

T. C
EGE ÜNİVERSİTESİ
NÜKLEER BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

BÖLGESEL HİDROJEOKİMYASAL ve JEOKİMYASAL URANYUM
KEŞİF YÖNTEMLERİNİN KOMBİNASYONU, BU YÖNTEMLERİN
BÜYÜK MENDERES NEHRİ BÖLGESİNDE UYGULANMASI ve
VERİLERİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

DOKTORA TEZİ

11574

Mehmet Nurullah KUMRU

DANIŞMAN

Prof. Dr. Selman Rıza KINACI

BORNOVA - İZMİR

1990

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Ö N S Ö Z

Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü bünyesinde hazırlanmış olduğum bu çalışma Büyük Menderes Nehri boyunca Hidrojeokimyasal ve Jeokimyasal radyometrik uranyum araştırmalarını kapsamaktadır.

Bu çalışmalarını sonuna kadar birlikte yürüttüğüm Enstitü müdürü, tez hocam sayın Prof. Dr. Selman Rıza Kınacı'ya konuyla ilgili olarak değerli fikirlerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Güngör Yener'e ve çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen tüm Enstitü arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ö Z E T

Uranyum cevher yataklarının aranmasında kullanılan pek çok yöntemler vardır. Bu çalışmada bölgesel uranyum aramalarında kullanılan jeokimyasal ve hidrojeokimyasal yöntemler incelenmiştir.

Büyük Menderes Nehri Afyon (Dinar) yakınlarında dogar ve Ortadag, Çubuk, Babadag, Cevizli ve Beşparmak daglarını içeren geniş bir havzayı yıkayarak Söke ovasında denize dökülür. 500 km uzunluğundaki bu nehir akıntısı boyunca Paleozoik, Metamorfik, Permiyen, Mesozoyik ve Neojen karasal ayrışmamış ana jeolojik yapılardan geçer. Bu araştırmada Büyük Menderes Nehri havzası ve civarı uygun jeokimyasal ve hidrojeokimyasal yöntemlerle incelenmiştir.

1988 ve 1989 yıllarında, nehrin denize döküldüğü noktadan başlayarak yukarıya doğru her kilometrede bir ve nehre karışan her yan koldan su, sediment ve toprak örneklemeleri yapılmıştır. Bütün örnekleme noktalarında yapılan hava sıcaklık ölçümleri ($^{\circ}\text{C}$), su örneklerinin sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), pH, Eh (mV), Öz iletkenlik ($\mu\text{mhos/cm}$), toplam alkalinite (mg/lt) ölçümleri ile çevrede gama gözlem (cps), toprak gazı radon (pCi/lt), Beta+Gama (cps), Gama (cps), Beta (cps) ve gama gözlem ($\mu\text{R/h}$) ölçümleri yapılmış ve sonuçlar grafiksel olarak verilmiştir. Toprak ve sediment örneklerinde ölçülen Toplam Gama (0.40-3.00 MeV) (cpm/gr), Gama Sayım (0.80 2.77 MeV), (cpm/gr), eU (ppm) eTh (ppm), % K, Toplam Beta (pCi/gr), asidik liçing yöntemiyle belirlenen U (ppm), kollektör ve emanasyon yöntemleriyle ölçülen Ra-226 (pCi/gr) degerleri grafiksel olarak sonuçlar bölümünde verilmiştir. Ayrıca su örneklerinde laser uyarımlı fluorimetrik uranyum analiz yöntemiyle belirlenen uranyum (ppb) ve kollektör

yöntemiyle belirlenen Ra-226 (pCi/lt) degerleri grafiksel olarak sonuçlar bölümünde sunulmuştur. Elde edilen sonuçların istatiksels analizleri ile lineer regrasyon ve korelasyon katsayıları da araştırılmıştır.

SUMMARY

There are several methods used in uranium mining prospecting. In this work, in the course of regional uranium prospecting hydrogeochemical and geochemical methods have been investigated.

Büyük Menderes river originates near Afyon city and flows through the mountains of Ortadağ, Çubuk, Babadağ, Cevizli and Beşparmak and its environment. It has been selected as an area of investigation for the application of the hydrogeochemical and geochemical techniques. The river reaches Ege Sea near Söke plain. This 500 km long river drains through a large area in the central Ege region. The geological structure of which contains mostly metamorphic and volcanic rocks of paleozoik, mesozoik and neogene ages. Water, sediment and soil samples were collected from the river at 1 km interval and near its tributaries. We have started the investigations in 1988 at from the mouth of the river near the Aegean Sea and traveled along the river up to the starting point. The work has been completed in 1989.

Water and weather temperatures ($^{\circ}\text{C}$), pH, Eh (mV), specific conductivity ($\mu\text{mhos/cm}$) and the total alkalinity (mg/lt) of the water and gamma survey (cps), the soil radon gas (pCi/lt), beta+gamma activity (cps), gamma activity (cps) and

beta (cps) in the vicinity of the river have been measured. Furthermore the total gamma counting (0.40-3.00 MeV), gamma counting (0.80-2.77 MeV), eU (ppm), eTh (ppm), % K, the total beta activity and Ra-226 concentrations in the sediment and soils samples have been measured and chemical analysis for U-238 has been performed. The results have been presented graphically and in tabular forms. In addition, statistical analyses, linear regression analyses and correlation constants have also been investigated.



	SAYFA
G i R i Ő	1
1 GENEL NEHIR OLUŞUMU VE NEHIRSEL BİLGİLER	5
1-1 Nehirsel Ortam	5
1-2 Kanal Modelleri	5
1-3 Nehirsel Ortamlar ve Sedimentleri	6
1-3-1 Kanal Sedimentleri	6
1-3-2 Kıyı Sedimentleri	8
1-3-3 Taşkın Havza Sedimentleri	9
1-4 Alüvyon Yelpazesi Sedimentleri	9
1-5 Rüzgar Sedimentlerinin Nehirsel Depozitlerdeki Rolü	10
1-6 Büyük Menderes Nehri	10
1-7 Çalışma alanının genel jeolojisi	11
2 URANYUM KEŞİF ARAŞTIRMALARI GENEL PROGRAMI	16
2-1 Uranyum ve Ürünlerinin Radyoaktif ve Jeokimyasal Özellikleri	16
2-2 Uranyum Arama Yöntemleri	20
2-3 Örnekleme	23
2-4 Laboratuvar Ölçüm ve Analizler	24
3 DENEYSEL YÖNTEMLER	25
3-1 Arazi Çalışmaları	25
3-1-1 Sıcaklık ölçümleri	25
3-1-2 İletkenlik ölçümleri	25
3-1-3 pH ve Eh ölçümleri	26
3-1-4 Karbonat-bikarbonat tayinleri	26
3-1-5 Yüzeysel gama ölçümleri	27
3-1-6 Radyometrik uranyum ölçümleri	28
3-1-7 Toprak gazı radon konsantrasyonu tayinleri	29

3-1-8 Su örnekleri toplanması	31
3-1-9 Toprak ve sediment örnekleri toplanması	32
3-2 Laboratuvar Çalışmaları	35
3-2-1 Toprak ve sediment örneklerinde radyum tayini	35
3-2-2 Dört kanallı analizör ile ölçümler	38
3-2-3 Tek kanallı analizör ile ölçümler	40
3-2-4 Toplam beta ölçümleri	41
3-2-5 Asidik leaching yöntemi ile uranyum tayinleri	41
3-2-6 Su örneklerinin uranyum analizi	42
3-2-7 Su örneklerinin radyum analizi	44
4 DENEYSEL SONUÇLAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	45
4-1 Arazi Çalışmaları	45
4-1-1 Hava sıcaklık ölçüm sonuçları	45
4-1-2 Su sıcaklık ölçüm sonuçları	46
4-1-3 İletkenlik ölçüm sonuçları	47
4-1-4 pH ölçüm sonuçları	49
4-1-5 Eh ölçüm sonuçları	50
4-1-6 Karbonat bikarbonat tayin sonuçları	50
4-1-7 Yüzeysel gama ölçüm sonuçları	54
4-1-8 Radyometrik uranyum ölçüm sonuçları	57
4-1-9 Toprak gazı radon konsantrasyon tayin sonuçları	61
4-2 Laboratuvar Çalışmaları	63
4-2-1 Toprak ve sediment örneklerinde radyum tayin sonuçları	63
4-2-2 Dört kanallı analizör ile ölçüm sonuçları	69
4-2-3 Tek kanallı analizör ile ölçüm sonuçları	79
4-2-4 Toplam beta ölçüm sonuçları	82
4-2-5 Asidik leaching yöntemi ile uranyum tayin sonuçları	85

4-2-6	Su örneklerinin uranyum analiz sonuçları	88
4-2-7	Su örneklerinin radyum analiz sonuçları	90
4-3	Nehir çevresi toprak ve su örnekleri analiz sonuçları	92
4-4	Ölçüm sonuçları arasındaki korelasyon	95
5	TARTIŞMA	102
6	SONUÇ	114
	REFERANSLAR	116
	EK	124



G i R i Ő

Birçok ũlkenin enerji ihtiyaçının karŐılanmasında önemli rol oynayan kaynaklardan biri de nũkleer santrallardır. Bu nedenle nũkleer santral yakıtı olan uranyum elementi maden ekonomisinde gŕzde bir metaldir.

Nehirler,geçtikleri araziyi karakterize eden toprak ve sedimentleri karalardan alıp denize ve gŕl kıyılarına taşırlar. Bu sedimentler ya buralarda kalın ardaŐımlar halinde depolanırlar veya kıta sahanlıkları ve derin deniz havzalarına taşınıp oralarda depolanarak derin su sedimentleri oluştururlar. Ancak erozyonla oluşan bũtũn nehir sedimentlerinin deniz ve gŕllere taşındığı dũŐũnũlemez. Bunların bir kısmı nehirselleŐmelerin etkisiyle karalarda ve nehir kenarlarında depolanırlar. Bu depozitlerin kalınlığı bazen oldukça derin olabilmektedir. Bunlar ŕzellikle nehirlerin sel suları ve alũvyon ovaları oluşturduğu nehirselleŐmelerin fazla olduğu aşağı ıgırlarında olur. Bazı durumlarda dağ ŕnlerinde ve vadi kenarlarında geniş ve kalın alũvyon yelpazeleri oluşturur.

Doğal sularda oksijen bulunması halinde uranyum oksitlenerek +6 değerini almaktadır. Uranyumun yũzey sularındaki mobilitesi, bazik sularda karbonatların, asidik sularda sũlfatların ve nŕtr sularda silikatların kompleksleŐtirme iŐleviyle olmaktadır [1,2]. Ancak organik maddeler sulardaki UO_2^{+2} iyonu gŕçũnũ azaltır. Uranyum, radyum ve radon araştırmalarında kullanılan jeokimyasal teknikler, radyoaktif oluŐumların detaylı ve yarı detaylı araştırmalarında kullanılır. Bu teknikler bir çok ũlkede ustalıkla kullanılmaktadır [3,4].

Tũrkiye'de uranyum aramaları 1953 yılında başlamış olup, 1956 yılında da M.T.A. Enstitũsũ Atom Enerjisi Hammadde-

leri Şubesi kurulmuştur. 1962 yılına kadar toplam olarak ülkenin % 78'lik kısmı havadan radyometrik ölçüm çalışmalarıyla incelenmiştir [5]. 1961 yılında Kasar'da uranyum madeni bulunmuş ve 1963 yılında rezervin 300 tondan fazla U_3O_8 içerdiği saptanmıştır. Bu sahalarda J. Cameron 1962 yılında çalışmalar yapmış ve Köprübaşı uranyum yatağında 500 ton U_3O_8 'in ekonomik sınırlar dahilinde çıkarılabileceği sonucuna varmıştır. J. King ve çalışma arkadaşları Güney-Batı Anadolu'da uranyum için keşif çalışmaları yapmışlar ve sonuçlarını yayınlamışlardır [5]. 1984-1986 yılında Nükleer Bilimler Enstitüsü tarafından "Sarıcaoglu Bölgesi Uranyum Keşif Çalışmaları Raporu" adı altında bir proje hazırlanmış ve Bergama Sarıcaoglu bölgesinde önemli bir yeraltı uranyum depozitinin varlığı tesbit edilmiştir [6]. Türkiye'de bugüne kadar yapılan araştırmalarda bulunan rezervlerle ilgili bilgiler T.A.E.K. teknik raporu no:10'da verilmiştir [7].

Hidrojeokimyasal ve jeokimyasal yöntemlerin dünyanın bir çok ülkesinde uranyum ve diğer minerallerin keşfi için kullanıldığı bilinmektedir. 1975 yılında A.V. Smith, J. Camaron ve P.M. Barretto Avusturalyada çeşitli bölgelerde jeokimyasal uranyum araştırmaları yapmışlar ve Forstau bölgesinde nehir sediment, toprak ve su örnek analiz sonuçlarından uranyum mineral yatağını keşfetmişlerdir [8]. R.J. Allan ve arkadaşları Coppermine nehrinde bölgesel jeokimyasal çalışmalar yapmışlar ve bölgenin bakır dağılımını ortaya koymuşlardır [9]. S.L. Bolivar, K. Campbell ve G.W. Wecksung Montrose bölgesini içeren dörtgen şeklindeki alanda hidrojeokimyasal ve nehir sediment analizleriyle birlikte yüzeysel gama ölçümleri yapmışlardır. Çalışma alanı içinde bilinen uranyum mineral yatakları dışında üç yeni bölge keşfetmişlerdir [10]. L.W. Maassen ve S.L. Bolivar

1983 yılı Eylül ayında Antillerdeki St. Lucia adasında nehir sedimentleri ve sahil deniz kumlarında jeokimyasal çalışmalarla birlikte çeşitli element analizleri yapmışlar ve adanın As, Au, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Rb, Sb ve Sn anomali bölgelerini tesbit etmişlerdir [11]. S. L. Bolivar ve arkadaşları 1975-1979 yılları arasında Alaska eyaletinin % 80'lik bölümünden 61,923 sediment örneği toplayarak 34 element analizi yapmışlar ve bölgenin jeokimyasal haritasını çıkarmışlardır [12]. S. J. Hoffman Kuzey Batı Kanada da yeraltı uranyum depozitlerinin keşfi için dere ve göl sedimentlerinde jeokimyasal çalışmalar yapmıştır [13]. A. M. Giblin ve A. A. Snelling 1982 de Kuzey Avustralya'da uranyum araştırmaları için hidrojeokimyasal çalışmalar yapmışlardır [14].

P.F. Matysek W.K. Fletcher ve A.J. Sinclair Kolombiya dağlarının bölgesel dere sedimentlerinin özelliklerini; toz, kum, organik madde ve renkleri olarak dört sınıfa, çevresel değişkenlerini; arazi yapısı, su akış oranı, dere sınıfı, drenaj şekli, kenar tipi ve kontaminasyon olarak 6 sınıfa ayırıp, havza jeolojisiyle ilişkilerini incelemişlerdir. Bu çalışma sedimentlerin metal içeriklerindeki art ortam değerleriyle ilgili olarak çevre gözlemlerinin yorumunu açıklamak için ilk sistematik girişimdir [15]. A.A. Brown Steenfelt ve H. Kunzendorf Güney Greenland adasında nehir, dere ve akarsu sediment ve su örneklerini analiz ederek, adanın uranyum bölgelerini belirlemişlerdir [16]. H. Martin, J. Lefin L. Dejonghe ve J. Henry akarsu sediment ve su analizleri yaparak Belçika paleozoiklerinde bilinen uranyum yatakları ve bilinmeyen bölgelerde uranyum keşfi için çalışmalar yapmışlardır [17]. H. Kunzendorf, W.L.Plüger ve G.H.Friedrich derin deniz sedimentlerinde uranyum

araştırmaları yapmışlardır [18]. A.W. Rose, D. Wesolowski ve A. T. Smith bilinen 6 kk U ve Cu-U bölgelerine sahip NewYork'un Monticello bölgesinde uranyum ve diğer elementlerin yüzey suyu jeokimyasını [2], J.R. Dean, C.J. Bland ve A.A. Levinson bir uranyum keşif tekniği olarak yüzey sularında Ra-226/Ra-223 aktivite oranı ölçüm tekniğini geliştirerek Kanada'nın kuzey Saskatchewan bölgesinde uygulamışlardır [19].



1 GENEL NEHİR OLUŞUMU VE BÜYÜK MENDERES NEHRİ

1-1 Nehirsel ortam

Bir nehir sistemi genç, olgun ve yaşlı olmak üzere üç evrede incelenebilir. Gençlik evresi nehir sisteminin başgıcı olan dağlık bölgede görülür ve esas etkisi aşındırmadır. Olgun evresi taşkın alanı ve yanal birikim depozitlerinin oluşmasıyla karakterize edilir. Yaşlı evresi ise kıyı bölgelerinde görülür. Burada nehir sistemine ait taşkın alanları birleşir. Jeolojik olarak nehir sisteminin olgun, özellikle yaşlı evreleri, başlıca nehirsel çökeltme bu evrede olduğundan daha önemlidir.

1-2 Kanal modelleri

Kanal modelleri nehrin kanal gradyanına ve enine uymalarını yansıtır. Bu model, taşınan sediment oranı ve onun karakteristikleri ile, boşalmanın miktarı ve özelliğiyle denetlenmektedir. Genellikle düz, örgülü ve menderesli olmak üzere üç çeşit kanal modeli kabul edilir. Bir nehirde devamlı olarak bir kanal modelinden diğerine geçiş vardır ve aynı kanal değişik kısımlarda değişen modeller gösterebilir.

Nehirler dolambaçlılıklarına göre sınıflandırılırsa ; düz, geçişli düzenli, düzensiz ve dolambaçlı modeller olmak üzere beş sınıfa ayrılabilir. Kanal uzunluğunun vadi aşağı uzaklığına oranı olarak tanımlanan dolambaçlık 1.5 veya daha büyük ise menderesli, 1.5'tan az olanlar ise düz ve örgülü olarak adlandırılır.

Düz kanallar, yanal birikimle konumlarını değiştirebilirler. Aşındırma derin kısımlarda, çökeltme ise sediment setlerinde olur. Örgülü nehirler, sedimentlerin ve yatak konumunun

hızlı ve devamlı değişimiyle karakterize edilir. Örgülenme, en iyi nehirlerin dağlık kısımlarında oluşur. Menderesli kanallar iyi gelişmiş çukur ve sediment (burun) setlerine sahiptir. Mendereslerdeki akış mekanizması, maksimum hız büküm ekseninin hemen aşağısında dik konkav kıyıları yakınındadır. Bükümde hem bir akıntı yönündeki hız bileşeni, hem de daha zayıf bir yanal bileşeni vardır. Yanal hız bileşeni akıntı yönündeki hızın % 10 kadarıdır. Kıyının göçmesiyle nehir yatağına kayan materyaller enine bileşen tarafından yakalanıp yatağın ortasına doğru taşınır. Konkav yüzeyden aşınan materyal, bu yüzün karşısındaki burun setinde değil, bir sonraki menderesin burun setinde depolanır. Bununla birlikte bükümlerdeki şiddetli karşıt akımlar, sedimentlerin bir kısmını konveks yüzeye taşıyabilir. Nehirler aşağı çığırlarda genellikle mendereslidirler. Eğer nehrin sediment yükleri ve debisi çok fazlaysa zemin materyalleri ince taneli de olsa örgülenme gösterirler.

1-3 Nehirsel ortamlar ve sedimentleri

Bir nehir kanalının bir noktasındaki enine kesitinin şekli, kesitten geçen sediment miktarı ve özelliği, akım ve nehir kıyısı ile kanal zeminini oluşturan materyallerin bir fonksiyonudur. Nehirlerce depolanan sedimentleri pratik amaçlar için kanal, kıyı ve taşkın havza sedimentleri olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür.

1-3-1 Kanal sedimentleri

Kanal gecikme sedimentleri, burun setleri ve kanal dolguları bu gruba girerler. Bir nehirtarafından taşınan

sedimentlerin tane boyutları daima çok değişiktir. Kanalda, kum zemin yükü olarak ilerlerken daha iri olan çakıllar geride kalır ve derin kısımlarda kesikli merceksel parçalar halinde birikirler ve kanal gecikme çökeli olarak adlandırılırlar. Kaba taneli sediment bulunmayan aşağı kısımlarda sürüklenmiş odun parçaları, pekişmemiş iri sediment blokları, çamur toprakları ölü organizmalar kanal gecikme sedimentleri olarak bilinirler. Gecikme sedimentleri hiçbir zaman kalın tabaka oluşturmaz ve devamlı değildirler.

Burun setleri, menderesli nehirlerin en göze çarpan jeomorfolojik özellikleridir. Aynı zamanda burun setlerindeki depozisyon, menderesli nehir kanallarındaki en önemli sedimentasyon işlemidir. Ufak nehirlerdeki burun setleri, mendereslerin konveks yüzeylerindeki basit depozitlerdir. Büyük nehirlerdeki burun setleri, tomar şeklindeki sırtlardan ve çukur kısımlardan oluşur. Sırtlar komşu çukur kısımlardan bir kaç metre yüksek olabilir. Burun setlerindeki depolanma sellenmeler sırasında menderesli nehirlerin yanal olarak yer değiştirmesinden oluşur ve kalınlığı nehrin derinliği kadar olabilir. Genelde burun setlerinde nehirler, eger çamurdan çakıla kadar değişen materyal taşıyorsa en altta çakıl, sonra kaba ve ince kum, en üstte de silt bulunur.

Örgülü nehirlerin karakteristik bir özelliği örgü setleri ve set adalarıdır. iri materyallerden oluşan örgü setleri dağlık bölge nehirlerinde çok iyi gelişmiştir. ince taneli materyalden oluşan örgü setleri nehrin aşağı çığırlarında sediment yükü ve mevsimsel boşalımı fazla olan nehirlerde oluşur. Örgülü nehirlerin set adalarında depozisyon, esas olarak yanal ve dikey depolanma ile kanal oyma ve terk etme işlemleri tara-

fından denetlenir. Set adaları delta gibi önüne sediment yığıp ön takımlar oluşturarak akıntı yönünde yer değiştirir. Set adalarında iri materyal ve çakılın hemen üzerinde ortaboyda kumdan oluşan bir zon bulunur. Sonunda ince kum ve çamur depolanmıştır.

Bir nehirce terk edilen nehir kanallarındaki sedimentasyon kanal dolgu depozitleri olarak adlandırılır. Bu terketme kanalın bir kısmının aniden terk edilmesi veya sedimentasyon hızındaki ani artma ve derinlikteki ani azalma sonucu kanalın dolmasıyla oluşur. Bu durum menderesli nehirlerle özgü ve nehrin rotasını kısaltarak eğimini arttırabileceği yerlerde oluşur.

1-3-2 Kıyı sedimentleri

Set sedimentleri ve Crevasse Splay sedimentleri bu gruba girer. Kıyı setleri nehir kanallarını çevreleyen kama şekilli sediment sırtlarıdır. Setler nehir kıyısından sellenme havzalarına doğru bir eğime sahip ve nehrin konkav yanlarında çok iyi gelişirler. Konveks yüzeylerde ise üst burun setlerine geçiş yapar. Bu setler sel suları nehir kıyılarını aştığı zaman sedimentlerin depolanmasıyla oluşur. En iri sediment, kanalın en yakınında depolanır. Tane boyutu kanaldan uzaklaştıkça küçülür. Büyük taşkınlar sırasında çok miktarlarda sel suyu ve sediment komşu bir taşkın havzasına çevrilir. Taşmaların çoğunluğu konkav kıyılarda olur. Bu taşma set depozitlerinde açılan kanallarda olur. Crevasse splay denilen kanallar model ve sistemlerini kendileri oluştururlar. Depozitleri dar geniş sediment dilleri olup taşkın havzası yönünde giderek incelirler. Kalınlıkları onlarca santimetreden birkaç metreye kadar ulaşabilir.

1-3-3 Taşkın havza sedimentleri

Büyük taşkınlar sırasında oluşan ve esas olarak ince taneli sedimentlerdir. Taşkın havzası sedimentleri ve bataklık sedimentleri bu gruba girerler. Bu aktif olarak yana göçen, bu nedenle taşkın havzasının iyi gelişmediği nehirlerde görülür. Bunlar zayıf drenajlı, düz, özelliksiz, az rölyefli bölgelerdir ve aktif veya terk edilmiş kanallara bitişiktirler. Sedimentasyon hızı genellikle çok düşüktür. Bir sel periyodu boyunca 1-2 cm kalınlıkta bir kil silt katmanı depolanır. Nemli iklimlerde taşkın ovaları alçaktır, nemlidir ve yoğun şekilde bitkilidir. Böyle sahalarda taşkın havzaları bataklık şeklinde gelişirler. Bir taşkın havzasının sedimentleri kıyı seti, crevasse splay ve burun seti depozitlerinden daha ince taneli silt ve kildirler.

1-4 Alüvyon yelpazesi sedimentleri

Yelpaze şekilli, kötü boylanmış kaba tanelerden oluşur. Çakıl, blok ve iri bloklar egemendir. Kum, silt biraz kil bulunur. Bunlar dağlık bölgede dik bir eğimin birdenbire yumuşaklaştığı dağ eteklerinde oluşur. Alüvyon yelpazesi sedimentleri iklim ve topoğrafik koşullarına bağlı olarak değişik ortamlarda birlikte görülebilir. En yaygın ilişki nehirsiz ortamlarla olanlarıdır. Alüvyon yelpazesi sedimentleri örgülü nehir sedimentleri ile birlikte görülür ve eğim açısı çok seyrek olarak 10°'yi geçer. Genellikle 3°-6° arasındadır. Yarı çapları 100m-100km veya daha fazla olabilir. Akarsuyun dağlardan çıktığı noktaya veya alüvyon yelpazesinin üzerindeki en yüksek noktaya apeks denilmektedir. Alüvyonlar; alüvyon başı, ortası ve taban yelpazesi olarak üçe ayrılarak incelenirler.

1-5 Rüzgar sedimentlerinin nehirsal depozitlerdeki rolü

Nehir sedimentleri rüzgar etkisine açıktır. Nemli iklimlerde rüzgarların işlevi, bitki büyümesi ve açıktaki nehirsal depozitlerin bitki örtüsüyle kaplanmasıyla engellenir. Kurak iklimlerde burun, kıyı seti, crevasse splay ve sel ovası depozitleri rüzgardan etkilenir ve özellikle nehir kenarları boyunca kum dünleri oluşur. Kum dünleri kanala paralel, birkaç metre yükseklikte uzanmış formlardır. Kum düşük su evresinde burun setlerinden alınır ve nehir boyunca yığılır. Rüzgar işlevi silt ve kil boyu tanelerin savrulmasına ve sedimentlerinde daha iyi boylanmalarına sebep olur. Çok miktarda kum ve silt rüzgarla havzalara uçar ve havzanın yüzey şekilleri, ince, iyi boylanmış bir kum tabakasıyla örtülür. Bu durum sel ovası depozitlerindeki çeşitli izlerin korunmasına yardım eder. Böylece rüzgar ve su ile depolanmış depozitlerin analizinde dikkatli olunmalıdır.

1-6 Büyük Menderes Nehri

Büyük Menderes Nehri doğduğu ve denize döküldüğü noktalar arasında kalan bölgenin jeomorfolojisine paralel olarak değişen bir akış hızı ve yoğunluğuna sahiptir. Bölgenin jeomorfolojisi ve nehrin akış hızı dikkata alınarak, bu çalışmada nehir dörtana bilgeye ayrılmıştır. a) Nehrin denize döküldüğü delta, geniş ağızlı ve düşük eğim gradyanlıdır. Delta bölgesinden Yenipazar (Aydın) ilçesinin batısı civarına kadar eğimi düşük ve dolayısıyla daha geniş bir tabana sahip olan nehir daha düşük bir hızla akmakta ve daha yoğun bir menderesleme örgüsü sunmaktadır. b) Yenipazar ilçesinin batısı ile Sarayköy (Denizli) ilçesinin kuzeyi arasında ise eğim ve akış hızı biraz

artmakta, menderesler azalmaktadır. c) Sarayköy ilçesinin kuzeyinden Çal (Denizli) ilçesinin doğusuna kadar, yer yer yüksek eğim ve daha dar tabana sahip olan nehrin akış hızı artmaktadır. d) Çal ilçesinin doğusundan nehrin doğduğu yer olan Dinar (Afyon) ilçesine kadar bir çöküntü havzasından geçen nehir geniş tabanlı, düşük eğim ve akış hızına sahip bir rejimde az menderesler yaparak devam etmektedir.

Büyük Menderes Nehri doğduğu ve denize döküldüğü noktalar arasında düz, örgülü ve menderesli olmak üzere üç çeşit kanal modeli akışı göstermektedir. Nehrin yaşlı evresinde genellikle menderesli kanal modeline uygun bir akış şekli vardır. Bu bölgede nadir olarak nehir yatağında oluşmuş set adalarından dolayı, nehirde örgülü kanal modeli'de görülmektedir. Yaşlı evrede taşkınlar sırasında oluşmuş crevasse splay kanalları ve bunlara ait sedimentlerle beraber kanal gecikme, burun seti, kanal dolgu, kıyı seti ve taşkın havza sedimentleri bulunmaktadır. Burun seti, kıyı seti, crevasse splay ve sel ovası sedimentleri bu bölgede etkilenmektedir.

Nehrin olgun evresinde genel olarak düz kanal modeline ve nadiren menderesli ve örgülü kanal modeline uygun olarak akış görülmektedir. Bu bölgede nehrin geçtiği dağlık kısımda kışın nehir suyu altında kalacak şekilde küçük örgülü kanal modeli akışı bulunmaktadır. Genellikle kanal, kıyı, set adası ve az miktarda alüvyon yelpazesi sedimentleri nehrin bu kısmında görülmektedir. Nehrin genç evresinde düz kanal modeliyle beraber örgülü kanal modeline uygun olan bir akış bulunmaktadır. Kanal, kıyı, taşkın havza ve örgü set adaları sedimentleri bu bölgelerde görülmektedir.

