T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AMASYA VE TEKİRDAĞ İLLERİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN BAZI YENİLEBİLİR MANTARLARDA RADYOAKTİVİTE ANALİZİ

Afife AKKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalını

Haziran-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Afife AKKAYA tarafından hazırlanan "AMASYA VE TEKİRDAĞ İLLERİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN BAZI YENİLEBİLİR MANTARLARDA RADYOAKTİVİTE ANALİZİ" adlı tez çalışması 16/06/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Prof.Dr. İbrahim TÜRKEKUL	……..
Danışman Doç.Dr. Sinan AKTAŞ	……..
Üye Prof. Dr. Cengiz AKKÖZ	……..
Üye Prof.Dr. İbrahim TÜRKEKUL	……..

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP tarafından 20201046 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Afife Akkaya
Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AMASYA VE TEKİRDAĞ İLLERİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN BAZI YENİLEBİLİR MANTARLARDA RADYOAKTİVİTE ANALİZİ

Afife AKKAYA

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sinan AKTAŞ
Prof. Dr. Mehmet ERDOĞAN

2021, 42 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Sinan AKTAŞ
Prof. Dr. Cengiz AKKÖZ
Prof. Dr. İbrahim TÜRKEKUL

Bu çalışmada, halk tarafından sıklıkla tüketilen mantarlarda radyoaktivite analizlerinin yapılması ve mantarların biyo-izleme özelliği kullanılarak çevredeki radyoaktivite hakkında da bilgi sahibi olunması amaçlanmıştır. Bu amaçla, 2019 yılının Ekim-Kasım aylarında, Tekirdağ (*Amanita caesarea* Pers., *Lycoperdon perlatum* Pers, *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer, *Lactarius deliciosus* (L.) Grey, *Lactarius vellereus* (Fr.) Fr. , *Suillus luteus* (L.) Roussel , *Boletus edulis* Bull., *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm., *Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm. , *Hydnum repandum* L. *)* ve Amasya bölgelerinden (*Lactarius deliciosus* (L.) Grey, *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm., *Hygrophorus chrysodon* (Batsch) Fr. , *Hygrophorus latitabundus* Britzelm., *Tricholoma fracticum* (Britzelm.) Kreisel, *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer, *Tricholoma imbricatum* (Fr.) P. Kumm., *Hydnum repandum* (L.), *Ganoderma applanatum* Pers. *)* yenilebilir 24 mantar türü toplanmıştır. Toplanan numunelerde ^{238}U ^{232}Th, ^{40}K ve ^{137}Cs aktivite analizleri HpGe detektörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler sonucunda Tekirdağ ilindeki ^{238}U ^{232}Th, ^{40}K ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları sırasıyla 4,8 Bq/kg -17,5 Bq/kg, 1,3 Bq/kg -11,9 Bq/kg, 287,4 Bq/kg-1940,9 Bq/kg ve 3,9 Bq/kg -127,8 Bq/kg aralığında bulunmuştur. Amasya ilindeki ^{238}U ^{232}Th, ^{40}K ve ^{137}Cs radyoaktif çekirdeklerinin aktivite konsantrasyonlar ise sırasıyla 6,5 Bq/kg -16 Bq/kg, 1,3 Bq/kg - 5,7 Bq/kg, 224,7 Bq/kg -2048,5 Bq/kg ve 3,1 Bq/kg - 63,7 Bq/kg aralığında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Amasya, Doğal Radyasyon, Radyoaktivite, Tekirdağ, Yapay Radyasyon Yenilebilir

ABSTRACT

MS THESIS

RADIOACTIVITY ANALYSIS IN SOME RENEWABLE MUSHROOMS IN AMASYA AND TEKİRDAĞ PROVINCES

Afife AKKAYA

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN BİOLOGY DEPARTMENT

Advisor: Doç.Dr. Sinan AKTAŞ
Prof. Dr. Mehmet ERDOĞAN

2021,42 Pages

Jury
Doç. Dr. Sinan AKTAŞ
Prof. Dr. Cengiz AKKÖZ
Prof. Dr. İbrahim TÜRKEKUL

ll substances containing unstable atoms that can cause such effects are also radioactive, that is, they emit radiation. Care should be taken in the use of radioactive materials and, if consumable, in their consumption through eating and drinking. Mushrooms are also among the substances containing such radioactive atoms, and it is very important to carry out radioactivity analyzes in fungi, which are consumed by the public. In this study, it was aimed to make radioactivity analysis of mushrooms which are commonly consumed by the public and to have information about the radioactivity in the environment by using the bio-monitoring feature of fungi. For this purpose, in October-November 2019, Tekirdağ (*Amanita caesarea* Pers., *Lycoperdon perlatum* Pers, *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer, *Lactarius deliciosus* (L.) Grey, *Lactarius vellereus* (Fr.) Fr. , *Suillus luteus* (L.) Roussel , *Boletus edulis* Bull., *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm., *Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm. , *Hydnum repandum* L. *)* and Amasya from the regions (*Lactarius deliciosus* (L.) Grey, *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm., *Hygrophorus chrysodon* (Batsch) Fr. , *Hygrophorus latitabundus* Britzelm., *Tricholoma fracticum* (Britzelm.) Kreisel, *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer, *Tricholoma imbricatum* (Fr.) P. Kumm., *Hydnum repandum* (L.), *Ganoderma applanatum* Pers. *)* 24 edible mushroom species were collected. ^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K and ^{137}Cs activity analyzes were performed using HpGe detector in the collected samples. As a result of these measurements, ^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K and ^{137}Cs concentrations in Tekirdağ province were 4,8-17,5 Bq/kg, 1,3-11,9 Bq/kg, 287,4-1940,9 Bq/kg ve 3,9-127,8 Bq/kg has been found in the range. ^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K and ^{137}Cs radionuclide concentrations in Amasya province, respectively 6,5 Bq/kg -16 Bq/kg, 1,3 Bq/kg - 5,7 Bq/kg, 224,7 Bq/kg -2048,5 Bq/kg ve 3,1 Bq/kg -63,7 Bq/kg it has been found in the range.

Keywords: Amasya, Artificial Radiation,, Edible Mushrooms, Natural Radiation, Radioactivity, Tekirdağ.

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca her konuda beni destekleyen, yardımcı olan, öneri, katkı ve değerlendirmelerini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Sinan AKTAŞ ve Prof. Dr. Mehmet ERDOĞAN hocama teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince maddi ve manevi her konuda yanımda olan ve beni destekleyen aileme teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince maddi manevi her konuda yanımda olan ve beni hep destekleyen arkadaşım Büşra YILMAZOĞLU ve YILMAZOĞLU ailesine teşekkürlerimi sunarım.

Afife AKKAYA
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. RADYASYON VE RADYASYON KAYNAKLARI **5**

2.1. Radyasyonun sınıflandırılması 5
2.1.1. İyonlaştırıcı Radyasyon 5
2.1.2. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon 6
2.2. Radyasyon Kaynakları 6
2.2.1. Doğal Radyasyon 7
2.2.2. Yapay Radyasyon 9
2.3. Radyasyon Birimleri 9
2.3.1. Aktivite Birimi 10
2.3.2. Işınlama Birimi 10
2.3.3. Soğurulma Doz Birimi 11
2.3.4. Eşdeğer Doz Birimi 11

3. KAYNAK ARAŞTIRMA **13**

4. ARAŞTIRMA YAPILAN BÖLGENİN ÖZELLİKLERİ **19**

4.1.Amasya 19
4.2. Tekirdağ 20

5. MATERYAL VE YÖNTEM **22**

5.1. Mantar Örneklerinin Toplanması, Teşhisi ve Kurutulması 22
5.2. Mantar Örneklerinin Analize Hazırlanması ve Radyoaktivite İçeriklerinin Belirlenmesi 26

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **30**

^{137}Cs(Bq/kg) 31

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **46**

7.1 Sonuçlar 46
7.2 Öneriler 46

KAYNAKLAR **47**

ÖZGEÇMİŞ..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

γ	Gama ışını
μ	Mikro, alt birimi(10^6)

Kısaltmalar

Al	Alüminyum
As	Arsenik
Bq	Becquerel
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cs	Sezyum
Cu	Bakır
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
Fe	Demir
IAEA	Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (International Atomic Energy Agency)
ICRP	Uluslararası Radyolojik Koruma Komisyonu (International Commission On Radiological)
ICRU	Uluslararası Radyasyon Birimleri ve Ölçümleri Komitesi (International Commission on Radiation Units and Measurements)
K	Potasyum
Kg	Kilogram
Mg	Magnezyum
Mn	Manganez
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Se	Selenyum
SI	Uluslararası Birimler Sistemi (International System of Units)
Th	Toryum
U	Uranyum
UNSCAER	Atomik radyasyon etkileri üzerinde Birleşmiş Milletler bilim kurulu (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

İnsanlar yüzyıllar boyunca yaşamlarını sürdürebilmek için çeşitli besin kaynakları arayışına girmiştir. Çoğu besin kaynağını denizlerden, göllerden ve topraktan sağlamışlardır. Bu besinler arasında doğada kendiliğinden yetişen mantarın tüketimi de mevcuttur. Makromantarların toprak üstünde (epigeous) yetişen türleri, tüketilebilirlik açısından insanların dikkatini çekmiştir. Protein, karbonhidrat, lif vb. besin içeriğine sahip olan mantarlar, dünyanın birçok yerinde hem doğal olarak yetişmekte hem de ticari olarak yetiştirilmekte ve tüketilmektedir. Hemen hemen 2500 yenilebilir mantar türünün olduğu bilinmektedir. Dünyadaki yenilebilir mantar türlerinin neredeyse yarısı ektomikorhizal gruba aittir (Pekşen ve Kibar, 2007). Bu mantar türlerinin birçoğu doğadan toplanarak tüketilmektedir. Ayrıca birçok ülkede aroma, besin ve tıbbi değerleri nedeniyle mantar tüketimi artmaktadır. 1995'ten itibaren dünyadaki mantar üretimi %60'tan fazla artmıştır, bu da bu alan ile ilgili bilimsel ve endüstriyel birçok çalışmayı da beraberinde getirmiştir (De Castro ve ark., 2012). FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) tahminlerine göre, mantar üretimi istikrarlı bir şekilde 1961'de $4{,}9x10^{11}$ kilogramdan 2008'de maksimum $6{,}4x10^{12}$ kilograma yükselmiştir. Çin ana üretici olarak değerlendirilirken (toplam üretimin% 70'inden fazlası), onu ABD, Hollanda, Polonya ve İspanya takip etmiştir (Voces ve ark., 2012; Guillén ve Baeza, 2014).

Bilindiği üzere insanlar tükettikleri gıdalardan fayda sağladıkları gibi birçok zararlı maddeye de maruz kalırlar. Gelişmekte olan teknoloji, sanayi ve endüstriyel faaliyetler sebebiyle çevresel kirlilik ön plana çıkmış ve bunun tespitinin yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bu kirliliğin bir bölümünü oluşturan radyasyon da özellikle 1986 yılında meydana gelen Çernobil faciasından sonra gündeme gelmiştir. Bu kaza sonrası başta ormanlar olmak üzere birçok ekosistem etkilenmiştir.

Dünya üzerindeki orman toprağının, organik katmanlarında yaşayan en büyük biyokütlelerden birini de mantarlardır (Gaso ve ark., 2007) ve besin olarak fazla miktarda tüketilmektedirler. Bu nedenle yenilebilir mantarlarda da toksik element seviyelerinin bilinmesi gereklidir. Mantarlar, topraktan olduğu gibi havadan da aldıkları birçok elementi bünyelerinde biriktirme özelliğine sahiplerdir. Mantarların biriktirme özellikleri, çevrenin biyolojik olarak izlenmesi, organizmaların kirlilik seviyelerinin ve ekosistem kalitesinin değerlendirilmesinde yararlı olduğu görülmüştür (Fraiture ve ark., 1990; Seaward, 1995; Marzano ve ark., 2001). Topraktaki yarı ömrü fazla olan

radyoaktif çekirdekler (radyonüklidler), mantarlara, bitkilere, hayvanlara aktarılır. Bu durum insan sağlığını etkileyebilirler. Bu nedenle, çevredeki radyoaktivite ve ağır metallerin belirlenmesinde, insanları doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen radyasyon ve risk düzeyinin bilinmesi gerekmektedir. (Rühm ve ark., 1997; Rosa ve ark., 2011; Yılmaz ve ark., 2016).

Doğal ve yapay olan çoğu radyonüklid, mantarlar tarafından biriktirme eğilimi gösterebilirler (Guillén ve Baeza, 2014). Aynı zamanda atmosferdeki atomik silah testleri veya diğer nükleer felaketler nedeniyle karada bulunan radyoaktif elementler mantarlarda yoğun bir şekilde birikebilirler (Horyna ve Žanda, 1988; Saniewski ve ark., 2016). K (potasyum), P (fosfor), ve Fe (demir), proteinler, lifler, vitaminler ve mineraller açısından iyi bir besin kaynağı olan mantarlar, düşük Na (sodyum) konsantrasyonları sunmaları nedeniyle öne çıkmaktadırlar (Keizer, 2000; De Castro ve ark., 2012).

1950-1960'larda atmosferik nükleer silah testlerinden kaynaklanan radyoaktif serpinti ve 1986'da Çernobil'deki nükleer güç tesisinin çökmesi, 2011'de Fukuşima'da meydana gelen nükleer enerji tesisi kazası, Japonya'da, Asya'nın başka yerlerinde ve Avrupa'da çevre güvenliği ve kirliliği ile ilgili yeni soruları gündeme getirmiştir (Teramage ve ark., 2014; Falandysz ve ark., 2015b). Radyoaktif serpintiye maruz kalan bulutların, hareketi sırasında oluşan yağmur sebebiyle serpinti kaynaklı kirlenme alanının ve oranının giderek geniş bir alana yayıldığı gözlemlenmiştir. Bu kazalar ve serpintiler sonucu çevreye özellikle ^{137}Cs (Sezyum -137) gibi yapay radyoaktif çekirdekler yayılırken bunun yanı sıra doğal radyoaktif çekirdek olan ^{40}K (Potasyum-40), ^{232}Th (Toryum-232), ^{238}U (Uranyum-238) çalışmalarını da beraberinde getirmiştir.

Bu elementlerden potasyum, mantarlarda oldukça bol bulunan bir elementtir. Önemli kofaktör olarak görev yapan ve çeşitli biyolojik işlevler (örneğin hücre hacminin ve hücre içi pH'ın düzenlenmesi) için gerekli olan potasyum sitoplazmik bir katyondur (Falandysz ve ark., 2001; Falandysz ve ark., 2007b; Kinclova-Zimmermannova ve Sychrova, 2007; Falandysz ve ark., 2015b). Temel besin maddesi olan potasyum homeostatik olarak kontrol edilir ve bu nedenle, türlere ve bölgeye bağlı olarak ^{40}K aktivitesi nispeten sabittir (Falandysz ve Borovička, 2013; Čadová ve ark., 2017). Öte yandan çalışmalar, özellikle Avrupa ülkelerindeki çeşitli mantar türlerinde yüksek toksik element konsantrasyonları ve yüksek radyonüklid seviyeleri ortaya koymuştur (Melquiades ve Appoloni, 2004; De Castro ve ark., 2012).

Çernobil serpintisinden etkilenen bölgelerde, ormandan doğal olarak toplanıp tüketilen mantarların, vücutta sezyum içeriğinin artmasına neden olduğu görülmüştür. 1986'da Çernobil Nükleer Santrali'nde meydana gelen kazadan sonra Avrupa'daki mantarlar radyoaktif elementlerle ve özellikle sezyum izotoplarıyla (^{134}Csve ^{137}Cs) önemli ölçüde kirlenmiştir (Hoshi ve ark., 1994; Strandberg, 2004; Grodzinskaya ve ark., 2013; Saniewski ve ark., 2016). Mantarlardaki radyoaktivite konsantrasyonları, çeşitli çevresel faktörlerden ve türe özgü ilgilerinin çeşitliliği sebebiyle farklılık göstermektedir. Önceki çalışmalarda, farklı mantar türlerinin topraktan daha yüksek konsantrasyonlarda radyonüklid ve metal tutma kapasitesinin olduğu vurgulanmıştır (De Castro ve ark., 2012). Mantarlar tarafından ^{137}Cs birikiminin, türe bağlı olduğu ve benzer çökelme koşulları altında türler arasında çarpıcı farklılıklar olabileceği görülmüştür (Gaso ve ark., 2007). Çernobil serpintisine bağlı sezyumun birikme miktarının on yıldan fazla bir süredir organik tabakalarda lokalize olduğu görülmüştür. Orman ürünlerindeki sezyum kontaminasyonunun, tarım ürünlerinin aksine yüksek olduğu tespit edilmiştir (Yoshida ve ark., 2004; Gaso ve ark., 2007). Aynı zamanda mantar gövdeleri için elemental sezyum konsantrasyonları, genellikle aynı ormanda büyüyen ve yüksek yapılı bitkilere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Makrofungusların sporokarplarının ömrü kısadır (1-2 hafta), ancak toprakta büyüyen miseller uzun yıllar yaşayabilirler. Topraktaki sezyumun yer değiştirmesine ve fiksasyonuna bağlı olarak, birçok mantar türünün farklı taksonomik ve ekolojik faktörlere bağlı olarak sezyum biriktirmesi beklenmektedir (Gaso ve ark., 2007). Orman ekosistemleri, üst organik tabaka, bakteriler, mikrofauna ve bitki örtüsü arasındaki sürekli döngüsel transfer nedeniyle ^{137}Cs'yi uzun süre tutabilmektedirler (Škrkal ve ark., 2013). Yaklaşık 30 yıllık fiziksel yarılanma ömrüne sahip ^{137}Cs, toprakta yavaş yavaş aşağıya doğru hareket eder ve toprak bileşenlerine, özellikle killi minerallere bağlanır. Toprakta mantarların miselyal ağı ile temas eden sezyum, verimli bir şekilde alınarak sporokarplarına taşınır ve burada biriktirilir (Zalewska ve ark., 2016; Čadová ve ark., 2017). Bu kirlenmeye, homojen olmayan bir şekilde çevrede, toprakta ve özellikle de bitki ve mantar türlerinde hava akımlarının yol açtığı radyoaktif bulutun geçişinden 30 yıl sonra bile rastlanabilir (Chiaravalle ve ark., 2018). Bu nedenle, halk sağlığı bakımından doğal ve yapay radyoaktivite analizlerinin belli periyotlarla yapılması oldukça önemlidir. Mantarlar gibi bazı yiyecek türlerinde de doğal ve yapay radyoaktif elementlerin olması bu tür gıdalarda da bu ölçümlerin yapılmasını önemli hale getirmektedir. Bazı mantar türlerinin veya onları yiyen hayvanların düzenli olarak

tüketilmesi de insan sağlığı açısından endişe oluşturabilir (Tuo ve ark., 2017). Mantarların biriktirmiş olduğu radyoaktif elementler, mantarın tüketimi sonucu canlı vücuduna geçer ve sürekli tüketilmesi durumunda birikme meydana gelebilir. Biriken bu radyoaktif elementler zamanla iç ışıma yaparak organizmanın sağlığını tehdit etmektedir. Mantar gibi hem üretilen hem de doğal olarak doğadan temin edilen gıdalarda doğal ve yapay radyoaktif element analizi yapılarak bölgedeki aktivite miktarı ve bu kaynaklardan bölge halkının radyasyon maruziyeti hakkında bilgi edinilebilir. Böylece bölge halkının mantar tüketimine bağlı radyasyon maruziyetinin hangi seviyede olduğu ve risk analizlerinin yapılması sağlanabilir.

