mikroskobu ile görülebilen bir organeldir. Hücrelerin çoğunda çekirdeğe yakın bir bölgede bulunur. Sentrozom'un temelini oluşturan plazmaya **sentroplazma** denir. Sentroplazma, sitoplazmanın diğer kısımlarına göre daha koyu kıvamdadır. Sentroplazmanın orta kısmında koyu görünümlü organel **sentriol** denir. Sentrioller, 0,15 mikron çapında, 0,3-0,5 mikron uzunluğunda olan silindirik tüpsü yapılardır. Yüksek büyütmelerle bu organel incelendiğinde "L" harfi şeklinde birbirine dikey durumda olan iki adet mikrotubuldan oluştuğu gözlenir (Şekil 12).



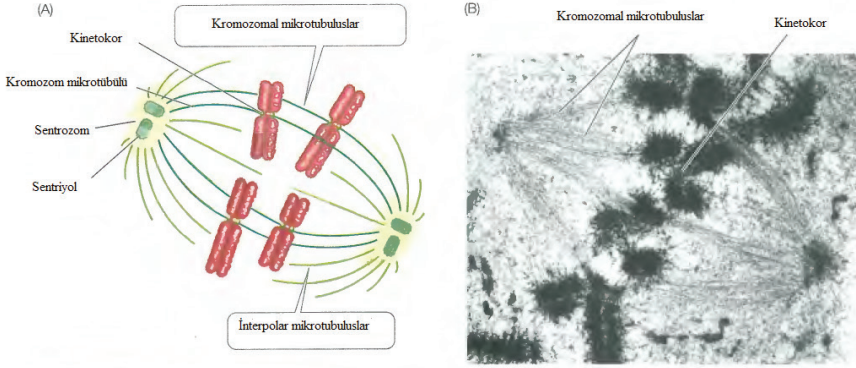
Şekil 12 Sentrozom (Urry, LA. et al. 2020).

Bölünmeye hazırlanan hücrelerde bu sayı iki katına çıkar. Bu duruma **diplozom** denir. Sentiollerin enine kesitlerinde ise, demetler halinde ve daire şeklinde birbirine bağlı 9 adet mikrotubulus görülür. Her bir demet üç adet mikrotubulustan oluşur. Sentiollerin çevrelerindeki sentroplazmayı etkileme gücüne sahiptirler. Sentroplazmanın sentioller tarafından etkilenmesi sonucunda önce tubulin molekülleri ve bu moleküllerin organize olması sonucunda ise mikrotubuluslar şekillenir. Sentioller bölünme başlamadan önce (S fazı) **astrofer** oluşumunda, profaz başlangıcında interpoler mikrotubulusların şekillenmesinde ve metefaz başlangıcında kromozomal mikrotubulusları şekillendirirler. Gerek interpoler gerekse kromozomal mikrotubuluslar mekik ipliğini şekillendirirler.

Sentioller hücredeki hareket olaylarının yönetildiği merkezlerdir. Mitoz mekiğini şekillendirme yanında onların hareketlerini de sentioller organize ederler. Bundan başka silyum, flagellum ve sperma kuyruğunun şekillenmesi ve hareketlerini gerçekleştirmesinde görev yapan yapılar modifikasyona uğramış sentiollerdir.

Sentioller hayvan hücrelerinde bulunmasına rağmen, protozoonların çoğunluğunda, bitki hücrelerinde, sinir, kas ve yumurta hücrelerinde bulunmaz.

2-Mekik iplikleri: Bölünmelerde (mitoz ve mayoz), kromozomların kutuplara çekilmelerinden mikrotubuluslar sorumludur. Daha önce ifade edildiği gibi sentriyollerin sentroplazmayı etkilemesi sonucu sentroplazmada önce tubulin molekülleri, bu moleküllerin organize olması sonucunda mikrotubuluslar şekillenir. Şekillenen mikrotubuluslar iki sentioler grubu arasında karşılıklı olarak birbirlerine doğru uzayarak, dynein enzimi ile birbirlerine bağlanırlar ve **interpoler mikrotubulusları** oluştururlar. Oluşan mikrotubulusların kromozomlarla ilgisi yoktur. Metefaz başlangıcında kromozomlar ekvatoryal bölgede toplanınca, sentiollerden ekvatoryal bölgeye doğru ikinci grup mikrotubuluslar uzamaya başlar ve bunlar kromozomların sentromerlerinin kinetokor denilen özelleşmiş bölgelerine bağlanırlar. Kromozomlara bağlanan bu ikinci tür mikrotubuluslara **kromozomal mikrotubuluslar** denir. Gerek interpoler mikrotubuluslar gerekse kromozomal mikrotubuluslar demetleşerek **mekik ipliklerini** oluştururlar. Anafaz evresinde ise, interpoler mikrotubulusların uzamaları ve birbiri üzerinde kaymaları devam eder. Bu arada kromozomal mikrotubuluslar boylarını kısaltarak kromozomların kutuplara çekilmelerine yardımcı olurlar. Mekik iplikleri yukarıda açıklandığı üzere bölünmelerde kromozomların kutuplara çekilmelerinden sorumlu olan tüpsü yapılarıdır (Şekil 13).



Şekil 13 İnterpoler; Kromozomal mikrotubuluslar(A) ve Mekik iplikleri (B) (Gündüz ve Türkan, 2014).

Mikrotubuluslar ortalama 24 nm (Nanometre) çapında ve içleri boş olan silindirlendir. Kromozomların kutuplara çekmesinin dışında, hücre içi madde transportunda da önemli görev üstlenmişlerdir. Makromoleküllerin, veziküler yapıların ve hatta salgı granüllerinin hücre içi taşınmasında görev yaparlar. Taşınacak olan oluşumlar, **kinesin** adı verilen ATP'aze özelliğindeki proteine bağlanırlar. ATP ile karşılaşan kinesin, ATP'yi parçalayarak ortaya çıkan enerji ile bağlanan oluşumların mikrotubuluslar üzerinde kaymasına neden olur. Bu sayede, mikrotubuluslar kendilerine bağlanmış oluşumları kızak görevi yaparak hücre periferine doğru taşırlar. Sinaps veziküllerinin sinir sonlarına taşınmaları bu yolla olur. Mikrotubuluslar bu görevler dışında, hücre iskeletinin oluşturulmasında ve hücrenin belirli şekil almasında mikroflamanlara yardımcı olurlar.

3-Miyofibril: İpliksel organelleri şekillendiren diğer bir oluşumda **mikrofilaman** adını alır. Boyları hücre türüne göre değişmekle beraber, kalınlıkları 4-16 nm arasında olabilir. Mikroflamanlarda mikrotubuluslar gibi proteinlerden oluşmuşlardır. Ancak bunlar tüpsü yapıda değilde ipliksi yapıdaki oluşumlardır. Demetler oluşturarak **fibril** yapısını meydana getirirler.

Mikrofilamanların bir kısmı kontraktil özelliktedir ve hücreye hareket yeteneği kazandırır. Diğerleri ise kontraktil özellikte değildir. Hücreleri destekleyerek onların belirli şekiller almasını ve birbirlerine bağlanmasını sağlarlar. Tüm bunların dışında kontraktil olmayan filamanların ayrıca hücre içi madde transportunda mikrotubuluslara yardımcı olduklarına inanılmaktadır.

Kontraktil filamanların, aktin ve miyozin türünde iki çeşidi mevcuttur. Aktin filamanlarının kalınlıkları 5-7 nm, miyozin filamanlarının ka-

lınlıkları ise 16 nm'dir. Kas tellerinde miyoflamanların organize olmaları sonucunda **miyofibriller** şekillenir.

Hücrelerde birçok hareket olaylarında yine aktin ve miyozin gibi kontraktıl filamanlar gerçekleştirir. Ancak bu tür hareketlerin olduğu yerlerde aktin filamanlarına eşlik eden miyozin filaman olarak değil, moleküler olarak bulunur. Mikrovilluslerin, yalancı ayakların hareketlerinde ve endositözdeki vezikül ve vakuollerin şekillenmelerinde aktin ve miyozin önemli rol oynar.

4-Nörofibril-Tonofibril: kontraktıl olmayan filamanlar aktin ve miyozin arasında bir çapa (10 nm) sahip olduklarından, **intermediyer filamanlar** olarak isimlendirilirler. Bu tür filamanlar, değişik yönlerde veya birbirlerine paralel seyrederek hücreleri ve çekirdekleri destekleyen bir iskelet oluştururlar. Epitel hücrelerindeki filamanlar (**tonofilamanlar**) **tonofibriller**'i, sinir hücrelerindeki filamanlar (**nörofilamanlar**) **nörofibrilleri** meydana getirir. Bunun dışında bir bağ doku hücresi olan yıldız şeklindeki mezenkim hücresini destekleyerek onun yıldız şeklini almasını sağlayan **vimentin filamanları**, miyofibrilleri birbirine bağlayan **desmin filamanları** ve çekirdeği periferden destekleyerek onun çekirdek şeklini almasını sağlayan **nükleer lamina**, hücrede destek amaçlı bulunan diğer intermediyer filamanlardır.

REFERANSLAR

- 1- Akay, T. (2002). *Sitoloji*, Ankara: Palme yayıncılık.
- 2- Aktümsek, A., Ünsal, S., Kalyoncu, L. (2009). *Genel Zooloji*. Ankara: Nobel yayın dağıtım.
- 3- Bloom, W.M.D., Fawcett, D.M.D. (1975). *A Textbook of Histology*. Philadelphia: Saunders Company.
- 4- Gündüz, E., Türkan, İ. (2014). *Yaşam Biyoloji Bilimi*. Ankara: Palme yayıncılık.
- 5- Martini, F.H. (1998). *Fundamentals of Anatomy and Physiology*. America: Pearson.
- 6- Sağlam, M., Aştı, R.N., Özer, A. (1997). *Genel Histoloji*. Ankara: Emel Matbaacılık.
- 7- Simon, E.J. (2015). *Biology The core*. New York: Pearson.
- 8- Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., Orr, R.B. (2020). *Campell Biology*.New York: Pearson.

BÖLÜM 3

META ANALİZİ VE ODDS ORANI¹

Tuba ŞEKERCİ²
Mehmet GÜRCAN³

-
- 1 Yüksek lisans 479135 tez nolu çalışmanın 2. Bölümünden yapılmıştır.
 - 2 Öğretim Görevlisi TUBA ŞEKERCİ, Fırat Üniversitesi, 0000-0002-0398-4477
 - 3 Profesör Doktor MEHMET GÜRCAN, Fırat Üniversitesi, 0000-0002-3641-8113

GİRİŞ

Önemli problemler ele alındığında, farklı kişilerin, farklı zamanlarda ve farklı mekanlarda gerçekleştirmiş oldukları birçok çalışma olup, bu çalışmalarda genellikle birbirinden farklı sonuçların çıktığı görülmektedir. Sonuçlarda ortaya çıkan bu farklılıklar problemle ilgili karar verme sürecini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle son zamanlarda küçük ölçekli çalışmaların ilgilenilen problem ile ilgili genel bir sonuç ortaya koymadaki eksiklikleri sistematik derleme yolu ile giderilmeye çalışılmıştır. Sistematik derlemede yaygın olarak kullanılan yöntem ise meta analizidir.

Bilimsel çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Belirlenmiş olan bir konuda, birbirinden bağımsız şekilde yapılmış çalışmalarda genellikle birbirinden farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu bilgi kümesini yorumlayabilmek ve yeni çalışmalar yapabilmek için, kapsamlı ve güvenilir olan birtakım üst çalışmalara ihtiyaç vardır. Son yıllarda özellikle tıp alanında fazlasıyla karşılaştığımız meta-analizi, bizlere bu imkanı sunmaktadır. İyi bir meta-analizi çalışmasının temel ilkelerini anlamak, bir meta-analizi çalışmasını sürdürürken, yayınlanmış olan meta-analizi raporlarını değerlendirirken ve bu raporların sonuçlarının kullanılıp kullanılmayacağı noktasında karar verirken bizlere yardımcı olmaktadır.

Meta analizini tanımlayacak olursak; bulguları birleştirmek amacıyla benzer bir konuda yapılmış bağımsız çalışmalardan elde edilen sonuçların istatistiksel olarak yorumlanmasıdır. Son zamanlarda yaşanan bilgi yoğunluğu ile birlikte meta analizin önemi artmış ve daha yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sebebi ise meta analizin araştırmacılara istatistiksel olarak daha güçlü ve daha kesin tahmin yapma imkanı sağlamasıdır.

Meta analizi, belli bir konuda yapılmış olan birbirinden bağımsız, birden çok çalışmanın sonuçlarını birleştirme ve elde edilen araştırma sonuçlarının istatistiksel analizini gerçekleştirme yöntemidir. Meta-analizi, araştırmacılara farklı çalışmaların sonuçlarını özetleyen bazı sayısal yöntemler sunarken aynı zamanda sonuçların birleştirilmesi ile ortak bir yargıya ulaşmalarını da sağlar. Bu yöntemin özelliği, yalnızca yargıya güvenmekten ziyade nicel yöntemleri kullanmasıdır. Bu özellik meta analizini literatürdeki diğer gözden geçirimlerden ayırmaktadır.

Daha önce de vurgulandığı gibi, meta analizi benzer konuların araştırıldığı birbirinden bağımsız çalışmalardan elde edilen bulguları birleştirerek genel bir yargıya ulaşmayı hedefler. Fakat çalışmalarda ham veriler genellikle yer almamakta, bunun yerine etki büyüklüğünü ifade etmede kullanılan ölçütler ve bu ölçütlerin standart hataları verilmektedir. Etki büyüklüğü, örneklemden elde edilmiş olan sonuçların H_0 hipotezinde test edilen değerden ne kadar sapma gösterdiğini ifade etmeye yarayan istatistiksel bir ölçüttür. Genellikle ilk kez denenmiş olan bir yöntemin, önceden denenmiş olan bir yöntemle göre etkisini ifade etmek için kullanılır. Etki büyüklüğü, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğunu belirtmekle kalmaz aynı zamanda bu farklılığın boyutu hakkında da bilgi verir.

Sacks ve arkadaşları (1987), klinik deneylerin sonuçlarının birleştirilmesiyle ilgili yaptıkları meta analizi çalışmalarında meta analizinin 4 temel amacı olduğuna karar vermişlerdir. Bu amaçlar aşağıdadır,

1. Örneklem büyüklüğünü arttırmak koşuluyla istatistiksel anlamlılığı artırmak,
2. Belli bir konuda yapılmış, birbirinden bağımsız birden fazla çalışmanın sonuçları birbiriyle uyumlu olmadığı zaman belirsizlik hakkında karar vermek,
3. Etki büyüklüğü ile ilgili tahminleri geliştirmek,
4. Çalışmanın ilk aşamasında hesaba katılmamış olan sorulara cevap bulmak.

Meta Analizin Tarihsel Gelişimi

Meta analizinin ilk çalışmalarından birini Karl Pearson 1904 yılında gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada tifo ateşine karşılık aşılamanın etkileri araştırılmıştır. Pearson, çalışmasında aşı yapılan ve yapılmayan bireylerin örneklemeleri için enfeksiyon hızını ifade eden 2×2 'lik tablolardan oluşmuş olan beş veri kümesini kullanmış, aşılama ve enfeksiyon arasındaki ilişkinin ölçüsü olarak tablolardan ayrı ayrı elde ettiği korelasyonları hesaplamıştır. Sonrasında, ilişkinin tipik değerini özetlemek amacıyla korelasyonların ortalamasını hesaplamış ve bu değeri tedavinin etki büyüklüğü olarak ifade etmiştir. Bulduğu değeri çiçek aşısı için tipik etki

büyüklüğüyle mukayese etmiş ve tifo ateşinde aşılamanın bir etkisinin olmadığı kanısına varmıştır. Pearson'ın geliştirdiği meta analizi, çağdaş meta analizinin tüm özelliklerini içerisinde barındırmaktadır. 1931' de Tippet, 1933' de ise Pearson birbirlerinden bağımsız olarak çalışmalarda verilen p-değerleri yardımıyla istatistiksel anlamlılık testlerini birleştiren yöntemler önermişlerdir. Yates ve Cochran ise tarımda yapılan çalışmalardan elde edilen bulguları birleştirerek deneme etkilerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Fakat "Meta Analizi" ilk kez Glass tarafından 1976' da, eğitim alanında yapılan araştırmaları birleştirmek için kullanılmış, sonrasında ise birçok alanda uygulanmaya başlamıştır.

Çalışma sonuçlarını birleştirmede kullanılan nicel yöntemler ilk olarak 1930 yılının başlarında tanımlanmış olup, 1970'lerde ilgi artmış ve özellikle sağlık alanında ilk uygulamaları görülmüştür. Glass 1976 yılında bu türden çalışmalara "Meta-analizi" adını vermiştir. 1980'lerde Oxford'da Peto ve arkadaşlarının yapmış oldukları birtakım çalışmalar sayesinde meta analizi gelişmeye başlamıştır. Hedges ve Olkin (1985) ile Petitti (1994), meta analizinin istatistiksel yöntemlerini, Greenland (1987) ise deneysel olmayan çalışmaların meta analizi için istatistiksel yöntemlerini kapsamlı olarak açıklamışlardır.

İlk ortaya çıkmasından sonra günümüze gelindikçe meta analiz yönteminin kullanımı ve uygulama alanları yaygınlaşmaya başlamıştır. Örneğin, psikoloji, hukuk, yönetim, eğitim, tıbbi bilimler, politika formüllerinde bile uygulama örneklerine rastlanmaktadır.

Meta analiz yönteminin kullanıldığı çeşitli alanlardaki bazı örnekleri şu şekildedir ,

- İki değişken arasındaki ilişkinin gücü (Örn, Ilies vd., 2007),
- Tedavi ve müdahalelerin etkinliği (Örn, Arthur vd., 2003; Lipsey ve Wilson, 1993),
- Teorilerin kesinliği (Örn, Fried ve Ferris's, 1987, meslek özelliklerinin testi modeli; Rudolph, Roesch, Greitemeyer, ve Weiner's, 2004, Weiner'in toplumsal davranış teorisinin testi; Carlson, Charlin, ve Miller's, 1988, pozitif ruh hali ile ilgili altı teoriyi inceleyen meta analiz çalışması),

□ Ölçüm araçlarının geçerlik güvenirlilik çalışmaları (Örn, Garb vd., 1998;

Kinicki, vd., 2002)

□ Prosedürlerin geçerlilik çalışmaları (Örn, Gaugler, vd., 1987; Westerman, vd., 1996)

□ Aracılık etkilerinin varlığı (Örn, Donovan ve Radosevicb, 1998; Wallacevd., 2005)

Bu kadar geniş bir kullanım alanına sahip olması, bu yöntemin bir alandaki bilgi birikiminin gelişimine katkıda bulunarak, çok daha iyi bir ilerleme kaydedilmesini sağladığını açıklamaktadır. İlk ortaya çıkışı psikoloji alanında olan meta analiz yöntemi, günümüzde tüm bilim dallarında yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Meta Analizinde Çalışma Sonuçlarını Birleştirmenin Avantajları

Belli bir konuda yapılmış olan, birbirinden bağımsız, birden fazla çalışmanın sonuçlarını birleştirmenin avantajları şu şekilde açıklanabilir :

1. Eğer bireysel olarak yapılan çalışmalar benzer sonuçlara sahip ise, bulunan sonuçların geçerliliği artacaktır.

2. Bireysel çalışmaların istatistiksel olarak anlamlılık ile sonuçlanması için bu çalışmalar çok küçük örnekleme sahip olabilirler, ancak meta-analizi çalışmaların sonuçlarını birleştirerek bu durumu ortadan kaldırabilir.

3. Bireysel bir çalışmada elde edilen sonucun bir şans bulgusu olduğunu açıklayabilir.

4. Bireysel çalışmalar farklı sonuçlara sahipse, bu farklılıkların nedenlerini araştırmak yeni hipotezlerin oluşturulmasına veya yeni bilgiler elde edilmesine imkan sağlayabilir.

5. Bireysel çalışmalar benzer sonuçlara sahipse, onları birleştirmek üzerinde çalışılan diğer ilişkilerin gücünü artırabilir.

6. Farklı çalışmalara uygulanmış çeşitli yöntemlerin etkilerini mukayese etmek mümkün olabilir.

7. Farklı çalışmalara uygulanmış olan bir yöntemin çeşitli sonuçlarını karşılaştırmak mümkün olabilir.

Meta-analizinin Uygulandığı Çalışmalar

Meta-analizi, niceliksel çalışmalara uygulanabilmektedir. Örneğin; kontrollü klinik araştırmalar, gözlemsel çalışmalar vb. Çoğu meta-analizi nedensel ilişkileri açıklamaya yönelik çalışmalarla ilgilenmesine karşın, nedensel olmayan ilişkileri açıklayan çalışmalara, tarama çalışmalarına, maliyet-etkinlik çalışmalarına ve daha birçok konuya da uygulanabilir.

Meta-analizinin Uygulama Aşamaları

Bir meta-analizinin uygulama aşamaları aşağıda belirtildiği gibidir,

1. Problemin tanımının yapılması,
2. Meta-analizine bireysel çalışmaların dahil edilmesinde uyulması gereken kriterlerin belirlenmesi,
3. Bireysel araştırmaların elde edilmesi,
4. Meta-analiziyle ilişkili karakteristiklere göre çalışmaların kodlanması ve sınıflandırılması,
5. Bireysel çalışmaların sonuçlarının birleştirilmesi,
6. Meta-analizinin karakteristikleriyle birleştirilmiş bulgular arasındaki ilişkinin kurulması,
7. Meta-analizinin sonuçlarının rapor edilmesi.

Meta-analizine Alınacak Çalışmaların Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Genellikle bir anakütleden seçilecek örneklem yardımıyla araştırmalar yaparak, belirli bir hata payı ile anakütle hakkında tahminlerde bulunmaya ve bu tahminler doğrultusunda birtakım genellemeler yapmaya çalışırız. Örnekleme yoluyla yapılan araştırmalar, gerek mali açıdan gerekse vakit yönünden daha ekonomiktir. Çünkü daha az veriyle daha kısa sürede daha çabuk değerlendirmeler yapılabilmektedir. Örnekleme yöntemiyle yapılan bir araştırmanın ana kütledeki gerçek durumu gösterebilmesi için gerekli şart, seçilmiş olan örneklemin ana kütleyle en iyi

biçimde temsil ediyor olmasıdır. Fakat ne kadar iyi seçilmiş olursa olsun bir örneklem hiçbir zaman anakütleyi bire bir temsil edemez. Çünkü örnekleme alınan veya alınmayan tüm birimlerin ortaya çıkardıkları “örneklem hatası” her zaman var olacaktır.

Bir araştırmanın sonuçlarını olumsuz yönde etkileyebilecek çok sayıda hata kaynağı bulunur. Bu hata kaynaklarının araştırmacılar tarafından bilinmesi ve yapılacak hataların minimuma indirilmesi için gereken tedbirlerin alınması, güvenilir bir sonuç elde edebilmek açısından gereklidir.

Bazı araştırmalar uygun olmayan bir düzenle yapılan deneylerin daha sonra uygun düzenle yapıldığında sonuçların değiştiğini göstermiştir. Freidman ve arkadaşları (1978), birçok klinik araştırmada örneklemin yeteri büyüklükte olmaması sebebiyle, tedavi yöntemleri arasındaki farkların gözlemlenme şansının ortadan kalktığını saptamışlardır. Bunlar da göstermektedir ki bir meta-analizinin sonuçları, analizin kapsamış olduğu çalışmalara bağlıdır. Çünkü tüm çalışmalarda farklılıklar olabilir ve bu farklılıklar en iyi olasılıkla örneklem hatasına bağlı olarak oluşmaktadır.

Bir çalışmanın meta-analizine alınması veya çıkarılması kararı verilirken göz önüne alınması gereken kriterler analiz öncesi yapılmak istenen meta-analizin amacı doğrultusunda belirlenmelidir. Bu amaç ise, meta-analizden ne öğrenilmek istendiğidir. Aynı zamanda bu kriterler, çalışmalar arasındaki aşırı farklılıkları da azaltacaktır.

Meta-analizine dahil edilecek çalışmaların objektif bir şekilde seçilebilmesi için kriterlerin belirlenmesinin yanı sıra bu kriterlerin doğru bir şekilde uygulanması da önem taşımaktadır. Çalışmaların analize alınmasıyla ilgili kararlar, onların sonuçlarından etkilenmemelidir. Çalışmaların seçiminde sağlıklı olan, “körleme” yapılmasıdır. Yani araştırmacıların isimleri, unvanları, çalıştıkları kurum veya kuruluş, sonuçların anlamlılığı gibi değerlendirme yapan kişide ön yargıya neden olabilecek tüm materyaller tanınmaz hale getirilmelidir. Hatta mümkün ise her bir çalışma, iki farklı değerlendirici tarafından ayrı ayrı değerlendirmeye alınmalıdır. Böylece araştırmacılar, değerlendirmeden sonra kararlarını karşılaştırabilir ve tartışarak ortak bir noktada buluşabilirler.

Çalışma kalitesinde oluşan farklılıklar, çalışmaların meta-analizine seçilmesinde bir başka soruna neden olmaktadır. Düşük kalitedeki çalışmaların meta-analizinden çıkartılıp çıkartılmaması hususunda farklı görüşler bulunmaktadır. Düşük kalitedeki çalışmaların meta-analizine dahil edilmesi gerektiğini savunanların dayanakları şunlardır:

□ Çalışma sayısının artması incelenen konunun farklı koşullarda incelenmesi olanağını sağlar, istatistiksel testlerin gücünü artırır ve daha dar bir güven aralığı verir.

□ Eğer gerçekten bir etki varsa, artan çalışma sayısı bu tutarlılık bütün koşullarda daha inandırıcı bir şekilde gösterilebilir. Diğer taraftan, eğer etki sabit değilse, artan çalışma sayısı bu tutarsızlığı tespit etmek ve tutarsızlığa neden olan kaynakları açıklayabilmek mümkün olabilecektir.

Meta-analizinde daha fazla çalışmayla inceleme yapmanın avantajları, şüpheli bulguları çalışmaya dahil etmenin dezavantajlarına karşı bir denge oluşturmaktadır.

Genellikle, gerçekte iyi çalışmalar yoktur ve seçim var olan şeyin en iyi kullanımı ile bir meta-analizi yapmama arasında gerçekleşmektedir.

Çalışma kalitesindeki farklılıkları hesaba dahil etmenin bir yolu, her çalışmada istenilen belli bir özelliğin bulunup bulunmama durumuna göre kalite düzeyini belirleyecek bir skorlandırmanın veya kalite sıralama sisteminin kullanılmasıdır.

Bir meta-analizine dahil edilen çalışmaların kalitesinde farklılıklar söz konusu olduğu takdirde seçilebilecek olası yaklaşımlar aşağıda verilmiştir:

1. Elde edilen bulguları birleştirmeye başlamadan önce düşük kaliteli çalışmaları çıkarmak,

2. Duyarlılık analizinin (sensitivity analysis) bir şekli olarak, düşük kaliteli çalışmalar çıkarıldığı zaman elde edilen birleştirilmiş bulgular ile tüm çalışmaların birleştirilmiş bulgularını mukayese etmek,

3. Farklı kalitelere olan çalışmaların bulgularını mukayese etmek,

4. Her bir çalışmaya, çalışmanın kalitesinin belirleyeceği bir ağırlık vermek,

5. Eğer çalışmada regresyon analizi kullanılacaksa, modelde bağımsız değişken olarak çalışmanın kalitesinin bir ölçümünü kullanmak ve kalitede ortaya çıkan farklılıkların etkisini istatistiksel olarak kontrol etmek,

6. Eğer çok az çalışma veya hiçbir çalışma meta-analizine kabul edilebilir düzeyde değil ise, meta-analizini bırakmak ve daha iyi araştırmalar yapılması için araştırmacılara önerilerde bulunmak.

Bir Meta-analizi Çalışmasının Değerlendirilmesi

Yayınlanmış olan bir meta-analizi aşağıda belirtilen temel soruların yanıtlarını içermelidir:

1. Çalışmalar nasıl bulunmuştur ve nasıl seçilmiştir?
2. Çalışmaların ayırıcı yönlerinin benzerlikleri, meta-analizini doğrulamak için yeterli düzeyde midir?
3. Çalışmalar iyi dizayn edilmiş ve uygulanmış mıdır?
4. Çalışmaların bulguları, onları birleştirebilmek için yeterince tutarlı mıdır?

Hedefler

Bir meta-analizi çalışmasının kalitesini değerlendirebilmek için aşağıda belirtilen kontrol listesi kullanılabilir. Bu listede bulunan bilgiler, iyi bir meta-analizi çalışması sırasında dikkat edilmesi gereken hususlara da vurgu yapmaktadır.

1. Meta-analizin hedefleri nelerdir?
2. Bu hedefler genel mi yoksa özel hedefler midir?

Çalışmaların ayırt edilmesi ve seçilmesi

Çalışmaların ayırt edilebilmesi ve seçilebilmesi için aşağıdaki soruların dikkatli bir şekilde cevaplanması gerekmektedir:

1. Çalışmalar nasıl bulunmuştur?

2. Yayınlanmamış raporlar incelenmiş midir? Eğer incelendiyse, o raporlara ait bulgular nasıl elde edilmiştir?

3. Çalışmalar nasıl seçilmiştir? Çalışmalar araştırmaya dahil edilirken veya çıkarılırken hangi kriterler kullanılmıştır? Yanlı sonuçları önlemek için hangi tedbirler alınmıştır?

4. Hangi çalışmalar araştırmaya dahil edilmemiştir? Dahil edilmeme nedenleri nelerdir?

Çalışmalar Hakkında Bilgi

Çalışmalar hakkında detaylı bilgi edinebilmek için araştırmacıların aşağıdaki soruları yanıtlamaları gerekmektedir,

1. Hangi çalışmalar araştırmaya alınmıştır?

2. Bu çalışmaların kalitesini değerlendirmede ne gibi kriterler kullanılmıştır?

3. Değerlendirmede yanlı sonuçları önlemek için ne tür tedbirler alınmıştır?

4. Çalışmaların karakteristikleri nasıl farklılık göstermektedir?

5. Çalışmaların bulguları nelerdir? Eğer gruplar çalışmalarda mukayese edilmiş ise, her bir gruptaki bulgular nelerdir?

6. Eğer veriler eksik ise, kayıp bilgileri tamamlamak için neler yapılmıştır?

Analiz Yöntemleri

Meta analizinde kullanılacak yöntemlere karar verilirken araştırmacılar tarafından aşağıdaki sorulara mutlaka cevap verilmelidir,

1. Heterojenlik nasıl test edilmiştir?

2. Çalışma kalitesindeki farklılıklar analizde nasıl kullanılmıştır?

3. Çalışmaların bulguları muhtemel bir yanlı sonucu kontrol edecek biçimde uyarlanmış mıdır?

4. Bulguları birleştirmek için hangi yöntemler kullanılmıştır? Sabit-etki modeli veya tesadüfi etki modeli kullanılmış mıdır?

Bulgular

Bir meta analizinde yapılan istatistiksel değerlendirmelerin sonuçlarını araştırmacılar hangi bulgulara göre mukayese etmelidir? Bunun için araştırmacılar şu soruları cevaplandırmalıdır,

1. Heterojenlik testinin bulgusu nedir?

Heterojenlik testleri genelde tüm yazarlarca gerekli görülmesine rağmen hemen hemen hiç yapılmamakta, yapıldığı zamansa, bu testlerin sonuçları analiz raporlarında açık şekilde ifade edilmemektedir. Buna rağmen, meta analizi çalışmaları için heterojenlik testlerinin tutarlılığı ve tercih edilen 0.01 anlamlılık düzeyi ortak ölçüttür.

Heterojenlik testinin düşük güce sahip olmasından ve II. Tip hataya yol açmasından dolayı uzmanlar 0.05 yerine 0.01 anlamlılık düzeyinin kullanılmasını önermektedirler.

Heterojenliği araştırmada en yaygın kullanılan yöntem, tabakalama yöntemidir. Bu yöntemde çalışmalar, çalışma özelliklerine veya konularına göre sınıflandırılmakta ve her bir kategorinin etkisinin özet tahmini bulunmaktadır.

2. Birleştirilmiş bulguların güven aralığı nedir?

Güven aralıkları her bir tahminin ne kesinlikte olduğunu ve sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını gösteren bir ölçüttür. Şayet bütün çalışmalar gerçekte benzer bir değeri tahmin ediyorsa, birleştirilmiş sonuçların dağılım gösterdiği aralık daha dar olacaktır. Küçük örnekler için ise güven aralıkları daha geniş olmakla beraber örnek genişliği artırıldıkça güven aralıkları da daralacaktır.

Meta Analizde Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

Meta analizde izlenecek yol aşağıdaki şekilde çizilebilir,

i. Gerekli literatür taraması yapıp uygun çalışmalar seçilir,

ii. Çalışmaların sonuçlarının birleştirilmesi için çalışmalardaki değişim kaynakları tespit edilir,

iii. Bu değişim kaynaklarından yola çıkılarak uygun modeller belirlenir,

iv. Bu modellere uygun istatistiksel yöntemler belirlenir,

v. Meta analizde sonuçlar birleştirilir.

Meta analizde model tahmini için kullanılması gereken istatistiksel yöntemler aşağıdaki gibidir.

1)Sabit Etkiler

a) Metodlar

- Mantel-Haenszel Yöntemi
- Peto Yöntemi,
- Genel Varyansa Dayalı Yöntem.

b) Etki Ölçümleri

- Oran (odds ratio; hız oranı, risk oranı) ,
- Oran (her çeşit) ve fark,
- Oran (odds ratio).

2)Rassal Etkiler

a)Metodlar

- DerSimonian- Laird Yöntemi

b)Etki Ölçümleri

- Oran (her çeşit) ve fark

Etki Ölçümleri

Etki ölçümlerini, odds oranı, risk oranı, hız oranı, prevelans, görel risk olarak özetlemek mümkündür. Bu etki ölçütleri yardımıyla çalışmada kullanılacak olan modeller ve uygun istatistiksel yöntemler belirlenebilir.

Odds Oranı

Odds oranını, bir olayın gerçekleşme ihtimalinin gerçekleşmeme ihtimaline oranı şeklinde ifade etmek mümkündür.

Risk Oranı

Bu oran, belirli bir etkenle karşılaşma derecesine göre birbirinden farklı grupların bir etkene yakalanma riskleri arasında fark olup olmadığını belirler.

Hız Oranı

Belirli bir hastalığa yakalanmamış fakat risk altında olan kişilerin belirli bir dönemde hastalığa yakalanma olasılığını ifade eden bir orandır.

Prevelans

Bir hastalığın belirli bir zaman diliminde ne kadar sıklıkla tekrar ettiğini belirleyen bir orandır.

Görel Risk

Bir risk etkeni ile karşılaşan kişilerin karşılaşmayan kişilere oranını belirten bir ölçüttür.

Mantel-Haenzel Yöntemi

Mantel- Haenzel yöntemi, sürekli olmayan, ikili değişkenlerin birleştirilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Etki ölçütünün oran ve sabit etki modeline dayalı olduğu durumlarda kullanılır. İkili veri kümesi 2x2 formunda Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. 2x2 Formundaki Verilerin Gösterimi

Çalışmaların ikili Sonuçları:	Vaka Grubu	Kontrol Grubu	Toplam
Var	a_i	b_i	g_i
Yok	c_i	d_i	h_i
Toplam	e_i	f_i	n_i

Burada a_i, b_i, c_i ve d_i belirtilen satır ve sütun özelliğini sağlayan sonuç sayılarını gösterirken, e_i, f_i, g_i ve h_i sütun ve satır toplamlarını, n_i ise genel toplamı göstermektedir.

Mantel-Haenzel yöntemi uygulanarak hesaplanan aşamalar aşağıdaki gibidir (Akçil Temel, Karaağaoğlu,2001),

Her bir çalışma için odds oranı (OR_i),

$$OR_i = \frac{a_i d_i}{b_i c_i}$$

şeklindedir.

Tüm çalışmaların birleştirilmesiyle elde edilen özet odds oranı (OOR),

$$OOR = \frac{\sum_{i=1}^k OR_i W_i}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

formülü ile hesaplanır. Burada k , çalışma sayısını göstermektedir. Burada i.varyans V_i ile ifade edilecek olursa bunun tersi olan ağırlık değeri W_i ,

$$W_i = \frac{1}{V_i}$$

şeklinde ifade edilir. Burada i.varyans V_i ,

$$V_i = \frac{n_i}{b_i c_i}$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Tüm çalışmalar birleştirildikten sonra elde edilecek olan özet odds oranının varyansı $V(OOR)$,

$$V(OOR) = \sum_{i=1}^k \left(\frac{1}{\frac{1}{a_i} + \frac{1}{b_i} + \frac{1}{c_i} + \frac{1}{d_i}} \right)^{-1}$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Buna göre özet odds oranının %95'lik güven aralığı şu şekildedir,

$$\left(\exp(\ln OOR - 1.96\sqrt{V(OOR)}), \exp(\ln OOR + 1.96\sqrt{V(OOR)}) \right)$$

Genel Varyansa Dayalı Yöntem

Şayet araştırmacının amacı fark ölçümünün özet bir tahminini çıkarmak ise bu yöntem kullanılabilir. Akçil Temel ve Karaağaoğlu (2001)'na göre bu yöntemde kullanılacak formüller ve işlem sırası aşağıda belirtildiği gibidir,

Her bir çalışma için risk farkı RD_i ,

$$RD_i = K_{D_i} - S_{K_i}$$

şeklinde olup burada i . çalışmanın vaka grubundaki gözlemlerinin risk farkı (K_{D_i}) ve kontrol grubundaki risk farkı (S_{K_i}) şu formüllerle hesaplanmaktadır,

$$K_{D_i} = \frac{a_i}{e_i}$$

$$S_{K_i} = \frac{b_i}{f_i}$$

Özet risk farkını elde etmek için ilk önce i . çalışmadaki gözlemlerin varyansı (V_i) ve her bir çalışmaya verilecek ağırlık (W_i) sırasıyla,

$$V_i = \frac{g_i h_i}{f_i e_i n_i}$$

$$W_i = \frac{1}{V_i}$$

şeklindedir. Burada özet risk farkı,

$$ORD = \frac{\sum_{i=1}^k RD_i W_i}{\sum_{i=1}^k w_i}$$

formülü ile hesaplanır.

Özet risk farkının %95 'lik güven aralığına ait sınırları ise,

$$(\text{ÖzetRD} - 1.96\sqrt{VORD_i}, \text{ÖzetRd} + 1.96\sqrt{VORD_i})$$

şeklinde olup, özet risk farkına ait varyans şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$V(ORD_i) = \frac{1}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

Özet Risk oranı ve %95 'lik güven aralıklarının sınırları,

- ✓ Deneysel-kontrol çalışmalarının risk oranlarının logaritmalarının bulunmasını,
- ✓ Özet logaritmik risk oranının tahminini,
- ✓ Özet logaritmik risk oranının varyansının tahmin edilmesini gerektirmektedir.

Buna göre i . çalışmanın logaritmik risk oranları ($InRR_i$),

$$InRR_i = \ln \frac{K_{D_i}}{S_{K_i}}$$

şeklinde bulunur. Özet logaritmik risk oranı ($InORR_i$) ise,

$$InORR_i = \frac{\sum_{i=1}^k W_i InRR_i}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

şeklinde dir. $V(InRR_i)$, i -inci çalışmanın logaritmik risk oranlarının varyansı,

$$V(InRR_i) = \frac{1-K_{D_i}}{e^{D_i-K_{D_i}}} + \frac{1-S_{K_i}}{(f_{K_i}-S_{K_i})} \quad (4.15.)$$

şeklinde elde edilir.

