

## Akdeniz Bölgesinde Kozmik Eş Radyasyon Doz Değerlerinin Expacs Programı ile Belirlenmesi

Hanifi ÇAM<sup>1</sup>, Madi BÜLBÜL<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Nükleer Fizik Anabilim Dalı, Kahramanmaraş

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9980-0037>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-0053-1907>

\*Sorumlu yazar: madibulbul123@gmail.com

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 09.03.2022

Kabul tarihi: 21.07.2022

Online Yayınlanma: 10.03.2023

#### Anahtar Kelimeler:

Expacs

Kozmik Eş Radyasyon

Akdeniz Bölgesi

Rakım

### ÖZ

Bu çalışmada, Akdeniz Bölgesinde bulunan Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin ve Osmaniye illerinin yıllık ortalama kozmik eş radyasyon değerleri Expacs ((Excel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum) programı ile yapılmıştır. Öncelikle Expacs programı hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra bölgeyi oluşturan illerden alınan veriler analiz edilmiştir. Kozmik eş radyasyon doz değeri en fazla 456,65  $\mu\text{S}/\text{y}$  ile Isparta ilinde görülürken en az ise 290,18  $\mu\text{S}/\text{y}$  ile Mersin ilinde görülmüştür. Elde edilen sonuçlar analiz edildiğinde kozmik eş radyasyon doz değerlerinin, bölgede yer alan şehirlerin rakımları ile doğru orantılı bir şekilde değiştiği tespit edilmiştir. Ancak sonuçların enleme bağlı olarak değiştiği, aynı enlem üzerinde boylamın etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. ICRP' nin yıllık doz ve önlem düzeylerine göre kozmik radyasyon doz eşdeğeri çok düşük seviyesinde bulunmuştur.

## Determination of Cosmic Equivalent Radiation Value of Mediterranean Region Provinces with Expacs Program

### Research Article

#### Article History:

Received: 09.03.2022

Accepted: 21.07.2022

Published online: 10.03.2023

#### Keywords:

Expacs

Cosmic Equivalent Radiation

Mediterranean Region

Altitude

### ABSTRACT

In this study, annual average cosmic equivalent radiation values of Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin and Osmaniye provinces in the Mediterranean Region were calculated with the Expacs (EXcel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum) program. First of all, general information about the Expacs program is given. Then, the data taken from the provinces that make up the region were analyzed. The cosmic equivalent radiation dose value was seen at the most in the province of Isparta with 456.65  $\mu\text{S}/\text{y}$ , and the least in Mersin with 290.18  $\mu\text{S}/\text{y}$ . When the results were analyzed, it was determined that the cosmic equivalent radiation dose values changed in direct proportion to the altitudes of the cities in the region. However, by marking the data as latitude, it was understood that the longitude on the latitude was the same. According to the annual dose and measure levels of ICRP, the cosmic radiation dose equivalent was found to be very low.

**To Cite:** Çam H., Bülbül M. Akdeniz Bölgesinde Kozmik Eş Radyasyon Doz Değerlerinin Expacs Programı ile Belirlenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(1): 208-219.