Bu çalışmada, Amasya ve Tekirdağ illerinde, belirlenen bölgelerden alınan mantar örnekleri ile iklim şartları, bölgesel jeolojik farklılık ve türler arası biriktirme farklılıkları göz önüne alınarak bölgeler arası radyasyon kaynaklarındaki farklılıkların tespit edilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. RADYASYON VE RADYASYON KAYNAKLARI

Dünya'nın varoluşu ile birlikte yer kabuğunun yapısında demir, bakır, gümüş gibi kararlı elementler yerini alırken bir kısmında ise uranyum, toryum, radon gibi kararsız olan elementler yerini almıştır. Atom çekirdeğindeki nötron, proton sayılarının oranı kararlılığı belirlemektedir. Proton ve nötron arasındaki nükleer kuvvet kararlı çekirdeklerde dengede iken kararsız çekirdeklerde durum böyle değildir (Gündoğdu, 2019). Proton sayısı 83'ten büyük olan elementler radyoaktif özelliğe sahiptir ve doğada bilinen radyoaktif çekirdek sayısı yaklaşık 340 civarındadır (Kurnaz, 2009).

Bu kararsız elementler çekirdeğindeki fazla enerjiden kurtulmak için parçacık veya elektromanyetik ışınım yaparak radyasyon yayar. Yayılan bu radyasyona, insanoğlu dolaylı yoldan veya doğrudan maruz kalmaktadır. Bu maruziyet uzaydan ve güneşten gelen kozmik ışınların yanı sıra insan eliyle yapılmış olan radyoaktif maddelerden de kaynaklanmaktadır. Radyasyona maruz kalma süresi ve dozuna bağlı olarak canlı hücrelerin bazılarında hücresel değişiklikler meydana gelirken, bazılarında ise hücre ölümü gibi sonuçlar meydana gelir. Bu yöndeki radyasyon etkileri belli bir eşik değerinin üzerinde maruz kalınması sonucu gerçekleşir. Bunun yanı sıra bir takım değişikliğe uğrayan hücreler de vücut içerisinde iç ışımaya sebep olarak başka hasarlar meydana getirebilir. Buna örnek olarak kanser gösterilebilir. Bir diğer etkisi ise kalıtsal bozukluklardır ve bu şekildeki hasarlar nesilden nesile aktarılır. Radyasyonun bu tür etkileri, miktarı ve yaşamdaki yerinin belirlenmesi gerekmektedir.

2.1. Radyasyonun sınıflandırılması

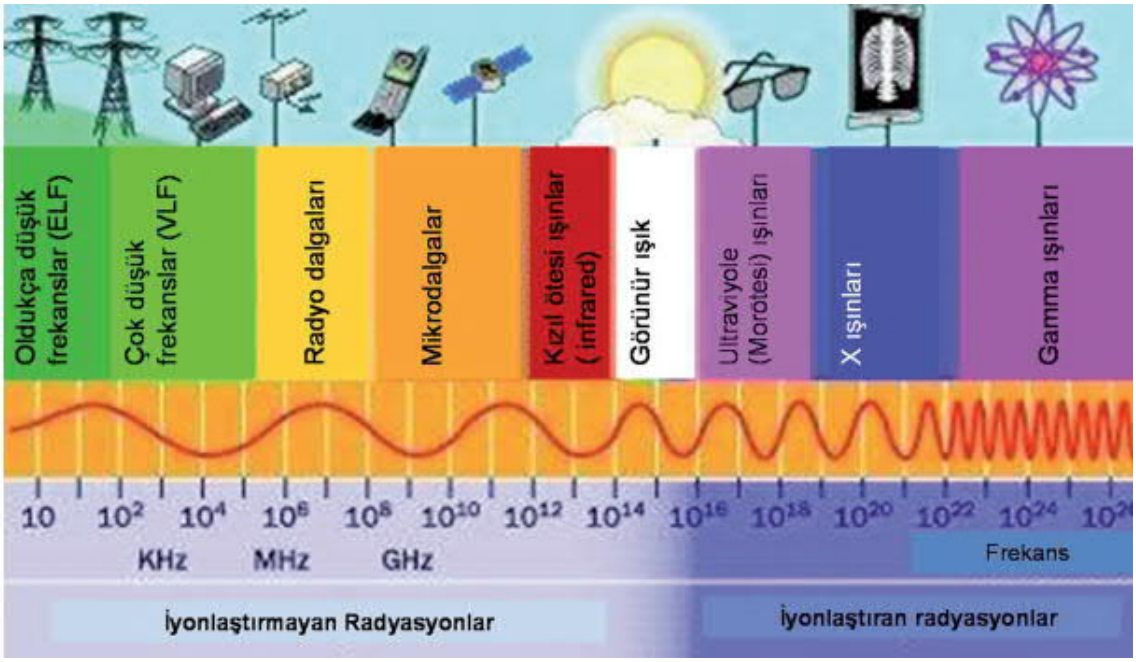
Radyasyon, ortamda etkileşime girdiği molekülleri ve atomları iyonize edip etmemesine göre ikiye ayrılır.

2.1.1. İyonlaştırıcı Radyasyon

Kararlı bir atomun yörüngesindeki elektronun koparılması sonucu atom iyon haline gelir. Molekülün veya atomun iyona dönüşmesi sırasında elektron alıp vermesine iyonlaşma denir. İyonlaştırıcı radyasyon ise atomdaki veya moleküldeki elektronu koparacak kadar güçlü olan radyasyona denir. İyonlaştırıcı radyasyonlar alfa parçacıkları, gama ışınları, beta parçacıkları, X ışınları, nötronlar ve kozmik ışınlardır.

2.1.2. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon

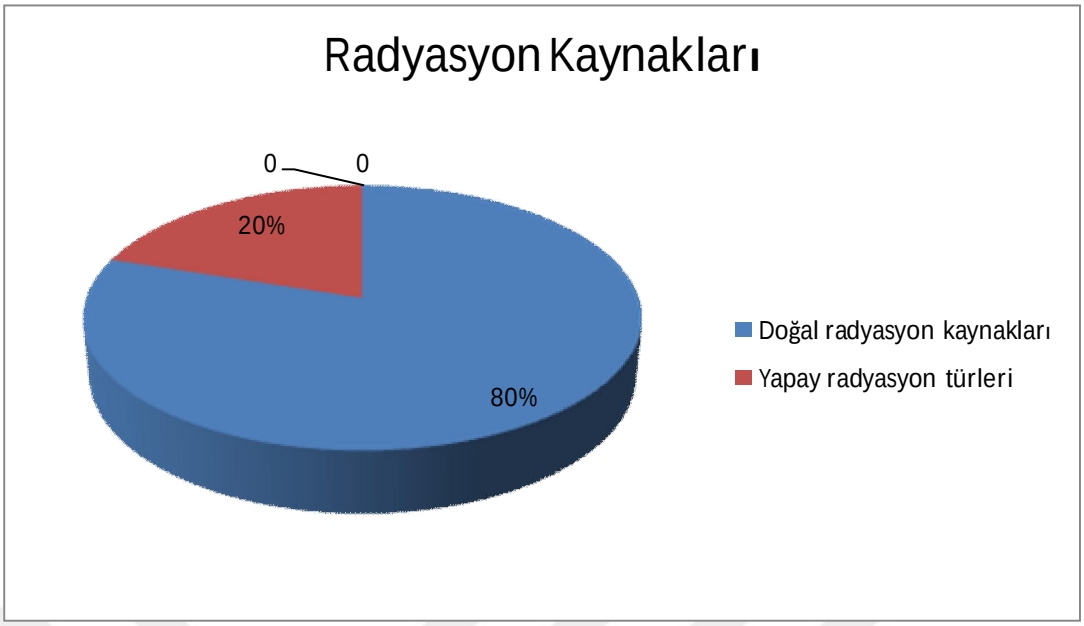
Atomdan elektron koparak atomun iyonize olması için yeterli enerjiye sahip olmayan radyasyonlara iyonlaştırıcı olmayan radyasyon denir. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlara örnek olarak; ultraviyole ışınlar, radyo dalgaları, kızıl ötesi ışınlar, mikrodalgalar ve görünür ışık verilebilir.



Şekil 2.1. İyonlaştırıcı ve İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar(Daşdağ, 2010)

2.2. Radyasyon Kaynakları

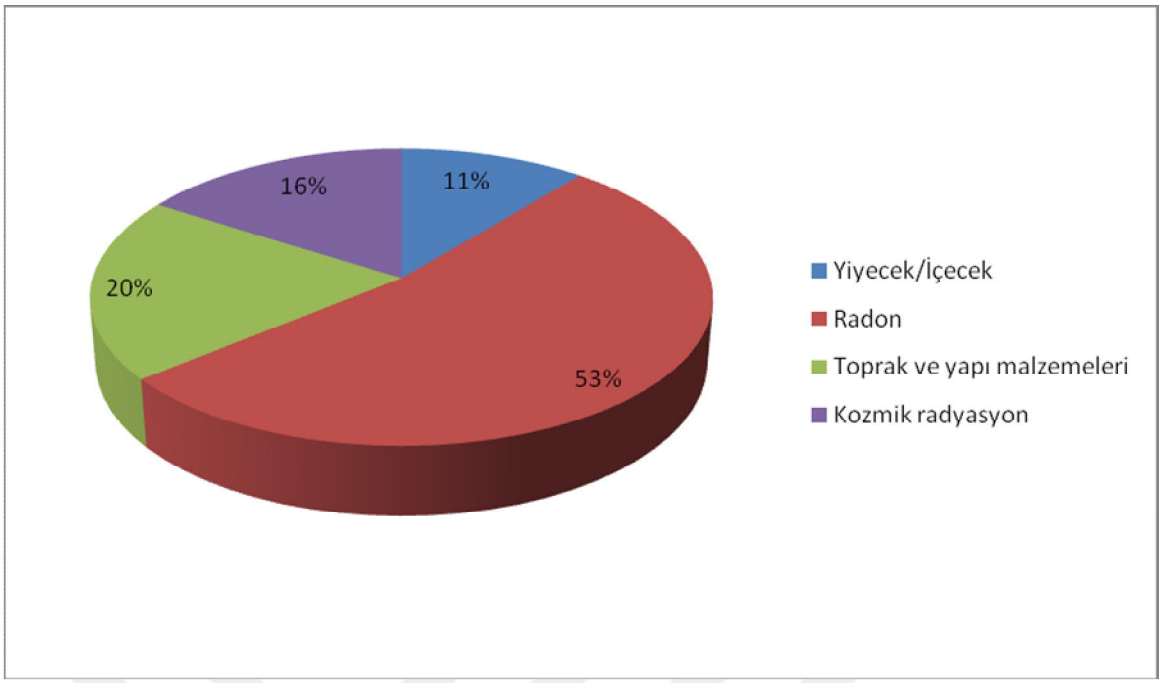
Radyoaktif elementlerin çekirdeği doğada kendiliğinden meydana geliyorsa ya da doğada bulunan başka bir çekirdeğin bozunmasından oluşuyorsa buna “doğal radyasyon” eğer yapay hızlandırıcılar ya da reaktörlerden meydana geliyorsa bunlara da “ yapay radyasyon ” denilmektedir (Aközcan, 2014). UNSCEAR,2000 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) verilerine göre canlıların yapay ve doğal radyasyona maruz kalma oranları Şekil 2.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.2. Doğal ve Yapay Radyasyon Kaynakları (UNSCEAR, 2000)

2.2.1. Doğal Radyasyon

Canlıların maruz kaldıkları radyasyonun büyük kısmı doğal radyoaktif elementlerden kaynaklanır. Doğal radyasyon kaynakları, Güneş'in yüzeyinden ve uzaydan gelen kozmik ışınlar, gama ışınları, Dünya'nın kabuğunda, yapı malzemelerinde, havada, suda ve yiyeceklerde bulunan radyonüklidlerdir (UNSCEAR, 2000). Canlılar; yerkabuğunda doğal olarak bulunan bu radyoizotoplar ve besinlerde bulunan doğal radyoizotoplar nedeniyle yaşamları boyunca radyasyona maruz kalmaktadır (Özden, 2020).



Şekil 2.3. Doğal radyasyon kaynakları(UNSCEAR, 2000)

Maruz kalınan bu radyasyonda sindirim ve solunum yoluyla alınan radyasyonun vücutta birikmesi sonucu iç ışınlama meydana gelir. İç radyasyon kaynakları potasyum ve radyumdur. İç radyasyon vücut içerisinde bulunan ^{40}K ve ^{14}C ile solunum yoluyla akciğerlere alınan radon ve bozunma ürünlerinden kaynaklanır (Kurnaz, 2009). Havadaki ^{238}U ve ^{232}Th bozunma zincirlerindeki radyoizotoplar ve özellikle radon bozunum ürünleri iç ışınlamanın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. İç ışınlama sonucu vücutta bir takım anomalilikler veya hücre kayıpları meydana gelebilir. İç ışınlamanın yanı sıra yerkabuğundaki radyoizotopların yayınladığı gama ışınları sebebiyle tüm vücudumuz dış kaynaklı radyasyona maruz kalmaktadır.

Yeryüzündeki gama yayınlayan ^{40}K radyoizopları ile ^{238}U ve ^{232}Th seri izotoplarının neden olduğu bu ışınlanmaya dış ışınlama denilmektedir. Bunun yanı sıra uzaydan gelen kozmik ışınlarda dış ışınlamaya sebep olur. Toprakta doğal olarak bulunan ve bölgeler arası değişiklik gösteren yer kabuğu kaynaklı ^{238}U, ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklidlerinden saçılan gama ışınları, ortamdaki dış ışınlanmanın temel kaynağını oluşturmaktadır. Bu nedenle topraktaki radyonüklid seviyelerinin bilinmesi, bireylerin maruz kaldıkları radyasyon dozunun topraktan kaynaklı katkının hesaplanması ve çevresel değişikliklerin tespit edilmesi önemlidir. UNSCEAR'in 2000 yılında yayınladığı raporda topraktaki radyonüklidlerin aktivite derişimleri tablo 2.1'deki gibidir.

Radyonüklit	Radyonüklit konsantrasyonu (Bq/kg)	
	Dağılım	Ortalama
^{40}K	140-850	400
^{232}Th	11-64	45
^{238}U	16-110	35

Tablo 2.1. UNSCEAR raporunda topraktaki radyonüklit aktivite derişimi (UNSCEAR, 2000)

2.2.2. Yapay radyasyon

Yapay radyasyon insanlar tarafından üretilen tıbbi, zirai, endüstriyel amaçla kullanılan X ışınları ve yapay radyoaktif maddelerden kaynaklanır (Gündoğdu, 2019). 1945-1980 yılları arasında atmosferde yapılan nükleer silah denemeleri ve 1986 yılında meydana gelen Çernobil nükleer kazası sonrasında çevreye yapay radyoaktif elementlerin saçıldığı bilinmektedir. Bu olaylar sonucunda meydana gelen serpintiler ile ^{95}Zr (zirkonyum-95), ^{106}Ru (Rutenyum-106), ^{90}Sr (Stronsiyum-90), ^{131}I (Iyot-131), ^{134}Cs (Sezyum-134) ve ^{137}Cs (Sezyum-137) gibi elementler çevre kirliliğine neden olmuştur.

Türkiye'de de başta Karadeniz ve Trakya bölgeleri olmak üzere birçok bölge Çernobil kazasının yaşanması ile radyoaktif kirlenmeye maruz kalan bölgelerden olmuşlardır.

2.3. Radyasyon birimleri

Radyasyon çalışmalarında kullanılan tanımlar ve birimler ICRU (Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi) özel birimleri kullanılırken dünya genelinde aynı birimlerin kullanılması için 1986 yılından sonra SI (Uluslararası Birimler Sistemi) tarafından belirlenen birimler kullanılmaya başlanmıştır (Özden, 2020).

Radyasyon birimleri iki grup halindedir. Tanımlanırken radyasyonun madde üzerindeki etkisi soğurulan radyasyon birimleri ile radyoaktif bir kaynaktan yayınlanan radyasyon ise aktivite birimleri ile tanımlanır.