Güven sınırlarının hesaplanabilmesi için gerekli olan i . çalışmaya ait varyansın tersi (W_i),

$$W_i = \frac{1}{V(InRR_i)}$$

buradan da özet logaritmik risk oranı ($InOOR$)'na ait varyans (V),

$$V = \frac{1}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

şeklinde olup özet logaritmik risk farkının % 95 'lik güven sınırları aşağıdaki şekildedir,

$$(\exp(\ln OOR - 1.96\sqrt{V_i}), \exp(\ln OOR + 1.96\sqrt{V_i}))$$

Homojenlik Kavramı

Bu analiz, etki genişliklerinin çalışmadan çalışmaya nasıl farklılık gösterdiğini belirlemede kullanılan bir ölçüttür.

Araştırmacı homojenlik testi ile etki genişliğinin varyansının ve örneklemin beklenen hatasının önemli derecede farklılık gösterip göstermediğini inceler. Bu inceleme esnasında önemli bir farklılık görülmüşse; bazı araştırmacılar çalışmanın bu noktada bitirilmesi gerektiğini savunurlar. Araştırmacı aradaki farkın önemli olduğuna vurgu yaparsa o zaman etki genişliğinin varyansının beklenen değişimden daha büyük olması durumu söz konusu olabilir ve “Moderatör” değişkenlerin incelenmesi gerekir.

Heterojenlik

Meta analizine dahil edilen çalışmalar arasındaki değişkenlik heterojenlikle ifade edilmektedir. Heterojenlik genellikle şu üç temel başlık altında incelenmektedir:

- i. Klinik heterojenlik,
- ii. Metodolojik heterojenlik,
- iii. İstatistiksel heterojenlik

Klinik heterojenlik, deneklere yapılan müdahaleye ve çalışmadaki sonuç değişkeninin çeşitliliğine göre çalışmalardaki klinik farklılık olarak tanımlanır. Klinik heterojenliğin bir belirtisi olarak, araştırmanın gerçekleştirildiği yer, çalışmaya dahil edilen hastaların yaşı, cinsiyeti, hastalık şiddeti, uygulanacak tedavi yöntemi, kullanılacak ilaç ve ilacın dozu, çalışmadaki sonuç değişkenlerinin farklılıkları örnek verilebilir.

Metodolojik heterojenlik, deneme düzeni ile ilgili bir kavramdır. Çalışmanın kalitesi, çalışmanın süresi ve kullanılacak olan istatistiksel yöntemlerin farklılığı metodolojik heterojenliğin bir belirtisidir.

İstatistiksel heterojenlik ise etki büyüklüklerindeki değişkenlikle alakalıdır.

Homojenlik analizi, etki büyüklüklerinin çalışmadan çalışmaya nasıl değişim gösterdiğini belirten bir ölçüttür. Araştırmacı, homojenlik testi ile etki büyüklüğünün varyansının ve örneklemin beklenen hatasının farklılık gösterip göstermediğini incelemeyi hedefler. Meta analizde farklı çalışmalardan elde edilmiş olan etki büyüklüğü nokta tahminlerinin farklı olması olası bir durumdur. Burada dikkat edilmesi gereken nokta farklılıklarının olup olmaması değil, bu farklılıkların makul bir şekilde görmezden gelinip gelinmeyeceğidir. Bir meta analizinde sonuçların birleştirilmesi işleminden sonra heterojenlik için istatistiksel testlerin ve grafiksel gösterimlerin tek tek incelenmesi gerekmektedir. Eğer homojenlik sağlanamamışsa yani çalışmalar ve bu çalışmaların sonuçları arasında tutarsızlık varsa bu durumda uygun istatistiksel yöntemlerle analiz yapılarak çalışma homojen hale getirilmelidir. Aksi halde bilgiler istatistiksel açıdan güvenilir olmayabilir. Çalışma sonuçlarının güven aralıkları ile ifadesi yani grafiklerle gösterilmesi, birleştirilmiş olan etki büyüklüklerinin homojenliğine karar vermemizi az da olsa kolaylaştıracaktır. Güven aralıkları her bir tahminin ne kadar kesin olduğunu ve sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını göstermektedir. Eğer bütün çalışmalar gerçekte benzer bir değeri tahmin ediyorsa birleştirilmiş sonuçların dağılım aralığı daha dar olacaktır. Küçük örnekler için güven aralıkları daha geniş olmakla beraber örnek genişliği artırdıkça güven aralıkları da daralacaktır.

Meta analiz çalışmalarında heterojenliğin söz konusu olduğu durumlarda değişkenlik iki nedenden kaynaklanabilir. Bunlar, örneklem hatası (çalışma içi değişkenlik) ve çalışmalar arasındaki değişkenliktir.

Meta analizine alınan her bir çalışma farklı örneklemelerden oluştuğundan örneklem hatası meta analizinde her zaman olur. Çalışmalar arası değişkenlik ise, tek bir çalışma ile tahmin edilen populasyon etki büyüklükleri arasında bir heterojenlik söz konusu olduğunda net bir şekilde görülmektedir.

Meta analizinde heterojenlik, çalışmalar arası varyans anlamlı derecede arttığında ortaya çıkmaktadır. Varyansın artmasının iki sebebi olabilir. Bunlar, çalışmalar arasında kullanılan yöntemlerin farklılığı ve çalışmalarda kişisel olarak yapılmış olan analizlerde etki büyüklüğünün farklı alınmış olmasıdır.

Meta Analizin Gücü

Meta analizin gücü iki şeye bağlıdır. Bunlar araştırma süresi boyunca konu ile ilgili bulguları toplama ve karakterleri kodlamada gösterilen özen ve disiplindir. Doğru bir şekilde kodlanan karakterler ve bulgular çalışmalardaki ölçüt ve model farklarını ortadan kaldıracığı için bulunan sonuçlar daha güvenilir olur. Elde edilen bu sonuçlar ise meta analizin sonucunda ulaşılan genel yargının güvenilirliğini artırır.

İstatistiksel açıdan gücün artması ile parametrelerin tahminlerinin etkisi artırılır ve bu sayede genel yargı ile aralarında farklılık bulunan bireysel çalışmalardaki farklılığın nedenleri giderilir.

BULGULAR

Üretilmiş Veri Setleri

Bu bölümde klinik araştırmalar örnek alınarak 2x2 tipinde veriler üretilmiştir. Sıfır ile yüz arasında bilgisayar destekli “R” programı kullanılarak tesadüfi olarak üretilen bir veri setinde 50'nin altı sıfır, etken yok, 50 ve üzeri ise bir, etken var, olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde hem vaka grubu için hem de kontrol grubu için yüzer adet veri üretilmiştir. Bu şekilde üretilen veriler bir araya getirilerek bir veri grubu oluşturulmuş ve bu veri grubunda bulunan 2x2'lik veri setleri için hesaplanan odds oranları genel varyansa dayalı yöntem ve Mantel Haenzel yöntemi ile birleştirilmiştir. Veriler açık olarak görüldüğü için bir veri 2x2'lik veri setlerindeki birey sayıları birleştirilerek ilgili veri setindeki odds oranı ile birleştirilmiş odds oranları karşılaştırılabilmektedir. Çalışmada kullanılan dokuz ayrı veri setinin grup sayıları aşağıdaki tabloda belirtilmektedir,

Tablo 2. Veri setlerinde kullanılan grup sayıları

Veri seti:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Grup sayısı:	30	20	20	19	25	25	20	25	20

Üretilen veri setlerindeki gruplar %50'ye göre dizayn edildiğinden homojen bir yapıya sahip oldukları kabul edilmektedir. Çalışmada ilk olarak üretilen veri seti tablo 3 'de verilmiştir. Tablonun sonunda verilen OR, gruplar birleştirildiğinde elde edilen odds oranını, OR_{GV} , grupların

genel varyansa dayalı yöntemle birleştirilmesinden elde edilen birleştirilmiş odds oranını, OR_{MH} ise grupların Mantel Haenzel yöntemiyle birleştirilmesinden elde edilen birleştirilmiş odds oranını göstermektedir.

Tablo 3. Veri setlerinden elde edilen birleştirilmiş odds oranları

Veri seti:	Grup sayısı:	OR:	ORGV:	ORMH:
1	30	1.601	0.245	1.753
2	20	1.248	0.270	1.684
3	20	2.568	0.366	2.536
4	19	2.408	0.457	3.128
5	25	2.493	0.548	2.735
6	25	1.730	0.307	1.785
7	20	1.757	0.291	2.406
8	25	1.173	0.156	1.164
9	20	1.388	0.261	1.390

2x2 Tipindeki Klinik Veriler İçin Olasılık Değerleri

Genelliği bozmaksızın vaka ve kontrol gruplarından oluşan 2x2 tipindeki klinik verilerde en çok kullanılan olasılık değerleri, vaka ve kontrol gruplarının başarı (etken var) ve başarısızlık (etken yok) olasılıklarıdır. Vaka grubundaki başarılı birey sayısı u , başarısız birey sayısı v , kontrol grubunda başarılı birey sayısı r , başarısız birey sayısı s olmak üzere vaka grubunun başarı olasılığı $u/(u + v)$, kontrol grubunun başarı olasılığı ise $r/(r + s)$ olarak alınır. Klinik denemedeki tüm bireyler dikkate alındığında başarı olasılığı $(u + r)/(u + v + r + s)$ olur. Vaka grubunun başarı olasılığının daha yüksek olduğu biliniyorken vaka grubunun başarı olasılığı,

$$p_v = 1 - vr/us$$

Kontrol grubunun başarı olasılığının daha yüksek olduğu biliniyorken kontrol grubunun başarı olasılığı,

$$p_k = 1 - us/vr$$

olarak alınabilir. Burada $pv = 1 - 1/OR$ ve $pk = 1 - OR$ olduğu görülmektedir. Tüm bunlara ilaveten vaka grubunun dağılımının, kontrol grubuna olan toplam etkisinin ölçümü,

$$KL(V,K) = (u(u+v))/\ln((ur/(r+s)(u+v)) + (v(u+v))/\ln((vs/(r+s)(u+v)))$$

eşitliği ile hesaplanabilir. $KL(V,K)$ değeri Kullback Leibler divergence'nin vaka ve kontrol gruplarına uygulanmasından elde edilmiş bir değerdir. Bir veri seti için tüm gruplardan hesaplanan $KL(V,K)$ değerleri pv ve pk olasılıkları yardımıyla ağırlıklandırmak suretiyle toplanarak veri setine genişletilebilmektedir. Aşağıdaki tabloda her bir veri seti için hesaplanmış ilgili değerler bulunmaktadır. Tabloda A ile gösterilen sütun, vaka grubunun başarı olasılığı, B ile gösterilen sütun, kontrol grubunun başarı olasılığı, C ile gösterilen sütun, birleştirilmiş veriden hesaplanan $KL(V,K)$ değeri, D ile gösterilen sütun ise birleştirilmiş $KL(V,K)$ değerlerini göstermektedir.

Tablo 4. Veri setlerinden elde edilen olasılık ve $KL(V, K)$ değerleri

Veri seti	p_t	A	B	C	D
1	0.375	0.590	0.473	0.0274	0.0198
2	0.199	0.575	0.52	0.00609	0.0058
3	0.610	0.655	0.425	0.107	0.1001
4	0.584	0.632	0.415	0.09524	0.0918
5	0.598	0.636	0.412	0.10157	0.1082
6	0.422	0.588	0.452	0.0371	0.02778
7	0.430	0.570	0.430	0.03945	0.0422
8	0.852	0.528	0.488	0.0032	0.0021
9	0.279	0.615	0.535	0.01301	0.0099

SONUÇ

Klinik araştırmalar, istatistik literatüründe daima ilgi çekici uygulamaların başında gelmektedir. Bunun en önemli sebeplerinin başında, çoğu klinik araştırmaların bilinen istatistiksel yöntemlere uygun olmaması ve araştırmacıları yeni yöntemler bulmaya yöneltmesidir. Klinik araştırmalarda istatistikçiler için karşılaşılan en önemli güçlük denek sayısının az olmasıdır. Bu sonuçları güçlü bir istatistiksel incelemenin yapılamamasının en önemli sebeplerinden biridir. Yaygın olmayan bir hastalık için incelenen etkenin bireyler üzerindeki etkisinin incelenmesi ve sağlıklı sonuçların alınması uzun yıllar sürebilmektedir. Aynı zamanda hastaların farklı bölgelerde bulunması yapılan deneylerin birey sayılarının az olmasını da beraberinde getirmektedir. Böyle bir durumda aynı klinik araştırmada yapılan fakat denek sayıları az olan birden fazla klinik incelemenin sonuçlarını sağlıklı bir şekilde bir araya getirmek klinik araştırmalarda daha fazla bilginin kazanılmasını sağlayacaktır. Bir klinik araştırmada incelenen etkinin anlamlı olabilmesi için bir kontrol grubuna daima ihtiyaç vardır. Bu durumda incelenen etkinin anlamlılığının en önemli göstergesi odds oranının yüksek olmasıdır. Bu etapta aynı klinik araştırma üzerinde farklı araştırmacılar tarafından yapılan deneylerin odds oranlarının birleştirilmesi klinik inceleme açısından yararlı olacaktır. Odds oranlarının birleştirilmesinde geçerli olan yöntemlerin başında Mantel Haenzel yöntemi ve genel varyansa dayalı yöntem gelmektedir. Bulgular kısmında dokuz ayrı veri seti için yapılan hesaplamalarda Mantel Haenzel yöntemi birleştirilmiş odds oranını daha gerçekçi tahmin etmiştir. Bu sonuç tablo 3 'den açıkça görülebilmektedir.

Ancak odds oranı incelenen etkinin ölçüsünü her zaman reel bir şekilde göstermeyebilir. Örneğin, vaka grubunda bulunan 102 hastadan ikisinde etken var olsun. Buna karşılık kontrol grubunda bulunan 101 hastadan birinde etken var olduğunda odds oranı 2 olacaktır. Benzer şekilde vaka grubunda bulunan 4 hastadan ikisinde etken var olsun. Buna karşılık kontrol grubunda bulunan 6 hastadan ikisinde etken var olduğunda odds oranı yine 2 olacaktır. Her iki klinik denemeye de, bakıldığında birinci vaka grubunda etkenin var olma yüzdesi neredeyse %2 iken ikinci çalışmanın vaka grubunda etkenin var olma yüzdesi %50 dir. Vaka gruplarında etkenin var olma yüzdeleri birbirlerinden bu kadar farklı iken odds oranları aynı çıkabilmektedir. Aynı örnekte $KL(V,K)$ değerleri hesaplandığında birinci klinik deneme için 0.00373, ikinci klinik deneme için ise 0.058 olarak hesaplanmaktadır. Bu ise ikinci klinik denemenin $KL(V,K)$ değerinin birincisinden yaklaşık olarak 15 kat fazla çıkması

demektir. Bu durumda odds oranı iki klinik deneme arasındaki farkı ayırt edemezken $KL(V,K)$ değerinin bu farkı rahatlıkla ayırt edebilmektedir. Tablo 3.12'de incelenen dokuz ayrı veri setinde hesaplanan birleştirilmiş $KL(V,K)$ değerlerine bakıldığında birleştirme yönteminin kullanılabilir olduğu görölmektedir. Birleştirilmiş $KL(V,K)$ değerleri gerçek değerlere oldukça yakın çıkmıştır. Bu durumda $KL(V,K)$ istatistiğinin odds oranına alternatif olarak kullanılabilmesi ve meta analizinde birleştirilmiş $KL(V,K)$ değerinin bir alternatif istatistik olarak kullanılması uygun olabilir.

KAYNAKLAR

- [1]ABRAMSON, JH., Making Sense of Data. 2nd edition. New York: Oxford University Press; 1994.
- [2]AKÇİL, M., 1995. Ortalamalar Arası Etki Genişliklerinin Meta-Analizi. Hacettepe Üniversitesi, Biyoistatistik Bilim Uzmanlığı Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [3]AKÇİL TEMEL M. ve KARAAĞAOĞLU, E., 2001. Meta-analizinde İstatistiksel Yöntemler. Hacettepe Tıp Dergisi, 32(4): 362 – 369.
- [4]AKGÖZ, S. , ERCAN, İ. , KAN, İ. ,2004, Meta Analizi, Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, Bursa
- [5]BEKİROĞLU, N., 1997. Meta Analiz Yönteminin Tıp Teknolojisindeki Önemi ve Bir Uygulaması, Araştırma Sempozyumu' 97 Bildirileri, Ankara
- [6]ÇAĞATAY , P., 1994. Meta Analizi ve Sağlık Bilimlerine Uygulaması, İstanbul Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [7]ÇARKUNGÖZ, E. , ve EDİZ, B. , 2009, Meta Analiz, Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı, Bursa.
- [8]ERDOĞAN, S., 2011, Meta Analizinde Heterojenliğin Saptanmasında Kullanılan Yöntemlerin Simülasyon Tekniği ile Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı , Mersin
- [9]HUNTER , J. E., SCHMIDT, F. L., 1990. Methods of Meta- Analysis Correcting Error And Bias in Research Finding, The Publishers of Professional Social Science Newbury Park, London.
- [10] JENICEK, M., 1989. Meta Analysis in Medicine: where we are and, where we want to go, J-Clin-Epidemiology, 42: 35 - 44p.
- [11] KÜÇÜKÖNDER, H. ,2007, Meta Analiz ve Tarımsal Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş
- [12]PETITTI, D. B., 1994. Meta- Analysis, Decision Analysis And Cost- Effectiveness Analysis, Methods for Quantitative Synthesis in Medicine, Oxford University Press.

- [13]SACK Berrier J, REITMAN D, ANCONA-BERK VA, CHALMERS TC. Metaanalyses of randomized controlled trials. N Engl J Med 1987; 316: 450-5
- [14]SUTTON, A. J.,ABRAMS, K. R., JONES,D. R., SHELDON, T. A., Song, F., 2000. Methods For Meta-Analysis in Medical Research .
- [15]ŞAHİN, F., 1999. Meta analizinin Tıp'ta Kullanımı ve bir Uygulama, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir
- [16]TOPAL, M., EYDURAN, E., YAĞANOĞLU, A.M., AYDIN,R., Investigation With Meta Regression Analysis Effect of Years on Death Rates of Male and Female In Brown Calves, Atatürk University, Agriculture Faculty, Department of Animal Science, Erzurum, TURKEY Iğdır University, Agriculture Faculty, Department of Animal Science, Iğdır, TURKEY
- [17]TURAN, E., 1998. Klinik Çalışmalara Uygun İstatistiksel Tekniklerin Uyum ve Kıyaslamaları Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antalya
- [18]YENİAY, H.,2013, Yaşam Verilerinin Meta Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü ,İstatistik Anabilim Dalı,Ankara
- [19]YILDIZ, N., 2002. Verilerin Değerlendirilmesinde Meta Analizi, Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [20]WILSON, D. B., 1999. Practical Meta-Analysis , American Evaluation Association, Orlando,Florida

BÖLÜM 4

AĞIR METAL ANALİZLERİNDE SPEKTROSKOPİK YÖNTEMLER

Sabahattin DENİZ¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin Deniz, Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü, sdeniz@marmara.edu.tr , ORCID ID: 0000-
0002-8153-2417

Giriş

Yaşadığımız dünyada maddeleri oluşturan elementler kimyasal aktivitelere göre metal, ametal ve soy gaz olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar ve şu ana kadar bilinen elementlerin büyük bir kısmı metalik özellik gösteren elementlerdir. Metalik malzemelerin kullanımlarındaki bazı avantajlarından dolayı, eski çağlardan beri, metaller hep ilgi görmüşlerdir. Sadece çeşitli işlerde kullanılan malzemelerde değil, takı, mücevher olarak da çağlar boyu devam eden kullanımları vardır. Dolayısıyla metallerin eski çağlardan bu yana -bir bakıma- insanların bir parçası olduklarını söyleyebiliriz.

Sanayi devrimi ile dünyada artan endüstrileşme hayatımızın pek çok alanında kolaylıklar ve konfor getirdi. Bu hızlı gelişme ile metaller hayatımızın her alanında ve çokça bulunmaya başladılar. İlk zamanlar sadece olumlu etkileri görülen metallerin, yıllar geçtikçe gelişen çeşitli sağlık sorunlarında önemli etkileri oldukları anlaşıldı. Artık günümüzde sebep oldukları sağlık sorunları, sağladığı kolaylıklardan daha öncelikli duruma geldi. O sebeple pek çok alanda kullanımlarının sınırlandırılmalarına, metalik malzeme yerine aynı özelliklere sahip farklı kimyasal yapıda malzemelerin kullanımlarının yaygınlaştığını görmekteyiz. Burada metallere alternatif olarak plastik esaslı malzemeler çoğunlukla kullanılabilmekte, farklı maddelerden mamul kompozit malzemeler de her geçen gün daha ilgi çekici hale gelmektedir. Metallerin yerini alan bu malzemelerin olası sağlık ve çevre sorunları ise ayrı bir tartışma konusudur ve bu araştırmalar sürekli devam edecektir.

Genel görüş olarak metallerin canlı hayatı üzerine olumsuz etkileri olduğu olmasına rağmen bazı metaller ise, çok düşük miktarlarda, canlı biyokimyası için gerekli elementlerdendir. Bazı biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşebilmesi için Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Co, Cu, Zn ve Mo gibi metallerin uygun miktarlarda insan vücudunda bulunmaları gereklidir (Zoroddu ve diğ., 2019).

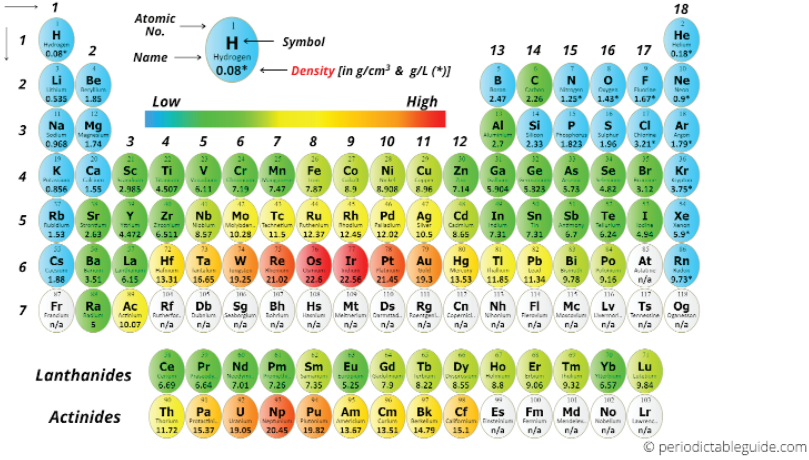
Hayatımızın vazgeçilmez bir parçası halinde gelen ve bulunduğu ortamlardaki miktarlarının da oldukça önemli olduğu metallerin tespit ve tayinleri de oldukça önemli bir konudur. Önceleri sadece yaş yöntemleri ile çok düşük miktarların tayinlerine olanak sağlansa da artık günümüzde gelişen teknoloji ile hassasiyetleri daha da artan enstrümental analiz yöntemleri ile çok çok düşük miktarların tayinleri mümkün olmaktadır. Herhangi bir ortamda bulunan bir bileşenin analizi için seçilecek yöntem; analiz edilecek bileşenin türü, kimyasal yapısı, miktarı ve bulunduğu ortamın özelliklerine göre değişecektir. Bazı bileşenlerin bulunduğu ortamda doğrudan analizleri yapılabiliyorken bazılarının analizleri için ön işlemler gerekebilmektedir ve bir analizde ne kadar fazla işlem basamağı bulursa hata kaynağı o kadar fazla olur ve sonuçlardaki belirsizlik miktarı

da o derece artar. O sebeple genel bir kabul olarak işlem basamağı en az olan ancak analiz etmek istediğimiz bileşeni de doğru bir şekilde tespit/tayin edebileceğimiz yöntemi seçmek daha doğru olacaktır. Ayrıca unutulmaması gereken bir diğer husus da, hiçbir zaman tek bir analizle sonuçların rapor edilemeyeceğidir. En az üç (daha fazlası daha da doğruya bizi yaklaştırır) analiz yapıp sonuçların değerlendirilerek aritmetik ortalaması alınıp güven aralığı da verilerek rapor edilmelidir.

Metaller, Ağır Metaller

Elementler kimyasal özelliklerine göre üç sınıfa ayrılırlar; metaller, ametaller ve soy gazlar. Soy gaz atomları, elektronlarının atomlarda energetik olarak en kararlı olacak şekilde olduğu ve kabul gören günümüz modern atom teorisine göre tüm enerji seviyelerinin dolu olduğu en kararlı element atomlarıdır. Diğer tüm element atomları (metaller ve ametaller) kendi elektron yapılarını soy gazlara benzetmeye çalışarak daha kararlı bir hale ulaşmak için kimyasal reaksiyonlar verirler. Metal atomları bu kararlı hale geçişte elektron vermeyi, ametaller ise elektron almayı ya da elektron paylaşmayı tercih ederler. Dolayısıyla metaller bileşiklerinde pozitif yüklü *katyonlar* halinde bulunurlar. Genel olarak “metal” dendiğinde akla ilk gelen günlük hayatta da kullandığımız pek çok malzemenin ana bileşenini oluşturan, sert, sağlam madde akla gelmektedir. Metallerin bu halleri elementel hal dediğimiz elektron vermemiş, nötr yüklü atomlardan oluşmaktadır. Elementel halde olan bu metallerin bu halleriyle, sulu ortamda çözünürlükleri yoktur. Ancak ortam şartları değişecek olursa katyona dönüşerek sulu ortamlarda çözünür hale gelirler ve bu şekilde canlıların geniş bir şekilde metallere maruziyeti başlar.

“Ağır metal” terimi ise farklı kaynaklarda farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. “Ağır” kelimesi fiziksel olarak metal atomlarının yoğunluğunu ifade etmektedir ve yoğunlukları, 3,5 ila 7 g/cm³ arasında değişen nispeten- yüksek yoğunluğa sahip metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadırlar. Elementlerin yoğunlukları Şekil 1. de gösterilmiş ve buna göre 4. periyotta titanyumdan itibaren yoğunluklar ağır metal sınıfına girecek şekilde artış gösterdiği görülmektedir. Ancak alkali ve toprak alkali sınıfında olanlarda ise baryumdan itibaren yoğunluğun ağır metal sınıfına girdiği görülebilir. Her ne kadar terminolojik olarak ağır metaller yoğunluklarına göre tanımlanmış olsa da belki daha da önemli bir nokta ise bu metallerin toksik etkileridir. Buna göre ise ağır metaller; düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirli olan metaller olarak da tanım genişletilmiştir. Buna göre cıva (Hg), kadmiyum (Cd), arsenik (As), krom (Cr), talyum (Tl), çinko (Zn), nikel (Ni), bakır (Cu) ve kurşun (Pb) içeren herhangi bir metal ve metaloid elementi ifade etmek için ağır metal terimi kullanılabilir (Sharma, 2015; Nollet, 2007)



Density on Periodic table are in g/cm³ at 20 °C. Densities marked with * are in g/L at 0 °C & 1 atm. You can also download above **High resolution image** from this article. (It's Free)

[Download HD image](#)

Şekil 1. Element yoğunlukları (periodictableguide.com)

Analiz Yöntemleri

Analitik Kimyada kimyasal analizler nitel (kalitatif) ve nicel (kantitatif) yöntemler olarak iki ana gruba ayrılırlar. Nitel (kalitatif) analizlerde herhangi bir karışımdaki bileşenlerin “ne” oldukları ile ilgilenilir. Dolayısıyla burada yöntemin *tespit sınırı* (LOD-Limit of Detection) önemlidir. Nicel (kantitatif) analizler de ise tespit edilen bileşenin “ne kadar” olduğu ile ilgilenilir ve burada da yöntemin *tayin sınırı* (LOQ-Limit of Quantification) önemlidir.

Ağır metal analizlerinde de uygun yöntemi seçmek için numunenin fiziksel hali, ve bu numunede bulunan ağır metal miktarı dikkate alınır.

Nicel (kantitatif) analiz yöntemlerini azalan analit (analiz edilmek istenen bileşen) miktarına göre şu şekilde sıralayabiliriz:

Gravimetrik yöntemler

Volumetrik (titrimetrik) yöntemler

Spektroskopik yöntemler

Elektroanalitik yöntemler

Kromatografik yöntemler

↓
Azalan analit miktarı

Bunlardan gravimetrik ve volumetrik yöntemler “*klasik (yaş) yöntemler*” sınıfına girerken spektroskopik, elektroanalitik ve kromatografik yöntemler ise “*aletli (enstrümental) yöntemler*” sınıfına girerler.

Gravimetrik yöntemlerde analiz edilmek istenen ağır metal katyonu, uygun bir reaktifle suda çözünmeyen ve bileşimi kesin olarak bilinen bir bileşiği halinde çöktürülür ve bu çökelek kurutulularak hassas bir şekilde tartılır. Elde edilen çökelek miktarına göre stökiyometrik olarak ağır metal miktarı hesaplanır.

Volumetrik (titrimetrik) yöntemlerde ise ağır metal içeren bir çözeltinin konsantrasyonu kesin olarak bilinen bir reaktif çözeltisi ile stökiyometrik olarak reaksiyona girmesi esasına dayanır ve burada harcanan reaktif çözeltisinin hacmine göre ağır metal miktarı hesaplanır.

Aletli analiz yöntemleri ise klasik yöntemlere göre daha hassas yöntemlerdir ve bu analizler için analiz yöntemine göre farklı cihazların kullanılması gerekmektedir. Elbette analiz maliyetleri açısından daha maliyetli yöntemlerdir, fakat çok düşük miktarlarda olan ağır metal analizlerinde bu yöntemlerden *spektroskopik yöntemler* olmazsa olmaz öneme sahiptirler.

Ön işlemler (numune hazırlama)

Ağır metal analizi yapılacak numuneler çok farklı formlarda bulunabilirler. Su numuneleri analiz için çok fazla ön işlem gerektirmeyen kolay numuneler olarak düşünülebilir. Ancak, katı numuneler (gıda, toprak, sediman, kozmetik, çeşitli atıklar vb.) ve sıvı ya da katı biyolojik numuneler, ağır metal analizi yapılmadan önce mutlaka bir çözünürleştirme işlemine tâbi tutulmalıdır. Burada amaç numunede bulunan metal atomlarını suda çözünür serbest metal katyonlarına dönüştürmektir.

Bunun için asidik çözünürleştirme sıklıkla tercih edilen yöntemlerden biridir. Numune önce seyreltik asitlerle muamele edilir, çözünme gerçekleşmezse daha derişik ve yükseltgen asitlerle (HNO_3 , HClO_4 gibi) çözünürleştirilmesi denenir. Altın, platin gibi metallerin çözünürleştirilmesinde de altın suyu (kral suyu ya da aqua regia olarak da bilinir) kullanılır. Altın suyu, 3 hacim der. HCl ile 1 hacim der. HNO_3 ten oluşan bir asit karışımıdır.

Çözünürleştirme için otomatize teknikler de mevcuttur. Bu amaçla mikro dalga çözünürleştirme sistemleri ile çok daha kısa sürede ve daha az asit ya da farklı kimyasal maddeler ile çözünürleştirme işlemi gerçekleştirilebilmektedir (Bettinelli, M.ve ark, 2000).

Spektroskopi

Spektroskopi en temel olarak, bir ışın ile madde etkileşimini inceleyen bilim dalı olarak tanımlanabilir. Maddenin özelliğini taşıyan en küçük

birimi bilindiği gibi atomdur ve atomun temel parçacıklarından elektronlar atom çekirdeği etrafında belirli enerjilere sahip yörüngelerde hareket ederler. Modern atom teorisine göre elektronların net olarak buldukları konumları ifade etmek mümkün olmasa da bulunma ihtimallerinin en yüksek olduğu yerler *orbital* olarak adlandırılır. Atomlar eğer başka atomlarla bağ yapıp molekül oluşturmamışlarsa bu orbitaller *atomik orbital* eğer molekül halinde iseler bu durumda ise *moleküler orbital* olarak adlandırılırlar. Ağır metallerin spektroskopik analizlerinde atomların temel halleri ile etkileşim olur, atomik orbitallerde bulunan elektronların elektromanyetik dalga ile etkileşimleri dikkate alınır. O sebeple atom ve ışın (elektromanyetik dalga) etkileşimine dayanan ve ağır metal analizlerinde kullanılan bu yöntem *atomik spektroskopi* de denilmektedir.

Atomik spektroskopik yöntemler iki ana kategoriye ayrılabilirler, bunlar: analit elementinin elektromanyetik spektrum ile belirlenenler ve analit elementinin kütle spektrumu ile belirlenenlerdir (Spectroscopy, 2021).

Bir atomun nötr halinde elektronlar belirli enerji düzeylerine sahip orbitallerde bulunurlar ve herhangi bir müdahale olmazsa bu yerlerini terk etmezler. Buna *temel hal* denir. Ancak eğer bir atoma dışarıdan enerji verilecek olursa bu durumda elektronlar izin verilen daha yüksek enerji seviyelerindeki orbitallere çıkarlar. Buna ise *uyarılmış hal* denir. Uyarılmış hal kararlı bir durum değildir ve çok kısa bir süre sonra ($10^{-8} - 10^{-9}$ s.) tekrar temel hale dönerler. İşte spektroskopik analizlerin temeli bu değişimlerdeki enerji *emisyonu* (*yayınımı*) ya da *absorpsiyonu* (*soğurulması*) dur.

Bohr atom modeline göre elektron yalnızca izin verilen bir yörüngeden, izin verilen diğer bir yörüngeye geçebilir. Bu tür geçişte Planck eşitliği (Eşitlik 1) ile hesaplanabilen, belirli değere sahip bir enerji paketi (kuant) alınır ya da verilir.

$$E = h \cdot \nu \quad (1)$$

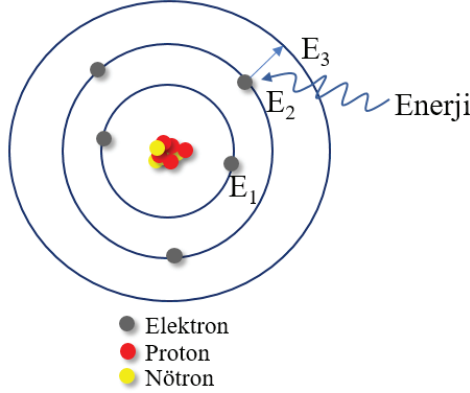
$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2)$$

Bu eşitliklerde E : tek bir fotonun enerjisi (j), h : Planck sabiti ($6,626 \times 10^{-34}$ j.s) ve λ : fotonun dalga boyu (m), c : ışık hızı (3×10^8 m.s⁻¹) dir.

Her bir atomda elektronların bulunduğu orbitaller arası enerji farkı kendilerine özgüdür. Bu durumda bu atomlarda bulunan elektronların uyarılması için gerekli olan ve uyarılmış elektronların temel hale dönerken yaydıkları enerji farklı olacaktır. Bu elbette ki ağır metal atomları için de geçerlidir. İşte bu ayırt edici özellikten yararlanarak bir numunedeki

bulunabilecek atomların nitel (kalitatif) analizleri yapılabilir.

Şekil 2.' de temel halde bulunan bir atomun enerji absorptması sonucu uyarılması gösterilmektedir. Burada bir enerji kaynağı ile uyarılan atomdaki elektron bir üst (ya da bazen enerji miktarına göre daha üst) enerji seviyesine çıkar. Eğer enerji çok fazla ise bu durumda elektron atomdan kopar ve iyonlaşma gerçekleşir. Bunun için gerekli olan enerjiye de *iyonlaşma enerjisi* denir.



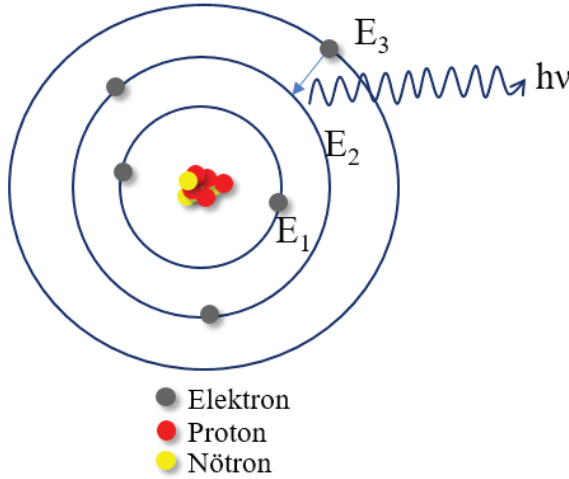
Şekil 2. Bir atomun enerji absorptlayarak uyarılması

Atomların uyarılması ısı ya da ışıkla gerçekleşebilmektedir. Isı ile uyarma genellikle alev ile yapılmaktadır. Eğer bir elektromanyetik dalganın enerji atomik enerji seviyeleri farklarından birine eşitse bu durumda ışıkla da yapılabilmektedir. Burada absorptlanacak ışığın (elektromanyetik dalganın) dalga boyu ve frekansı Planck eşitliği (Eşitlik 1) ve eşitlik 2 ile hesaplanabilir. Çok yüksek enerjili elektromanyetik dalgalar, (UV, X-ışınları, γ -ışınları) atomda (ya da moleküllerde) iyonlaşmaya neden olurlar. O sebeple bunlar iyonlaştırıcı radyasyon olarak tanımlanırlar ve canlılar için oldukça tehlikelidirler.

Uyarılmış hal kararlı bir hal olmadığı için elektron kısa bir süre sonra temel hale geri döner. Şekil 3. de bu durum gösterilmektedir. Elektronların temel hale geri dönmeleri sırasında ise bir enerji *emisyonu* (yayınımı) olur. Bu çoğu zaman elektronların enerji seviyeleri farkına denk dalga boyunda bir *ışık emisyonu* şeklinde olurken, bazen de atom (ya da molekül) absorptladığı enerjinin bir kısmını ısı enerjisi olarak yayarken bir kısmını da foton (ışık) olarak yayabilir. Eğer uyarma elektromanyetik dalga ile olmuşsa, bu durumda uyarılması için absorptladığı elektromanyetik dalganın enerjisinden daha düşük enerjili (daha uzun dalga boyulu) bir ışık yayınlar. Bu durum *fotolimünesans* olayı olarak adlandırılır. Bu olayın çok kısa süreli

olanına *flüoresans*, daha uzun süreli olanına da *fosforesans* olayı denilir (Toğrul T., 1995).

Atomların moleküllere göre sınırlı sayıda uyarılmış durumları olduğundan absorpsiyon ya da emisyon bantları keskim pikler olarak görülür. Moleküllerde ise elektronların geçiş yapabilecekleri çok fazla sayıda enerji durumları olduğundan absorpsiyon ya da emisyon bantları geniş olur (Skoog D. ve ark., 1992).



Şekil 2. Uyarılmış bir atomun enerji yayını (emisyonu)

Atomik Spektroskopi

Ağır metal analizlerinde kullanılan atomik spektroskopik yöntemlerde, iyon halinde bulunan ağır metal katyonları farklı tekniklerle atomik hale getirilir. Ardından bu atomların alev ya da elektromanyetik ışığa ile uyarılması sonucunda meydana gelen emisyon ya da absorpsiyon miktarı ölçülerek analiz yapılır.

Bu durumda elektromanyetik spektrumun ölçüldüğü temelde iki farklı atomik spektroskopi yöntemi vardır. Bunlar:

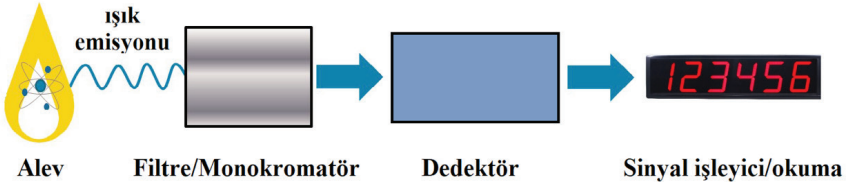
- *Atomik Emisyon Spektroskopisi*
- *Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi* dir.

Atomik Emisyon Spektroskopisi

Atomik emisyon spektroskopisi çözelti halinde bulunan metal iyonları için uygulanır. Bu teknikte metal iyonlarını içeren çözelti bir alevle püskürtülür ve alevde çözücü buharlaştıktan sonra metal iyonları yine alev ile atomik hale indirgenir ve metal atomları yine alevle uyarılırlar.