## 1. Giriş

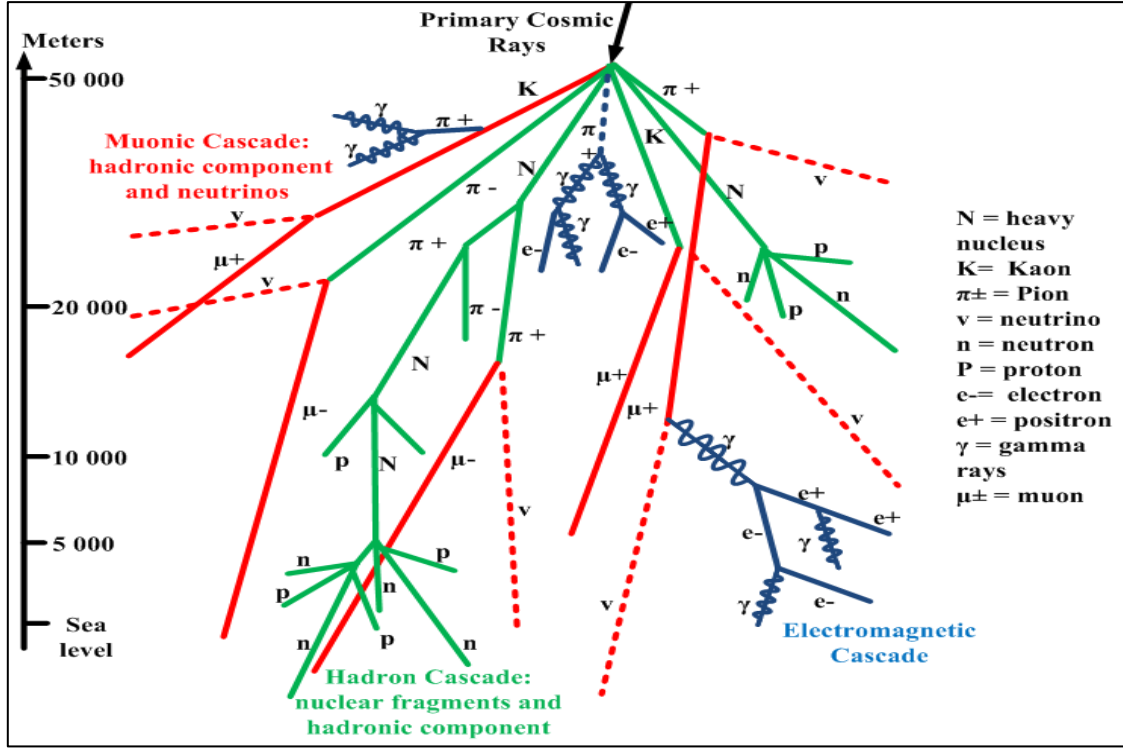
### 1.1.Kozmik Işın

Kozmik ışınlar süpernova patlamalarının kaynaklık ettiği varsayılmaktadır. Dünyanın yüzeyine gelebilen kozmik ışınlar; galaktik, solar ve dünyanın radyasyon kuşaklarında kalmış parçacıklardan yayınlanan ışınlar olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Galaktik kaynaklı kozmik ışınlar, dünyaya güneş sisteminin dışından ulaşan ve yüksek enerjili parçacıklardır. Solar kaynaklı kozmik ışınlar güneşte meydana gelen patlamalardan kaynaklanır. Üst atmosferde etkiye sahip olup, yer yüzeyinde etkisizdirler (Pehlivan, 2019).

Kozmik ışınlar genellikle yıldızlararası uzaydan Dünya'ya ulaşan yüklü parçacıklar olarak tanımlanır. Bu tanım, tam olarak yüklü çekirdeklerden oluşan kozmik ışın parçacıklarının çoğunu doğru bir şekilde tanımlar. GeV enerjisi seviyesinde hidrojen ve helyum çekirdeklerinin akışı diğer tüm türlere hakimdir (Stanev, 2004). Kozmik ışın parçacıkları Dünya atmosferine saniyede  $\text{cm}^2$  başına yaklaşık olarak 1000 kez çarparlar. Bu iyonize çekirdeklerin yaklaşık %90'ı proton, %9'u alfa partikülü ve geri kalan daha ağır çekirdekler oluşmaktadır. Bu ağır çekirdekler ise enerjileri ile ayırt edilebilmektedirler (Gaisser, 1990).

#### 1.1.1.Kapsamlı Hava Duşları

Kozmik ışın parçacığı dünya atmosferine girdiğinde havadaki atom çekirdekleri ile tepkileşir. Havanın bileşimi nedeni ile bu genellikle nitrojen çekirdeğidir. Bu reaksiyonlarda çok sayıda ikincil parçacık oluşur. Sırasıyla havadaki diğer atomlarla reaksiyona girerek daha fazla ikincil parçacık üretimi sağlar. Bu sadece hadronik etkileşimlerle değil aynı zamanda elektromanyetik etkileşimlerle ve kararsız çekirdeklerin bozunması ile de yapılır. Birincil parçacığın enerjisi yeterince büyük olursa bu duş sonunda dünya yüzeyine çok sayıda ikincil parçacık ulaşır. Bu olaya kapsamlı hava duşu (Şekil 1) denir (Horneffen, 2006). Hava duşu parçacıklarının sınıflandırılması ise Tablo 1'de verildiği gibi gerçekleşmektedir (Choppin ve ark.).



Şekil 1. Kapsamlı hava duşu modeli

Tablo 1. Hava duşu parçacıklarının sınıflandırılması

Sınıf	İsim	Sembol	MeV	Kütle(u)	Ortalama Ömür(s) Bozunma oranı
Foton	Foton	hν		0	Kararlı
	Gama	γ			Kararlı
Baryon	Nötron	n	939,6	1,008665	889, $n \rightarrow p + e^- + \nu_e$
	Proton	p	938,3	1,007276	kararlı
Lepton	Müon	$\mu^-$			$2 \times 10^{-6}$ , $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e$
	Elektron	$e^-$	105,6	0,113366	$+ \nu_\mu$
	Kararlı Nötrinö	$\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$	0,511	0,000548	
Mezon	K-mezon (Kaon)	$K^+, K^-$	493,7	0,530009	$\approx 10^{-8}$ , $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
	Π-mezon (Pion)	$\Pi^+, \Pi^0, \Pi^-$	139,6	0,149867	$, \pi^+ + \pi^0 \approx 10^{-8}$ , $\pi^- + \mu^- \nu_\mu$