Yaz aylarında ve özellikle kurak geçen yıllarda yüzey

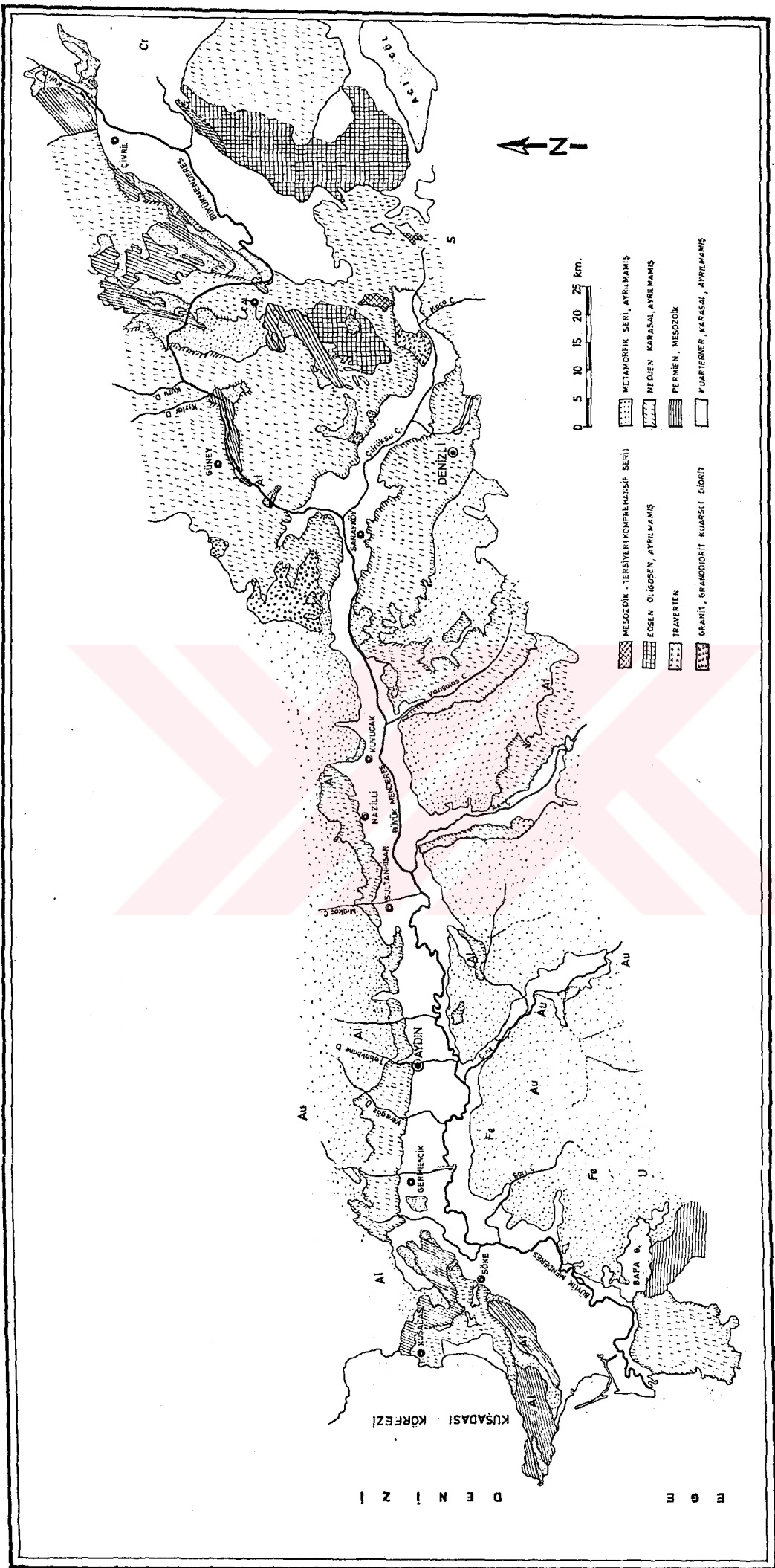
akışının görülmeyişi Işıklar baraj gölüyle Güney (Denizli) ilçesi arasında kalan kısımda gölden verilen su sebebiyle yüksek debili bir akış olmaktadır. Yine Işıklar barajı ile Dinar arasında kalan bölgede, Gököl mevkiinde yaklaşık 100km² civarında bir saha, düzenli bir kanallama yapılmadığından taşkın düzlüğü şeklinde su altında kalmış bulunmaktadır.

Büyük Menderes Nehri gerek yıkayıp geçtiği jeolojik formasyondan, gerek kendisine birleşen ve yine masifin metamorfik kayalarını yıkayarak gelen yan kollarının katkısıyla bölgenin jeolojisine özgü bir su ve tortul kimyasına sahiptir.

1-7 Çalışma alanının genel jeolojisi

Çalışma alanı Büyük Menderes graben (çöküntü) sisteminde yer almaktadır. Yaklaşık doğu-batı yönünde 500 km uzunluğunda olan ve genişliği doğuya doğru gittikçe azalan Menderes Masifine ait metamorfik kayalarla çevrilidir. Dinar (Afyon)'dan doğan nehrin beslenme kolları da yine çoğu Menderes Masifinin güney ve orta kanadını kuzey-güney yönlü yarılımlarla kateden küçük nehirlerdir. Nehre birleşen ana yan kollar batıdan doğuya doğru güney kısımda Sarıçay, Çine çayı, Akçay, Dandalas çayı ve Çürüksu çayı, kuzey doğuda ise Güney ilçesi civarında Kızlar deresi ve Banaz çayıdır. Çalışma alanının jeolojik haritası şekil 1'de verilmiştir.

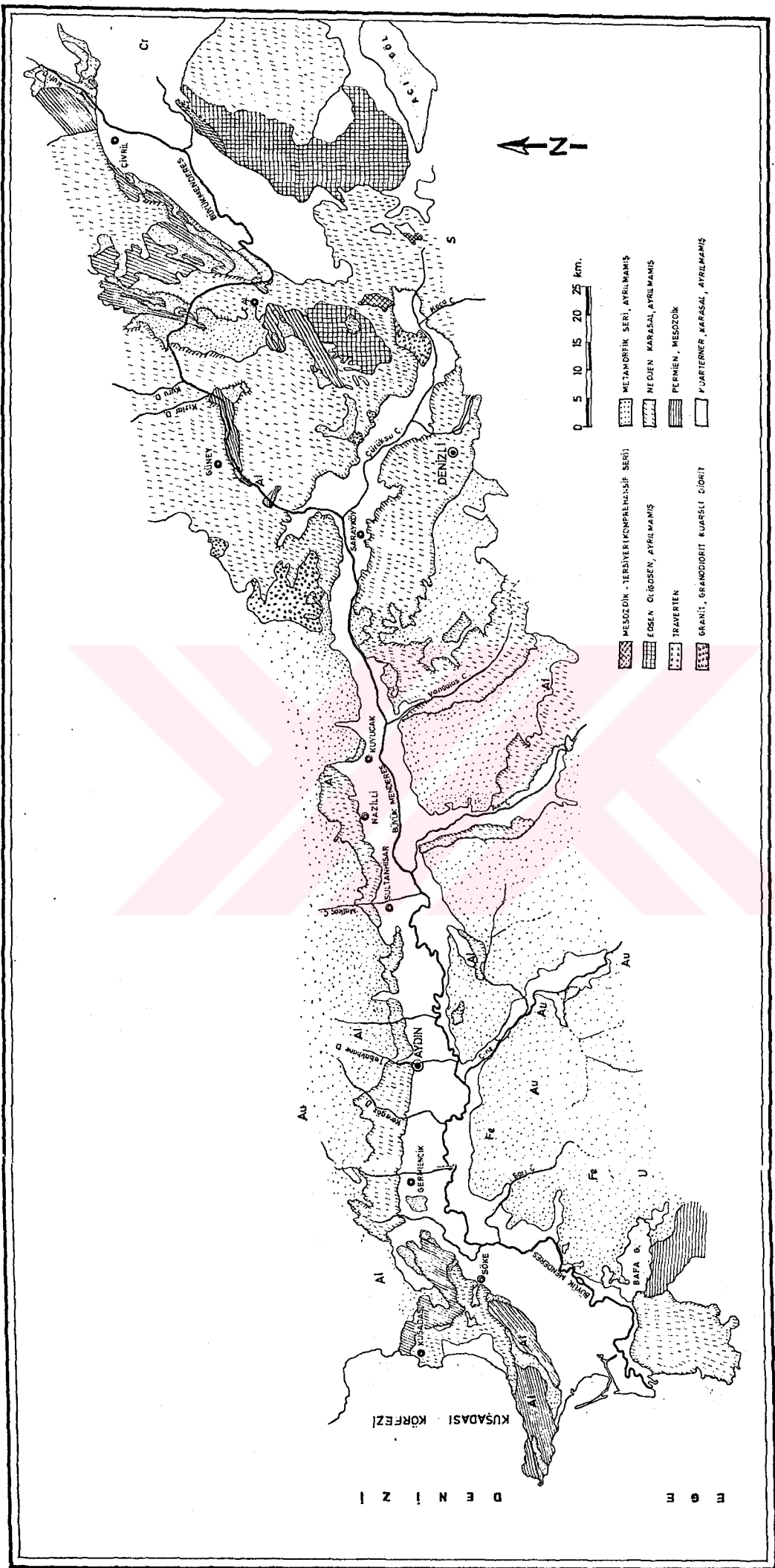
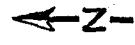
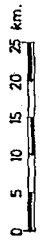
Büyük Menderes Nehrine güneyden birleşen yan kollar, en güneyde permian, mesozoyik yaşlı, uranyumca fakir peridotit ve serpantin gibi ultrabazik kayalardan doğmakta ve metamorfiklerden geçerek ana kola birleşmektedirler. Bunlar arasında Çine çayı, Akçay ve Çürüksu çayları sayılabilir. Kuzey doğudan birleşen yan kollar ise (Kızlar deresi ve Banaz çayı) genelde



D E N İ Z İ

KUŞADASI KÖRFEZİ

- MESOZOİK - TERŞİYERİK (PRE-MANSİF SERİ)
- MEZÖZOİK - TERŞİYERİK (PRE-MANSİF SERİ)
- EDEN ÇİĞÖSEN, AYRILMAMIS
- TRAVERTEN
- GRANİT, GRANODİORİT KUARTSİL ÇİORİT
- METAMORFİK SERİ, AYRILMAMIS
- MEDJEN KARASAL, AYRILMAMIS
- PERMIYEN, MESOZOİK
- KUARTERNER, KARASAL, AYRILMAMIS



neojen tortulları arasından ve yer yer de metamorfik kayaçları yıkayarak ana kola birleşmektedirler. Yaz ve kış mevsimlerinde yüzey akışının görüldüğü yukarıda sözü edilen yan kolların yanı sıra, Büyük Menderes Nehri'ne yine kuzey ve güneyden birleşen fakat yaz döneminde hiçbir akış bağlantısı olmayan büyüklü küçüklü birçok yan kollardan bahsedilebilir. Genel olarak Büyük Menderes Nehri Ortadağ, Çubuk, Babadağ, Cevizli ve Beşparmak dağlarının arasından geçerek Söke ovasında denize dökülür.

Halen aktif durumda bulunan doğu-batı yönlü Menderes masifi riflerinden en güneydekini oluşturan Büyük Menderes Havzası, bölgenin genel tansiyon rift tektonizmasına paralel olarak gelişen zengin bir jeotermal potansiyel alanını da yine doğu batı yönünde içermektedir. Tersiyer (üst miyosen)'de başlayan Batı Anadolu Neotektonik hareketlerine bağlı olarak riftleşme özelliği gösteren kuzey kısmında olduğu gibi orta ve güney kesimlerinde de özellikle çöküntü ve çöküntüye yakın yerlerde Neojen tortulları gelişmiştir. Bu sonuncular da genellikle metamorfik kökenli kırıntılardan (çakıltası, kumtaşı, silttaşı, kil taşı) ayrıca kireç taşı ve çamur taşından oluşmaktadır.

Masifte görülen metamorfik kayalar ise Büyük Menderes güneyi için temelden yukarıya doğru sırayla migmatit gözlü gnays, bantlı gnays, ince taneli gnays, leptit, granat-biyotit şist, mermer ara katmanlı muskovit-kuvarşist, epidotşist, zımparadiaspor düzeyli mermer ve serpantin şist şeklindedir [21]. Masifin güney ve orta kesimlerinde üç ana deformasyon ve metamorfizma ayırt edilmektedir. İlk evre (Çekirdek) gnaysları protolitlerinin (ilksel girintili kayaçlarının) 750 milyon yıl önce çökmesiyle başlamıştır. 500±5 milyon yıl önce bu kayalar deformasyona ve yer yer anateksiye varan şiddetli granülit

fasiyesinde (600°C sıcaklıkta) metamorfizmaya uğramıştır [21]. Masifin orta-kuzey kesimlerinde 470±8 milyon yıl yaş veren tonalitik ve granitik plutonlar, evrenin son ürünleri arasındadırlar. Kıtaların kambriyendeki konumlarına bir göz atılacak olursa, Menderes masifinin doğu Afrika ve Arabistan Pan-African kıtalarının orojenik (dağ silsileleri oluşturacak şekilde) olarak birleşmesinin en güney ucunu oluşturduğu görülür. Menderes masifinin güney bölgesinde erken Ordoviziyenden Eosene kadar sakin platform koşulları egemen olmuş, önemli yapısal kesintiler olmamıştır. Masifte bundan sonraki önemli büyük yapısal olay tüm masifi etkilemiş olan ve yapısal olarak alt kesimlerde yüksek derecelere (500-600°C), dış zarfta ise sadece yeşil sist fasiyesine (300°C) ulaşan metamorfizma ve şiddetli deformasyondur. Çalışma alanının büyük kısmının bulunduğu masifin orta-güney bölgesinde yani Menderes masifinin iç kısmındaki en karakteristik özellik iki yöndeki kıvrımlardır. Bunlardan biri K35B yönlü yatık kıvrımlar, diğeri de kuzey-güney yönünde gözüken kıvrımlardır. Bu sonuncusu için Menderes masifinin en önemli bir özelliği gözlü gnayslar içinde daima sist bantlarının bulunmasıdır. Kuzey ve güneyden, gerek doğrudan kayaçlarla, gerek bunlardan türeyen tortullarla çevrili olan nehir yatağında yine metamorfik kökenli kil, silt, kum ve çakıl düzeyleri bulunmakta özellikle kuşların içinde daha rahat görülebilen biyotit ve muskovit sist pulcukları nehir tabanı ve kıyı tortullarının karakteristik olduğu olmaktadır.

2 URANYUM KEŞİF ARAŞTIRMALARI GENEL PROGRAMI

2-1 Uranyum ve ürünlerinin radyoaktif ve jeokimyasal özellikleri

Uranyumun doğada U-234, U-235 ve U-238 olmak üzere üç izotopu vardır. Doğal uranyum minerali birleşiminde % 99.2739 oranında U-238, % 0.7202 oranında U-235 ve % 0.0054 oranında U-234 karışımından oluşmuştur. Uranyumun yaklaşık tümü yer kabuğunun 10 km kalınlığındaki üst kısmında toplanmıştır. Uranyumun yer kabuğundaki bolluğu (klark) 3-4 ppm ve ortalama bolluğu ultra baziklerden asidik kayalara doğru kaydedeğer bir artış gösterir. Uranyumun son derece zengin ve karmaşık bir kimyası vardır. Elementlerin kimyasal gruplandırılmasında aktinid serisine girer. Uranyumun doğal izotopları aynı kimyasal ve fiziko-kimyasal özelliklere sahiptir. Bu nedenle doğal uranyum izotopları birbirinden ayrı olarak bulunmazlar. Her üç izotop ve radyoaktif bozunma sonucu oluşan ürünler karakteristik yarı ömürlerle alfa veya beta parçacığı ve gama ışınları yayınlarak bozunurlar. U-235 ve U-234 düşük konsantrasyonları nedeniyle jeokimyasal ve hidrojeokimyasal uranyum keşif çalışmalarında hiçbir önem teşkil etmez.

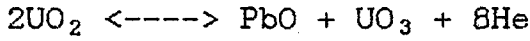
Uranyum-238 radyoaktif bozunma serisi tablo 1'de verilmiştir. Radyum-226 ve Radon-222, tablo 1'den görüldüğü gibi serinin orta elementleridir. Ayrıca uranyum için spesifik, kolaylıkla tespit edilebilir olmaları ve radonun gaz oluşu bu elementlere önem kazandıran özellikler olarak sayılabilir. Serideki diğer elementlerin ya tespiti güç yada yarı ömürleri çok kısa veya uranyum için spesifik değildir. Uranyum 238 parçalanma ürünlerinin karakteristik radyoaktif özellikleri uranyumun düşük konsantrasyonlarda bile doğru olarak tesbitini

Tablo 1 : Uranyum-238 in radyoaktif bozunma serisi

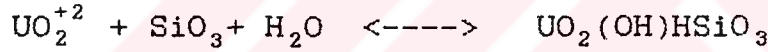
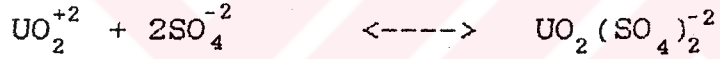
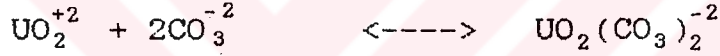
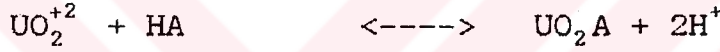
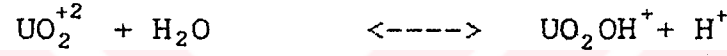
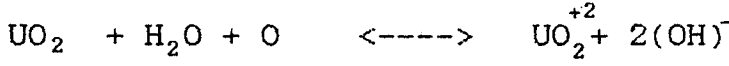
Element	Yarı Ömür	Temel Radyasyon ve Enerjileri (Mev)		
		Alfa	Beta	Gama
U-238	4.51x10 ⁹ y	4.15;4.20	---	---
Th-234	24.1 g	---	0.103;0.193	0.063;0.093
Pa-234	1.17 d	---	2.29	0.756;1.001
U-234	2.47x10 ⁵ y	4.72;4.77	---	0.053
Th-230	8.00x10 ⁴ y	4.62;4.68	---	0.068;0.142
Ra-226	1620 y	4.60;4.78	---	0.186
Rn-222	3.825 g	5.49	---	0.510
Po-218	3.05 d	6.00	---	---
Pb-214	26.8 d	---	0.65;0.71	0.295;0.352
			0.98	
Bi-214	19.7 d	---	1.51;3.26	0.609;1.120
			1.00	1.764
Po-214	164 µs	7.69	---	0.799
Po-210	21 y	---	0.016;0.061	0.047
Bi-210	5.01 g	---	1.161	---
Po-210	138.4 g	5.305	---	0.803
Pb-206	Kararlı			
s=saniye		d=dakika	g=gün	y=yıl

kolaylaştırmaktadır. Bu amaç için Bi-214 tarafından yayınlanan 1.76 MeV'lik esas gama ışını gamma-ray spektrometreyle uranyum tayininde kullanılmaktadır. Hava temasıyla etkileşim, yüzeysel ortamlarda uranyum ve ürünleri arasında dengesizliğe sebep olmaktadır. U-238 ve Ra-226'nın yüzeysel ortamlardaki başlıca reaksiyonları aşağıda gösterilmiştir.

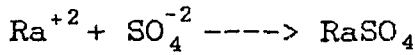
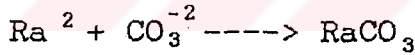
1- Uranitin kendiliğinden oksitlenmesi



2- Uranyumun suda oksidasyonu ve kompleksleşmesi



3- Radyumun solisyondan çökelimi



Peşblend (U_3O_8) yaşına ve mineralin korunmasına bağlı olarak UO_2 ile UO_3 arasında değişen bir bileşime sahip olduğundan yukarıdaki bir numaralı reaksiyon her katı fazda olmakla beraber peşblend oluşumundan kısmen sorumludur. Uranyumun tespitini radyoaktivite kolaylaştırdığı gibi kristal yapısını bozarak su ve oksijenin ortama girip UO_2 'yi UO_2^{+2} 'ye oksitlenmesini sağlar. Bu da nötr ve bazik sularda karbonat iyonları ile kolaylıkla kompleks oluşturur ve çözünebilir silikatlar meydana getirir. Asidik ortamlarda ise sülfat iyonları ile kompleks teşkil eder.

Bitkilerin yoğun olduğu bölgelerde akarsu ve göl sedimentlerinde ve solüsyon içinde hümik asitler, uranyumla kompleks meydana getirirler. Organik madde miktarı suya göre sedimentlerde daha fazla olduğundan uranyumun büyük miktarı sedimentlerde bulunur. Uranyumun kolaylıkla oksitlenebilme ve kompleksleşebilme özelliğinin bir sonucu olarak yüzeysel ortamlarda mobilitesi diğer nadir toprak elementlerinin hemen hepsinden fazladır. Halbuki radyum, ortamdaki karbonat ve sülfatlarla çözülemez bileşikler meydana getirir. Sadece, ortamda kloritler mevcut olduğunda mobil hale gelir. Bununla beraber radyum, su kanalları civarında birbirini takip eden adsorpsiyon ve desorpsiyonlarla uzun mesafeler katedebilir ve zamanla önemli miktarda radyum konsantrasyonu oluşturabilir. Bu durum bilhassa kaynakların başlangıçlarında göze çarpmaktadır. Buralarda demir ve manganez radyumla birlikte çökelir.

Asal gazlar grubunda olan radon ve helyum kimyasal reaksiyonlara girmezler. Radon-222'nin yarı ömrü (3.825 gün) anası Radyum-226'ya oranla çok kısa olduğundan için radyumlu bölgelerden çok uzaklara göç edmezler. Yapılan çalışmalara göre radon toprakta 6 metreye kadar, durgun sularda bundan daha az hareket edebilmekte, göl yüzeyle ve nehir gibi hareketli sularda radyumdan 100-200 metre veya daha fazla yol alabilmektedir. Helyum çok hafif ve çabucak yayılır. Bunun sonucu olarak yüzeyle yakın toprak gazları zayıf radyoaktif zonlar üzerinde atmosferik helyum konsantrasyonları oluşabilmektedir.

Bir uranyum yatağı kalın bir örtü tabakası, bilhassa kil tarafından tamamen örtülmüş olduğunda durumlarda yüzeyle uranyum, radyum, radon ve helyum ölçümleri hiçbir işaret bırakmayabilir. Böyle durumlarda ana kayaca kadar sondaj yapılması

gereklidir. Eger bölgede yüzeye gelen veya kuyulara giren yeraltı suları varsa, örtü tabakası ile ana kayac arasındaki en ufak bir yeraltı suyu hareketi biraz ilerde bir anomali meydana getirebilir. Çünkü uranyum oksidasyon ortamlarda çok mobildir. Böylece su rejiminin aktif olduğu yerlerde birçok zayıf haleler meydana gelebilir. Radium çok daha az mobil olduğundan ideal bir uranyum yatağının tam üzerinde depolanır. Kısa yarı ömrü sebebiyle radyumdan oluşan olan radon, radyumdan ancak 100-150 metre fazla göç edebilir. Radium ve radon anomalileri keskinliği radyumun mobilitesinin azlığından ve deteksiyonunda kullanılan metodların hassaslığından dolayıdır. Genel olarak en fazla yayılma alanının helyuma (elektronlanmış α) ait olması gerekir. Fakat mobilitesinin çok yüksek olmasından dolayı, bir uranyum yatağından yüzeye doğru seyrederek atmosferik havada ayırt edilemeyecek bir konsantrasyona düşer. Fakat atmosferle ilişkisi olmayan yeraltı su sistemlerinde helyum daha uzun bir yol alması beklenebilir. Doğal gaz ceplerinde önemli miktar helyum bulunuşu bu düşünceyi desteklemektedir.

2-2 Uranyum Arama Yöntemleri

Uranyum aramalarında çalışılacak sahanın planlanmasından cevher yatağının tesbitine kadar çok yönlü teknikler kullanılır. Bu teknikler tablo 2'de [22] verilmiştir. Bu bölümde uranyum keşif çalışmalarında kullanılan yöntemlerden bazılarına değinilmiştir. Uranyumun radyoaktiflik özelliği ve kimyası uranyum keşif çalışmalarında tek bir özel yaklaşımı hem gerekli hemde yeterli kılar. Çünkü uranyum ve onun bozunma ürünleri radyoaktif özelliğe sahiptir. Kullanılan uranyum arama metodları çeşitli şekillerde radyoaktivite ölçümüne dayanmaktadır.

Tablo 2 Uranyum Keşif Çalışmalarında Kullanılan Yöntem ve Teknikler

Arazi Çalışmaları

Yöntem ve Teknikler	Kullanılan Cihazlar
- Jeolojik etüd	
- Uçakla gama gözlem ve spektrometri	- Büyük boy NaI kristalli ve sayım cihazı
- Motorlu araç ile gama ölçümleri	- Gama surveymeter, Spektrometri Taşınabilir MCA
- Yaya gezerek gama ve beta ölçümleri	- Beta (GM) ve gama (NaI) survey meter
- Toprakta toplam gama ve beta sayımları	- Beta ve gama ölçüm cihazı
- Toprakta uranyum ölçümü	- Tek kanallı analizör
- Toprakta U, Th ve K ölçümleri	- Dört kanallı analizör Taşınabilir gama spektroskop
- Toprak gazında Rn ölçümleri	- Kollektör yöntemi Lukas hücresi
- Sularda pH, Eh, sıcaklık ve iletkenlik ölçümleri	- pH, Eh metre Termometre Kondüktivimetre
-Sularda bikarbonat ölçümleri	- Kimyasal cam malzeme

Laboratuvar Çalışmaları

Yöntem ve Teknikler	Kullanılan Cihazlar
- Jeolojik tanımlama ve haritalama	
- Toprak ve sediment örneklerin toplam gama ve beta ölçümleri	- Gama ve beta sayaçları
- Toprak ve sediment örneklerinde U,Th ve K ölçümleri	- Tek kanallı analizör Dört kanallı analizör Gama spektrometri, MCA
- Toprak ve sediment örneklerinde Ra ölçümü	- Kollektör yöntemi (asitli) Kollektör yöntemi (kuru) Kimyasal Ra, Ba yöntemi
- Su örneklerinde Ra ölçümü	- Kollektör yöntemi
- Toprak ve sediment örneklerinde U tayini	- Asidik liçing
- Su örneklerinde U tayini	- Uranyum analizör

Bunlardan bazıları uranyuma özgü yöntemler olarak bilinir. Bölgesel çalışmalar jeolojik etüdden sonra havadan prospeksiyon yapmak şeklinde olduğu gibi araba ve yaya olarakda yapılabilmektedir. Kaynak alanlarının jeolojik ve jeokimyasal yönden uygun olan bir havza ile ilişkisini kurabilmek, uranyum araştırmalarında ideal bir yöntemdir. Bu kaynak yüzeyde yeterli büyüklükte fakat düşük konsantrasyonda uranyum içerebilir. Ancak yakınında veya bağlantısı olan havzada ekonomik olarak önemli sayılabilecek bir konsantrasyon bulunması mümkündür. Araştırma programına uygun olarak yapılacak çalışmalarda ilk adım jeolojik yönden bir potansiyel kaynak bulunabilecek alanı tespit etmektir. Çünkü jeolojik bilgi uranyum araştırma çalışmalarında ön koşul olarak kabul edilir. Jeolojik yapının farklı türleri, çevresi ve oluşumu çok önemlidir. İkinci aşamada ise bu potansiyel alan etrafında erozyon ürünlerinin yer değiştirmesi ile uranyum çökmesi ve konsantrasyonu için jeokimyasal olarak uygun olabilecek potansiyel mineralizasyon alanlarını tespit etmektir.

Modern uranyum araştırma işi, birçok safhada koordineli ve birçok metod kullanımını gerektirir. Başlangıç jeolojik etüd ile başlar. Uçakla ve araba veya yaya olarak radyoaktivite ölçümlerinden sonra, toprakta toplam gama ve beta, uranyum, toryum, potasyum ve özellikle toprak gazında radon, sularda pH, Eh, sıcaklık, iletkenlik ve bikarbonat ölçümleri ile su, toprak ve sediment örneklemeleri ile devam eder. Toplanan toprak ve sediment örneklerinin toplam gama ve beta aktiviteleri, uranyum, toryum, radyum ve potasyum, su örneklerinde uranyum ve radyum konsantrasyon analizleri yapılması, korelasyon araştırılması ve neticelerin değerlendirilmesi ile sonuçlandırılır.

2-3 Örnekleme

Örnek toplama işlemi, uranyum araştırma çalışmalarının belkide en zor fakat en önemli bir parçasıdır. Bu aşamada uygulanan jeokimyasal çalışmalarda örnek dağılımının düzenli olması gerekir. Böylece saha sistematik şekilde değerlendirilmiş olur. Örnek çeşidi ve yoğunluğunun tespiti aynı zamanda materyallerin azlığı veya çokluğuyla direkt olarak ilişkilidir. Herbir örnek çeşidinin kendine özgü kullanım ve sınırlı uygulama alanları vardır. En önemlisi her bir farklı örnek çeşidi uranyumun ikincil dağılımları hakkında farklı konfigürasyonlar gösterebilir. Örneğin ağır minerallerin varlığı uranyum dağılımının yüksek olmasına bir ölçü olarak kabul edilir.

Uranyum aramalarında en çok kullanılan örnek çeşidi nehir, dere, pınar, kuyu, yeraltı ve göl suları ve sedimentleri ile topraktır. Ağır mineraller ve kaya örnekleri potansiyel hakkında kuvvetli sonuçlar vermezler ve bu nedenle çok sık kullanılmazlar. Bu alanda biyolojik materyallerin kullanımı çok sınırlıdır. Su örnekleri veya hidrojeokimyasal teknikler uranyum arama programının en faydalı tekniği olarak gösterilmiştir. Farklı su örneklerindeki uranyum konsantrasyonları büyük değişiklikler göstermesi nedeniyle, örneklerin çeşitlerine göre gruplandırılması ve sonuçların o şekilde verilmesi çok önemlidir.

Akarsu su ve sediment örnekleri mevsimsel değişimden etkilendiği için çalışmalar bu değişimleri minimum yapacak şekilde ayarlanmalıdır. Örnekleme işlemi genellikle çalışmanın amacına ve yoğunluğuna göre değişim gösterir. Örneğin cinsi ne olursa olsun bütün örnekleme düzenli ve standart bir metodla yapılmalıdır. Toprak veya akarsu, dere ve çeşme vs. suyu örnek-

lerinin karışımı çok hatalı sonuçlara götürebilir. Herhangi bir çevreden alınan örnek o çevreyi mümkün olan en iyi şekilde temsil etmelidir. Birden fazla analizin geçerli olduğu yerlerde örneklerin içinde kurşun, kalay, bakır ve bazen civa doğal olarak bulunmadığı halde suni kirletilmeden dolayı analiz neticelerinde bu maddelerin varlığı sonucuna gidilebilir.

2-4 Laboratuvar Ölçüm ve Analizler:

Çeşitli uranyum arama metodları vardır. Uranyum aramalarının değişik aşamalarında bu metodlardan uygun olanı seçilerek kullanılır. Uranyum keşif çalışmalarında uranyumdan başka tesbit edilmesi gereken elemanların sayısı hakkında kesin bir kural yoktur. Yüzeğe yakın bölgelerdeki uranyum, beraber bulunduğu çeşitli maddelere nazaran çok daha fazla hareket kabiliyetine sahip olduğu için en iyi iztakip elemanı yine uranyumun kendisidir. Bir bölgede çeşitli uranyum mineral potansiyelleri hakkında yapılan çalışmada U-238'in bozunma ürünleri olan Radyum-226 ve Radon-222 belirlenmesi gerekir. Ayrıca gama yayınlayıcısı Bi-214'de bu gruba dahildir. Bu maddelerin farklı jeokimyasal karakterleri, bunların esas kaynaktan uzaklaşmaları hakkında bilgi vererek cevhere doğru kesin bir yön bulunmasına yardımcı olurlar. Düşük yoğunlukta örnekleme aşamasında uranyum ve radon analizleri en etkin yöntemdir. Daha sonraları örnek yoğunluğu arttıkça iz bulma elemanları olarak ve genellikle uranyum ile beraber bulunabilen maddelerin de analizleri yapılır. Bu maddeler genellikle V, Na, Cu, S, Se, Fe ve az rastlanmakla beraber As, Pb, Mn, Ag, F, Co, Ni, Be ve Tc olarak gruplandırılabilir [1,25]. Bunlara bazı elementleride eklemek mümkündür.