Bu teknikte uyarma için elektromanyetik ışımadan faydalanılmaz. Alevle uyarılar metal atomları kendilerine özgü dalga boyunda ışıma yayarlar. Bu ışıma bir filtre ya da monokromatör ile dalga boylarına ayrılır ve analiz edilen metalin yayacağı dalga boyundaki ışıma şiddeti bir dedektör ile ölçüldükten sonra cihazda sinyal şiddeti olarak okunur.

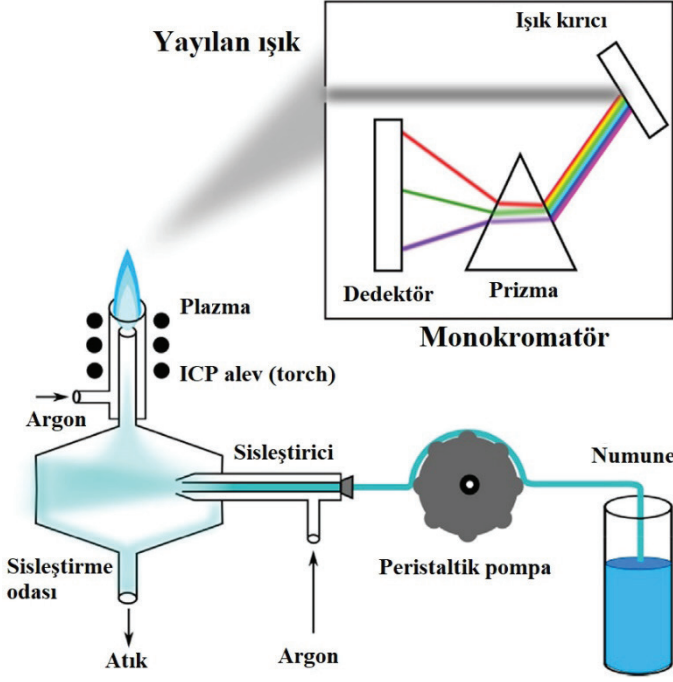
Bu yöntemle özellikle alkali ve toprak alkali metallere Li, Na, K, Ca, Mg, Sr, Ba analizleri kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu metallere analiz edilmesinde absorpsiyon tekniği yerine emisyon tekniğinin kullanılması daha etkilidir. Ayrıca alev emisyon esasına dayanan *alev fotometreleri* basit cihazlardır ve absorpsiyon tekniğini kullanan cihazlara göre daha ekonomiktir. Şekil 3.' te bir alev fotometresinin temel çalışma şeması gösterilmektedir.



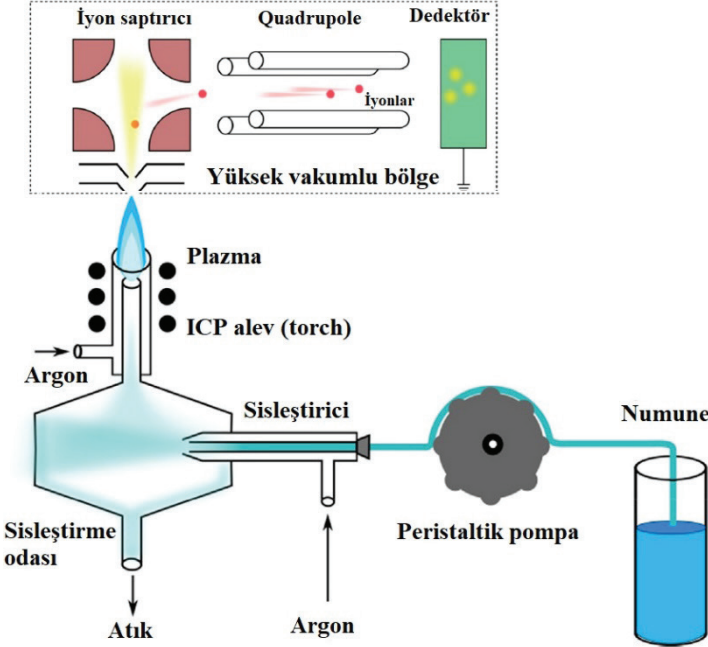
Şekil 3. Atomik emisyon spektrometresi

Atomik emisyon yöntemlerinde önemli olan, sıvı numunesinde bulunan metal iyonlarının atomik hale gelen miktarını arttırmaktır. Alev sıcaklığı arttıkça atomlaşan iyon miktarı artar. Bu amaçla alev dışında daha yüksek sıcaklıklara çıkılabildiğini sağlayan farklı atomlaştırıcılar da kullanılmakta ve bu teknikler farklılaşmaktadır. Örneğin hava/asetilen alevi ile 2000 °K' e ulaşılabilirken, azot protoksit/asetilen alevi ile 3000 °K' e ulaşılabilir (Spectroscopy, 2021).

Alev fotometresi ile *ppm* (*part per million – milyonda kısım*) mertebesinde olan miktarlar analiz edilebilir. Daha hassas analizler için daha hassas teknikler kullanılmaktadır. Bu amaçla *Mikrodalga Plazma (MP)* ve *İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP)* (Şekil 4.) gibi farklı atomlaştırma teknikleri ve bunlarla birlikte kullanılan *Kütle Dedektörü (MS)* (Şekil 5.) ile *ppb* (*part per billion-milyarda kısım*) hatta *ppt* (*part per trillion-trilyonda kısım*) mertebesinde hassasiyetle analizler yapılabilmektedir.



Şekil 4. ICP-OES (Optik Emisyon Spektrometre) cihazının şematik gösterimi (Cherevko S. ve ark.,2018)



Şekil 5. ICP-MS (Kütle Spektrometre) cihazının şematik gösterimi (Cherevko S. ve ark.,2018)

Bu yöntemler kullanılarak gıda (Qin J.ve ark., 2021; Aceto M, 2016), kozmetik (Calle, I ve ark., 2017), su ve atık su (Wang W. ve ark., 2021) numunelerinde hassas olarak ağır metal analizleri yapılabilmektedir.

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi

1930 lu yıllarda atomik emisyon spektroskopisi özellikle nitel (kalitatif) analiz için oldukça yaygın kullanılmaya başlandı. Nicel (kantitatif) analizler için ise özellikle pek çok ağır metalin de içinde olduğu geçiş elementleri için emisyon ölçümü yapmak pek verimli değildi. O sebeple emisyon yerine özellikle geçiş metallerinin ışık absorpsiyonunun çok daha verimli olabileceği anlaşıldı fakat burada da absorplanacak ışığı ayıracak ve algılayacak o dönemdeki sistemlerin çözünürlükleri yeterli olmuyordu. 1953 yılında ise, Alan Walsh (kendisi analitik kimyacı olmamasına rağmen) her bir metalin kendine özgü dalga boyunda ışık üretebilecek bir *oyuk katot lambası* ile bu sorunun çözüleceğini önerdi. 1955 yılında Alkenmade ve Melatz bu önerinin gerçekten işe yaradığını gördüler ve 1959 yılında ilk ticari Atomik Absorpsiyon Spektrometresini ürettiler. Bundan sonra da tekniğin kullanımı çığ gibi büyüdü (Robinson, J., 1996; Kılıç, E. ve ark., 2015).

Bu yöntemde, sıvı numune bir atomlaştırıcıya gönderilir ve burada metal katyonları atomik hale dönüşürler. Atomlaştırıcıda bulunan metal atomlarına, metal atomunun absorplayacağı dalga boyunda bir ışın gönderilir. Absorplanan ışın miktarına göre numunedeki metal miktarı analiz edilmiş olur.

Yöntemde kullanılan atomlaştırma tekniklerine göre;

- *Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAAS, FAAS)*
- *Grafit Fırınlı / Elektro Termal Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (GFAAS/ETAAS)*

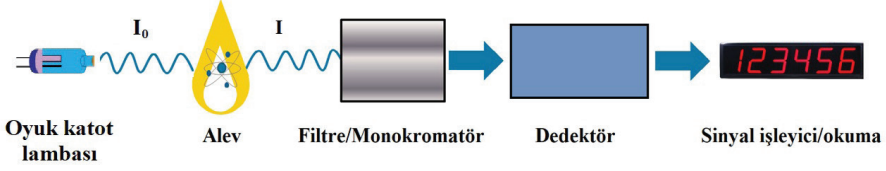
isimlerini alırlar.

Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi

Bu yöntemde, alev kaynağı olarak *hava/asetilen* alevi yaygın olarak kullanılır. Ancak daha yüksek sıcaklık gereken alevlerde (örn. Al analizi için) *asetilen/azot protoksit (N₂O)* alevi kullanılır. Yöntemde sıvı numune önce bir sprey odasında ince sis haline getirilir ve burada alev gazı karşımı ile karıştırılarak aleve gönderilir. Alev sıcaklığı yüksek verimli atomizasyon için önemli bir parametredir. O sebeple her metal için optimize edilmiş ayrı bir hava/yakıt karışım oranı vardır. Eğer bu bilinmiyorsa farklı hava/yakıt karışım oranları denenerek en yüksek absorpsiyonun olduğu oran tercih edilmelidir.

Numunede bulunan metal iyonları alevde atomize oldukları anda,

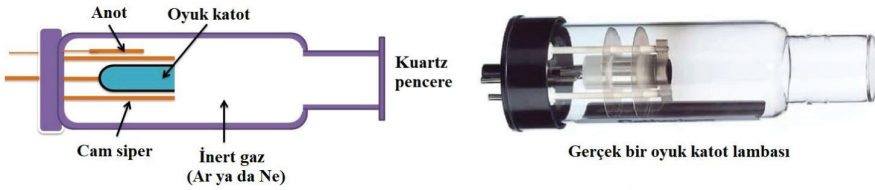
absorpsiyon yapacakları dalga boyunda bir ışın alevye gönderilir. Alevde atomik halde bulunan metal miktarına göre ışının bir kısmı absorplanır. Kalan ışın bir dedektör yardımıyla ölçülür. Buna göre miktar analizi yapılır. Şekil 6.' da bir AAAS şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 6. Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi

Alevli atomik absorpsiyon spektrometresi ile 3-4 mL sıvı numunesi analiz için yeterli olacaktır. Bu yöntem ile ppm mertebesinde analizler, hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.

Bu yöntemde ışın kaynağı olarak kullanılan *oyuk katot lambası* Şekil 7. de gösterilmiştir. Bu lamba inert bir gaz içerisinde bulunan, katodu analiz edilecek metalden yapılmış bir lambadır. Anotla katot arasında bir gerilim uygulandığında inert gaz bir miktar iyonlaşır ve bu iyonlar katottan bir miktar metal atomu koparır yine kopan bu metal atomları iyonize gaz ile iyonlaşır. İyonlaşan metal de tekrar atomik hale dönüşürken o metal atomuna özgü dalga boyunda ışın yayınlar. İşte bu ışın, bu yöntemde analiz edilecek metalin absorplayacağı dalga boyundaki ışın olarak kullanılır. Genel olarak oyuk katot lambası bu şekilde çalışır. Elbette bir süre sonra lambanın yayınladığı ışık enerjisi azalacak ve lambanın yenilenmesi gerekecektir.



Şekil 7. Oyuk katot lambası

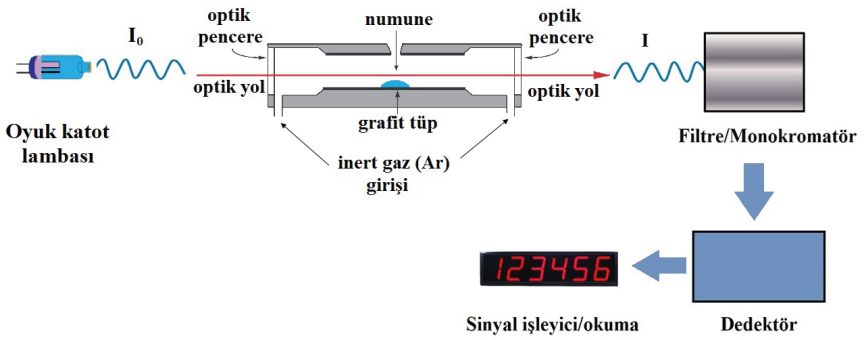
Grafit Fırını / Elektro Termal Atomik Absorpsiyon Spektrometresi

Bu yöntemde ise atomlaştırıcı içerisine grafit bir tüp konulan elektrikli bir fırındır. 10-20 μ L numune hassas bir şekilde elektro termal fırının içerisindeki grafit tüpün içerisine enjekte edilir. Sonrasında kademele olarak uygulana bir sıcaklık programı ile önce çözücü buharlaştırılır, sonrasında numunede olabilecek metal içeren bileşikler piroliz edilir ve

ardından atomizasyon işlemi ile numunedeki metal katyonları atomik hale getirilir. Tüm bu işlemler yapılırken grafit tüp içerisinde metal atomunun absorplayacağı dalga boyunda (oyuk katot lambası tarafından üretilen) bir ışın geçirilir ve metal atomlarının miktarına göre bir absorpsiyon gerçekleşir. Absorbans miktarı metal atomlarının miktarı ile doğru orantılıdır.

Bu yöntemde yüksek sıcaklıklarda grafit tüpün yanmaması için ortamdan sürekli argon gazı geçirilir. Ancak yine de bir süre sonra grafit tüpün değiştirilmesi gerekir. Bu yöntemin bir sarf malzemesi olarak düşünülebilir.

Şekil 8.' de elektro termal/grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometresinin bir şeması verilmiştir. Alevli atomik absorpsiyon spektrometresinden tek farkı atomlaştırma ünitesidir. Bu yöntem alevli atomik absorpsiyona göre çok daha az numune gerektirir ve ppb mertebesinde analiz yapmak mümkündür. Ancak analiz süresi alevli atomik absorpsiyona göre çok daha uzundur.



Şekil 8. Elektro Termal/Gravit Fırınılı Atomik Absorpsiyon Spektrometresi

Her iki atomik absorpsiyon yöntemi ile yine pek çok alanda ağır metal analizleri yapılabilmektedir (Andruch. V. ve ark., 2022; Gumus. Z.P. ve ark.,2021). Çalışılacak numunedeki analiz edilecek ağır metal konsantrasyonuna göre yöntemlerden biri tercih edilebilir.

Hidrür Oluşturmalı Atomik Absorpsiyon

Bazı metaller/yarı metallerin absorpsiyon yaptıkları dalga boylarında absorpsiyon yapmalarına alevin kendi başına emisyonu engel olabilmekte ve bunların doğru bir şekilde analiz edilmelerine imkan olmamakta ya da ancak çok yüksek konsantrasyonlarda analiz edilebilmektedirler. Ancak bunların çok daha küçük konsantrasyonlarda tayin edilmesinin gerektiği durumlarda farklı bir yöntemin uygulanması gerekmektedir. Bu şekilde analizleri sorun olabilecek elementler Hg, Se, Sb, As gibi elementlerdir. Bunların analizleri grafit fırınlı atomik absorpsiyon tekniği ile de yapılabilmektedir. Ancak bu elementler uygun şartlarda kantitatif olarak ölçü

hidrür bileşiklerin oluşturabilirler. Bu sebeple sulu numuneler kuvvetli bir indirgenle (NaBH_4) gibi muamele edilerek bu elementlerin hidrürleri oluşturulur ve kapalı bir sistemde bu hidrürler kuartz bir tüpün içerisinde elektrikli bir ısıtıcı sistemle ısıtılarak metal hidrürlerden metal atomları oluşturulur. Bu metal atonlarının kendilerine özgü dalga boyundaki ışını absorplaması sağlanır. Absorpsiyon miktarı metal miktarı ile doğru orantılıdır. Böylelikle ağır metal miktarı analiz edilebilir.

Hidrür oluşturma yöntemi özellikle çok düşük konsantrasyonlardaki Hg, As ve Se' un farklı ortamlardaki (gıda, su vb.) analizi için güvenle tercih edilen bir yöntemdir, ppb mertebesinde analizleri yapılabilir (Hineman A, 2012).

Yöntemlerin Hassasiyetleri

Ağır metal analizi için kullanılan her yöntemin kendine göre avantajları/dezavantajları vardır. Bazıları daha ekonomik çalışma maliyetlerine sahipken bazıları daha pahalı, bazıları ile daha hızlı analiz yapılabilen bazıları analiz süresi daha uzun, bazı yöntemleri doğru uygulamak için çok daha eğitimli analizcilere ihtiyaç duyulurken bazıları ise temel kimya öğrenimi görmüş kişiler de analiz işlemini gerçekleştirebilirler.

Ancak yine de yöntemlerin birbirlerine göre üstünlükleri kıyaslamak istendiğinde akla gelen ilk parametre *hassasiyettir*. Tablo 1.' de ağır metal analizleri için kullanılacak yöntemlerin hassasiyetleri verilmiştir. Buna göre alevli atomik absorpsiyon yöntemi ile 0,1 ppb nin altında konsantrasyona sahip ağır metalleri analiz edebilmek imkansızdır. Grafit fırınlı atomik absorpsiyonda ise ppt mertebesine bile inme imkanı bulunmaktadır. Ancak ICP-MS yöntemi en geniş hassasiyet aralığına sahiptir.

Tablo1. Ağır metal analizlerinde kullanılan yöntemlerin hassasiyetleri (Spectroscopy, 2021)

	<ppq				ppt				ppb				ppm			
		1	10	100	1000	1	10	100	1000	1	10	100	1000			
AAAS																
ICP-OES																
GFAAS																
ICP-MS																

Bazı durumlarda laboratuvarda uygulanacak yöntemin hassasiyeti analiz edilecek ağır metal yeterli olmayabilir. Bu durumda yeni bir cihaz-

lanma yoluna gitmek ekonomik olarak tercih edilmez. O sebeple numune-ye bir ön zenginleştirme yöntemi uygulayarak numunedeki ağır metallerin doğru bir şekilde analiz edilmesi sağlanabilir. Bununlar ilgili literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır (Mandal, S. ve ark., 2022; Komendova, R. ve ark., 2020).

Sonuç

Tüm kimyasal analizlerde olduğu gibi ağır metal analizlerinde de iş-lem süreci çok basit değildir. Elimizde sihirli bir değnek yoktur. Ayrıca uygun olmayan bir yöntem ile kullanılan cihaz çok çok hassas olsa bile, doğru sonuca ulaşamaz.

Ağır metal analizlerinde dikkat edilmesi gereken hususlardan ilki, analiz edilecek numunenin fiziksel ve kimyasal yapısı ve içerdii ağır metal miktarıdır. Bu iki parametreye göre uygun yöntem ve cihaz seçilmelidir. Bu amaçla analiz yöntemleri ile ilgili literatürde çokça çalışma mevcuttur. Ayrıca EPA, ISO, EN, ASTM gibi uluslararası standart metotlar ya da TSE standartları bu amaçla tercih edilebilir. Bu araştırma sonucunda uygun bir yöntem belirlenerek, yöntemdeki basamakların doğru bir şekilde uygulanmasıyla ancak doğru sonuca ulaşılabilir.

KAYNAKLAR

- Zoroddu, M.A., Aaseth, J.O., Crisponi, G., Medici, S., Peana, M., & Nurchi, V.M. (2019). The essential metals for humans: a brief overview. *Journal of inorganic biochemistry*, 195, 120-129.
- Sharma, S.K. Heavy Metals In Water: Presence, Removal and Safety. The Royal Society of Chemistry, Cambridge UK. (2015).
- Nollet, L. M. L., Handbook of Water Analysis. CRC Press, Boca Raton USA (2007).
- Spectroscopy, How to Choose the Right Atomic Spectroscopy Technique?, November 2021.
- Bettinelli, M., Beone, G.M., Spezia, S., & Baffi, C. (2000). Determination of heavy metals in soils and sediments by microwave-assisted digestion and inductively coupled plasma optical emission spectrometry analysis. *Analytica Chimica Acta*, 424, 289-296.
- Toğrul T., İnrümentel Analiz. AÜFF Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, Yayın No:28, Ankara (1995).
- Skoog, D.A., Leary, J.J., Principles of Instrumental Analysis. Saunders College Publishing, Florida USA (1992)
- Cherevko, S., Mayrhofer, K.J. On-Line Inductively Coupled Plasma Spectrometry in Electrochemistry: Basic Principles and Applications. Encyclopedia of Interfacial Chemistry: Surface Science and Electrochemistry, (2018), 1, 326–335.
- Qin, J., Su, Z., Mao, Y., Liu, C., Qi, B., Fang, G., Wang, S. (2021). Carboxyl-functionalized hollow polymer microspheres for detection of trace metal elements in complex food matrixes by ICP-MS assisted with solid-phase extraction. *Ecotoxicology and environmental safety*, 208, 111729.
- Aceto M., 8 - The Use of ICP-MS in Food Traceability, Editor(s): Montserrat Espiñeira, Francisco J. Santaclara, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Advances in Food Traceability Techniques and Technologies, Woodhead Publishing, 2016, (137-164).
- Calle, I., Menta, M., Klein, M., Séby, F. (2017). Screening of TiO₂ and Au nanoparticles in cosmetics and determination of elemental impurities by multiple techniques (DLS, SP-ICP-MS, ICP-MS and ICP-OES). *Talanta*, 171, 291-306.
- Wang, W., Evans, R.D., Newman, K., & Toms, A. (2021). Automated separation and measurement of ²²⁶Ra and trace metals in freshwater, seawater and fracking water by online ion exchange chromatography coupled with ICP-MS. *Microchemical Journal*, 167, 106321.
- Robinson, J., Atomic Spectroscopy Second Edition, Revised and Expanded. Marcel Dekker Inc. New York (USA), 1996.

- Kılıç, E., Yılmaz, H. (çeviri editörleri), Analitik Kimya Temel İlkeler 2. Cilt, Bilim Yayınları, Ankara, 2015.
- Andruch, V., Halko, R., Tuček, J., & Płotka-Wasyłka, J. (2022). Application of deep eutectic solvents in atomic absorption spectrometry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 147, 116510.
- Gumus, Z.P., Soylak, M. (2021). Metal organic frameworks as nanomaterials for analysis of toxic metals in food and environmental applications. *Trends in Analytical Chemistry*, 143, 116417.
- Hineman, A. (2012). Determination of As, Se and Hg in Waters by Hydride Generation / Cold Vapor Atomic Absorption Spectroscopy. Perkin Elmer Application Note, Atomic Absorption.
- Mandal, S., Lahiri, S. (2022). A review on extraction, preconcentration and speciation of metal ions by sustainable cloud point extraction. *Microchemical Journal*, 175, 107150.
- Komendova, R. (2020). Recent advances in the preconcentration and determination of platinum group metals in environmental and biological samples. *Trends in Analytical Chemistry*, 122, 115708.



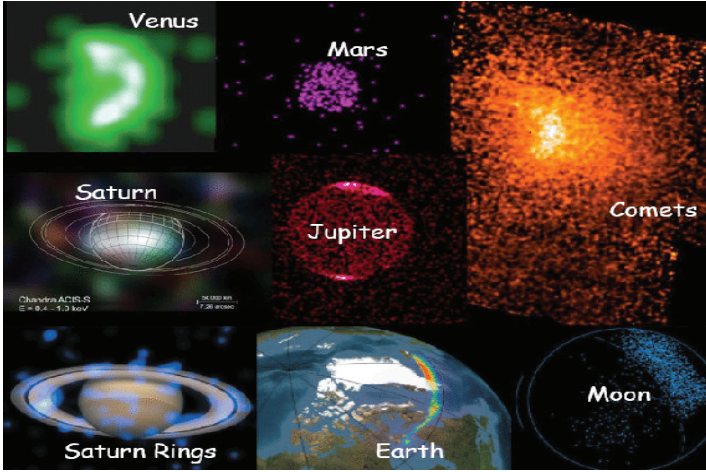
BÖLÜM 5

DÜNYA, AY VE URANÜS'ÜN YAYDIĞI X-IŞINLARI

E. Nihal Ercan¹

¹ Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümü

Bilim insanları Dünya'nın ötesinde yaşamın ipuçlarını aramaya devam ederken, evrenimizde canlı organizmaları tanımlayabildiğimiz, yaşamı destekleyen tek gezegen olmaya devam ediyor. Dünya, on binlerce yıldır insanlara ve daha birçok canlı türüne ev sahipliği yapmaktadır. Tarih boyunca birçok gezegen ve güneş sistemi keşfedildi fakat hiçbiri üzerinde yaşam oluşturabilecek atmosfer ve yer yüzü koşullarını sağlanamadı. Yaşadığımız Güneş sistemi hakkında bildiklerimiz sınırlı olmasıyla beraber, yapılan araştırmalar ve gözlemler sonucu birçok yeni bulgu ve bilgiye ulaşılmıştır. Bu çalışmada Güneş sistemimizde henüz keşfedilmiş tek yaşanılabilir gezegen olan Dünya ve neredeyse her akşam gördüğümüz Ay ve güneşten uzaklığı bakımından 7. Gezegen olan ve dönüş açısı bakımından bizleri hayrete düşüren Uranüs'ün genel bilgileri ile onların X-ışınları bölgesindeki gözlemlerini inceleyeceğiz. Öncelikle bahsi geçen gezegenlerin özelliklerinden bahsederek başlayalım.



Şekil 1. Gezegenlerin x- ışını imajları Bakınız.; https://www.researchgate.net/figure/Chandra-montage-of-X-ray-emissions-from-planetary-bodies_fig2_234976159

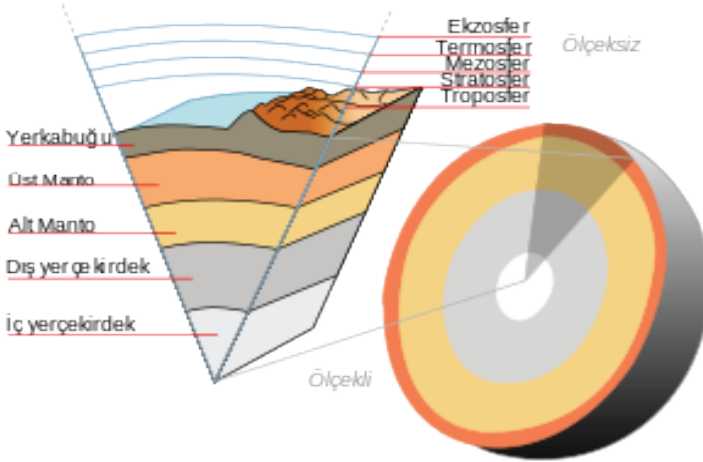
1. Dünya ve Ay:

Hakkında ne kadar çok bilgi sahibi olduğumuzu düşünsek de Dünya, Ay ve diğer birçok gezegen tarih boyunca milyonlarca gözlemler yapılarak gözlenmiş ve birçok bilgi edinilmiştir. Bu gözlemler çeşitli astrofizik ve astronomi yöntemleriyle yapılmıştır.

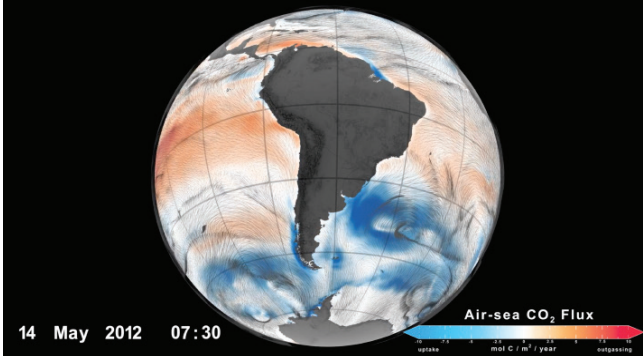


Şekil 2: Mavi bir mermer gibi uzaydan Dünya'nın görüntüsü, gezegenin kırılğanlığını ve Dünya'nın güzelliğini vurgular (NASA)

Dünyamız galaksimizdeki 3. Gezegen olmakla beraber 6,371 km yarıçapı ile güneş sistemimizdeki beşinci en büyük gezegeni ve en büyük karasal gezegendir. Kütlesi 5.97×10^{24} kg'lık kütleyle sahip Dünya, 5.514g/cm^3 yoğunluğu ile Güneş sistemindeki en yoğun gezegendir. Dünyanın 5 katmanı vardır, çekirdek, Piroster, Litosfer, Hidrosfer ve Atmosfer.



Şekil 3: Dünyanın Katmanları. (Bakınız https://tr.wikipedia.org/wiki/Dünya%27nin_dış_çekirdeği)



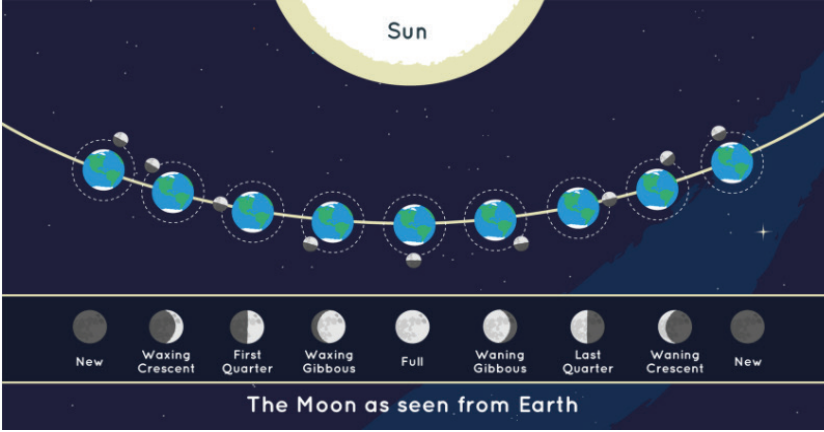
Şekil 4: Küresel Sıcaklıklar Neden Önemlidir – İklim Değişikliği: Gezegenin Hayati İşaretleri, Bakınız : <https://climate.nasa.gov/news/2865/a-degree-of-concern-why-global-temperatures-matter>)

% 70.8 'si su olan gezegenimizin büyük bir çoğunluğu okyanuslar, denizler, körfezler ve diğer tuzlu su kütlelerinden oluşmaktadır ve güneş sistemimizde yüzeyinde sıvı bulunan tek gezegendir. Evrenimizdeki gezegenler arasında insanların yaşamasına tek uygun olan gezegenimizin atmosferinin % 78'ini nitrojen, % 21'ini oksijen ve %1'ini karbondioksit, su buharı ve argon gibi diğer gazlardan oluşturmaktadır. Dünyamızın atmosferi bize nefes alınacak bir yer olması dışında, yüzeye yaklaşan meteoritlerin yeryüzüne gelmesini engellemektedir. Dünya'nın yüzey sıcaklığı -88°C ile 58°C arasında değişmektedir. Kendi eksenini etrafında batıdan doğuya dönen Dünya, bu dönüşüyle günleri oluşturmaktadır ve Güneş etrafındaki dönüşünü ile de yılları oluşturmaktadır. Bu dönüşler sırasıyla 24 saat ve 365 günde gerçekleşmektedir. Dünya'nın 23.4 derecelik eksen eğikliği sayesinde de mevsimler oluşmaktadır. Dünyanın yerçekimi $9,81\text{ m/s}^2$ dir ve bu yerçekiminden uzaydaki nesnelere ve özellikle Ay etkilenmektedir.



Şekil 5: Dünya ve Ay (NASA)

Ay dünyanın tek uydusudur ve 3475 km yarıçapı ile güneş sistemi-mizdeki 5. En büyük doğal uydusudur. Dünya ile Ay arası 384,400 km'dir ve Dünya ile Ay arasında oluşan kütle çekimi etkileşimi sayesinde, ay dünyanın etrafında sabit bir yörünge etrafında dönmektedir. Dünya ile Ay arasındaki bu çekim sayesinde gelgitler oluşmakta ve ayın dönüş hızı bu sıralarda yavaşlamaktadır.



Şekil 6: Ayın pozisyonu ve evreleri skalasız bir şekilde gösterilmektedir. (Bakınız NASA/JPL-Caltech, <https://moon.nasa.gov/moon-in-motion/moon-phases>)

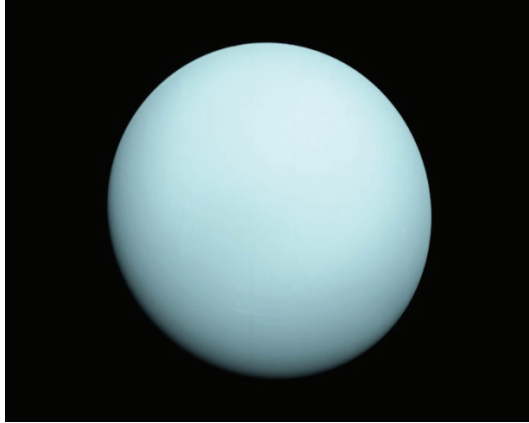
Ay Dünya'nın yörüngesinde dönüşünü 27 gün 7 saatte tamamlamakta ve Ay'ın evreleri 29,5 günde tamamlanmaktadır. Ay'ın yüzeyinin sıcaklığı -233°C ile 123°C arasında değişmektedir. Ay Dünyadan gözlemlendiğinde sadece bir yüzünü görmekteyiz peki neden?

Bunun sebebi ayın kendi eksenini etrafında dönüşü ile dünyanın etrafındaki dönüşünün birbirine çok yakın olmasıdır. Bu sebepten dolayı Dünyadan Ayın hep aynı yüzeyi gözükmemektedir. Geceleri bize ne kadar parlak görünse de güneş sistemindeki en az yansıtma oranı olan uydudur. Ay'ın yoğunluğu oldukça az bir atmosferi vardır, bu yüzden Ay'ın Güneş radyasyonlarını az bir şekilde emdiğini söyleyebiliriz bu yüzden de yansıtma oranı düşüktür. Atmosferin az oluşundan dolayı gelen meteorlara karşı kendini koruyamamaktadır. Dünyadaki cisimlerle karşılaştıracak olursak ayın yansıtma oranı kömürün yansıtması ile eş değerdir. Ay'ın manyetik alanı oldukça azdır ve bu nedenle dünyanın aksine güneşten gelen radyasyonları engelleyemediği için ayda yaşama hayalleri kurulamamaktadır, çünkü bu yüksek radyasyona sebep olmaktadır.



Şekil 7: NASA/NOAA DSCOVR uydusunun yakaladığı Temmuz 2016 yılına ait bir imaj (Bakınız : NASA/NOAA)

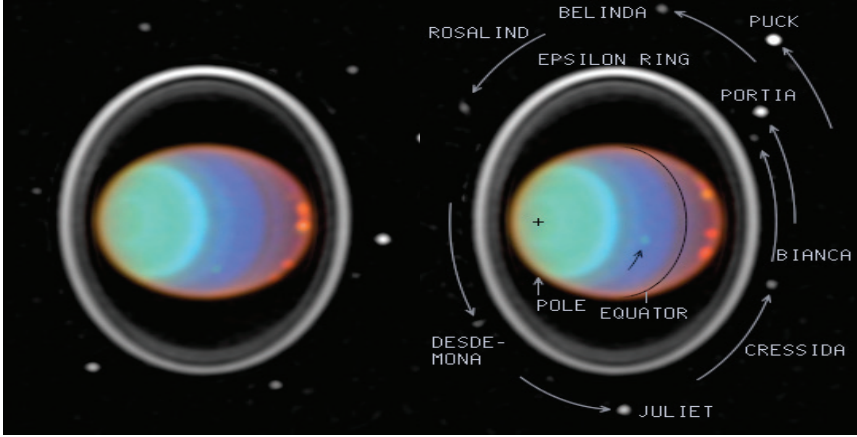
2. Uranüs:



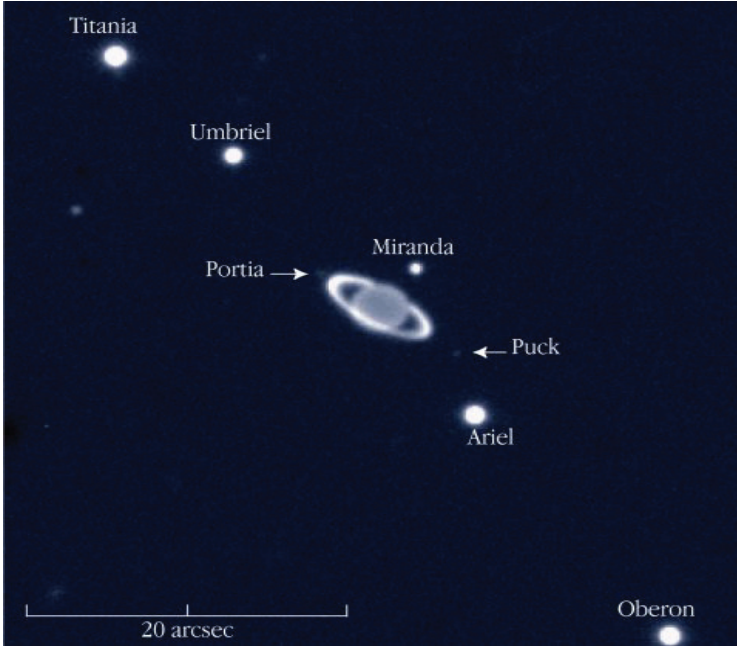
Şekil 8: Uranus'ün Voyager 2 ile 14 Ocak 1986 yılında 12.7 milyon km uzaklıktan alınmış bir imajı (Bakınız : NASA/JPL, <https://solarsystem.nasa.gov/planets/uranus/overview>)

Güneş Sistemimizdeki Jüpiter ve Satürn'den sonra en büyük üçüncü gezegen olan Uranüs, güneşten uzaklığı bakımından 7. gezegendir. 1781 yılında astronom William Herschel tarafından bir teleskopla keşfedildi ve teleskopla keşfedilen ilk gezegen oldu. Herschel gözlemlediği ilk zamanlarda Uranüs'ün bir kuyruklu yıldız olduğunu düşündü fakat, 2 yıl sonra gökbilimci Johann Elert Bode tarafından, evrensel olarak yeni bir gezegen olarak kabul edildi. Kaya ve buzlardan oluşan bir gezegendir ve, hidrojen ve helyum dan oluşan kalın bir atmosfere sahiptir. Gözlemler sonucu atmosferi mavi tonlarda olan Uranüs'ün atmosferinde bulunan az miktarda

ışığı emen metandan kaynaklandığı bulunmuştur. Uranüs'ü ziyaret eden tek uzay aracı Voyager 2 dir, ve yukarıdaki fotoğraf 1986'da Voyager 2 uzay aracı tarafından çekilmiştir.

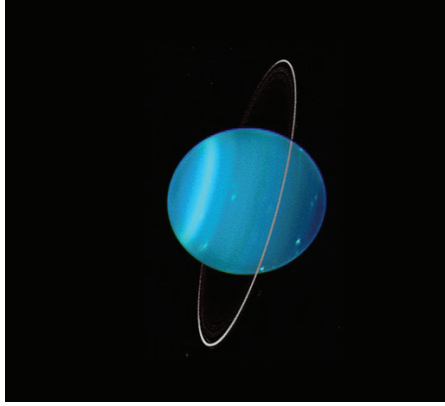


Şekil 9: Uranüsün ayları, halkaları (Bakınız E. Karkoschka (Univ. of Arizona), NASA, <https://apod.nasa.gov/apod/ap971126.html>)



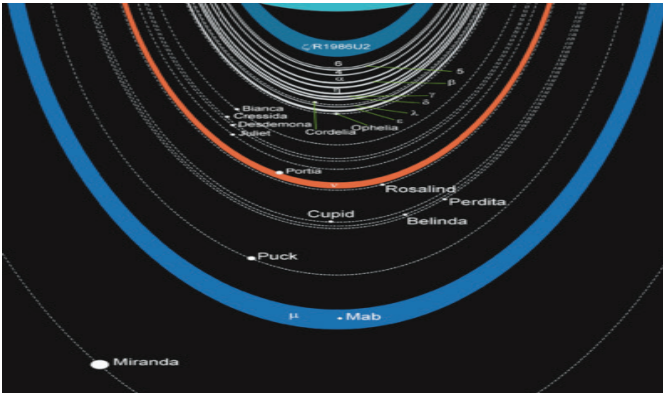
Şekil 10: Halkaları olan Uranüs (Bakınız: E. Lellouch, T. Encrenaz (Obs. Paris), J. Cuby, A. Jaunsen (ESO-Chile), VLT Antu, ESO, <https://apod.nasa.gov/apod/ap030115.html>)

27 uydusu olduğu bilinen Uranüs, Jüpiter ve Satürn'den sonra en fazla uydusu olan 3. Gezegendir ve en büyük bilinen uyduları Miranda, Umbriel, Ariel, Oberon ve Titania dır.