## 1.2. Akdeniz Bölgesi

Akdeniz Bölgesi (Şekil 2), Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinden birisidir. Anadolu'nun güneyinde Akdeniz kıyısı boyunca uzanır. Genişliği 120 – 180 km arasında değişir. Batı ve kuzey batısında Ege Bölgesi, kuzeyinde İç Anadolu Bölgesi, doğusunda Güneydoğu Anadolu Bölgesi, güneyinde Akdeniz ve Güney doğusunda ise Suriye yer almaktadır. Türkiye'nin diğer bölgelerinde olduğu gibi, Akdeniz Bölgesi'nde de bölge sınırları ile yönetim birimleri olan illerin sınırları tümüyle çakışmaz. Adını güneyindeki denizden alan Akdeniz Bölgesi, kuzey batıda Ege Bölgesi, kuzeyde İç Anadolu Bölgesi, kuzeydoğuda Doğu Anadolu Bölgesi ve doğuda Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile komşudur (Doğaner, 2016).



**Şekil 2.** Akdeniz Bölgesi haritası

Akdeniz bölgesinde Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin ve Osmaniye olmak üzere toplam 8 tane vilayet bulunmaktadır.

*1.3. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Radyasyon Sınırları ve Tıbbi Cihazların Radyasyon Seviyeleri* ICRP (uluslararası radyasyondan korunma komisyonu)' ye göre yıllık alınan doz ve önlem düzeyleri Tablo 2'de verilmiştir (Parlak ve ark., 2020).

**Tablo 2.** Yıllık alınan doz ve önlem düzeyleri

Yüksek	>100mSv
Artmış	10-100 mSv
Düşük	1-10 mSv
Çok düşük	<1mSv
Önemsiz	<0,01 mSv

2690 sayılı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu'nun 4.maddesinin (d) bendine dayanılarak hazırlanmış olan radyasyon güvenliği yönetmeliğine göre yıllık doz sınırları radyasyon görevlileri için etkin doz ardışık beş yılın ortalaması 20 mSv'i, herhangi bir yılda ise 50 mSv'i geçemez. El ve ayak veya cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 500 mSv ve göz merceği için ise 150 mSv'dir. Cilt için en yüksek radyasyon dozuna maruz kalan 1 cm<sup>2</sup>'lik alanın eşdeğer dozu, diğer alanların aldığı doza bakılmaksızın ortalama cilt eşdeğer dozu olarak kabul edilmektedir. Toplum üyesi kişiler için ise etkin doz yılda 1 mSv'i geçemez. Özel durumlarda; ardışık beş yılın ortalaması 1 mSv olmak üzere yılda 5 mSv'e kadar izin verilir. Cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 50 mSv, göz merceği için 15 mSv'dir. (RGY, 2000). İstanbul Okan Üniversitesinin 25 hasta üzerinde yaptığı bir çalışmada BT (Bilgisayarlı Tomografi) çekim türüne göre beklenen değerler Tablo 3'te sunulmuştur;

**Tablo 3.** Okan Üniversitesi Araştırma Sonuçları (Kuru ve ark.,2019)

BT (bilgisayarlı tomografi) türü	Doz eşdeğer (mSv)
<b>Kafa</b>	1-2
<b>Göğüs</b>	5-7
<b>Karın</b>	5-7
<b>Kasık</b>	3-4
<b>Üst ve alt batin</b>	8-14
<b>Koronar arter kalsiyum skorlama</b>	1-3
<b>Koronar arter anjiyografi</b>	5-15

2008 yılında Radiology dergisinde yayınlanan bir makalede ise maruz kalınan radyasyon aralığı Tablo 4'te belirtilmiştir;

**Tablo 4.** BTdozimetrisi: karşılaştırmalı ölçüm teknikleri ve cihazları (Bauhs ve ark., 2008)

Vücut bölümü	Bt doz eşdeğeri (mSv)	X-ray doz eşdeğeri (mSv)	Nükleer görüntüleme doz eşdeğeri (mSv)
<b>Kafa</b>	0,9-4	---	---
<b>Kalp</b>	1-12	---	---
<b>Omurga</b>	1,5-10	0,5-1,8	---
<b>Kasık</b>	3,3-10	---	---
<b>Göğüs</b>	4-18	0,05-0,24	---
<b>Karın</b>	3,5-25	0,04-1,1	---
<b>Kolonoskopi</b>	4-13,2	---	---
<b>Anjiyogram</b>	5-32	---	---
<b>Tam vücut</b>	20+	---	---
<b>Kemik yoğunluk testi</b>	---	0-0,035	---
<b>Kol ve bacak</b>	---	0,0002-0,1	---
<b>Panaronamik diş</b>	---	0,007-0,09	---
<b>Mamogram</b>	---	0,1-0,6	---
<b>Kemik</b>	---	---	6,3
<b>Kardiyak stres</b>	---	---	40,7