3 DENEYSEL YÖNTEMLER

Bu tez çalışması sırasında Büyük Menderes Nehri 1988-1989 yılları yaz aylarında, nehrin denize döküldüğü noktadan başlayıp yukarıya doğru gidilerek nehrin doğduğu Dinar (Afyon) ilçesine kadar, sistematik bir şekilde jeokimyasal ve hidrojeokimyasal uranyum arama yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır. Bu çalışmalar sırasında kullanılan deneysel yöntemler arazi ve laboratuvar olmak üzere iki bölümde anlatılacaktır.

3-1 Arazi Çalışmaları

3-1-1 Sıcaklık ölçümleri

Sıcaklık ölçümleri, örnekleme noktasında hava ve su sıcaklık ölçümleri olmak üzere iki bölümden oluşur. Hava sıcaklığı gölgede ve su sıcaklığı nehrin maksimum su akıntısı yönünde ölçülmüştür. Termometrelerin gösterdiği en yakın tam sayı değerleri hava ve su sıcaklıkları olarak kayıt edilmiştir. Eğer ölçümü alınacak su durgunsa termometrenin dengeye gelmesi, su çok yavaş karıştırılarak beklenmiştir. Arazi çalışmalarımız süresince tek tip termometreler (*) kullanılarak, sıcaklık ölçümlerinde standartlık sağlanmıştır.

3-1-2 İletkenlik ölçümleri

iyonik iletkenlik anyon ve katyonların hareketine dayanır. Buda asit, baz ve tuzların sulu çözeltilerinde ve tuzların erimiş hallerinde önem taşımaktadır. İletkenlik çözeltinin içerdiği madde miktarına ve sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklık yükseldikçe anyon ve katyonların kinetik enerjileri arttığı için iyonik iletkenlik artar. Kullanılan taşınabilir (**) ilet-
(*)Laborterm'N Skalenwert 1K (**) Chemtrix type 700

kenlik ölçüm cihazı 5 menzilli olarak 0-20.000 $\mu\text{hos/cm}$ arası iletkenlikleri ölçebilme özelliğine ve otomatik sıcaklık ayarlama sistemine sahiptir. Standart olarak 1413 $\mu\text{hos/cm}$ iletkenlik değeri veren 0.7456 gram susuz KCl 1000 ml deiyonize su ile çözülerek hazırlanmış 0.01 M KCl tampon çözeltisi kullanılmıştır.

3-1-3 pH ve Eh ölçümleri

Sulu çözeltilerdeki bir çok kimyasal olayda hidrojen iyonları aktivitesi çok önemli bir rol oynar ve redoks potansiyelleri volt veya milivolt olarak ifade edilir. Ancak bir elektrodun potansiyeli tek başına ölçülemediğinden sisteme redoks potansiyeli kesinlikle bilinen bir elektrodun (hidrojen, cam, kinhidron, kolomel) bağlanması gerekir. Referans elektroda göre E altında indis olarak belirtilir. Ölçüm yapılan noktalarda suların pH ve Eh değerleri ölçümünde digital pH ölçüm cihazı (*) kullanılmıştır. Cihaz her ölçüm günü pH=4 ve 7 tampon çözeltileri ile kalibre edilmiştir.

3-1-4 Karbonat-bikarbonat tayinleri

Alkalilik, suyun proton alabilme kapasitesidir. Suyun alkaliliğini özellikle kapsamındaki karbonat, bikarbonat (HCO_3^-) ve hidroksil iyonları meydana getirir. Bu iyonlar arasındaki bağlantı ve iyon konsantrasyonları, sıcaklık, pH ve çözünmüş diğer katı maddelerin miktarına bağlıdır. Sudaki miktarları az olmakla beraber, borik asit, fosforik asit ve silikat asidi gibi organik bileşikler veya inorganik zayıf asitlerde suyun alkaliliğini etkiler.

(*) Chemtrix type 600 pH

Filtre edilmiş 50 ml su örneğine 0.1 ml fenolftalin indikatörü ilave edildikten sonra renk pembeleşirse beyaz zemin üzerinde 0.02N H₂SO₄ standart asit çözeltisi ile renk giderilinceye kadar titre edilerek fenolftalein alkalinitesi belirlenmiştir. Daha sonra örneğe 0.1ml metil oranj ilave edilerek rengin portakal sarısından tuğla kırmızısına döndüğü değere kadar asit ilave edilmiştir. Böylece suların toplam alkaliniteleri belirlendi. Fenolftalein alkalinitesi bulunmayan örneklerin toplam alkaliliğinin belirlenmesinde bromkrezol yeşil-metil kırmızısı karışımı indikatörde kullanılmıştır [26].

3-1-5 Yüzey gama ölçümleri

Yüzey gama ölçümleri toplam gama radyasyon ölçümleri şeklinde yapılmıştır. Doğal toprak ve kayalık üzerinde yapılan radyasyon ölçümleri bir bakıma yaya olarak yapılan radyometrik araştırmanın devamıdır. Bir izotropik gama detektörü arazide yatay ve düz yüzeylerde gözlem alanını en fazla π'lik bir açı içinde görebilir. Bu nedenle arazi yüzeyi düzensiz olduğunda gözlemin mümkün olduğu kadar π'lik bir açı içinde yapılabilmesi için gayret gösterilmiştir. Bu faktör sonuçların yorumunda güçlü bir etken olabilir.

Yüzey gama ölçümleri Büyük Menderes Nehri boyunca, nehrin denize döküldüğü yerden başlayarak her km'de bir uygulanmıştır. Arazi çalışmalarımızda 2 tür gama gözlem cihazı (*) kullanılmıştır. Bu cihazlardan birincisi sonuçları saniyede sayım (cps) diğeri ise saatte mikroröntgen (μR/h) olarak vermektedir. Ölçüm yapılacak sahada cihazlar örnekleme yerine yakın, sahanın genel özelliklerini taşıyan, yüzey çeşitli (*)Scintrex BGS-4 ve Ludlum μR meter

artıklardan temizlendikten sonra düz bir zemin üzerine koyulup, en az 30 saniye süresince göstergedeki değerler takip edilmiş ve ortalama bir değeri örnek noktasının yüzey gama ölçüm değerleri olarak kayıt edilmiştir. Eğer örnekleme yeri dik bir vadinin tabanında ise cihazlar mümkün olduğu kadar vadinin duvarına yaklaştırılarak ölçüm alınmıştır. Her ölçüm sonunda yüzey gama ölçüm cihazları ile çevre taranarak dikkate değer bir değişim olup olmadığı araştırılmıştır.

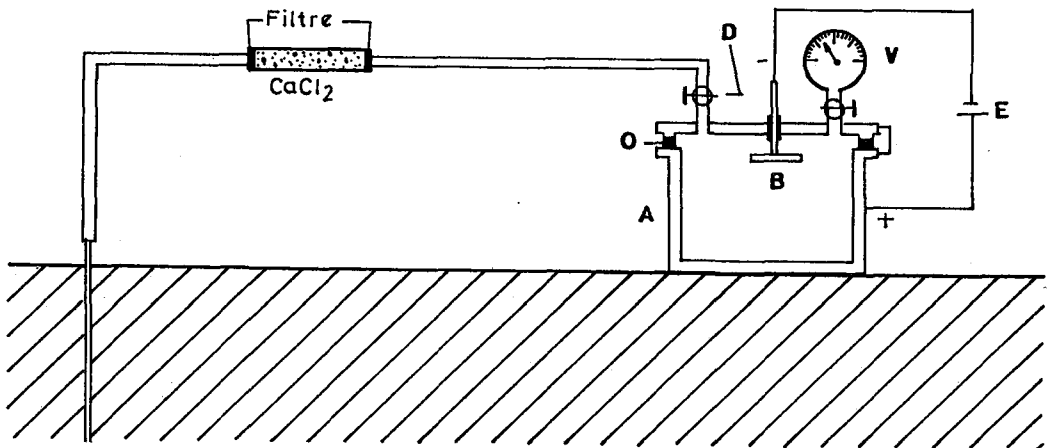
3-1-6 Radyometrik uranyum ölçümleri

Uranyum beta eşdeğer radyometrik değerinin elde edilmesi için arazi çalışmalarımızda Uranium Assayer (*) cihazı kullanılmıştır. Yüzeysel gama ölçümlerinin yapıldığı örnekleme noktaları ve şartlarında, yüzeyde detektörün sığacağı 5cm'lik bir çukur açılmış ve detektör bu çukura yerleştirilerek uranyum ölçümleri yapılmıştır. Ard arda iki okuma, yüzeye direkt olarak yerleştirilmiş detektör ve sayıcıyla elde edilmiştir. Detektörün alt kısmında yer alan alüminyum beta absorblayıcı levha çıkarılarak yüzeyden gelen beta+gama radyasyonlarının toplam aktiviteleri elde edilmiştir. İkinci ölçüm yüzeye detektör arasına alüminyum beta absorblayıcı levha yerleştirildikten sonra alınmıştır. Beta radyasyonu, hava ve alüminyum levhada hızla atenüasyona uğradığından, detektör önündeki beta radyasyonları alüminyum beta absorblayıcı levha tarafından tamamen tutulur. Fakat yüksek geçiciliğe sahip gama radyasyonu ve art ortam gama radyasyonları alüminyum levha tarafından tutulamaz. Böylece ikinci ölçüm yalnız toplam gama radyasyonunu gösterir. İki ölçüm için bu değer sabittir. Bu iki değer arasındaki fark direkt (*) DFS-320 Uranium Assayer

olarak detektörün önündeki yüzeyde bulunan Pa-234 ve K-40 izotopundan gelen beta radyasyonunu verir. Pa-234 izotopu, ölçülen çekirdeklerin dengesizlik problemini ortadan kaldıran 1.18 dakikalık bir yarı ömre sahiptir. Ölçüm süresi 128 sn olarak maksimum skala seçilmiştir. Saniyedeki beta sayımlarının değeri ölçüm noktasındaki uranyum konsantrasyonu ile orantılıdır.

3-1-7 Toprak gazı radon konsantrasyonu tayinleri

Toprak gazındaki radon konsantrasyon tayininde kullandığımız sistem Card [27] tarafından geliştirilmiş kollektör metodunun değişik şekilde bir uygulamasıdır [28]. Yöntemin temel prensibi, bir kap içersinde (kollektör odası) örneklenen toprak gazındaki radonun bozunumu ile oluşan radon ürünlerini, kollektör odası ve kollektör plakası arasına uygulanan bir elektrik alan vasıtasıyla, kollektör plakası yüzeyine toplanması ve toplanan ürünlerin toplam alfa aktivitesi ölçümüne dayanır [29]. Bu çalışmada kullandığımız toprak gazı ölçüm sisteminin basitleştirilmiş şeması şekil 2'de gösterilmiştir. Sistem genel



- | | |
|-------------------|-------------------|
| A: Örnekleme kabı | F: Aktarma borusu |
| B: Kollektör | O: Lastik conta |
| C: Kurutucu | V: Vakum ölçer |
| D: Hava musluğu | Y: Yalıtıcı |
| E: Güç kaynağı | |

Şekil 2- Toprak gazı örnekleme sistemi

olarak üç bileşenden ibarettir. a) 2826 cm hacimli (h=10 cm), paslanmaz çelikten silindirik şekilde yapılmış kollektör odası ve bundan bir PVC ile izole edilmiş şekilde ön yüzü iletken (bakır) arka yüzü yalıtkan olan 4.7 mm çaplı dairesel kollektör plakası. b) Özel tip bir çekiç kullanılarak toprağın 70 cm derinliğine kadar çakılabilen 2 cm çaplı 80 cm uzunluğunda, paslanmaz çelikten yapılmış toprak gazı probu. c) Yüksek voltaj kaynağı ve alfa sayım cihazından oluşan elektronik sistem.

Arazide yapılan toprak gazı radon tayinlerinde, temiz lenmiş kollektör plakası, ön yüzeyine değmeden yerine takılmıştır. Daha sonra kollektör odası bir el pompası yardımıyla vakum edilemiş ve tekrar normal normal hava ile doldurulmuştur. Bu işlem 3-5 kez tekrarlanarak kollektör odasının radon gazından temizlenmesi sağlanmıştır. Sonra kollektör kabı önceden belirlenmiş standart bir basınca kadar vakum edilerek kollektör odası toprak gazı örneklenmesine hazır hale getirilmiştir. Toprak delme aleti ve emme borusu kullanılarak toprakta 70 cm'lik bir delik açılmıştır. Bir kurutucu (CaCl_2) içeren emme borusu sisteme şekil 2'deki gibi bağlanmıştır. Başlangıçta kollektör odası giriş vanası yavaş yavaş açılarak toprak gazı toplanmaya başlanmıştır. Bu arada vakum göstergesi kontrol edilerek gaz toplama süresinin üç dakika olması sağlanmış ve bu sürenin bitiminde vana derhal kapatılarak ölçüme geçilmiştir. Radon ve ürünlerinin dengeye gelmesi için 4 saat süreyle bekletilmiş ve bu sürede kollektör odası pozitif, kollektör plakası negatif olmak üzere sisteme 600 VDC uygulanmıştır. Kullandığımız sistemde kollektör plakasının aktivitesi +200 voltta başlayan bir plato göstermekte ve +600 voltta optimum voltaja ulaşmaktadır. Ayrıca radon ürünlerinin toplanma miktarı

kollektör plakasının maddesinden bağımsız fakat yüzey alanına çok bağımlıdır [30]. Radonun bozunmasıyla oluşan ürünler voltajın etkisiyle kollektör plakasının ön yüzeyinde toplanır. Çünkü alfa parçacıklarının çekirdekten çıkışları sırasında yörünge elektronlarını götürmesinden dolayı radon bozunum ürünleri pozitif iyonlar olarak oluşur [31]. Bu süre sonunda 20 dakika süre ile kollektörde alfa sayımı yapılmıştır. Önceden hazırlanmış kalibrasyon katsayıları kullanılarak toprak gazı içindeki radon konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu sistemin çalıştırılmasında en fazla dikkat edilmesi gereken noktalar, toprak gazı toplama süresinin standart olarak her örnekleme için üç dakika olması, örnekleme işlemi sırasında sistemde herhangi bir kaçak olmaması ve voltajın sabit tutulmasıdır.

3-1-8 Su örnekleri toplanması

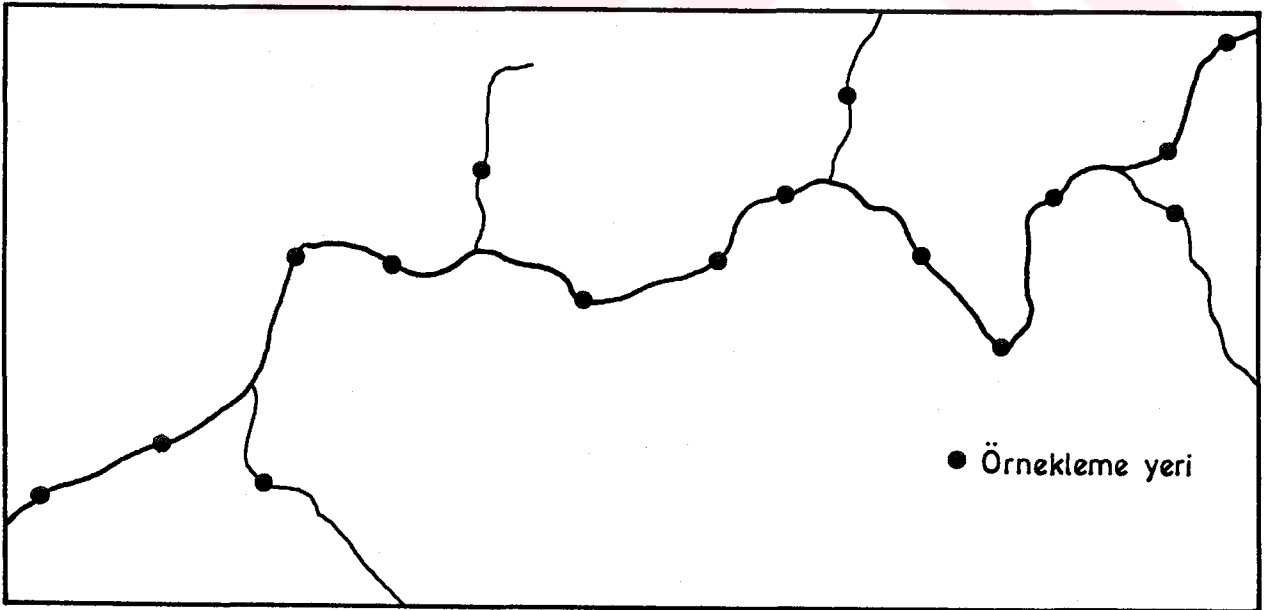
Su örnekleme için, bir litrelik vida kapaklı polietilen pet şişeleri kullanılmıştır. Her bir örnek şişesi kimyasal teknik ile yıkanmış, kurutulmuş ve ağızları kapatılıp numaralanmıştır.

Nehir boyunca seçilen örnekleme noktaları genellikle drenaj alanlarını temsil eden yerlerdir. Eğer bir nehrin ana koluna karışan bir yan kolu varsa, bu kolun ana kola karışım noktasının en az 100 m yukarisından hem ana ve hemde yan koldan örnekleme yapılmıştır. Böylece her birinin drenaj alanına ait bilgiler elde edilebilmiştir. Bir akarsu sisteminde ideal örnekleme yerleri şekil 3'de verilmiştir. Nehrin demir veya karayolu ile kesiştiği noktalarda yol ve araç kontaminasyonlarından kaçınmak için örnekleme noktaları, nehrin bu noktasının yukarisından seçilmiştir. Yüzey su örnekleme, nehir ve

derelerin merkezlerine yakın en yüksek akış hızına sahip ve su derinliğinin ortasından yapılmıştır [32]. Her bir su örneği alımı yapıldıktan sonra Whathman-40 marka filtre kağıdı kullanılarak süzöldükten sonra $\text{pH} \leq 1$ oluncaya kadar 1N HNO_3 asit ilavesi ile asitlendirilmiştir.

3-1-9 Toprak ve sediment örnekleri toplanması

Toprak ve sediment örneklerinin toplanması, su örneklemleri ile beraber yapılmıştır. Nehirsel ortam ve özellikleri dikkate alınarak, birkaç metre arayla sediment birikiminin yeni olduğu kısımların en az üç farklı noktasından sediment alımları yapılmıştır. Bir menderesin iç ve dış kısımlarındaki sedimentlerin uranyum içeriği fazla değişmemekle beraber, kil tane ara-



Şekil 3 Bir akarsu sisteminde ideal örnekleme yerleri

lığında menderesin dış kısmında uranyumun daha fazla yığılmakta olduğu belirlenmiş olduğundan [33], sediment örneklemelelerinde bu özellik gözönüne alınmıştır. Toplanan sediment örneklerindeki yabancı maddeler ayıklandıktan ve suları süzöldükten sonra önceden etiketlenmiş naylon torbalara konmuştur. Her bir örnekleme noktasından mümkün olduğunca ince taneli materyallerden en az 2 kg'lık sediment örneklemeleleri yapılmıştır. Bu örneklerin ilk kurutmaları, arazide kurulan istasyonlarda normal hava koşulları altında dış etkenlerden korunarak yapılmıştır.

Örnekleme yapıldığı zamanlarda kuru olan dere yataklarında yapılan kuru sediment alımları için önce akarsuyun esas akış yerinin tesbiti yapılmış ve rüzgar gibi etkilerle kuru dere yatağında birikmiş olan materyallerden temizlendikten sonra örneklemeleleri yapılmıştır.

Toprak örnekleme işlemleri de, su ve sediment alımlarının yapıldığı noktalarda, nehrin kenarlarından ortalama 100 m uzaklıkta ve toprak yüzeyinden 10 cm derinliğe inilerek yapılmıştır. Örnekleme yeri, çevrenin özelliklerini en iyi şekilde temsil eden kısımlardan seçilmiştir. Ayrıca örnekleme yapılırken rastlanan bitki ve kök artıkları gibi biyolojik kalıntılar ayrılmış ve örneğe sokulmamıştır. Örneklemelelerde yalnız toprak almaya dikkat edilerek her boyda çakıl ve taşlar örnek dışı bırakılmıştır. Toprak örneklemeleleri, radyoaktivite sayımları ve kimyasal analizlere yetecek miktarda (1.5-2 kg) alınmıştır. Örnekler önceden etiketlenmiş temiz naylon torbalara konmuştur.

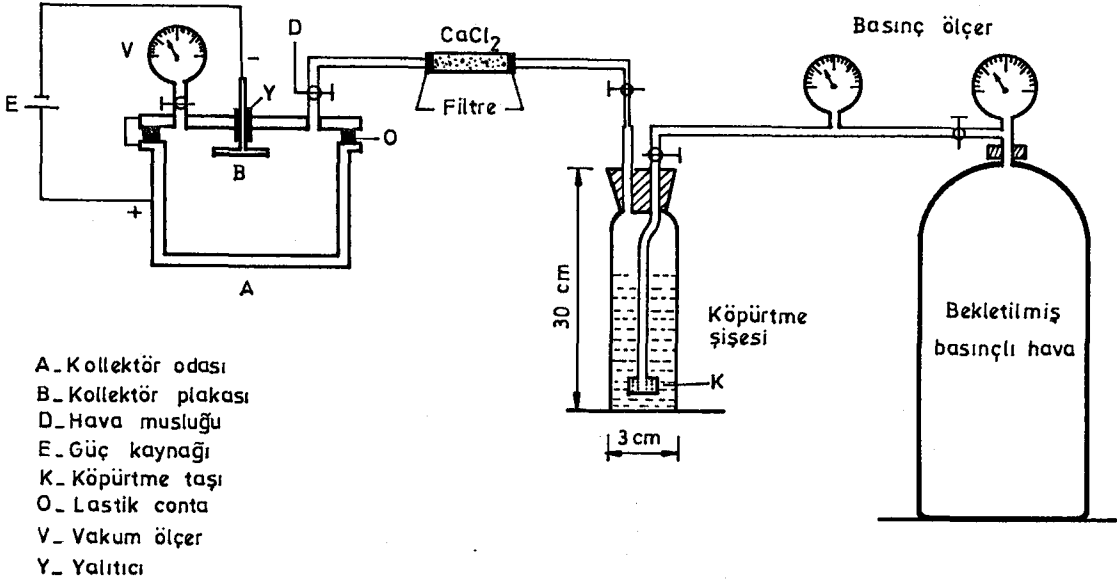
Arazi çalışmaları süresince her örnekleme noktasına ait ölçüm ve çevre özellikleri liste halinde not edilmiştir. Bu amaç için hazırladığımız arazi veri çizelgesi örnekli olarak tablo 3'de verilmiştir.

3-2 Laboratuvar Çalışmaları

3-2-1 Toprak ve sediment örneklerinde radyum tayini

Toprak ve sediment örneklerinde Ra-226 konsantrasyonu tayinlerinde, radon kollektör ve radon emanasyon metodları olmak üzere iki yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerin her ikisi de örneklerdeki radyumdan oluşan radon ürünlerinin alfa aktiviteleri sayımından hareketle radyum tayinine dayalıdır.

Radon kollektör metodunun basitleştirilmiş şeması şekil 4'de verilmiştir. Bu metodla toprak ve sedimentlerdeki radyum konsantrasyonlarını belirlemek için, örnekler kurutulup öğütüldükten sonra analitik bir elekten (-270 Mesh) geçirilmiştir. Organik maddeleri yok etmek için örnekler 500°C'de yakılmıştır. Deneyler, yöntemin önceden belirlenmiş optimum koşullarında yapılmıştır [34]. Herbir örnek 10 gr tartılarak köpürtme şişelerine yerleştirilmiştir. Örneğin üzerine 10 ml 1N HCl ve 90 ml deiyonize su ilave edilmiştir. Bu şekilde örnek tanecik-



Şekil 4 Basitleştirilmiş Radon kollektör sistemi

leri asitle çözülmüş ve araları sıvı ile doldurularak genişletilmiş duruma getirilmiştir. Ayrıca bir miktar radyum sıvıya geçer. Örnek ve sıvıdaki radyumun bozunmasından oluşan radon gazı tüpün üst boşluğunda toplanır. Hazırlanmış köpürtme şişeleri 20-30 dakika süre bekletilmiş yaşlı ve basınçlı hava ile köpürtülmüştür. Böylece şişe içinde varolan radonun ve asit ile örnek arasındaki kimyasal reaksiyon sonucu oluşmuş gazların ortandan uzaklaştırılması sağlanmıştır. Şişeler vakum edilerek giriş ve çıkış muslukları kapatılmıştır. Köpürtme şişesi içinde radon gazının üremesi için 7 gün bekletilmiştir. Bu süre içinde radyum ile radon gazı arasında zamansal denge kesri % 72 olur. Ölçümlerde bu kesre göre doğrultma yapılmıştır. Bekletme süresi sonunda köpürtme şişesinin giriş ucu yaşlı ve basınçlı hava tüpüne, çıkış ucu da bir kurutucu (CaCl_2) ve filtre içeren aktarma borusu yardımı ile hazırlanmış kollektör odası girişine bağlanmıştır. Kollektör odası silindirik şekilde 2826 cm hacimli ($h=9$ cm, $r=10$ cm) paslanmaz çelikten yapılmış ve kendisinden yalıtılmış, önyüzü iletken arka yüzü yalıtkan dairesel 4.7 cm çaplı kollektör plakasından oluşur.

Köpürtme şişesinin önce giriş sonra çıkış ve daha sonra kollektör odasının giriş muslukları açılmıştır. Bir basınç ölçer yardımıyla bekletilmiş basınçlı hava tüpünden uygun hızla hava verilerek köpürtme şişesinde oluşmuş radon gazları üç dakikada kollektör odasına aktarılmıştır. Kollektör odasının çıkış ucunda bulunan bir vakum ölçer yardımıyla da kollektör odasına giren havanın sabit hızda olması kontrol edilmiştir. Aktarma işleminin tamamlanmasından sonra kollektör negatif ve kollektör odası pozitif olmak üzere 600 VDC uygulanmıştır. Bu voltaj, kollektör odası içinde radon ve ürünlerinin dengeye gel-

mesi için gerekli olan 4 saat süresince uygulanmıştır. Böylece radon gazlarının bozunmasından oluşan radon ürünleri kollektör odası içersindeki elektrik alanının etkisiyle kollektör plakasında toplanmıştır. Kollektör plakası yerinden çıkarılarak alfa detektörlü cihazla (*) 20 dak süreyle sayımları yapılmıştır. Standart örneklerin sayımlarından elde edilen kalibrasyon katsayısı kullanılarak örnek içersindeki radyum belirlenmiştir.

Radon emanasyon yöntemi, radon gazını vakum edilmiş bir hacimde üretme tekniğidir. Bu yöntem de örnekler, radon kollektör yöntemindeki gibi hazırlanmış, öğütülmüş ve -270 Mesh eleklerde elenerek ve 100'er gram ağırlığında tartılarak hazırlanmış kollektör odalarına homojen dağılımlı olacak şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra kollektör odası 160 mm civa basınca kadar vakumlanarak oda içersinde kalan havanın hacmi 0.595 l ve boşaltılan hava 2.231 l olmuştur. Böylece radon gazının pozitif yüklü bozunma ürünlerini kollektör plakası üzerinde toplamak için ve uygulanan elektrik alanın içersinde yönlenirken havadaki atom ve elektronlarla çarpışarak nötr duruma geçmesi, vakumlama oranına paralel olarak engellenmiştir. Örnekler radonun üremesi için 7 gün bekletilmiştir. Bu sırada denge %72 olur. Bekletmenin bitiminde kollektör negatif ve kollektör odası pozitif olarak 600V DC voltaj, radonla ürünlerinin dengeye gelme süresi olan 4 saat süreyle uygulanmıştır. Bu süre sonunda kollektör odası açılarak kollektör plakası yerinden çıkarılmış ve ölçümler birinci yöntemde açıklandığı gibi yapılmıştır. Standart toprakların sayımlarından elde edilen kalibrasyon katsayıları kullanılarak örneklerdeki radyum aktiviteleri hesaplanmıştır.

(*) Eberline Model SAC-4

3-2-2 Dört kanallı analizör ile ölçümler

Uranyum keşif çalışmalarında en önemli yöntemlerden biri, uranyum radyoaktif bozunma serisindeki elementlerin gama ışını yayınları üzerinde analitik bir gözlem yapmak ve ürün tayininden uranyum konsantrasyonuna gidebilmektir. Yarı ömrü çok uzun ve doğadaki konsantrasyonu çok düşük olan uranyum, radyometrik olarak doğrudan tayini zordur. Radyuma kadar olan ilk ürünleri arasında yer alan elementlerin ya çıkardıkları radyasyon enerjileri veya intensiteleri çok düşük ya da yarı ömürleri çok uzundur. Bu nedenlerle uranyum serisi içersindeki radyometrik ölçümler genellikle radyum ürünleri olanelementlerdir. Radyumdan yayınlanan gama radyasyonu oldukça zayıftır. Fakat sonra gelen ürünlerinin hepsinin yarı ömürleri kısa yani aktiviteleri yüksektir. Bunlar arasında Bizmut-214 radyoaktif elementinin yayınladığı gama radyasyon enerjisi yüksektir (1.76 MeV). Bu nedenle gama spektrometride uranyum ölçümü için en uygun radyoaktif element Bizmut-214'tür.

Toprak ve sediment örneklerinin gama sayım yöntemi ile analizlerinde, gama radyasyonu sayımları dört ayrı enerji aralığında yapılmıştır. Labaratuvarında yaptığımız gama spektrometri ile U, Th ve K konsantrasyonu tayin işlemlerine, araziden toplanan toprak ve sediment örneklerinin kurutulması işlemleriyle başlanmıştır. Daha sonra örnekler öğütülmüş ve 100 gram ağırlığında tartılmıştır. 57mm çapında ve 44mm yüksekliğindeki silindirik plastik kutulara yerleştirilmiştir. Örneklerin birleşimindeki radyumdan radonun oluşması ve %100 zamansal dengeye gelmesi için 40 gün bekletilmiştir. Oluşan radon gazının kutu içinden kaçmasını önlemek için kutu kapakları kapatılmıştır.