Şekil 11: Uranüsün görsel bölgede alınmış imajı ((Bakınız <https://chandra.harvard.edu/photo/2021/uranus/>)

Dünya'nın güneşe uzaklığından 19 kat daha uzakta olan Uranüs'ün 1 yılı 84 Dünya yılına denk gelirken, 1 günü 17 dünya yılıdır. Uranüs'ün eksen eğikliği yaklaşık 98 derece civarındır ve bu özelliğinden dolayı atmosferi ve mevsimlerinin etkilendiği düşünülmekte ve astronomik bir gizem olmaya devam etmektedir. Yüzey sıcaklığı ortalama $-197,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan Uranüs'ün kütlesi 8.682×10^{25} kg iken, Uranüs'ün yoğunluğu 1.27 g/cm^3 dür ve Güneş sistemimizde Jüpiter'den sonra en az yoğun gezegendir, tabi ki bunun nedeni Uranüs'ün yapısal özellikleridir. Güneş sistemindeki gezegenler incelendiğinde gezegenlerin manyetik alanlarının dönüşleri ile aynı hizada olduğu gözlemlenmektedir, fakat Uranüs'ün manyetik alanı dönüş eksenine göre 60 derece eğimlidir ve bundan dolayı Dünyadaki gibi aurolar kutuplarda değildir.

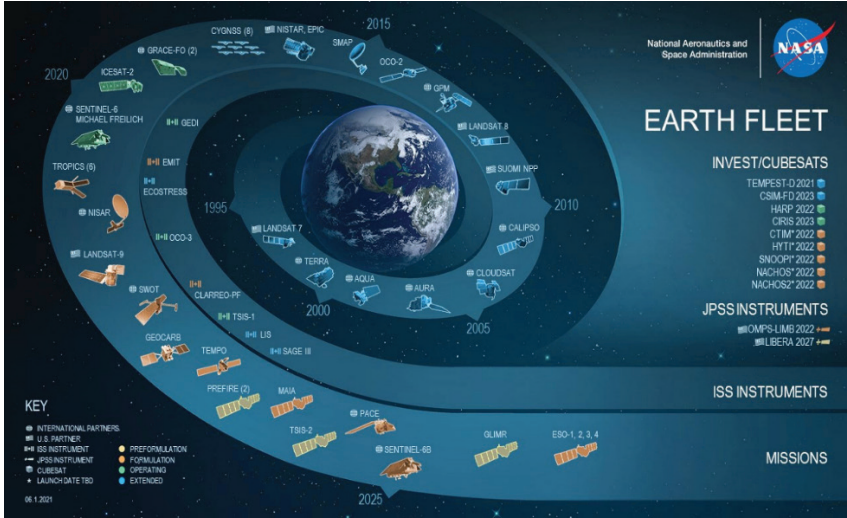


Şekil 12: Uranus 'ün halkaları, (Bakınız https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Uranus)

Güneş sistemimizde 3 gezegenin halkası vardır bunlar Satürn, Uranüs ve Neptün dür. 1978,1986 ve 2003-2005 yıllarında yapılan gözlemler sonucu Uranüs'ün 13 ayrı halkası olduğu keşfedilmiştir. Bu halkaların yaklaşık 600 milyon yıl önce uyduların ve gök cisimlerin çarpışması sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Uranüs'ün halkalarının kendinden yüzyıllar sonra keşfedilmesinin en önemli sebebi halkalarının ince yapısı ve parlak olmamasında kaynaklanmaktadır. (Daha fazla bilgi için Bakınız <https://www.nasa.gov/uranus>)

3. X-ışın yayınıımı:

X-Işını kullanım alanları denildiğinde ilk olarak akla gelen alan tıptır ve bu alanda kullanılan röntgen cihazları gelmektedir, fakat X-Işını Astronomide de kullanılmaktadır. Güneş Sistemi nesnelere çeşitli yollarla X-ışınları yaymaktadır, bunlar iyonlar ve nötr parçacıklar arasındaki yük değişim emisyonları, Güneş'ten gelen X-ışınları tarafından indüklenen floresan emisyonu, manyetosferlerdeki auroral aktiviteden kaynaklanan Bremsstrahlung emisyonları ve Güneş X-ışınlarının saçılması (Chandra solves lunar X-ray puzzle By Vanessa Thomas | Published: September 18, 2003). X-Işını Astronomisi sayesinde birçok uydudan, gezegenden veya gök cisiminden X-ışınları gözlenmekte ve bu sayede gözlemlenen nesne hakkında çeşitli çalışmalarda kullanılacak yüzey ve atmosferik kompozisyonların, manyetosferik ve Aurora dinamikleri ile enerji ve kütle taşınımı verileri toplanmaktadır. 1970 yılında uydu tabanlı X-ışını astronomisi, ilk X-ışın uydusu olan UHURU'yla birlikte başlamış oldu. 1990 yılından önce bilim insanları X-ışını yayan 4 nesne olduğunu düşünüyordu : Güneş, Dünya, Ay ve Jüpiter. 1996 yılında ROSAT uydusunun da çalışmaya başlamasıyla birlikte kuyruklu yıldızlardan gelen X-ışınları da kaydedildi ve bu da Güneş sistemimizin önemli bir alanını oluşturuyordu. Isınan maddeler X-ışını yaymaya başlar. Bu da astronomide ilk olarak Güneşin gözlemlenmesiyle başlamıştır, çünkü tahmin edildiği ve gözlemlendiği üzere güneş Güneş sistemimizde en büyük ışık ve ısı kaynağıdır ve ondan yayılan ışık ve ışınlar sayesinde uydular ve gezegenler X-ışını yaymaktadır. X-ışını gözlemlerken birçok faktöre dikkat etmek gerekir çünkü Güneş sisteminde birçok şeyden etkilenerek yayınıımı dağıtacak maddeler vardır. Bu maddelerden biri de atmosferdir, atmosfer ne kadar kalın ve X-ışınlarının emilimi ne kadar çoksa o gezegenin veya gök cisminin gözlemlenmesi zorlaşır. Dünyanın atmosferinin güçlü bir şekilde X-ışınlarını çekmesinden dolayı 1970 yılında bu radyasyonları toplamak için çeşitli uydular koyulmasıyla birçok X-ışını kaynağı galaksimizde keşfedilmiş oldu. Mesela nötron yıldızının güçlü yerçekimi alanından spiral çizgiler oluşmaya başlar ve bir disk oluştururlar, aşırı derecede ısınan bu yayınıım x-ışını göndermeye başlar ve bunla uydular tarafından daha kolay şekilde toplanmaktadır. (https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Observations_Seeing_in_X-ray_wavelength)



Şekil 13: (Bakınız, <https://science.nasa.gov/earth-science>)

Bu keşifle birlikte bilim insanları Güneş rüzgarlarının X-ışınımı üretiminde önemli bir yeri olduğuna ve bunun ilerideki çalışmalarda büyük önem taşıdığına vurgu yaptı ve yapılan gözlemlerde bu özelliği de göz önüne alarak çalışmaya devam ettiler. Bugün, Güneş sistemi X-ışınları astronomlarının ve astrofizikçilerinin ilgi alanıdır, çünkü bu alan oldukça dinamik ve yeni araştırmalara açık bir alandır. Gönderilen uyduların artması ve teknolojinin de gelişmesi sayesinde özellikle son on yılda Chandara ve X-ray Multi-Mirror Mission (XMM)- Newton X-ray gözlemevleri ve ardından yeni nesil SWIFT ve Suzaku gözlemevleri ile daha yüksek çözünürlüklü X-ışını spektroskopisinin ortaya çıkmasıyla hem Güneş sistemimiz içerisinde hem de dışında incelenen cisimlerden X-ışın yayılım verileri toplanmakta ve bu nesnelere hakkındaki bilgimiz önemli ölçüde iyileşmiş durumdadır. Bu bölümde sırayla Dünya, Ay ve Uranüs'ün X-ışınımını ile ilgili yapılan araştırmalara değinilecektir. Güneşten gelen ışınlar Dünya'ya ulaştığında, Dünya tarafından gelen ışığın enerjisi emilir, iletilir veya yansıtılır ve bir kısmı da soğurulur. Soğurulan bu enerji daha sonra çok düşük enerjili radyasyon olarak yeniden yansıtılır.

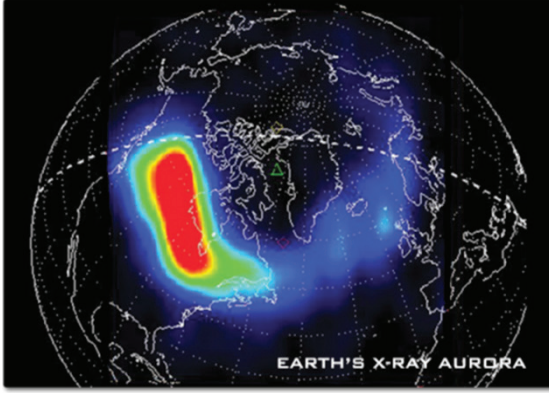


Şekil 14: (Bakınız :X- rays from the solar system, ESA, 2017)

Güneş sistemimizdeki Manyetosferi olan Jüpiter, Satürn ve Dünya'nın X-Işını yaydığı gözlemlenmektedir. Bunun dışında Güneş, Mars, Uranüs ve Ay'ın da X-Işını yaydığı bilinmektedir. Chandra X-Işın uydusu bu gezegenlerin gözlemlenmesinde büyük rol oynamıştır. Dünya'dan hem Auroal hem de Auroal olmayan X-Işını emisyonları gözlemlenmiştir (Bakınız : X-ray studies of solar system objects: past, present and the next decade, G. Branduardi-Raymont).

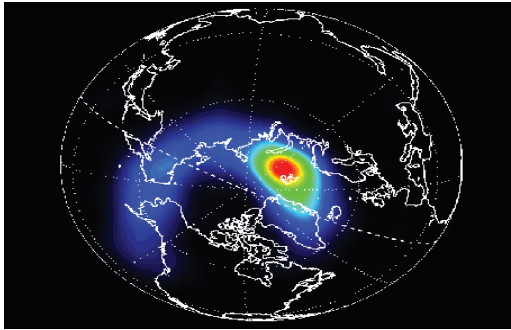
3.1. Dünya'dan Gelen X-Işınları

Dünya üzerinde oluşan ve gözlemlenen Auroal ışınlarının çoğu Güneşten gelen X-Işınları sayesinde üretilmektedir. Dünya üzerindeki X-Işını Aurora'sı genel olarak elektronlardan Bremsstrahlung yoluyla oluşmaktadır (Bakınız :X-ray studies of solar system objects: past, present and the next decade, G. Branduardi-Raymont), ve dünyanın ana X-ışını üretimi kutuplardaki auroral bölgelerden olmaktadır. Güneş üzerindeki güneş fırtınaları, enerji yüklü parçacıklardan oluşan bulutları Dünya'ya doğru fırlatılır. Bu yüksek enerjili parçacıklar, Dünya'nın manyetosferi tarafından süpürülebilir ve bazen bir aurora ile sonuçlanan jeomanyetik fırtınalar yaratabilir. Auroraya neden olan Güneş'ten gelen enerji yüklü parçacıklar, Dünya'nın manyetosferindeki elektronlara da enerji verir ve Dünya'nın manyetik alanı boyunca hareket eden bu elektronlar sonuç olarak Dünya'nın iyonosferine çarparak X-ışını yayımına neden olur.



Şekil 15: Polar uydusunda bulunan Polar İyonosferik X-ışını Görüntüleme Deneyi (PIXIE) cihazının bir x-ışını aurora görüntüsü bulunmaktadır. Bakınız https://science.nasa.gov/ems/11_xrays

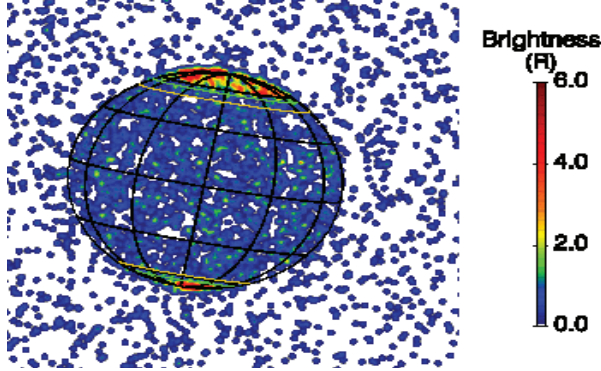
1950'lerde keşfedilen karasal X-ışınları tespit edilen ilk Dünya'nın X-ışınları olmuştur. O yıllardan sonra en yakın gökçismi olan Ay'dan X-ışınları tespit etmek için çalışmalar başlamış ama başarısız olmuştur, fakat yapılan araştırmalar sonucunda ilk Güneş dışı kaynağı olan Scorpius X-1, X-ışınları sayesinde tespit edilmiştir. 1970'lerin başında uzaya yollanan, Apollo 15 ve 16 misyonları sayesinde Ay'dan flüoresan olarak saçılan X-ışınlarını gözlemlendi ve incelendi. 1958 şubat ayında yapılan bir araştırmada balonlar ve roketler sayesinde auroral Bremsstrahlung 1960'tan beri gözlemlenirken uzay araçları sayesinde 1970'ten beri gözlemlenmektedir. 1967 yılında Dünyadan gelen fluorescent tarafından üretilen X-ray ışınları uzaya gönderilen bir roket tarafından yıldız X-ışın ölçümü yapılırken tesadüfen yüksek arka plan radyasyonu ilk kez gözlemlendi.



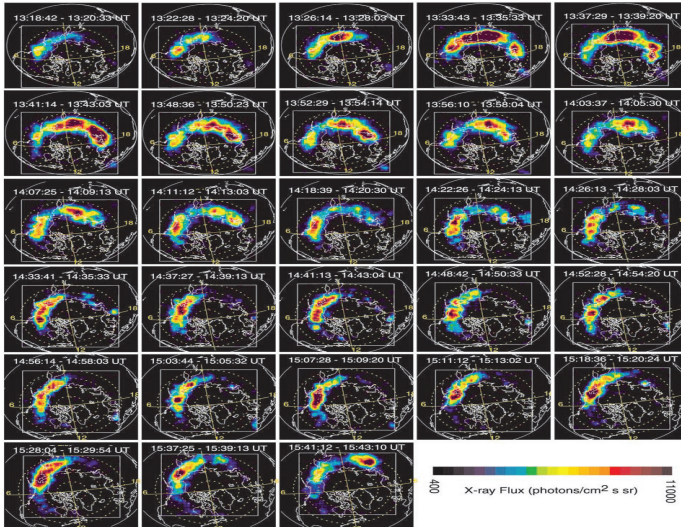
Şekil 16: (APOD: December 30, 1996 X-Ray Earth).

Şekil 16, 1996 yılında yörüngeye yollanan polar uydu tarafından mart ayında çekilmiştir. Parlak X-ışınları kırmızı ile gösterilmiştir ve Dünya'nın parıltama özelliğinden değil atmosferinin aurora üretmesinden

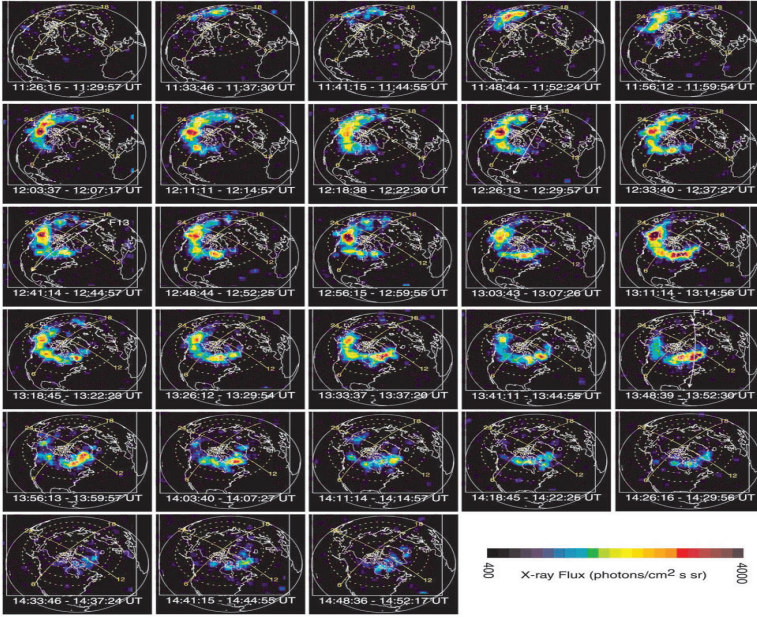
dolayı gözlemlenmektedir. Bu aororalar Güneşten gelen enerjik iyonlar sayesinde oluşur ve dünyanın manyetik alanı boyunca hareket ederek, iyonosferine çarpmasıyla X-Işını emisyonuna sebep olur(APOD: December 30, 1996 X-Ray Earth). 1997 Ocak ayında yapılan bir araştırmada auro-ra-bölgesi aktivitesini, Güneş rüzgarı dinamik basınç artışlarının doğru-dan bir yanıt olan küresel auroralara ve akım geliştirmelerinin bir kombinasyonunun hakim olduğu ve bunlar gibi kutupsal sınır yoğunlaşmalarının hakim olduğunu bulundu (Auroral disturbances during the January 10, 1997 magnetic storm).



Şekil 17: 18.12.200 tarihli Jüpiter'e ait Chandra uydusu verisi imajı 10 saatlik sürekli gözlem sonucunda elde edilmiştir. İmajda kuvvetli auroral X-ışın yayını üst bölgelerde tespit edilmiş ancak disk kısmında nispeten uniform bir yayının görülmektedir (yeşil çizgiler).



Şekil 18: Ekim 1998 imaj verileri



Şekil 19: Mayıs 1999 imajları

3.2. Ay'dan Gelen X- Işınları

Dünya'nın doğal uydusu olan Ay'ı çıplak gözle optik teleskoplarla ve X-Ray teleskoplarıyla gözlemlemek mümkündür. Uzayda en çok gözlemlenen ve hatta üzerine iniş yapılan gök cismi olmasına rağmen Ay hakkında hala birçok bilinmeyen vardır. Son zamanlarda Ay'ın bilinmeyenlerini gözlemlemek ve analiz etmek için Chandra X-Işını Gözlemevi tarafından farklı gözlemler ve veriler toplanmaktadır. 2001 yılında Jeremy Drake'in liderliğindeki ekip, Chandra'yı kullanarak, Ayın yüzeyindeki bileşenleri inceleyen araştırmalar yaparak, X-ışını Spektrumlarının neyden oluştuğunun listelenmesine yardımcı oldu. Yapılan araştırmalar sonucunda Ay yüzeyinde gözlemlenen X-Işınlınının, Ay'ın yüzeyine çarpan Güneş rüzgarlarının oluşturduğu floresan ışığına neden olduğu ortaya çıktı. Bir X-Işınının Ay yüzeyine çarpması ile Ay yüzeyindeki bir atom tarafından emilir ve X-Işını atomun iç kısmından bir elektrona çarpmasıyla atomu daha yüksek enerjili bir enerji düzeyine çıkartır. Flüoresan X-Işınları, yüzeydeki mineral türü veya diğer elementler hakkındaki mevcut elementler hakkında bize doğrudan bilgi vermektedir (Chandra: Feld Gude to X-ray Astronomy :: History of X-Ray Astronomy). Drake'in liderliğinde gerçekleştirilen bu çalışmada elde edilen verilerle o kadar çok bilgiye ulaşıldı ki proje lideri Drake "Altı geniş aralıklı Apollo iniş alanından ay örneklerine sahibiz, ancak Chandra ile uzaktan algılama çok daha geniş bir alanı kapsayabilir" diye açıklamada bulunmaktadır. Bunun yanı sıra Ay'a git-

mektense işleri dünyadan halledebilmenin daha uygun ve hızlı olması da büyük bir dezavantaj olduğuna dikkat çekmekte. Bu çalışma sonucunda Ay yüzeyinin büyük bir çoğunluğunun oksijen, silikon magnezyum ve alüminyum olduğu ortaya çıktı. Bu çalışmanın diğer bir adımı da Ay'ın büyük bir çarpışma ihtimali sonucu dünyadan kopması üzerine olacak ve Dünya'nın mantosundaki bu 4 elementin yoğunluğu karşılaştırılacak.

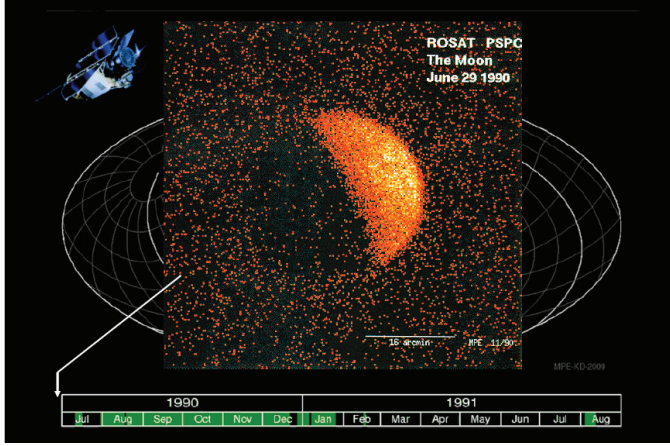
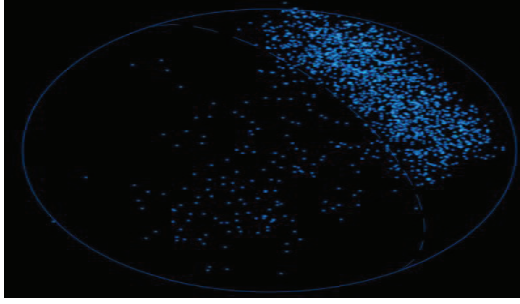


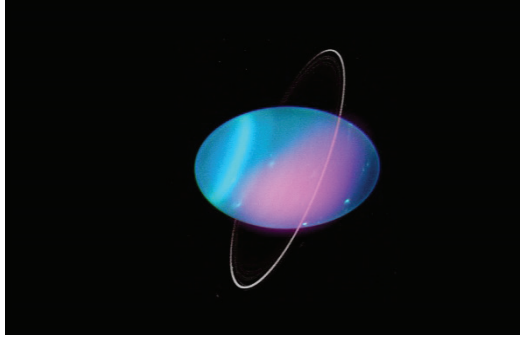
Fig 20: Bakınız (*x-rays from the solar system, esa, 2017*)

1990 yılında ROSAT uydusu sayesinde Ay gözlemlenmiştir. Bu gözlem sonucunda Ay'ın hem karanlık hem de aydınlık tarafından gelen X-Işınları haritalandı. Chandra 'da Ayın hem karanlık hem de aydınlık tarafından gelen X-Işınlarını gözlemlenmişti fakat Ay'ın karanlık tarafından gelen bu X-Işınlarının farklı bir yerden geldiğini ortaya koyuyor. Bu olayı ele alan bir başka araştırmacı olan Brad Wargelin ve arkadaşları bu radyasyonun, dünya atmosferinin dışına çarpan ve güneş rüzgarının çarptığı atomlardan geldiğine inanıyor. Ve şöyle diyor; "Gözlenen x-ışını spektrumu, x-ışınlarının yoğunluğu ve x-ışını yoğunluğunun zamanla değişimi, Chandra'nın içinden geçtiği, Dünya'nın genişletilmiş dış atmosferinden yayılan emisyonla açıklanabilir." (X-ray studies of solar system objects: past, present and the next decade G. Branduardi-Raymont1,*).



Şekil 21: Ay'ın parlak kısmının Chandra gözlemleri, X-ışınları Oksijen, magnezyum, alüminyum ve silikon atomlarından floresan ışıması yoluyla gelmektedir. (NASA)

3.3. Uranüs'ten gelen X-ışınları



Şekil 22: Uranüsün optik ve x-ışın ışıması (pembe renk) , bakınız https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/images/first-x-rays-from-uranus-discovered.html

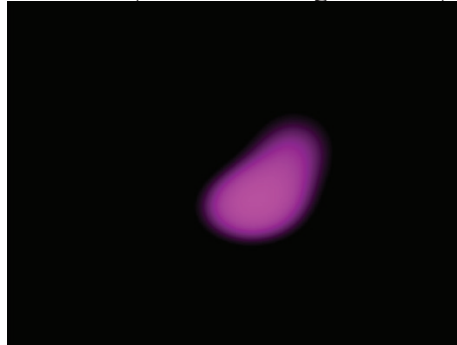
Uranüs'ün manyetosferi güneş sistemimizdeki diğer gezegenlerle karşılaştırıldığında düzensizdir. Normalde gezegenlerin manyetik alanları, dönüşü ile aynı hızdayken Uranüs'ün manyetik alanı dönüş eksenine göre 60 derece devriktir. Bu yüzden güneş sistemindeki diğer gezegenlerin Auroralarıyla karşılaştırıldığında kutuplarla aynı oranda değil orantısızdır. Güneşten gelen ışınlar sayesinde Uranüs'ün güneşe bakan yüzünde manyetofer kuyruğu oluşur ve bu kuyruk uzayın derinliklerine kadar uzanır ve X-ışınımı yayar. Uranüs'ten kaydedilen ilk X-ışınları NASA'nın Chandra X-ışını Gözlemevi kullanılarak 2021 yılında kayıtlara geçti. Birleşik Karalık'taki University College London üniversitesinden William Dunn liderliğindeki araştırmacılar, Chandra tarafından 2002 ve 2017 yılında yapılan gözlemleri göz önüne alarak Uranüs hakkındaki verilere daha yakından bakmaya karar verdiler ve gözlemleri başarılı oldu.

Bilim insanlarının merak konusu olan dev buz gezegeni hakkında Uranüs'ün etrafında uçarak bilgi toplayan Voyager 2 ve Chandra ve Hubble Uzay Teleskobu gibi Dünya'ya çok daha yakın teleskoplarla birçok bilgi toplanmış ve sonrasında daha da fazla bilgi edinileceği açıktır.



Şekil 23: https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/images/first-x-rays-from-uranus-discovered.html) Bakınız: (2017 HRC Composite Image :-NASA/CXO/University College London/W. Dunn et al; Optical: W.M. Keck Observatory)

X-ışınımının tespit edildiği çalışmada, araştırmacılar Uranüs'ten 2002'de ve ardından 2017'de toplanan Chandra gözlemlerini kullanarak X-ışınımını tespit ettiler. Bu çalışmaların ilk verileri açıkça X-ışınımını göstermektedir. Yıllar sonra, Ana grafik 2004 yılında başka bir çalışmadan elde edilen Keck-I Teleskopundan alınan bir optik görüntü üzerine bindirilmiş Uranüs'ün 2002'den (pembe renkte) bir Chandra X-ışını görüntüsünü göstermektedir. İkincisi, gezegeni olduğu gibi yaklaşık olarak aynı yönde göstermektedir. (2002 Chandra gözlemleri)



Şekil 24: Uranüs'ün X-ışınları (Bakınız <https://chandra.harvard.edu/photo/2021/uranus/>)

Bilim insanları Uranüs'ün X-ışınları yaymasının sebebinin Dünya'nın X-ışınımı yayınımla benzer olduğunu düşünüyor, çünkü Uranüs de Dünya gibi atmosfere sahiptir ve bu atmosferi Güneş tarafından gelen ışığı saçarak yayınımla yapmakta olduğu düşünülmektedir. Bu yeni çalışmada bilim insanları tespit edilen X-ışınlarının bazılarının belki de başka bir X-ışığı kaynağından saçılmadan gelmekte olduğunu düşünmekte ve eğer bu doğruysa Uranüs'ü anlamak ve bizi meraklandıran gizemini çözmek için yapılacak başka çalışmalara sebep olacağı benziyor. Uranüs'ün bir başka X-ışınları yaymasının sebebi ise bilim insanları tarafından tıpkı Satürn'ün halkalarında gözlemlendiği gibi halkalarından kaynaklandığı düşünülmekte. Ve bu halkalar tarafından bir yandan X-ışınımla yayılırken bir yandan da bu halkaların X-ışığı kaynağı oldukları düşünülmektedir. Uranüs'ün uzay ortamında bulunan elektronlar ve protonlar gibi yüklü parçacıklarla çevrili olduğu görülmüş ve, bu enerjik parçacıklar halkalarla çarpışırsa, halkaların X-ışınlarında parlamasına neden olabileceği ön görülmektedir. Diğer bir olasılık da X-ışınlarının bir kısmının tıpkı Dünya ve Jüpiter'de açık bir şekilde gözlemlendiği gibi Auroralardan gelmesidir. Uranüs'teki Auroralar da tıpkı yeryüzünde de gözlemlendiğimiz gibi yüksek enerjili parçacıkların atmosferle etkileşime girmesiyle meydana gelmektedir. Bilim insanları Dünya ve Jüpiter'den gözlemlenen Auroralara neyin neden olduğu konusunda fikir sahibiyken yapılan Uranüs X-ray gözlemleri yeni olduğu için henüz bu konu hakkında kesin bir kaniye ulaşılamamış fakat Chandra gözlemleri ile bu gizemi çözmeyi hedeflemektedirler. Tabi ki bu bilinmezlik Uranüs'ün dönüş ekseninin alışılmadık dışındadır olduğundan da kaynaklanmaktadır, çünkü Güneş sistemindeki diğer gezegenlerin dönüş ve manyetik alan eksenleri yörünge düzlemlerine neredeyse dik iken, Uranüs'ün dönüş eksenini Güneş etrafındaki yörüngesine neredeyse paraleldir. Ayrıca Uranüs yan yatarken, manyetik alanı farklı bir oranda eğilir ve gezegenin merkezinden uzaklaşır, bu da Auroralarının alışılmadık derecede karmaşık ve değişken olmasına neden olmaktadır. Bilim insanları Uranüs'ten gelen X-ışınlarının kaynakları belirlendiğinde, uzayda büyüyen kara delikler ve nötron yıldızları gibi daha egzotik nesnelerin nasıl X-ışınları yaydığını daha iyi anlayacaklarını düşünmekte ve ilerleyen zamanlarda bu alanlarda çeşitli çalışmalar yapacaklarını belirtmektedirler. Bakınız: https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/images/first-x-rays-from-uranus-discovered.html

4. Sonuç: 1950'lerin başından itibaren gökbilimciler ve bilim insanları X-ray astronomisine merak sarmış ve uya gönderilen uydular sayesinde birçok veriye ulaşmışlardır. Toplanan veriler incelendiğinde elde edilen bilgiler ışığında gezegenler uydular ve diğer gökcisimlerin hem atmosferleri hem manyetik alanları hem de yapısı hakkında birçok bilgi edinilmiştir. X-ışın astronomisi ilk uygulanmaya başladığında bilim insanları güneş

sistemimizi incelemeyi düşünmese de Uranüs’de gördüğümüz gibi bazı özellikleri bakımından diğer gök cisimlerine benzeme ihtimali düşünüldüğünde, güneş sistemimizi incelemek ve gezegenler hakkında toplanan veriler ile birlikte evreni anlamlaştırmak daha da kolay olacaktır.

Bu çalışmada öğrencim Elifnaz Toktaş araştırma –kaynak taramada yardımcı olmuş olup kendisine gayreti için teşekkür ederim.

KAYNAKLAR:

- 1:(Gezegenlerin x-ray ışınımları, https://www.researchgate.net/figure/Chandra-montage-of-X-ray-emissions-from-planetary-bodies_fig2_234976159)
- 2: (Mavi bir mermer gibi uzayda Dünya'nın görüntüsü, gezegenin kırılma gücünü ve Dünya'nın güzelliğini vurgular (Resim kredisi: NASA))
- 3: (Dünyanın Katmanları,https://tr.wikipedia.org/wiki/Dünya%27nın_dış_çekirdeği)
- 4: (Bir Derece Endişe: Küresel Sıcaklıklar Neden Önemlidir – İklim Değişikliği: Gezegenin Hayati İşaretleri, <https://climate.nasa.gov/news/2865/a-degree-of-concern-why-global-temperatures-matter/>)
- 5: (Dünya ve Ay)NASA
- 6: (This graphic shows the position of the Moon and the Sun during each of the Moon's phases and the Moon as it appears from Earth during each phase. Not to scale. Credit: NASA/JPL-Caltech, <https://moon.nasa.gov/moon-in-motion/moon-phases/>)
- 7: (The NASA/NOAA DSCOVR spacecraft captured this view of the moon crossing Earth's face in July 2016. (Image credit: NASA/NOAA))
- 8: (an image of the planet Uranus taken by the spacecraft Voyager 2 on January 14th 1986 from a distance of approximately 7.8 million miles (12.7 million km). Image Credit: NASA/JPL, <https://solarsystem.nasa.gov/planets/uranus/overview/>)
- 9: (Uranian Moons, Rings, And Clouds,Credit: E. Karkoschka (Univ. of Arizona), NASA,<https://apod.nasa.gov/apod/ap971126.html>)
- 10: (Ringed Planet Uranus,Credit: E. Lellouch, T. Encrenaz (Obs. Paris), J. Cuby , A. Jaussen (ESO-Chile), VLT Antu, ESO, <https://apod.nasa.gov/apod/ap030115.html>)
- 11: (optical observation of Uranus, <https://chandra.harvard.edu/photo/2021/uranus/>)
- 12: (Uranus'ün halkaları, https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Uranus)
- 13: (Görevler, <https://science.nasa.gov/earth-science>)
- 14: (x ray from the solar system,esa, 2017)
- 15: (Polar uydusunda bulunan Polar İyonosferik X-ışını Görüntüleme Deneyi (PIXIE) cihazının bir x-ışını aurora görüntüsü bulunmaktadır., https://science.nasa.gov/ems/11_xrays)
- 16: (*APOD: December 30, 1996 X-Ray Earth*).
- 17: (Chandra X-ray image of Jupiter on 18 December 2000 generated from 10 hr of continuous observations²⁵. A jovicentric graticule with 300 intervals is overplotted, along with the L=5.9 (orange lines) and L=30 (green lines)

footprints of the magnetic field model. The image shows strong auroral X-ray emissions from high latitudes and rather uniform emissions from the disk.)

18: Ekim 1998 verileri NASA

19: Mayıs,1999 NASA

20: (x ray from the solar system,esa, 2017)

21:The Chandra observations of the bright portion of the moon detected x rays from oxygen, magnesium, aluminum, and silicon atoms. The x rays are produced by fluorescence when solar x rays bombard the moon's surface. The dashed line shows the moon's terminator when atoms in the foreground.the observations were made. X rays detected in the dark region of the moon are actually from) (Chandra solves lunar X-ray puzzle By Vanessa Thomas | Published: September 18, 2003).

22: (optical image of uranus overlaid with X-ray observation in pink, https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/images/first-x-rays-from-uranus-discovered.html)

23: (optical image of uranus overlaid with X-ray observation in pink, https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/images/first-x-rays-from-uranus-discovered.html)(2017 HRC Composite Image (Credit: X-ray: NASA/CXO/University College London/W. Dunn et al; Optical: W.M. Keck Observatory)

24: X-Rays of Uranus, <https://chandra.harvard.edu/photo/2021/uranus/>

**KEBAN BARAJ GÖLÜ KOÇKALE AVLAK
SAHASINDAN YAKALANAN KEREVİT
(*ASTACUS LEPTODACTYLUS* ESCH., 1823)'LERİN
ÜREME DÖNEMİNDEKİ MORFOMETRİK
ÖZELLİKLERİ VE HEPATOSOMATİK İNDEKS
(HSİ) DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ¹**

Ercan ŞAHİN²

Önder AKSU³

Filiz KUTLUYER KOCABAŞ⁴

1 Not: Yüksek lisans öğrencisi Ercan ŞAHİN'in YÖK Başkanlığı 606784 numaralı tezinden özetlenmiştir ve Bu çalışma Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: YLMUB018-16.

2 Munzur Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi, Tunceli, Türkiye, ercansahin626262@gmail.com

3 Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye, onderaksu@munzur.edu.tr, Orcid: 0000-0003-3735-6732

4 Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye, filizkutluy@hotmai.com, Orcid: 0000-0001-8334-5802

1. GİRİŞ

Ekonomik krustaselerden olan tatlı su istakozları (kerevit) Arthropoda (eklembacaklılar) filumunun Crustacea (kabuklular) sınıfının Decapoda (onayaklılar) takımında toplanırlar (Atay, 1997; Kumlu, 1998). Tatlı su istakozunun birçok ülkede sevilerek tüketilmesi nedeniyle, ekonomik değeri her geçen gün yükselmiştir. Diğer taraftan bilinçsiz avlanma, sulardaki kirlenme ve son yıllarda etkili olan kerevit vebası (*Aphanomyces astaci* Schikora) nedeniyle doğal stokların hızla azalması, bu ürünün verimini artırmak için tatlı su istakozu kültürünün yapılmasını zorunlu kılmıştır (Köksal, 1988; Aydın, 1992).

Astacus leptodactylus, yetiştiricilik ve ekonomik potansiyeli ile tüketici talebinden dolayı özellikle Avrupa'da önemli kerevit türlerinden biridir (Harlıoğlu ve Holdich, 2001; Wickins ve Lee, 2002; Harlıoğlu ve ark., 2011). Son yıllarda, *A. leptodactylus* ülkemizde önceden kerevit vebasından dolayı zarar gören popülasyonları yerine getirmek için farklı su kaynaklarında stoklama çalışmaları yapılmaktadır (Harlıoğlu, 2008).

A. leptodactylus diğer Avrupa kerevit türleri gibi soğuk suda yaşayan bir türdür. Çoğalma sonbaharda su sıcaklığının düşmesi ile başlar.

Ekonomik değeri yüksek ve karakteristik olarak uzun kıskaçlara sahip olan *A. leptodactylus* ülkemizde farklı adlarla (Türk kereviti, galicia, bataklık ya da göl istakozu) adlandırılır (Köksal, 1988). Günümüze kadar yapılan çalışmalarda ülkemizde 2 alttürü (*Astacus leptodactylus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 ve *Astacus leptodactylus salinus* Nordman, 1824) rapor edilmiştir (Geldiay ve Kocataş, 1970).

Göl, gölet, nehir, akıntılı ve bol kalkerli sular gibi farklı su kaynaklarında, bataklık alanlarda, çakıllı alanların diplerinde, sığ çamurların içinde, yassı taşların altlarında yaşamaktadırlar (Geldiay ve Geldiay, 1978; Timur ve ark., 1993).

Genel olarak yağ yeşili renge sahip olan ve bazen üzerinde beneklenmeler görünebilen türün rengi ortama (göl veya akarsuyun zemin yapısı, bitki yapısı) göre oldukça değişkenlik göstermektedir.

A. leptodactylus, Polonya, Doğu Almanya, Türkmenistan ve Fransa'da Doğu Avrupa'da özellikle Rusya, Ukrayna, İran, Belarus, Kazakistan, Bulgaristan, Slovakya, Romanya, Macaristan ve Türkiye'de farklı su kaynaklarında dağılım göstermektedir (Brodsky, 1974).

Omnivor olan kerevitler, bitkisel ve hayvansal maddeler ile balık ve diğer küçük su canlılarıyla da beslenmekte ve beslenme tercihleri mevsim ve yaşa göre farklılık göstermektedir (Erdem, 1993). Yavru dönemlerinde fitoplankton ve zooplankton ağırlıklı beslenirken, erişkin dönemlerinde

bazı su bitkileri, balık larvalarını, suda yaşayan veya suya düşmüş böcekleri, su farelerini, yumuşakça, kurbağa ve balık yumurtalarını tüketirler (Erdem, 1993). Su sıcaklığı beslenmeyi etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Özellikle su sıcaklığı 10°C altına düştüğü zamanlarda beslenmenin durduğu gözlenmiştir.