Bu çalışmada Akdeniz Bölgesi'nde yaşayan toplum üyesi bir kişinin yılda almasına izin verilen etkin değer ne kadarını kozmik ışınlardan aldığı ve kozmik ışınlardan alınan değer tıbbi cihazlardan alınan değerlerle kıyaslanma işlemi yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

EXPACS (EXcel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum) programı atmosferik kozmik ışın spektrumlarını hesaplamak için sunulmuş excel tabanlı bir programdır. Dünya

atmosferinde her zaman ve her yerde PHITS (Particle and Heavy Ion Transport Code System) tabanlı analitik kullanan PARMA (Atmosferdeki Radyasyon Modeli) nötronların, protonların, 28'e (Ni) kadar yüklü iyonların, müonların, elektronların, pozitronların ve fotonların karasal kozmik ışın akışlarını neredeyse anında hesaplayabilmektedir. Hesaplanan akılara dayalı olarak ayrıca EXPACS etkin dozu, ortam doz eşdeğerini ve havada soğurulan dozu da tahmin edebilmektedir. Ancak programın 4.0 sürümünden sonra karasal kozmik ışınlar da hesaplanabilmektedir (Sato, 2016).

**PHIT:** PHITS, JAEA, RIST, KEK ve diğer bazı enstitüler arasındaki iş birliği kapsamında geliştirilen genel amaçlı bir Monte Carlo parçacık taşıma simülasyonu kodudur. Çeşitli nükleer reaksiyon modelleri ve nükleer veri kitaplıkları kullanarak tüm parçacıkların geniş enerji aralıklarında taşınmasıyla ilgilenir. PHITS, hızlandırıcı teknolojisi, radyoterapi, uzay radyasyonu ve parçacık ve ağır iyon taşımını olaylarıyla ilgili diğer birçok alanda araştırmalarınızı destekleyebilir.

**PARMA:** Bütün rota-doz hesaplaması için monte carlo simülasyonu gerçekleştirmek en son bilgisayar kullanıcıları için bile son derece zaman alıcıdır. Bu nedenle monte carlo ile elde edilen spektrumların bir rota-doz hesaplama kodunda kullanılmasına izin vermek için varsayım veya parametrikleşme gereklidir. Bunun için simülasyon sonuçlarının kapsamlı bir analizine dayanarak nötronlar, protonlar, He çekirdekleri, müonlar, elektronlar, pozitronlar ve fotonlar için atmosferik kozmik ışın spektrumlarını tahmin edebilmek için herhangi bir küresel koşula uygulanabilir model olarak adlandırılan PARMA sistemi geliştirilmiştir.

Bu Programda;

B7: Deniz seviyesinden yüksekliği (km), (ft) veya atmosferik derinlik( $g/cm^2$ ) olarak girilir. PARMA'nın uygulanabilir atmosferik derinlik aralığı 0,15 ile  $1095g/cm^2$  ve irtifa ise -0,5 ile 63 km arasındadır. Bu dış aralıklarda hesaplanan kozmik ışın akıları özellikle ikincil parçacıklar için güvenilir değildir.

B8,9: Ölçüm yapacağımız bölgenin koordinatlarını girmemiz gereken yerdir. Coğrafi koordinat düzlemine göre  $180^\circ$  Doğu ile  $180^\circ$  Batı boylamı,  $90^\circ$  Kuzey ile  $90^\circ$  Güney enlemleri arasındaki herhangi bir bölge girilebilir.

B10,11,12: Ölçüm için belirlediğimiz zamanın sırasıyla yıl, ay ve gün olarak girilmesi gereken yerdir.

B13: Surrounding Environment (Çevreleyen Ortam)'ı belirlememiz gereken kısımdır. Buradan yer seviyesi, pilot konumu, kabin konumu ve ideal atmosfer durumunu seçip hesaplama işlemini ona göre devam ettirmemiz gerekir. Bu çalışmada ölçüm yapılan şehirlerin rakımları kullanılmıştır.

B14: Local Effect Parameter (Bölgesel Etki Parametresi) kullanılmaktadır. Bu parametre sadece nötron spektrumunu etkiler. Yer seviyesindeki nötron için, spektrum yerdeki suyun girdi oranıdır. Uçaktaki nötron spektrumları için ise uçağın giriş kütlesi kabul edilmektedir.

B15: Definition of dose (Doz tanımı) İstenilen ölçüm sonucunu, efektif doz, H10 dozu veya absorbe doz cinsinden hesaplamada kullanılmaktadır.