Çalışmalarımızda kullanılan 5 cm kalınlığında kurşun kuyu içine yerleştirilen 358 cm NaI(Tl) kristalli sintillasyon detektör ve buna bağlı olan dört kanallı analizörün (*) ilk üç kanal enerji aralıkları toryum için Tl-208, uranyum için Bi-214 ve potasyum için K-40 enerjilerine göre ayarlıdır. Kullanılan enerjiler ve enerji aralıkları tablo 4'de verilmiştir. Ancak yüksek enerjili gamaların ölçülerinde, toryum spektrumlarında uranyum pik enerjisi üzerinde görülen gamalar uranyum ve potasyum pik enerjisi üzerinde görülen gamalar potasyumun enerji pencerelerine ve uranyum spektrumlarında potasyum pik enerjisi üzerinde görülen gamalar potasyum enerji penceresine girişim yapar. Bu girişimlerin etkisini azaltmak ve gerçek sayımları elde etmek için hesaplamalarda sıyırma faktörleri kullanılmıştır. Uranyum, toryum ve potasyum standard kaynakları kullanılarak her standartın kendi kanalında verdiği sayımlardan duyarlılık faktörleri hesaplanmıştır [35]. Doğal örnekler bu üç radyoaktif element ve ürünlerini değişik oranlarda içerdiklerinden gama spektrometri yönteminde Th, U ve K spektrumlarının bir bileşeniyle ilgilenilir. Örneklerin e_{Th} , e_U ve % K kon-santrasyonları belirlenirken sıyırma faktörleri, standard kaynakların kanallardaki sayımlarından hesaplanmıştır [35]. Laboratuvar çalışmalarımızda standard Th, U ve K kaynakları kullanılarak belirlenen ve sayımlara uygulanan duyarlılık faktör değerleri $k_1=2.76 \times 10^{-3}$ cps/Th(ppm), $k_2=1.91 \times 10^{-3}$ cps/U(ppm), $k_3=1.68 \times 10^{-2}$ cps/%K ve sıyırma faktörleri $a=0.540$, $b=0.498$ ve $c=1.033$ sabitleridir.

(*) Scintrex-GAD6

Tablo 4 Gama Spektrometri sisteminin özellikleri

Kanal	Gama Enerjisi MeV	Başlangıç Enerjisi MeV	Pencere Genişliği MeV	Enerji Aralığı MeV
T C	T. Sayım	0.800	1.970	0.80 - 2.77
K-40	1.460	1.380	0.180	1.38 - 1.56
U-238	1.760	1.660	0.240	1.66 - 1.90
Th-232	2.615	2.440	0.330	2.44 - 2.77

3-2-3 Tek kanallı analizör ile ölçümler

Toprak ve sediment örneklerinin radyoaktivite ölçümlerinde ayrı bir yöntem olarak, tek kanallı analizör (*) ve buna bağlı 5.08cm x 5.08cm boyutunda NaI(Tl) gama sintillatör dedektörü kullanılmıştır. Bu analizörün tek kanal enerji aralığı, toplam gama radyasyon enerjilerinin tamamını kapsayacak şekilde 0.40-3.00 MeV aralığında kalibre edilmiştir. Dedektör 7.5 cm kalınlığında ve silindir şeklinde kurşun koruyucu içine yerleştirilmiştir. Bu yöntemde daha önceki bölümde anlatılan dört kanallı analizör ile yapılan ölçümler için hazırlanan örnekleme kutuları kullanılmıştır. Böylece toprak ve sedimentlerdeki toplam gama sayımları cpm/gr olarak elde edilmiştir.

(*) Ortec

3-2-4 Toplam beta ölçümleri

Toplam beta radyasyonları U-238, U-235 ve Th-232 radyoaktif elementleri bozunma ürünleri ve K-40 izotopu tarafından yayınlanan betaların toplamına karşılık gelmektedir. Bu ölçümler antikoincidans elektronik devreli ve koruyucu tüplü G-M sayacı (*) kullanılarak yapılmıştır.

Toprak ve sediment örneklerinin, toplam beta radyasyon ölçümlerinde kullanılan optimum örnek miktarı, 0.1-1.0 gram aralığında hazırlanan KCl standartlarının beta sayımları ile araştırılmıştır. En verimli sayımlar 0.5 gr miktarda gerçekleştirilebileceği belirlenmiştir. Örneklerin toplam beta aktivitelerini belirlemek için, kurutulup öğütülmüş örnekler 44 mikron tane boyutunda elenmiştir [36]. Örnekler 0.5 gram miktarlarda tartılarak çelik planşetlere yerleştirilerek üzerlerine bir miktar alkol ilave edilmiştir. Böylece örnek yüzeylerinin düzgünlüğü sağlanmıştır. Örnek yerine yerleştirilen planşetlerdeki beta sayımları 90 dakika süre ile yapılmıştır. Aynı sürede alınan art ortam sayımları çıkartılarak örneklerin toplam beta sayımları bulunmuş ve verim faktörü kullanılarak aktiviteler pCi/gr olarak tayin edilmiştir.

3-2-5 Asidik liçing yöntemi ile uranyum tayinleri

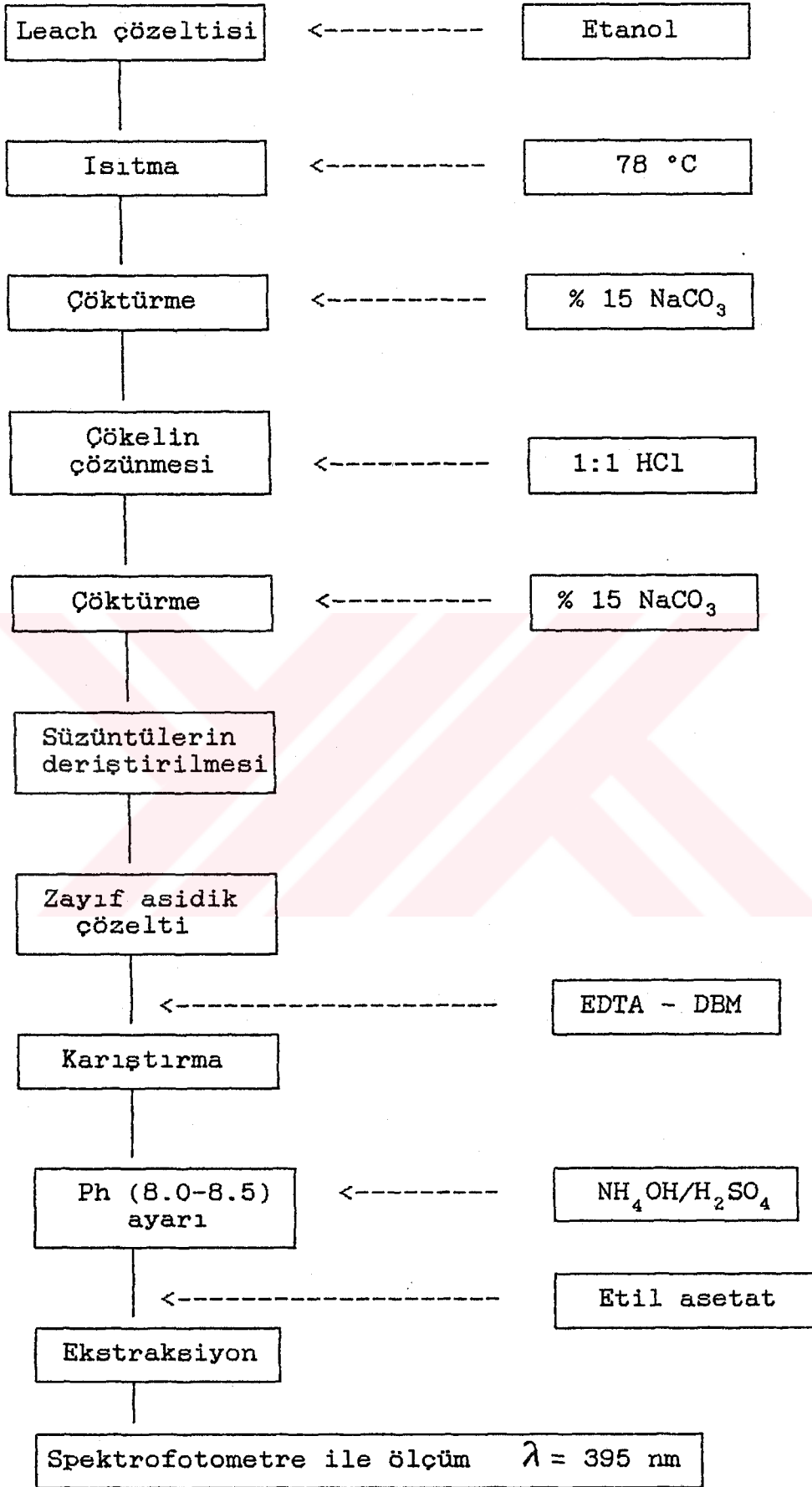
Kimyasal dibenzoyil metan metodunun esası, toprak ve sediment örnekleri içinde değişik konsantrasyonlarda bulunan uranyumun asidik bir liçing işlemiyle başlar. Çözeltiye organik bileşenlerin ilavesiyle uranyum organik faza geçirilir. Daha sonra organik fazda toplanan uranyum konsantrasyonu spektrofotometre cihazında tayin edilir. Bu yöntemde örneklerdeki uranyumun (*) Noratom 4180

tamamı çözeltiliye geçirilememektedir. Bu çalışmada en uygun deneysel parametreler araştırılarak optimum uranyum özütleme % 54.3 olarak başarılmıştır. Optimum liçing koşullarında elde edilen asidik çözeltide uranyum konsantrasyonu dibenzoil metan (DBM) reaktifi kullanılarak saptanmıştır [37,38]. 80 Mesh'de öğütülmüş örneklerin 100 gramı 2 lt'lik cam beherlere konarak 70°C'da termostatlı su banyosu içinde 8 saat süreyle belirli asit ve oksidant ilaveleri ile 1/4 katı/sıvı oranında liçing işlemi uygulanmıştır. Çözeltilerdeki uranyum konsantrasyonu şekil 5'de verilen akış şeması takibi ile tayin edilmiştir.

3-2-6 Su örneklerinin uranyum analizi

Arazi çalışmaları sırasında toplanan su örneklerinde uranyum konsantrasyonlarını tayin etmek için laser florimetrik analizörü (*) kullanılmıştır. Bu cihazda, azot laseri ile elde edilen ultraviyole uyarımı altındaki uranil tuzları tarafından yayınlanan yeşil lüminesans ışınları uygun bir fotodetektör ile ölçülmektedir. Yayınlanan spektrum 494, 516 ve 540 nm'lerde yer alan üç pik ile karakteristiktir. Analitik işlemlerde, su örneklerinde bulunan çeşitli uranil türlerinin yüksek lüminesans verimine sahip tek bir şekle dönüştürmek için tamponlanmış inorganik kompleks yapıcı bir belirteç olan ticari isimli FLURAN ilave edilmiştir [39]. Doğal su, 337 nm dalga boyundaki azot laser radyasyonu uyarılması ile maksimum şiddeti 400 nm olan şiddetli bir fluoresans gösterdiğinden dolayı, bu radyasyonu uranyum fluoresansından izole etmek için yeşil filtre kullanılmıştır. Sistemin alt deteksiyon limiti 0.05 ppb ve ölçüm doğruluğu 1 ppb'den yukarı \pm % 15'tir [40,41].

(*) Sintrex UA-3



Şekil 5 Dibenzoyl metan (DBM) metodu'nun akış şeması

3-2-7 Su örneklerinin radyum analizi

Su örneklerindeki radyum konsantrasyonları, toprak ve sediment örneklerindeki radyum konsantrasyonlarını belirlemede kullanılan radon kollektör metodu kullanılarak belirlenmiştir. Su örneklerinin 100 ml'si köpürtme şişelerine direkt olarak aktarılmıştır. Örneklerdeki radyumun bozunmasından oluşan radon gazı tüpün üst boşluğunda toplanır.

Başlangıçta hazırlanmış köpürtme şişeleri 20-30 dakika süreyle yaşlı ve basınçlı hava ile köpürtülmüştür. Böylece şişe içersindeki suda bulunabilecek radon gazı ortamdan dışarı atılmıştır. Daha sonra tüp kapatılmış ve köpürtme şişesi içinde radon ve ürünlerinin üremesi için vakumlu olarak yedi gün bekletilmiştir. Bekletme süresi sonunda ölçümler önceki bölümde anlatıldığı gibi yapılmıştır. Bu ölçümlerde de kollektör plakası üzerinde toplanan radon ürünlerinin alfa aktivite sayımları alfa sayım cihazı (*) kullanılarak 20 dakika süre ile yapılmıştır [42]. Kalibrasyon tayini için radyum standartları 1, 2.5, 5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20 ve 25 pCi/100 ml olarak hazırlanmış ve bu standard radyum-226 solüsyonları kalibrasyon katsayısının saptanmasında kullanılmıştır. Standart radyum solüsyonları sayımlarından elde edilen kalibrasyon katsayısı (0.344 cpm/pCi/lt) kullanılarak su örnekleri içersindeki radyum konsantrasyonları belirlenmiştir.

(*) Eberline Model SAC-4

4 DENEYSEL SONUÇLAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hidrojeokimyasal ve jeokimyasal yöntemler kullanılarak Büyük Menderes Nehri, denize döküldüğü noktadan başlanıp yukarıya doğru doğduğu yer olan Dinar (Afyon) ilçesine kadar 1988-1989 yıllarında araştırılmıştır. Bu bölümde, arazi çalışmaları sırasında yaptığımız ölçümler ve toplanan toprak, sediment ve su örnekleri üzerinde E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü laboratuvarlarında yapılan deneysel sonuçlar üzerinde durulacaktır. Sonuçlar grafiksel olarak gösterilirken, örnek sayısının çok olması nedeniyle ard arda gelen üç örneğin ortalaması alınmıştır.

4-1 Arazi Çalışmaları

4-1-1 Hava sıcaklık ölçüm sonuçları

Büyük Menderes Nehri boyunca her kilometrede bir ölçüm olmak üzere, 486 örnekleme noktasında hava sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerin standardizasyonunu sağlamak için çalışmalarımızda özdeş termometreler kullanılmıştır. Özellikle hava sıcaklığı, toprak gazı radon ve yüzey gama ölçümlerinde bir faktördür. Ölçülen hava sıcaklıkları maksimum 29°C, minimum 23°C ve ortalama 26.41°C olarak elde edilmiştir. Yapılan frekans dağılımından, ölçümlerin yapıldığı dönemlerde en fazla hava sıcaklık dağılımı 27°C olarak çıkmıştır. Çalışma dönemlerindeki hava sıcaklık değerlerinde ölçüm sonuçlarını etkileyecek bir değişim gözlenmemiştir.

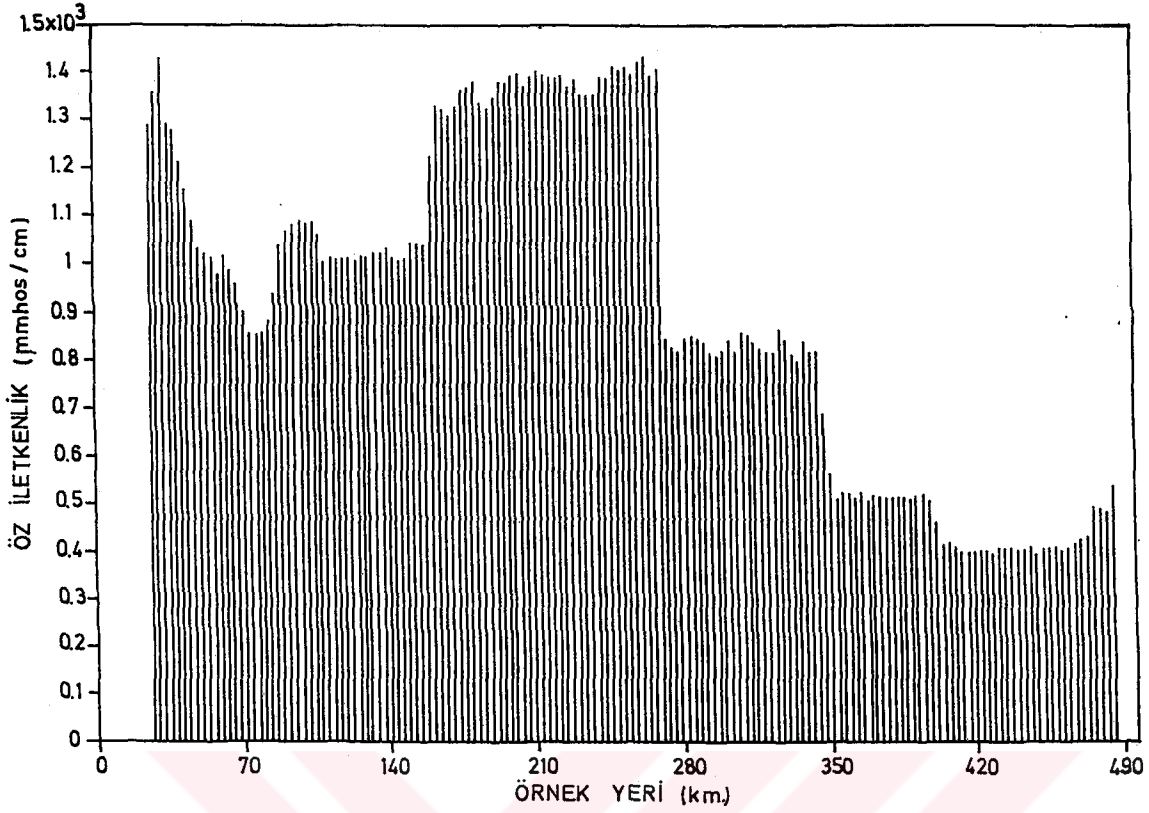
4-1-2 Su sıcaklık ölçüm sonuçları

Büyük Menderes Nehrinin su sıcaklık değerleri ölçümleri, hava sıcaklık ölçümlerinin yapıldığı noktalarda, su akış hızının en fazla olduğu nehir ortasında yapılmıştır. Su sıcaklığına bağlı olarak suların oksijen miktarı ve çözgenliği değişim gösterir. Dolayısıyla pH, Eh ve iletkenlik değerleri değişir. Bu ölçümler için kullanılan cihazlar su sıcaklığına göre kalibre edilmiştir. Su sıcaklık ölçümleri için tek tip termometreler kullanılarak nehir suyu akışının en fazla olduğu yerde ölçülmüştür.

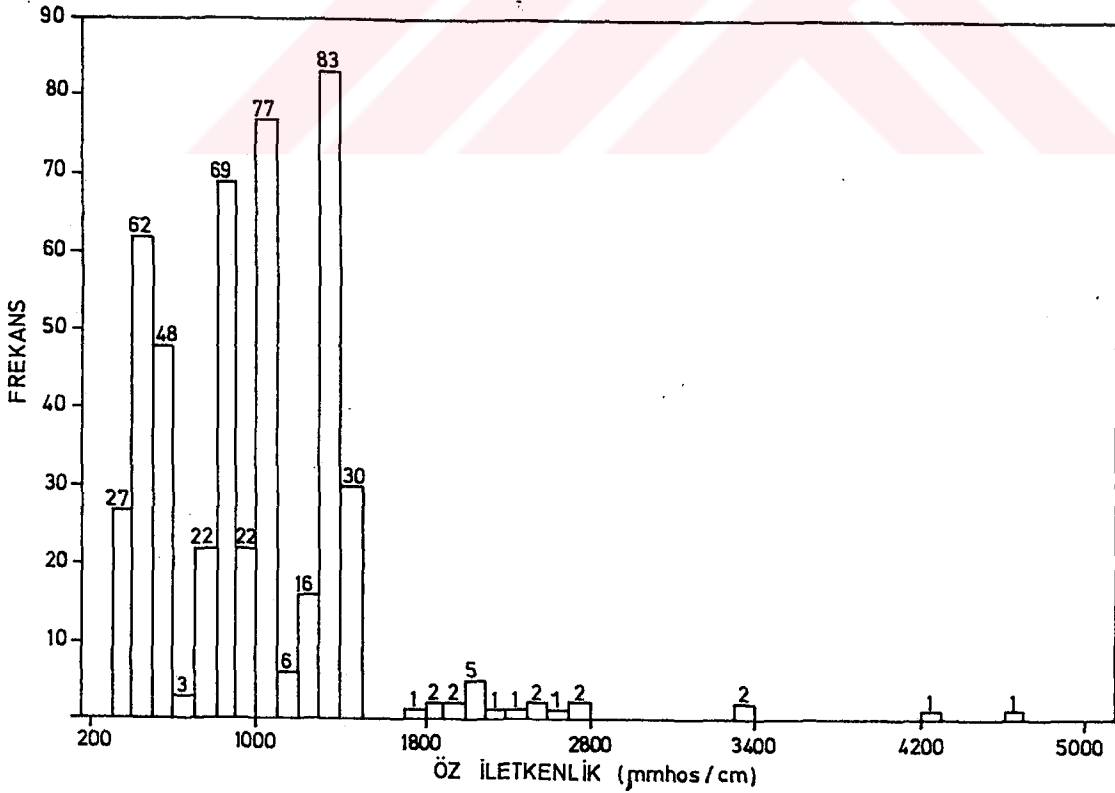
Aşağı bölgelerdeki su sıcaklık değerleri diğer bölgelerdeki ölçüm sonuçlarından yüksektir. Bu yüksek bölge, nehrin Söke regülatörü ile denize döküldüğü nokta arasında yer almaktadır. Regülatörde, nehir suyunun sulama amaçlı tutulmasından dolayı, aşağı bölgelerde su seviyesi ve debisi düşük olmakta, böylece nehir suyunun ısınması meydana gelmektedir. Regülatörün su birikintisi oluşturduğu kısımlardada bu sıcaklık yüksekliği devam etmektedir. Nehrin daha sonraki bölümlerinde fazla bir değişiklik gözlenmemiştir. Nehir boyunca gözlenen 2-3°C'lik fark, bu noktalarda nehrin yavaş bir akış göstermesinden kaynaklanmaktadır. Ölçümlerde minimum su sıcaklıkları, nehrin doğduğu birbirine yakın iki kaynaktan gözlenmiştir. Genel olarak nehrin su sıcaklığı 19-23 °C arasında değişmektedir. Ve maksimum 29 °C, minimum 14 °C ve ortalama 21.28 °C olarak ölçülmüştür.

4-1-3 İletkenlik ölçüm sonuçları

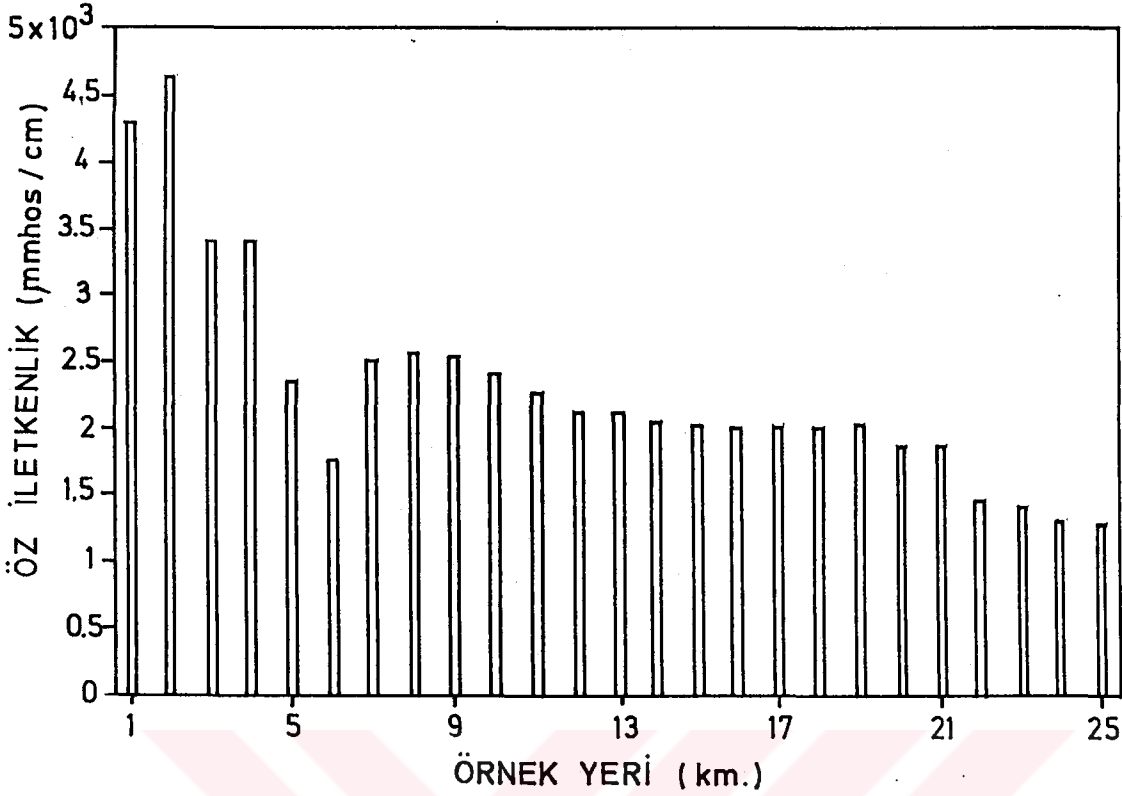
Hava ve su sıcaklık ölçümlerinin yapıldığı örnekleme noktalarında iletkenlik ölçüm cihazı kullanılarak nehir suyunun öz iletkenlik değerleri ölçülmüştür. İletkenlik direkt olarak toplam iyon konsantrasyonu ile ilişkili ve yaklaşık olarak çözünmüş katı miktarı ile doğru orantılıdır [43]. Nehir boyunca ölçülen suların öz iletkenlik değerleri şekil 6'da verilmiştir. İlk 25'inci örnekleme noktasına kadar olan bölgede ölçülen öz iletkenlik değerleri, bölgenin denize yakın olmasıyla iyon karışımı ve tuzluluk oranının fazla olmasından dolayı yüksek bulunmuştur. Bu bölgenin öz iletkenlik değerleri şekil 8'de ayrıca verilmiştir. 70-160'inci örnekleme yerleri arasında yapılan öz iletkenlik ölçüm değerleri fazla değişim göstermemiştir. Nehrin 160-270'inci örnekleme yerleri arasında ölçülen öziletkenlik değerleri yüksek bulunmuştur. Burada nehir suyu oldukça az ve akış hızı yavaştır. Bu örnekleme noktasından sonra nehir yatağına sulama amaçlı olarak bırakılan su nedeni ile öz iletkenlik azalmaktadır. 350'inci örnekleme noktasından sonra nehir dağlık bir bölgeye girmekte, akış hızı artmakta ve öz iletkenlik değerlerinde fazla bir değişiklik olmamaktadır. Nehrin doğduğu bölgede ise çok az olarak artmaktadır. Nehir akıntı suları öz iletkenlik değerlerinin frekans dağılımı şekil 9'da verilmiştir. 486 nehir akıntı su örneği ölçümü sonucu maksimum 4650 $\mu\text{hos/cm}$, minimum 390 $\mu\text{hos/cm}$ ve ortalama olarak 982.42 $\mu\text{hos/cm}$ öz iletkenlik değerleri elde edilmiştir.



Şekil 6 B. M. Nehri akıntı suları öz iletkenlik değerleri



Şekil 7 B. M. Nehri öz iletkenlik değerleri frekans dağılımı



Şekil 8 B. M. Nehri akıntı suları öz iletkenlik değerleri

4-1-4 pH ölçüm sonuçları

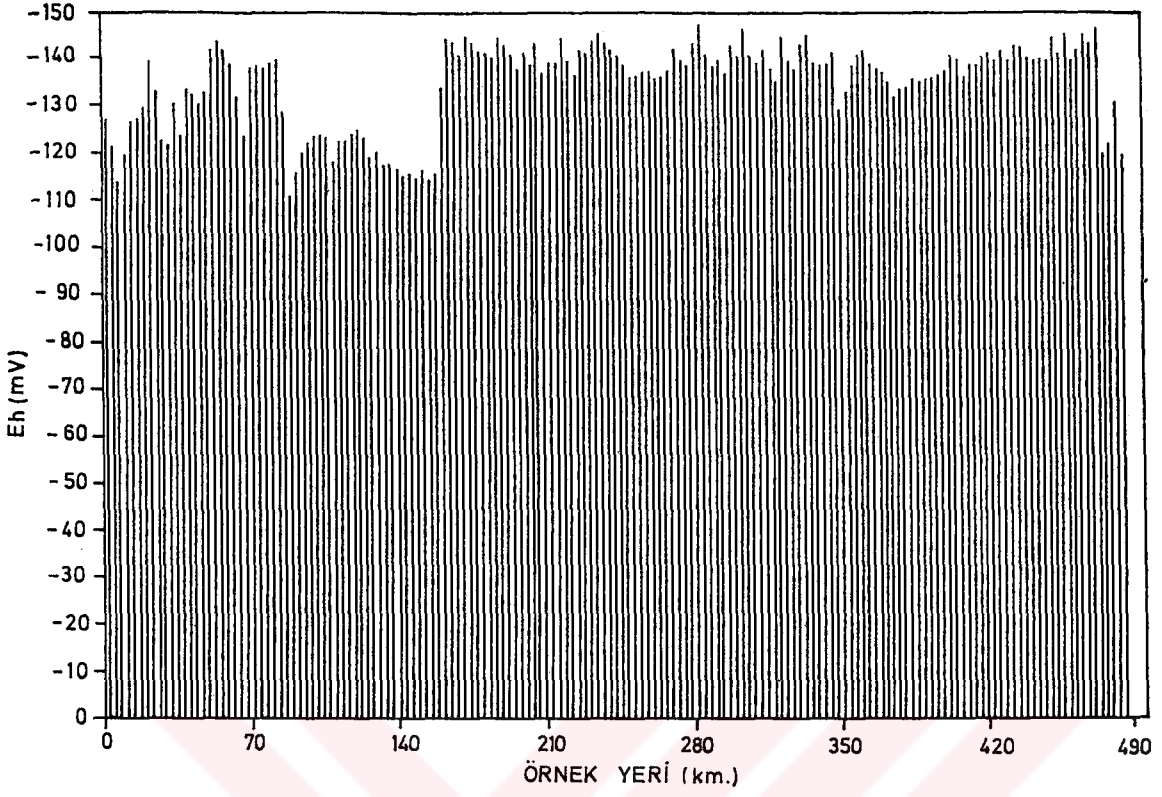
Uranyumun çözünürlüğü, pH baskınlığı ile kontrol edilir. Uranyum ile kontaktaki yüzey sularında bulunan uranyum düzeyine ve katılar üzerine adsorpsiyona etki eder [44]. Nehrin ortasına yakın ve su akış hızının en fazla olduğu yerlerden alınarak toplanan su örneklerinin pH değerleri filtre edildikten sonra ölçülmüştür. Büyük Menderes Nehri boyunca 486 örnekleme noktasında yapılan ölçümler sonucunda, nehir akıntı suyu pH değerleri arasında fazla bir değişim gözlenmemiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, maksimum pH=8.74, minimum pH=7.24, ortalama pH=8.02 olarak tayin edilmiştir. Genel olarak nehir akıntı sularının pH değerleri 7.8-8.02 aralığında değişim göstermektedir.