2.3.1. Aktivite Birimi

Eski birimi Curie (Ci) olan aktivitenin SI birim sisteminde birimi Becquerel (Bq)'dir. Curie (Ci); saniyede $3.7x10^{10}$ bozunum veya parçalanma gösteren maddenin aktivitesidir. Becquerel ise (Bq) saniyede ortalama bir bozunum gösteren maddenin aktivitesidir.

$$1\ Ci = 3.7x10^{10}\ Bq \qquad (2.1)$$

$$1\ Bq = 2.7x10^{-11}\ Ci \qquad (2.2.)$$

2.3.2. Işınlama Birimi

Işınlanma birimi için kullanılan ilk özel birim Röntgen (R)'dir. SI birim sistemindeki karşılığı ise Coulomb/kg (C/kg)'dır. Işınlama, X ve gama ışınlarının havayı ışınlama kabiliyetinin ölçüsüdür. Röntgen; normal hava şartlarında (0^oC ve 760 mm Hg basınçta) havanın 1 kilogramında $2.58x10^{-4}$ C'luk elektrik yükü değerinde (-) negatif ve (+) pozitif iyonlar oluşturan x ve gama radyasyonu miktarıdır. SI birim sisteminde ise radyasyona maruz kalma ölçüsü Coulomb/kilogram (C/kg) olarak verilmiştir ve normal hava şartlarında (0^oC ve 760 mm Hg basınçta) havanın 1 kilogramında 1 C'luk elektrik yükü değerinde (+) pozitif ve (-) negatif iyonlar oluşturan x ve gama radyasyonu miktarı olarak tanımlanabilir (Özden, 2020).

$$1\ R = 2.58x10^{-4}\ C / kg \qquad (2.3)$$

$$1\ C/kg = 3.88x10^{3}\ R \qquad (2.4)$$

2.3.3. Soğurulma Doz Birimi

Bir maddenin belirli bir sürede tüketilen veya kullanılan miktarına doz denir. İyonlayıcı radyasyonun maddeyle etkileşime girerek aktarılan veya ortama depolanan enerji miktarına soğurulan doz denir. ICRU soğurulma doz birimi Rad, SI birim sisteminde ise Gray (Gy) olarak verilmiştir. Gray, ışınlanan maddenin 1 kilogramına 1 Joule'lük enerji veren radyasyon miktarına karşılık gelmektedir.

$$1 \text{ Rad} = 10^{-2} \text{ Gy} \qquad (2.5)$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rad} \qquad (2.6)$$

2.3.4. Eşdeğer Doz Birimi

Radyasyona maruz kalmış dokudaki biyolojik etkiyi ifade etmek için kullanılan birim eş değer doz birimidir. ICRU tarafından eşdeğer doz birimi Rem (radiation equivalent for man) olarak, SI birim sisteminde ise Sievert (Si) olarak verilmiştir. Rem; 1 Röntgenlik X veya gama ışını ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarıdır. Sievert ise 1 Gray'lik X ve gama ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren radyasyon miktarıdır.

$$1 \text{ Rem} = 10^{-2} \text{ Sv} \qquad (2.7)$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem} = 1 \text{ J.kg}^{-1} \qquad (2.8)$$

Doku veya organların maruz kaldığı radyasyon dozunun tüm vücut için göstermiş olduğu riski tanımlamak için "etkin doz" kullanılmaktadır. Her doku veya organ için alınan radyasyonun tüm vücut için farklı risk değerleri içermektedir. Bu nedenle doku ve organlar için farklı doku ağırlık faktörü (WT) tanımlanmış Herhangi bir doku için doz eşdeğeri T organ veya dokusu, R radyasyon türü, H_T , $D_{T,R}$ soğurulan doz olmak üzere, $H_T = \Sigma W_R . D_{T,R}$ (2.9) denklemi ile verilir.

Tablo 2.2. Radyasyon türüne göre radyasyon ağırlık faktörleri (ICRP, 2012)

Organ/ Doku	W_T
Gonatlar	0,20
Kırmızı kemik iliği	0,12
Kolon	0,12
Akciğer	0,12
Mide	0,12
Mesane	0.05
Meme	0.05
Karaciğer	0.05
Özefagus	0.05
Tiroit	0.05
Cilt	0.01
Kemik yüzeyi	0.01
Geri kalanlar	0.051
Toplam	1

3. KAYNAK ARAŞTIRMA

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden toplanan 11 farklı ormanda doğal olarak yetişen yenilebilir mantar türü, yüksek çözünürlüklü gama ışını spektrometresi kullanılarak, ^{137}Cs, ^{40}K, ^{226}Ra ve ^{232}Th içerikleri açısından analiz edilmiştir. ^{226}Ra ve ^{232}Th'nin spesifik aktiviteleri genellikle tespit limitlerinin altında bulunmuştur. Spesifik aktiviteleri ^{137}Cs ve ^{40}K sırasıyla 2,4 Bq/kg ± 0,3 Bq/kg ile 109,0 Bq/kg ± 7,3 Bq/kg değişmekte, 28,4 Bq/kg ± 27,2 Bq/kg (kuru madde) ile 715,5 Bq/kg ± 50,1 Bq/kg, 1779,0 Bq/kg ± 163,7 Bq/kg ile ortalama 1150,8 Bq/kg ± 315,2 Bq/kg (kuru madde) olduğu görülmüştür. Mantarlar vasıtasıyla ortalama ^{137}Cs ve ^{40}K yıllık etkin dozun sırasıyla (7,0 ± 6,0) x 10^{-3} µSv ve 0,13 ± 0,03 µSv olduğu tahmin edilmiş, ^{137}Cs'nin toplam alımı oldukça düşük ve toplanan mantar türlerinde önemli bir kontaminasyon bulunmamıştır. Analiz edilen mantarlar arasında en yüksek ^{137}Cs ve ^{40}K içerikleri sırasıyla *Morchella esculenta* ve *Stropharia coronilla*'da bulunmuştur (Turhan ve ark., 2007).

Türkiye'nin Ordu ve Kastamonu illerinde toplanan çeşitli mantar numuneleri için doğal radyonüklidlerin ^{232}Th, ^{40}K, ^{238}U radyoaktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuçlar sırasıyla 0,354 Bq/kg-5,43 Bq/kg, 4,37 Bq/kg-90,9 Bq/kg, 1,03 Bq/kg-8,45 Bq/kg arasında bulunmuştur. Yıllık etkin dozlar hesaplanmıştır ve sonuçlar, maruz kalmanın esas olarak ^{232}Th doğal radyoaktif çekirdeklerinden kaynaklandığını göstermiştir. Mantar alımına bağlı ortalama yıllık etkin doz 1,13 × 10^{-4} mSv olarak bulunmuştur (Akça ve ark., 2014).

Türkiye'nin, Kahramanmaraş ve Erzurum illerinden toplanan *Agaricus campestris* türünde radyoaktivite ve ağır metal birikimleri üzerine yapılan başka bir çalışmada ise ^{232}Th, ^{40}K, ^{238}U gibi doğal radyoizotoplar ve ^{137}Cs gibi yapay radyoizotopu konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca tahmin edilen etkin dozun değerleri hesaplanmış ve aynı ölçümler toprakta da yapılmıştır. Absorbe edilen doz ve aşırı alımda yaşam boyu kanser riski hesaplanmıştır. Mantar ağır metalleri olarak Mg (magnezyum), Al (alüminyum), Ca (kalsiyum), Cr (krom), Mn (manganez), Fe (demir), Co (kobalt), Ni (nikel), Cu (bakır), Zn (çinko), As (arsenik), Se (selenyum), Cd (kadmiyum), ^{206}Pb (kurşun-206), ^{207}Pb (kurşun-207) ve ^{208}Pb (kurşun-208) miktarları belirlenmiştir. Erzurum'dan toplanan mantarların ^{232}Th, ^{40}K, ^{238}U aktivite konsantrasyonları sırasıyla 12 ± 0,8 Bq/kg, 11,7 ± 0,9 Bq/kg, 497,7 ± 17,8 Bq/kg olarak belirlenmiş ve ^{137}Cs sistem tarafından tespit edilememiştir. Kahramanmaraş'tan toplanan

mantarın ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları sırasıyla 13,4 ± 0,5 Bq/kg, 134,9 ± 6,3 Bq/kg olduğu görülmüş, ^{238}U ve ^{137}Cs'ler sistem tarafından tespit edilememiştir. Erzurum ve Kahramanmaraş'tan toplanan mantar numunelerinde taahhüt edilen etkin dozun değeri sırasıyla 75 μSv ve 29 μSv olarak hesaplanmış ve bu değerler dünya ortalaması olarak kabul edilen 290 μSv'den düşük bulunmuştur. Erzurum için absorbe edilen doz ve ömür boyu kanser riski 37,39 nGy/sa, 16,5 x 10^{-5}, Kahramanmaraş için emilen doz ve fazla alımında yaşam boyu kanser riski sırasıyla 30,92 nGy / h, 13,3 x 10^{-5} olarak belirlenmiştir. Her ağır metal için günlük alım miktarı hesaplanmıştır. Her iki ilden toplanan mantarlarda arsenik (0,025 ve 0,039 mg / kg) dışında, radyonüklid aktivite konsantrasyonları ve ağır metal birikimi, sağlık düzeyinde tehdit oluşturmamıştır. WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ve FAO birlikte hazırladıkları raporda üst sınırdan (0.015 mg / kg) biraz daha yüksek bulunmuştur (Yılmaz ve ark., 2016).

Orta Karadeniz Bölgesi'nden (Türkiye) alınan çeşitli mantar ve toprak türlerinden elde edilen 50 örnekte (aynı istasyondan elde edilen), doğal ^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K ve yapay ^{137}Cs radyoaktif çekirdeklerinin terapötik konsantrasyonları belirlenmiştir. ^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K ve ^{137}Cs'lerin aktiviteleri mantar örneklerinde sırasıyla 84 ± 16 Bq/kg, 45 ± 14 Bq/kg, 570 ± 28 Bq/kg ve 64 ± 6 Bq/kg ve 51 ± 6 Bq/kg (kuru ağırlık) olarak bulunmuştur. Tüm çalışma alanı için toprak örneklerinde sırasıyla 41 ± 6 Bq/kg, 201 ± 11 Bq/kg ve 44 ± 4 Bq/kg'dır. Mantar örneklerinde ^{238}U ve ^{232}Th olanlar hariç tüm radyonüklid aktivite ölçümlerinin sonuçları önceki çalışmalarla tutarlı olduğu görülmüştür. Toprak örneklerinde, ^{238}U ve ^{232}Th'nin ortalama değerleri dünya ortalamasının üzerinde olduğu ve ^{40}K'nın aktivite ortalaması, dünya ortalamasının altında bulunmuştur. Son olarak, radyolojik dağılım haritaları oluşturulmuştur (Türkekul ve ark., 2018).

Bu çalışmada, *Agaricus bisporus* ve *Pleurotus ostreatus* ticari mantarlarında ve bunların kompostlarında biriken ^{232}Th (toryum) , ^{238}U (uranyum), ^{40}K (potasyum) ve ^{137}Cs (sezyum) gibi bazı önemli radyonüklitlerin spesifik aktiviteleri belirlenmiştir. Ek olarak, bireylerin aldığı yıllık etkin doz oranları hesaplanmıştır. Test edilen mantarların hiçbirinde ^{137}Cs aktivitesi tespit edilmemiştir. ^{232}Th, ^{238}U, ^{40}K spesifik aktivite konsantrasyonları, farklı firmalardan elde edilen her iki mantar türünde sırasıyla 2,1 Bq/kg-9,2 Bq/kg, 14,6 Bq/kg-26,6 Bq/kg ve 330,4 Bq/kg-739,7 Bq/kg aralığında belirlenmiştir. Aynı radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları, kompostlarında sırasıyla 11,0 Bq/kg-19,1 Bq/kg, 27,8 Bq/kg-45,1 Bq/kg, 126,7 Bq/kg-304,5 Bq/kg aralığında hesaplanmıştır. Genel olarak tüm radyonüklitler istatistiksel olarak

birbirinden farklı bulunmuştur. Ancak incelenen tüm parametreler, farklı firmalarda yetiştirilen her iki mantar türünde de herhangi bir sağlık riski olmadığını ortaya koymuştur (Gürgen ve ark., 2019).

Farklı ülkelerde de bu tip çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Fransa'da üç alanda örneklenen mantarlar ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{210}Pb ve ^{226}Ra konsantrasyonları için γ-spektrometresi ile analizi yapılmıştır. Numunelerin çoğunda radyoaktif sezyum maksimum 2860 Bq/kg (kuru ağırlık) tespit edilmiştir. ^{210}Pb'nin aktivite konsantrasyonları 1,7 Bq/kg-36,5 Bq/kg (kuru ağırlık) aralığında olduğu görülmüştür. Sporokarplarının üzerinde biriktirilen atmosferik ^{210}Pb'nin ölçülen ^{210}Pb konsantrasyonlarına ve daha sonra ^{210}Pb'ye dönüşen, toprak ve suda çözünen ^{222}Rn alımına katkılarını tahmin etmek için modeller geliştirilmiştir. ^{226}Ra'nın aktivite konsantrasyonları, çoğunlukla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bazı numuneler için belirlenen kararlı kurşunun toprak ve mantar konsantrasyon oranları ile karşılaştırılması, mantarlardaki ^{210}Pb'nin, toprakta bulunan ^{210}Pb'nin doğrudan alımından kaynaklandığını doğrulamıştır. Mantarların çoğunda tespit edilen yüksek ^{137}Cs konsantrasyonlarına rağmen, mantar tüketimine bağlı olarak radyasyon dozları örneklenen yenilebilir mantarların çoğunda ^{210}Pb hakim olduğu görülmüştür (Kirchner ve Daillant, 1998).

Çernobil kazasının ardından, birçok Avrupa ülkesinde ve İsveç'te mantarlarda yüksek konsantrasyonlarda^{137}Cs bulunmuştur. ^{137}Cs kirlenmesini uzun bir süre boyunca değerlendirmek üzere, uzun süreli bir araştırma için iki yenilebilir mantar türü seçilmiştir. *Suillus variegatus* ve *Cantharellus* spp. 1986'dan 1998'e kadar toplanmıştır ve ^{137}Cs içeriği değerlendirilmiştir. Sonuçlar ^{137}Cs'lerin aktivitesinin *Suillus variegatus*'ta sabit kaldığı ve *Cantharellus spp.*'de arttığı görülmüştür. Zaman dağılımının bir bozunma düzeltmesi, radyoaktif bozunumun, ^{137}Cs'lerin içeriğini etkileyen ana faktör olarak göründüğünü göstermektedir (Marzano ve ark., 2001).

İspanya'da toplanan mantarların radyoaktif içeriğini ele almak için, farklı mantar türlerinde bulunan ^{137}Cs, ^{40}K, ^{226}Ra ve ^{7}Be içeriğini cins ve beslenme mekanizmalarına göre analiz edilmiştir. Mikorhizal mantarların saprofitlerden daha fazla ^{137}Cs biriktiğini ve ^{7}Be için tam tersi olduğu gözlemlenmiştir. İspanya'da mantar tüketimi nedeniyle yıllık etkin doz 2 μSv ve ^{40}K ve ^{226}Ra'nın katkısının genellikle ^{137}Cs'lerden daha fazla olacağını tahmin edilmiştir. ^{137}Cs'lerin doza katkısı, kontrollü laboratuvar koşullarında yapılan bir deney sonuçları dikkate alınarak hesaplanmış ve yaklaşık %98'inin mantarların kolayca sindirilebilir fraksiyonu ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Baeza ve ark., 2004).

2000-2004 yılları arasında Çek Cumhuriyeti ve Slovak Cumhuriyeti'ndeki çeşitli bölgelerinden toplanan mantarlarda sezyumun aktivite konsantrasyonları gözlemlenmiştir. Çek düzenleyici kurumlarının özet raporları, mantarlardaki ortalama aktivite konsantrasyonlarının izin verilen azami kirlilik seviyesinin oldukça altında olduğuna karar vermiştir. Bununla birlikte, sezyum aktivitelerinin, temel gıda maddelerinin kontaminasyonu için izin verilen maksimum seviyeye yaklaştığı belirli bölgeler olduğu görülmüştür. Slovakya'da ölçülen ^{137}Cs'lerin en yüksek aktivite konsantrasyonu, Senica'dan *Suillus luteus* için 966 Bq/kg (kuru kütle) olarak ölçülmüştür. Karşılaştırma için, Çernobil çevresinde 30 km'lik bölge içinden alınan bir numunede karşılık gelen aktivite konsantrasyonunun 6.000 Bq/kg (kuru kütle) olduğu ölçülmüştür. Sonuçlar Slovakya'daki ^{137}Cs'lerin Çek Cumhuriyeti'ndekine kıyasla daha düşük aktivite konsantrasyonları olduğunu da göstermiştir (Dvořák ve ark., 2006).

Doğu Slovakya'daki yerleşim yerlerinden seçilen mantar türlerinde sezyum miktarı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan *Macrolepiota procera* ve *Armillaria mellea*'nın sezyum biriktirme kabiliyeti düşük olduğu tespit edilmiştir. ^{137}Cs'lerin daha yüksek değerleri *Russula aeruginea* ve *Xerocomus subtomentosus*'ta ölçülmüş ve sırasıyla 869,6 Bq/kg ve 322,9 Bg/kg (kuru ağırlık) elde edilmiştir. Islatma ve yıkama yöntemleri ile mantarlarda radyoaktiviteyi azaltmak için denemeler yapılmıştır. İncelenen mantar türlerinde su ve sofra tuzu çözeltisi kullanılması, sezyum miktarını % 33-88 azalttığı gözlemlenmiştir (Cipáková, 2004).

2004 sonbaharında Avrupa'nın farklı bölgelerinde toplanan birçok mantar örneğinin radyolojik incelemesinin sonuçları analiz edilmiştir. Bu çalışma, çevresel numunelerde radyonüklid ölçümlerinin kalite güvencesi için sertifikalı bir referans malzeme geliştirmek ve üretmek için karar vermeyi desteklemek amacıyla yapılmıştır. Mantarlardaki ^{137}Cs'lerin seviyeleri kuru kütle bazında 0,6 Bq/kg ile 4300 Bq/kg arasında değişirken, doğal ^{40}K'nınkiler nispeten sabit olduğu görülmüştür. Bir örnekte ^{60}Co bilinmeyen kökenli (25 ± 2 Bq/kg kuru kütle) tespit edilirken, ^{90}Sr konsantrasyonları genellikle tespit limitinin altında çıkmıştır (<150 mBq / kg kuru kütle) (Szántó ve ark., 2007).

Brezilya'da, yenilebilir mantarlarda doğal ve yapay radyonüklid bileşimini belirlemek amacıyla Yapay radyoaktif ^{137} Cs ve doğal radyoaktif ^{40} K, ^{226} Ra, ^{228}Ra olan radyonüklidleri ticari değeri yüksek yenilebilir 17 mantar türünde inceleme yapılmıştır. Çalışmanın sonunda ^{137}Cs 10,6 ± 0,3 Bq/kg ve 1,45 ± 0,04 Bq/kg arasında değiştiği, ^{40}K seviyeleri 461 ± 2 Bq/kg ve 1535 ± 10 Bq/kg arasında değiştiği, ^{226}Ra

seviyeleri 66 ± 12 Bq/kg, 14 ± 3 Bq/kg arasında ve ^{228}Ra seviyeleri 6,2 ± 0,2 Bq/kg ile 54,2 ± 1,7 Bq/kg arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada belirlenen yapay ve doğal radyoaktiflerin, Brezilya'daki mantarların ^{137}Cs seviyeleri Güney Yarımküre'deki radyoaktif serpinti ile uyumlu ve ulusal mevzuatın öngördüğü izin verilen azami seviyelerin altında olduğu tespit edilmiştir (De Castro ve ark., 2012).