Ayrı eşeyli olan ve dış döllenme ile üreyen kerevitlerin erkek ve dişi bireyleri üçüncü yıllarında cinsel olgunluğa ulaşmaktadır (Harlıoğlu, 1996). Ovaryum ve testisler midenin altında yer alır. Ülkemizin doğusunda Aralık ayından sonra kerevitlerde çiftleşme ve yumurtlaması meydana gelirken, batısında su sıcaklığı 7-12°C'de Ekim ve Kasım aylarında görülmektedir (Köksal, 1988; Harlıoğlu, 1999a). Çiftleşme sırasında vas deferens ile spermatoforlar halinde paketlenen sperm kütleleri, erkekten dişiye aktararak yumurtalar döllenir ve sonra serbest kalır (Holdich, 2002). Kış ve ilkbahar boyunca yumurtaların kuluçka süresi devam eder. Sıcak iklimlerde yumurtalı dişiler yumurtalarını 5-6 ay taşıırken, soğuk iklimlerde ise taşıma süresi 6 ile 8 ay arasında değişmektedir (Köksal, 1988; Harlıoğlu, 2000).

Kerevitlerin çiftleşme ve yumurta bırakma döneminde vücut yapılarındaki bazı değişimler üreme dönemleri hakkında bize bilgi vermektedir. Özellikle yumurtaların geliştiği kerevitlerde hepato-pankreas ve ovaryumun ağırlıklarında farklılıklar meydana gelmektedir (Lindqvist ve Louekari, 1975; Lindqvist ve Lahti, 1983; McRae ve Mitchell, 1996; Lindqvist ve ark., 1999). Hepatopankreas, sindirim enzimlerinin (proteinaz, lipaz vs.) üretildiği, çeşitli sentezlerin yapıldığı ve fazla miktarda alınan besinlerin, bazı ağır metal ve kalsiyumun depolandığı yerdir.

Hepatopankreas kerevitlerin karaciğeri olarak isimlendirilir ve krus-taselerin buldukları fizyolojik şartların belirlenmesinde oldukça önemlidir (Lahti, 1988; McRae ve Mitchell, 1996; Lindqvist ve ark., 1999). Ovaryum (yumurtalık) ise dişinin yumurtalarını meydana getiren eşey organıdır (Karol ve ark., 1998). Yumurtaların geliştiği dönemde besinler hepatopankreasdan ovaryuma transfer edilir ve üreme döneminde ovaryumdaki ağırlık artışı hepatopankreasdaki ağırlık azalışına sebep olabilir (Lindqvist ve Lahti, 1983; Lindqvist ve ark., 1999).

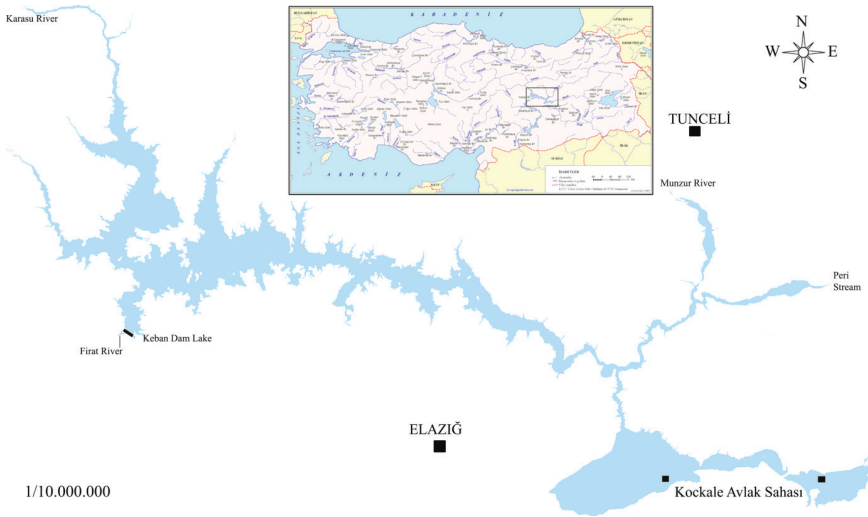
Günümüze kadar kerevitler ile ilgili populasyonlarının dağılışı ve taksonomik tespiti (Geldiay ve Kocataş 1970; Karabatak ve Tüzün, 1989), vücut bölümleri (Köksal, 1980), yapay üretimi (Balık ve Ustaoglu, 1983), yumurtaları ile embriyonik ve post embriyonik gelişme dönemleri (Köksal, 1988), av verimliliği (İşmen, 1988; Harlıoğlu, 1999b), hastalık durumları ve kerevit vebası (Seçer ve Özkul, 1988; Baran ve Soylu, 1989; Timur, 1990; Erdem, 1993), boy ve ağırlıklara göre et verimi, abdomen ve kelipet et oranları (Harlıoğlu, 1999a; Bolat, 1996; Bolat, 2001; Harlıoğlu ve Holdi-

ch, 2001; Aksu ve Harlıoğlu, 2016; Aksu ve Kaya, 2017), biyo-ekolojik ve morfometrik özellikleri (Çevik ve Tekelioğlu, 1997; Aksu ve Kaya, 2017), üretim, yetiştiricilik ve pazarlama durumu (Dagaro ve ark., 1998), popülasyonların hayat döngüsü (Stucki, 1999), dişi bireyler ile yumurta boyları arasındaki ilişkiler (Duman ve Gürel, 2000; Harlıoğlu ve Türkgülü, 2000), yumurta inkübasyon süresi, yaşama oranı büyüme ve et-besin içeriği üzerine sıcaklık, göz sapı kesimi ve stoklama yoğunluğunun etkileri (Sağlamtimur, 2002), potansiyel yumurta verimliliği (Harlıoğlu ve ark., 2004) ile ilgili çalışmalar yapılmıştır.

Üreme döneminde kerevitlerin hepatopankreas ağırlığı ve hepatosomatik indeks (HSI) değerlerinin incelenmesi üzerine Türkiye’de mevcut çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma bu anlamda literatüre veri kazandıracığı gibi Keban Baraj Gölü’nde yaşayan kerevitlerin mevcut durumlarını da ortaya çıkarması anlamında önemli bir çalışma olarak yüksek lisans tez projesi olarak yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışma Keban Baraj Gölü Koçkale avlak sahasından (Şekil 2.1) elde edilen örneklerle gerçekleştirilmiştir. Kerevitler üreme dönemi başlangıcı, üreme dönemi ortası ve üreme dönemi sonunda pinterlerle avlanmıştır.



Şekil 2.1. Keban Baraj Gölü Koçkale avlak sahası (URL-1, 2017; URL-2, 2017).

Çalışmanın ana materyalini Keban Baraj Gölü’nde yaşayan olgun kerevitler (n=30), *A. leptodactylus* oluşturmuştur.

Laboratuvara getirilen kerevitlerin karapaks uzunlukları, kıskaç boy ve genişliği, abdomen boyu ve genişliği kumpasla ölçülmüş (Şekil 2.2)

ve ağırlıkları 0,01 g duyarlı hassas terazi ile tartılmıştır. Bireylerde eşey ayrımı yapılmıştır.



Şekil 2.2. Kerevitlerde morfometrik ölçümler (Orjinal).

Kerevitlerin boy-ağırlık ilişkisi regresyon denklemleri ile büyüme sabitlerinin hesaplanmasında $W=aL^b$ (Le Cren 1951; Ricker, 1973) üssel doğrusal ilişki modelinin $\text{Log}W=\text{Log} a + b\text{Log} L$ şeklindeki doğrusal denklemden yararlanılarak tam logaritmik ilişki modeli kullanılmıştır (Atay, 1989). Boy-ağırlık ilişkisi, toplam boy-canlı ağırlık (TL-W) arasındaki ilişki yönünden incelenmiştir ve yakalanan bireylerin boy ve eşey grupları ile regresyon denklemleri, eğrileri ve korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

Kerevitler -20°C 'de 20 dakika boyunca bekletilerek anestezi edilmiştir. Daha sonra, kerevitlere diseksiyon uygulanmış ve karapaksları uzaklaştırılmıştır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Kerevitlere diseksiyon işlemi uygulanması (Orjinal).

HSI değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$\text{Hepatosomatik İndeks (HSI)} = \frac{\text{Hepatopankreas ağırlığı}}{\text{Vücut ağırlığı}} \times 100$$

Hepatopankreaslar diseksiyon yöntemiyle ayrılmış ve tartılmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Hepatopankreasın ayrılıp tartılması (Orjinal).

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde EXCEL ve SPSS 24.0 programı kullanılmıştır. Üreme dönemi başlangıcı ve üreme dönemi sonunda elde edilen örneklerin antioksidan durumları ile ilgili verilerin değerlendirilmesi $P<0.05$ güven aralığında t-testi ile yapılmıştır.

3. BULGULAR

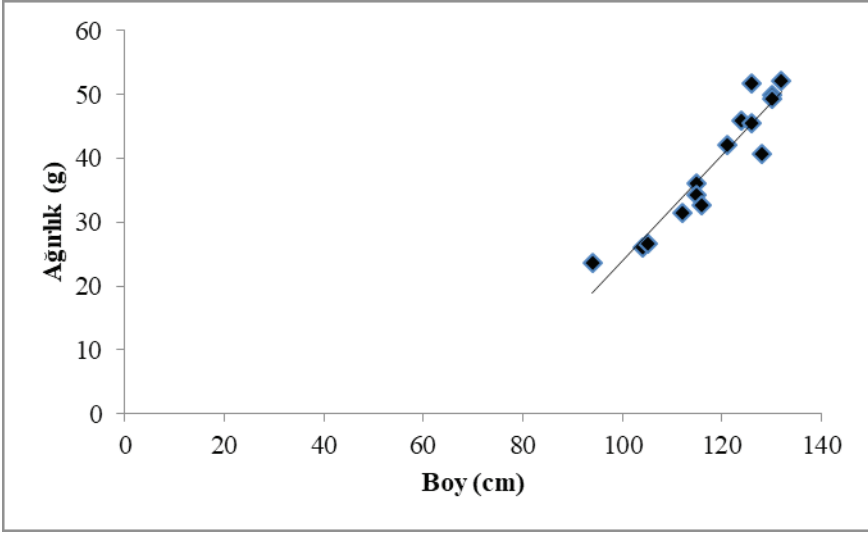
3.1. Morfometrik özellikler

Dişi ve erkek vücut kısımlarına ait değerler Tablo 3.1’de sunulmuştur. Erkek bireyler daha büyük karapaks boyu ve genişliği, abdomen boyu, kısaç boyu ve genişliği ile ağırlık değerlerine sahiptir. Ancak bu farklılık istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$). Dişi bireyler ise erkek bireylere göre daha büyük abdomen genişliğine sahiptir.

Tablo 3.1. Koçkale avlak sahasından yakalanan *A. leptodactylus*’un bazı morfolojik özellikleri

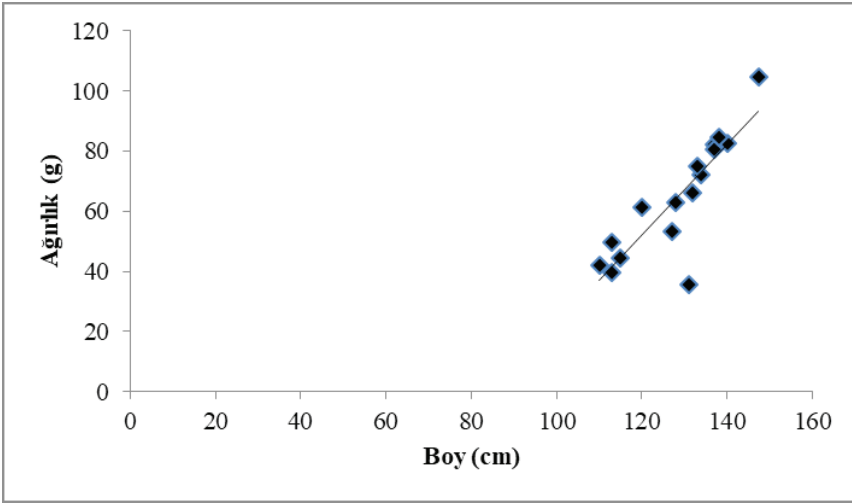
	Cinsiyet	N	Min.	Max.	Ortalama	SD
Karapaks boyu	(♀)	15	46	65	56,40	5,70
	(♂)	15	55	74	63,75	6,12
	(♀♂)	30	46	74	60,19	6,92
Karapaks genişliği	(♀)	15	25	32	28,87	2,67
	(♂)	15	28	38	33,49	3,31
	(♀♂)	30	25	38	31,25	3,78
Abdomen boyu	(♀)	15	48	69	62,13	5,91
	(♂)	15	55	73	64,71	5,35
	(♀♂)	30	48	73	63,46	5,69
Abdomen genişliği	(♀)	15	27	41	32,60	4,10
	(♂)	15	24	38	28,35	3,50
	(♀♂)	30	24	41	30,41	4,31
Kısaç boyu	(♀)	15	27	49	38,87	6,06
	(♂)	15	48	82	63,36	10,62
	(♀♂)	30	27	82	51,51	15,11
Kısaç genişliği	(♀)	15	11	18	15,40	1,88
	(♂)	15	17	29	21,87	3,68
	(♀♂)	30	11	29	18,74	4,38
Ağırlık	(♀)	15	23,60	52,20	39,21	9,83
	(♂)	15	35,50	104,54	64,76	19,66
	(♀♂)	30	23,60	104,54	52,40	20,17

Dişi bireylere ait boy ile ağırlık arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur ($r^2=0,891$) (Şekil 3.1).



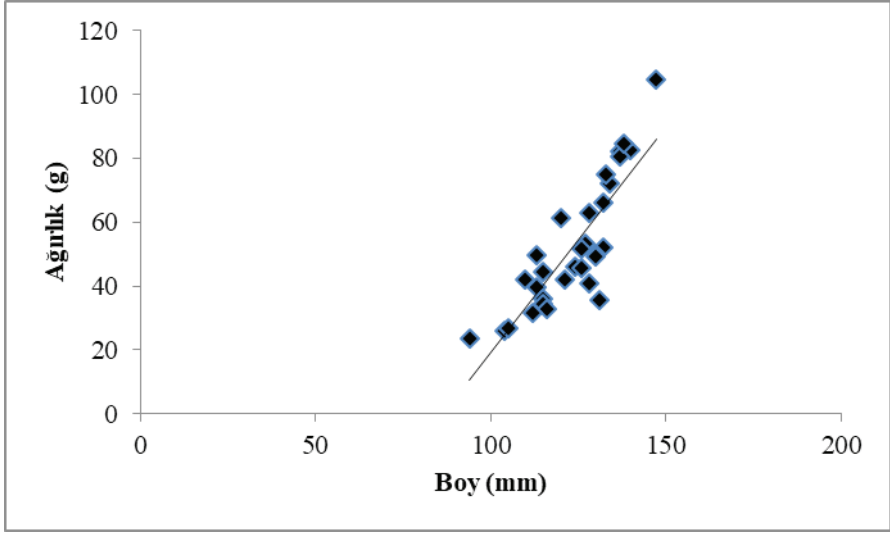
Şekil 3.1. Dişi bireylere ait boy-ağırlık grafiği

Erkek bireylere ait boy ile ağırlık arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur ($r^2=0,726$) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Erkek bireylere ait boy-ağırlık grafiği

Tüm bireylere ait boy ile ağırlık arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur ($r^2=0,723$) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Tüm bireylere ait boy-ağırlık grafiği

3.2. Hepatosomatik İndeks (HSI)

Araştırmada incelenen kerevitlerin HSI değerleri ve cinsiyetlere göre dağılımları Tablo 3.2’te sunulmuştur. Ortalama HSI değerleri dişi bireylerde (♀), erkek bireylerde (♂) ve tüm bireylerde sırasıyla $3,07 \pm 1,09$, $4,24 \pm 0,59$ ve $3,65 \pm 1,04$ olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.2. *A. leptodactylus*’un cinsiyete göre ortalama HSI değerleri ve dağılımları

	Cinsiyet	N	Min.	Max.	Ortalama	SD
HSI	(♀)	15	1,74	6,37	3,07	1,09
	(♂)	15	3,77	5,15	4,24	0,59
	(♀♂)	30	1,74	6,37	3,65	1,04

4. TARTIŞMA

Astacidae familyasına ait ülkemizin doğal türü olan *A. leptodactylus*’un büyüme ve morfolojik özellikleriyle ilgili günümüze kadar çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Ülkemizdeki farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki boy-ağırlık değerleri ile bu çalışmada elde edilen değerler Tablo 4.1’de karşılaştırılmıştır. Boy ve ağırlık ile ilgili değerler önceki çalışmalardan farklıdır. Bu farklılıkların, avlanma dönemi ve habitatın kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 4.1. Ülkemizde kerevitlerin boy-ağırlıkları ile ilgili farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalar

Araştırmacı	Su Kaynağı	Eşey	TB±SH	TA±SH
Köksal, 1980	Eğirdir	♂	101,06±1,221	29,57±1,348
		♀	101,17±0,980	24,95±0,784
Erdemli, 1983	Eğirdir	♂	103,02±2,177	32,05±2,209
		♀	96,30±2,182	30,65±2,201
Erdemli, 1987	Hotamış	♂	109,92±2,313	35,41±2,316
		♀	98,90±2,303	32,18±2,205
	Mamasın	♂	116,72±2,319	42,19±2,516
		♀	103,74±2,298	35,24±2,418
Karabatak ve Tüzün, 1989	Mogan	♂	105,44±17,30	36,98±19,65
		♀	104,45±17,09	31,92±15,43
Kuşat ve Bolat, 1995	Eğirdir	♂	107,21±26,12	52,91±37,54
		♀	92,67±22,85	29,18±20,04
Güner ve Balık, 2002	Işıklı	♂	99,75±1,576	32,88±1,689
		♀	104,36±1,259	31,72±1,114
Erdem ve ark., 2001	İznik	♂	99,30±2,810	30,99±2,320
		♀	101,11±2,430	28,59±1,578
Balık ve ark., 2005	Demirköprü	♂	90,18±0,832	25,43±0,798
		♀	92,88±1,041	24,19±0,811
Harlıoğlu ve Harlıoğlu, 2005	Eğirdir	♂	101,81±4,15	49,94±2,21
		♀	103,29±7,08	48,93±3,38
	İznik	♂	100,47±6,70	49,13±3,34
		♀	104,54±7,22	49,23±3,42
	Hirfanlı	♂	104,76±5,41	50,59±2,26
		♀	105,93±4,86	50,64±2,27
Berber ve Balık, 2006	Manyas	♂	82,12±0,559	19,57±0,565
		♀	89,07±1,142	21,85±0,736
Yüksel ve Duman, 2011	Keban	♂	93±0,01	28,7±0,20
		♀	93±0,01	24,0±0,15
Kaya, 2015	Eğirdir	♂	106,48±0,424	42,44±0,577
		♀	106,07±0,519	37,25±0,554
Bu Çalışma	Keban	♂	128,46±11,17	64,76±19,66
		♀	118,53±11,19	39,21±9,83

Öz (2008), tarafından kültür şartlarındaki tatlı su istakozlarının (*A. leptodactylus* esch., 1823) yumurtalı ve yavrulu dönemlerindeki abdomen, hepatopankreas ve ovaryum ağırlığı, GSİ ve HSI değerlerinin incelenmesi üzerine olan çalışmada yumurtalı dönemde ve yumurtaların açıldığı dönemde hepatopankreasın (sırasıyla 0,76±0,05 g, 0,73±0,05 g) ağırlığında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılığa rastlanılmamış ve her iki dönemdeki HSI değerinde (yumurtalı dönem=%2,40±0,16, yavrulu dönem= %2,14±0,16) istatistiksel açıdan önemli derecede farklılığa rastlanılmamıştır.

Farhadi ve Harlıoğlu (2019), *A. leptodactylus* üzerinde yaptıkları çalışmada üreme olmayan dönemde (yaz) üreme mevsimlerine (sonbahar ve kış) göre daha fazla HSI oranı gözlemlemişlerdir ($P < 0.05$). HSI, Ağustos ayında maksimum değere (6.1 ± 0.2) ulaşmıştır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular diğer araştırmacıların bulgularıyla rakamsal olarak tam anlamıyla örtüşmese de, üreme dönemlerinde düşük olması anlamında uyumludur. Rakamsal farklılıklar örneklerin alımı veya bekletilmesi aşamasında metod farklılıklarından kaynaklanabilir.

KAYNAKLAR

- Aksu, Ö., Harlioğlu, M.M.,** 2016. *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823)'un Doğal Ortamına Barınak Yerleştirmenin Hasada Etkisi. *Ecological Life Sciences*, 11(2): 1-10.
- Aksu, Ö., Kaya, G.K.,** 2017. Aktaş Gölü (Ardahan, Türkiye) kerevitlerinin (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz, 1823) ağırlık uzunluk ilişkisi ve et verimi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (2): 283-295
- Atay, D.,** 1989. Populasyon Dinamiği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 306s.
- Atay, D.,** 1997. Kabuklu su ürünleri ve üretim tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 34s.
- Aydın, H.,** 1992. Farklı yemlerle beslenen tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus* Esch. 1823) yavrularının büyüme oranlarının karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 39s.
- Balık, S., Ustaoglu, R.M.,** 1983. Tatlısu istakozu (*Astacus leptodactylus* Esch, 1823)'nun yapay üretimine ilişkin ön çalışmalar. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi B Serisi*, S: 99-107.
- Balık, S., Ustaoglu, M.R., Sarı, H.M., Berber, S.,** 2005. Demirköprü Baraj Gölü (Manisa) Tatlısu İstakozu (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823)'nun Bazı Büyüme ve Morfometrik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 22(1,2): 83-89.
- Baran, İ., Soylu, E.,** 1989. Kerevit vebası etkeni *Aphanomyces astaci*'nin teşhis izolasyon ve sporulasyonu. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 3(1,2): 49-56.
- Berber, S., Balık, S.,** 2006, Manyas Gölü (Balıkesir) Tatlı Su İstakozunun (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Bazı Büyüme ve Morfometrik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1,2): 83-91.
- Bolat, Y.,** 1996. Eğirdir Gölü'ndeki kerevit (*Astacus leptodactylus salinus* Eschschotz, 1842) popülasyonunun bazı özellikleri ve hastalığının morfolojik incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 59s.
- Bolat, Y.,** 2001, Eğirdir Gölü Hoyran Bölgesi tatlı su istakozlarının (*Astacus leptodactylus salinus* Normdan 1842) populasyon büyüklüğünün tahmini. *Doktora Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 133s.
- Brodsky, S.Y.,** 1974. Crayfish (Crustaceae, Astacidae) from the Soviet Union. Communication 2. Distribution of *Astacus leptodactylus*. *Ukrainian Research Institute Fisheries*, 4: 51-9.

- Çevik, C., Tekelioğlu, N.,** 1997. Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan tatlısu istakozu (*Astacus leptodactylus* Esch, 1823)'nun bazı biyo-ekolojik, morfolojik özellikleri ile hastalık durumunun saptanması. *IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, Isparta, Türkiye, Eylül 17- 19.
- Dagaro, E., De Luise, G., Lanari, D.,** 1998. The current status of crayfish farming in Italy. *Freshwater Crayfish*, 12: 506-517.
- Duman, E., Gürel, A.,** 2000. Keban Baraj Gölü Ağın Bölgesi'nde yaşayan kerevitin (*Astacus leptodactylus salinus* Nordmann, 1842) üreme özelliklerinin belirlenmesi. *Doğu Anadolu Bölgesi IV. Su Ürünleri Sempozyumu*, Erzurum, Türkiye, Mayıs 21-31.
- Erdem, M.,** 1993. Eğirdir Gölü Kerevitlerinden (*Astacus leptodactylus salinus* Nordman, 1842) Yapay olarak elde edilen yavruların yaşama oranlarının tespiti üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 76 s.
- Erdemli, A.Ü.,** 1983. Beyşehir, Eğirdir, Akşehir ve Apa baraj gölü tatlı su istakozlarının (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) populasyonları üzerine karşılaştırmalı bir araştırma. *Doğa Bilim Dergisi*, 7: 313-318.
- Erdemli, Ü.,** 1987. Hotamış gölü ile Mamasın barajı tatlı su istakozu populasyonlarının karşılıklı incelenmesi. *Doğa Türk Zooloji Dergisi*, 11(1): 15-23.
- Farhadi, A., Harlioğlu, M.M.,** 2019. The annual cycle of spermatozoa content in the vas deferens and some reproductive parameters in the narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Aquaculture Reports*, 13: 100185.
- Geldiay, R., Kocataş, A.,** 1970. Türkiye *Astacus* (Decapoda) populasyonlarının dağılışı ve taksonomik tespiti. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi İlimi Raporlar Serisi, 94: 3-7, İzmir.
- Geldiay, R., Geldiay, S.,** 1978. Genel Zooloji. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İzmir, 453s.
- Güner, U., Balık, S.,** 2002. Işıklı Gölü (Çivril-Denizli) tatlı su kerevitlerinde (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) yumurta verimliğinin boy ve ağırlıkla ilişkisi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19(1,2): 109-113.
- Harlioglu, M.M.,** 1996. Comparative biology of the signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), and the narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz. *Phd. Thesis*, University of Nottingham, United Kingdom, 435s.
- Harlioglu, M.M.,** 1999a. The effect of temperature on the mating and spawning of freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz. *Aegean University Journal Fisheries and Aquatic Science*, 16(3-4): 309-317.
- Harlioglu, M.M.,** 1999b. The efficiency of the Swedish trappy in catching freshwater crayfish, *Pacifastacus leniusculus* and *Astacus leptodactylus*. *Turkish Journal of Zoology*, 23: 93-98.

- Harlioğlu, M.M.**, 2000. *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823)'un çiftleşme ve yumurtlama davranışı ve stoklama yoğunluğunun çiftleşme ve yumurtlamaya etkisi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1): 307-312.
- Harlioglu, M.M., Türkgülü, I.**, 2000. The relationship between egg size and female size in freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus*. *Aquaculture International*, 8: 95-98.
- Harlioglu, M.M., Holdich, D.M.**, 2001. Meat yields in the introduced freshwater crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana) and *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, from British Waters. *Aquaculture Research*, 32: 411-417.
- Harlioglu, M.M., Barim, Ö., Türkgülü, I., Harlioglu, A.G.**, 2004. The potential fecundity of an introduced population of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Aquaculture*, 230: 189-195.
- Harlioğlu, M.M., Harlioğlu, A.G.**, 2005, Eğirdir, İznik Gölleri ve Hirfanlı Baraj Gölünden Avlanan Tatlı Su İstakozu *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823)'un Morfometrik Analizleri ile Et Verimlerinin Karşılaştırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 17(2): 412-423.
- Harlioglu, M.M.**, 2008. The harvest of the freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz in Turkey: harvest history, impact of crayfish plague, and present distribution of harvested populations. *Aquaculture International*, 16: 351-360.
- Harlioğlu, M.M., Köprücü, K., Yılmaz, Ö., Çakmak, M.N., Aksu, Ö., Yonar, S.M., Harlioğlu, A.G., Duran, T.Ç., Aydın, S., Özcan, 2011.** Kerevit Yemine Katılan n-3 Serisi Yağ Asitlerinin Pleopodal Yumurta, Hepatopankreas ve Kas Dokusunda Lipid Peroksidasyon ve Glutatyon Düzeylerine Etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(5): 8-16.
- Holdich, D.M.**, 2002. General biology-background and functional morphology. In *Biology of Freshwater Crayfish*, pp. 3-30, eds. Holdich, D.M., Blackwell Science, Oxford.
- İşmen, A.**, 1988. Tatlısu istakozunun (*Astacus leptodactylus* Esch, 1823) yemli ve yemsiz pinterlerdeki av miktarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 35s.
- Karol, S., Suludere, Z., Ayvalı, C.**, 1998. Biyoloji Terimleri Sözlüğü. Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek kurumu Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara, 1067s.
- Karabatak, M., Tüzün, İ.**, 1989. Mogan Gölü'ndeki kerevit (*Astacus leptodactylus* Esch, 1823) popülasyonunun bazı özellikleri. *Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Mühendislik Dergisi*, 2: 1- 34.
- Kaya, M.A.**, 2015. Eğirdir Gölü kerevitlerinde (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz, 1823) büyüme ve üreme özelliklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans*

Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 84 s.

- Köksal, G.**, 1980. Türkiye’de üretilen kerevitin (*Astacus leptodactylus*) biyometrik analizi, başlıca bölümleri arasındaki ilişki ve et verimi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 26(3-4): 93-114.
- Köksal, G.**, 1988. *Astacus leptodactylus* in Europa, In Freshwater Crayfish, Biology, Management and Exploitation, pp.365-400, eds. Holdich, D.M. & Lowery, R.S, Croom Holm, London.
- Karol, J., Glogowski, J., Demska-Zakes, K., Hliwa, P.**, 2006. Quality of semen and histological analysis of testes in Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. during a spawning period. *Czech Journal Animal Science*, 51(5): 220-226.
- Kumlu, M.**, 1998. Karides, istakoz ve midye yetiştiriciliği. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitabı, 340s.
- Kuşat, M., Bolat, Y.**, 1995. Eğirdir Gölü (Türkiye) Tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus salinus* Eschscholtz 1823)’nun boy ağırlık dağılışı ve kerevit vebası hastalığının incelenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 12(1-2): 69-74.
- Lahti, E.**, 1988. On the muscle and hepatopancreas weight in crayfish (*Astacus astacus* L.) in Finland. *Freshwater Crayfish*, 7: 319-325.
- Le Cren, E.D.**, 1951. The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *Journal Animal Ecology Cambridge*, 20: 201-219.
- Lindqvist, O.V., Louekari, K.**, 1975. Muscle and hepatopancreas weight in *Astacus astacus* L. (Crustacea, Astacidae) in the trapping season in Finland. *Annales Zoologici Fennici*, 12: 237-243.
- Lindqvist, O.V., Lahti, E.**, 1983. On the sexual dimorphism and condition index in the crayfish *Astacus astacus* L. in Finland. *Freshwater Crayfish*, 5: 3-11.
- Lindqvist O.V., Huner, J.V., Henttonen P., Könönen, H.A.**, 1999. Comparison of life history strategies and energy reserves of crayfishes occupying permanent and temporary water bodies. *Freshwater Crayfish*, 12: 449-461.
- McRae, T.G., Mitchell, B.D.**, 1996. Control of ovarian rematuration in the yabby, *Cherax destructor* (Clark). *Freshwater Crayfish*, 11: 299-310.
- Öz, Ö.B.**, 2008. Kültür şartlarındaki tatlı su istakozlarının (*Astacus leptodactylus* esch., 1823) yumurtalı ve yavrulu dönemlerindeki abdomen, hepatopankreas ve ovaryum ağırlığı, gsi ve hsi değerlerinin incelenmesi. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 7(1): 203-206.
- Ricker, W.E.**, 1973. Linear Regressions in Fishery Research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30: 409-434.
- Sağlamtimur, B.**, 2002. Sıcaklık, göz sapı kesimi ve stoklama yoğunluğunun Türk kereviti (*Astacus leptodactylus*)’nin yumurta inkübasyon süresi, ya-

şama oranı, büyüme ve et-besin içeriği üzerine etkileri. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 160s.

Seçer, S., Özkul, A., 1988. Türkiye’de tatlısu istakozlarında görülen leke hastalığı üzerine bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 2(2): 9-22.

Stucki, T.P., 1999. Life cycle and life history of *Astacus leptodactylus* in Chatzensee Pond (Zurich) and Lake Ägeri, Switzerland. *Freshwater Crayfish*, 12: 430-447.

Timur, G., 1990. Crayfish plague in some lakes of Turkey. *Bulletin Europe Assessment Pathology*, 10(4): 100-102.

Timur, M., Timur, G., Sarmaşık, A., Kubilay, A., 1993. Eğirdir Gölü Su Ürünlerinin Biyolojik Sorunları ve Çözüm Yolları. *Batı Akdeniz Bölgesi I. Tarım Kongresi*, Antalya, Türkiye.

URL-1, 2017. <http://cografyaharita.com/haritalarim/2eturkiye-akarsular-haritasi.png>. Türkiye Akarsular Haritası. 20 kasım 2017.

URL-2, 2017. <https://www.google.com.tr/maps/place/%C3%87%C4%B1d%C4%B1r+G%C3%B6l%C3%BC/@41.0223071,43.0922164,11z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x40427666ceeffe03:0x193408f5ee1fe6f1!8m2!3d41.0579929!4d43.2115829>. Google Earth. 20 kasım 2017.

Wickins, J.F., Lee, D., 2002. Crustacean farming: ranching and culture. Blackwell Science, Oxford, 446s.

Yüksel, F., Duman, E., 2011. Keban Baraj Gölü Kerevit (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Populasyon Büyüklüğünün Araştırılması. *Journal of FisheriesSciences.com*, 5(3): 226-239.

BÖLÜM 7

BİYOMALZEMELERİN MEDİKAL BİYOTEKNOLOJİ ALANINDAKİ UYGULAMALARI

Pınar BOZBEYOĞLU¹

Burhan BUDAK²

1 Dr. Öğr. Üyesi., Gümüşhane Üniversitesi Gümüşhane Meslek Yüksekokulu,
ORCID ID: 0000-0002-3704-2701

2 Öğr. Gör., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek
Yüksekokulu, ORCID ID: 0000-0002-3715-5861

GİRİŞ

Biyoteknoloji canlıların veya ürünlerinin, insana (veya çevresine) yararlı bir ürün üretmek veya bir problemin çözümünde kullanılması olarak tanımlanmıştır. Biyoteknoloji bilimi, multidisipliner bir alan olup moleküler biyoloji ve genetik alanlarında yapılan çalışmalar ve DNA molekülünün çift sarmal yapısının 1953'te James Watson ve Francis Crick tarafından keşfetmesi ile doğmuştur (1).

1970'te Smith, Wilcon ve Kelly'nin kesici enzimleri keşfetmesi, 1973'te Kohen ve Boyer'in E.coli üzerinde ilk gen naklini gerçekleştirilmesi, 1994 yılında ilk ticari transgenik bitkinin piyasaya sürülmesi, 1997'de yetişkin hücrelerinden Dolly isimli koyunun klonlanması, 1998'de Embriyonik kök hücre üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu tarihsel gelişim süreci 2001 yılında insan genomunun tam diziliminin bilimsel kaynaklarda yer alması ve 2010 yılında J. Craig Venter Inst.'deki bilim adamlarının ilk yapay hücreyi üretmesi ile devam etmiştir (1,2).

Günümüzde medikal biyoteknolojide geliştirilen yeni nesil biyomalzemeler, teşhis ve tedavide karşılaşılan problemlerin önlenmesinde ve bertaraf edilmesinde etkili bir biyoteknolojik yaklaşım olarak oldukça önem kazanmaktadır. Canlı varlıkları biyokimyasal, moleküler ve genetik düzeyde araştıran Biyoteknoloji sayesinde teşhisinde ve tedavi araştırmalarında kullanılan diagnostik maddelerin ve kimyasalların üretilmesi, aşılarda, antibiyotikler, hormonlar ve proteinler, enzimlerin üretimi gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda bu biyoteknolojik yöntemler ile normal koşullarda yüz binlerce yılda oluşabilecek mutasyonları, in vitro olarak kısa sürede oluşturmak mümkün olmaktadır.

Biyoteknoloji bilim dalının alt dalları;

- Tarımsal Biyoteknoloji
- Hayvansal Biyoteknoloji
- Sağlık Biyoteknolojisi
- Gıda Biyoteknolojisi
- Çevre Biyoteknolojisi
- Nano Biyoteknoloji
- Endüstriyel Biyoteknoloji
- Medikal Biyoteknoloji. (3).

Medikal biyoteknoloji, sağlık alanında teşhis ve tedavi amacıyla kullanılacak bütün malzeme ve cihazların üretimi ile ilgilenen bir teknoloji dalıdır. İlaçların, aşılarda ve hormonların modern biyoteknoloji teknik-

leri kullanılarak sentezi, günümüzde uluslararası düzeyde en çok yatırım yapılan bilim ve teknoloji dalı olmuştur. Medikal biyoteknoloji alanı son yıllarda, hastalıkların önlenmesi, teşhisi ve tedavisi için çeşitli yenilikçi tekniklerin geliştirilmesine yol açan hızlı bir büyüme yaşıyor. Bu kitap bölümü, medikal biyoteknoloji alanında önemli teknikler ve araçları kullanarak üretilen ürünleri özetleyecek ve güncelleyecektir. Mevcut büyüme hızı devam ederse, medikal biyoteknoloji yakında sağlık biliminin önemli bir ayağı haline gelecektir. Milyonlarca insan, doku ya da organlarının işlevini kaybetmesi sonucu ya mekanik aygıtlara (diyaliz makinesi, kalp pili, yapay kalp gibi) bağlı hayatını sürdürmekte ya da tedavisi oldukça maliyetli olan doku ve organ nakli beklemektedir. Bu sorunları bertaraf edip doku ve organların işlevlerini yerine getiren, doğal veya sentetik malzeme türlerinden üretilen biyomalzemeler hem tıp alanında hem de biyoteknoloji alanında da kullanılmaktadırlar (1).

Bu alan yeni olmasına rağmen binlerce yıl önceki mısır mumyalarına ait kalıntılarda yapay göz, diş ve burun bulunmasıyla uygulama açısından bu malzemelerin kullanımının çok önceye dayandığını göstermektedir. İlk kullanım 1912 yılında geliştirilen Vanadyum alaşımı olup, 1938 yılında üretilerek insan vücudunda, kemik kırıklarında protez, plaka ve vida olarak kullanılmıştır. Bu protezlerin korozyona uğraması sonucu vücut içi ciddi tehlikeler oluşturduğundan yerine alümina/zirkonya protezler kullanılmaya başlanmıştır. Sonrasında bu seramiklerin dokuya bağlanmaları zayıf olduğundan biyocam ve hidroksiapatit gibi biyoaktif seramiklerin geliştirilmesi ile sorun bertaraf edilmiştir (2).

1. BİYOMALZEMELER

Biyomalzemeler, canlı dokuyla doğrudan temas halinde bulunarak ve vücudun organı ile yer değiştirerek dokunun fonksiyonunu yerine getirmeye yardımcı olan ya da getirmesine olanak sağlayan yapay malzemelere denir. Biyoyumluluk, kullanım esnasında malzemenin vücutla uyuma, etrafındaki dokuların işlevlerine engel olmama ve enfeksiyon oluşturmama yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Medikal alanda kullanılan implant ve protezler malzemelerin kullanılacağı yere göre; korozyon direnci, aşınma dayanımı, gerilme kuvveti, manyetik özellikleri, biyoyumluluğu, hafifliği, sert ya da süngerimsi yapıda olması ve ısıl iletkenlikleri dikkate alınarak ASTM ve TSE gibi standartlara göre üretilmektedir (2,4).

En eski biyomalzemeler dikişlerdir. Biyomalzemelerin eklem replasman implantları veya protezler olarak kullanımı, 1950'lerin sonlarında İngiltere'de Sir John Charnley'nin düşük sürtünmeli artroplastiyi geliştirmesi ile başlamıştır. İskeletteki kırıkların tedavisinde kullanılan kemik plakalar ilk başarılı sentetik protezlerdir. Daha sonra esnek yapılı sentetik bir polimer olan poliüretan kullanılarak üretilen kan damarları, yapay

kalp kapakçıkları ve paslanmaz çeliklerden üretilen kalça protezlerinin icadı izlemiştir. İlk sentetik bozunur yapıdaki ameliyat ipliği 1970 yılında Poliglulikolasit'den üretilmiştir. 1990'larda içerisinde mineral bulunduran kemik protezler, 2000'lerde geliştirilen nanomalzemeler ile biyomalzemeler günümüzdeki şeklini almıştır (2,5).

Biyomalzemeler, iskelet dokusu onarımında önemli bir rol oynayan doku mühendisliği için vazgeçilmezdir. Burada daha çok seramik ve sentetik polimerler kullanılmaktadır. Ierisinde biyomineral bulunduran protezler, implantlar ve kalp pillerinin kullanımı ile sektöre giren biyomalzemeler günümüzde daha da gelişerek ekstrakorporeal cihazlarda ve teşhis kitlerinde de yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Ortopedik biyomalzemeler, mekanik ve yorulma dayanıklılığı açısından yeterliliğe sahip ise kemik dokuda kullanılması tercih edilebilir (6).