4-1-5 Eh ölçüm sonuçları

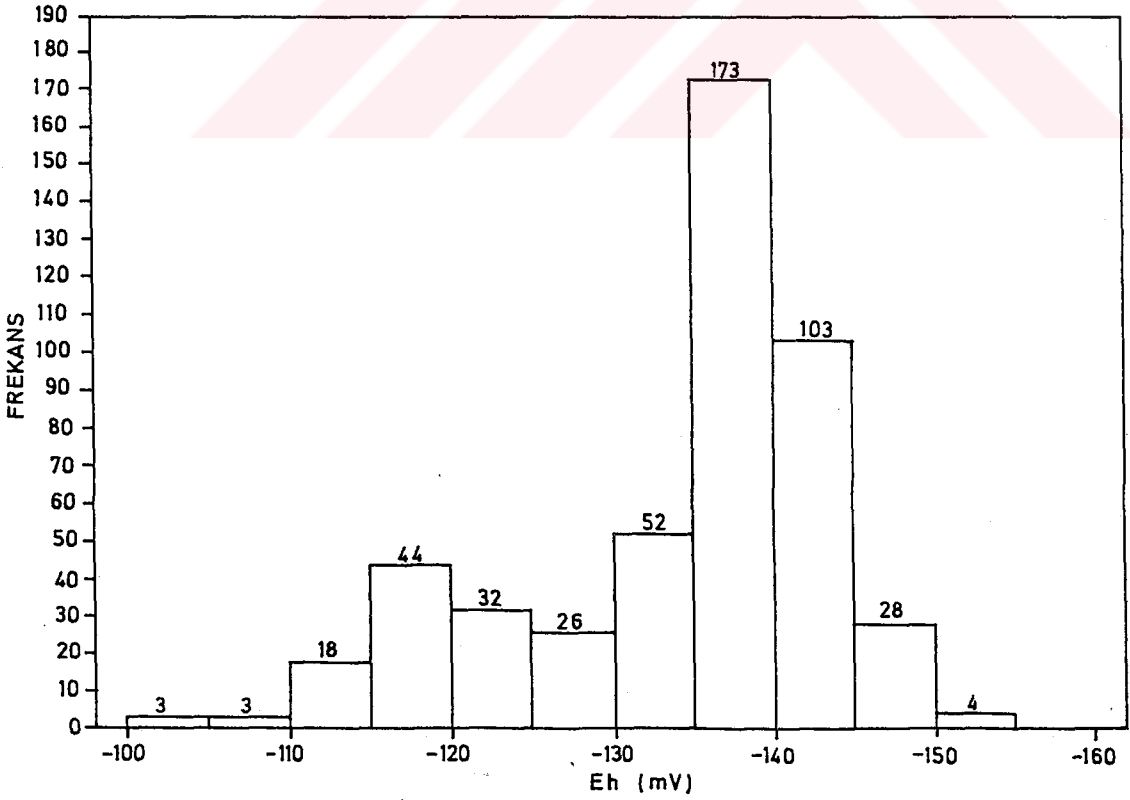
Sularda uranyumun çözünürlüğüne, adsorpsiyonuna ve konsantrasyon düzeyine etki eden [14,17] suyun redoks potansiyelleri(Eh) Büyük Menderes Nehri boyunca nehir akıntı sularında ölçülmüştür. 486 örnekleme noktasında elde edilen Eh değerleri şekil 9'da verilmiştir. pH ölçümleri için hazırlanan su örnekleri bu ölçümler içinde kullanılmıştır. 1988 yılı arazi çalışmaları döneminde, nehrin Söke regülatörü ile denize döküldüğü noktalar arasında ölçülen Eh değerleri, Söke regülatörü ile 160'ıncı örnekleme noktasına kadar ölçülen Eh değerlerinden biraz düşük çıkmıştır. 1989 yılı arazi çalışmaları döneminde, nehir akıntı sularının Eh değerleri arasında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ancak nehrin doğduğu kaynak ve yakınlarında çok az bir yükseliş kaydedilmiştir. Nehir boyunca ölçülen nehir akıntı suyu Eh değerlerinin frekans dağılımı şekil 10'da verilmiştir. Genel olarak nehir suyu Eh değerleri -130 mV ile -150 mV arasında değişmektedir. Maksimum -103 mV, minimum -152 mV ve ortalama -134.71 mV olarak elde edilmiştir.

4-1-6 Karbonat bikarbonat tayin sonuçları

Suyun içeriğinde bulunan karbonat, bikarbonat ve hidroksil iyonları suyun alkaliliğini veya alkalinitesini meydana getirir. Sudaki uranyum alkali ve toprak alkaliyle ilişkilidir. Özellikle CO₂ iyonlarıyla ilişkili olan kalsiyumlu durumda uranyumun çözünürlüğüne etkisi çok büyüktür [45]. Nehir akıntı suları, nehrin ortasına yakın ve akış hızının en yüksek olduğu örnekleme noktalarından toplanmıştır. Bu örnekler arazide kurulan istasyonlarda filtre edilmiş ve sonra değişik indikatörler kullanılarak içerdiği toplam alkalinite konsantrasyonları, tit-



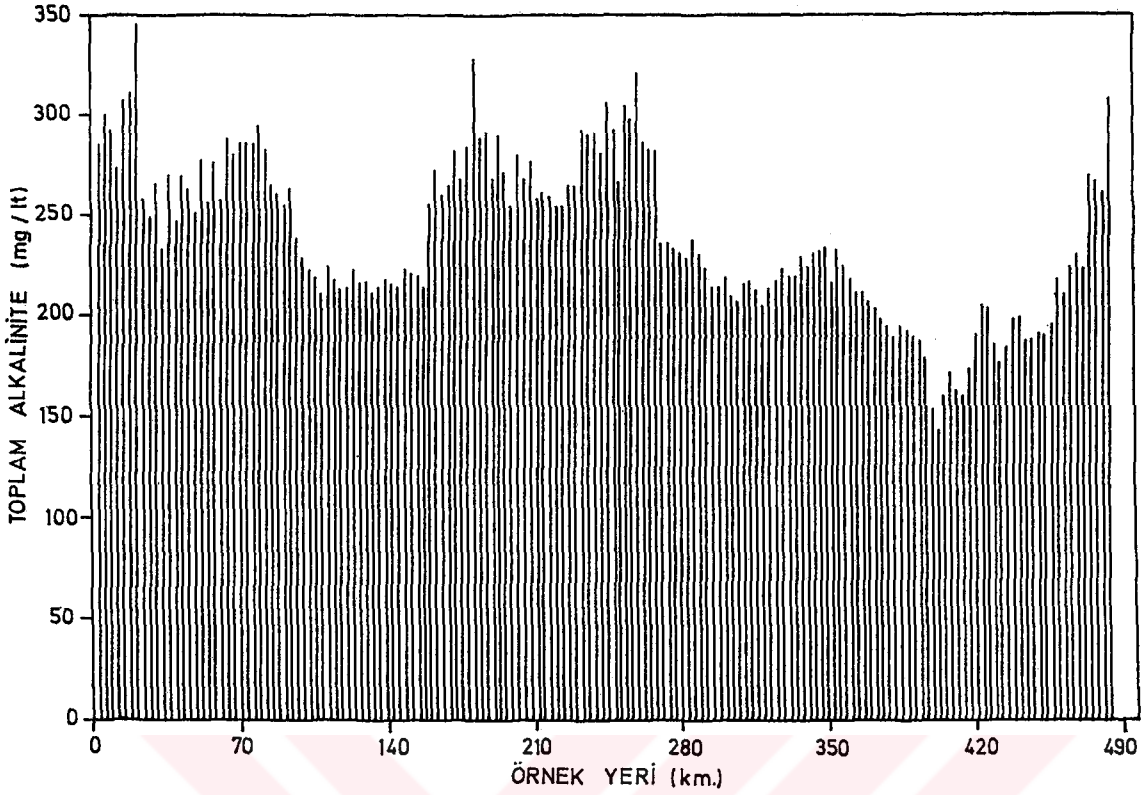
Şekil 9 B. M. Nehri akıntı suları Eh değerleri



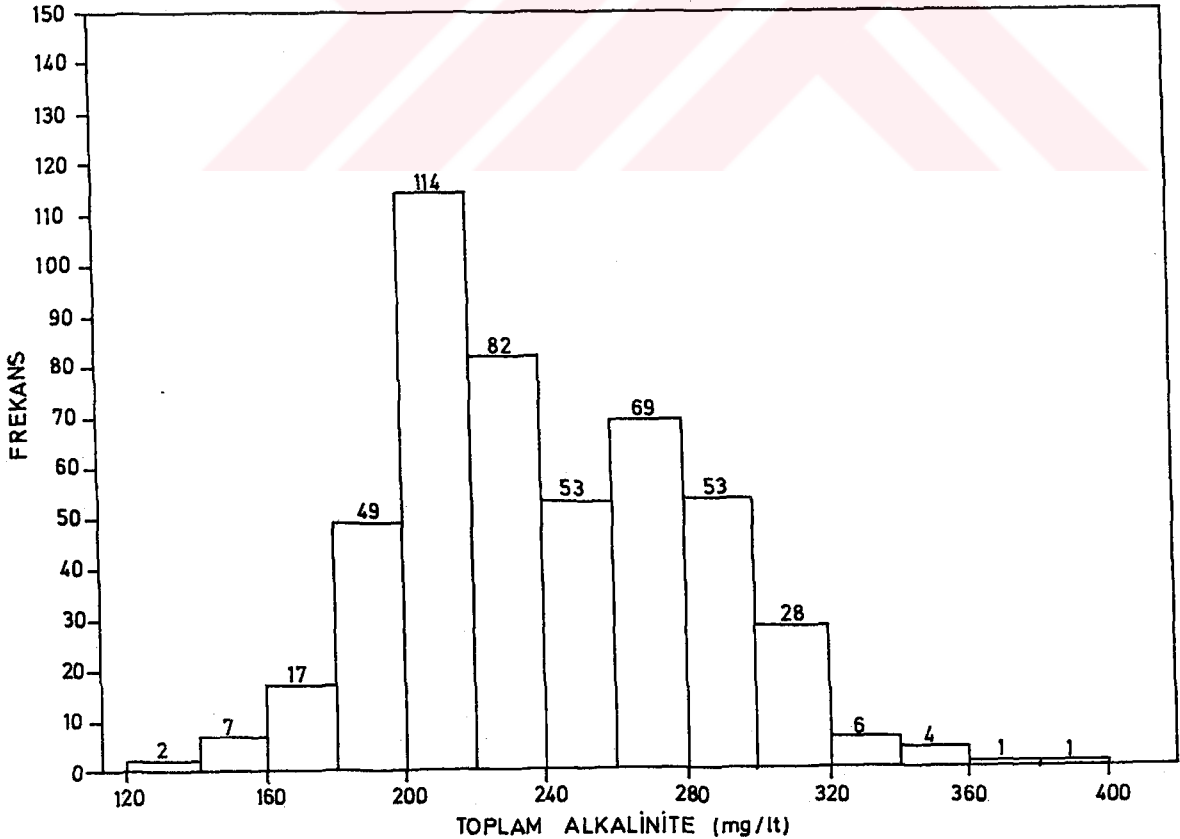
Şekil 10 B. M. Nehri Eh değerleri frekans dağılımı

rimetrik metod ile belirlenmiştir. Toplam alkaliniteyi saptamak için bölüm 3-1-4'de anlatılan deneysel yöntem, arazide kurulan istasyonlarda su örneklerine uygulanmıştır. Bu belirlemeler için toplanan nehir akıntı su örnekleri seyreltme ve deriştirme gibi bir ön işlemle değişime uğratılmamıştır. Alkalilik sonuçları kalsiyum karbonat cinsinden mg/lt olarak hesaplanmıştır. Nehir boyunca ölçülen nehir akıntı suyu toplam alkalinite değerleri şekil 11'de verilmiştir. Genellikle nehir akıntı suyu örneklerinin karbonat içerikleri düşük ve toplam alkalilik değerlerine bikarbonat ve hidroksil iyonları katkılarının çok daha fazla olduğu saptanmıştır.

Ölçülen toplam alkalilik değerleri nehrin Söke regülatörü ile denize döküldüğü noktalar arasında yüksektir. Ayrıca nehrin 180-200'üncü ve 240-260'ıncı örnekleme noktaları aralarında ve nehrin doğduğu bölgelerde toplam alkalinite değerleri nehrin ortalama alkalinite değerlerinden yüksek olarak elde edilmiştir. Nehrin, Çal ilçesi yakınlarından geçtiği dağlık bölgede toplam alkalinite değerleri endüşük olarak ölçülmüştür. Nehrin doğduğu kaynaklar yakınında bu değer ortalama nehir akıntı suyu toplam alkalinite değerinden yüksektir. Büyük Menderes Nehri boyunca 486 örnekleme noktalarında belirlenen nehir akıntı suyu toplam alkalilik değerleri frekans dağılımı şekil 12'de verilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, nehir akıntı suyu toplam alkalinite değerlerinin 200-290 mg/lt arasında değiştiği saptanmış ve maksimum 391.88 mg/lt, minimum 137.15 mg/lt ve ortalama 239.88 mg/lt olarak bulunmuştur.



Şekil 11 B. M. Nehri akıntı suları toplam alkalinite degerleri

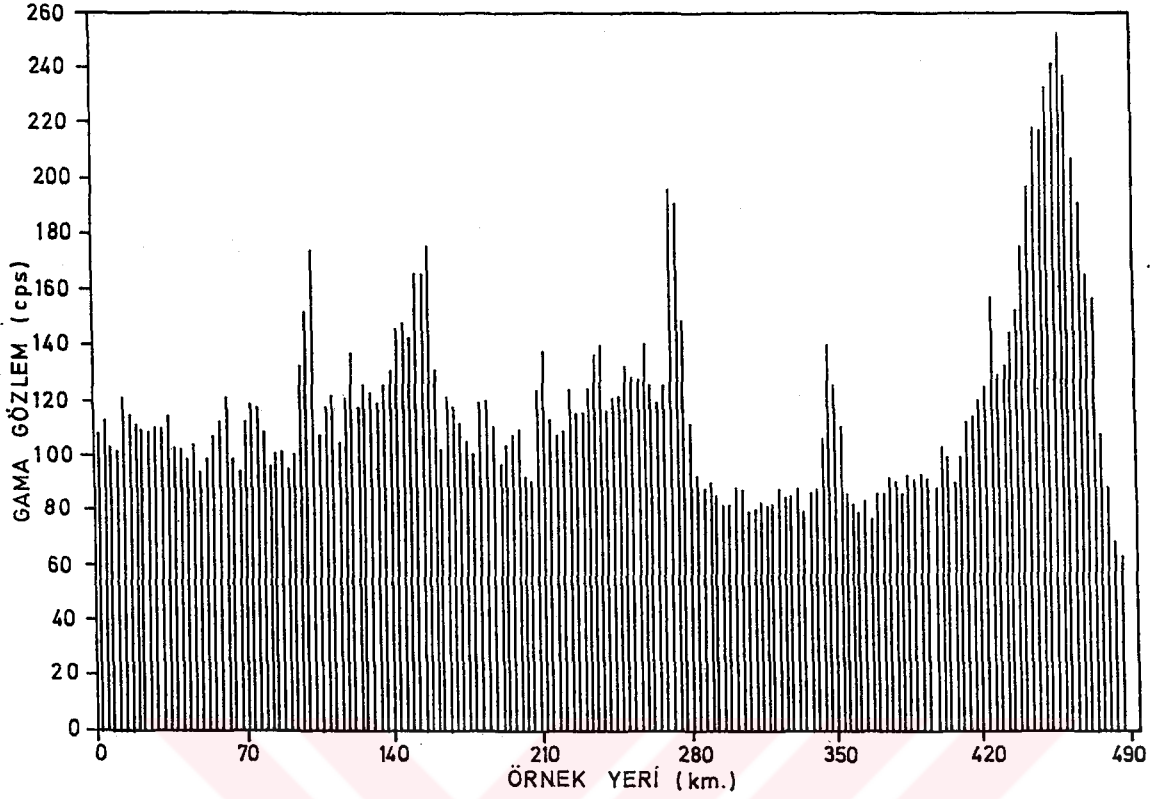


Şekil 12 B.M.Nehri toplam alkalinite degerleri frekans dagılımı

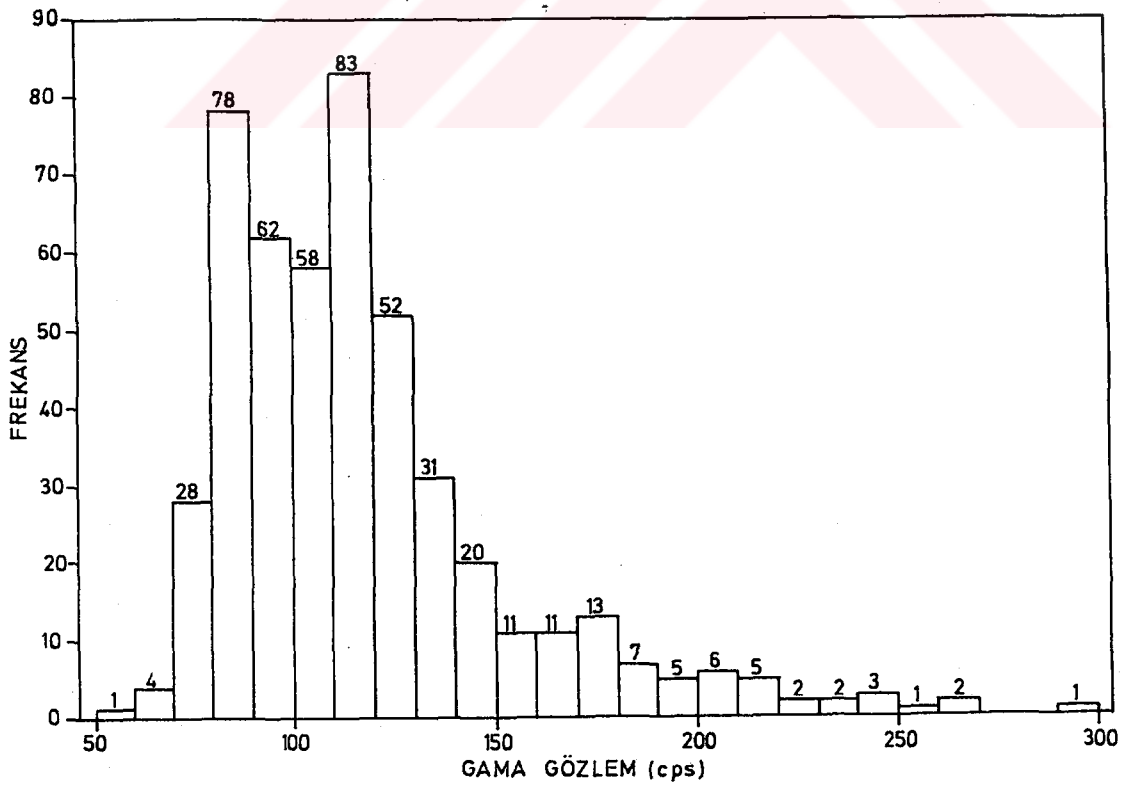
4-1-7 Yüzey gama ölçüm sonuçları

Nehri boyunca yapılan arazi çalışmaları sırasında nehir üzerinde belirlenen her örnekleme noktasında yüzey gama ölçümleri yapılmıştır. Böylece Uranyum-238, Toryum-232 ve Potasyum-40 elementlerinin yayınladıkları gama radyasyon enerjilerinin tamamı kapsamakta ve yaklaşık 0.5 m derinlikteki uranyum cevher kütlelerinin belirlenmesi olasıdır. Bu ölçümler ≥ 3 x art ortam değerli lokaller önemli alanlar olarak kabul edilmektedir [6,46,47].

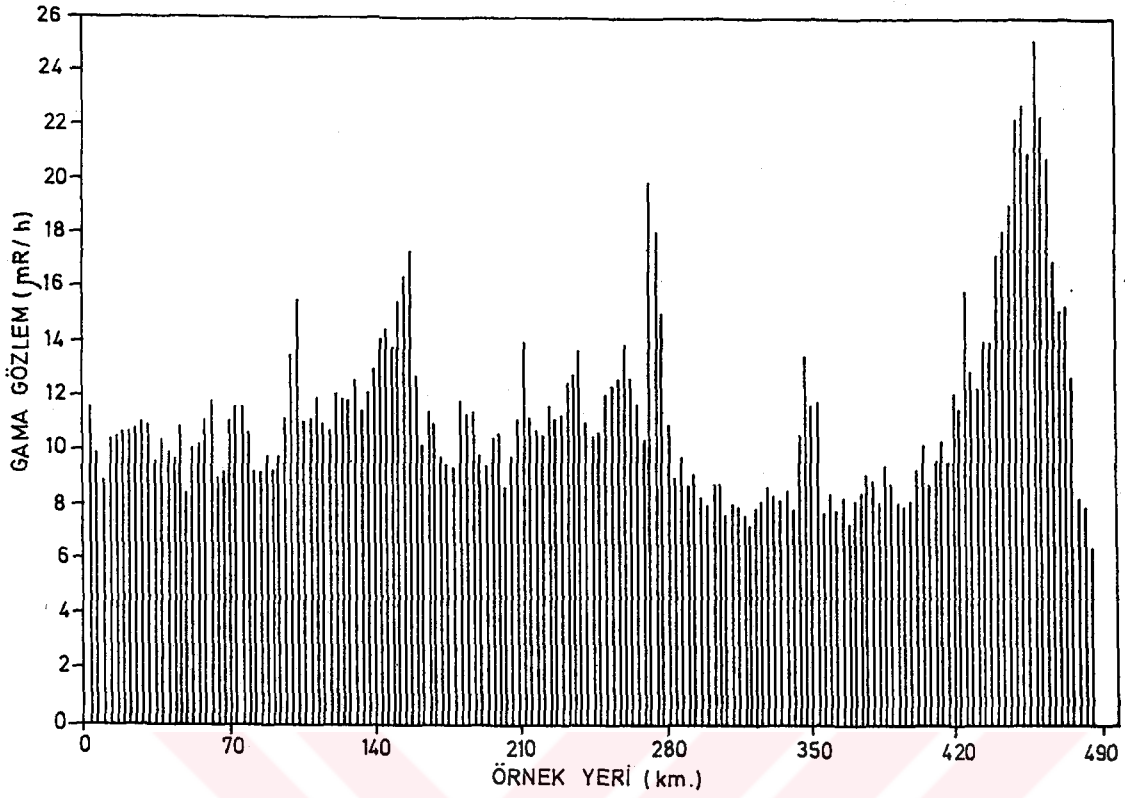
Nehirde lastik botla yukarıya doğru gidilerek her örnekleme noktasında nehir kıyılarına çıkılmış, ölçüm yapılacak sahanın genel özelliklerini taşıyan düz bir zemin, her türlü artıklardan temizlendikten sonra iki tür gama gözlem cihazıyla ölçümler yapılmıştır. Bu cihazlardan birincisi sonuçları (cps) ikincisi ($\mu\text{R/h}$) olarak vermektedir. Her iki cihaz kullanılarak elde edilen sonuçlar, ölçüm noktaları ve yakın çevresindeki ölçümlerin ortalaması olarak alınmıştır. Birinci cihazla yapılan yüzey gama gözlem sonuçları şekil 13'de ve frekans dağılımı şekil 14'de verilmiştir. 95-105, 155-165, 270-280, 345-355 ve 420-474'üncü ölçüm noktaları arasında tepe oluşturan beş önemli alan vardır. Beşinci alan diğer alanlara oranla geniş bir sahaya yaygın ve kuvvetlidir. 118.65 cps olan nehir çevresi ortalama yüzey gama ölçümü, maksimum 298 cps ve minimum 60 cpm'dir. İkinci cihazla yapılan yüzey gama gözlem sonuçları şekil 15'de ve frekans dağılımı şekil 16'da verilmiştir. cps sonuçları ile bu ölçüm sonuçları ($\mu\text{R/h}$) birbirini desteklemekte ve yaklaşık aynı alanlarda tepe vermektedirler. Bu ölçüm sonucu, nehri kıyısı boyunca ortalama 11.26, maksimum 26.80 ve minimum 6.00 $\mu\text{R/h}$ değerleri elde edilmiştir.



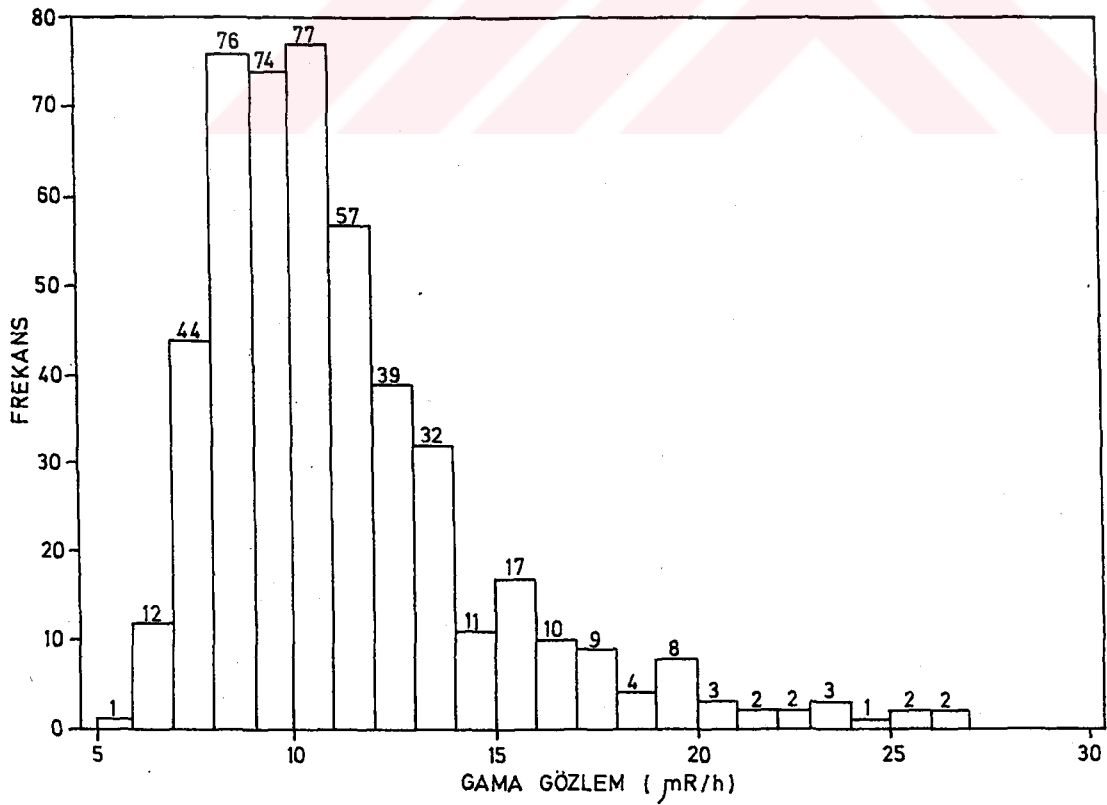
Şekil 13 B. M. Nehri çevre gama gözlem (cps) değerleri



Şekil 14 B.M.Nehri çevre gama gözlem değerleri frekans dağılımı



Şekil 15 B. M. Nehri çevre gama gözlem ($\mu\text{R}/\text{h}$) değerleri

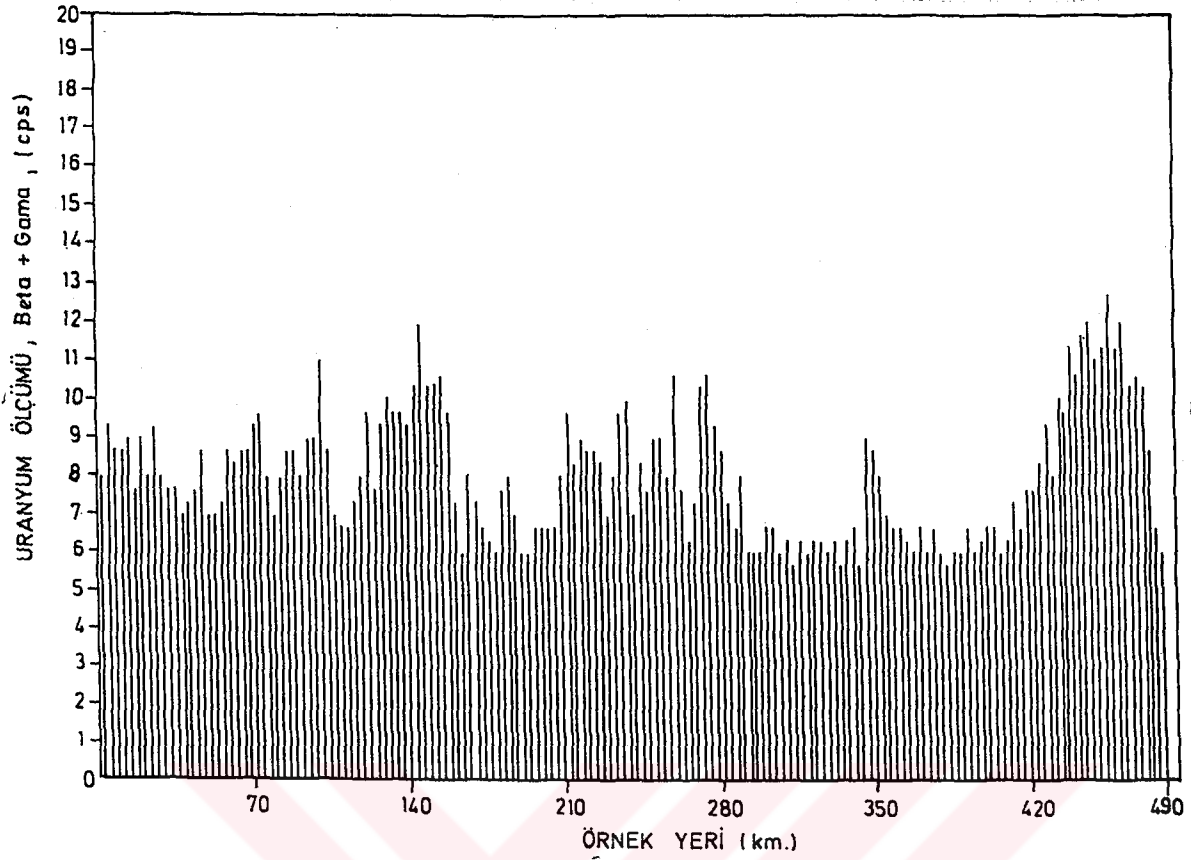


Şekil 16 B.M.Nehri çevre gama gözlem değerleri frekans dağılımı

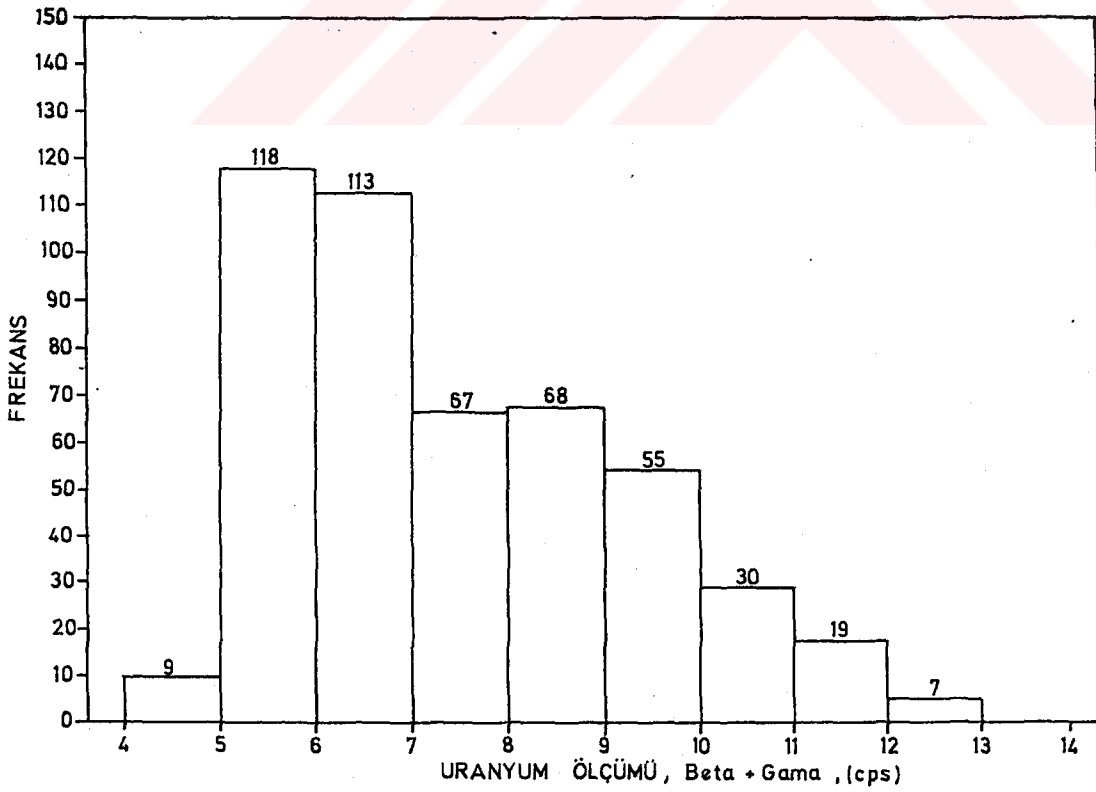
4-1-8 Radyometrik uranyum ölçüm sonuçları

Uranyum keşif araştırmalarında, arazide yapılan gama ölçümlerinden elde edilen olumlu sonuçlar, uranyum anomalilerinin açık bir şekilde belirlenmesini sağlayabilir. Beta radyasyon ölçümleri yüzeyde bulunan uranyum serisi üçüncü elemanı Pa-234 izotopu ile ilişkili olduğundan, dengesizlik problemini ortadan kaldırır [48,49]. Büyük Menderes Nehri boyunca örnekleme noktalarında uranyum beta eşdeğer radyometrik değerlerinin belirlenmesi için çalışmalarda tek bir cihaz (Uranium Assayer) kullanılmıştır. Ölçümler arazi yüzeyinden 5 cm derinlikte ve yeterli genişlikte açılan çukurlara yerleştirilen detektörle elde edilmiştir. Detektör, alt kısmında bulunan alüminyum koruyucu olmaksızın beta+gama toplam radyasyonlarına duyarlıdır. Ölçüm süresi, cihazın maksimum skalası 128 sn seçilmiştir.