Bu ülkelerin yanında, Çin'deki Yunnan ve Avrupa Eyaletlerinden toplanan çeşitli yenilebilir *Boletus* sporokarplarında ^{137}Cs ve doğal gama ışını yayan radyonüklid ^{40}K aktivite konsantrasyonları belirlenmiş ve bir karşılaştırma yapılmıştır. Çin'in Yunnan kentinde toplanan *Boletus* için ilk kez elde edilen veriler, ^{137}Cs'ler ile çok zayıf bir kirlenme göstermiştir. Yunnan'da 2011-2014 yılları arasında toplanan *B. edulis* örneklerinin sezyum konsantrasyon aktivitesi, şapkaları için 5,2 ± 1,7 Bq/kg ile 10 ± 1 Bq Bq/kg (kuru madde) ve 4,7 ± 1,3 Bq/kg ile 5,5 ± 1,0 Bq/kg (kuru madde) arasında değişmiştir. 1995 ve 2010 yılları arasında Avrupa lokasyonlarından toplanan mantarlar *B. badius*, *B. edulis*, *B.impolitus*, *B.luridus*, *B.pinophilus* ve *B.reticulatus*, Yunnan'dan *B.edulis*'e kıyasla ^{137}Cs'den iki ile dört kat daha fazla radyoaktivite göstermiştir. *B.badius*'taki ^{40}K radyonüklidi, şapka ve sap arasında eşit olarak dağıtılmış, *B.edulis*, *B.impolitus*, *B.luridus*, *B.pinophilus* ve *B.reticulatus* için şapka daha zengin ve her mantar için az çok türe özgü olduğu gözlemlenmiştir (Falandysz ve ark., 2015a).

Nijerya'da, ^{40}K, ^{226}Ra ve ^{232}Th gibi primordial radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları, yenilebilir mantar örneklerinde belirlenmiştir. Toplanan yenilebilir mantarlar, *Termitomyces striatus*, *Psathyrella atroumbonata*, *Termitomyces robustus*, *Pleurotus tuber-regium* ve *Pleurotuss quarrosulus*'tur. Aktivite ölçümleri gama spektrometresi ile yapılmıştır. Ortalama ^{40}K konsantrasyonları 254,17 ± 46,78 Bq/kg ile 416,07 ± 68,43 Bq/kg, ^{226}Ra konsantrasyonları 2,68 ± 0,82 Bq/kg ile 21,64 ± 7,23 Bq/kg ve ^{232}Th konsantrasyonları ise 8,57 ± 3,25 Bq/kg ile 10,98 ± 4,31 Bq/kg arasında değişmiştir. Konsantrasyonlar etkin doza dönüştürülmüş, hesaplanan etkin dozların izin verilen maksimum seviyelerin altında olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, normalde bu mantarları tüketenler için sağlık riski öngörülmemektedir (Faweya ve ark., 2015).

Bu çalışmada, el değmemiş ılıman bir yağmur ormanındaki toprak, yosun ve mantarların çok elementli bileşimini araştırılmıştır (Prasnik, Hırvatistan). Araştırmanın amacı, doğal olarak yüksek metal konsantrasyonu ile karakterize edilen bozulmamış bir ortamda büyüyen biyoindikatör türlerinin (yosunlar, mantarlar) metal (loid) alımını keşfetmektir. Hesaplanan zenginleştirme ve biyoakümülasyon faktörleri, farklı element

grupları arasındaki korelasyonlar, yosunlar, mantarlar ve toprak örneklerindeki benzer çok elementli modeller, yerel substrat jeokimyasının yosun ve mantarlardaki element konsantrasyonları üzerindeki hakim etkisini ortaya çıkarmıştır. Sonuçlar, Bi (bizmut), Cd ve Pb'nin atmosferik birikimine işaret ederken, radyonüklid aktiviteleri atmosferik düşüşe (radyosezyum tarafından küresel kirlenme dahil) ve pedolojik substratın etkisine işaret etmiştir. Toprak özelliklerinde ve jeolojik kompozisyonda sınırlı varyasyonlarla sınırlı araştırma alanı, yosun ve mantarlardaki metallerin (loid) kökeni hakkında daha net bir kavrayışa izin vermiştir. Öte yandan, farklı element alım mekanizmalarına sahip biyoindikatör türlerinin kullanılması, farklı element kaynakları arasında ayrım yapılmasını sağlamıştır (Ivanić ve ark., 2019).

1986 yılında Çernobil kazasından kaynaklanan önemli bir kirliliğin ölçüldüğü Çek Cumhuriyeti, Bohemya Ormanı'ndaki (Çek: Šumava) seçilen konumlardan belirli mantar türlerinde ^{137}Cs ve ^{40}K konsantrasyonlarını karşılaştırmıştır. Örnekler Haziran ve Ekim 2014 arasında toplanmıştır. Kuru kütle başına ^{137}Cs ve ^{40}K aktiviteleri, bir yarı iletken gama spektrometresi vasıtasıyla ölçülmüştür. Ölçülen ^{137}Cs değerleri, 4300 ± 20 Bq/kg, ^{40}K olması durumunda 910 ± 80 Bq/kg ile 4300 ± 230 Bq/kg arasındadır. Çernobil kazasından sonra radyoaktif bulutun hareketi sırasında meydana gelen düzensiz yağış nedeniyle, bireysel lokasyonlar arasında farklılıklar bulunmuştur. Bununla birlikte, aynı lokasyonlardan ayrı ayrı mantar türleri arasında, diğerlerinin yanı sıra toprağın farklı özelliklerinden ve misellerin derinliklerinden kaynaklanan farklılıklar da olduğu tespit edilmiştir (Čadová ve ark., 2017).

Çin, Yunnan kentinde 31 tıbbi mantar türünde ^{137}Cs ile radyoaktif kontaminasyonu, ^{40}K ve paralel olarak toplam K oluşumu analiz edilmiştir. Bu çalışmada tıbbi mantarlarda ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları düşük olarak gözlemlenmiştir. *Tricholomataceae* familyasından saprofit mantar *Gerronema xanthophyllum*'un maksimum değerleri şapkalarda 54 ± 4 Bq/kg kuru biyokütle (db) ve 48 ± 5 Bq/kg. Nispeten daha yüksek ^{40}K aktivite konsantrasyonları olan mantarlar, polipor olmayan türler arasında olduğu, ancak *Ganoderma applanatum, G. capense, G. philippiive, G. sinense* gibi *Ganoderma* cinsinden bazı türler, 900 ± 240 Bq/kg ile 1400 ± 340 Bq/kg db. arasında daha yüksek bir aralıkta ^{40}K göstermiştir (Širić ve Falandysz, 2020).

4. ARAŞTIRMA YAPILAN BÖLGENİN ÖZELLİKLERİ

4.1.Amasya Bölgesi

Amasya ili, Orta Karadeniz Bölümünün iç kısmında yer alır. Yüzölçümü 5.701 km^2 dir. 34° 57’ 06” - 36° 31’ 53” Doğu Boylamları ile 41° 04’ 54” - 40° 16’ 16” Kuzey Enlemleri arasındadır (AmasyaValiliği, 2020). Çevresinde doğuda Tokat, güneyde Tokat ve Yozgat, batıda Çorum, kuzeyde Samsun illeri bulunmaktadır. Bir graben ovası özelliği gösteren Amasya ovasının sınırlarını, kuzeyde Çakır Dağları, batıda Kırlar ve Karadağ, güneyde Buzluk Dağı ile Doğuda Sakarat ve Sarıtaş dağları oluşturur (Alar, 2014). Topoğrafik yapısında en yüksek nokta Akdağ’dır. Dağlar doğu batı istikametinde uzanır. Amasya hem dağların birleştiği hem de Yeşilırmak Nehrinin ana kollarının birleştiği bir konuma sahip olması sebebiyle oldukça engebeli bir yüzey şekline sahiptir. İlin ortasında yer alan Suluova ile birlikte Taşova ve Gümüşova Amasya’nın önemli ovalarıdır. İlin deniz seviyesinden ortalama yüksekliği (rakım) 1.150 m, il merkezinin ise 411,69 m’ dir.

Amasya’nın yakın çevresini kuşatan kalker ve marndan oluşan dağlık sahalar, 1200-2000 metrelerinde bir yükselti kademesine sahiptir (Topal, 2020). İl topraklarındaki en yeni jeolojik yapılanmalarını alüvyonlar oluşturmaktadır. İl merkezindeki yamaçlar kalkerlerden, yeşil kayaçlardan, vadinin taban kısmı ise Yeşilırmak’ın alüvyonlarından oluşmuştur. Az eğimli yamaçlar moloz örtüsüyle kaplıdır (Aktaş, 2006). İlin önemli akarsularında biri Yeşilırmak’tır ve Çekerek Irmağı ile Tersakan çayıyla birleşerek Karadeniz’e ulaşır. Bu akarsu, bölge için geniş alüvyon alanlar oluşturarak bölgenin tarımsal verimliliğine katkıda bulunur.

Amasya topraklarının büyük bir kısmı, zonal topraklar grubunda değerlendirilir. Bunlar aynı zamanda kırmızı kızıl kestane ve podsolik topraklardır. Orman oluşumuna elverişlidir. Yüksek kesimlerdeki topraklar ise iğne yapraklı ağaçların yetişmesine uygundur. İl merkezi ve Merzifon çevresinde kestane rengi topraklar geniş bir alana yayılmıştır. Bu topraklar granit içeren bir yapı gösterirler ve otlak için elverişlidirler (Aktaş, 2006).

İl genelinde Karadeniz geçiş iklimi görülür. Bu iklim tipi Karadeniz iklimi ile Karasal iklim arasında geçiş özelliği gösterir, karasal iklim kadar kurak ve soğuk,

Karadeniz iklimi kadar da yağışlı değildir. Kışları yağışlı, yazları ise genellikle sıcak ve kuraktır. En fazla yağış ilkbahar mevsiminde görülmektedir (Topal, 2020).

Amasya'da ortalama en yüksek sıcaklığın 20,1 ºC, ortalama en düşük sıcaklığın 7,9 ºC ortalama sıcaklığın 13,6 ºC, ve ortalama güneşli gün sayısının 68,1 saat olduğu görülmüştür. Ortalama yağış miktarı 460,8 mm ve ortalama yağışlı gün sayısı 111,5 gündür. Bu değerlere göre, ılıman koşullara sahip ve orta derece yağış alan bir yerleşim yeri olduğu görülür. En yüksek sıcaklık temmuz ve ağustos aylarında, en düşük sıcaklık ise Ocak ayında görülmektedir.

4.2. Tekirdağ Bölgesi

Tekirdağ, 26^{o} 43'-28^{o} 08' doğu boylamları, 40^{o} 36'- 41^{0} 31' kuzey enlemleri arasında, Marmara Bölgesi'nin Istranca Bölümü ile Ergene Bölümü üzerinde yer alan bir ilimizdir. Batısında Edirne ve Çanakkale, doğusunda İstanbul, güneyinde Marmara Denizi ve kuzeyinde Kırklareli ve kısa bir kıyıyla Karadeniz ile çevrilidir. Kıyı uzunluğu, Karadeniz'e 2,5 km, Marmara Denizi'ne ise 133 km olmak üzere toplam 135,5 km'dir. Tekirdağ, Marmara Denizi'nin kuzeybatısında az engebeli, zengin alüvyonlarla kaplı topraklar üzerinde bulunmaktadır (Valiliği, 2020). İl topraklarının %75,2'si plato, %15,5'i ova ve %9,3'ü dağlarla kaplıdır. Önemli yükseltisi ise Tekir Dağları'dır ve sıradağ halinde uzanmaktadır. Bu dağlar kısmen orman ve çalılık olup, Kumbağ Beldesinden Gelibolu kıstağına kadar Marmara Denizi'ne paralel bir şekilde 60 km. boyunca uzanır (Gülen, 2011). Tekirdağ topraklarının en yüksek noktası ise 945 metre yükseklikte, 35 km uzunlukta ve 10 km genişlikte genç bir yükselim olan Ganos Dağı'dır (Özyavuz, 2011). İl, konum itibariyle Akdeniz ve Avrupa-Sibirya floristik bölgelerinin karşılaşması nedeniyle zengin bir potansiyele sahiptir (Dönmez, 1990; Atalay, 1997; Gülen, 2011). Bölgenin toprak yapısının temelini serpantinit, metadolerit, metaçört, serizit-aktinolit, klorit şist, mavi şist, diyorit, fillit vb. oluşturmaktadır. Genelini ise turuncu, gri, kahve, ve sarı renkli kumtaşı kiltaşı-silttaşı sıralanmasıdan meydana gelmiş olup, nadiren çakıltaşı ve linyit damarlarından oluşur (Gülen, 2011). Geniş bir ölçü de çam ormanlarının ve meşe ormanlarının görüldüğü bu bölge de kahverengi orman toprakları hakimdir.

İlin Marmara Denizine kıyısı olan yerlerde Akdeniz iklimi egemendir ancak sahil kesiminde kışın kar yağışı da görülebilmektedir. İlin iç kesimlerine gidildikçe yazların sıcak, kışların soğuk geçtiği karasal iklim görülmektedir. Bölgedeki yıllık

ortalama sıcaklık 13,7 ºC olup, yıllık ortalama yağış miktarı ise 540-680 mm aralığında değişmektedir. En yağışlı ay Aralık, en kurak ay ise Ağustos'tur. Bölgedeki ortalama nispi nem oranı %67-75 arasında olup rüzgâr kuzey ve kuzeydoğu yönlerden 2-5 m/s hızla esmektedir (Üstün, 2007). Yüksek kesimlerde nemli orman alanları bulunmaktadır. İç kesimlerde karasallığın ve kış mevsiminde Balkanlardan gelen soğuk hava akımının etkisi ile 1-2°C, Ganos Dağları'nda yükseltinin etkisi ile 3-4 °C'ye varan sıcaklık azalmaları görülür. Yıllık sıcaklık farkları iç kesimlerde bu fark 20 °C iken, kıyı bölümünde 19 °C'ye ulaşır (Gülen, 2011).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Mantar Örneklerinin Toplanması, Teşhisi ve Kurutulması

Amasya ilinin Taşova ilçesinde ve Tekirdağ ilinin Saray ilçesinde belirlenen bölgelerden, 2019 yılının Ekim ve Kasım aylarında yapılan arazi çalışmalarında Tablo 5.1. ve Şekil 5.1.-5.16 (Natural, 2021; Naturfoto, 2021) 'da gösterilen mantar örnekleri ve toprak numuneleri alınmıştır. Toprak örnekleri yaklaşık olarak 20-30 cm. derinlikten alınmıştır.

Amasya Bölgesi	**Tekirdağ Bölgesi**
Lactarius deliciosus (L.)Grey	*Lactarius deliciosus* (L.) Grey
Armillaria mellea (Vahl) P. Kumm..	*Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm.
Macrolepiota procera (Scop.) Singer	*Macrolepiota procera* (Scop.) Singer
Hydnum repandum (L.)	*Hydnum repandum* L.
Tricholoma fracticum (Britzelm.)Kreisel	*Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm
Hygrophorus chrysodon (Batsch) Fr.	*Boletus edulis* Bull.
Ganoderma lucidum (Curtis) P. Karst	*Suillus luteus* (L.) Roussel
Tricholoma imbricatum (Fr.) P. Kumm	*Lactarius vellereus* (Fr.) Fr.
Ganoderma applanatum Pers.	*Lycoperdon perlatum Pers.*
Hygrophorus lalitabundus Britzelm.	*Amanita caesarea* (Scop.) Pers

Tablo 5.1. Tekirdağ ve Amasya illerinden Toplanan mantar türleri



Şekil 5.1. *Boletus edulis*



Şekil 5.2. *Armillaria mellea*



Şekil 5.3. *Ganoderma applanatum*



Şekil 5.4. *Macrolepiota procera*



Şekil 5.5. *Suillus luteus*



Şekil 5.6. *Tricholoma terreum*



Şekil 5.7. *Amanita caesarea*



Şekil 5.8. *Ganoderma lucidum*



Şekil 5.9. *Higrophorus latitabundus*



Şekil 5.10. *Hynum repardum*



Şekil 5.11. *Hygrophorus chrysodon*



Şekil 5.12. *Lactarius vellereus*



Şekil 5.13. *Lycoperdon perlatum*



Şekil 5.14. *Tricholoma fracticum*



Şekil 5.15. *Tricholoma imbricatum*



Şekil 5. 16. *Lactarius deliciosus*

Toplanan mantar türleri ve toprak numuneleri laboratuvara getirilerek, mantar örnekleri mevcut literatür (Fries, 1821; Gillet, 1874; Saccardo, 1915; Watling, 1973; Phillips, 1981; Breitenbach ve Kränzlin, 1983; Michael ve ark., 1983; Moser, 1983; Grunert ve Grunert, 1984; Michael ve ark., 1985; Breitenbach ve Kränzlin, 1986; Michael ve ark., 1986; Hennig ve Kreisel, 1987; Michael ve ark., 1987; Pegler, 1987; Dähncke, 1988; Webster, 1989; Bresinsky ve Besl, 1990; Ellis ve Ellis, 1990; Breitenbach ve Kränzlin, 1991; Grunert ve Grunert, 1991; Dähncke, 1993; Breitenbach ve Kränzlin, 1995; Jordan, 1996; Gerhard, 1997; Pace, 1998) yardımıyla teşhisleri yapılarak, üzerlerindeki diğer toprak vb. maddeleri temizlenmiştir. Temizlenen örnekler küçük parçalara bölünerek mantar kurutma cihazında 40-60 ^{o}C'de 3 gün bekletilerek kurutulmuştur.



Şekil 5.17. Tekirdağ/ Saray, Kavacık örneklerinin toplandığı lokasyon



Şekil 5.18. Amasya, Taşova, Destek örneklerinin toplandığı lokasyon

5.2. Mantar Örneklerinin Analize Hazırlanması ve Radyoaktivite İçeriklerinin Belirlenmesi

Mantar örnekleri kurutulduktan sonra öğütülmüştür ve tane boyutlarının homojen olması için numunelerin eleme işlemleri yapılmıştır. Daha sonra örnekler deneysel sistemin geometrisine uygun olan, çapı 6 cm ve yüksekliği 5 cm olan şeffaf ve beyaz vida kapaklı polistein kutuların içine konulmuştur. Örnek kutularının ağızları

sıkıca kapatmış ve parafilm ile sızdırmaz hale getirildikten sonra 1 ay süreyle bekletilmiştir. Böylece, ^{238}U ve ^{232}Th ürünleri arasındaki radyoaktif dengenin oluşması sağlanarak örnekler sayıma hazır hale getirilmiştir. Bekleme süresi dolan her bir örnek HpGe detektörü kullanılarak 50.000 sn sayılmış ve ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümü tamamlanan örneklerden elde edilen spektrumların bilgisayar ortamında analizleri yapılmış ve aktivite konsantrasyonları hesaplanmıştır.



Şekil. 5.19. Polistein kaplardaki mantar numuneleri



Şekil 5.20. HpGe dedektör

Ölçümler sonucu elde edilen radyonüklitlerin aktivitelerini hesaplamak için,

$$\text{Aktivite} = \frac{\text{NetAlan}}{\text{SayımSüresi x NumuneMiktarı x Bolluk x Verim}} \quad (5.2.)$$

denklemi kullanılmıştır.