Biyomalzemeler vücudumuzun biyomekanik, fizyolojik fonksiyonların ve iskelet sisteminin korunmasında önemli rol oynar. Bu malzemelerin yapısının modifiye edilerek uzun ömürlü ve problemlere kalıcı çözüm sunan ürünlerin elde edilmesi amacıyla güncel çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin beyin dokusu mühendisliğinde onarım ve nörojenezi çalışmasında sıkla kullanılan, beyin ihtiyaç duyduğu mekanik ve viskoelastik özellikleri çoğaltabilen beyin dokusu benzeri biyomalzemelerin imalatı ile makro nörodejeneratif hastalıkların tedavisi mümkündür. Biyobozunur malzeme teknolojisindeki ilerlemeler neticesinde geliştirilen akıllı ilaç taşıyıcı nano sistemler; kas, kemik ve kan damarları için üretilen Scaffold'lar (Hücrelerin sentetik polimer yada kollajen gibi hücre dışı bir matrikse tutundurulularak hasta dokuya entegre edildiği iskeleler) ve yapay Greftler (bir dokunun, onu besleyen kan desteğinden ayrılarak, yeni bir besleyici bölgeye transferi) yeni araştırmalar sonucu üretilmiş olup bu biyomalzemeler sayesinde çok sayıda doku için mit vaat eden sonuçlar elde edilmektedir (7).

Tıp biliminde meydana gelen değişimler, uygulamalı bilimlerde (kimya, fizik, mühendislik, mikrobiyoloji, fizyoloji, farmakoloji, vb.) yaşanan hızlı gelişmelerden kaynaklanmıştır. Bu gelişim süreci, tıbbi araştırmaların mümkün olduğu ortamı sağlayan, interdisipliner yaklaşım ile hastalığın teşhisi ve tedavisi için teknikler geliştirilmiştir. Medikal cihaz parçalarının istihdamı, karmaşık cerrahi prosedürlerin geliştirilmesinin daha da ilerletilmesine yardımcı olmuştur. Bu çabaların bir yan ürünü olarak, tıbbi cihazların gelişimi hızlanmıştır. Tıp bilimi bu hızdan büyük lde faydalanmıştır. Böylece sağlık sektöründe kullanılacak biyomalzemeler geliştirilerek teknolojik bulgular artmıştır (2). Biyomalzemelerin, metalik, biyoseramikler ve polimerik türleri mevcuttur.

1.1. Metalik Biyomalzemeler

Metalik biyomalzemeler sağlamlıkları, şekillendirilebilir olmaları nedeniyle iskelet sistemine en iyi uyum gösteren malzemelerdir. Biyouyumlulukları düşük olan metalik biyomalzemeler birçok uygulamada tercih edilse de yüksek yoğunluğa sahip olmaları, korozyona uğramaları, alerji oluşturma risklerinin fazla olması, dokulara göre yapılarının çok sert olması dezavantajlarıdır (8,9).

İnsan vücudu mevcut kan, su, sıvı vs. nedeniyle biyomalzeme olarak kullanılan metaller için korozif ortam oluşturur. Burada oluşacak korozyon ürünleri doku içerisine girerek hücrelere zarar verebileceğinden in-vivo kullanılacak metalik biyomalzemelerin tampon çözeltiler (serum, tükürük vs.) içinde test edilmeleri gereklidir (2).

Demir, nikel, titanyum, molibden, krom, kobalt ve tungsten gibi pek çok metal vücut içerisinde korozyona uğramamak kaydıyla protez yapımında kullanılır. Vücuttaki metalik bir implantta korozyon oluşursa, iyonların oluşumu, metaldeki elektronların akışı, temas halinde oldukları doku ve hücrelerde bir harabiyete sebep olur (9).

Toksik olmayan ve alerjiden arındırılmış Ti alaşımları, tantal, Ni içermeyen paslanmaz çelikler, Co-Cr alaşımları, altın, gümüş ve platin gibi metal ve metal alaşımları metalik biyomalzemelere örnektir. Özellikle günümüzde β tipi Ti alaşımlarının düşük elastik davranışları ve yüksek biyouyumluluk oluşturmasıyla kemiğin yeniden şekillenmesini arttırdığı kanıtlanmıştır. Teşhis ve tedavi için üretilen biyomedikal cihazlar da metalik biyomalzemelerden üretilmektedir (10).

Mekanik performansları sayesinde hem ortopedik uygulamalarda kalça eklemleri, kemik plakaları ve kemik yenileme malzemesi olarak kullanılır. Diş implantında, yüz/çene cerrahisinde, kalp damar cerrahisinde kalp kapakçığı ve yapay kalp parçaları olarak kullanılmaktadırlar.

Metalik biyomalzemeler;

- Paslanmaz çelikler,
- Altın,
- Ti alaşımları,
- Gümüş,
- CoCr alaşımları,
- Amalgamlar
- Platin. (2). Şeklinde sınıflandırılabilir.

1.1.1. Çelikler

Yapısında demir, silisyum, karbon, az miktarda fosfor ve mangan ihtiva eden elik, karbon çeliği olarak adlandırılır. Alaşım elikleri ise dūřuk karbon içeriğine sahip, diğer metallere ve ametalleri de içeren alaşım elikleridir. Sertlik ve tokluk arasındaki optimizasyona destek olan alaşım çelikleri, karbon çeliğine gore daha pahalı olup işlenmesi zordur. Ancak, aşınma ve korozyon dirençleri yüksektir. Alaşım elikleri daha çok alüminyum içerse de mangan, molibden, nikel, fosfor, silisyum, kükürt, titanyum ve vanadyum içerenler de vardır. İlk metalik biyomalzeme olan Cr/Ni paslanmaz elik implanttır. Sonraları retilen Vanadyum eliđi korozyona dayanıklı olmaması nedeniyle implant olarak uzun süre kullanılamamaktadır. Cr/Ni eliđinin % Mo oranının arttırılması ile korozyon dayanımı daha artmıştır. Cr paslanmaz çeliklerde korozyon dayanımını etkileyen ana elementtir. Bu alaşımlar non-manyetik olup soğuk sertleştirme işlemine tabi tutulabilir (2).

1.1.2. Kobalt ve Alaşımlar

Medikal biyoteknolojide CoCrMo ve CoNiCrMo alaşımları biyomalzeme olarak sıklıkla kullanılan alaşımlardır. Alaşımın korozyon dayanımını geliştirmek için eklenen Krom ile alaşımın dklebilirliğini geliştiren Karbon, kobalta eklenen en önemli iki alaşım elementidir. Alaşımsız kobaltın korozyon direnci iyi olmadığından cerrahi uygulamada tercih edilmez. Kromun ilavesi sayesinde üretilen biyomalzeme korozif ortama karşı korunmuş olur. CoCrMo alaşımları dental uygulamalarda ve yeni nesil yapay eklemlerde kullanılmaktadır. Sıcak haddelemeyle şekillenen CoNiCrMo alaşımı, dkmlle şekillendirilebilen CoCrMo alaşımına göre korozyon dayanımı daha yüksek olduğundan kalça, bel ve diz eklemlerinde protez olarak kullanılmaktadır (3, 11).

1.1.3. Titanyum Alaşımları

Ti alaşımları en iyi biyoyumluluk gösteren metalik biyomalzemelerdendir. Korozyona karşı yüksek direnç gösterdikleri için medikal biyoteknoloji sektöründe kullanılırlar. Yüksek sıcaklığa karşı çok dayanıklı olmasından dolayı askeri amaçlı uçak motorları ile bağlantı elemanlarında, dış kaplamalarında, yağ ve yakıt tanklarında kullanılırlar (10,12).

Geliřen son teknoloji ile imal edilen titanyum alaşımları günümüzde biyomalzeme sektörünün gelişmesini sağlamıştır. Elastik modülü dūřuk olan titanyum kompozitleri, hipoalerjik (alerjik özelliği az) olduğundan implantaston uygulamalarında öncelikli olarak tercih edilmektedir. Titanyumun işlenmesi gereken teknoloji ne kadar maliyetli olsa da hafif olması, inert özellikte olması, dokuda alerjik reaksiyon oluşturmaması, nontoksik oluşu, kimyasallardan, asitlerden ve tuzlu sudan etkilenmemesi, mekanik

özelliklerinin iyi oluşu gibi avantajları ile tıpta kalça ve diz implantları, kalp valfi, diş dolgu maddesi, vs. olarak sıklıkla kullanılmaktadır (13).

1.1.4. Altın Alaşımları

Uzun zamandır altın ve altın alaşımlarının kararlılık, korozyon direnci ve uzun ömürlü oluşu gibi özelliklerinden dolayı diş tedavisinde kullanılır. Altına bakır veya platin ilavesi alaşımların dayanımını arttırır. Alaşımın içerdiği altın muhtevası düştükçe sertlik oranı artar. Daha az altın içeren alaşımlar yüke karşı dayanımları daha yüksek olduğu için kaplama malzemesi olarak sıklıkla kullanılırlar (2).

1.2. Biyoseramikler

Biyoseramikler vücutta kimyasal kararlılık gösterdiğinden vücudun hasar gören dokularının onarımında, güçlendirme veya yeniden yapılandırılması için kullanılır. En yaygın kullanım alanları; orta kulakta küçük kemik onarımında, diş problemlerinde, bel ve omuriliğe at omurların onarımında ve kalça protezlerinde kullanılır. Biyoseramikler, biyo inert (Al_2O_3 , ZrO_2), biyoaktif (hidroksiapatit, cam seramikler) ve biyobozunur biyomalzemeler (Trikalsiyum fosfat, biyoaktif camlar) şeklinde sınıflandırılır. Korozyona dayanıklı biyoseramiklerin biyoyuumlulukları yüksek olsa da kırılma oluşu ve kolay işlenmemesi dezavantajıdır. Bu nedenle bu malzemelere alternatif olarak kompozitler-malzemeler geliştirilmiştir Biyoseramik bazlı iskeleler yüksek biyoaktivite ve parçalanabilirlik özelliği osteoindüksiyon ve osteokondüksiyon kemik onarımı için çok faydalıdır. Mekanik destek sağlayabilirler ve hücre göçünü kolaylaştırabilirler ve besin taşınması, onlardan salınan aktif maddeler ise hücre proliferasyonunu ve farklılaşmasını uyarır (8,14).

1.2.1. Alümina

Alüminyum oksit (Al_2O_3) yüksek korozyon direncine sahip olması ve biyoyuumluluğun yüksek olması nedeniyle kalça eklem protezinde kullanılır. Kullanım ömürleri uzun olan Alüminyum oksit seramiği aynı zamanda kalsiyum fosfat esaslı bir seramik olduğundan kırık kemiklerin onarımında kemik dolgu malzemesi olarak kullanılır (2).

1.2.2. Zirkonya

Zirkonyum oksit (ZrO_2) yüksek sertlik ve dayanıma sahip, bulunduğu ortamda inert etki gösteren kimyasal kararlılığı yüksek biyomalzemelerdendir. Düşük aşınma özelliğine sahip olması nedeniyle kalça kemiğinden başlayıp dize kadar uzanan uyluk kemiği protezlerinde ve dental uygulamalarda kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır. Nadiren malzemenin vücut sıvısıyla teması sonucu gerilme direncinin azalmasına bağlı problemler oluşmaktadır. Mekanik dayanımı düşük olduğundan implant olarak kullanımını kısıtlıdır (1,2).

1.2.3. Kalsiyum Fosfat Seramikleri

Kalsiyum ve fosfat atomlarının çoklu oksitlerinin oluşturduğu Okta kalsiyum fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) ve Trikalsiyum fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) gibi yapılar bu gruba örnek verilebilir. Hemen hemen her implant yapımında tercih edilen Kalsiyum fosfatlı seramikler sert olmasına rağmen kırılmalıdır. Bu seramikler tıpta ve dişçilikte, yüz kemiklerinde ve diz protezlerinde kemiğin sertliğinin ve kalınlığının yeterli olmaması durumunda kemik tozu olarak kullanılmaktadır (2).

1.2.4. Biyoaktif Cam ve Cam Seramikler

Camlar, silika (SiO_2) içeren malzemelerden olup silika gruplarının fosfor, kalsiyum ve sodyum ile yer değiştirmesi sonucu bileşiminde sodyum, kalsiyum ve fosfat bulunduran biyocamları oluşturur. İlk kez Hench ve arkadaşları tarafından geliştirilen biyoaktif camlar biyokimyasal içerik olarak 6% P_2O_5 , 45% SiO_2 , 24.5% CaO ve 24.5% Na_2O 'e sahiptir. Biyoaktif camlardan olan alüminyum oksit esaslı seramikler ve hidroksiapatit (HA) cam seramikler kemik oluşumunda iyi olsa da mekanik özellikleri zayıf olduğundan yüksek ağırlığa maruz kalan bölgelerde kullanılmaz (15,16).

Bunlar daha çok diş tedavilerinde ve orta kulak ameliyatlarında ve periodontal bölge aşınmaları tedavisinde kullanılmaktadırlar. Bunun aksine biyoaktif cam-seramikler, belirli kullanım alanına sahip, çok kristalli ve girdiği doku ya da kemikle tepkimeye girip kuvvetlice bağlanan ağır yük taşıyan leğen, bacak ve bel kemiği gibi bölgelerin tedavisinde sıklıkla kullanılır (2).

1.3. Polimerik Biyomalzemeler

Poli-Glikolik asit (PGA), polietilen glikol (PEG), poli ϵ -kaprolakton (PCL), Poli-Üretan (PU), Poli-Karbonat (PC), Poli-Laktik asit (PLA) ve Poli-Amid (PA) gibi iyi mekanik özellik gösteren polimerler ile Magnezyum ile vücutta çözünür. Boşaltım sistemi vasıtası ile vücuttan atılabilir. Polietilen glikol gibi kan uyumlu polimerler biyouyumluluk açısından sorun oluşturmayıp başarıyla işlenmiştir (13).

Biyomedikal biyoteknoloji alanında sıkça kullanılan polimerik biyomalzemelerden Polivinilklorid (PVC) kan-solüsyon torbası, diyaliz cihazları ve sonda şişelerinde kullanılmaktadır. Polietilen (PE) ortopedik implantlarda, örgüsüz kumaşlarda, Polipropilen (PP) ise tek kullanımlık düşük sıcaklık şırıngaları, yapay damar dokularının yapısında bulunur. Polietilenteraftalat (PET) dikiş ipi, yapay damar dokuları ve kalp kapakçıkları yapımında sıklıkla tercih edilen polimerik biyomalzemelerdendir. Bu polimerlere biyobozunur malzemeler de denilmektedir (17). Aynı zamanda Polietilen (PE), politetrafloroetilen (PTFE), polimetilmetakrilat

(PMMA) gibi çok sayıda polimer, tıbbi uygulamalarda kullanılmaktadır (13).

Bu polimerlerin sıkça kullanılma nedenleri;

- Üretim çeşitliliği ve işçiliğinin kolay olması,
- Tekrar tekrar işlenebilmesi,
- Uygun fiyatları,
- Uygulanacak bölge için mekanik ve fiziksel özelliklerinin uygun olmasıdır (13).

Tıbbi uygulamalarda kullanılan polimerler film, lif, jel, boncuk ve nanopartikül formunda hazırlanabildiğinden biyomalzeme olarak oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptirler. (13,15). Bu uygulamalarda mekanik dayanımlar zayıf olursa sıvıları yapısına alıp şişebilir ya da monomerler, antioksidanlar gibi istenmeyen zehirli ürünler salgılayabilir (2).

SONUÇ

Çoğunlukla tıbbi uygulamalar ve biyoteknoloji alanında kullanılan biyomalzemeler, insan vücudundaki canlı dokuların fonksiyonlarını yerine getirmek amacıyla kullanılan doğal veya kompozit materyallerdir. Birçok metal, polimer ve seramik protez olarak vücudun birçok kısmının onarımı ve yenilenmesi için kullanılsa da bu biyomalzemeler ekstrakorporeal cihazlarda, çeşitli eczacılık ürünlerinde ve teşhis kitlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Vücuttaki sıvılar ile temas halinde olan biyomalzemelerin verdiği tepkiler çok farklıdır. Son birkaç yılda, biyomalzeme ve doku etkileşimleri üzerine yapılan çalışmalar sayesinde biyoyumluluğu yüksek olan biyomalzemeleri kullanmanın pek çok avantajı olduğu kadar dezavantajının da mevcut olduğu tespit edilmiştir (18,19).

Ürolojiden oftalmolojiye kadar yara onarımı için biyomalzemeleri kullanan çeşitli klinik uzmanlığın olduğu sağlık sektöründe hastaların gereksinimleri belirlendikten sonra biyoaktif materyallerin geliştirilmesi ile biyomalzemelerin uygulama teknikleri de bu sayede gelişecektir. Bu başarısı sayesinde sağlık sektöründe biyomalzeme tercih edecek olan ortopedistlerden protez-implant imalatçılarına kadar hemen hemen herkese aynı yetkinlikte olan benzer biyomalzeme gruplarıyla mekanik özelliklerin, dayanıklılığın, ürünlerin ömrünü ve maliyetini karşılaştırma imkânı sunacaktır.

Üretilen biyomalzemelerin, biyo inert malzemelere dayanan birinci nesil çözümlerden, doğal dokunun yenilenmesini teşvik eden ikinci nesil biyoaktif malzemelere (yüzey kaplamaları dahil) ve son olarak üçüncü nesil akıllı adaptif sistemlere geçeceğini göstermektedir.

Biyomalzemelerde karşılaşılan sorunların çözümünde doku mühendisliği ve gen tedavisi alternatif yaklaşımlar sunarak bilişim teknolojileri, nanoteknoloji, imalat yöntemleri ve biyomalzemelerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

1. Zitter, H. ve Plenk, H. (1987). The Electrochemical Behaviour of Metallic Implant Materials as an Indicator of their Biocompatibility. *Biomedical Materials Research*, 21-88
2. Pasinli, A. (2004). Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Biyomalzemeler. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4, 25-34
3. Sasson, A. (2005). *Medical Biotechnology: Achievements, Prospects, and Perceptions*, United Nations University Press, 1-2
4. Williams, D. F. (1982). *Biocompatibility of Clinical Implant Materials*. CRC Press. P, 45-47
5. Ali, A. M. ve Bhuiyan, M. H. (2021). Biomaterials in brain repair. *Neurochemistry International*, 146, 105034
6. Güven, Ş. Y. (2014). Biyouyumluluk ve Biyomalzemelerin Seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 2, 303-311
7. Yi, J., Liu, Q., Zhang, Q., Chew, G., T. ve Quyang, H. (2022). Modular protein engineering based biomaterials for skeletal tissue engineering. *Biomaterials*, 282, 121414
8. De Mestral, F. ve Drew, R. A. L. (1989). Calcium Phosphate Glasses and Glass-Ceramics for Medical Applications. *J. European Ceramic Society*, 5, 47-53
9. Park, J. B. ve Kim, Y. K. (2000). *Metallic Biomaterials, The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition*. CRC Press LLC
10. Long, M. ve Rack, H. J. (1998). Titanium Alloy in Total Joint Replacement a Materials Science Perspective. *Biomaterials*, 19, 1621-1639
11. Sap E. ve Celik, H. (2012). Kobalt Esaslı Alaşımların Mikroyapı v Mekanik Özelliklerine Ti ve Mn İlavesinin Etkisinin İncelenmesi. *Electronic Journal of Machine Technologies*, 9, 3, 25-33
12. Gültekin, A. H. (1993). Titanyum Mineral Yatakları, Kayaçlarda Titanyum: İçeriği ve Bölümlenmesi, *Jeoloji Mühendisliği*, 42, 21-37
13. Lee, H. B., Khang, G. ve Lee, J. H. (2000). *Polymeric Biomaterials, The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition*. CRC Press LLC.
14. Rincon, J. M. ve Callejas, P. (1992). Microstructure and Microanalysis of Bioglasses and Glass-Ceramics From the MgO-CaO-P₂O₅-SiO₂ System With ZrO₂. *Bioceramics and the Human Body*, 244-49.
15. Hench, L. L. (1991). Bioceramics from concept to clinic, *Jour. Amer. Ceram. Soc.*, 74, 1487- 1510
16. Hamadouche, M. ve Sedel, L. (2000). Ceramics in orthopaedics, *Reviwe article. The journal of bone & joint surgery (Br)*, 82, 1095-1096

17. Iwata, T. (2015). Biodegradable and bio-based polymers: future prospects of eco-friendly plastics. *Angewandte Chemie International Edition*, 54,11, 3
18. Gümüşderelioğlu, (2002). Biyomalzemeler. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, Temmuz özel sayısı
19. Tüylek, Z. (2017). Sağlıkta Biyomateryaller, *Bozok Med J*, 7,4, 80-9

BÖLÜM 8

DOĞU ANADOLU FAY ZONU UZANIMINDA BULUNAN GÖLBAŞI (ADİYAMAN)- TÜRKOĞLU (KAHRAMANMARAŞ) SEGMENTİ ÜZERİNDE DOĞAL RADYOAKTİVİTENİN BELİRLENMESİ

*Serdar GÜMBÜR¹
Erdal KÜÇÜKÖNDER²*

1 Serdar GÜMBÜR, Dr., ORCID ID: 0000-0001-6213-1004.

2 Erdal KÜÇÜKÖNDER, Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,
ORCID ID: 0000-0001-9661-1583.

Bu çalışma, Serdar GÜMBÜR' e ait "Doğu Anadolu Fay Zonu Uzanımında Bulunan Gölbaşı (Adıyaman)-Türkoğlu (Kahramanmaraş) Segmenti Üzerinde Radon Gazı Değişimlerinin Deprem ile İlişkisi ve Doğal Radyoaktivitenin Belirlenmesi" adlı doktora tezinden üretilmiştir.

1. GİRİŞ

İnsanlar, hayatları boyunca evrenin oluşumundan beri var olan, toprakta, kayalarda, havada, suda, bitkilerde, gıdalarda ve binaların yapı malzemelerinde bulunan uzun yarı ömürlü uranyum (^{238}U) ve toryum (^{232}Th) doğal radyoaktif serilerinin bozunumlarından oluşan radyonüklidler ve tabiatta tek başına bulunan radyonüklidler nedeniyle yersel yer küre kaynaklı doğal radyasyona maruz kalmaktadır. Aynı zamanda, doğal bir şekilde insanların vücutlarında bulunan ve doz miktarları kişiden kişiye değişen potasyum (^{40}K) ve karbon (^{14}C) gibi izotoplar sebebiyle de içsel olarak doğal radyasyona maruz kalmaktadır. Bütün bunlara ilaveten, insanlar, sürekli olarak derin uzaydan, güneşten ve diğer yıldızlardan gelen parçacıklar ve elektromanyetik ışınlar yoluyla yüksekliğe ve kutuplara olan uzaklığa bağlı olarak kozmik radyasyon yüzünden de doğal radyasyona maruz kalmaktadır (Aydın, 2016).

İnsanoğlunun yaklaşık olarak maruz kaldığı radyasyonun % 85'lik kısmı doğal kaynaklıdır. Bu doğal kaynaklı radyasyonun da neredeyse % 50'lik kısmı, uranyum (^{238}U) serisinin içerisinde yer alan radyum (^{226}Ra) elementinin bozunmasından oluşan radon gazı sebebiyledir (IAEA 1996). Böylelikle, doğal radyasyon düzeyini artıran en önemli nedenlerden biri radon gazı olduğu söylenilmektedir (URL~1). Doğal radyasyon düzeyini artıran bir diğer element ise tabiatta tek başına bulunan radyonüklidler arasında yer alan ^{40}K elementidir. Bu element, toprakta çok bol miktarda bulunmaktadır. Aynı zamanda, doğal gama radyasyon dozunu artıran en önemli sebepler arasında yer almaktadır (Küçükönder, 2009).

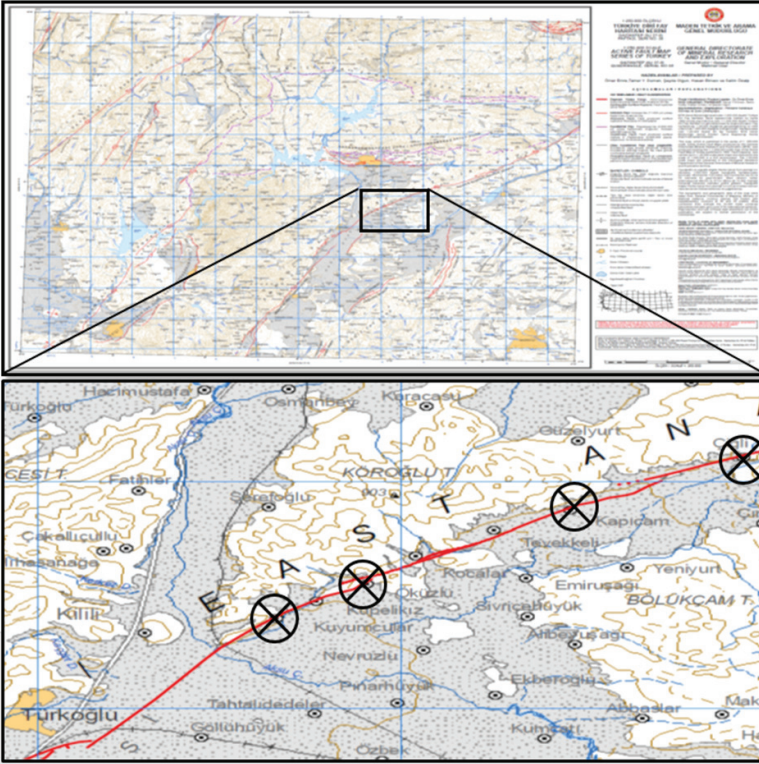
İnsanları korumak, sağlıklı, kaliteli ve güvenli bir yaşam amacıyla çevreye yayılan radyasyondan dolayı insanların maruz kaldığı dozu belirlemek için çevreye yayılan radyasyon dozunu ve bu radyasyon yayımına sebep olan radyonüklidlerin de aktivitelerinin ölçülmesi gerekmektedir. Ölçümler sonucunda; çevreye yayılan bu radyasyondan toplumun almış olduğu dozdan dolayı oluşabilecek klinik sağlık etkileri değerlendirilerek toplum için gerekli olan tedbirler alınmalıdır. Aynı zamanda, nükleer bir kaza yaşanması durumunda çevremizin ne kadar kirlendiğinin tespiti ve çevremiz için gerekli olan önlemleri alma açısından da çevresel doğal radyoaktivitenin bilinmesi bir hayli önem taşımaktadır (Değerlier, 2007; Küçükönder, 2009).

Yapılan birçok çalışmada, bir bölgenin doğal radyoaktivite temel seviyeleri, o bölgenin coğrafik ve jeolojik durumuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği, aynı zamanda coğrafi yükseklik ile birlikte bölgede ki toprak ve kayaların yapılarının da bir bölgenin temel radyoaktivite miktarını, ölçüsünü etkileyen faktörler arasında yer aldığı ifade edilmektedir (Aydın, 2016; Baykara 2005; Canbazoğlu, 2004; Çam, 2011; Değerlier, 2007; Küçükönder, 2009; Külahcı, 2005; Şahin, 2009).

Bu çalışmanın amacı, Doğu Anadolu Fay Zonu uzanımında bulunan Gölbaşı (Adıyaman)-Türkoğlu (Kahramanmaraş) segmenti üzerindeki bölgeyi radyolojik açıdan inceleyerek doğal radyoaktivite seviyesini belirlemektir. Bu amaçla; mevsimsel olarak yaz ve kış mevsimlerinde toprak örnekleri toplanarak doğal radyoaktivite seviyeleri belirlenerek mevsimsel olarak doğal radyoaktivite miktarları arasındaki karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, benzer çalışmalardaki doğal radyoaktivite miktarları ile karşılaştırmalar yapılarak farklılıklardaki sebeplerin neden olabileceği hakkında tartışmalar yapılmıştır. Bu bölgede doğal radyasyon seviyesinde herhangi bir sebeple meydana gelebilecek değişikliklerin karşılaştırılabilmesi için bir temel seviye oluşturulmuştur.

2. MATERYAL ve METOT

Doğu Anadolu fay zonu uzanımında bulunan Gölbaşı (Adıyaman) - Türkoğlu (Kahramanmaraş) segmenti üzerinden Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından yayımlanan Türkiye'nin Diri Fay Harita Serisinin Gaziantep (NJ 37-9) paftası, 38 seri numaralı ve 1/250.000 ölçekli haritadan 4 (dört) istasyon belirlenmiştir. Belirlenen 4 (dört) istasyon; Kuyumcular, Öksüzlü, Kapıçam ve Çiğli'dir. Bu istasyonların yer bulduru haritası Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1 İstasyonların yer bulduru haritası (MTA, 2012)

Belirlenen bu dört istasyonla ilgili aşağıda bilgi verilmektedir.

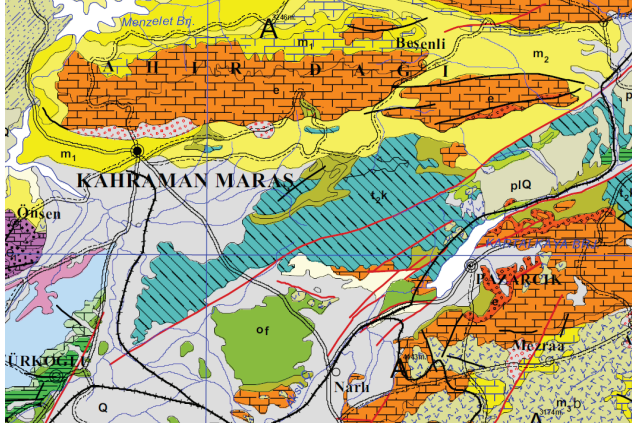
Kuyumcular: Kahramanmaraş ili Türkoğlu ilçesine bağlı bir köydür. Bağlı olduğu Türkoğlu ile merkezine 10 kilometre mesafe uzaklıktadır. Kahramanmaraş ehir merkezine mesafesi ise yaklaşık 17 kilometredir. 2020 yılı TK rakamlarına göre nüfusu 304'dr. Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. Google haritalarda 37.425054 enlem ve 36.926297 boylamda yer almaktadır (URL~2).

kszl: Kahramanmaraş ili Dulkadiroğlu ilçesine bağlı bir mahalledir. Kahramanmaraş il merkezine yaklaşık 15 kilometre mesafe uzaklıktadır. Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. 2020 yılı TK rakamlarına göre nüfusu 221'dir. Google haritalarda 37.438824 enlem ve 36.956005 boylamda yer almaktadır (URL~2).

Kapıçam: Kahramanmaraş ili Dulkadiroğlu ilçesine bağlı bir mahalledir. Kahramanmaraş ehir merkezine yaklaşık 14 km uzaklıktadır. Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. 2020 yılı TK rakamlarına göre nüfusu 323'dr. Google haritalarda 37.469926 enlem ve 37.016532 boylamda yer almaktadır (URL~3).

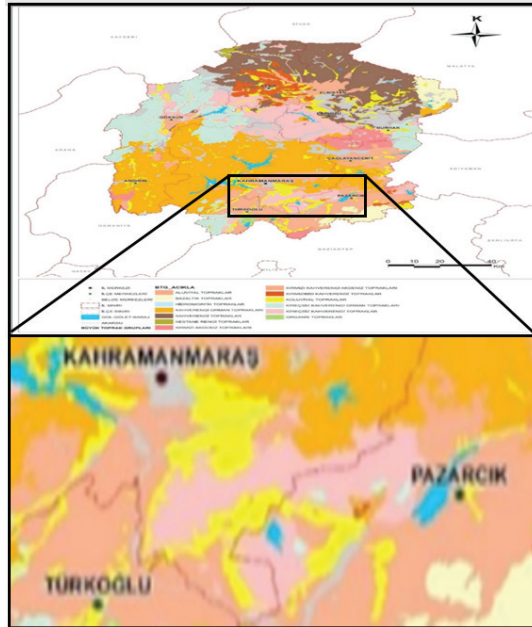
iğli: Kahramanmaraş ilinin Dulkadiroğlu ilçesine bağlı Kahramanmaraş - Gaziantep karayolu üzerinde kurulmuş bir mahalledir. Kahramanmaraş il merkezine 18 km mesafede olup 2020 yılı TK rakamlarına göre nüfusu 494'dr. Akdeniz bölgesinde yer almaktadır Google haritalarda 37.490253 enlem ve 37.077316 boylamda yer almaktadır. (URL~4).

Belirlenen istasyonların bulunduğu bölgeye ait jeolojik yapısını, Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından yayımlanan Türkiye Jeoloji Harita Serisinin Hatay paftalı 1/500.000 ölçekli haritasından incelediğimizde, Kuvaterner dönemine ait ayrılmamış Kuvaterner ve Orta Triyas-Kretase dönemlerine ait pelajik kireç taı, radyolarit, rit, kırıntılar, volkanit vb. yer yer ofiyolit dilimler içeren sediment kayalardan oluştuğu görülmektedir. Şekil 2.2' de belirlenen istasyonların bulunduğu bölgeye ait jeoloji haritası verilmektedir.



Şekil 2.2 Belirlenen istasyonların bulunduğu bölgeye ait jeolojik haritası (MTA, 2002'den alınmıştır)

Belirlenen istasyonların bölgelerindeki toprak gruplarını 2006 yılı ÇED raporunda verilmekte olan Kahramanmaraş ve ilçelerinin büyük toprak gruplarının haritadaki dağılımları incelendiğinde, çalışma bölgesindeki bulunan toprak gruplarının kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları, kireçsiz kahverengi topraklar, alüvyal ve koluviyal topraklar olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 2.3'te istasyon bölgelerinin toprak gruplarının haritadaki dağılımı gösterilmektedir (ÇED, 2006).



Şekil 2.3 İstasyon bölgelerinin toprak gruplarının haritası (ÇED, 2006'dan alınmıştır)

Belirlenen bu dört istasyon bilgilerinden anlaşılacağı üzere, bu dört istasyon Kahramanmaraş il sınırları içerisinde ve Şehir merkezine çok yakın, aynı zamanda yerleşim yerleri olmaları ortak noktalarıdır. Her ne kadar çalışmamızın isminde Gölbaşı (Adıyaman)-Türkoğlu (Kahramanmaraş) segmenti üzerinde doğal radyoaktivitenin belirlenmesi diye geçmiş olsa da, bu fay zonu segmentinin tamamını kapsayacak bir çalışma değil, Kahramanmaraş Şehir merkezine yakın ve aynı zamanda yerleşim yeri olan bölümüyle alakalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu Şekilde seçilmesinin sebebi ise; büyük bir yerleşime sahip Kahramanmaraş'a yakın yerlerin doğal radyoaktivitesini belirlemektir.

2.1.Toprak rneklerinin Toplanması ve Sayım İçin Hazırlanması

Belirlenen istasyonlardan toprak örnekleri alınırken, numunelerin alınacağı alanda (seçilen istasyon alanında) gübreleme veya kireçleme yapılıp-yapılmadığına, sap, kök, gibi yabancı otların yakılıp yakılmadığına dikkat edilmiştir. Tüm rnekler, numune toplama kriterlerine uygun olarak yaz ve kış mevsimlerinde alınmıştır. Bir istasyonda örnekler alınır iken, sadece bir yerden değil, istasyon içerisinde birkaç noktadan örnekler alınarak istasyonun tamamıyla ilgili bir ortalama seviye belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu yerlerde toprak, bahçe küreği ile 20 cm kadar kazılarak öncelikle ot, odun gibi yabancı maddeler ayıklanıp sadece toprak rneği almaya zen gösterilmiştir. İstasyon içerisinden birden fazla yerlerde bu Şekilde birer kürek örnek alınarak steril poşetler içerisine konulmuş ve bu poşetler etiketlenip laboratuvar ortamına getirilmiştir. Daha sonra, laboratuvara getirilen toprak örnekleri her bir istasyon için toplanılan örnekler homojen Şekilde karıştırılarak 10 gün süreyle poşetlerin üzerinde kuruyarak nem oranını azaltmak için serilerek oda sıcaklığında bırakılmıştır. Daha sonra, bu toprak örnekleri alüminyum folyolara sarılarak 105 derece sıcaklıktaki bir fırında kurutma işlemine devam edilmiştir. Burada buharlaşma ile kaybolan radyoaktivite miktarı hesaplamalara dhil edilmemiştir. Çünkü ihmal edilebilecek düzeyde oluğu düşünülmüştür. Kurutulması tamamlanan örnekler toz haline getirilerek 100 mesh' lik eleklerde elenmiştir. Elenme işlemi biten toprak örnekleri, öz soğurmaya sebebiyet vermeyecek miktarda darası alınmış planşet içerisine homojen bir dağılım sergileyecek Şekilde aktarılıp, üzerine örnek kaybını engellemeyecek miktarda saf su eklenerek elektrik ocağı üzerinde kuruması sağlanmıştır. Planşetlerdeki rnekler daha sonra, 2 saat kadar 105 °C'deki bir fırında kurutma işlemine tabi tutularak sayıma kadar uygun bir ortamda muhafaza edilmiştir. Bu süreç sonunda, uygun algılama sistemleri kullanılarak radyonüklid konsantrasyonları ile toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarının ölçümleri yapılmıştır.

2.2. Kullanılan Sayım Sistemleri ve Algılayıcılar

Bu çalışmada kullanılan uygun algılama sistemleri ve algılayıcılar şunlardır. Toprak örneklerinin toplam alfa radyoaktivite ölçümleri için 7286 düşük seviyeli alfa sayıcısı, kullanılmıştır. Yine toprak örneklerinin toplam beta radyoaktivite ölçümleri için penceresiz sintilasyon sayacı kullanılmıştır. Toprak örneklerindeki Uranyum-238, Toryum-232 ve Potasyum-40 radyonüklidlerinin aktivite konsantrasyonunu ölçmek için ise gama hassas sintilasyon sayacı kullanılmıştır. Kullanılan sayım sistemleri ve algılayıcılar hakkında detaylı bilgiler aşağıda verilmektedir.

2.2.2. 7286 Düşük seviyeli alfa sayıcısı

Toprak örneklerinin toplam alfa radyoaktivite ölçümleri için kullanılan bu sayım sistemi 3 bölümden oluşmaktadır. Bunlar; ilk olarak, gümüşle aktivite edilmiş 44 mm çapında ZnS katmanlı katı bir inorganik sintilatör ile 2.inci olarak, içerisinde genliği radyasyon enerjisiyle orantılı elektrik pulslarına dönüştüğü EMI 6097B markalı bir tür foto çoğaltıcı tüp ve son olarak, sayıcıdan meydana gelen bir sayım sistemidir. Birbirinden bağımsız 4 adet foto çoğaltıcı tüp, sayıcı kısmına bağlanabilmektedir. Foto çoğaltıcı tüplerin her biri için kendine özgü ayarlanabilir yüksek voltaj kaynağı ve diskriminatör devresi mevcuttur. Söz konusu sayım sistemi çok zayıf temel radyasyon ölçümlerinde ve düşük sayım hızlı uygulamalarda kullanılmak üzere oluşturulmuştur. Bu sistemde örneklerin toplam alfa radyoaktivite ölçümleri için öncelikle kullanma kılavuzu temel alınarak kalibrasyonu yapıldıktan sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir (Littlemore Scientific Engineering (ELSEC, 1994).

2.2.3. Penceresiz sintilasyon sayacı

Penceresiz sintilasyon sayacı, radyasyon enerjisinin ışık fotonuna dönüştüğü sintilatör ve bu fotonların çoğaltıldığı bir foto çoğaltıcı tüpten oluşmaktadır. Bu sayaç ile katı örneklerden zayıf enerjili beta radyasyonu ölçülebildiği gibi aynı şekilde alfa radyasyonu ölçümleri de yapılabilir. Bu sintilasyon sayacı oldukça verimli olup bunu sağlayan neden ise sintilatör ile örnek arasındaki mesafenin 1,6 mm'den daha küçük ve penceresiz olmasıdır. SR7, SR8 ve ST7 gibi uygun sayım donanımları ile penceresiz sintilasyon sayacı kullanılabilir. Örneklerin toplam beta radyoaktivite ölçümleri için öncelikle 2059 plastik sintilatöre sahip olan bu sistemin kalibrasyonu yapılmıştır. Daha sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir (NE Technology Limited, 1994).