B16: Çıkış akısının birimini seçer. ( $/cm^2/s/(MeV/n)$ ) birimi olarak belirtilir. Çekirdek akıları hariç; yani diğer parçacıklar için  $n=1$  alınır.

B17: Çıkış dozu birimini verir. Bunlar; (mSv/year), (nSv/h) ve ( $\mu$ Sv/h) cinsinden seçilebilir.

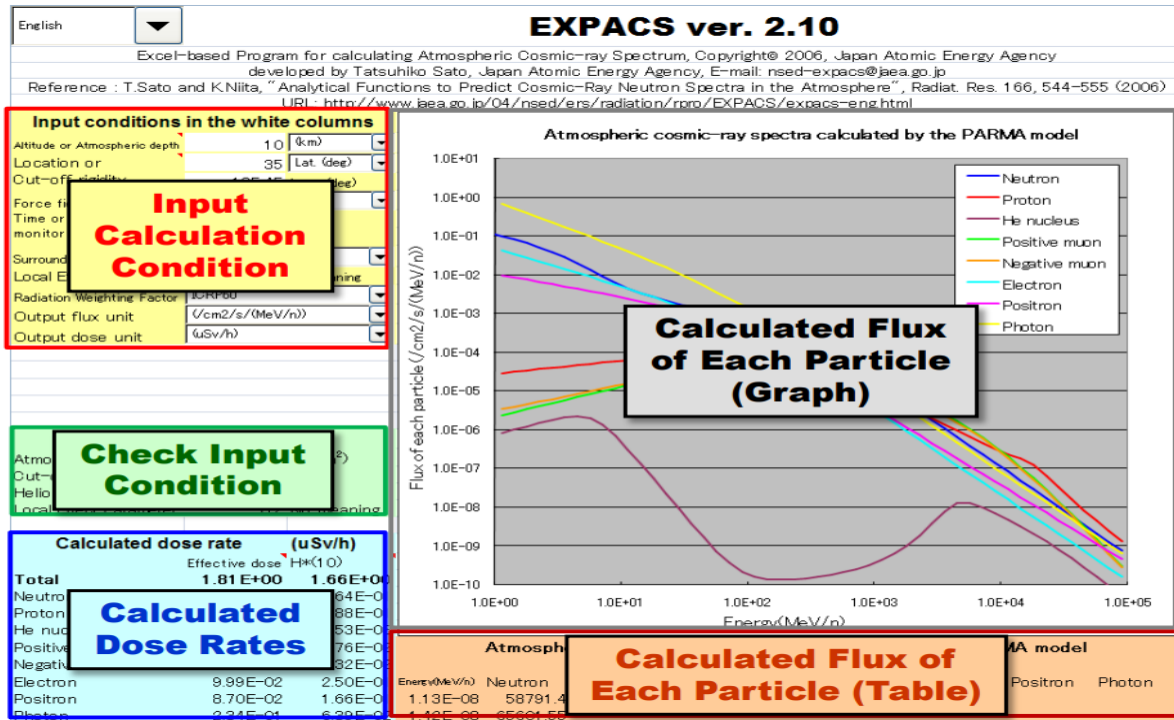
EXPACS programından ise aşağıda belirtilen sonuçlar alınır;

B30-39: Kozmik ışın maruziyeti nedeniyle hesaplanan doz oranlarıdır. Doz tipi ve birimi sırasıyla B15 ve B17 hücrelerinde belirtilir.

B30: toplam doz oranlarını gösterirken B31 ile B39 hücreleri arasındaki her parçacık, kendi katkısını gösterir.

D35-AL174: Giriş koşulu için hesaplanmış kozmik ışın akışlarıdır (Sato, 2018).

Expacs programının kullanım yönergesi Şekil 3'te belirtilmiştir.



Şekil 3. Expacs programı kullanım yönergesi

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada kozmik ışınların Akdeniz bölgesinde yer alan illere etki eden doz eşdeğerleri rakım ve koordinat faktörleri ile hesaplanmıştır (Tablo 5). Bulunan veriler  $\mu$ S/y cinsinden tablo haline getirilmiştir. Çalışmada yer alan illerin toplam doz eşdeğerlerinin yanı sıra proton, nötron, negatif müon ve pozitif müon etki değerleri hesaplanmış olup toplam etki üzerindeki yüzdelik oranları belirtilmiştir.

**Tablo 5.** Akdeniz bölgesi illerinin rakım ve koordinatları

<b>İl</b>	<b>Rakım (Metre)</b>	<b>Enlem</b>	<b>Boylam</b>
<b>Adana</b>	23	37 N	35,321333 E
<b>Antalya</b>	39	36,88414 N	30,70563 E
<b>Burdur</b>	950	37,718416 N	30,282007 E
<b>Hatay</b>	100	36,202216 N	36,161948 E
<b>Isparta</b>	1049	37,764771 N	30,556561 E
<b>K. Maraş</b>	568	37,574957 N	36,924115 E
<b>Mersin</b>	10	36,8 N	34,633333 E
<b>Osmaniye</b>	129	37,074478 N	36,246295 E

Tablo 5’te görüldüğü gibi Akdeniz bölgesi illeri 36- 38. enlemleri ile 30- 37. boylamları arasında yer alırken deniz seviyesinden yüksekliği ise 10 – 1049 m arasında değişmektedir.