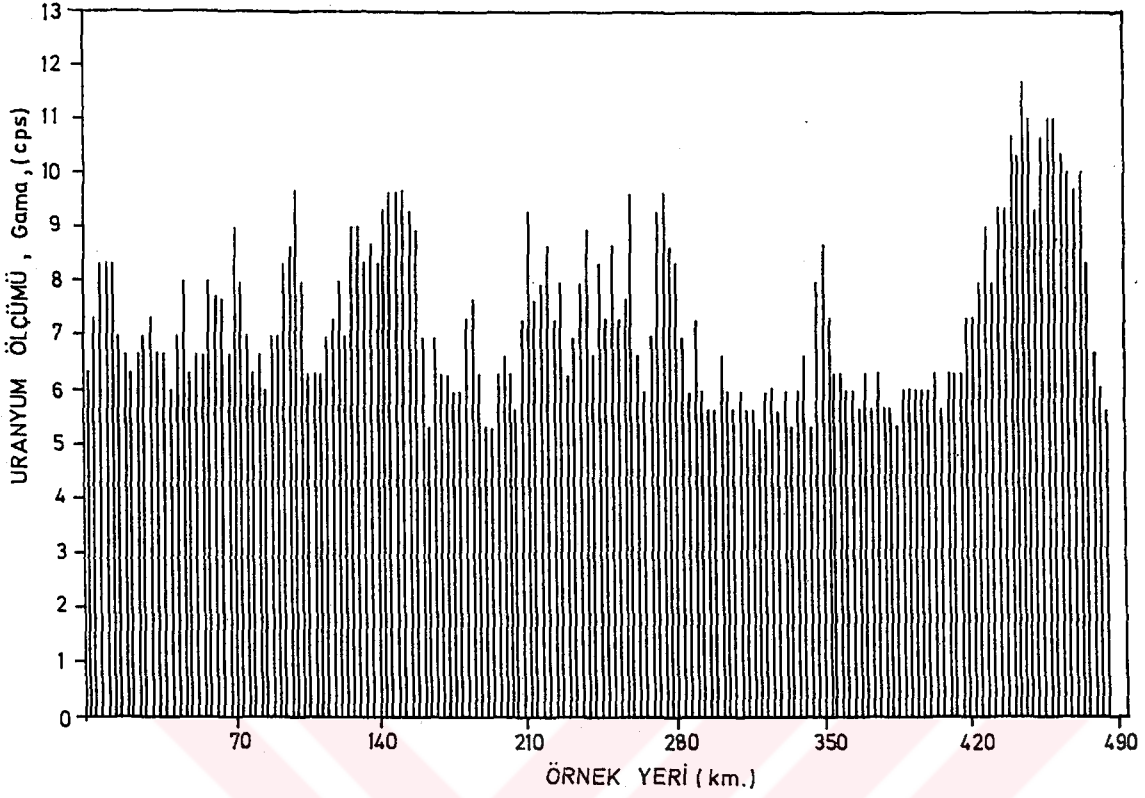
486 örnekleme noktalarında ölçülen beta+gama radyasyon değerleri şekil 17'de, frekans dağılımı şekil 18'de verilmiştir. Aynı geometrik şartlarda, detektör ile yüzey arasına alüminyum koruyucu takılıp ikinci bir ölçüm alınmıştır. Bu ölçüm yalnız toplam gama radyasyonuna ait olacaktır. Radyometrik uranyum ölçümü gama radyasyon değerleri şekil 19'da ve frekans dağılımı şekil 20'de verilmiştir. Aynı zaman ve geometrik koşullarda iki ölçüm arasındaki fark yüzeyden gelen toplam beta değerini verir. Büyük Menderes Nehir boyunca elde edilen uranyum ölçümü beta radyasyon değerleri şekil 21'de ve frekans dağılımı şekil 22'de verilmiştir. Uranyum ölçümü beta+gama değeri maksimum 13, minimum 5, ortalama 8.01, gama değeri maksimum 12, minimum 5, ortalama 7.34 ve beta değeri maksimum 4, minimum 0, ortalama 0.66 cps olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar diğer ölçüm sonuçlarının tepe gösterdiği alanlarla uyum içindedir.



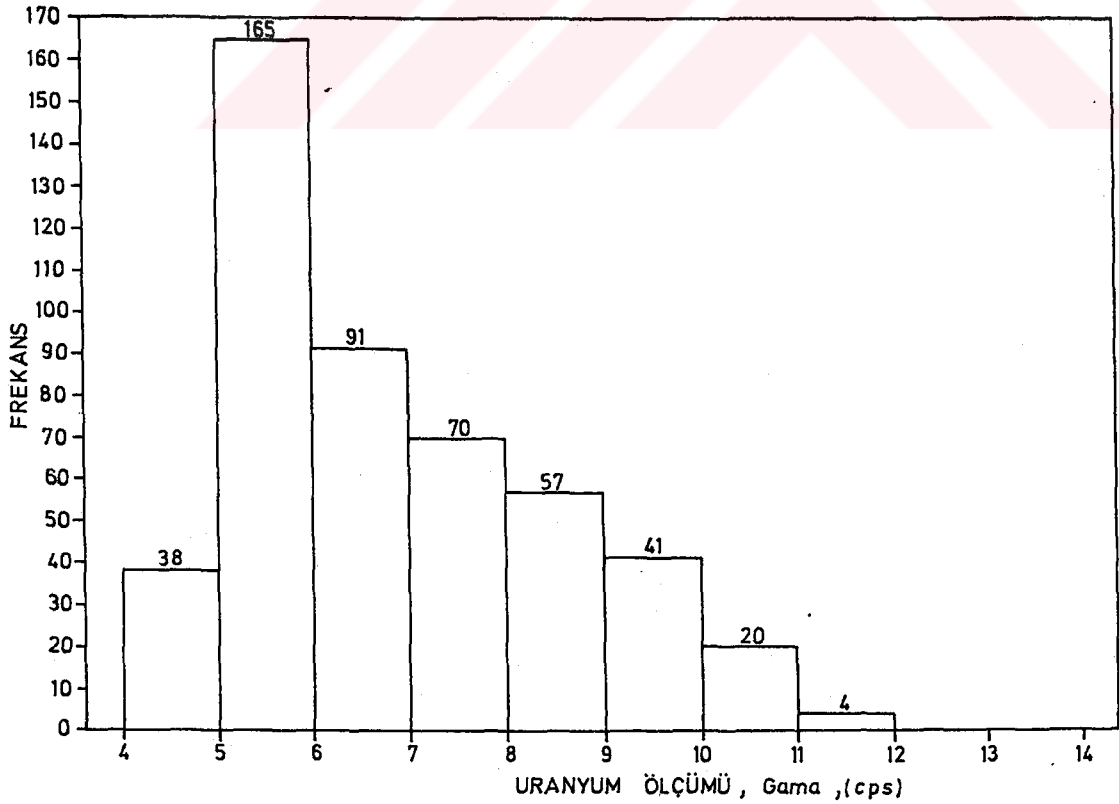
Şekil 17 B. M. Nehri uranyum ölçümü (Beta+Gama) değerleri



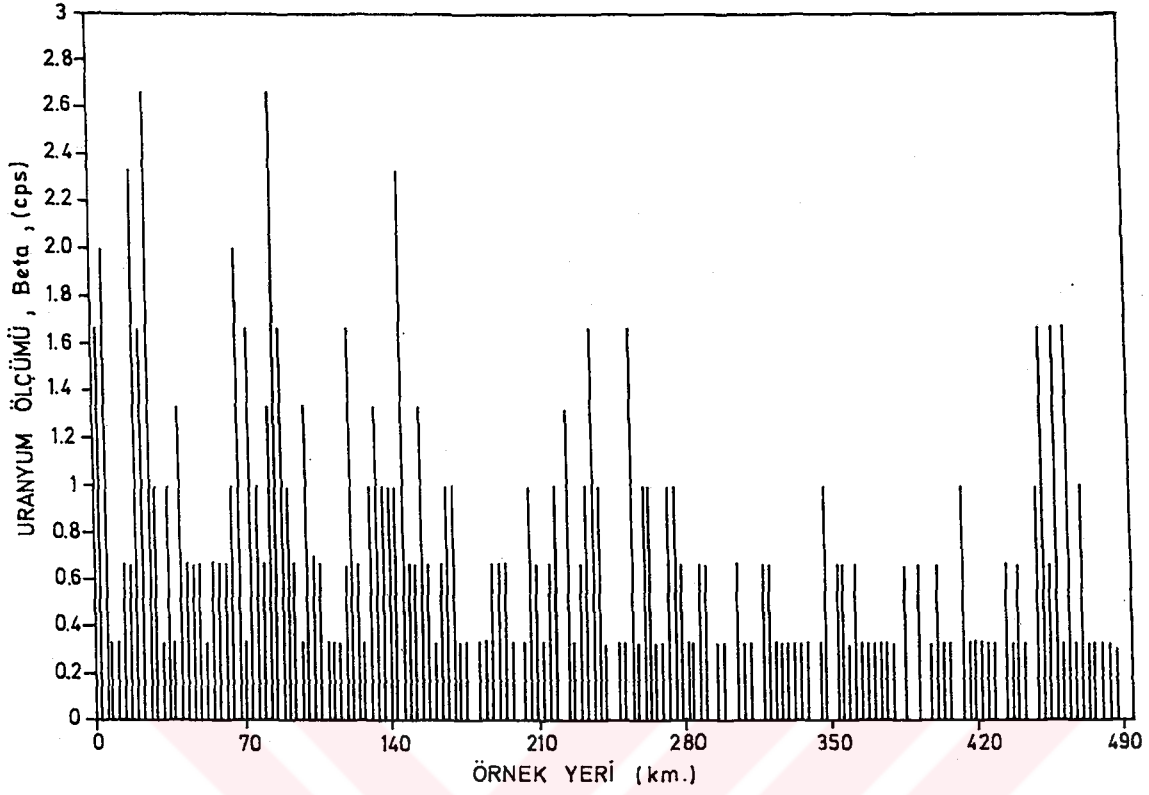
Şekil 18 B.M.Nehri U ölçümü (B.+G.) değerleri frekans dağılımı



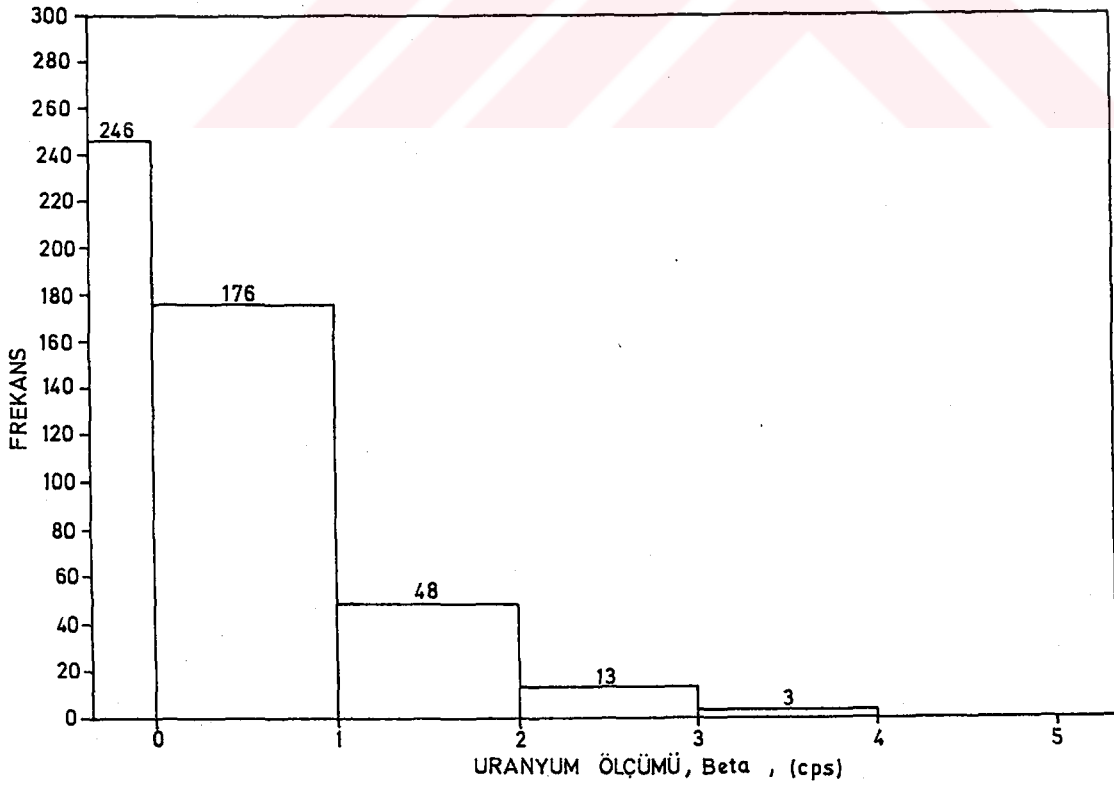
Şekil 19 B. M. Nehri uranyum ölçümü (Gama) değerleri



Şekil 20 B.M. Nehri U ölçümü (Gama) değerleri frekans dağılımı



Şekil 21 B. M. Nehri uranyum ölçümü (Beta) değerleri

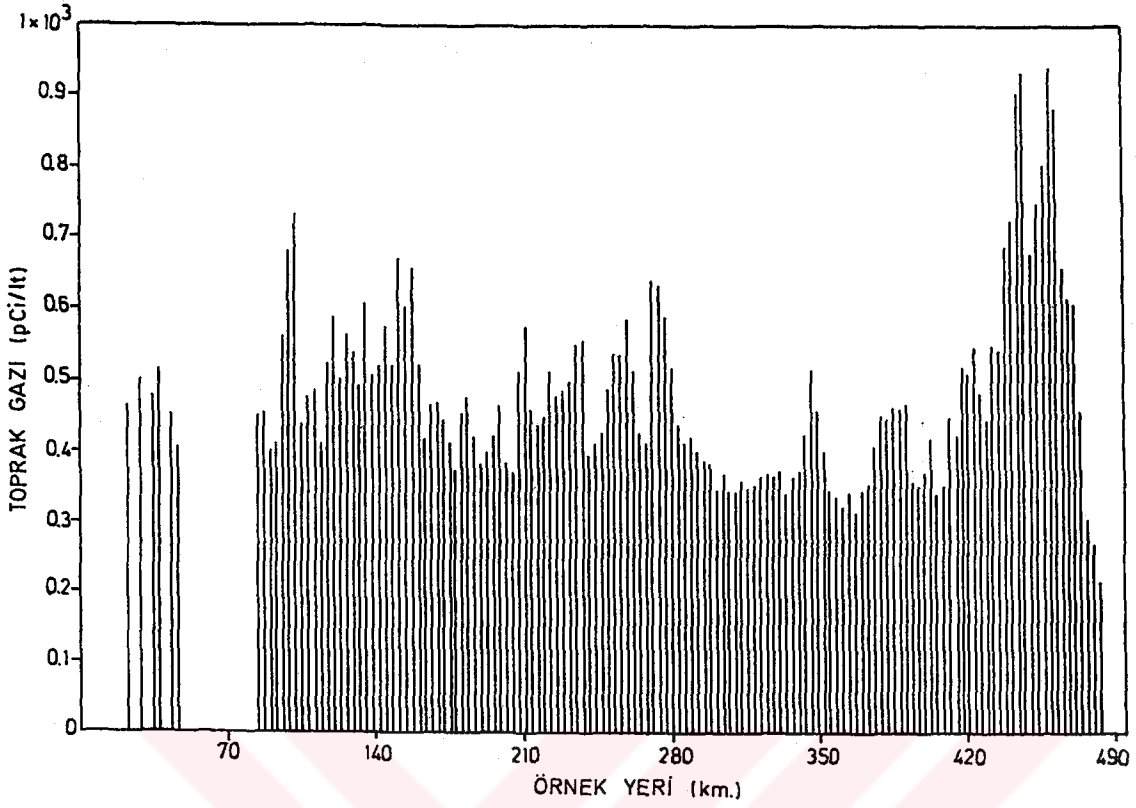


Şekil 22 B.M.Nehri U ölçümü (Beta) değerleri frekans dağılımı

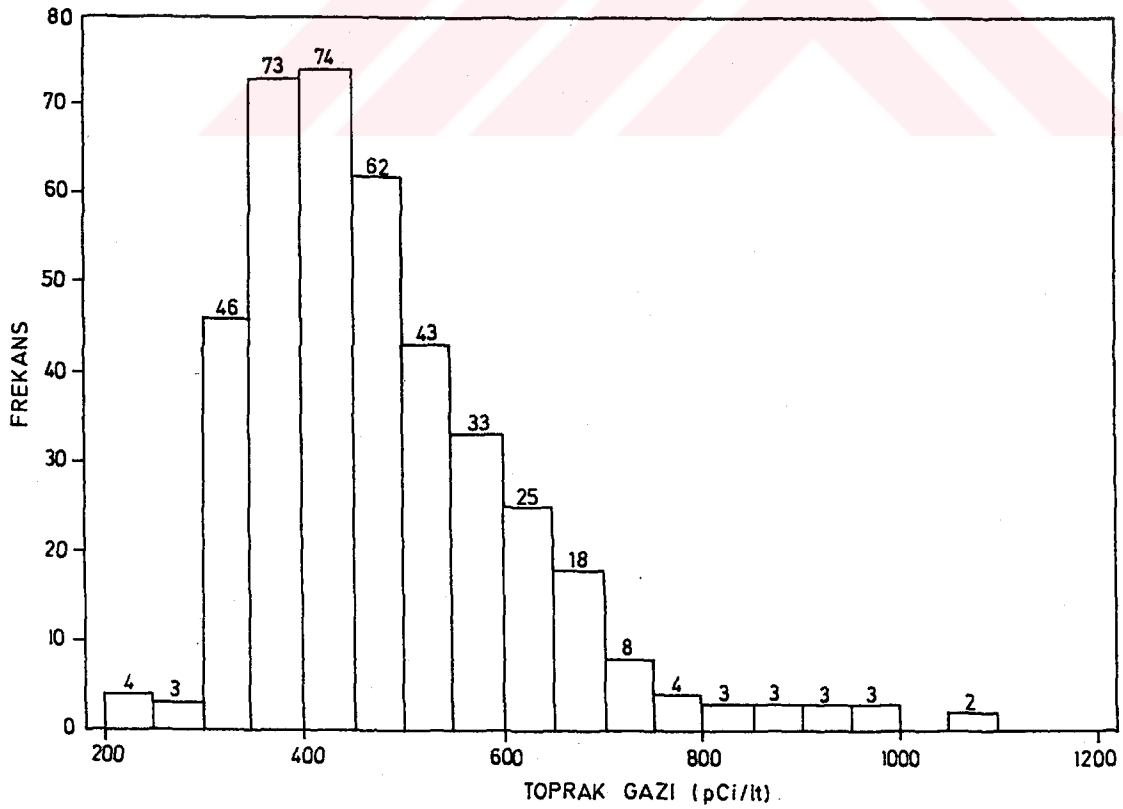
4-1-9 Toprak gazı radon konsantrasyon tayin sonuçları

Bu ölçümlerde amaç, toprak tanecikleri arasında bulunan gaz ortamlarda radon aktivitesini belirlemektir. Asal gaz olan radon, yeraltı ortamlarında göç edebileceği uzaklık, ortamların kimyasal ve fiziksel özelliklerine, gözenekliliğine, su içeriğine atmosferik sıcaklık, basınç koşullarına ve radonun yarı ömrüne bağlıdır [50]. Radonun büyük bölümü bozunmaya uğramadan toprağın gevşek katmanlarında 6-10 metre difüzyon yapabilir. Yeryüzeyine yakın ortamlarda toprak gazında yapılan radon ölçümleri yeraltının 100-150 m derinliklerinden bilgi taşıyabilir. Toprak gazı radon konsantrasyonlarının yüksek olması yeraltı uranyum depozitlerinin varlığı için bir göstergedir.

Nehir boyunca 407 örnekleme noktasında Kınacı [28] tarafından geliştirilen toprak gazı radon kollektör sistemi kullanılarak toprak gazı radon konsantrasyon tayinleri yapılmıştır. Elde edilen radon konsantrasyon (pCi/lt) değerleri şekil 23'de verilmiştir. Nehrin denize döküldüğü nokta ile Söke regülatörü arası yeraltı su seviyesi çok yüksektir. Öyleki kollektör borusu 25 cm'ye çakıldığında su çıkmaktadır. Bu nedenle yeteri kadar toprak gazı örnekleme işlemi gerçekleştirilememiştir. Radon ölçümlerinin nehir boyunca verdiği tepe değerleri, 100-115, 150-160 270-280, 345-355 ve 440-470'inci örnekleme noktaları arasında ölçülmüş ve diğer ölçüm sonuçları ile uyum içersinde olduğu bulunmuştur. Toprak gazı radon/yüzey gama oranı incelemeleri sonucu önemli derecede yeraltı radon gelişine raslanmamıştır. 407 toprak gazı örnekleme noktasında tayin edilen radon konsantrasyon değerlerinin frekans dağılımı şekil 24'de verilmiştir. Radon konsantrasyon değerleri maksimum 1078.5, minimum 203.9 ve ortalama 481.24 pCi/lt olarak ölçülmüştür.



Şekil 23 B. M. Nehri toprak gazı radon (pCi/lit) değerleri



Şekil 24 B.M.Nehri toprak gazı radon değerleri frekans dağılımı

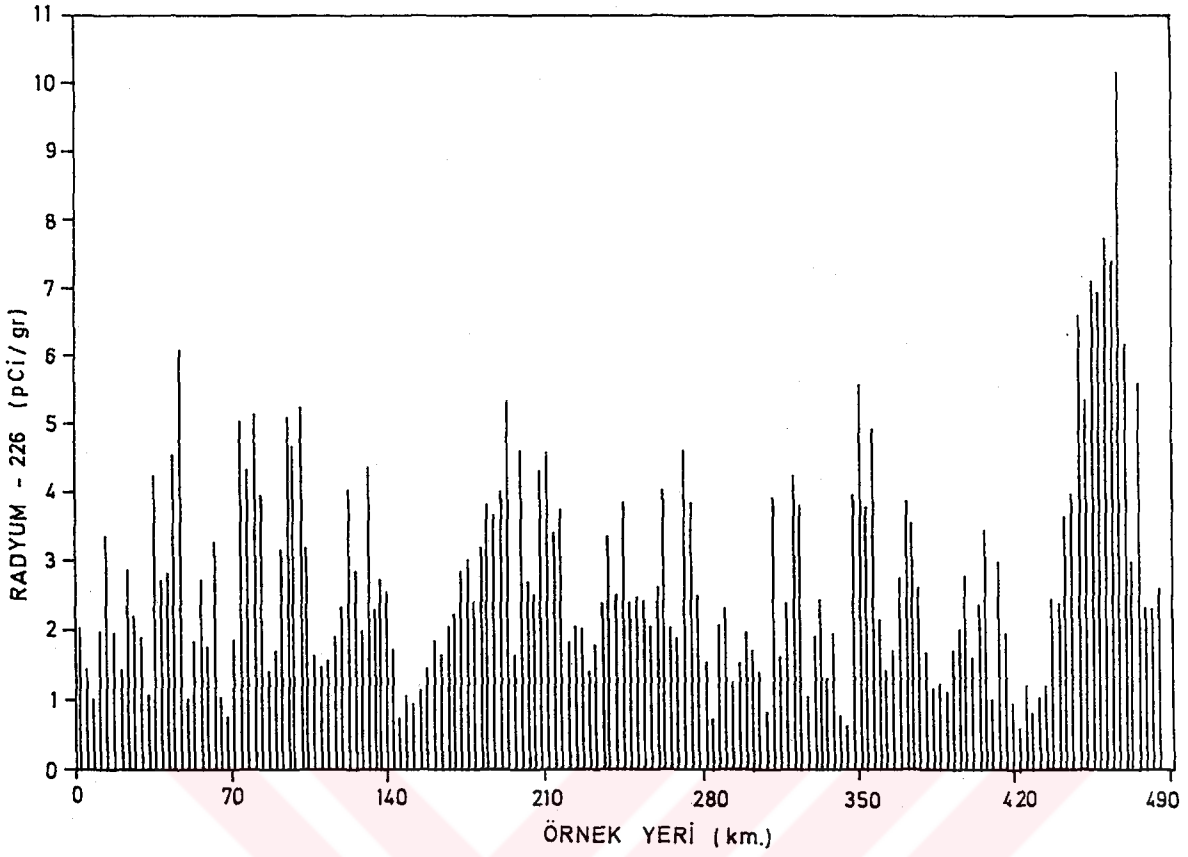
4-2 Laboratuvar Çalışmaları

Büyük Menderes Nehri boyunca 1988-1989 yıllarında yapılan arazi çalışmaları sırasında toplanan nehir sediment ve çevre toprak örnekleri üzerinde radon kollektör ve emanasyon yöntemleri ile radyum; dört kanallı analizör ile eU, eTh, %K ve gama sayım (0.80-2.77 Mev); tek kanallı analizör ile toplam gama (0.40-3.00 Mev); beta ölçer antikoinsidans G-M sayıcıyla toplam beta ve asidik liçing Dibenzoyl Metan metoduyla kimyasal uranyum tayinleri yapılmıştır. Nehir su örneklerinde radon kollektör metodu ile radyum ve laser uyarımlı flourometrik metod ile uranyum tayinleri gerçekleştirilmiştir.

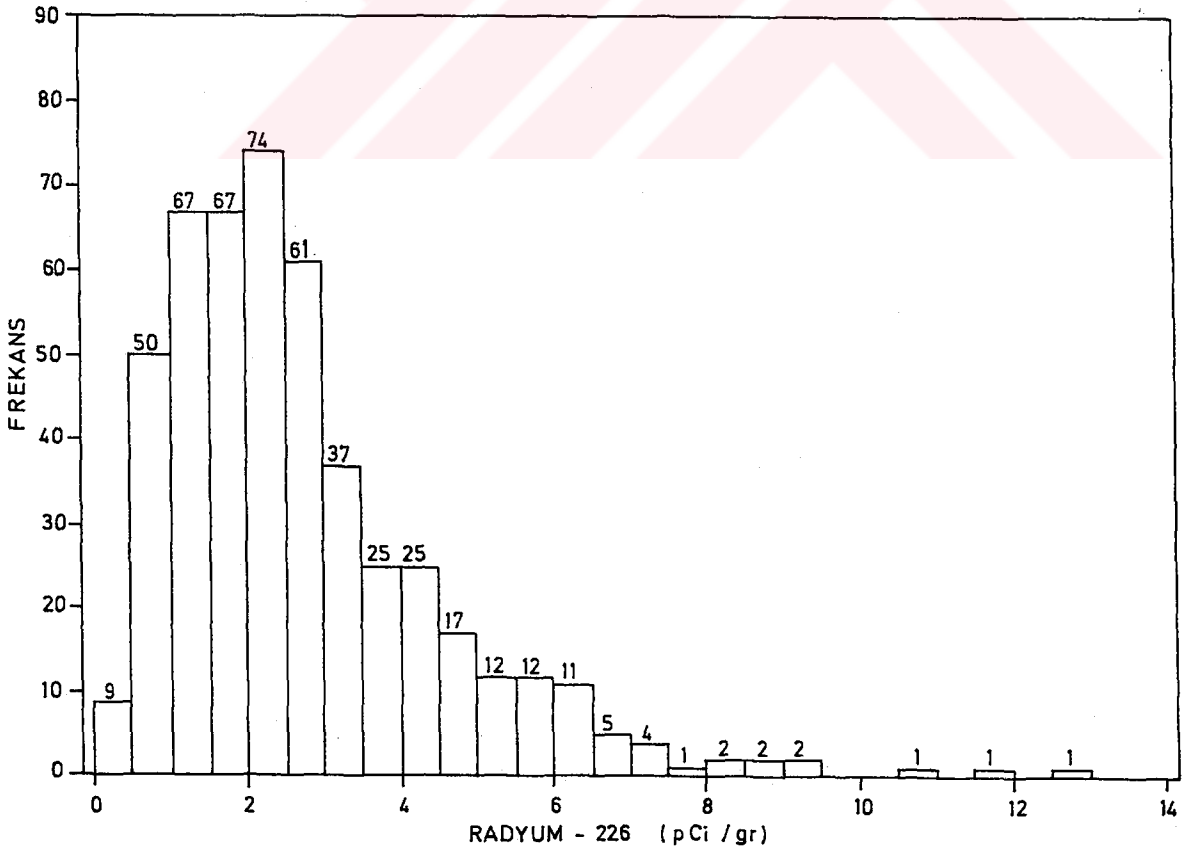
4-2-1 Toprak ve sediment örneklerinde radyum tayin sonuçları

Radyum tayinleri için bu çalışmada radon kollektör ve emanasyon metodu olarak iki yöntem uygulanmıştır. Her iki yöntemde de, kurutulup öğütülmüş ve analitik elekten geçirilerek 52 µm tane boyutuna indirgenen toprak ve sediment örneklerinin analizleri bölüm 3-2-1'de anlatıldığı şekilde yapılmıştır.