Örneklerin radyoaktivite analizleri için, Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan çok kanallı gama spektroskopisi kullanılmıştır. Gamma spektroskopik ölçümler 1332,5 keV'de 1,9 keV rezolüsyona ve % 50' lik relatif verime sahip olan ORTEC, GEM50P4-83 model yüksek saflıkta coaxial Ge detektörü kullanılarak yapılmıştır. Detektör, önyükselteç, spektroskopi yükselteci, analog sayımları elektronik sinyallere dönüştüren Analog dijital dönüştürücü (ADC) sistemi, çok kanallı analizörden (MCA) oluşmaktadır (Kurnaz ve ark., 2020).

Bilgisayar hafızasında toplanan spektrumların analiz edilebilmeleri için, hangi kanalın hangi enerjiye karşılık geldiğinin bilinmesi gerekir. Böylece numunede bulunan radyoaktif çekirdek türleri bulunabilir. Enerji kalibrasyonu için dedektöre belli bir mesafede konulan standart kaynağın spektrumu elde edilerek enerjilerin hangi kanallara karşılık geldiği tespit edilmiştir. Enerji kalibrasyonunun yapılabilmesi için önceden enerjileri bilinen çekirdeklerden oluşmuş standart bir kaynağa (kaynaklara) ihtiyaç vardır. Enerji ve verim kalibrasyonu için enerjileri 80–1400 keV arasında değişen ^{109}Cd (kadmiyum), ^{57}Co (kobalt), ^{133}Ba (baryum), ^{22}Na (sodyum), ^{137}Cs (sezyum), ^{54}Mn, ve ^{60}Co'ın piklerini içeren standart nokta kaynaklar kullanılmıştır. Tablo 5.2'de kalibrasyon için kullanılan standart kaynağa ait bilgiler verilmektedir (Hancerliogullari ve ark., 2019).

Tablo 5.2. Standart kaynağın özellikleri

İzotoplar	**Enerji (keV)**	**Yarı-ömür (gün)**	**Bolluk (%)**
^{133}Ba	81	3830	33
^{109}Cd	88	464	3,72
^{57}Co	122,1	271	86
^{57}Co	136,5	271	11
^{133}Ba	276,4	3830	6,9
^{133}Ba	302,8	3830	19
^{133}Ba	356	3830	62
^{133}Ba	383,8	3830	8,7
^{22}Na	511	946	180
^{137}Cs	661,6	11022	85
^{54}Mn	834,8	313	100
^{60}Co	1173,2	1922	100
^{22}Na	1274,5	946	100
^{60}Co	1332,5	1922	100

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Mantarlar, orman ekosisteminin en önemli bileşenlerinden biridir. Bu nedenle radyoaktif element dağılımının incelenmesinde önemli bir yere sahiplerdir. Mineraller gibi radyoaktif elementlerin de tutulmasında, yer değiştirmesinde rol oynarlar ve mantar tüketimi sonrası canlılar bir takım radyasyon maruziyeti yaşarlar. İnsanların maruz kaldığı radyasyon esas olarak doğal radyonüklidlerden olabildiği gibi yapay kaynaklardan da olabilmektedir. Bu çalışmada, halk tarafından tüketilen mantar türlerinde doğal radyasyon maruziyetine sebep olan karasal kaynaklı ^{232}Th ve ^{238}U serileri ve ^{40}K ile yapay maruziyete sebep olan ^{137}Cs radyonüklerin aktivite analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda Tekirdağ ilinden toplanan mantar türlerinde ölçülen radyonüklid aktivite konsantrasyonları Tablo 6.1. de verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere Tekirdağ bölgesinde belirlenen alandaki mantar örneklerinde türler arasında ^{40}K aktivitesinin ölçümü yapılan diğer radyonüklitlerin aktivitelerine kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte tüm örneklerde yapay radyoaktif olan ^{137}Cs varlığı gözlemlenmiştir. ^{137}Cs'nin 30,17 yıllık fiziksel yarı ömrü göz önüne alındığında, bir tam yarılanma süresini geçirdiği için ^{137}Cs aktivitesinde bir azalma nükleer bozunmanın rastgeleliği sınırları içinde beklenebilir. Mantarlardaki bu yapay ^{137}Cs aktivite konsantrasyonunun rakıma bağlı olabileceği düşünülmektedir. Dağlardaki yağış miktarı yükseltinin az olduğu bölgelere kıyasla daha yüksekse, dağlardaki alanlar Çernobil serpintisinden daha fazla etkilenmiş olabilir (Dvořák ve ark., 2006). Tekirdağ bölgesinden toplanan mantarlar türlerinde ^{137}Cs aktivitesinin gözlemlenmesi Çernobil serpintisinden olabileceği gibi bu etki, bölgenin rakımı ile de ilişkilendirilebilir.

Tablo 6.1. Tekirdağ bölgesinden toplanan mantar türlerinin radyonüklid aktiviteleri

Tür	^{238}U(Bq/kg)	^{232}Th(Bq/kg)	^{40}K(Bq/kg)	^{137}Cs(Bq/kg)
Amanita caesarea	10,0 ± 0,3	8,9 ± 0,3	1298,8 ± 51,8	3,9 ± 0,1
Lycoperdon perlatum	14,6 ± 0,4	11,9 ± 0,3	1940,9 ± 77,4	11,5 ± 0,3
Macrolepiota procera	11,9 ± 0,4	7,7 ± 0,2	1666,2 ± 66,2	18,2 ± 0,4
Lactarius deliciosus	4,8 ± 0,1	1,3 ± 0,1	825,8 ± 32,9	5,2 ± 0,2
Lactarius vellereus	8,6 ± 0,3	3,4 ± 0,1	287,4 ±11,1	18,9 ± 0,4
Suillus luteus	15,5 ± 0,4	1,9 ± 0,1	1104,0 ± 42,5	31,0 ± 0,8
Boletus edulis	10,4 ± 0,3	1,8 ± 0,1	1086,8 ± 41,6	12,6 ± 0,4
Armillaria mellea	11,3 ± 0,3	2,3 ± 0,1	660,5 ± 26,1	5,1 ± 0,1
Tricholoma terreum	17,5 ± 0,4	3,5 ± 0,1	908,4 ± 35,8	127,8 ± 3,3
Hydnum repandum	16,1 ± 0,4	6,2 ± 0,2	1057,8 ± 42,1	115,7 ± 2,8
Ortalama	12,07	4,89	1083,66	34,99
Toprak	19,2 ± 0,5	7,2 ± 0,2	362,6 ± 14,3	2,3 ± 0,1

Tablo 6.2. Amasya bölgesinden toplanan mantar türlerinin radyonüklid aktiviteleri

Tür	^{232}Th(Bq/kg)	^{238}U(Bq/kg)	^{40}K(Bq/kg)	^{137}Cs(Bq/kg)
Lactarius deliciosus	7,8 ± 0,2	3,3 ± 0,1	224,7 ± 8,9	35,2 ± 0,9
Armillaria mellea	14,3 ± 0,4	4,9 ± 0,1	1105,1 ± 44,1	24,1 ± 0,3
Hygrophorus chrysodon	9,6 ± 0,3	2,7 ± 0,1	2048,5 ± 81,5	12,7 ± 0,4
Hygrophorus latitabundus	8,2 ± 0,3	2,6 ± 0,1	954,3 ± 38,4	8,6 ± 0,2
Tricholoma fracticum	9,9 ± 0,3	3,5 ± 0,1	766,1 ± 30,2	16,9 ± 0,4
Ganoderma lucidum	7,4 ± 0,2	5,7 ± 0,2	1151,4 ± 46,1	9,4 ± 0,2
Macrolepiota procera	6,5 ± 0,2	1,3 ± 0,1	763,3 ± 30,2	3,1 ± 0,1
Tricholoma imbricatum	16,0 ± 0,5	1,9 ± 0,1	1377,0 ± 54,7	63,7 ± 1,6
Hydnum repandum	8,4 ± 0,3	2,3 ± 0,1	1587,9 ± 63,3	13,4 ± 0,4
Ganoderma applanatum	15,8 ± 0,4	4,6 ± 0,1	1603,1 ± 63,8	18,3 ± 0,4
Ortalama	10,39	3,28	1158,14	20,54
Toprak	12,5 ± 0,3	9,1 ± 0,3	385,2 ± 15,2	23,1 ± 0,5

Amasya bölgesinden alınan mantar numunelerinden elde edilen radyonüklid aktivite konsantrasyonları ise Tablo 6.2'de verilmiştir. Tabloda verilen aktivite değerlerine göre toprak örneklerindeki ^{137}Cs radyonüklidlerinin ortalama aktivite değerlerinin Tekirdağ bölgesinden yaklaşık 10 kat daha fazla olduğu görülmektedir.

Bu bölgenin toprak örneklerindeki ^{232}Th, ^{238}U ve ^{40}K spesifik aktivite değerleri Tekirdağ bölgesinin toprak örnekleri ile karşılaştırıldığında önemli bir farkın olmadığı görülmektedir.

Her iki bölgenin de ortalama aktivite konsantrasyonları incelendiğinde, Amasya bölgesinde ^{238}U spesifik aktivite konsantarasyonu 10,39 Bq/kg ölçülürken, Tekirdağ bölgesinde ^{238}U spesifik aktivite konsantrasyonu 12,07 Bq/kg olarak ölçülmüştür. ^{232}Th ortalama spesifik aktivite konsantrasyonu Amasya'da 3,28 Bq/kg iken, Tekirdağ'da 4,89 Bq/kg'dır. Bölgelerdeki ^{40}K'ın ortalama aktivite konsantrasyonu Amasya ilinde 1158,14 Bq/kg, Tekirdağ ilinde ise 1083,66 Bq/kg'dır. Aynı zamanda ^{137}Cs ortalama aktivite konsantrasyonu Amasya'da 20,54 Bq/kg, Tekirdağ'da ise 34,99 Bg/kg'dır. Bu sonuçlar doğrultusunda ^{238}U, ^{232}Th ve ^{137}Cs ortalama spesifik aktivite konsantrasyonu Tekirdağ ilinde daha yüksek olduğu görülürken, ^{40}K ortalama aktivite konsantrasyonu Amasya ilinde Tekirdağ'a kıyasla yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 6.1 ve Tablo 6.2'de verilen spesifik aktivite değerlerine göre mantar örneklerindeki ortalama ^{40}K aktivitesinin, toprak örneklerindeki aktivitesinden daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum kararlı potasyum ve dolayısıyla ^{40}K'ın mantarlar tarafından kendi fizyolojik gereksinimleri doğrultusunda düzenlendiğini göstermektedir. Mantarlarda görülen yüksek potasyumun temel nedeni mantarların yüksek mineral tutma (potasyum, fosfor, magnezyum, bakır, çinko ve manganez gibi) yeteneği olduğu varsayılmaktadır (Bellettini ve ark., 2016).

Tablo 6.3. Amasya ve Tekirdağ illerinden toplanan ortak mantar türlerinde ^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K, ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları

Türler	**^{238}U(Bq/kg)**	**^{232}Th(Bq/kg)**	**^{40}K(Bq/kg)**	**^{137}Cs(Bq/kg)**	**Lokalite**
Macrolepiota procera	6,5 ± 0,2	1,3 ± 0,1	763,3 ± 30,2	3,1 ± 0,1	Amasya
Macrolepiota procera	11,9 ± 0,4	7,7 ± 0,2	1666,2 ± 66,2	18,2 ± 0,4	Tekirdağ
Lactarius deliciosus	7,8 ± 0,2	3,3 ± 0,1	224,7 ± 8,9	35,2 ± 0,9	Amasya
Lactarius deliciosus	4,8 ± 0,1	1,3 ± 0,1	825,8 ± 32,9	5,2 ± 0,2	Tekirdağ
Hydnum repandum	8,4 ± 0,3	2,3 ± 0,1	1587,9 ± 63,3	13,4 ± 0,4	Amasya
Hydnum repandum	16,1 ± 0,4	6,2 ± 0,2	1057,8 ± 42,1	115,7 ± 2,8	Tekirdağ
Armillaria mellea	14,3 ± 0,4	4,9 ± 0,1	1105,1 ± 44,1	24,1 ± 0,3	Amasya
Armillaria mellea	11,3 ± 0,3	2,3 ± 0,1	660,5 ± 26,1	5,1 ± 0,1	Tekirdağ
Toprak	12,5 ± 0,3	9,1 ± 0,3	385,2 ± 15,2	23,1 ± 0,5	Amasya
Toprak	19,2 ± 0,5	7,2 ± 0,2	362,6 ± 14,3	2,3 ± 0,1	Tekirdağ

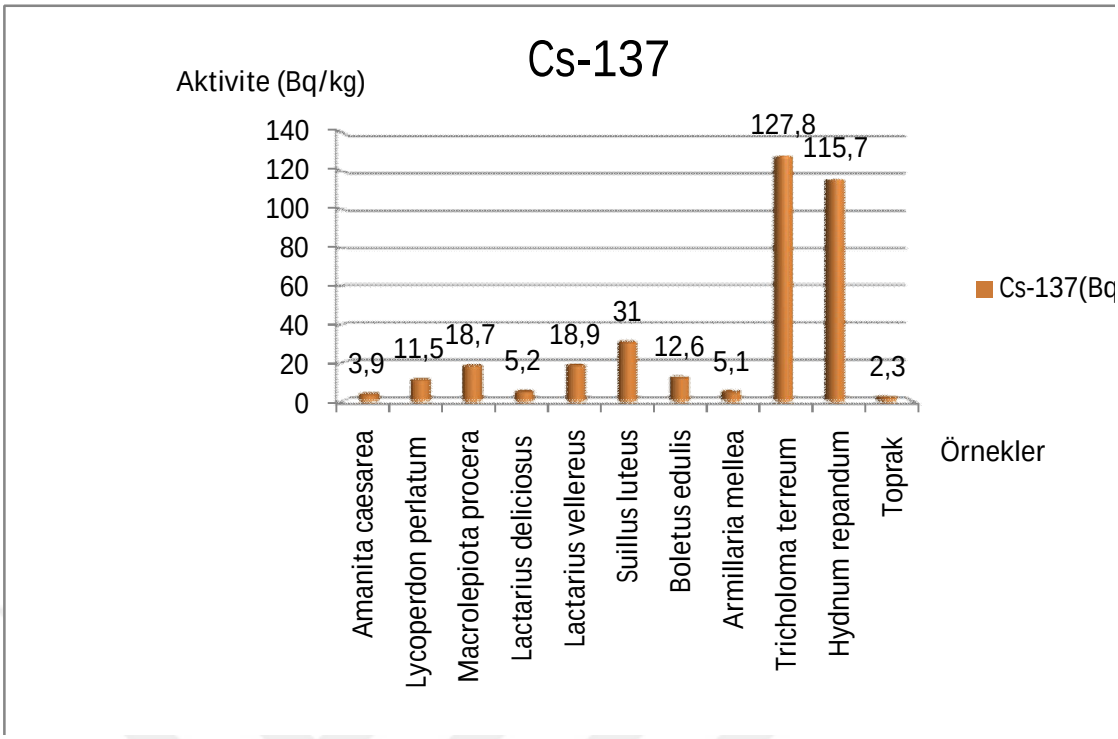
Tekirdağ ve Amasya bölgelerinden toplanan mantar örneklerinde ortak türlerin radyonüklid aktivite konsantrasyonları Tablo 6.3'de verilmiştir. Bu verilere göre, *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer örneğinde ^{238}U aktivite konsantrasyonu Amasya ilinde 6,5 ± 0,2 Bq/kg ölçülürken, Tekirdağ ilinden toplanan mantar örneğinde bu sonuç 11,9 ± 0,4 Bq/kg'dır. Tekirdağ bölgesindeki *M. procera* türündeki ^{238}U spesifik aktivite yüksekliği topraktaki ^{238}U aktivitesinin yüksek olması ile ilişkilendirilebileceği gibi bu türe özgü biriktirme eğilimi özelliği ile de ilişkili olabilir. ^{232}Th aktivite konsantrasyonu Amasya'da 1,3 ± 0,1 Bq/kg iken, Tekirdağ'da 7,7 ± 0,2 Bq/kg ölçülmüştür. ^{40}K aktivite konsantrasyonu bu tür için Amasya'da 763,3 ± 30,2 Bq/kg, Tekirdağ ilinde ise 1666,2 ± 66,2 Bq/kg'dır. Aynı türün farklı bölgelerde farklı aktivite konsantrasyonuna sahip olmasının sebebi mantar türünün ortam koşulları sebebiyle farklı biriktirme özellikleri göstermesi ile ilişkilendirilebilir. Yapay radyonüklid olan ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu Amasya örneğinde 3,1 ± 0,1 Bq/kg iken, Tekirdağ ilindeki örnekte 18,2 ± 0,4 Bq/kg ölçülmüştür. Bu farklılık Tekirdağ bölgesinde Çernobil'e bağlı radyoaktif serpintinin etkilerinin daha fazla olması ile açıklanabilir.

Lactarius deliciosus (L.) Grey türü incelendiğinde ^{238}U aktivite konsantrasyonu Amasya ilinde ölçülen değeri 7,8 ± 0,2 Bq/kg, Tekirdağ ilindeki değeri ise 4,8 ± 0,1 Bq/kg'dır. ^{232}Th aktivite konsantrasyonu Amasya örneğinde 3,3 ± 0,1 Bq/kg, Tekirdağ örneğinde ise 1,3 ± 0,1Bq/kg'dır. ^{40}K aktivite konsantrasyonu Amasya'da 224,7 ± 8,9 Bq/kg, Tekirdağ'da 825,8 ± 32,9 Bq/kg'dır. Bu durum türe özgü biriktirme farklılıklarından kaynaklanabilir. ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu Amasya örneğinde 35,2 ± 0,9 Bq/kg, Tekirdağ örneğinde ise 5,2 ± 0,2 Bq/kg'dır. Bölgeler arasındaki ^{137}Cs aktivite konsantrasyonundaki bu farklılık Amasya bölgesindeki toprak numunelerinde de ^{137}Cs aktivitesinin yüksek olması ile ilişkilendirilebilir.