Akdeniz bölgesi illerinin kozmik ışın doz eşdeğer miktarı Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 6.** Akdeniz bölgesi illerinin kozmik ışın doz eşdeğer miktarı

<b>İl</b>	<b>Toplam (<math>\mu\text{S/y}</math>)</b>	<b>Proton (<math>\mu\text{S/y}</math>)</b>	<b>Nötron (<math>\mu\text{S/y}</math>)</b>	<b>-Mu (<math>\mu\text{S/y}</math>)</b>	<b>+Mu (<math>\mu\text{S/y}</math>)</b>
<b>Adana</b>	291,66	9,12	43,3	91,38	105,76
<b>Antalya</b>	293,2	9,26	44	91,4	105,78
<b>Burdur</b>	436,3	23,04	101,29	108,68	125,61
<b>Hatay</b>	297,7	9,67	45,48	91,64	105,98
<b>Isparta</b>	456,65	25,39	110,27	111,06	128,12
<b>K. Maraş</b>	369,06	16,07	73,073	100,58	116,56
<b>Mersin</b>	290,18	8,98	42,6	91,64	105,7
<b>Osmaniye</b>	303,44	10,04	47,79	92,33	106,8

Tablo 6’da bulunan değerlere göre kozmik ışının ana sebebinin rakım faktörü olduğu, ikincil sebebin ise enlem olduğu görülmektedir. Kozmik ışın maruziyeti rakım ile doğru orantı bir şekilde değişim göstermektedir. Kozmik ışın maruziyeti her ne kadar enlem ile doğru orantı sergilese de rakımın azaldığı çukur bölgelerde kozmik ışın etkisinin de azaldığı görülmektedir. Aynı enlem üzerinde bulunan yerler için boylamın hiç etkisinin olmadığı sadece rakıma bağlı değişim gerçekleştiği bulunmuştur.

Doğu Karadeniz bölgesinde yapılan benzer bir çalışma ile kıyaslandığında, çalışmanın gayet uyumlu bir yapı içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Doğu Karadeniz bölgesi illerinin expacs programına göre kozmik ışın doz eşdeğeri Tablo 7’de verilmiştir.