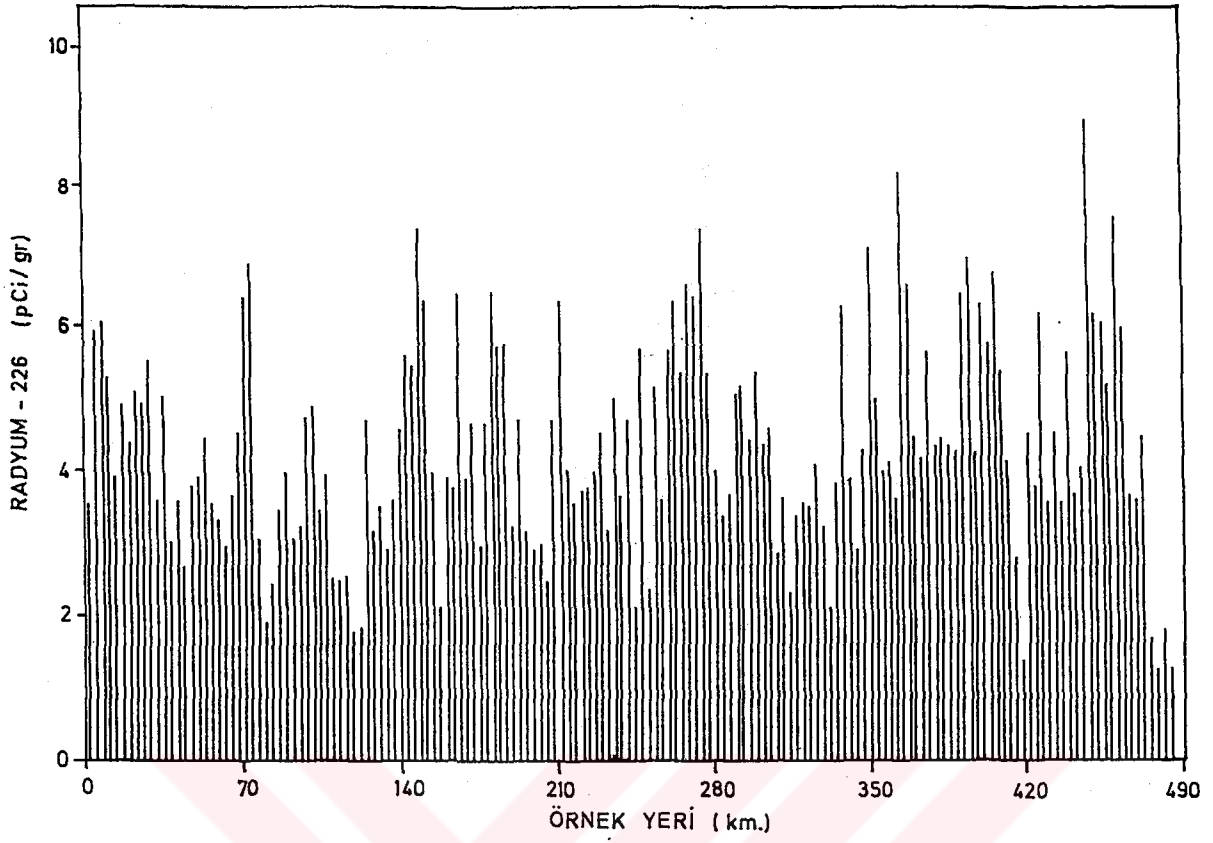
Büyük Menderes Nehri boyunca toplanan 486 toprak örneğinde, radon kollektör metoduyla ölçülen radyum konsantrasyon değerleri şekil 25'de ve frekans dağılımları şekil 26'da verilmiştir. Nehir boyunca toplanan toprak örneklerinin radyum konsantrasyon değerleri 40-50, 70-80, 100-110, 270-280, 345-355 ve 430-470'inci örnekleme noktaları arasındaki alanlarda belirgin tepe noktaları vermiştir. Toprak örnekleri maksimum 12.55 minimum 0.34 ve ortalama 2.74 pCi/gr radyum içermektedir. 20-30, 60-70, 140-160, 265-280, 340-350 ve 445-470'inci örnekleme noktaları arasında belirgin tepeler veren sediment radyum değerleri şekil 27 ve frekans dağılımları da şekil 28'de verilmiştir.



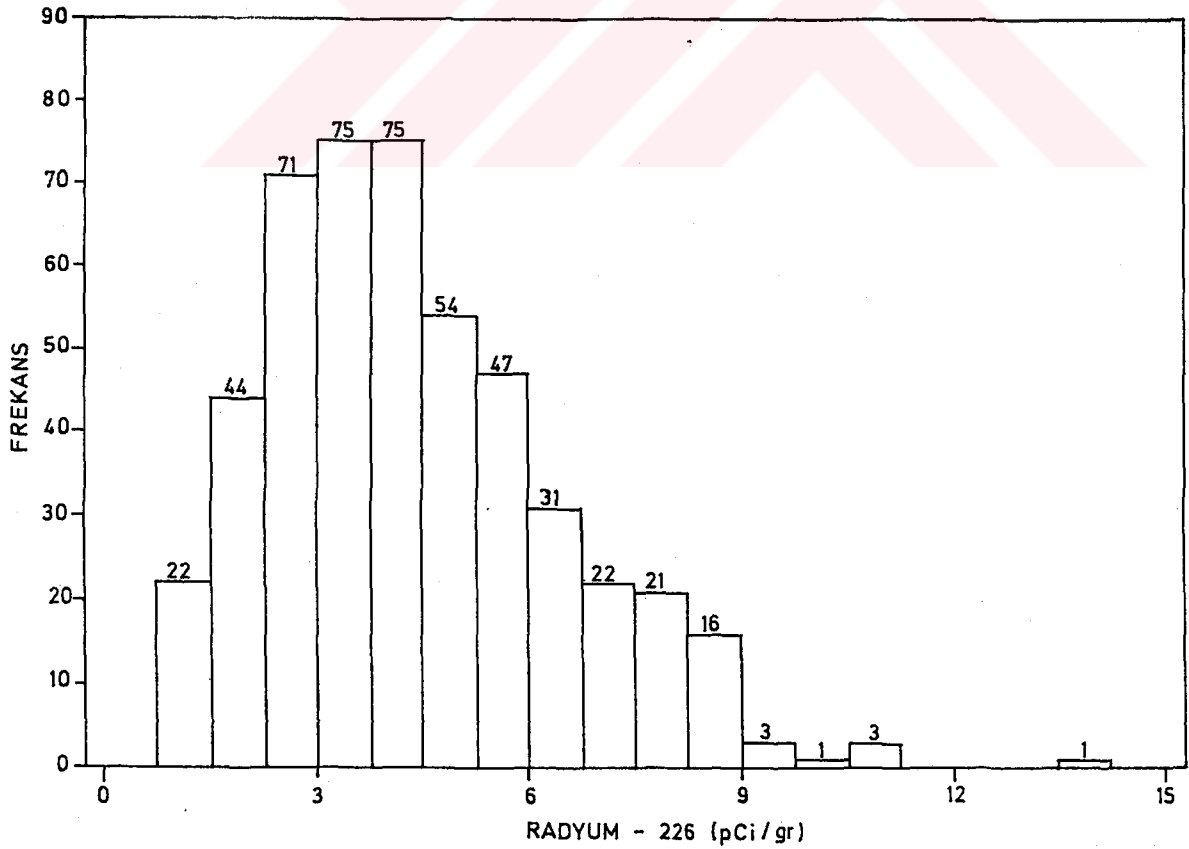
Şekil 25 B. M. Nehri toprak radyum (pCi/gr) değerleri



Şekil 26 B.M.Nehri toprak radyum değerleri frekans dağılımı



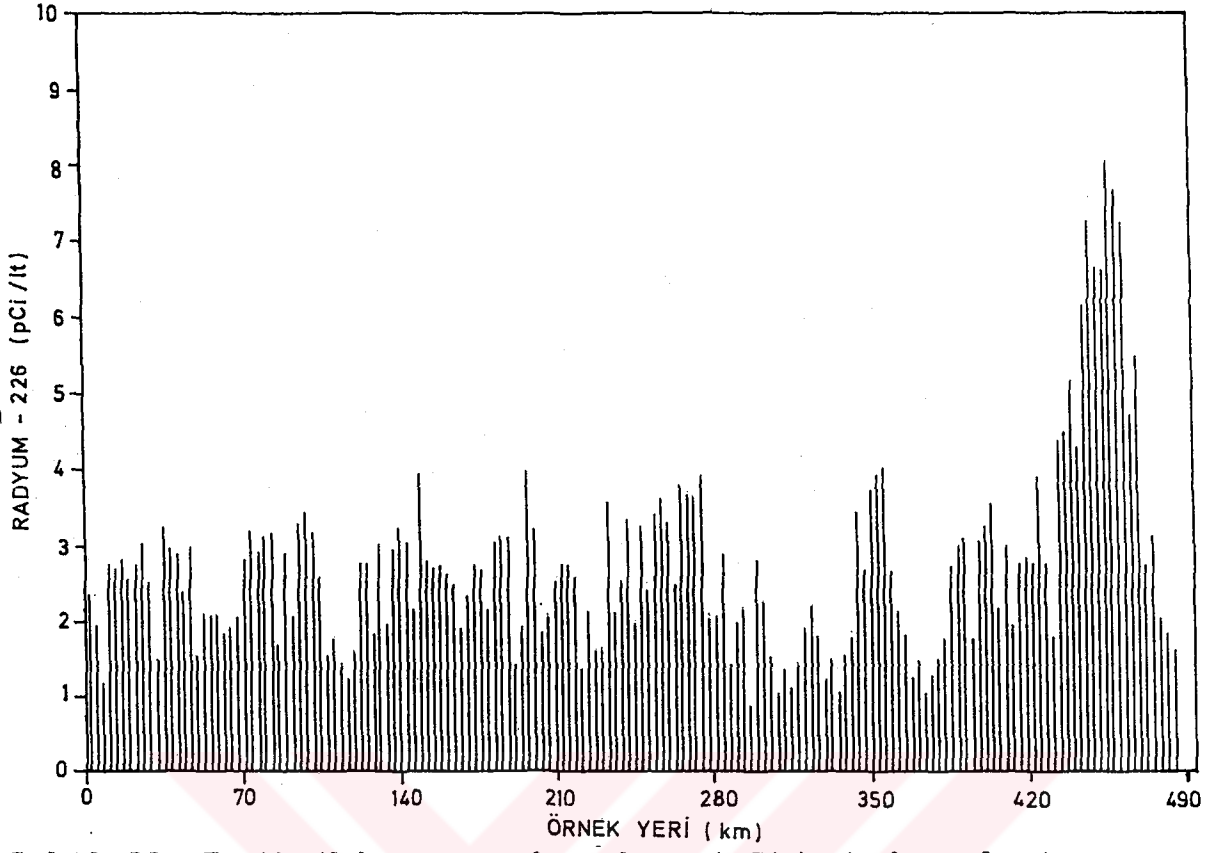
Şekil 27 B. M. Nehri sediment radyum (pCi/gr) değerleri



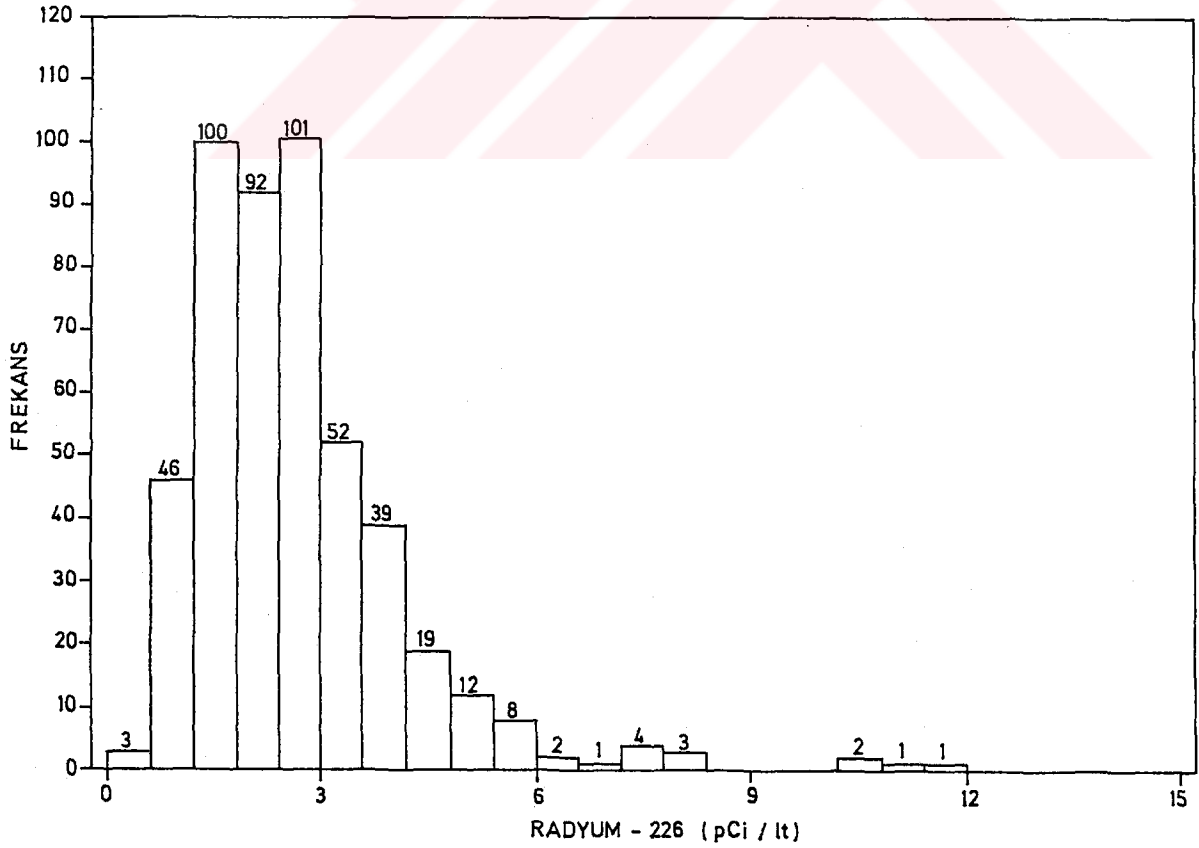
Şekil 28 B.M.Nehri sediment radyum değerleri frekans dağılımı

Nehir çevresi toprak örneklerinden biraz fazla radyum konsantrasyonları içeren nehir sedimentleri, nehir boyunca çeşitli bölgelerde belirgin tepe noktaları vermiştir. Nehir sediment örneklerinde radyum konsantrasyonları maksimum 13.32, minimum 0.84 ve ortalama 3.38 pCi/gr olarak belirlenmiştir.

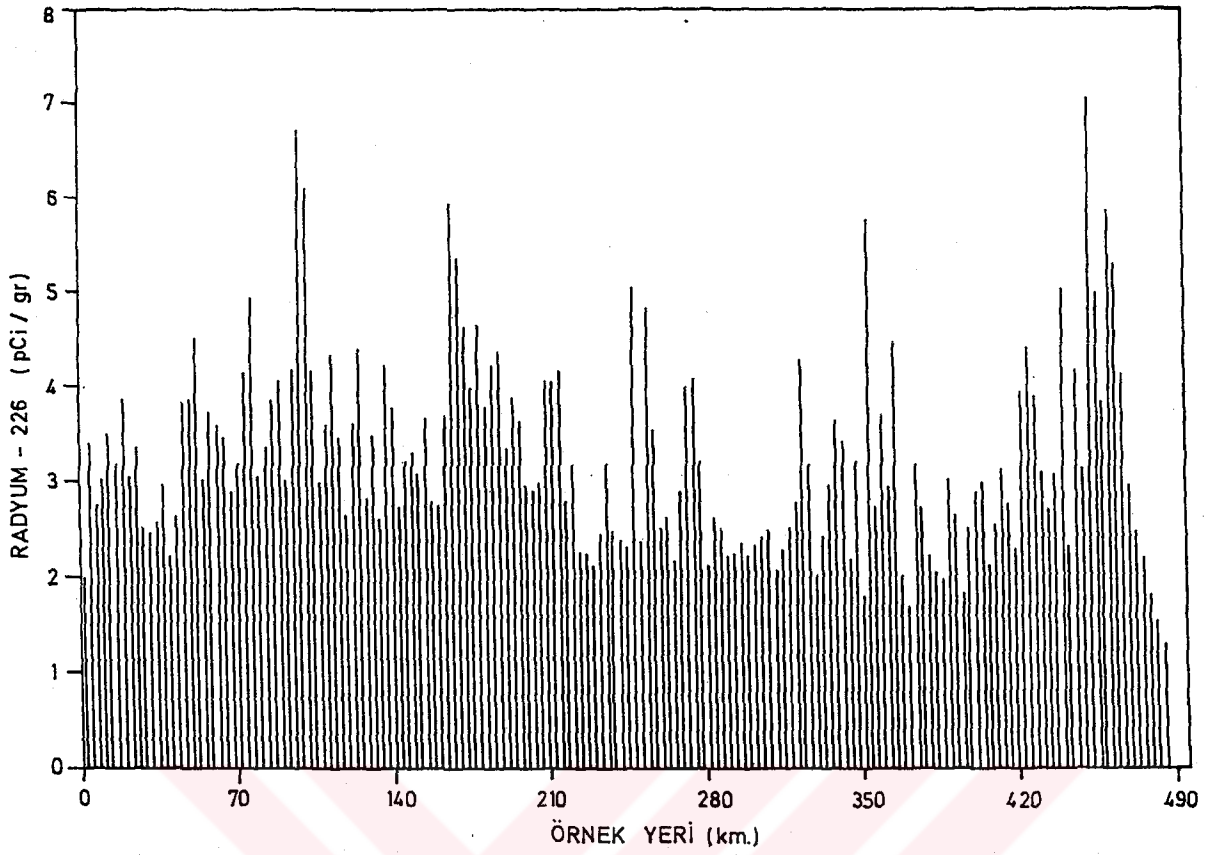
Radon emanasyon yöntemi, radon gazını vakum edilmiş bir hacimde üretme tekniğidir. Bu yöntemde kullanılarak Büyük Menderes Nehri boyunca toplanan çevre toprak ve nehir sediment örneklerinin radyum konsantrasyonları belirlenmiştir. Nehir çevresi toprak örneklerinin radyum konsantrasyonları şekil 29'da ve frekans dağılımı şekil 30'da verilmiştir. Nehir çevresi toprak örneklerinin radyum konsantrasyon değerleri 65-75, 95-105, 145-160 270-280, 340-355 ve 430-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlarda belirgin tepe değerleri vermektedir. Radon emanasyon yöntemi kullanılarak nehir çevresi toprak örneklerinin radyum konsantrasyon değerleri maksimum 11.65 pCi/gr, minimum 0.48 pCi/gr ve ortalama 2.41 pCi/gr olarak elde edilmiştir. Aynı yöntem kullanılarak, nehir sediment örneklerinde elde edilen radyum konsantrasyon dağılımları şekil 31'de ve frekans dağılımı şekil 32'de verilmiştir. 20-30, 60-70 100-110, 150-170, 270-280, 340-350 ve 430-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlarda belirgin tepe değerleri vermekle beraber bu alanlar dışında bazı lokallerde yüksek sonuçlar ölçülmüştür. Radon emanasyon yöntemiyle Büyük Menderes Nehri sediment örnekleri radyum konsantrasyonları maksimum 9.40 pCi/gr, minimum 0.96 pCi/gr ve ortalama 2.24 pCi/gr olarak ölçülmüştür. Toprak ve sediment radyum konsantrasyon değerleri diğer ölçüm sonuçları ile uyum içersinde ve aynı alanlarda belirgin yükseklikler vermektedir.



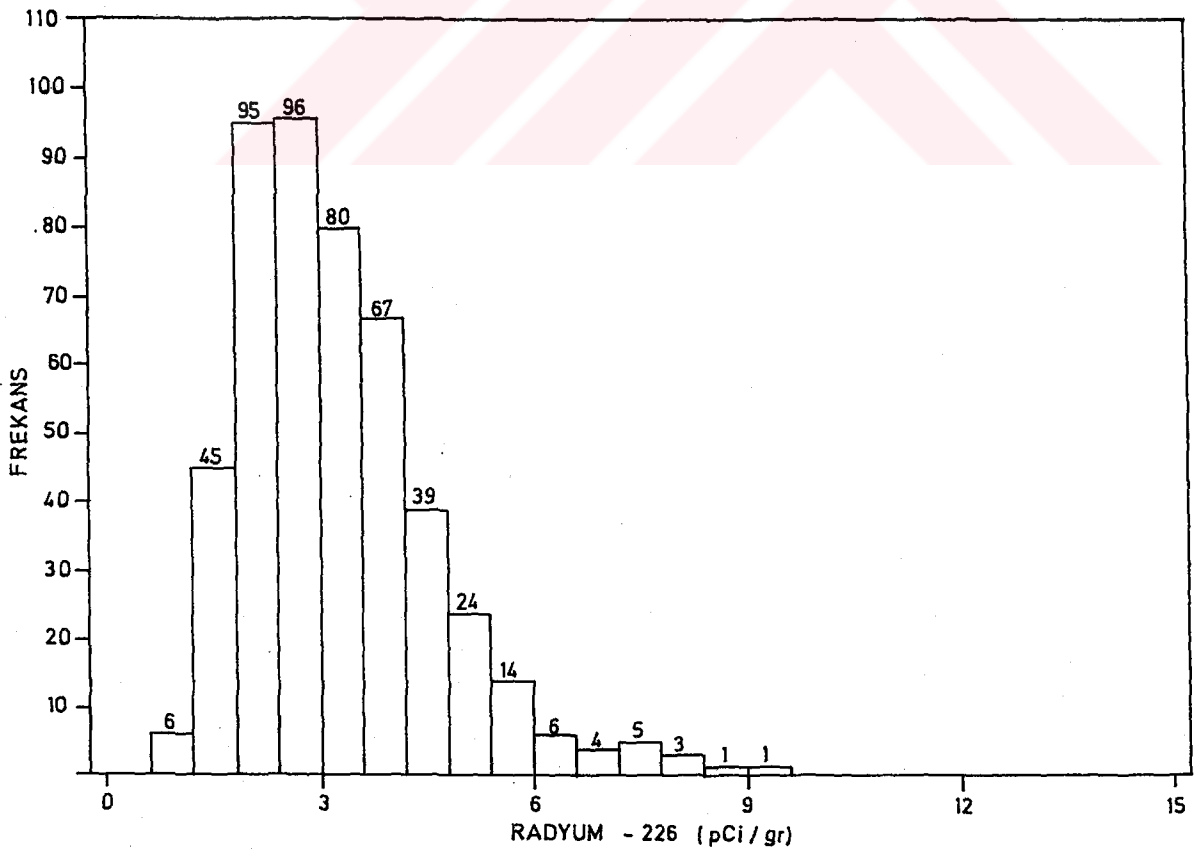
Şekil 29 B. M. Nehri toprak radyum (pCi/gr) değerleri



Şekil 30 B.M.Nehri toprak radyum değerleri frekans dağılımı



Şekil 31 B. M. Nehri sediment radyum (pCi/gr) değerleri

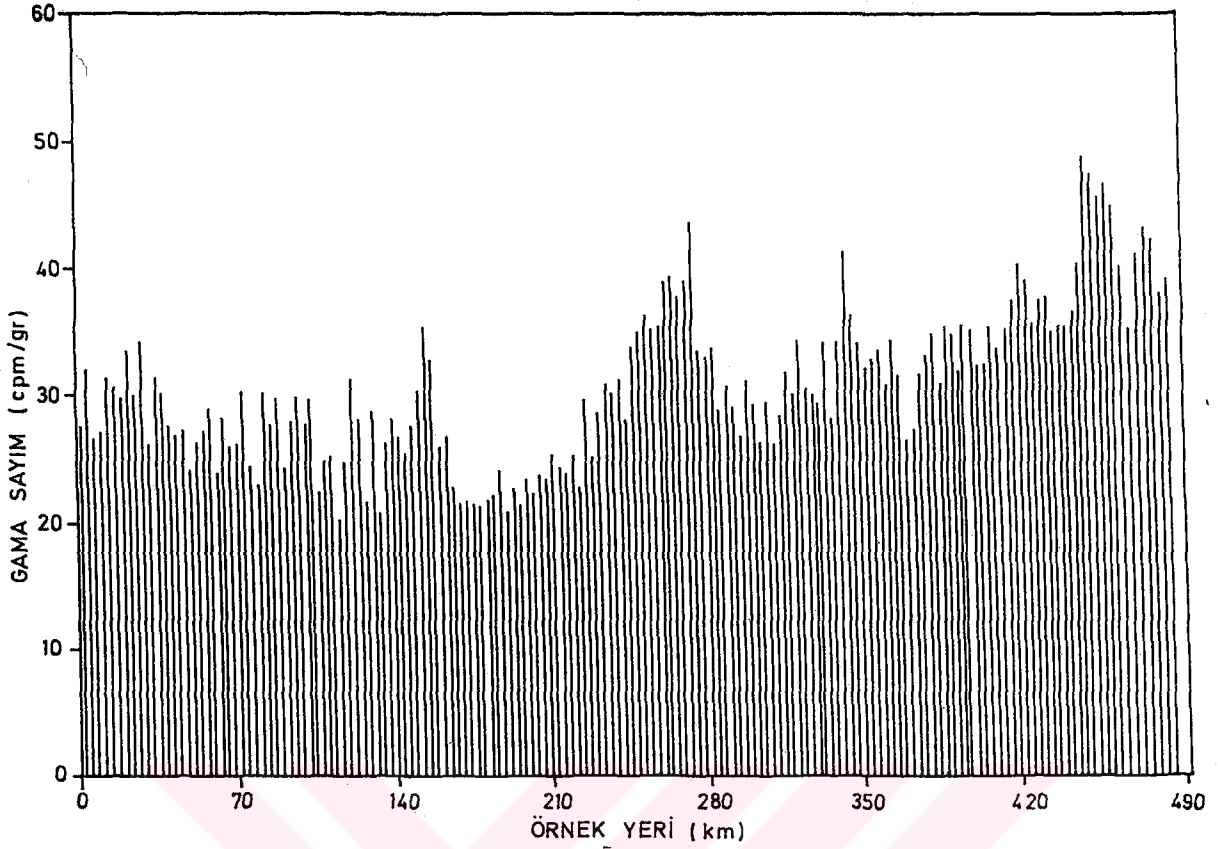


Şekil 32 B.M.Nehri sediment radyum değerleri frekans dağılımı

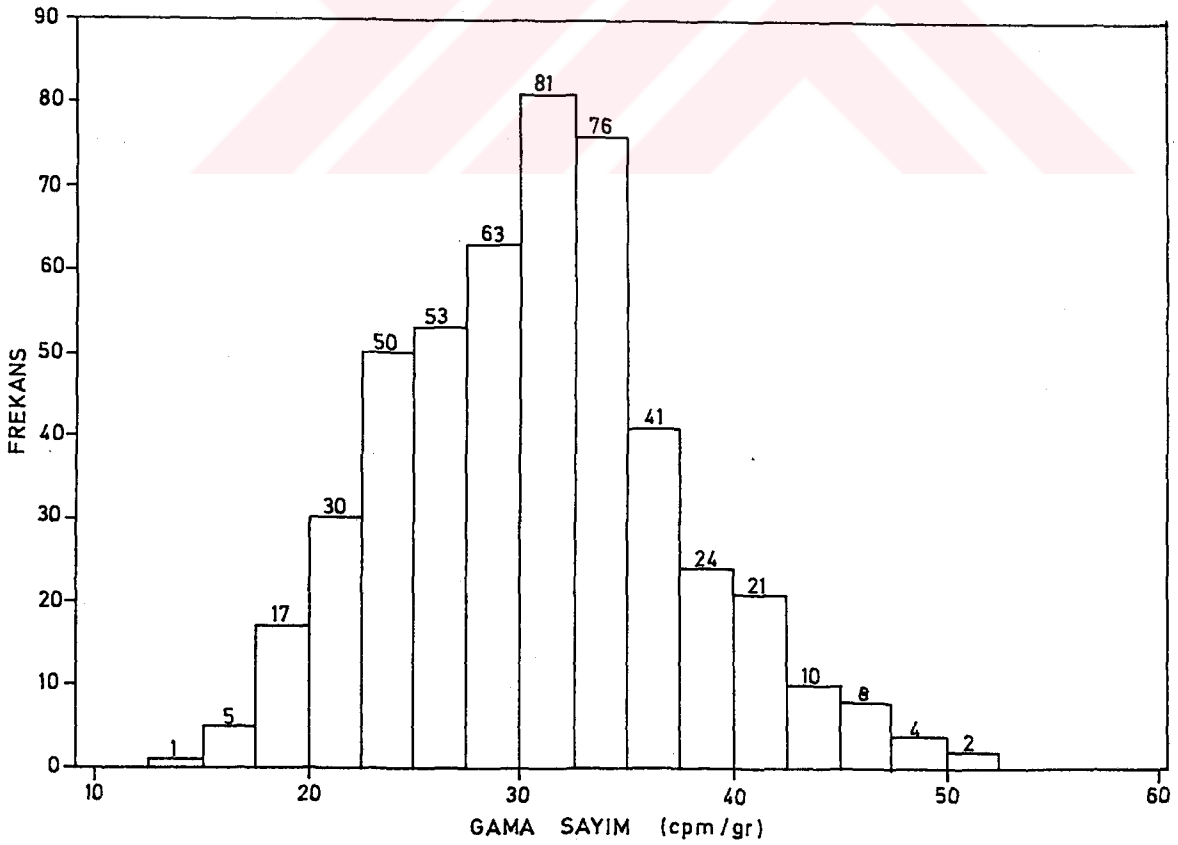
4-2-2 Dört kanallı analizör ile ölçüm sonuçları

Radyometrik ölçümlerle, arazi çalışmaları sırasında toplanan toprak ve sediment örneklerinin gama sayım, eU, eTh ve % K içerikleri dört kanallı gama analizör cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmalarımızda kullanılan cihaz ile, toprak ve sediment örneklerinin gama spektrometri yöntemiyle analizleri bölüm 3-2-2'de anlatıldığı şekilde, gama ışın enerjileri dört farklı enerji aralığında ve aynı anda yapılmıştır.