Hydnum repandum L. örneği incelendiğinde ^{238}U aktivite konsantrasyonu Amasya'da 8,4 ± 0,3 Bq/kg, Tekirdağ'da ise 16,1 ± 0,4 Bq/kg'dır. Amasya ilindeki ^{232}Th aktivite konsantrasyonu 2,3 ± 0,1 Bq/kg iken, Tekirdağ ilinde bu değer 6,2 ± 0,2 Bq/kg'dır. Bölgeler arasındaki bu farklılık toprak yapısından kaynaklanabileceği gibi mantar numunelerinin spesifik özelliklerinden de kaynaklanabilir. *H. repandum* için ^{40}K aktivite konsantrasyonu Amasya ilinde 1587,9 ± 63,3 Bq/kg, Tekirdağ ilinde ise 1057,8 ± 42,1 Bq/kg'dır. ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu Amasya ve Tekirdağ örnekleri için sırasıyla 13,4 ± 0,4 Bq/kg ve 115,7 ± 2,8 Bq/kg'dır. Tekirdağ bölgesinden toplanan bu tür için ^{137}Cs aktivite konsantrasyonunun oldukça yüksek çıkması, bölgedeki türün

toplandığı alanın Çernobil nükleer kazası sonucu oluşan radyoaktif serpintiden daha fazla etkilenmesi ile açıklanabileceği gibi bu mantar türüne özgü biriktirme kapasitesi ile de ilişkili olabilir. Toprak bileşimi, pH, mantar türleri, atmosferik koşullar, vb. çoklu faktörler mantarların radyoaktivite düzeyini etkilemektedir. Bunun yanı sıra Martine ve Ramsey'e (Duff ve Mary Ramsey, 2006) göre mantarlardaki birikimi değerlendirmek için, türlerin dikkate alınması önemlidir, çünkü türlerin radyonüklidleri tutma kapasitesi farklılık göstermektedir.

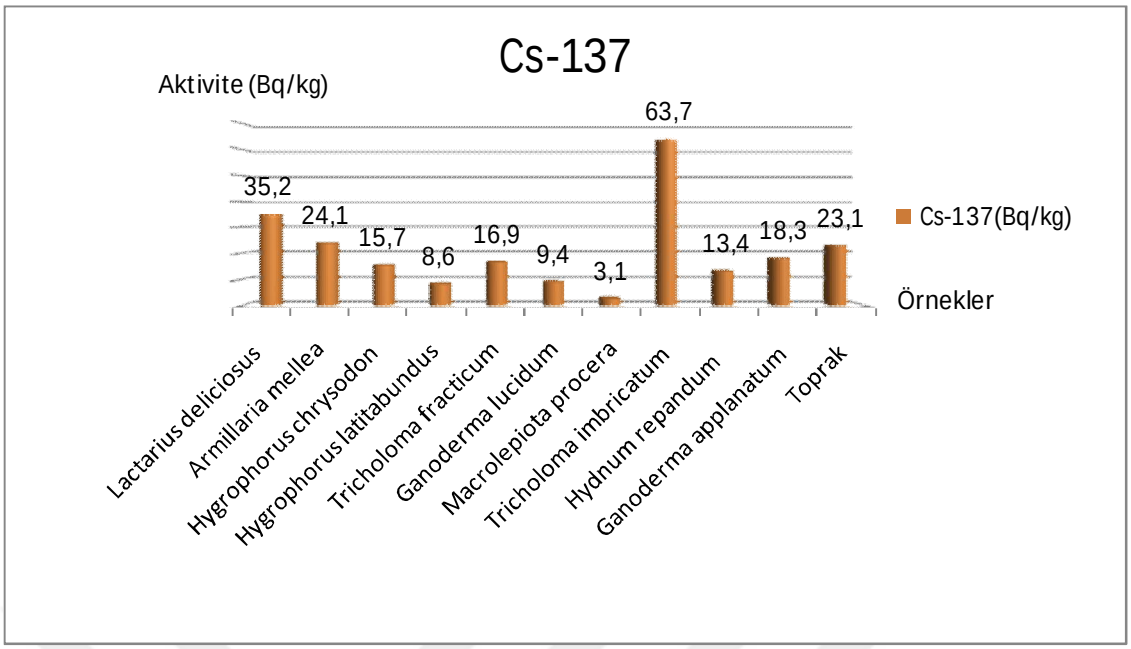
Armillaria mellea (Vahl) P. Kumm. örneklerinde ^{238}U aktivite konsantrasyonu Amasya ilinde 14,3 ± 0,4 Bq/kg, Tekirdağ ilinde ise 11,3 ± 0,3 Bq/kg olarak ölçülmüştür. ^{232}Th aktivite konsantrasyonu Amasya ilinde 4,9 ± 0,1 Bq/kg iken, Tekirdağ ilinde 2,3 ± 0,1 Bq/kg'dır. ^{40}K aktivite konsantrasyonu Amasya için 1105,8 ± 44,1 Bq/kg iken, Tekirdağ ilinde 660,5 ± 26,1 Bq/kg olarak ölçülmüştür. ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu Amasya ilinde 24,1 ± 0,3 Bq/kg ölçülürken, Tekirdağ ilinde 5,1 ± 0,1 Bq/kg ölçülmüştür. Bölgelerdeki doğal radyoaktivite farklılıklarının temel sebebi toprak yapısı olabileceği gibi, pH, nem ve orman yapısı da etkili olmaktadır. ^{137}Cs aktivite kosantrasyonunda görülen farklılığın sebebi ise mantarların bulunduğu alanın Çernobil faciası sonrasında sonra farklı dozlarda etkilenmesi gösterilebilir.



Şekil 6.1. ^{137}Cs spesifik aktivite konsantrasyonunun Tekirdağ bölgesinden toplanan mantar türlerine göre değişimi

Çalışılan bölgelerin mantar örneklerindeki aktivite konsantrasyonları ayrı ayrı ele alınacak olursa Tekirdağ bölgesindeki ^{137}Cs spesifik aktivite konsantrasyonunun türlere göre değişimleri Şekil 6.1'de verilmiştir. Bulunan sonuçlara göre mantar numunelerinde ^{137} Cs spesifik aktivite konsantrasyonu 3,9 Bq/kg-127,8 Bq/kg aralığında değişirken, toprak numunesindeki konsantrasyon ise 2,3 Bq/kg'dır. ^{137} Cs aktivite konsantrasyonunun en yüksek olduğu tür *Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm iken, en düşük konsantrasyona sahip tür ise *Amanita caesarea* (Scop.) Pers'dır.

M. Lacheva vd. (Falandysz ve ark., 2007a) yapmış oldukları çalışmada Kirpi mantarı (*Hydnum repandum* L.), en çok ^{137}Cs biriktirebilen mantarlar arasında olduğunu görülmüştür. İğne yapraklı veya yaprak döken ağaçlık alanlarda küçük gruplar halinde büyüyen bu mantarlar, içlerinde ^{137}Cs aktivite konsantrasyonlarının birkaç bin Bq/kg'a ulaşabildiği öne sürülmüştür. Türler arasındaki bu konsantrasyon farklı bulundukları orman, ormandaki ağaç türü ve ormanın radyoaktif serpintiden etkilenme miktarından kaynaklanabilir.

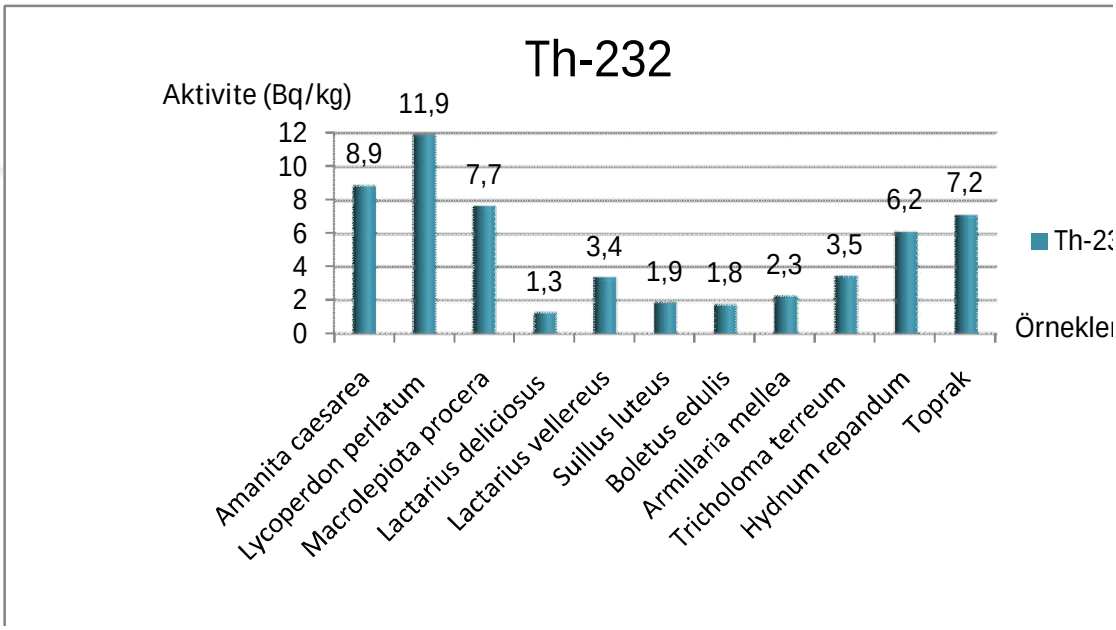


Şekil 6.2. ^{137}Cs spesifik aktivite konsantrasyonunun Amasya bölgesinden toplanan mantar türlerine göre değişimi

Amasya ilinden toplanan mantar örneklerinde ^{137}Cs spesifik aktivite konsantrasyonu türlere göre dağılımı Şekil 6.2'deki gibidir. Buna göre bölgedeki mantar numunelerinde ^{137}Cs spesifik aktivite konsantrasyonu 3,1 Bq/kg-63,7 Bq/kg aralığında bulunmuştur. En yüksek konsantrasyon 63,7 Bq/kg ile *Tricholoma imbricatum* (Fr.) P. Kumm türünde ölçülürken, en düşük konsantrasyon ise *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer'da 3,1 Bq/kg olarak ölçülmüştür. *Tricholoma* türlerinde yapılan çalışmalarda biriktirme özelliklerinin yüksek olduğu görülmüştür (Baeza ve ark., 2004; Ban-Nai ve ark., 2004). Şekil 6.2'de verilen sonuçlarda *T. imbricatum* türüne ait veri bu öngörüyü destekler niteliktedir.

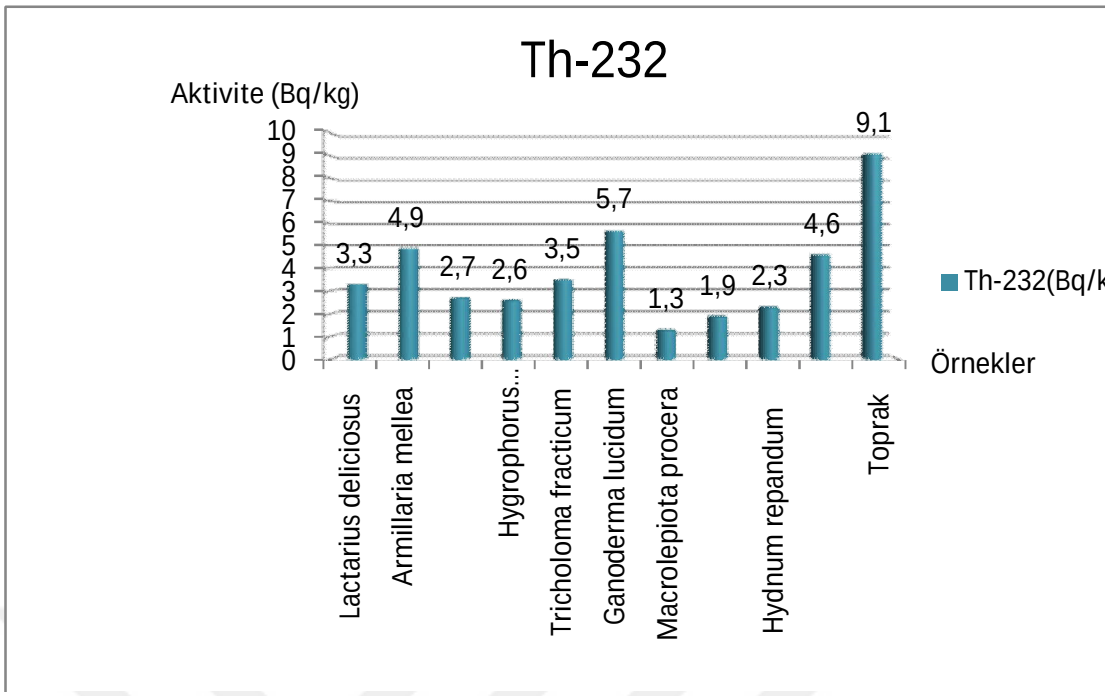
^{137}Cs'nin çeşitli mantar türleri tarafından farklı miktarlarda biriktirildiği görülmüştür. Mantar türleri arasındaki biyolojik farklılıklar sıklıkla radyonüklid birikiminin birincil değişkenlik kaynağı olarak gösterilmektedir. Örneğin (Römmelt ve ark., 1990), 1988'de güney Almanya'daki bir çam ormanında toplanan 25 türde (21 simbiyotik ve dört saprofit) saprofitik ve simbiyotik mantarlar arasındaki farklar incelenmiştir. Elde ettikleri sonuçlar, simbiyotik türler için ^{137}Cs ortalama aktivitesinin daha yüksek olduğunu göstermiştir (Dvořák ve ark., 2006). ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu, toprak kirliliğinden, türlerin besinleri aldığı toprak tabanından ve nemden etkilenir. Bunun yanı sıra farklı aktivite seviyelerinin sebebi türe özgü biriktirme farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Mantarlarda

radyoaktivite düzeyini etkileyen birçok faktör vardır. ^{137}Cs seviyeleri aynı türler için bile miselyum derinliği, habitat ve orman türü, sporokarp, konumu, örnekleme stratejisi, toprak kili içeriği, pH, toprak nemi ve/veya mikro iklim gibi faktörlere bağlı olarak yüksek mekansal ve zamansal değişkenlikler etkili olabilmektedir (Gaso ve ark., 2007). Ayrıca, yağmur gibi atmosferik koşullar da radyoaktivite seviyelerini artırabilir (De Castro ve ark., 2012). Bu şartlar mantar türlerindeki ^{137}Cs spesifik aktivite konsantrasyonu farklılıklarını oluşturabilir.



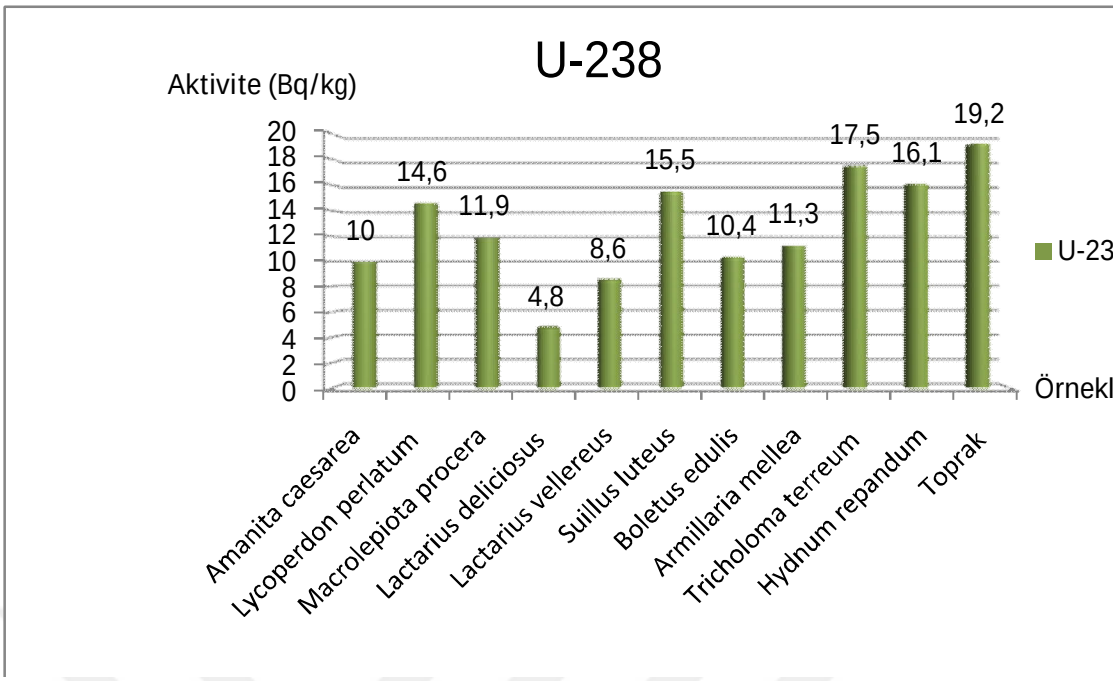
Şekil 6.3. ^{232}Th spesifik aktivite konsantrasyonunun Tekirdağ bölgesinden toplanan mantar türlerine göre değişimi

Tekirdağ ilinden alınan mantar örneklerinde ^{232}Th spesifik aktivite konsantrasyonu değerleri ise Şekil 6.3'te verildiği gibi 1,3 Bq/kg-11,9 Bq/kg aralığında değişmektedir. En yüksek konsantrasyon *Lycoperdon perlatum* Pers. örneğinde 11,9 Bq/kg olarak, en düşük konsantrasyon ise *Lactarius deliciosus* (L.) Grey örneğinde 1,3 Bq/kg olarak ölçülmüştür. Mantar türlerindeki ^{232}Th aktivite konsantrasyonu farklılığı türe özgü biriktirme özelliği, toprak yapısı, nem, toprağın ve bulunduğu ormanın kirlilik seviyesi, pH vb. şartlarla ilişkili olabilir.