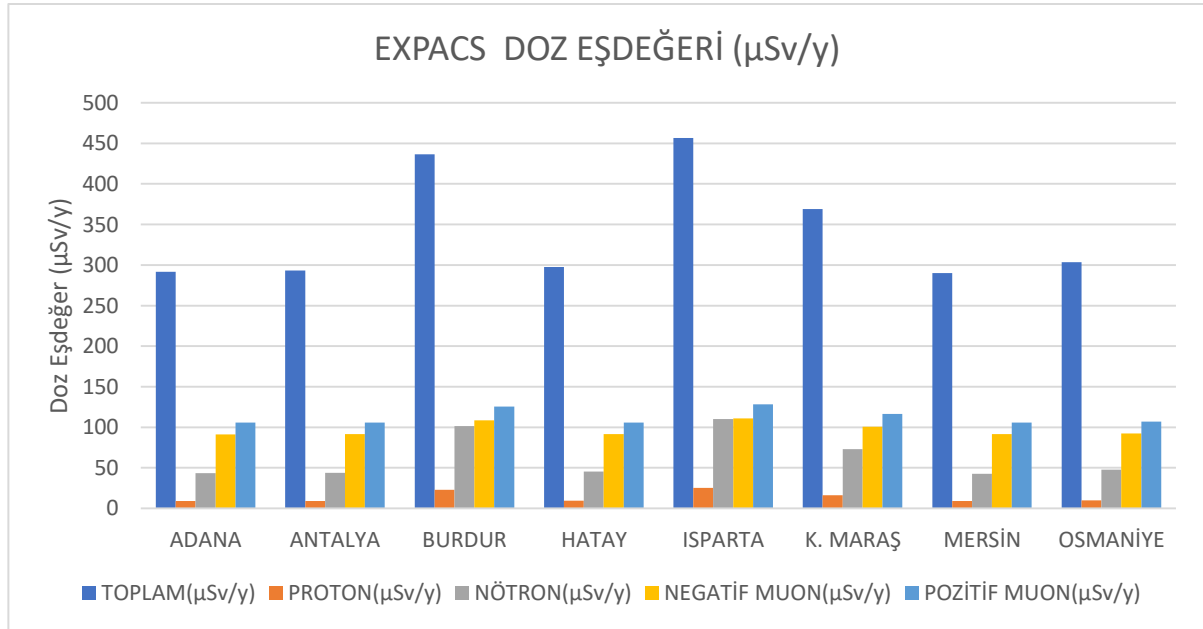


**Tablo 7.** Doğu Karadeniz bölgesi illerinin expacs programına göre kozmik ışın doz eşdeğeri (Ada, 2019)

Şehir	Rakım	Enlem	Boylam	Toplam (µS/y)	Proton (µS/y)	Nötron (µS/y)	-Mu (µS/y)	+Mu (µS/y)
Giresun	38	40,9227 N	38,3878 E	302	10	48	92	107
Gümüşhane	1216	40,4598 N	39,4653 E	546	32	132	116	134
Trabzon	39	40,9985 N	39,7649 E	341	10	49	92	107
Bayburt	1584	40,2547 N	40,2207 E	650	44	177	125	142
Rize	0	41,04 N	40,5013 E	334	10	47	92	107
Artvin	613	41,1752 N	41,8187 E	424	19	86	102	119

Tablo 7’de Gazi üniversitesinin 2019 yılında yaptığı çalışma sonuçları da çalışmamızı destekleyici nitelikte olup Rize ile Bayburt arasındaki 1500 metrelik bir rakım artışı kozmik radyasyon doz eşdeğerinde iki katına yakın bir fark oluşmasına neden olmuştur. Çalışmalar kıyaslandığında, aynı rakıma sahip Antalya ile Giresun arasındaki 9,8 µS’lık farkın oluşmasının nedeninin iki şehir arasındaki 4,1 derecelik enlem faktörünün neden olduğu düşünülmektedir. Parçacıkların saçınma oranlarına baktığımızda ise iki çalışma arasında bir uyum görülmektedir, parçacıklar neredeyse aynı oranlarda saçınmakta olup baskın olan parçacıkların muonlar olduğu tespit edilmiştir.

Grafik 1’de görüleceği üzere doz eşdeğer miktarına en çok katkı yapan parçacık pozitif müonlar iken bunu sırasıyla negatif müon, nötron ve proton izlemektedir.



**Grafik 1.** Akdeniz bölgesi illerinin kozmik ışın doz eşdeğer grafiği

Akdeniz bölgesi illerinin kozmik ışın doz eşdeğer miktarı yüzdesi Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8.** Akdeniz bölgesi illerinin kozmik ışın doz eşdeğer miktarı yüzdesi (%)

İl	Proton (%)	Nötron (%)	-Mu (%)	+Mu (%)
Adana	3,12	14,84	31,33	36,26
Antalya	3,15	15	31,17	36,07
Burdur	5,28	23,21	24,91	28,79
Hatay	3,24	15,27	30,78	35,6
Isparta	5,56	24,14	24,32	28,05
K. Maraş	4,35	19,8	27,25	31,58
Mersin	3,09	14,68	31,58	36,42
Osmaniye	3,3	15,75	30,42	35,19

Tablo 8’de gösterilen yüzde verilerini incelediğimizde Expacs programına göre kozmik ışının en çok pozitif müon kaynaklı olduğu tespit edilmektedir. İller arası rakım farkları göz önüne alındığında rakım arttıkça proton ve nötron etkisinin arttığı, negatif müon ve pozitif müon etkisinin azaldığı tespit edilmiştir. Parçacıkların dağılımının nedenleri arasında ise enlemin bir etkisinin olmadığı yalnızca toplam maruziyet üzerinde etki gösterdiği bulunmuştur. Protonun kütlelerinin  $938,272029 \text{ Mev}/c^2$  nötronun kütlelerinin  $939,565378 \text{ Mev}/c^2$  ve müonun kütlelerinin  $105,66 \text{ Mev}/c^2$  olduğu bilindiğinden yüzdesel dağılımda kütlelerinin farklı olmalarından kaynaklı bir sonuç gözlemlenememiştir.

Kozmik bir ışının protonu üst atmosferdeki atom çekirdeklerini etkilediğinde, pionlar oluşmaktadır. Bunlar nispeten kısa bir mesafede (metre) müonlara ve müon ise nötrinolarına bozunmaktadır. Bu yüksek enerjili kozmik ışınlardan gelen müonlar, genellikle ışık hızına yakın bir hızla ve orijinal proton ile yaklaşık aynı yönde ilerlemektedir. Müonlar göreceli etkiler olmaksızın ömürleri en fazla  $2,2\mu\text{s}$  yarı ömre sahip olsa da özel göreliliğin zaman uzama etkisi ile bu süre  $34,8\mu\text{s}$ ’ye uzayabilmektedir. Bu nedenle kozmik ışın ikincil müonlarının Dünya’nın yüzeyine ulaşabilmesini sağlamaktadır. Çünkü Dünya çerçevesinde müonlar hızlarından dolayı daha uzun bir yarı ömre sahiptir (Fermilab,2017).