2.2.4. Gama hassas sintilasyon sayacı

Foto çoğaltıcı bir tüp ve NaI kuyu tipi bir sintilatörden oluşan gama radyasyonuna hassas bir sistemdir. NaI kuyu tipi sintilatörün boyutları

50,8 mm x 50,8 mm' den oluşmaktadırdır. Sintilatör ve foto çoğaltıcı tüp, optik kontak şekilde monte edilerek kurşun blok içerisine konulmuştur. SR7 SR8 ST7 gibi uygun sayım sistemleri ile kullanılabilen sistem, 1 MeV ile 1 keV arasında gama enerjisini algılayabilmektedir. Örneklerin sayımları yapılmadan önce, kullanım kılavuzuna göre kalibrasyon işlemleri yapılmıştır.

2.3. Toprak rneklerinin Aktivite Konsantrasyonları

2.3.1. Sayma hataları

Aşağıdaki (2.1) denklem ile standart sapma %95 güvenirlik seviyesinde verilir.

$$E_s = \pm 1,96 (N_s / t^s + N_b / t_b)1/2 \quad (2.1)$$

N: Örneğin veya temel saymanın sayma hızı cpm cinsinden, t: rnek veya temel saymanın dakika cinsinden numune sayma zamanı, E_s : Net sayma hızının (cpm) %95 güvenirlik seviyesindeki hatasıdır.

Sayma hızlarının toplama ve çıkarılması hallerinde ise toplam veya farkın hatası ise aşağıdaki (2.2) denklem ile verilir,

$$E = \pm (E_a^2 + E_b^2)1/2 \quad (2.2)$$

Burada, E_a ve E_b toplanan veya çıkarılan değerlerin hatasıdır.

2.3.2. Verim Düzeltmeleri

Sayma hızını bozunumlara dönüştürmek için aşağıdaki (2.3) denklemi kullanılır,

$$dpm = cpm / \text{verim} = cpm / G B T = cpm \times (VDF) \quad (2.3)$$

Burada; G:Geometri için düzeltme faktörü, B: Geri saçılma düzeltme faktörü, T: z soğurma düzeltme faktörüdür. 1/GBT ise verim düzeltme faktörü olup kısaca VDF'dir.

Kalınlık, rneğin kütlesi ile etkin alana göre değişme gösterir ve denklem (2.4) ile ifade edilir,

$$\text{Kalınlık (mg/cm}^2\text{)} = (\text{örneğin mg cinsinden kütlesi}) / (\text{Etkin alan}) \quad (2.4)$$

Alüminyum planşet üzerinde sayılan aktivite için verim düzeltme faktörü (2.5) denklemi ile verilir,

$$VDF = 1/V \times (T) \quad (2.5)$$

Bu denklemdeki T'nin değeri, mg/cm² cinsinden kalınlığın fonksiyonu olarak daha önceden belirli standartlara göre çizilmiş U₃O₈ ve KCl için öz soğurma eğrilerden bulunur (Karahan, 1997; Tuncer, 1991). (2.5) denk-

lemindeki V parametresi verimdir ve denklem (2.3) ile hesaplanır.

2.3.3. Toprak örneklerinin aktivite konsantrasyonlarının hesaplanması

Toprak örneklerinin toplam alfa ve toplam beta ile Uranyum-238, Toryum-232 ve Potasyum-40 radyonüklidlerinin konsantrasyonları hesaplamak için aşağıdaki (2.6)'da ki denklem kullanılmıştır.

$$A = [(N_s \pm S_s) \times VDF] / 2,22 \quad (2.6)$$

Bu denklemde; A: Aktivite miktarı olup birimi pCi cinsindedir, N_s : Bir dakikada net sayım sayısıdır,

S_s : Standart sapma, VDF: verim düzeltme faktörüdür (Karahan, 1997; Alkan, 1989; Doğru ve Canbazoglu, 2002; Canbazoglu ve ark., 2000; Doğru ve ark., 2002).

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışmanın amacı doğrultusunda, Doğu Anadolu fay zonu uzanımında bulunan Gölbaşı (Adıyaman)-Türkoğlu (Kahramanmaraş) kesiminde belirlenen 4 istasyondan alınan toprak örneklerindeki radyoaktivite seviyeleri alt başlıklarda verilmektedir. Aynı zamanda bu çalışmada bulunan değerlerin ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından önerilen değerler ve benzer çalışmalardaki değerler arasındaki karşılaştırmalar da bu bölümde verilmektedir.

3.1. Toprak Örneklerinin Radyoaktivite Seviyeleri

Doğu Anadolu fay zonu uzanımında bulunan Gölbaşı (Adıyaman)-Türkoğlu (Kahramanmaraş) üzerinde belirlenen 4 (dört) istasyondan yaz ve kış mevsimlerinde 4 (dört)'er adet olmak üzere alınan toplam 8 (sekiz) adet toprak örneğinin, toplam alfa ve toplam beta aktiviteleri ile birlikte, içerdikleri doğal radyoaktif çekirdek konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu ölçümlerde ^{238}U ve ^{232}Th doğal radyoaktif serilerinin doğada en çok bulunan elemanlarının ve ^{40}K radyoizotopunun aktivite konsantrasyonları ölçülmüştür.

3.1.1. Toprak örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Doğu Anadolu fay zonu uzanımında bulunan Gölbaşı (Adıyaman)-Türkoğlu (Kahramanmaraş) üzerinde belirlenen 4 (dört) istasyondan yaz ve kış mevsiminde 4 (dört)'er adet olmak üzere alınan toplam 8 (sekiz) adet toprak örneğinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri belirlenmiştir. Tablo 3.1 ve Şekil 3.1 de yaz mevsiminde alınan toprak örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite miktarları verilmek-

tedir. Tablo 3.2 ve Şekil 3.2 de ise, kış mevsiminde alınan toprak örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite miktarları verilmektedir.

Tablo 3.1 Yaz mevsiminde alınan toprak örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

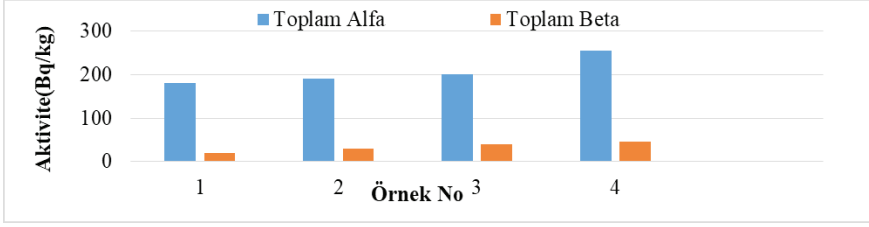
rnek No	rnek Alınan Yer	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/kg)	Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/kg)
1	Çiğli Mah.	231±16	25±3
2	Kapıçam Mah.	241±15	35±3
3	kszli Mah.	251±17	45±6
4	Kuyumcular Köyü	305±15	50±4

Şekil 3.1 Yaz mevsiminde alınan toprak örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Tablo 3.1 ve Şekil 3.1'de yaz mevsiminde alınan toprak örneklerinin, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri birlikte incelendiğinde; örneklerin toplam alfa radyoaktivite seviyeleri 231±16 Bq/kg ile 305±15 Bq/kg değerleri arasında, toplam beta radyoaktivite seviyeleri ise 25±3 Bq/kg ile 50±4 Bq/kg değerleri arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesinin 305±15 Bq/kg değeri ile Kuyumcular Köyü rneğinde, en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesinin ise 231±16 Bq/kg değeri ile Çiğli Mah. rneğinde ölçülmüştür. Bunların yanı sıra; en yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesi 50±4 Bq/kg değeri ile Kuyumcular köyü örneğinde, en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesi ise 25±3 Bq/kg değeri ile Çiğli mahallesi örneğinde ölçülmüştür.

Tablo 3.2 Kış mevsiminde alınan toprak örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

rnek No	rnek Alınan Yer	Toplam Alfa Radyoaktivitesi (Bq/kg)	Toplam Beta Radyoaktivitesi (Bq/kg)
1	Çiğli Mah.	181±15	20±3
2	Kapıçam Mah.	191±15	30±3
3	kszli Mah.	201±17	40±5
4	Kuyumcular Köyü	255±15	45±4



Şekil 3.2 Kış mevsiminde alınan toprak örneklerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri

Tablo 3.2 ve Şekil 3.2’de kış mevsiminde toprak örneklerinin, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri birlikte incelendiğinde, örneklerin toplam alfa radyoaktivite seviyeleri 181 ± 15 Bq/kg ile 255 ± 15 Bq/kg değerleri arasında, toplam beta radyoaktivite seviyeleri ise 20 ± 3 Bq/kg ile 45 ± 4 Bq/kg değerleri arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesinin 255 ± 15 Bq/kg değeri ile Kuyumcular Köyü örneğinde, en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesinin ise 181 ± 16 Bq/kg değeri ile Çiğli Mah. örneğinde olduğu görülmektedir. Bunların yanı sıra; en yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesi 45 ± 4 Bq/kg değeri ile Kuyumcular köyü örneğinde, en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesi ise 20 ± 3 Bq/kg değeri ile Çiğli mahallesi örneğinde olduğu görülmektedir.

Toprağın içermiş olduğu radyonüklidlerin konsantrasyonu; bölgenin hava koşullarına, topraktaki çökeltme miktarına, toprağın filtreleme emilme özeliğine göre, yer altı suyunun hareketi sonucu meydana gelen çökelmeler, gözenekler sebebiyle, diğer maddeler ile sulanma, mevsimsel olarak toprağın kuruyarak yüksek derecede çatlaklık, kırıklık oluşması gibi etkenler sebebiyle değişkenlik gösterebilir. Hatta tarımda topraktaki verimi artırmak için kullanılan suni tohumlama ve Fosfatlı (^{32}P) radyoaktif element içeren gübreleme yaparak gübrelerin hammaddesine ve üretim şartlarına bağlı şekilde toprağın yüzeyindeki radyoaktivitesini artırmaktadır (Niewiadomski ve ark, 1982). Bununla birlikte, toprak yapılarının ve toprağı oluşturan kayaç yapılarının farklı olması da toprağın radyoaktivitesini değiştirir unsurlardandır. Bu sebeple, çalışma alanının jeolojik yapısı ve toprak yapıları hakkında aşağıda bilgi verilmektedir.

Belirlenen istasyonların bulunduğu bölgeye ait jeolojik yapısını, Şekil 3.2’de ki haritadan incelendiğinde, Kuvaterner dönemine ait ayrılmamış Kuvaterner ve Orta Triyas-Kretase dönemlerine ait pelajik kireç taşı, radyolarit, çorit, kırıntılar, volkanit vb. yer yer ofiyolit dilimler içeren sediment kayalardan oluştuğu görülmektedir.

Belirlenen istasyonlarda toprak yapısını Şekil 3.3’te ki haritadan yararlanılarak incelendiğinde;

- iğli Mahallesinin toprak yapısının Kırmızı kahverengi Akdeniz toprağı
- Kapaam mahallesinin toprak yapısının Koluviyal toprak, Kırmızı kahverengi Akdeniz toprağı ve kahverengi orman topraklarının karşımı
- Öksüzler mahallesinde Koluviyal toprak ve kırmızı kahverengi Akdeniz toprağı
- Kuyumcular köyü koluviyal, Aluviyal ve kırmızı kahverengi Akdeniz toprağı olduğu anlaşılmaktadır. Bu topraklar hakkında genel bilgiler aşağıda verilmektedir.

Kahverengi orman toprakları; içeriği kiree zengin kil taşları, mikasistler ve gnaystan oluşur, potasyumca zengindir.

Aluviyal topraklar; kil ve taşındığı format içeriklidir, fosfor ve potasyumca zengindir.

Kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları; içeriği granit, muhtelif metamorfikler, kil taşı, kum taşı, kireç taşı ve konglomeradan oluşmaktadır.

Koluvyal topraklar; kireç taşı alanından yıkanmış kil içerikli bir topraktır ve potasyumca zengindir.

Tablolar 3.1 ve 3.2'den ve Şekiller 3.1 ve 3.2'den, örneklerin tamamı birbirleri ile karşılaştırıldığında, 1 numaralı örnek Çiğli, 2 numaralı rnek Kapaam ve 3 numaralı örnek kszl Mahallelerinden alınan toprak örneklerinin radyoaktivite seviyeleri birbirlerine çok yakındır. 4 numaralı örnek olan Kuyumcular köyü toprak örneğinin radyoaktivite seviyesi ise, diğer nden çok fazla olmasa da biraz farklı ve diğerlerinden yüksektir. Bütün örneklerdeki toplam alfa değerleri toplam beta değerlerinde yüksektir. İstasyonların fay hattı üzerinde olması sebebiyle ve bölgenin jeolojik durumu birlikte değerlendirildiğinde, toplam alfa radyoaktivitesinin ysek olması beklenen bir durumdur. Çünkü alışma alanı jeolojik yapısı Kuvaterner dönemine ait ayrılmamış Kuvaterner ve Orta Triyas-Kretase dönemlerine ait pelajik kireç taşı, radyolarit, rit, kırıntılar, volkanit vb. yer yer ofiyolit dilimler içeren sediment kayalarından oluşmaktadır. Bu kay türleri alfa parçacıklarının absorbe özelliğine sahiptir (Şahin, 2009). Mevsimsel olarak toprak örneklerinin radyoaktivite değerleri incelendiğinde; yaz mevsiminde alınan toprak örneklerinin radyoaktivite seviyeleri, kiş mevsiminde alınan toprak örneklerinin radyoaktivite seviyelerinden daha yüksektir. Bunun sebebi; kişin yağış ile birlikte toprağın suya doyması ve topraktaki kireç oranının azalması olabilir.

Küçükönder tarafından yapılan benzer çalışmada (Küçükönder,

2009); Kahramanmaraş il merkezi toprak örneklerinin, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri incelendiğinde, örneklerin toplam alfa radyoaktivite seviyeleri, $0,063 \pm 0,059$ Bq/kg ile $0,453 \pm 0,061$ Bq/kg değerleri arasında, toplam beta radyoaktivite seviyeleri ise, $0,136 \pm 0,035$ Bq/kg ile $0,950 \pm 0,072$ Bq/kg değerleri arasında değişmektedir. Bu değerleri çalışmamızla karşılaştırdığımızda; çalışmamızda ölçülen toplam alfa ve toplam beta değerleri çok daha yüksektir. Bunun nedeni, çalışma bölgemiz ana faydan oluşan tektonik bir bölge olması ve böylelikle fay zonlarındaki ana kayalardaki çatlaklar yardımıyla uranyum ve toryumun yeryüzüne taşınması daha da kolaylaştırır ve bu da toplam alfa ve beta radyoaktivite değerlerinin yüksek olmasına sebep olabilir.

Şahin tarafından yapılan bir başka benzer çalışmada Sivrice Fay zone üzerinde yapılmıştır (Şahin, 2009). Bu çalışmada da yaz ve kış mevsimlerinde topraktaki toplam alfa ve toplam beta değerleri tespit edilmiştir. Kış mevsiminde topraklarda ölçülen toplam alfa radyoaktivite değerlerinin 103 Bq/kg ile 412 Bq/kg arasında değiştiği, ölçülen toplam beta radyoaktivite miktarlarının ise 49 Bq/kg ile 353 Bq/kg arasında değiştiği bildirilmektedir. Yaz mevsimindeki topraklarda ölçülen toplam alfa radyoaktivite miktarı ise, 64 Bq/kg ile 315 Bq/kg ve ölçülen toplam beta radyoaktivite miktarı ise, 35 Bq/kg ile 137 Bq/kg arasında değiştiği bildirilmektedir. Şahin tarafından yapılan çalışma ile çalışmamızdaki sonuçların uyum olduğunu ve benzer şekilde, toplam alfa değerleri toplam beta değerlerinden genel olarak yüksek olduğu görülmektedir. Bu da çalışma alanlarının benzer şekilde fay zone üzerinde olmasından kaynaklanabilir. Şahin tarafından yapılan çalışmadaki toplam beta değerleri çalışmamıza kıyasla yüksek görülmektedir. Bunun sebebi de, çalışma alanlarının toprak ve kayaçlarının jeolojik yapısından ve atmosferik (Sıcaklık, basınç vb.) parametrelerden kaynaklanmış olabilir.

Yine benzer olarak Baykara tarafından Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zone Kesişim bölgelerinde yapılan çalışmada (Baykara,2005); Doğu Anadolu Fay zonunda alınan toprak örneklerinin toplam alfa radyoaktivite değerleri $17,3 \pm 4,7$ Bq/kg ile $888,3 \pm 23,8$ Bq/kg, toplam beta radyoaktivite değerleri ise temel seviye ile $121,6 \pm 4,2$ Bq/kg arasında; Kuzey Anadolu Fay Zonundan alınan toprak örneklerinin toplam alfa radyoaktivite değerleri $52,3 \pm 18,8$ Bq/kg ile $752,2 \pm 19,0$ Bq/kg arasında, toplam beta radyoaktivite değerleri $1,3 \pm 0,6$ Bq/kg ile $65,4 \pm 16,5$ Bq/kg arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerleri çalışmamızla karşılaştırdığımızda genel olarak sonuçlar uyumlu olmakla birlikte, toplam alfa ve beta radyoaktivite değerlerinin bazıları çalışmamızdan yüksek bazılarının değerleri düşüktür. Bunun nedeni çalışılan bölgelerdeki hava koşulları, sedimantasyon, filtreleme, emilme, yeraltı sularının hareketi sonucu oluşan

klmeler ve yüksek derecedeki toprak gözenekliliği gibi pek çok etkiye bağlı olabilir.

3.1.2. Toprak rneklerinin ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları

Örnekler içerisindeki ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklid konsantrasyonu ölçülürken uranyum ve toryum serileri içerisinden doğada en çok hangisi veya hangileri var ise, onun enerjisinde ölçüm yapılır. Bu doğrultuda, ^{238}U için, ^{238}U 'in bir bozunma ürünü olan ve doğada %45 bollukta bulunan ^{214}Bi 609 keV enerjisi, ^{232}Th için ise, ^{232}Th serisinin bir bozunma ürünü olan ve doğada %30,7 ile en yüksek bolluğa sahip ^{208}Tl ' in 583 keV enerjisi ve ^{40}K için ise, kendisinin 1460 keV enerjili gama ışınları kullanılmıştır.

Doğu Anadolu fay zonu uzanımında bulunan Gölbaşı (Adıyaman)-Türkoğlu (Kahramanmaraş) zerinde belirlenen 4 (dört) istasyondan yaz ve kış mevsimlerinde 4 (dört)'er adet olmak üzere toplam 8 (sekiz) adet toprak rneği alınmış olup; Tablo 3.3 ve Şekil 3.3'te yaz mevsiminde alınan toprak örneklerinin içerdiği ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları; Tablo 3.4 ve Şekil 3.4'te ise kış mevsiminde alınan toprak örneklerinin içerdiği ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları verilmektedir.

Tablo 3.3 Yaz mevsiminde alınan toprak rneklerinin ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları

rnek No	rnek Alınan Yer	Radyonüklid Konsantrasyonu(Bq/kg)		
		^{238}U	^{232}Th	^{40}K
1	Çiğli Mah.	113±15	77±9	418±38
2	Kapıçam Mah.	122±18	88±11	513±43
3	kszli Mah.	131±25	92±13	517±45
4	Kuyumcular Köyü	142±30	98±15	612±52

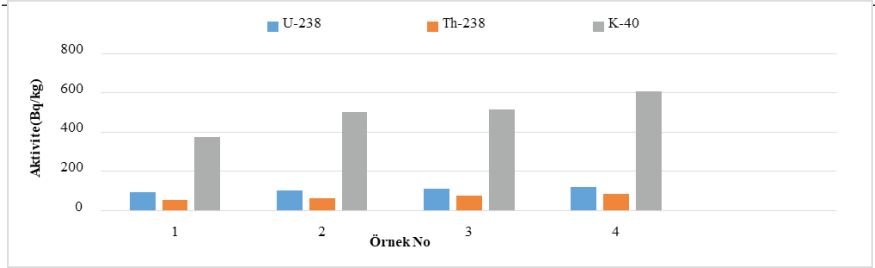
Şekil 3.3 Yaz mevsiminde alınan toprak rneklerinin ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları

Tablo 3.3'te yaz mevsiminde alınan toprak rneklerinin ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları incelendiğinde; en düşük ^{238}U konsantrasyonunun 113±15 Bq/kg değerisi ile Çiğli Mah. rneğinde, en yüksek ^{238}U konsantrasyonunun ise 142±30 Bq/kg değerisi ile Kuyumcular Köyü rneğinde; en düşük ^{232}Th konsantrasyonu 77±9 Bq/kg ile Çiğli Mahallesi rneğinde, en

yüksek ^{232}Th konsantrasyonu 98 ± 15 Bq/kg ile Kuyumcular köyü örneğinde olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, en düşük ^{40}K konsantrasyon değeri $418,0\pm38$ Bq/kg ile Çiğli Mah. Örneğinde, en yüksek ^{40}K konsantrasyon değeri 612 ± 52 Bq/kg ile Kuyumcular köyü örneğindedir.

Tablo 3.4 Kış mevsiminde alınan toprak örneklerinin ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları

Örnek No	Örnek Alınan Yer	Radyonüklid Konsantrasyonu(Bq/kg)		
		^{238}U	^{232}Th	^{40}K
1	Çiğli Mah.	93 ± 13	57 ± 5	375 ± 25
2	Kapıçam Mah.	102 ± 15	66 ± 6	502 ± 27
3	Öksüzlü Mah.	111 ± 16	75 ± 7	515 ± 29
4	Kuyumcular Köyü	122 ± 17	88 ± 8	609 ± 35



Şekil 3.4 Kış mevsiminde alınan toprak örneklerinin ^{218}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları

Tablo 3.4'te kış mevsiminde alınan toprak örneklerinin ^{218}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları incelendiğinde; en düşük ^{238}U konsantrasyonunun 93 ± 13 Bq/kg değeri ile Çiğli Mah. örneğinde, en yüksek ^{238}U konsantrasyonunun ise 122 ± 17 Bq/kg değeri ile Kuyumcular Köyü örneğinde; en düşük ^{232}Th konsantrasyonu 57 ± 5 Bq/kg ile Çiğli Mahallesi örneğinde, en yüksek ^{232}Th konsantrasyonu 88 ± 8 Bq/kg ile Kuyumcular köyü örneğinde olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, en düşük ^{40}K konsantrasyon değeri 375 ± 25 Bq/kg ile Çiğli Mah. örneğinde; en yüksek ^{40}K konsantrasyon değeri 609 ± 35 Bq/kg ile Kuyumcular köyü örneğindedir.

Literatürde; topraktaki ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K 'ın aktivite konsantrasyonlarının dünya ortalaması sırası ile; 25 Bq/kg, 25 Bq/kg ve 370 Bq/kg olarak verilmektedir (Liden ve Holm, 1985). Toprak örneklerindeki yaz ve kış mevsiminde ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları bu değerler ile karşılaştırıldığında; dünya ortalamasının üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Bunun sebebi, çalışma alanının ana fay hattı üzerinde olması ve toprak yapısından kaynaklanmış olabilir. Toprak örneklerinin ^{238}U konsantrasyon

değerlerinin ²³²Th konsantrasyonuna nazaran daha yüksek değere sahip olmasının temel sebebi, örneklerin çok derinliklerden alınamamasından olabilir. Yapılan bilimsel çalışmalarda, toprağın üst kısmının toryumdan ziyade daha fazla uranyum konsantrasyonuna sahip olduğu rapor edilmiştir (Hansen ve Stout, 1968). Mevsimsel olarak değişimler incelendiğinde; kiş mevsiminde, yaz mevsimine oranla bir miktar ölçülen değerlerde azalma görülmektedir. Bunun sebebi, kişin yağmur ve diğer hava olayları ile birlikte toprağın kireç bakımından bir miktar arınması olabilir.

Küçükönder tarafından yapılan benzer çalışmada (Küçükönder, 2009); Kahramanmaraş il merkezinden alınan toprak örneklerinde en düşük ²³⁸U konsantrasyonunun 2,320 Bq/kg değeri ile Pınarbaşı Köyü rneğinde, en yüksek ²³⁸U konsantrasyonunun ise 40,096 Bq/kg değeri ile Gaffarlı Köyü rneğinde olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra; en düşük ²³²Th konsantrasyonu 0,601 Bq/kg ile Hürriyet Mahallesi rneğinde, en yüksek ²³²Th konsantrasyonu ise 10,471 Bq/kg ile Gll Köyü rneğindedir. Bunlara ek olarak; 11,655 Bq/kg değeri ile Oruç Reis Mahallesi rneği en düşük ⁴⁰K konsantrasyonuna, 160,839 Bq/kg değeri ile Pınarbaşı Köyü rneği ise en yüksek ⁴⁰K konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir. Çalışmamızla llen aktivite değerlerini karşılaştırdığımızda; radyonüklidlerin değerlerinin çalışmamızdaki değerlerden çok daha küçük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, çalışma alanımızın ana fay üzerinde gerçekleşmiş olmasından kaynaklanmış olabilir. Çünkü ana fay üzerinde; uranyum ve toryumun yeryüzüne taşınması kayalardaki çatlaklar yardımıyla daha da kolaylaşabiliyor.

Yine benzer olarak Baykara tarafından Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zonu keşişim bölgelerinde yapılan çalışmada (Baykara, 2005); ²³⁸U aktivitesi $251,1 \pm 47,5$ Bq/kg ile $12,4 \pm 2,2$ Bq/kg arasında, ²³²Th aktivitesi $195,5 \pm 28,5$ Bq/kg ile $14,1 \pm 1,4$ Bq/kg arasında ve ⁴⁰K aktivitesi ise $963,1 \pm 62,6$ Bq/kg ile $183,3 \pm 16,4$ Bq/kg arasında değiştiği görülmektedir. Çalışmamızdaki değerler ile karşılaştırdığımızda, sonuçlar genel olarak uyumlu olmakla birlikte, bazı değerlerin yüksek bazı değerlerin ise çalışmamızdan düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi jeolojik ve toprak yapısının farklılıklarından olabilir. Aynı zamanda, çalışılan bölgelerdeki hava koşulları, sedimantasyon, filtreleme, emilme atmosferik parametrelerden kaynaklanmış olabilir. Baykara tarafından yapılan çalışmada da, bizim çalışmamızla benzer olarak radyonüklidlerin ortalama aktivite değerleri dünya ortalamasının üzerinde çıkmıştır. Bu durum, çalışma alanlarının ana faydan oluşan tektonik bir bölge olması ve böylelikle fay zonlarındaki ana kayalardaki çatlaklar yardımıyla uranyum ve toryumun yeryüzüne taşınması daha da kolaylaşması sebebiyle olmuş olabilir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu bölümde, elde edilen sonuçlar olabildiğince öz açık bir şekilde verilmiştir. Aynı zamanda, çalışma ile ilgili olduğu düşünülen konuları da dikkate alarak sonraki çalışmalara yol gösterici olması açısından “öneriler” bu bölüme yazılmıştır.

Yaz mevsiminde alınan toprak örneklerinin, toplam alfa radyoaktivite seviyeleri 231 ± 16 Bq/kg ile 305 ± 15 Bq/kg değerleri arasında, toplam beta radyoaktivite seviyeleri ise, 25 ± 3 Bq/kg ile 50 ± 4 Bq/kg değerleri arasında değişmektedir. En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesinin 305 ± 15 Bq/kg değeri ile Kuyumcular Köyü örneğinde; en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesinin ise, 231 ± 16 Bq/kg değeri ile Çiğli Mah. örneğinde tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra, en yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesi 50 ± 4 Bq/kg değeri ile Kuyumcular köyü örneğinde; en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesi ise, 25 ± 3 Bq/kg değeri ile Çiğli mahallesi örneğinde tespit edilmiştir.

Kış mevsiminde alınan toprak örneklerinin, toplam alfa radyoaktivite seviyeleri 181 ± 15 Bq/kg ile 255 ± 15 Bq/kg değerleri arasında, toplam beta radyoaktivite seviyeleri ise, 20 ± 3 Bq/kg ile 45 ± 4 Bq/kg değerleri arasında değişmektedir. En yüksek toplam alfa radyoaktivite seviyesinin 255 ± 15 Bq/kg değeri ile Kuyumcular Köyü örneğinde; en düşük toplam alfa radyoaktivite seviyesinin ise, 181 ± 16 Bq/kg değeri ile Çiğli Mah. örneğinde tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra, en yüksek toplam beta radyoaktivite seviyesi 45 ± 4 Bq/kg değeri ile Kuyumcular köyü örneğinde; en düşük toplam beta radyoaktivite seviyesi ise, 20 ± 3 Bq/kg değeri ile Çiğli mahallesi örneğinde tespit edilmiştir.

Örneklerin tamamı birbirleri ile karşılaştırıldığında; Çiğli, Kapıçam ve Öksüzlü Mahallelerinden alınan toprak örneklerinin radyoaktivite seviyeleri birbirlerine çok yakın iken, 4 numaralı örnek olan Kuyumcular köyü toprak örneğinin radyoaktivite seviyesi ise, diğer üçünden çok fazla olmasa da biraz farklı ve diğerlerinden yüksektir. Bütün örneklerdeki toplam alfa değerleri toplam beta değerlerinde yüksektir. İstasyonların fay hattı üzerinde olması sebebiyle ve bölgenin jeolojik durumu birlikte değerlendirildiğinde, toplam alfa radyoaktivitesinin yüksek olması beklenen bir durumdur. Çünkü çalışma alanı jeolojik yapısı Kuvaterner dönemine ait ayrılmamış Kuvaterner ve Orta Triyas-Kretase dönemlerine ait pelajik kireç taşı, radyolarit, çörit, kırıntılar, volkanit vb. yer yer ofiyolit dilimler içeren sediment kayalardan oluşur. Bu kayaç türleri alfa parçacıklarını absorbe özelliğine sahiptir (Şahin, 2009). Mevsimsel olarak toprak örneklerinin radyoaktivite değerleri incelendiğinde; yaz mevsiminde alınan toprak örneklerinin radyoaktivite seviyeleri kış mevsiminde alınan toprak

rneklerinin radyoaktivite seviyelerinden daha yüksektir. Bunun sebebi; kışın yağış ile birlikte toprağın suya doyması ve topraktaki kireç oranının azalması olabilir.

Yaz mevsiminde alınan toprak rneklerinin ^{218}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları incelendiğinde; en düşük ^{238}U konsantrasyonunun 113 ± 15 Bq/kg değeri ile Çiğli Mah. rneğinde, en yüksek ^{238}U konsantrasyonunun ise 142 ± 30 Bq/kg değeri ile Kuyumcular Köyü rneğinde; en düşük ^{232}Th konsantrasyonu 77 ± 9 Bq/kg ile Çiğli Mahallesi rneğinde, en yüksek ^{232}Th konsantrasyonunun 98 ± 15 Bq/kg ile Kuyumcular köyü örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, en düşük ^{40}K konsantrasyon değeri $418,0\pm 38$ Bq/kg ile Çiğli mahalleleri örneğinde, en yüksek ^{40}K konsantrasyon değeri 612 ± 52 Bq/kg ile Kuyumcular köyü rneğindedir.

Kış mevsiminde alınan toprak rneklerinin ^{218}U , ^{232}Th ve ^{40}K konsantrasyonları incelendiğinde; en düşük ^{238}U konsantrasyonunun 93 ± 13 Bq/kg değeri ile Çiğli Mah. rneğinde, en yüksek ^{238}U konsantrasyonunun ise 122 ± 17 Bq/kg değeri ile Kuyumcular Köyü rneğinde; en düşük ^{232}Th konsantrasyonu 57 ± 5 Bq/kg ile Çiğli mahallesi örneğinde, en yüksek ^{232}Th konsantrasyonu 88 ± 8 Bq/kg ile Kuyumcular köyü örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, en düşük ^{40}K konsantrasyon değeri 375 ± 25 Bq/kg ile Çiğli mahallesi örneğinde, en yüksek ^{40}K konsantrasyon değeri 609 ± 35 Bq/kg ile Kuyumcular köyü rneğindedir.

Topraktaki ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K 'ın aktivite konsantrasyonlarının dünya ortalaması sırası ile 25 Bq/kg, 25 Bq/kg ve 370 Bq/kg olarak verilmektedir (Liden ve Holm, 1985). Toprak örneklerinde yaz ve kış mevsiminde ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları bu değerler ile karşılaştırıldığında; dünya ortalamasının üzerinde olduğu anlaşılmıştır. Bunun sebebi olarak belirlenen istasyonların ana fay hattı üzerinde olması ve toprak yapısından kaynaklanabileceği sunucuna ulaşılmıştır.

Toprak rneklerinin ^{238}U konsantrasyon değerlerinin ^{232}Th konsantrasyonuna nazaran daha yüksek değere sahip olmasının temel sebebi, örneklerin çok derinliklerden alınamamasından olabileceği ve yapılan bilimsel çalışmalarda toprağın üst kısmının toryumdan ziyade daha fazla uranyum konsantrasyonuna sahip olduğu rapor edilmiştir (Hansen ve Stout, 1968). Mevsimsel olarak değişimler incelendiğinde; kış mevsiminde ölçülen değerlerde, yaz mevsimine oranla bir miktar azalma görülmektedir. Bunun sebebi, kışın yağmur ve diğer hava olayları ile birlikte toprağın kireç bakımından bir miktar arınması olabilir.

Yukarıda belirtildiği üzere, toprak örneklerinde belirlenen radyoaktivite seviyelerinin, standartlardan yüksek olması burada yaşayan halkın sağlığı ile ilgili riskli bir durum olabileceğini düşündürmektedir. Bu d-

şüncenin doğruluğunu saptayabilmek için bu bölgede tıbbi olarak araştırma yapılması gerekmektedir.

Bu ve literatürdeki diğer çalışmaların sonuçlarından anlaşılıyor ki; doğal radyasyona maruz kalmadan yaşamak mümkün değil, fakat doğal radyasyon ile kuşatılmış olmamız çok büyük riskler içerisinde olmamız anlamına da gelmemektedir. İnsanların yaşam ortamları ve beslenme alışkanlıkları maruz kalacakları dozu belirleyecektir. İnsan vücudunun nasıl ki doğada bulunan tüm elementlere ihtiyacı varsa belirli dozlarda doğal radyasyona da ihtiyacı vardır.

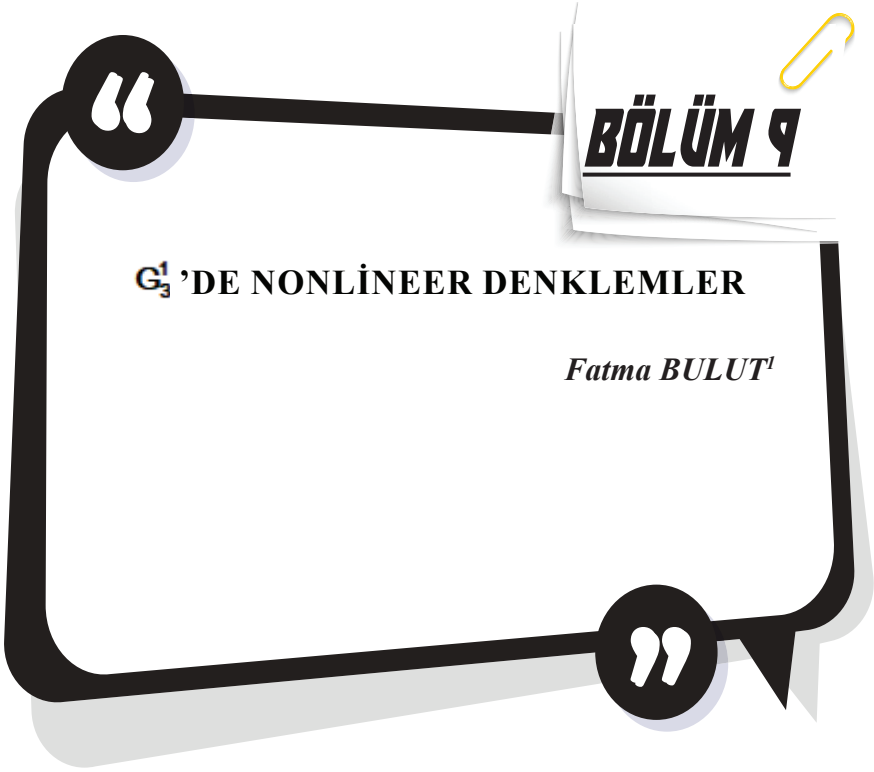
Her ne kadar bu çalışmada üzerinde durulmayan bir konu olsa da; doğal radyasyon düzeyine neredeyse %50 oranında katkıda bulunan radon gazı ile ilgili olarak da, insanoğlu önlemler almalıdır. İnsanlar, yaşadığı çevrede, özellikle zamanının çoğunu geçirdiği, ev ve işyerlerinde iyi bir havalandırma sağlayarak bulunduğu ortamdaki soluyacağı radon miktarını azaltabilir, kullandığı içme sularının filtrelenmesini sağlayarak su içerisindeki radyonüklidlerin vücuda alınmasını engelleyebilir.

Bu çalışmanın devamı olması açısından yapılabilecek çalışmalar kısaca şu şekilde sıralanabilir: Yeni istasyonlar belirlenerek fay zonu boyunca çalışma alanları genişletilebilir. Fay zonu üzerinde su örneklerinin de, toplam alfa ve beta ile radyonüklid konsantrasyonlarının seviyeleri tespit edilmelidir. Radon gazı ölçümlerini kapalı ortamlarda, özellikle insanların yaşamlarının en çok geçirdiği yerler belirlenerek o yerlerde yapılabilir. Kahramanmaraş şehrinin bütün bölgelerinde topraktaki radon gazı seviyesi belirlenerek şehrin radon haritası çıkarılabilir. Bu harita doğrultusunda şehir planlaması yapılmalıdır. Evler yapılmadan önce topraktaki radon miktarları ölçülmelidir ve gerekli önlemler alınmalıdır. Havadaki gama ölçümleri yapılmalıdır. Fay zonu çevresinde yetişen meyve ve sebze örneklerinde radyoaktivite seviyesi belirlenebilir. Ayrıca fay zonuna yakın bölgede yaşayan insanların istatistiki olarak kanser vakalarını analiz edecek çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Alkan, H., (1989). İstanbul İçme Suyu Kaynaklarının Kirlilik Analizleri, Radyoaktivite ve Ağır Metal Kirliliği, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Aydın, M.F., (2016). *Adıyaman Şehir merkezinin doğal radyoaktivite düzeyinin belirlenmesi*. Doktora Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 152s.
- Baykara, O., (2005). *Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay hatlarının keŐiŐim bölgesindeki doğal radyoaktivite tayini*. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ. 82s.
- Canbazoğlu, C., Doğru, M., Yalçın, M., Baykara, O. ve Külahcı, F., (2000). Elazığ İli İçme ve Kullanma Sularındaki Toplam Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Belirlenmesi, F.. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 12, 2, 125-133.
- Canbazoğlu, C., (2004). *Elazığ yöresinde doğal radyoaktivite tayini*. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ. 143s.
- am, H., (2011). *Kahramanmaraş sır baraj göletinde doğal radyoaktivitenin belirlenmesi ve elemental analiz*. Doktora Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 129s.
- ÇED, (2006). Kahramanmaraş ili evre Durum Raporu, Kahramanmaraş Valiliği il ve evre Orman Müdürlüğü, Kahramanmaraş.
- Değerlier, M., (2007). *Adana ili ve çevresinin çevresel doğal radyoaktivitesinin saptanması ve doğal radyasyonların yıllık etkin doz eŐdeđerinin bulunması*. Doktora Tezi. ukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 175s.
- Doğru, M., Canbazoğlu, C., Şahin, S., (2002). Determination of The Gross Alpha and Beta Radioactivity in Kangal Curative Water, Sivas-Turkey, Balkan Physics Letters, 10, 3, 130-134.
- Doğru, M. ve Canbazoğlu, C., (2002). Natural Gross Radioactivity in Various Surface and Tap Waters in Elazığ, Turkey, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 254, 2, 379-382.
- Hansen, R.O. ve Stout, P.R., (1968). Isotopic distribution of uranium in soils, Soil Sci., 105, 44-50.
- IAEA , (1996). International Atomic Energy Agency, "Radiation Safety", IAEA Division of Public Information, 96-00725, IAEA/PI/A47E.
- Karahan, G., (1997). *İstanbul'un evresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz EŐdeđerini*. Doktora Tezi. İstanbul.118s.
- Küçükönder, E., (2009). *Kahramanmaraş yöresinde doğal radyoaktivitenin tayini*. Doktora Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 69s.