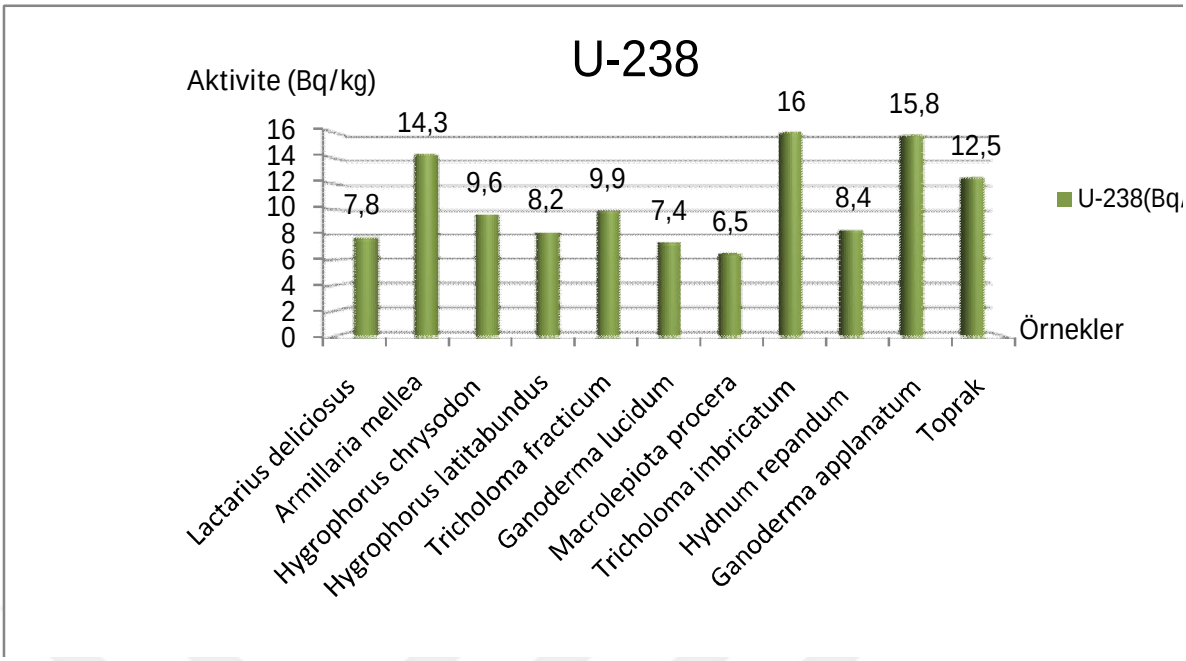
Şekil 6.4. ^{232}Th spesifik aktivite konsantrasyonunun Amasya bölgesinden toplanan mantar türlerine göre değişimi

Amasya ilinden alınan mantar örneklerinde ^{232}Th spesifik aktivite konsatrasyonu 1,3 Bq/kg-5,7 Bq/kg aralığındadır. Toprak numunesindeki konsantrasyonu ise 9,1 Bq/kg'dır. En yüksek konsantrasyon *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst örneğinde 5,2 Bq/kq olarak, en düşük konsantrasyon ise *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer örneğinde 1,3 Bq/kg olarak ölçülmüştür. Topraktaki aktivite konsantrasyonu mantar örneklerine kıyasla daha yüksektir ve UNSCEAR, 2000 raporunda belirtilen topraktaki 45 Bq/kg olarak belirlenen değerin oldukça altındadır. Çalışılan bölgede mantar türlerindeki ^{232}Th aktivite konsantrasyonu başta orman toprağı olmak üzere habitat farklılığı, konum ve mantarların biriktirme özellikleri sebebiyle farklılık gösterebilir.



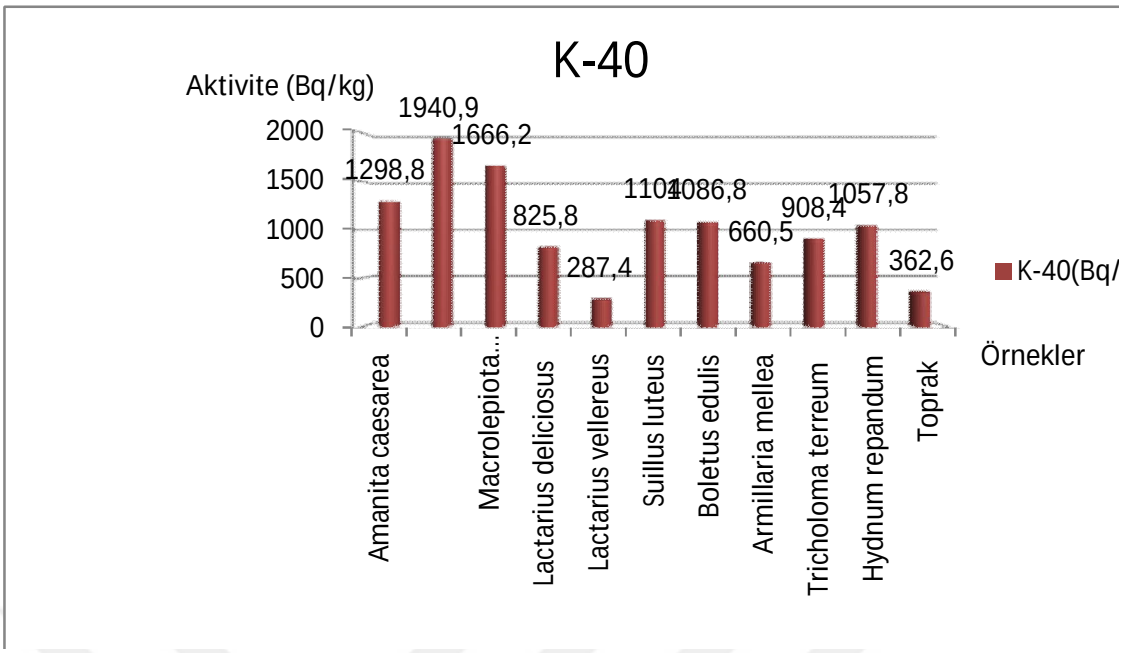
Şekil 6.5. ^{238}U spesifik aktivite konsantrasyonunun Tekirdağ bölgesinden toplanan mantar türlerine göre değişimi

Tekirdağ ilinde ^{238}U spesifik aktivitesi mantar örneklerinde 4,8 Bq/kg-17,5 Bq/kg aralığında değişirken, topraktaki spesifik aktivite konsantrasyonu ise 19,2 Bq/kg'dır. Mantar numunelerindeki en yüksek aktivite *Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm örneğinde 17,5 Bq/kg olarak ölçülürken, en düşük aktivite *Lactarius deliciosus* (L.) Grey türünde 4,8 Bq/kg olarak ölçülmüştür. Mantar türlerindeki ^{238}U aktivite farklılığı türe özgü birikim, toprak yapısındaki kil vb. materyaller, nem gibi şartlarla ilişkili olabilir.



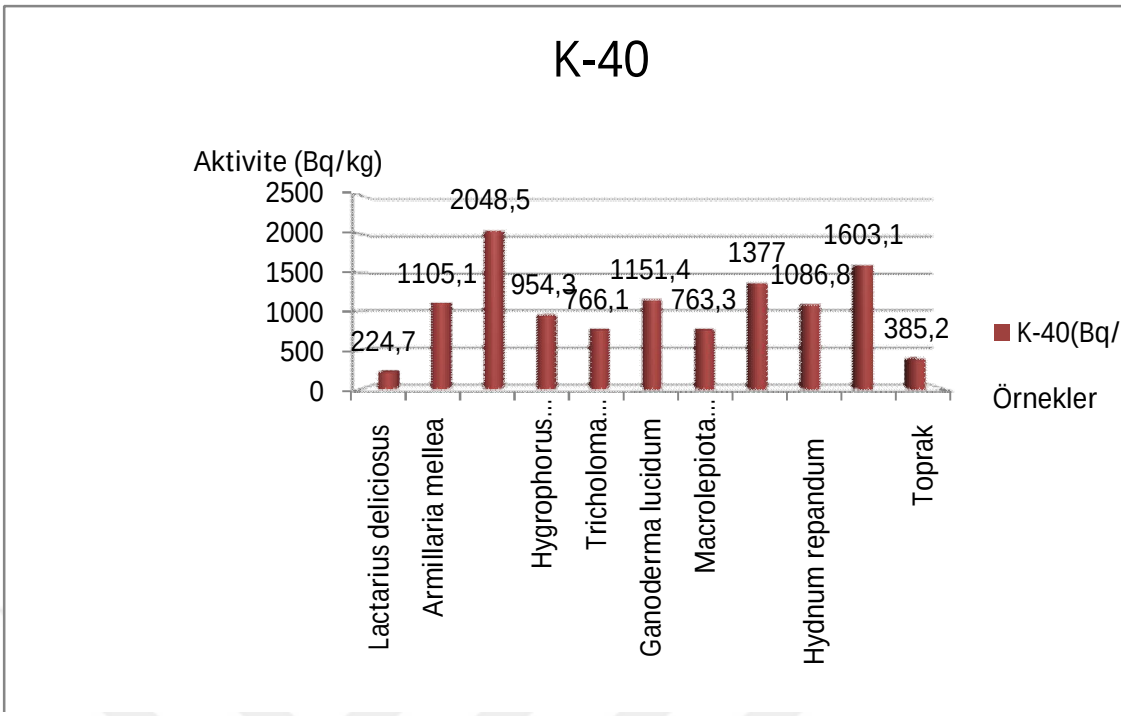
Şekil 6.6. ^{238}U spesifik aktivite konsantrasyonunun Amasya bölgesinden toplanan mantar türlerine göre değişimi

Amasya ilinin ^{238}U spesifik aktivitesi Şekil 6.6'da verilmiştir. Buna göre en yüksek aktivite 16,0 Bq/kg olarak *Tricholoma imbricatum* (Fr.) P. Kumm türünde ölçülmüştür. En düşük aktivite ise *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer türünde 6,5 Bq/kg olarak ölçülmüştür. Toprak numunesinde ise bu aktivite 12,5 Bq/kg'dır. Mantar türlerindeki ^{238}U aktivite farklılığı türe özgü birikim, toprak yapısındaki kil vb. materyaller, nem gibi şartlarla ilişkili olabilir.



Şekil 6.7. ^{40}K spesifik aktivite konsantrasyonunun Tekirdağ bölgesinden toplanan mantar türlerine göre değişimi

Şekil 6.7'de verilen Tekirdağ bölgesi ^{40}K aktivite grafiği verilmiştir. En yüksek konsantrasyon *Lycoperdon perlatum* Pers. türünde ^{40}K aktivite konsantrasyonu 1940,9 Bq/kg ölçülürken, aynı zamanda en az aktivite ise *Lactarius vellerus* (Fr.) Fr. türünde 287,5 Bq/kg ölçülmüştür. Toprak aktivitesi ise 362,6 Bq/kg olarak bulunmuştur. ^{40}K aktivite konsantrasoyunun yüksek olmasının sebebi mekansal ve zamansal değişkenlerin yanı sıra homeostatik olarak mantar tarafından düzenlenmesi gösterilebilir.



Şekil 6.8. ^{40}K spesifik aktivite konsantrasyonunun Amasya bölgesinden toplanan mantar türlerine göre değişimi

Amasya ili mantar örneklerinde ^{40}K spesifik aktivite konsantrasyonu 224,7 Bq/kg-2048,5 Bq/kg aralığında değişmektedir. Bölgenin toprak analizinde ise bu değerin 385,2 Bq/kg olduğu tespit edilmiştir. ^{40}K aktivitesinin en yüksek olan tür *Hygrophprus chrysodon* (Batsch) Fr., en düşük aktivite ise *Lactarius deliciosus* (L.) Grey türünde analiz edilmiştir. Potasyumun temel bir besin maddesi olması sebebiyle, konsantrasyonu hücrelerde homeostatik olarak kontrol edilir, ^{40}K için bildirilen ortak değerler 1000-2000 Bq/kg aralığındadır (Guillén ve Baeza, 2014; Čadová ve ark., 2017) ve Şekil 6.7. ile Şekil 6.8'de verilen sonuçlar bu verilerle uyumludur.

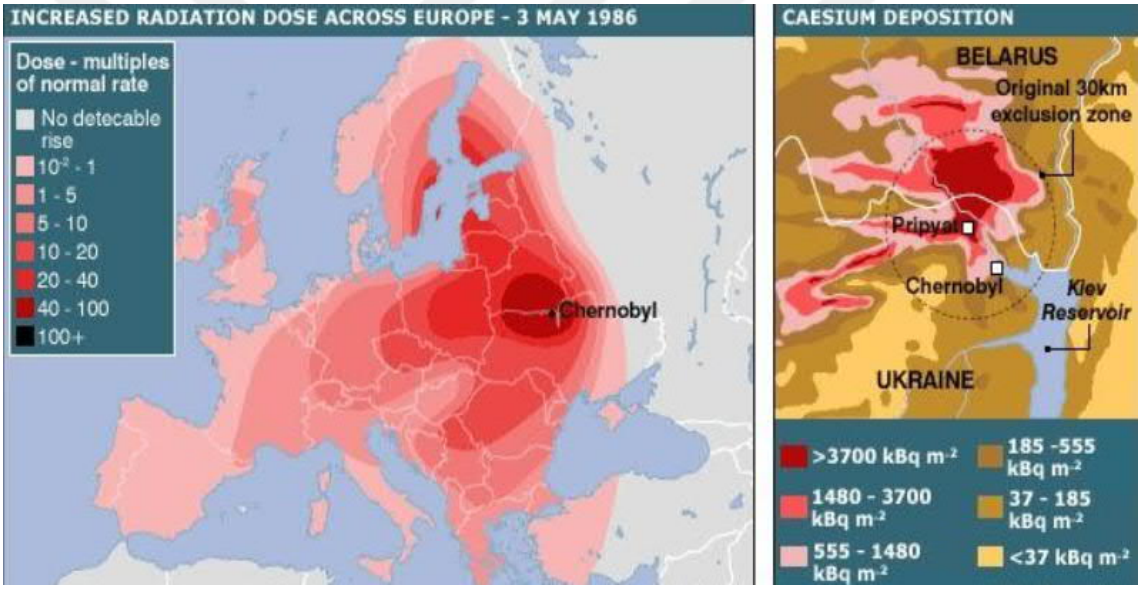
Ülkeler	^{137}Cs (Bq/kg)	Yıl	Referans
İtalya	10,33 - 732,29	2001	(Marzano ve ark., 2001)
Slovakya	322,9 - 869,6	2004	(Cipáková, 2004)
Polonya	330 – 16670	2006	(Malinowska ve ark., 2006)
Slovakya	2,4 – 720	2006	(Dvořák ve ark., 2006)
Çek Cum.	0,4 – 708	2006	(Dvořák ve ark., 2006)
Türkiye	27,2 - 28,4	2007	(Turhan ve ark., 2007)
Brazilya	1,45 - 10,6	2012	(De Castro ve ark., 2012)
Türkiye (Ordu- Kastamonu)	-	2014	(Akça ve ark., 2014)
Türkiye (Orta Karadeniz)	<0,01 – 697	2017	(Türkekul ve ark., 2018)
Türkiye (Trabzon)	-	2019	(Gürgen ve ark., 2019)
Bulgaristan	98 – 124	2020	(Lacheva ve ark., 2020)
Türkiye (Amasya-Tekirdağ)	3,1 - 127,8	2021	Bu çalışma

Tablo 6.4. Diğer Ülkelerde Yapılan ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu çalışmaları

Farklı ülkelerde mantarlar üzerinde yapılan ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu çalışmaları Tablo 6.4'de verilmiştir. Literatürle karşılaştırılan sonuçlar doğrultusunda, yapay radyonüklid dağılımı için özel olarak çeşitli sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür. Sezyum izotopu Çernobil kazası öncesi Avrupa ekosistemlerinde hiç tespit edilmemiştir ve bu nedenle gerçek bir Çernobil belirteci olarak kabul edilmiştir. Marzano ve ark. (2001) yapmış oldukları çalışmada (Taro Vadisi) tespit edilen ^{134}Cs varlığı, Çernobil kazasının, numunelerin kontaminasyonuna sebep olduğu göstermiştir. Türkekul ve ark. yapmış oldukları çalışmada Karadeniz kıyı bölgelerinde hem mantar hem de toprak örneklerinde ^{137}Cs aktivitesi nispeten daha yüksek bulunmuştur. Temel nedeninin, Çernobil nükleer kazası vb. olaylar sebebiyle havada yayılan yapay radyonüklidlerin çeşitli atmosferik olaylarla Türkiye'nin Karadeniz kıyılarına ulaşması olarak değerlendirmişlerdir (Türkekul ve ark., 2018).

Ayrıca ^{137}Cs aktivite konsantrasyonunun Ordu ve kıyı kesimlerinde iç kesimlere göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda Çernobil nükleer kazası gibi bazı olaylarla havada yayılan ^{137}Cs gibi yapay radyonüklidlerin, atmosferik olaylarla Türkiye'nin Karadeniz kıyılarına ulaştığı ve engebeli arazi olması sebebiyle büyük ölçüde iç kesimlere nüfuz edemediği düşünülmektedir (Türkekul ve ark., 2018).

Şekil 6.9. ve Tablo 6.4. beraber değerlendirildiğinde Çernobil kazası sonucu oluşan serpintinin etkisiyle İtalya, Slovakya, Polonya, Çek Cumhuriyeti, Brezilya, Bulgaristan, Türkiye gibi ülkelerin mantar türlerinde ^{137}Cs'nin nispeten yüksek aktivite değerlerinin ölçüldüğü görülmektedir. Türkiye'nin bu ülkelere göre Çernobil nükleer kazası sonucu oluşan nükleer serpintilerden daha az etkilendiği bu verilere göre söylenebilir.



Şekil 6.9. Çernobil serpinti alanı (Kiliç, 2017)

^{137}Cs'nin aktivitesi, yakın zamanda Bulgaristan'da yapılan (Lacheva ve ark., 2020) çalışmalarla benzerlik gösterdiği görülmüştür. Böyle bir duruma, Çernobil nükleer santral kazası ile havaya yayılan ^{137}Cs gibi yapay radyonüklidlerinin yakın bölgelerde çeşitli atmosferik hareketler sonrası yayılarak gelmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bir diğer çalışmada Slovakya'nın, Ukrayna'ya Çek Cumhuriyeti'nden daha yakın olduğu halde Slovakya'dan gelen mantarlardaki ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları, Çek Cumhuriyeti'nden daha düşük ölçülmüştür. Bu gözlem, Çernobil kazasından sonra salınan radyoaktif bulutların yörüngeleri ve bunların Avrupa'ya taşınmasını da açıklayabilir (Dvořák ve ark., 2006).

Yapılan tüm çalışmaların sonucu, ^{238}U ve ^{232}Th aktivite konsantrasyonların jeolojik yapıdan kaynaklandığını gösterirken, ^{40}K varlığının mantarlar tarafından kendi kendine düzenlendiğini, ^{137}Cs'lerin ise mantarlar tarafından düzenlenmediği görülmüştür.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1 Sonuçlar

Amasya ve Tekirdağ bölgelerinden toplanan tüm örnekler için ^{238}U,^{232}Th, ^{40}K ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. ^{238}U, ^{232}Th ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları toprak ve mantar örekleri birbirleri ile uyumluluk gösterirken, ^{40}K aktivitesinin ise mantar örneklerinde nispeten yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Türler arası karşılaştırma da ise *Tricholoma* türlerinin biriktirme eğilimlerinin fazla olduğu görülmüştür. Ortak türler göz önüne alındığında ise *Hydnum repandum*'da birikmenin nispeten fazla olduğu gözlemlendi. Tekirdağ bölgesinde *Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm ve *Hydnum repandum* L. türlerinde, Amasya bölgesinde ise *Tricholoma imbricatum* (Fr.) P. Kumm türünde ^{137}Cs spesifik aktivite konsantrasyonu yüksektir. Bu veriler doğrultusunda her iki bölgenin de Çernobil reaktör kazası sonrası oluşan serpintiye maruz kaldığı söylenebilir.

7.2 Öneriler

Kendiliğinden doğal olarak yetişen mantarların ortam koşulları sebebiyle, kültürde yetiştirilen mantarlardan daha fazla radyoaktif çekirdek biriktirmesi söz konusudur. Bu sebeple sürekli ve fazla miktarda doğal mantar tüketimi radyoaktif çekirdek maruziyetini arttırabilir ve insan sağlığını tehdit edebilir. Bu nedenle doğal mantar tüketimi minimum seviyede tutulmalıdır.