#### 4. Sonuç

Yapılan bu çalışma ile Akdeniz Bölgesi’nde yer alan Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin ve Osmaniye illerine etki eden kozmik ışın eş radyasyon dozu tespit edilmeye çalışılmış ve bu dozun radyasyon güvenlik yönetmeliğine göre etkisi incelenmiş olup tıbbi cihazların yaydığı radyasyon ile karşılaştırılması yapılmıştır. Expacs programından elde ettiğimiz veriler incelendiğinde ortalama maruziyet  $290,18 \mu\text{Sv}/y$  ile  $456,65 \mu\text{S}/y$  arasında olduğu bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçların, çalışma yapılan bölgeyi oluşturan illerin rakımları ile doğrudan ilgili olduğu illerin koordinatlarında ise enlem artışında doz eşdeğer miktarında bir artış olduğu, aynı enlemler üzerindeki illerde ise boylamın bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Radyasyon Güvenlik Yönetmeliği dikkate alındığında (RGY) bulunan sonuçların çok düşük olduğu anlaşılmıştır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde yılda maruz kalınan kozmik ışın değeri ile bir X-ray ve

Kemik yoğunluk testi kıyaslandığında kemik yoğunluk testinin en az radyasyon değerine sahip olduğu görülmektedir. X-ray cihazı çok geniş bir skalaya sahip olup kozmik ışıktan sonra bölgesel olarak fazla veya az etki gösterebilir. BT ise yüksek bir radyasyon değerine ve bölgesel olarak artan bir radyasyon skalasına sahip olduğundan insan sağlığı açısından en tehlikeli tıbbi cihaz olduğu anlaşılmıştır.

Gazi üniversitesinin yaptığı çalışma ile de kıyaslanan çalışmamızın verileri, parçacık saçınım oranının doğruluğunu ortaya koymaktadır ve her iki çalışmaya göre yeryüzüne en çok düşen parçacık olarak muonlar, muonların kendi içerisinde ise + muonlar olarak tespit edilmiştir.

Ayrıca elde edilen sonuçların, ICRP (Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu) tarafından belirlenen değerlerin çok altında olduğu görülmüştür.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### **Kaynakça**

Ada HT. Doğu Karadeniz bölgesi kozmik radyasyon dozunun simülasyon yoluyla hesaplanması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Sayfa no: 65, Ankara, Türkiye, 2019.

Bauhs JA., Vrieze TJ., Primak AN., Bruesewitz MR., McCollough CH. CT dosimetry: comparison of measurement techniques and devices. Radiographics 2008; 28(1): 245-53.

Choppin G., Liljenzin J., Rydberg J., Ekberg C. Radiochemistry and nuclear chemistry. 4th Ed. USA: Academic Press; 2013; 21.

Doğaner S. Akdeniz bölgesi coğrafyası. İstanbul Üniversitesi, 157-194: İstanbul, Türkiye, 2006.

Fermilab. Muon g-2 Experiment. Muon g-2 Experiment. April 26, 2017.

Gaisser TK. Cosmic rays and particle physics. 1st ed. Cambridge; 1990; 1-10.

Horneffen A. Measuring radio emission from cosmic ray air showers with a digital radio telescope. Universität Bonn- der Mathematisch Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Willhelms, sayfa no: 12-13, Bonn, Almanya, 2006.

Kuru Lİ., Günay O., Palacı H., Yazar O. Bilgisayarlı tomografilerde hastanın aldığı efektif radyasyon dozunun belirlenmesi. BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi 2019; 21(1): 436-443.

RGY, Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği 2000. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatNo5272&MevzuatTur=7&MevzuatTerkip=5> (Son Erişim 1.03.2022).

- Parlak Y., Uysal B., Kır a FS., Kovan B., Demir M., Ayan A., Poyraz L.,  zaslan  A., Köseođlu K., Yeyin N., Dönmez S. Radyasyon güvenliği kılavuzu: genel tanımlar ve nükleer tıp uygulamalarında radyasyondan korunma kuralları. Nucl Med Semin 2020; 6: 71-89.
- Pehlivan M. Orta Karadeniz bölgesi yer seviyesi kozmik radyasyon dozunun fluka simülasyon yoluyla hazırlanması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:7, Ankara, Türkiye, 2019.
- Sato T. Analytical model for estimating the zenith angle dependence of terrestrial cosmic ray fluxes. plos one 2016; 11(8): e0160390.
- Sato T. EXPACS: Excel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum User's Manual. 2018.
- Stanev T. High energy cosmic rays. 2nd ed. Chichester; 2004; 1-5.