- Külahcı, F., (2005). *Keban baraj gölü uluova kesiminin doğal radyoaktivitesinin belirlenmesi*. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ. 124s.
- Liden, K. ve Holm, E., (1985). Measurement and Dosimetry of Radioactivity in the Environment, in the Dosimetry of Ionizing Radiation, Vol. 1, K.R. Kase, B.E. Bjarngard and F.H. Attix, eds., Academic Press, Orlando.
- Littlemore Scientific Engineering (ELSEC), (1994). 7286 Low Level Alpha Counter User Manual. Railway Lane, Littlemore, Oxford OX4 4PZ, UK.
- MTA, (2002). 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Hatay Paftası Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Editör: Mustafa ŞENEL. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/HATAY.pdf>. (Erişim tarihi: 05.05.2018).
- MTA, (2012). 1/2500.000 ölçekli Türkiye Diri fay Haritası Serisi GAZİANTEP (NJ 37-9) PAFTASI, SERİ NO: 38; Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü; Emre, Ö., Duman, T.Y., Olgun, Ş., Elmacı, H. ve Özalp, S.; Ankara; Türkiye. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/yenilenmis_diri_fay_haritalari/gaziantep.pdf. (Erişim tarihi:06.05.2018).
- Ne Technology Limited, (1994). Instruction Manual for Windowless Scintillation Counter (Type 6001). Bath Road, Beenham, Reading, Berkshire RG7 5PR, England.
- Niewiadomski, T., Koperski, J., Ryba, E., (1982). Natural Radiation in Poland and its Disturbance in An Urban Environment, Health Physics, Vol. 38.
- Şahin, S., (2009). *Sivrice fay zonundaki radon değişimi ve doğal radyoaktivite*. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ. 107s.
- Tuncer, S.,(1991). *Çeşitli İçme Sularında Radyoaktivite Seviyelerinin Tayini*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- (URL~1). <https://www.afad.gov.tr/kbrn/radyasyon-kaynaklari>. (Erişim tarihi: 10.10.2018).
- (URL~2).https://www.haritatr.com/kuyumcular-koyu-haritasi-m80fd#google_vignette. (Erişim tarihi: 18.11.2018).
- (URL~3).<https://www.haritatr.com/harita/Oksuzlu/97485>. (Erişim tarihi: 18.11.2018).
- (URL~4) <https://kmhesaplama.com/maras/dulkadiroglu/kapicam-haritasi/>. (Erişim tarihi: 18.11.2018)
- (URL~5),<https://www.koylerim.com/dulkadiroglu-cigli-koyu-312063h.htm>. (Erişim tarihi: 18.11.2018).



ÖNSÖZ

Son iki yüzyılda çeşitli yeni geometriler keşfedildi. A. Cayley ve F. Klein tarafından farklı geometrilerin mümkün olduğu ifade edilmiştir. Bu geometrilerin içinde Galile ve Pseudo Galile geometrileri de vardır. Bu keşfedilen geometrilerin Fizikte ve Matematikteki önemi son yıllarda artmıştır.

1802 yılında Lancret tarafından, teğet vektörü sabit bir doğrultu ile sabit açı yapan eğrilere helis denir olarak tanımı yapılmıştır. Helisin tanımına birçok yönüyle benzeyen, yeni bir helis çeşidi olan slant helisin tanımı: Eğrinin normal vektör alanı sabit doğrultuyla sabit açı yapan eğri olarak tanımlanır.

Bu kitap bölümümüzde, 3-boyutlu Pseudo-Galilean uzayında equiform Frenet çatısına göre k -tip slant helislerin nonlinear diferansiyel denklemleri verilmiş ve teoremler ispatlanmıştır. Sonuçlar verildikten sonra kaynaklar yazılmıştır.

SİMGELER DİZİNİ

E^n	n-boyutlu Öklid uzay
G_3	Galilean uzay
G_3^1 :	Pseudo-Galilean uzay
I_3^1, I_3^2	İzotropik uzaylar
w :	ideal düzlem
f :	w ideal düzlemde bir doğru
τ	Burulma
κ	Eğrilik
\dot{p}	Equiform Eğrilik
ζ	Equiform Burulma
V	Vektör uzayı
M_i	Öklid uzayında i-yinci Frenet vektörü
$\langle \cdot, \cdot \rangle$	İç çarpım
\times	Vektörel çarpım
$\ \cdot \ $	Norm
U'	U vektörünün s parametresine göre diferansiyeli
$T, N, B,$	G_1^3 Pseudo-Galilean uzayında Frenet vektörleri

GİRİŞ

Uzay geometrisi matematiksel grup ile birleşmelidir. Dönüşüm grubu altında geometrinin değişmezliği fikri, bazı maksimum simetri uzaylarında eylemsizlik sistemleri arasındaki dönüşümler altında yerçekimi olmaksızın fiziksel yasaların değişmezliğini gerektiren görelilik ilkesini ima eder [3]. I_3^1 , I_3^2 izotropik uzayların equiform diferansiyel geometride eğrilik ve sabit eğrilik teorisi ve G_3 Galilean uzayı, sırasıyla Pavkovic ve Kamenarovic tarafından 1987 de tanımlanmıştır. Pseudo-Galilean uzayı reel Calley-Klein uzaylarından biridir ve Pavkovic'e göre, projektif işareti $(0, 0, +, -)$ dir [4]. Diferansiyel geometride, Arslan ve West, $AW(k)$ -tipi altmanifoldlar kavramını tanımlamışlardır. O zamandan beri $AW(k)$ -tipi altmanifoldlar ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır [7–12]. Referans [11] da Özgür ve Gezgin $AW(k)$ -tipi bir Bertrand eğrisi üzerinde çalıştılar ve ayrıca $AW(1)$ - ve $AW(3)$ -tipi Bertrand eğriler ancak ve ancak sağ dairesel bir helis ise böylesi eğrilerin olmadığını gösterdiler. Ayrıca, [8–10] da, 3-boyutlu Galilean uzayı ve Lorentz uzayında $AW(k)$ - tipi eğriler incelenmiştir. Külahçı ve Ergüt tarafından E^n 'de $AW(k)$ -tipi eğrilerle ilgili eğrilik koşulları ve karakterizasyonlar verilmiştir ve Yoon, 3- boyutlu sıfır(null) konisinde $AW(k)$ -tipi eğrileri araştırmıştır.

Ali, Lopez ve Turgut, k -tip slant helisler üzerine çalışmışlar ve k -tip slant helisleri tanımlamışlardır. Yılmaz ve Bektaş [18]'da 4-boyutlu Öklid uzayında (k, m) -tipi slant helisleri tanımladılar. [19] 'da Bulut ve Bektaş spacelike eğrilerin k -tipi ve (k, m) -tipi slant helislerin equiform geometrisinde çalışıp ispatlarını yapmışlardır.

Üç boyutlu Pseudo Galilean uzayında equiform Frenet çatısına göre k -tip slant helislerin nonlinear diferansiyel denklemleri verilmiş ve teoremler ispatlanmıştır. Diferansiyel geometrinin fazlaca ele alınıp ortaya çalışmalar konulan bu kavramlar ileriye dönük bilimsel çalışmalar için yeni teorilerin literatüre eklenmesi açısından önemli ve kayda değerdir.

2. PSEUDO-GALİLEAN UZAYI NEDİR?

Pseudo-Galilean geometrik sistemi, $(0,0,+,-)$ şeklinde işareti belirlenen (projektif) Cayley-Klein geometri sisteminin içerisinde yer alır. Pseudo-Galilean geometrik sisteminin ana unsuru $\{w, f, I\}$ üçlüsüdür. Bu ifadede w ideal düzlemi, ideal düzlemde yer alan bir doğruyu f ve w ifade ederken I ise f de bulunan noktaların sabit hiperbolik involusyonudur [2]. Pseudo-Galilean uzayındaki hareket grubuna göre izotropik olmayan A vektörü $A(A_1, A_2, A_3)$ vardır. Burada $(A_1 \neq 0)$ dır. Bütün izotropik olmayan birim vektörler $A(1, A_2, A_3)$ formundadır [2]. Pseudo-Galilean uzayındaki hareket grubuna göre izotropik olan A vektörü $A(A_1, A_2, A_3)$ vardır. Burada $(A_1 = 0)$ dır [2]. Pseudo-Galilean uzayı dört tip izotropik vektör içerir:

Spacelike $(A_1 = 0, A_2^2 - A_3^2 > 0)$, timelike $(A_1 = 0, A_2^2 - A_3^2 < 0)$ ve iki tip lightlike vektör $(A_1 = 0, A_2^2 = \pm A_3^2)$ [2]. G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında lightlike olmayan bir $A(A_1, A_2, A_3)$ izotropik vektörü göz önüne alınsın. Eğer $A_2^2 - A_1^2 \neq 1$ sonucu çıkması durumunda bu A vektörü birim vektörü şeklinde adlandırılır [2]. G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında iki vektörün skaler çarpımı şu şekilde tanımlanmıştır [2]. $w = (w_1, w_2, w_3)$ ve $n = (n_1, n_2, n_3)$ olmak üzere

$$\langle w, n \rangle = \begin{cases} w_1 n_1 & \text{eğer } w_1 \neq 0 \text{ yada } n_1 \neq 0, \\ w_2 n_2 - w_3 n_3, & \text{eğer } w_1 = 0 \text{ ve } n_1 = 0. \end{cases}$$

G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında bir $A(A_1, A_2, A_3)$ vektörünün normu

$$\|A\| = \left\{ \begin{array}{ll} A_1 & A_1 \neq 0 \\ \sqrt{|A_2^2 - A_3^2|} & A_1 = 0 \end{array} \right\}.$$

G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında bulunan iki adet non-izotropik vektör $w(1, A_2, A_3)$ ve $n(1, B_2, B_3)$ olsun. Bu non-izotropik vektörler arasında bulunan açının ölçüsü bu iki vektörlerin farkının uzunluğu bulunarak tanımlanır ve

$$m(w, n) = \sqrt{|(B_2 - A_2)^2 - (B_3 - A_3)^2|}$$

şeklinde gösterilir [2].

$A, B \in G_1^3$, $A \neq B$ iki reel nokta olmak üzere
 $A(A_1, A_2, A_3), B(B_1, B_2, B_3)$ için
 $d : G_3^1 \times G_3^1 \rightarrow \mathbb{R}$ olmak üzere

$$(A, B) \rightarrow d(A, B) = \left\{ \begin{array}{l} |B_1 - A_1|, \quad A_1 \neq B_1 \\ \sqrt{|(B_2 - A_2)^2 - (B_3 - A_3)^2|}, \quad A_1 = B_1 \end{array} \right\}$$

olarak tanımlanan d fonksiyonuna G_1^3 Pseudo-Galilean uzayındaki uzaklık fonksiyonu ve $d(A, B)$ reel sayısına da $A, B \in G_1^3$ noktaları arasındaki uzaklık denir [2]. $\gamma(s) : I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow G_3^1$ kabul edilebilir (admissible) bir eğri için; eğriliği $\kappa(s)$ ve burulması $\tau(s)$ nin tanımları

$$\kappa(s) = \frac{\sqrt{|\dot{y}(s)^2 - \dot{z}(s)^2|}}{(\dot{x}(s))^2}, \quad \tau(s) = \frac{\ddot{y}(s)\ddot{z}(s) - \ddot{y}(s)\ddot{z}(s)}{|\dot{x}(s)|^5 \cdot \kappa^2(s)} \quad (2.3)$$

halinde ifade edilir. Dolayısıyla $\gamma : I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow G_3^1$ geçerli bir eğri için; s parametresi yay uzunluğu ve diferansiyel form $ds = dx$ olmak üzere

$$\gamma(s) = (x, y(x), z(x)) \quad (2.4)$$

olarak verilir. (2.3) formülleri aşağıdaki forma sahiptir[3]:

$$\kappa(s) = \kappa(x) = \frac{\sqrt{|y''(x)^2 - z''(x)^2|}}{\kappa^2(x)}, \quad \tau(x) = \frac{y''(x)z'''(x) - y'''(x)z''(x)}{\kappa^2(x)} \quad (2.5)$$

Bu üç düzlemle ilişkilidir:

$$\begin{aligned} e_1 &= \gamma'(x) = (1, y'(x), z'(x)), \\ e_2 &= \frac{1}{\kappa(x)} \gamma''(x) = \frac{1}{\kappa(x)} (0, y''(x), z''(x)), \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$e_3 = \frac{1}{\kappa(x)}(0, \varepsilon z''(x), \varepsilon y''(x)).$$

Burada $\varepsilon = +1$ veya $\varepsilon = -1$ ve $\det(e_1, e_2, e_3) = 1$ kriterine sahiptir, yani $|y''(x)^2 - z''(x)^2| = \varepsilon(y''(x)^2 - z''(x)^2)$. Eğer $e_2(s)$ vektörü spacelike (aralıklı timelike) ise (2.4) te verilen γ eğrisi timelike (aralıklı spacelike) dir. Asli normal vektör veya basit normal vektör eğer $\varepsilon = +1$ ise spacelike ve eğer $\varepsilon = -1$ ise timelike vektördür. e_1 teğet, e_2 normal ve e_3 binormal vektör alanlarının türevleri, aşağıdaki G_3^1 'teki Frenet formüllerini sağlar:

$$\begin{aligned} e_1'(x) &= \kappa(x)e_2(x) \\ e_2'(x) &= \tau(x)e_3(x) \\ e_3'(x) &= \tau(x)e_2(x) \end{aligned} \quad (2.7)$$

O halde (2.7) bağıntılarından, $\gamma'''(s) = \kappa'e_2 + \kappa\tau e_3$ denklemi elde edilir.

Equipform geometrisinde birkaç spesifik terim tanımlanacaktır. $\gamma(s) : I \rightarrow G_3^1$ Pseudo-Galilean uzayında tanımlanmış kabul edilebilir bir eğri olsun ve γ equipform parametresi tarafından tanımlansın[3].

$$\sigma := \int \frac{1}{\rho} ds = \int \kappa ds.$$

Burada $\rho = \frac{1}{\kappa}$ γ eğrisinin eğrilik yarıçapıdır. O halde

$$\frac{ds}{d\sigma} = \rho \quad (2.8)$$

elde ederiz. h merkezi başlangıç noktası ve uygun μ değeri olan bir homoteti olsun. $\bar{\gamma} = h(\gamma)$ alırsak

$$\bar{s} = \mu s \text{ ve } \bar{\rho} = \mu \rho$$

eşitlikleri elde edilir. Burada \bar{s} , $\bar{\gamma}$ nin yay uzunluğu parametresi $\bar{\rho}$ bu eğrinin eğrilik yarıçapıdır. κ ve τ fonksiyonları homoteti grubunun

invariantları(değişmezleri) değildir o halde (2.3) ten $\bar{\kappa} = \frac{1}{\mu} \kappa$ ve

$$\bar{\tau} = \frac{1}{\mu}.$$

Şimdi γ eğrisinin Frenet formüllerini σ invariant parametresine göre G_3^1 uzayında tanımlayacağız [3].

$$T = \frac{d\gamma}{d\sigma}.$$

vektörü γ eğrisinin tanjant vektörüdür ve

$$T = \frac{d\gamma}{ds} \frac{ds}{d\sigma} = \rho \frac{d\gamma}{ds} = \rho e_1 \quad (2.9)$$

yazabiliriz. Ayrıca asli normal ve binormal vektörler sırasıyla,

$$N = \rho e_2, \quad B = \rho e_3 \quad (2.10)$$

şeklinindedir. $\{T, N, B\}$ üçlünün equiform invariant çatı olduğunu göstermek kolaydır. Öte yandan bu vektörlerin σ ya göre türevleri (2.7) bağıntılarını kullanırsak

$$T' = \frac{dT}{d\sigma} = \frac{d}{d\sigma}(\rho e_1) = \frac{d}{ds}(\rho e_1) \frac{ds}{d\sigma} = (\rho' e_1 + \rho e_1') \rho = \rho' T + N = \dot{\rho} T + N$$

$$N' = \frac{dN}{d\sigma} = \frac{d}{d\sigma}(\rho e_2) = \frac{d}{ds}(\rho e_2) \frac{ds}{d\sigma} = (\rho' e_2 + \rho e_2') \rho = \rho' N + \rho \tau (e_3 \rho) = \rho' N +$$

$$B' = \frac{dB}{d\sigma} = \frac{d}{d\sigma}(\rho e_3) = \frac{d}{ds}(\rho e_3) \frac{ds}{d\sigma} = (\rho' e_3 + \rho e_3') \rho = \rho' B + \rho \tau (e_2 \rho) = \rho' B + \rho$$

matrisel formu

$$\begin{bmatrix} T \\ N \\ B \end{bmatrix}' = \begin{bmatrix} \dot{\rho} & 1 & 0 \\ 0 & \dot{\rho} & \rho\tau \\ 0 & \rho\tau & \dot{\rho} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T \\ N \\ B \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

şekindedir. $\kappa : I \rightarrow R$ fonksiyonu, $\kappa = \dot{\rho}$ şeklinde tanımlı γ eğrisinin equiform eğriliği olarak adlandırılır.

$\zeta : I \rightarrow \square$, $\zeta = \rho\tau \rightarrow \frac{\tau}{\kappa} = \frac{\rho}{\dot{\rho}} \rightarrow \frac{\tau}{\kappa} = \frac{\rho}{\kappa}$ olarak tanımlı fonksiyon γ eğrisinin equiform burulması olarak adlandırılır. Bunun ışığında (2.11) formülünde G_3^1 equiform geometrisindeki, Frenet formülleri aşağıdaki gibidir.

$$\begin{bmatrix} T \\ N \\ B \end{bmatrix}' = \begin{bmatrix} \kappa & 1 & 0 \\ 0 & \kappa & \zeta \\ 0 & \zeta & \kappa \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T \\ N \\ B \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

Kapalı eğriler için $\sigma = \int \kappa(s) ds$ equiform parametresi toplam eğrilik olarak adlandırılır. Öklid uzayının genel diferansiyel geometrisinde önemli bir rol oynar. Ayrıca $\frac{\tau}{\kappa}$ fonksiyonu konisel bir eğrilik olarak bilinmektedir[3].

3. G_3^1 'DE NONLİNEER DİFERANSİYEL DENKLEMLER

Tanım 3.1.1 G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında $\{M_1, M_2, M_3\}$ equiform Frenet çatısı ile verilen α birim hızlı bir regüler eğri olsun. α bir k -tip slant helis ise $U \in G_3^1$ sıfırdan farklı sabit vektör alanı olmak üzere $1 \leq k \leq 3$, $k \neq c$ için $\langle M_k, U \rangle = c$ (sabit) dir., $U \in G_3^1$ k -tip slant helis üzerinde bulunan sabit bir vektördür.

Teorem 3.1.1 α , G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında equiform Frenet çatısı $\{T, N, B\}$ ile verilen bir Frenet eğrisi olsun. α eğrisi, G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında I -tip slant helis ise, aşağıdaki doğrusal olmayan (nonlinear) diferansiyel denklemi elde edilir:

$$(y')^2 - 2y^2 y' + \zeta^2 (y^2 - \mu)^2 + y^4 = 0$$

burada $\mu = \text{sabit} = \frac{C^2}{c_1^2} - 1$ dir.

İspat Kabul edelim ki, G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında equiform Frenet çatısı $\{T, N, B\}$ ile verilen bir α Frenet eğrisi 1-tipi slant helis olsun ve U sıfır olmayan sabit bir yön olsun.

Eğer α eğrisi 1-tip slant helis ise G_3^1 de o halde

$$\langle T, U \rangle = c_1 = \text{sabit} \quad (3.1)$$

yazılabilir ve bu denklemin diferansiyellenebilir s fonksiyonuna göre türevi alındığında

$$\langle T', U \rangle = 0$$

olur. Buradan $\langle T', U \rangle = 0$ denkleminde (2.11)'teki Equiform Frenet denklemler yerine yazılırsa

$$\langle \dot{\rho}T + N, U \rangle = 0 \Rightarrow \dot{\rho} \underbrace{\langle T, U \rangle}_{c_1} + \langle N, U \rangle = 0$$

denklemini elde edilir. Burada

$$\begin{aligned} \langle N, U \rangle &= -c_1 \dot{\rho} \\ &= -c_1 \kappa \end{aligned} \quad (3.2)$$

olur. (3.2)'nin türevini alırsak

$$\langle N', U \rangle = -c_1 \kappa' \quad (3.3)$$

elde edilir. (2.11)'teki Equiform Frenet denklemler (3.3)'te yerine yazılırsa

$$\begin{aligned} \langle \kappa N + \zeta B, U \rangle &= -c_1 \kappa' \\ \kappa \underbrace{\langle N, U \rangle}_{-c_1 \kappa} + \zeta \langle B, U \rangle &= -c_1 \kappa' \\ -c_1 \kappa^2 + \zeta \langle B, U \rangle &= -c_1 \kappa' \\ \langle B, U \rangle &= \frac{-c_1}{\zeta} \kappa' + \frac{c_1}{\zeta} \kappa^2 \end{aligned} \quad (3.4)$$

elde edilir. Diferansiyellenebilir s fonksiyonuna göre $u_i = u_i(s)$ için $\{T, N, B\}$ equiform Frenet çatısına göre U 'nun bileşenlerinde bulunan sonuçlar yerine yazılarak

$$\begin{aligned} U &= u_1 T + u_2 N + u_3 B \\ u_1 &= \langle T, U \rangle = c_1 \\ u_2 &= \langle N, U \rangle = -c_1 \kappa \\ u_3 &= \langle B, U \rangle = \frac{-c_1}{\zeta} \kappa' + \frac{c_1}{\zeta} \kappa^2 \end{aligned}$$

bulunur. Buradan U ' diferansiyellenebilir fonksiyonu

$$U = c_1 T + -c_1 \kappa N + \frac{-c_1}{\zeta} \kappa' + \frac{c_1}{\zeta} \kappa^2 B \quad (3.5)$$

elde edilir. (3.5) denkleminin her iki tarafını U ile iç çarpımına tabi tutarsak ;

$$\langle U, U \rangle = C^2 = \text{sabit olacağından}$$

$$C^2 = c_1^2 + c_1^2 \kappa^2 + \left(\frac{-c_1}{\zeta} \kappa' + \frac{c_1}{\zeta} \kappa^2 \right)^2 \quad (3.6)$$

elde edilir. (3.6) denkleminin her iki tarafını c_1^2 ile bölersek

$$\begin{aligned} \frac{C^2}{c_1^2} - 1 &= \kappa^2 + \left(\frac{-\kappa'}{\zeta} + \frac{\kappa^2}{\zeta} \right)^2 \\ \mu = \text{sabit} &= \frac{C^2}{c_1^2} - 1 \text{ olsun.} \\ \mu &= \kappa^2 + \frac{1}{\zeta^2} (\kappa^2 - \kappa')^2 \end{aligned}$$

olur. Düzenlersek

$$\begin{aligned} \zeta^2 \kappa^2 + (\kappa^2 - \kappa')^2 - \zeta^2 \mu &= 0 \\ (\kappa')^2 - 2\kappa^2 \kappa' + \kappa^4 + \zeta^2 \kappa^2 - \zeta^2 \mu &= 0 \end{aligned} \quad (3.7)$$

Nonlinear diferansiyel denklemi elde edilir. (3.7)'de $\kappa = y$ alınırsa

$$(y')^2 - 2y^2 y' + \zeta^2 (y^2 - \mu)^2 + y^4 = 0 \quad (3.8)$$

elde edilir.

Teorem 3.1.2 α , G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında equiform Frenet çatısı $\{T, N, B\}$ ile verilen bir Frenet eğrisi olsun. α eğrisi, G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında 2-tip slant helis ise, aşağıdaki doğrusal olmayan (nonlinear) diferansiyel denklemler elde edilir

$$1. \kappa^2 - \zeta^2 \mu_2 = 0$$

burada $\mu_2 = \text{sabit} = \frac{C^2}{c_2^2} - 1,$

$$2 \cdot (y')^2 - 2y' \frac{\kappa}{y} + \frac{\kappa^2}{y^2} - \kappa^2 \mu_2 = 0$$

burada $\mu_2 = \text{sabit} = \frac{C^2}{c_2^2} - 1$ dir.

İspat: Kabul edelim ki, G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında equiform Frenet çatısı $\{T, N, B\}$ ile verilen bir α Frenet eğrisi 2-tip slant helis olsun ve U sıfır olmayan sabit bir yön olsun.

Eğer α eğrisi 2-tip slant helis ise G_3^1 de o halde

$$\langle N, U \rangle = c_2 \quad (3.9)$$

sabit ve bu denklemin diferansiyellenebilir s fonksiyonuna göre türevi alındığında

$$\langle \dot{N}, U \rangle = 0$$

olur. Buradan $\langle N', U \rangle = 0$ denkleminde (2.11)'teki Equiform Frenet denklemler yerine yazılırsa

$$\langle \dot{\rho}N + \zeta B, U \rangle = 0 \quad (3.10)$$

elde edilir (3.10)'daki denklemleri düzenlersek

$$\begin{aligned} \dot{\rho} \underbrace{\langle N, U \rangle}_{c_2} + \zeta \langle B, U \rangle &= 0 \\ \dot{\rho} c_2 + \zeta \langle B, U \rangle &= 0 \end{aligned} \quad (3.11)$$

elde edilir. Yukarıdaki denklemlerden

$$\langle B, U \rangle = -\frac{\dot{\rho} c_2}{\zeta}$$

$$\langle B, U \rangle = -\frac{\kappa c_2}{\zeta} \quad (3.12)$$

olur burada (3.12)'nin türevini alırsak

$$\langle B', U \rangle = -\left(\frac{\kappa}{\zeta}\right)' c_2 \quad (3.13)$$

(2.12) denklemleri kullanılarak

$$\begin{aligned} \langle \kappa B + \zeta N, U \rangle &= -\left(\frac{\kappa}{\zeta}\right)' c_2 \\ \kappa \langle B, U \rangle + \zeta \underbrace{\langle N, U \rangle}_{c_2} &= -\left(\frac{\kappa}{\zeta}\right)' c_2 \\ \langle B, U \rangle &= \left(-\frac{\kappa}{\zeta}\right)' \frac{1}{\kappa} c_2 - \frac{\zeta}{\kappa} c_2 = -\frac{\kappa c_2}{\zeta} \end{aligned} \quad (3.14)$$

elde edilir. Diferansiyellenebilir s fonksiyonuna göre $u_i = u_i(s)$ için $\{T, N, B\}$ equiform Frenet çatısına göre U 'nun bileşenlerinde bulunan sonuçlar yerine yazılarak

$$\begin{aligned} U &= u_1 T + u_2 N + u_3 B \\ u_1 &= \langle T, U \rangle = 0 \\ u_2 &= \langle N, U \rangle = c_2 \\ u_3 &= \langle B, U \rangle = -\frac{\kappa c_2}{\zeta} \\ U &= c_2 N - \frac{\kappa c_2}{\zeta} B \end{aligned} \quad (3.15)$$

olur. (3.15) denkleminin her iki tarafını U ile iç çarpımına tabi tutarsak ;

$\langle U, U \rangle = C^2 = \text{sabit}$ olacağından

$$C^2 = c_2^2 + c_2^2 \frac{\kappa^2}{\zeta^2} \quad (3.16)$$

(3.16) denklemin her iki tarafını c_2^2 ile bölersek

$$\frac{C^2}{c_2^2} - 1 = \frac{\kappa^2}{\zeta^2}$$

$$\mu_2 = \text{sabit} = \frac{C^2}{c_2^2} - 1$$

olsun.

$$\mu_2 = \frac{1}{\zeta^2} (\kappa^2) \quad (3.17)$$

düzenlersek

$$\kappa^2 - \zeta^2 \mu_2 = 0 \quad (3.18)$$

denklemini elde edilir.

2.Durum

$$U = c_2 N - \left[\left(-\frac{\kappa}{\zeta} \right)' \frac{1}{\kappa} c_2 - \frac{\zeta}{\kappa} c_2 \right] B \quad (3.19)$$

ise (3.19)'un her iki tarafını U ile iç çarpımına tabi tutarsak ;

$$C^2 = c_2^2 \left[\left(-\frac{\kappa}{\zeta} \right)' \frac{1}{\kappa} - \frac{\zeta}{\kappa} \right]^2 + c_2^2 \quad (3.20)$$

bu denklemin her iki tarafını c_2^2 ile bölelim

$$\frac{C^2}{c_2^2} - 1 = \left[\left(-\frac{\kappa}{\zeta} \right)' \frac{1}{\kappa} - \frac{\zeta}{\kappa} \right]^2 \quad (3.21)$$

Burada $-\frac{\kappa}{\zeta} = y$ alınırsa ve $\mu_2 = \text{sabit} = \frac{C^2}{c_2^2} - 1$ sabit alınırsa ,

$$\begin{aligned} \left[y' \frac{1}{\kappa} - \frac{1}{y} \right]^2 - \mu_2 &= 0 \\ (y')^2 \frac{1}{\kappa^2} - 2y' \frac{1}{y \kappa} + \frac{1}{y^2} - \mu_2 &= 0 \\ (y')^2 - 2y' \frac{\kappa}{y} + \frac{\kappa^2}{y^2} - \kappa^2 \mu_2 &= 0 \end{aligned} \quad (3.22)$$

Nonlinear diferansiyel denklemi elde edilir. Dolayısıyla G_3^1 te 2-tip slant helis vardır.

Teorem 3.1.3 α , G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında equiform Frenet çatısı $\{T, N, B\}$ ile verilen bir Frenet eğrisi olsun. α eğrisi, G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında 3-tip slant helis ise, aşağıdaki doğrusal olmayan (nonlinear) diferansiyel denklemler elde edilir

$$1. \kappa^2 - \zeta^2 \mu_3 = 0$$

burada $\mu_3 = \text{sabit} = \frac{C^2}{c_3^2} - 1$,

$$2. (y')^2 + 2y' \frac{1}{y} + \frac{1}{y^2} - \kappa^2 \mu_3 = 0$$

burada $\mu_3 = \text{sabit} = \frac{C^2}{c_3^2} - 1$ dir.

İspat: Kabul edelim ki, G_3^1 Pseudo-Galilean uzayında equiform Frenet çatısı $\{T, N, B\}$ ile verilen bir α Frenet eğrisi 3-tip slant helis olsun ve U sıfır olmayan sabit bir yön olsun.

Eğer α eğrisi 3-tip slant helis ise G_3^1 de o halde

$$\langle B, U \rangle = c_3 \quad (3.23)$$

sabit ve bu denklemin diferansiyellenebilir s fonksiyonuna göre türevi alındığında

$$\langle B', U \rangle = 0$$

olur. Buradan $\langle B', U \rangle = 0$ denkleminde (2.11)deki Equiform Frenet denklemler yerine yazılırsa

$$\langle \dot{\rho}B + \varsigma N, U \rangle = 0 \quad (3.24)$$

elde edilir (3.24)deki denklemi düzenlersek

$$\begin{aligned} \dot{\rho} \underbrace{\langle B, U \rangle}_{c_3} + \varsigma \langle N, U \rangle &= 0 \\ \dot{\rho}c_3 + \varsigma \langle N, U \rangle &= 0 \end{aligned} \quad (3.25)$$

elde edilir. Yukarıdaki denklemlerden

$$\begin{aligned} \langle N, U \rangle &= -\frac{\dot{\rho}c_3}{\varsigma} \\ \langle N, U \rangle &= -\frac{\kappa c_3}{\varsigma} \end{aligned} \quad (3.26)$$

Olur. Dolayısıyla G_3^1 'te 3-tip slant helis vardır.
Burada (3.26)'nın türevini alırsak

$$\langle N', U \rangle = -\left(\frac{\kappa}{\zeta}\right)' c_3 \quad (3.27)$$

(2.12) denklemleri kullanılarak

$$\begin{aligned} \langle \kappa N + \zeta B, U \rangle &= -\left(\frac{\kappa}{\zeta}\right)' c_3 \\ \kappa \langle N, U \rangle + \zeta \underbrace{\langle B, U \rangle}_{c_3} &= -\left(\frac{\kappa}{\zeta}\right)' c_3 \\ \kappa \langle N, U \rangle + \zeta c_3 &= -\left(\frac{\kappa}{\zeta}\right)' c_3 \\ \langle N, U \rangle &= -\frac{\zeta}{\kappa} c_3 - \frac{1}{\kappa} \left(\frac{\kappa}{\zeta}\right)' c_3 \end{aligned} \quad (3.28)$$

elde edilir. Diferansiyellenebilir s fonksiyonuna göre $u_i = u_i(s)$ için $\{T, N, B\}$ equiform Frenet çatısına göre U 'nun bileşenlerinde bulunan sonuçlar yerine yazılarak

$$\begin{aligned} U &= u_1 T + u_2 N + u_3 B \\ u_1 &= \langle T, U \rangle = 0 \\ u_2 &= \langle N, U \rangle = -\frac{\kappa c_3}{\zeta} = -\frac{\zeta}{\kappa} c_3 - \frac{1}{\kappa} \left(\frac{\kappa}{\zeta}\right)' c_3 \\ u_3 &= \langle B, U \rangle = c_3 \\ U &= -\frac{\kappa c_3}{\zeta} N + c_3 B \end{aligned} \quad (3.29)$$

(3.15) denkleminin her iki tarafını U ile iç çarpımına tabi tutarsak ;

$$\langle U, U \rangle = C^2$$

sabit olacağından

$$C^2 = c_3^2 \frac{\kappa^2}{\zeta^2} + c_3^2 \quad (3.30)$$

olur. (3.30) denkleminin her iki tarafını c_3^2 ile bölersek

$$\frac{C^2}{c_3^2} - 1 = \frac{\kappa^2}{\zeta^2}$$

$$\mu_3 = \text{sabit} = \frac{C^2}{c_3^2} - 1 \text{ tir.}$$

$$\mu_3 = \frac{1}{\zeta^2} (\kappa^2)$$

Düzenlersek

$$\kappa^2 - \zeta^2 \mu_3 = 0$$

denklemini elde edilir.

2.Durum

$$U = \frac{1}{\kappa} \left[-\frac{\zeta}{\kappa} - \frac{1}{\kappa} \left(\frac{\kappa}{\zeta} \right)' \right] c_3 N + c_3 B$$

ise (3.19)'un her iki tarafını U ile iç çarpımına tabi tutarsak ;

$$C^2 = \frac{1}{\kappa^2} \left[-\frac{\zeta}{\kappa} + \left(-\frac{\kappa}{\zeta} \right)' \right]^2 c_3^2 + c_3^2$$

Bu denklemin her iki tarafını c_3^2 ile bölelim

$$\frac{C^2}{c_3^2} - 1 = \frac{1}{\kappa^2} \left[-\frac{\zeta}{\kappa} + \left(-\frac{\kappa}{\zeta} \right)' \right]^2$$

Burada $-\frac{\kappa}{\zeta} = y$ alınırsa ve $\mu_3 = \text{sabit} = \frac{C^2}{c_3^2} - 1$ sabit alınırsa,

$$\begin{aligned} \left[-\frac{1}{y} + (-y)' \right]^2 - \kappa^2 \mu_3 &= 0 \\ (y')^2 + 2y' \frac{1}{y} + \frac{1}{y^2} - \kappa^2 \mu_3 &= 0 \end{aligned}$$

Nonlinear diferansiyel denklemi elde edilir.

SONUÇ

Bu bölümde üç boyutlu Pseudo Galilean uzayında equiform Frenet çatısına göre k-tip slant helislerin nonlinear diferansiyel denklemleri verildi ve teoremler ispatlandı.

KAYNAKLAR

- [1] Hacısalihoğlu HH, 1998. Diferansiyel Geometri. İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- [2] Divjak B, 1998. Curves in Pseudo Galilean Geometry. Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis, Sectio Math, (41): 117-128.
- [3] Saad MK, AbdelAzız HS, 2020. On The Equiform Differential Geometry of AW(K)-Type Curves in Pseudo-Galilean 3-Space. International Journal of Analysis and Applications, 18 (1): 1-15.
- [4] Pavković BJ, 1986. Equiform Geometry of Curves in the Isotropic Spaces I_3^1 and I_3^2 . RadJAZU. Zagreb.
- [5] Pavković BJ, Kamenarović I, 1987. The Equiform Differential Geometry of Curves in the Galilean Space G_3 . Glasnik Mat, 22 (42): 449-457.
- [6] Arslan K, West A, 1995. Product Submanifolds with Pointwise 3-Planar Normal Sections. Glasgow Math J, 37 (1) : 73-81.
- [7] Arslan K, Özgür C, 1999. Curves and Surfaces of AW(k) type Geometry and Topology of Submanifolds IX. World Scientific, 26-27 March 1997, France, s: 21-26.
- [8] Külahci M, Bektas M, Ergüt M. 2008. On Harmoni Curvatures of NullCurves of the AW(k)-type in Lorentzian Space. Zeitschrift für Naturforschung, A,63 (5-6): 248-252.
- [9] Külahci and M, Ergüt M, 2009. Bertrand Curves of AW(k)-type in Lorentzian Space. Nonlinear Anal, Theory Methods Appl, (70): 1725-1731.
- [10] Külahci M, Öğrenmiş AO, Ergüt M, 2010. New Characterizations of Curves in the Galilean Space G_3 . Int J, Phys, Math. Sci. (1): 49-57.
- [11] Özgür C, Gezgin F, 2005. On Some Curves of AW(k)-type Differential Geometry Dynamical Systems. (7): 74-80.
- [12] Yoon D W, 2012. General Helices of AW(k)-Type in the Lie Group. J. Appl, Math, s:660-701.
- [13] Erjavec Z, Divjak B, 2008. The Equiform Differential Geometry of Curves in the Pseudo-Galilean Space. Math, Commun, (13): 321-332.
- [14] Erjavec Z, 2014. On Generalization of Helices in the Galilean and the Pseudo-Galilean Space. J, Math, Res, 6 (3): 39-50.

- [15] Divjak B, 1997. The General Solution of the Frenet's System of Differential Equations for Curves in the Pseudo-Galilean Space G_3^1 . Math., Commun., (2): 143-147.
- [16] Divjak B, 1997. Geometrija Pseudo Galilejevih Prostora. PhD. Thesis, University of Zagreb, Zagreb.
- [17] Kamenarovic I, 1991. Existence Theorems for Ruled Surfaces in the Galilean Space G_3 . RadJAZU, Mat, 456, (10), 183-196.
- [18] Yılmaz MY, Bektaş M, 2018. Slant Helices of (k, m) -Type in E^4 . Acta Universitatis Sapientiae, Mathematica, 10 (2): 395–401.
- [19] Bulut F, 2021. Special Helices On Equiform Differential Geometry of Timelike Curves in E_1^4 Cumhuriyet University, Cumhuriyet Science Journal, 42 (4): 906-915.
- [20] Ergüt M, 1983. Genelleştirilmiş Regle Yüzelelere Dair, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [21] Öğrenmiş AO, 2007. Pseudo-Galilean Uzayında Regle Yüzeyler, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [22] Yaglom A, 1979. Simple non-Euclidean Geometry and its Physical Basis. Springer-Verlag, in New York.