Tüketilen mantar ve toprak örneklerinde doğal ve yapay radyonüklidlerin aktivitelerinin belli periyotlar ile ölçümü ve bölgedeki radyoaktivite değişimlerinin belirlenmesi oldukça önemli olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akça, S., Küçükönder, E., Karatepe, S. ve Dogru, M., 2014, Radioactivity levels in some mushroom species and consequent doses, *Asian Journal of Chemistry*, 26 (3), 879.

Aközcan, S., 2014, Natural and artificial radioactivity levels and hazards of soils in the Kücük Menderes Basin, Turkey, *Environmental Earth Sciences*, 71 (10), 4611-4614.

Aktaş, S., 2006, Amasya Yöresinin Makrofungusları, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Alar, F., 2014, Doğu Coğrafya Dergisi-32, A New Developing Thermal Tourism Center in Middle Black Sea Region: Gözlek Hot Spring (Amasya) 261-276.

AmasyaValiliği, 2020, Url-2, Amasya, http://www.amasya.gov.tr:

Atalay, İ., 1997, Türkiye Coğrafyası, Ege Üniversitesi Basımevi, *Bornova, İzmir*.

Baeza, A., Hernández, S., Guillén, F. J., Moreno, G., Manjón, J. L. ve Pascual, R., 2004, Radiocaesium and natural gamma emitters in mushrooms collected in Spain, *Science of the Total Environment*, 318 (1-3), 59-71.

Ban-Nai, T., Muramatsu, Y. ve Yoshida, S., 2004, Concentrations of 137Cs and 40K in mushrooms consumed in Japan and radiation dose as a result of their dietary intake, *Journal of radiation research*, 45 (2), 325-332.

Bellettini, M., Fiorda, F., Maieves, H., Teixeira, G., Ávila, S., Hornung, P., Júnior, A. ve Ribani, R., 2016, Factors affecting mushroom Pleurotus spp. Saudi J Biol Sci.

Breitenbach, J. ve Kränzlin, F., 1983, Ascomycetes, *Switzerland*, p.

Breitenbach, J. ve Kränzlin, F., 1986, Nongilled Fungi, *Switzerland*, p.

Breitenbach, J. ve Kränzlin, F., 1991, Boletes and Agarics 1. Part, *switzerland*, p.

Breitenbach, J. ve Kränzlin, F., 1995, Agarics 2nd part, p.

Bresinsky, A. ve Besl, H., 1990, A Colour Atlas of Poisonous Fungi, *London*, p.

Čadová, M., Havránková, R., Havránek, J. ve Zölzer, F., 2017, Radioactivity in mushrooms from selected locations in the Bohemian Forest, Czech Republic, *Radiation and environmental biophysics*, 56 (2), 167-175.

Chiaravalle, A. E., Mangiacotti, M., Marchesani, G., Bortone, N., Tomaiuolo, M. ve Trotta, G., 2018, A ten-year survey of radiocontamination of edible Balkan mushrooms: Cs-137 activity levels and assessed dose to the population, *Food control*, 94, 263-267.

Cipáková, A., 2004, 137Cs content in mushrooms from localities in eastern Slovakia, *Nukleonika*, 49, 25-29.

Dähncke, R. M., 1988, Grundschule Für Pilzsammler, *AT Verlag Aarau*, Stuttgart.

Dähncke, R. M., 1993, 1200 Pilze, *AT Verlag Aarau*, Stuttgart.

Daşdağ, S., 2010, İyonlaştırıcı radyasyonlar ve kanser, *Dicle Tıp Dergisi*, 37 (2).

De Castro, L., Maihara, V., Silva, P. ve Figueira, R., 2012, Artificial and natural radioactivity in edible mushrooms from Sao Paulo, Brazil, *Journal of Environmental Radioactivity*, 113, 150-154.

Dönmez, Y., 1990, Trakya'nın bitki coğrafyası, İstanbul Üniversitesi Yayınları, p.

Duff, M. ve Mary Ramsey, M., 2006, Accumulatıon of radıocesıum by mushrooms ın the envıronment: a lıterature revıew and ımage gallery, *Journal of Environmental Radioactivity* (WSRC-MS-2006-0422).

Dvořák, P., Kunová, V., Beňová, K. ve Ohera, M., 2006, Radiocesium in mushrooms from selected locations in the Czech Republic and the Slovak Republic, *Radiation and environmental biophysics*, 45 (2), 145-151.

Ellis, M. B. ve Ellis, J. P., 1990, Fungi Without Gills (Hymenomycetes and Gasteromycetes), Chapman and Hill, *London*, p.

Falandysz, J., Szymczyk, K., Ichihashi, H., Bielawski, L., Gucia, M., Frankowska, A. ve Yamasaki, S.-I., 2001, ICP/MS and ICP/AES elemental analysis (38 elements) of edible wild mushrooms growing in Poland, *Food Additives & Contaminants*, 18 (6), 503-513.

Falandysz, J., Kunito, T., Kubota, R., Bielawski, L., Mazur, A., Falandysz, J. J. ve Tanabe, S., 2007a, Selected elements in brown birch scaber stalk Leccinum scabrum, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 42 (14), 2081-2088.

Falandysz, J., Kunito, T., Kubota, R., Brzostowski, A., Mazur, A., Falandysz, J. J. ve Tanabe, S., 2007b, Selected elements of poison Pax Paxillus involutus, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 42 (8), 1161-1168.

Falandysz, J. ve Borovička, J., 2013, Macro and trace mineral constituents and radionuclides in mushrooms: health benefits and risks, *Applied microbiology and biotechnology*, 97 (2), 477-501.

Falandysz, J., Zalewska, T., Krasińska, G., Apanel, A., Wang, Y. ve Pankavec, S., 2015a, Evaluation of the radioactive contamination in fungi genus Boletus in the region of Europe and Yunnan Province in China, *Applied microbiology and biotechnology*, 99 (19), 8217-8224.

Falandysz, J., Zhang, J., Zalewska, T., Apanel, A., Wang, Y. ve Wiejak, A., 2015b, Distribution and possible dietary intake of radioactive 137Cs, 40K and 226Ra with the pantropical mushroom Macrocybe gigantea in SW China, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 50 (9), 941-945.

Faweya, E., Ayeni, M. ve Kayode, J., 2015, Accumulation of natural radionuclides by some edible wild mushrooms in Ekiti State, Southwestern, Nigeria, *World Journal of Nuclear Science and Technology*, 5 (02), 107.

Fraiture, A., Lambinon, J. ve Guillitte, O., 1990, Interest of fungi as bioindicators of the radiocontamination in forest ecosystems, In: Transfer of radionuclides in natural and semi-natural environments, Eds, p.

Fries, E., 1821, Systema Mycologicum I, *Lundae*, p.

Gaso, M., Segovia, N., Morton, O., Lopez, J., Machuca, A. ve Hernandez, E., 2007, Radioactive and stable metal bioaccumulation, crystalline compound and siderophore detection in Clavariadelphus truncatus, *Journal of Environmental Radioactivity*, 97 (1), 57-69.

Gerhard, T. E., 1997, Der Große BLV Pilzführer Für Unterwegs, *München*, p.

Gillet, C. C., 1874, Les Hymenomycetes ou Decription De Tous Les Champignons, *Paris*, p.

Grodzinskaya, A., Syrchin, S., Kuchma, N. ve Wasser, S., 2013, Macromycetes accumulative activity in radionuclide contamination conditions of the Ukraine territory, *Mycobiota of Ukrainian Polesie: consequences of the Chernobyl disaster. Kiev: Naukova dumka (In Russian) Part*, 6, 217-260.

Grunert, H. ve Grunert, R., 1984, Pilze, *München*, p.

Grunert, H. ve Grunert, R., 1991, Field Guide to Mushrooms of Britain and Europe, The Crowood Press Ltd, p.

Guillén, J. ve Baeza, A., 2014, Radioactivity in mushrooms: a health hazard?, *Food Chemistry*, 154, 14-25.

Gülen, B. K., 2011, Tekirdağ ilindeki çevre sorunlarının analizi, *Namık Kemal Üniversitesi*.

Gündoğdu, B., 2019, Türkiye'de yetiştirilen farklı gıda ürünlerindeki radyoaktivite seviyelerinin gama spektroskopi sistemi ile ölçülmesi, Institute of Graduate

Studies in Science and Engineering Department of Physics, *T.C. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 123.

Gürgen, A., YILDIZ, S., Çevik, U. ve Çelik, A., 2019, Radionuclide Activity Concentrations of Agaricus bisporus and Pleurotus ostreatus Mushrooms Cultivated in Different Commercial Companies, *Journal of International Environmental Application and Science*, 14 (1), 13-20.

Hancerliogullari, A., Ali, M. Y. G., Kurnaz, A. ve Turhan, S., 2019, Radiometric properties of sepiolite minerals from quarries in central Anatolia of Turkey, *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 34 (2), 149-156.

Hennig, B. ve Kreisel, H., 1987, Taschenbuch für Pilzfreunde, *München*, p.

Horyna, J. ve Žanda, Z., 1988, Uptake of radiocesium and alkali metals by mushrooms, *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 127 (2), 107-120.

Hoshi, M., Yamamoto, M., Kawamura, H., Shinohara, K., Shibata, Y., Kozlenko, M. T., Takatsuji, T., Yamashita, S., Namba, H. ve Yokoyama, N., 1994, Fallout radioactivity in soil and food samples in the Ukraine: measurements of iodine, plutonium, cesium, and strontium isotopes, *Health physics*, 67 (2), 187-191.

Ivanić, M., Fiket, Ž., Medunić, G., Turk, M. F., Marović, G., Senčar, J. ve Kniewald, G., 2019, Multi-element composition of soil, mosses and mushrooms and assessment of natural and artificial radioactivity of a pristine temperate rainforest system (Slavonia, Croatia), *Chemosphere*, 215, 668-677.

Jordan, K., 1996, The New Guide to Mushrooms, *Singapure*, Anness Publishing Ltd, p.

Keizer, G. J., 2000, La enciclopedia de las setas, Libsa, p.

Kılıç, N., 2017, Çevre ve Dış Politika İlişkisi: Çernobil Kazası ve Türk Dış Politikasına Yansıması, *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4 (1), 151-179.

Kinclova-Zimmermannova, O. ve Sychrova, H., 2007, Plasma-membrane Cnh1 Na+/H+ antiporter regulates potassium homeostasis in Candida albicans, *Microbiology*, 153 (8), 2603-2612.

Kirchner, G. ve Daillant, O., 1998, Accumulation of 210Pb, 226Ra and radioactive cesium by fungi, *Science of the Total Environment*, 222 (1-2), 63-70.

Kurnaz, A., 2009, Trabzon İlinin ve Şebinkarahisar ilçesinin doğal radyoaktivite düzeylerinin belirlenmesi ve yıllık etkin doz eşdeğerleri, *Karadeniz Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Fizik Anabilim Dalı*.

Kurnaz, A., Turhan, Ş., Hançerlioğulları, A., Gören, E., Karataşlı, M., Altıkulaç, A., Erer, A. M. ve Metin, O., 2020, Natural radioactivity, radon emanating power and mass exhalation rate of environmental soil samples from Karabük province, Turkey, *Radiochimica Acta*, 108 (7), 573-579.

Lacheva, M., Dospatliev, L., Radoukova, T. ve Ivanova, M., 2020, Activity concentrations of Cs-137, Cs-134, Th-234 and K-40 in wild edible mushrooms gathered 32 years after the Chernobyl power plant accident in Batak Mountain, Bulgaria.

Malinowska, E., Szefer, P. ve Bojanowski, R., 2006, Radionuclides content in Xerocomus badius and other commercial mushrooms from several regions of Poland, *Food Chemistry*, 97 (1), 19-24.

Marzano, F. N., Bracchi, P. G. ve Pizzetti, P., 2001, Radioactive and conventional pollutants accumulated by edible mushrooms (Boletus sp.) are useful indicators of species origin, *Environmental research*, 85 (3), 260-264.

Melquiades, F. ve Appoloni, C., 2004, Natural radiation levels in powdered milk samples, *Food Science and Technology*, 24 (4), 501-504.

Michael, E., Hennig, B. ve Kreisel, H., 1983, Handbuch Für Pilzfreunde, *Stuttgart*, p.

Michael, E., Hennig, B. ve Kreisel, H., 1985, Band 4, *Stuttgart*, p.
Michael, E., Hennig, B. ve Kreisel, H., 1986, Band 2, *Stuttgart*, p.
Michael, E., Hennig, B. ve Kreisel, H., 1987, Band 3, *Stuttgart*, p.
Moser, M., 1983, Keys to Agarics and Boleti, *Stuttgart*, p.
Natural, G., 2021, Url-4.
Naturfoto, 2021, Url-3.
Özden, S., 2020, Kırklareli ve çevresinde radyoaktivite düzeyinin belirlenmesi ve insan sağlığı ile çevre kirliliği açısından değerlendirilmesi, DOKTORA TEZİ, *Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, KIRKLARELİ.
Özyavuz, M., 2011, Bitki örtüsünün ekolojik şartlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri ile analizi, Ganos (Işıklar) Dağı, Tekirdağ, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 37-47.
Pace, G., 1998, Mushrooms of The World, *Canada*, Firefly Books Ltd, p.
Pegler, D. N., 1987, Mushrooms and Toadstools, *London*, Mac Donald and Co. Ltd., p.
Pekşen, A. ve Kibar, B., 2007, Yenilebilir ektomikorizal mantarların yetiştiriciliği ve bu konuda yapılan çalışmalar, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22 (2), 239-247.
Phillips, R., 1981, Mushrooms and Other Fungi of Great Britain and Europe, *London*, Pan Books Ltd, p.
Rosa, M. M., Taddei, M. H. T., Silva, M. A., Ferreira, M. T. ve Maihara, V. A., 2011, Determination of 228 Th, 232 Th, and 228 Ra in wild mushroom from a naturally high radioactive region in Brazil.
Römmelt, R., Hiersche, L., Schaller, G. ve Wirth, E., 1990, Influence of soil fungi (basidiomycetes) on the migration of Cs 134+ 137 and Sr 90 in coniferous forest soils, In: Transfer of radionuclides in natural and semi-natural environments, Eds, p.
Rühm, W., Kammerer, L., Hiersche, L. ve Wirth, E., 1997, The 137Cs and 134Cs ratio in fungi as an indicator of the major mycelium location in forest soil, *Journal of Environmental Radioactivity*, 35 (2), 129-148.
Saccardo, P. A., 1915, Flora Italica Cryptogama: Hymeniales, *Gennaio*, p.
Saniewski, M., Zalewska, T., Krasińska, G., Szylke, N., Wang, Y. ve Falandysz, J., 2016, 90Sr in King Bolete Boletus edulis and certain other mushrooms consumed in Europe and China, *Science of the Total Environment*, 543, 287-294.
Seaward, M., 1995, Use and abuse of heavy metal bioassays in environmental monitoring, *Science of the Total Environment*, 176 (1-3), 129-134.
Širić, I. ve Falandysz, J., 2020, Contamination, bioconcentration and distribution of mercury in Tricholoma spp. mushrooms from southern and northern regions of Europe, *Chemosphere*, 251, 126614.
Škrkal, J., Rulík, P., Fantínová, K., Burianová, J. ve Helebrant, J., 2013, Long-term 137Cs activity monitoring of mushrooms in forest ecosystems of the Czech Republic, *Radiation Protection Dosimetry*, 157 (4), 579-584.
Strandberg, M., 2004, Long-term trends in the uptake of radiocesium in Rozites caperatus, *Science of the Total Environment*, 327 (1-3), 315-321.
Szántó, Z., Hult, M., Wätjen, U. ve Altzitzoglou, T., 2007, Current radioactivity content of wild edible mushrooms: a candidate for an environmental reference material, *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 273 (1), 167-170.
Teramage, M. T., Onda, Y., Kato, H. ve Gomi, T., 2014, The role of litterfall in transferring Fukushima-derived radiocesium to a coniferous forest floor, *Science of the Total Environment*, 490, 435-439.

Topal, H., 2020, Amasya ovası yakın çevresinde yetiştirilen kültür bitkilerinin fenolojisi ve bunların iklim şartları ile olan ilişkileri, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi*, Samsun, 84.

Tuo, F., Zhang, J., Li, W., Yao, S., Zhou, Q. ve Li, Z., 2017, Radionuclides in mushrooms and soil-to-mushroom transfer factors in certain areas of China, *Journal of Environmental Radioactivity*, 180, 59-64.

Turhan, Ş., Köse, A. ve Varinlioğlu, A., 2007, Radioactivity levels in some wild edible mushroom species in Turkey, *Isotopes in environmental and health studies*, 43 (3), 249-256.

Türkekul, İ., Yeşilkanat, C. M., Ciriş, A., Kölemen, U. ve Çevik, U., 2018, Interpolated mapping and investigation of environmental radioactivity levels in soils and mushrooms in the Middle Black Sea Region of Turkey, *Isotopes in environmental and health studies*, 54 (3), 262-273.

UNSCEAR, S., 2000, Effects of Ionizing radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic radiation, *Exposures from Natural Radiation Sources, Annex B, United Nations, New York*.

Üstün, B., 2007, Toprak Erozyonu Modellemesinde Uzaktan Algılama; Ganos Dağı Örneği. 11, *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 2 (06.04), 2007.

Valiliği, T., 2020, Url-1, http://www.tekirdag.gov.tr/cografi-durumu:

Voces, R., Diaz-Balteiro, L. ve Alfranca, Ó., 2012, Demand for wild edible mushrooms. The case of Lactarius deliciosus in Barcelona (Spain), *Journal of forest economics*, 18 (1), 47-60.

Watling, R., 1973, Identification of The Larger Fungi, Hulton Educational Publications Ltd., p.

Webster, J., 1989, Inroduction to Fungi, *Melbourne*, Cambridge University Press, p. 1-669.

Yılmaz, A., Yıldız, S., Çelik, A. ve Çevik, U., 2016, Determination of heavy metal and radioactivity in agaricus campestris mushroom collected from kahramanmaraş and erzurum proviences, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4 (3), 208-215.

Yoshida, S., Muramatsu, Y., Dvornik, A., Zhuchenko, T. ve Linkov, I., 2004, Equilibrium of radiocesium with stable cesium within the biological cycle of contaminated forest ecosystems, *Journal of Environmental Radioactivity*, 75 (3), 301-313.

Zalewska, T., Cocchi, L. ve Falandysz, J., 2016, Radiocaesium in Cortinarius spp. mushrooms in the regions of the Reggio Emilia in Italy and Pomerania in Poland, *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (22), 23169-23174.