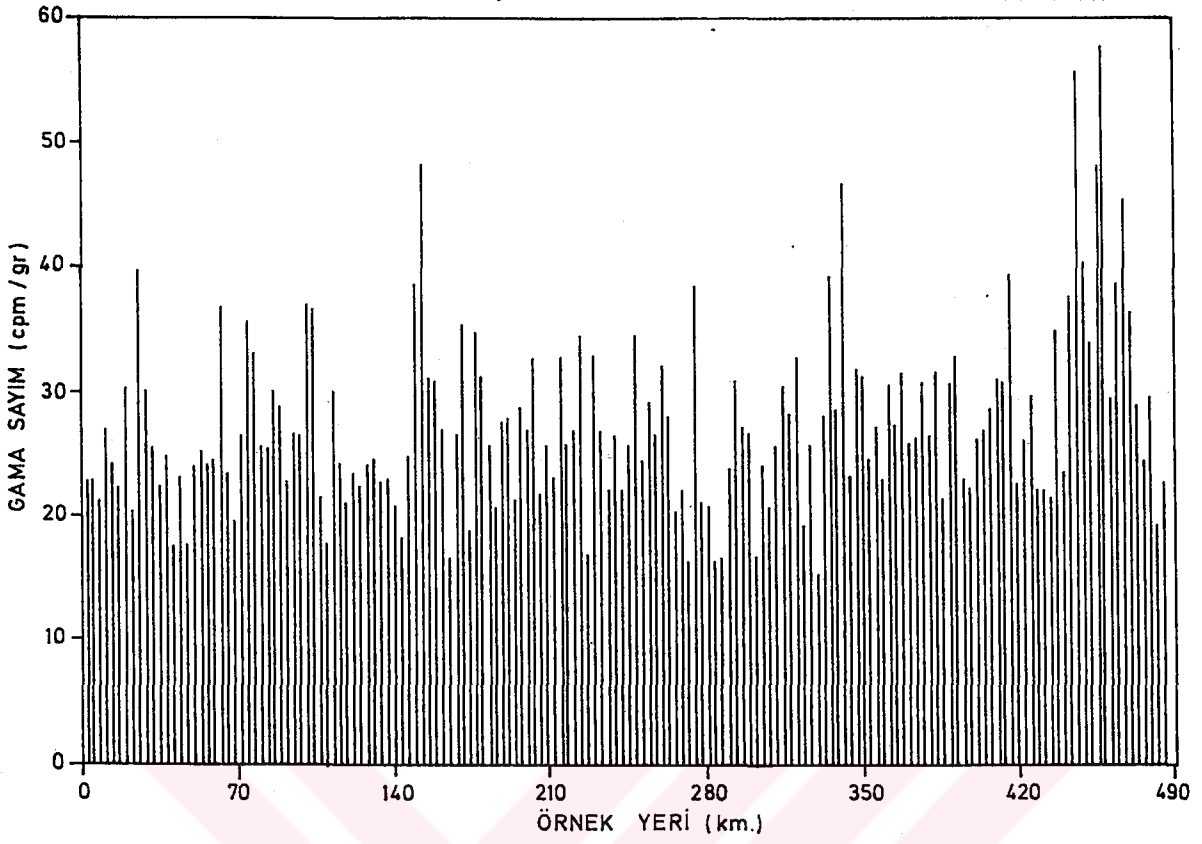
Toprak örneklerinde ölçülen gama sayım sonuçları şekil 33 ve frekans dağılımı şekil 34'de verilmiştir. Gama sayım sonuçları 20-30, 150-160, 260-280, 340-355 ve 430-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlarda belirgin tepe değerleri vermekte ve maksimum 51.74, minimum 14.94 ve ortalama 30.63 cpm/gr aktivite değerlerine sahip oldukları ölçülmüştür. Sediment örneklerinde yapılan gama sayım sonuçları şekil 35 ve frekans dağılımı şekil 36'da verilmiştir. Sediment örneklerinin gama sayım sonuçları 20-30, 70-110, 140-160, 275-280, 340-355, 400-420 ve 430-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlarda belirgin tepe değerleri vermektedir. Sedimentler için maksimum 75.92, minimum 12.24 ve ortalama 27.51 cpm/gr aktivite değerleri belirlenmiştir. Toprak örneklerinin dört kanallı analizör ile yapılan gama spektrometri eU sonuçları şekil 37'de ve frekans dağılımı şekil 38'de verilmiştir. 20-30, 70-100, 260-280, 340-355 ve 420-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlarla beraber bazı lokallerde de belirgin tepe değerleri veren toprak örneklerinin eşdeğer uranyum konsantrasyon değerleri maksimum 31.18, minimum 0.25 ve ortalama 9.97 ppm olarak ölçülmüştür. Sediment örneklerinin ölçülen eU sonuçları şekil 39'da ve frekans dağılımı şekil 40'da verilmiştir.



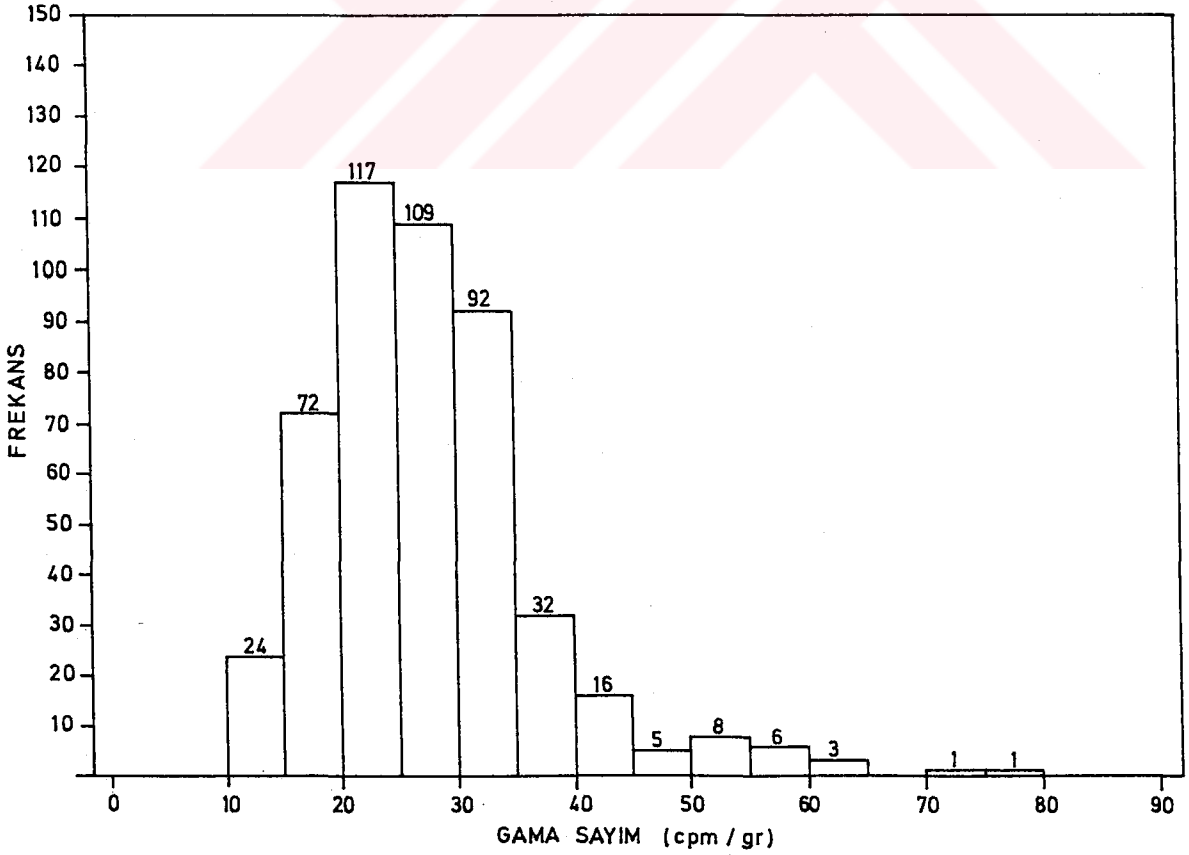
Şekil 33 B. M. Nehri toprak gama sayım (cpm/gr) değerleri



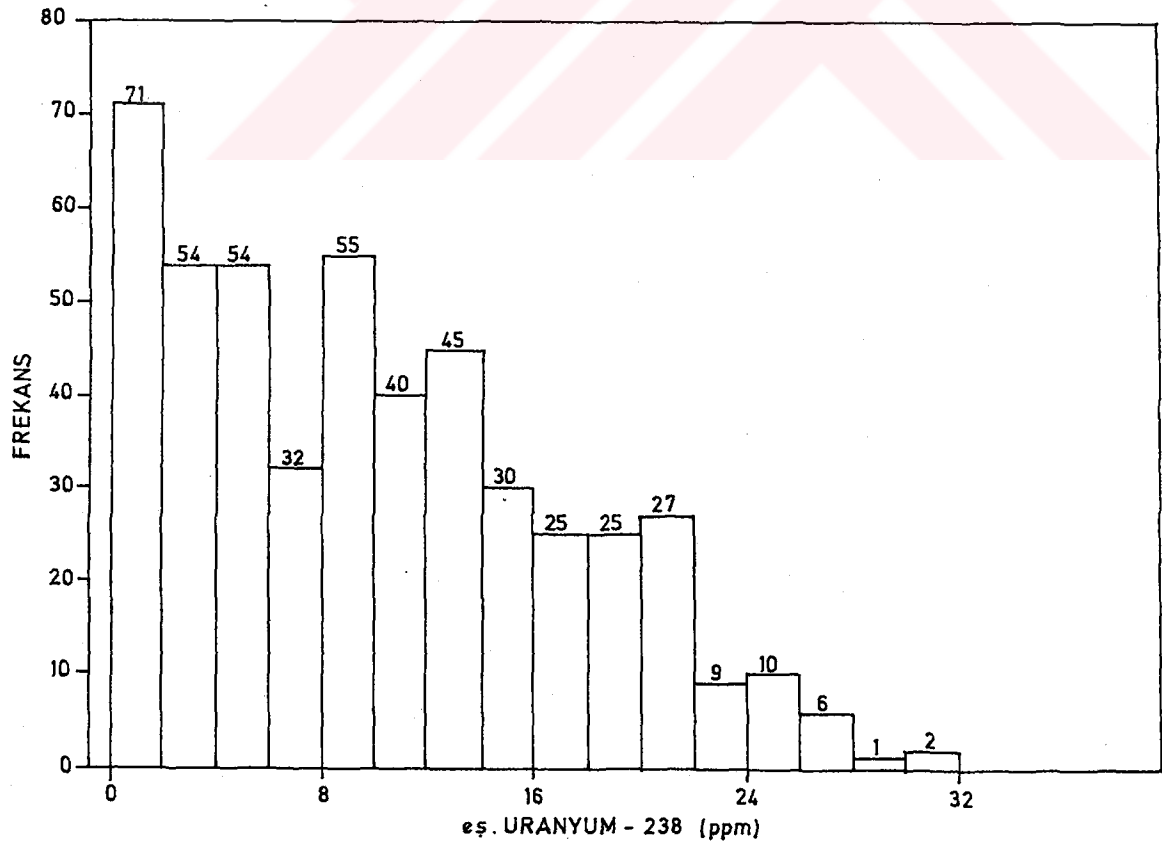
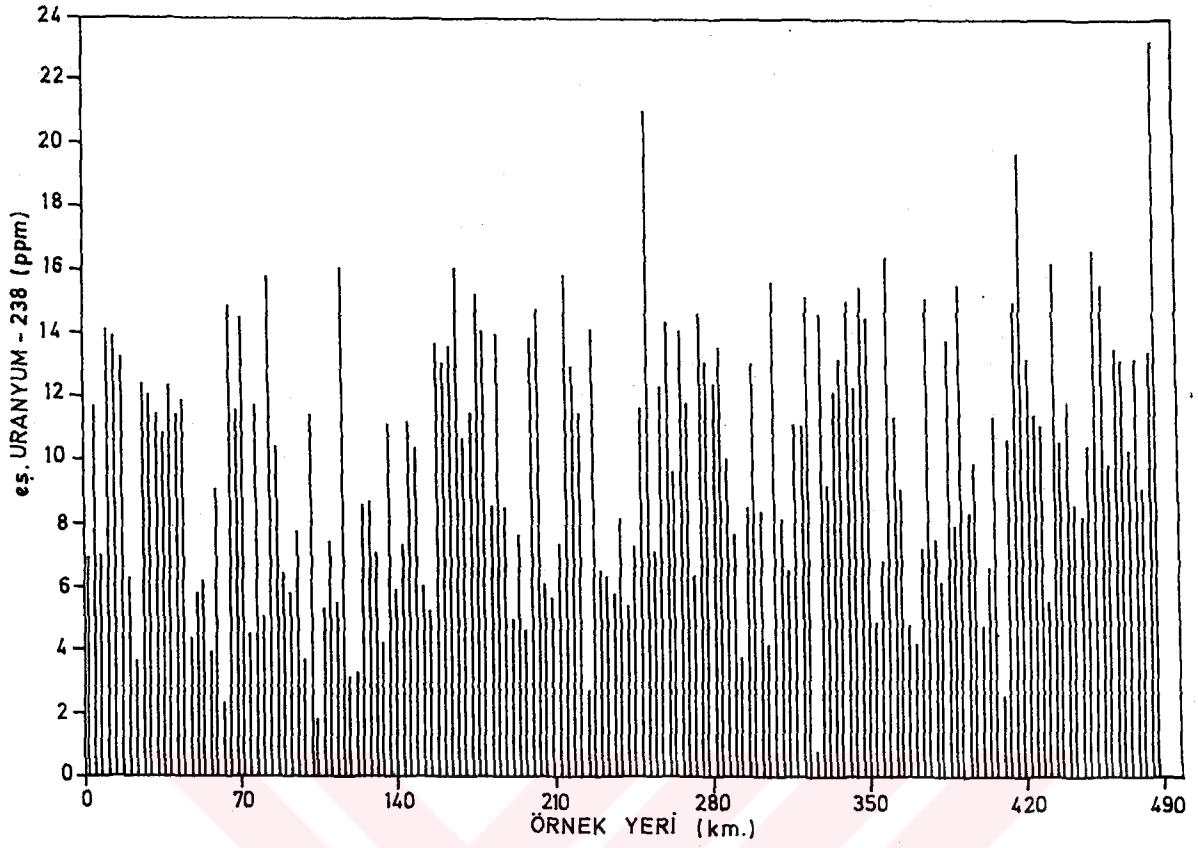
Şekil 34 B.M.Nehri toprak gama sayım değerleri frekans dağılımı

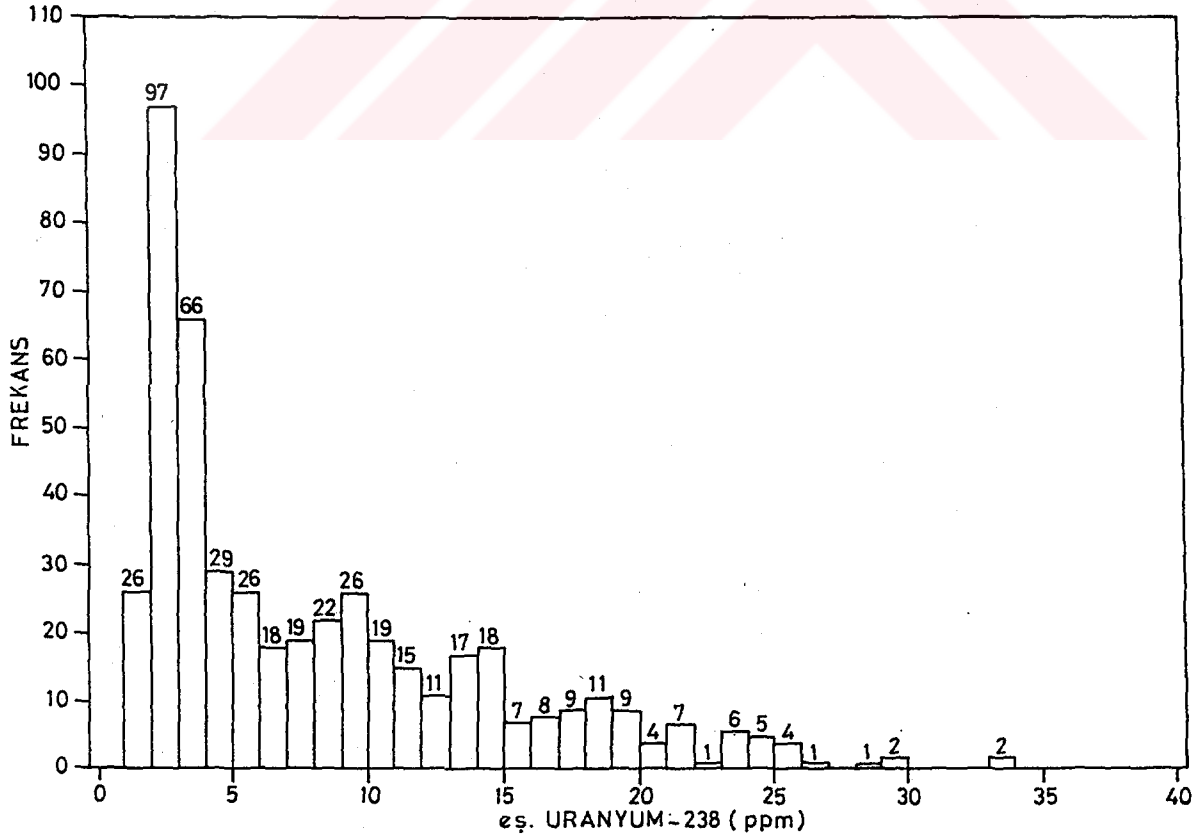
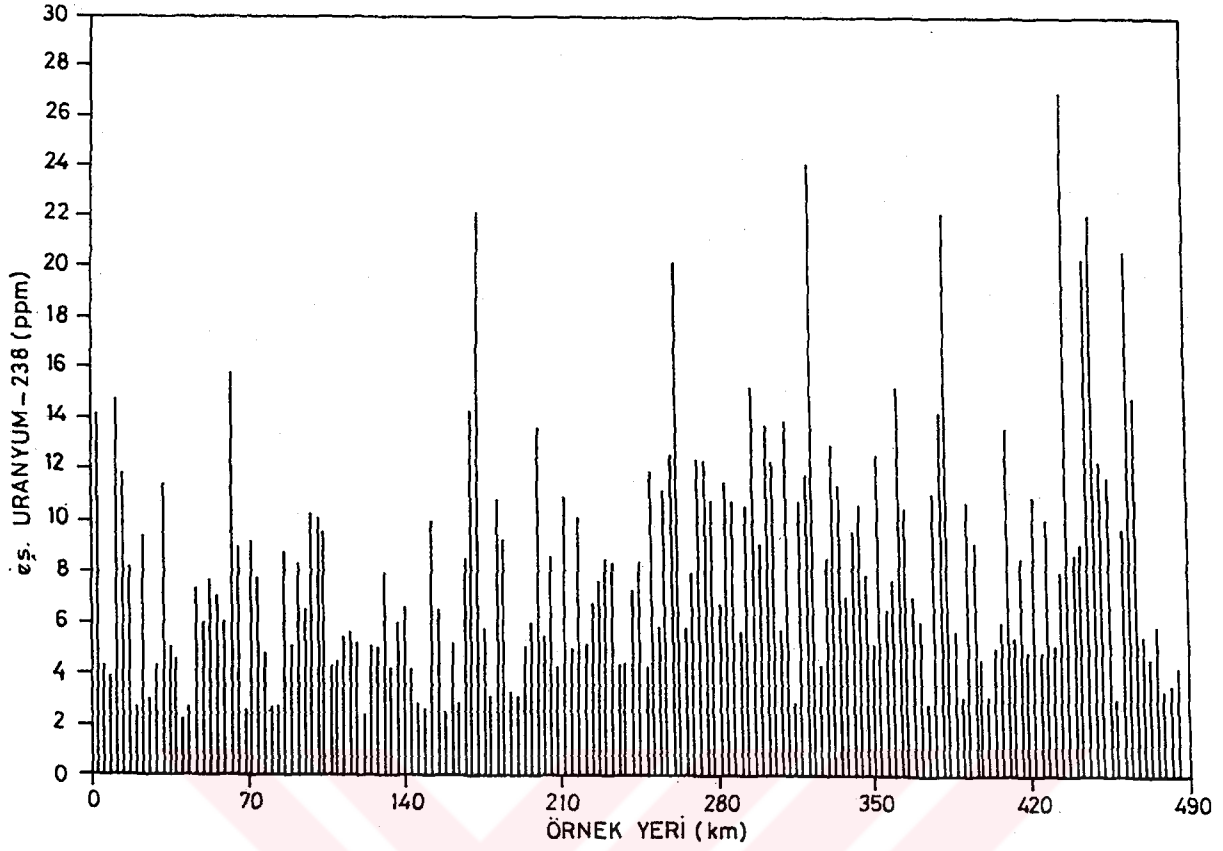


Şekil 35 B. M. Nehri sediment gama sayım (cpm/gr) değerleri



Şekil 36 B.M.Nehri sed. gama sayım değerleri frekans dağılımı

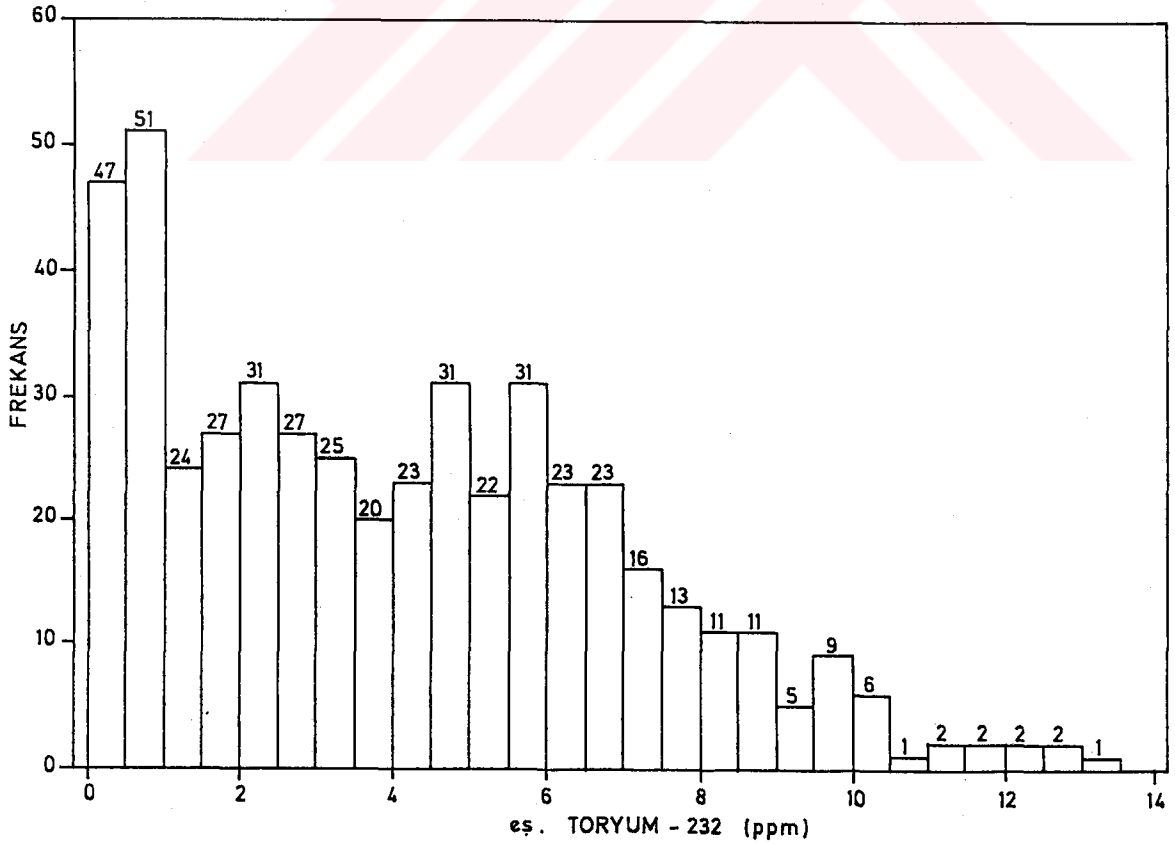
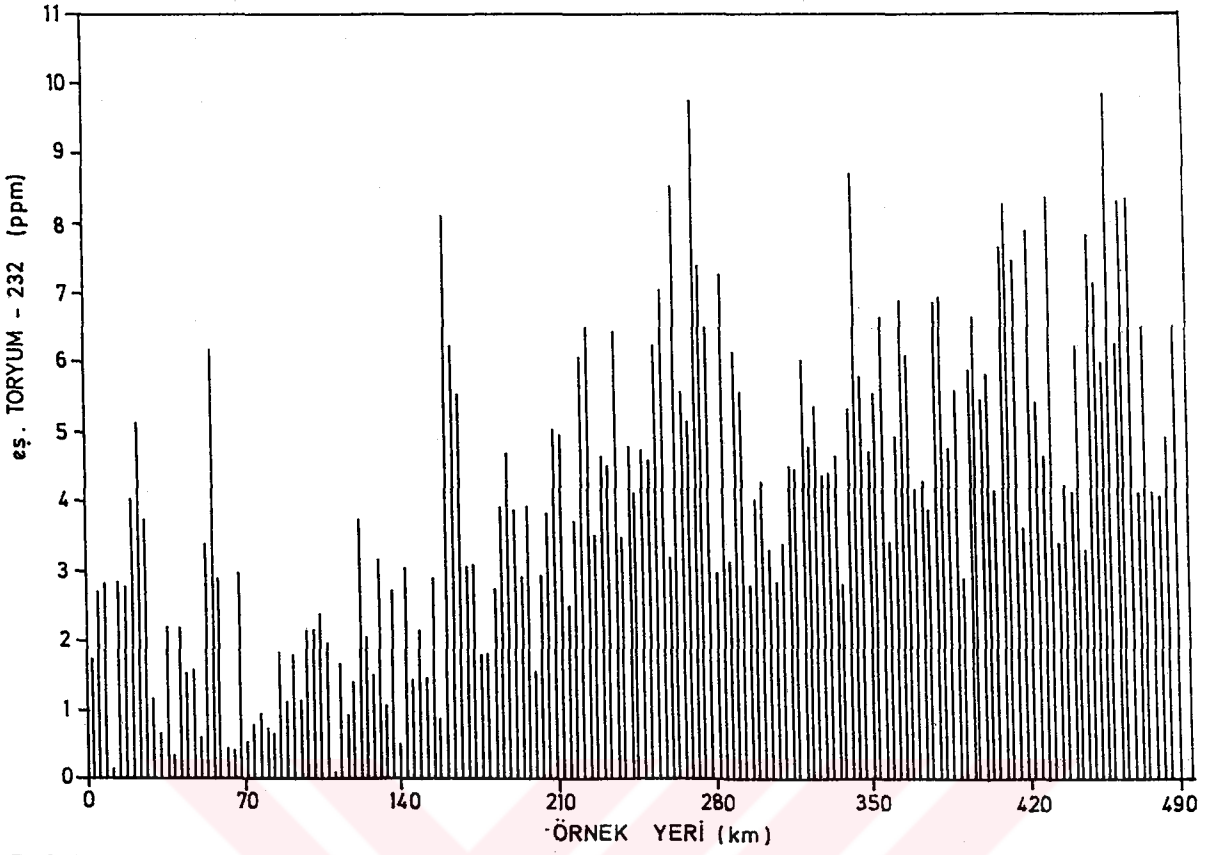


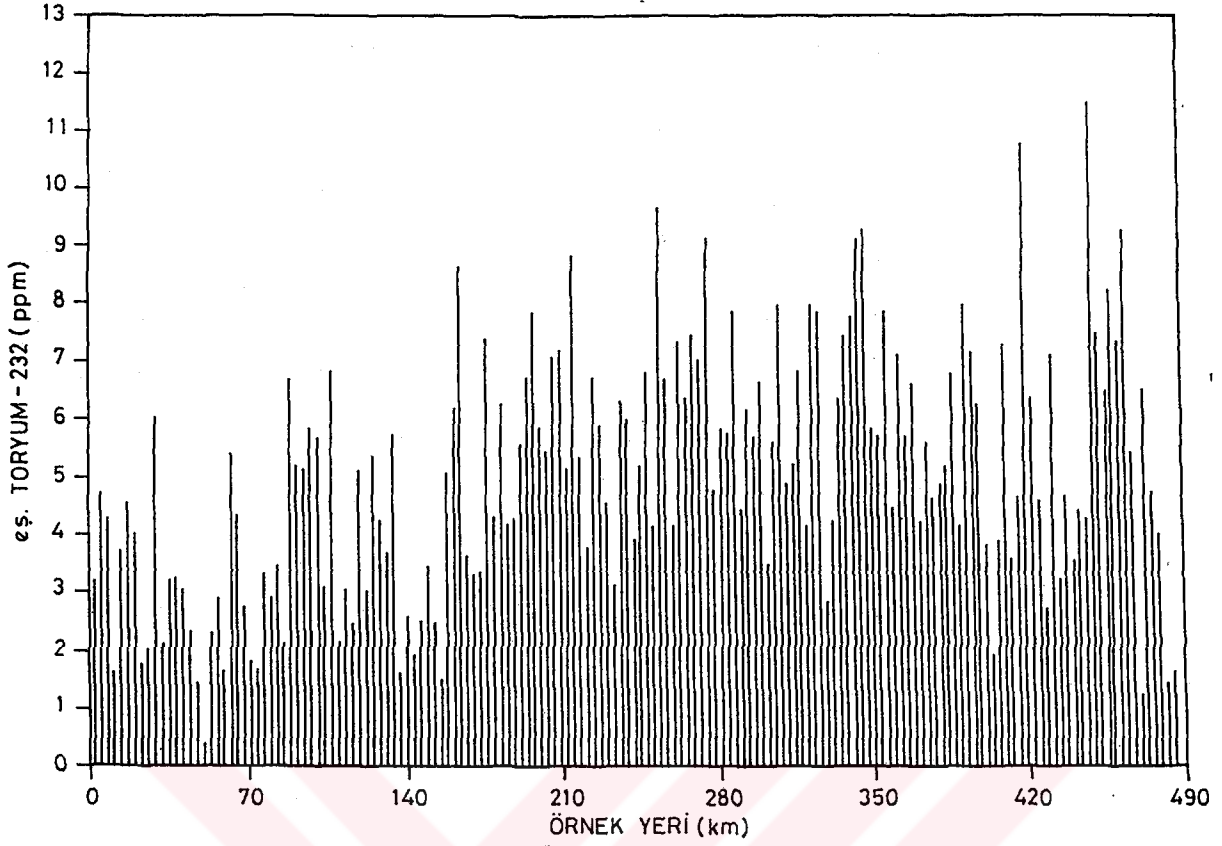


Toprak örnekleri eşdeğer uranyum değerlerine oranla daha belirgin tepe değerleri veren nehir sediment örnekleri 20-30, 60-70, 170-180, 260-280, 310-320, 370-380 ve 440-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlarda belirgin tepe değerleri vermektedir. Sedimentlerde eşdeğer uranyum konsantrasyonları maksimum 33.28, minimum 1.17 ve ortalama 8.35ppm olarak ölçülmüştür.

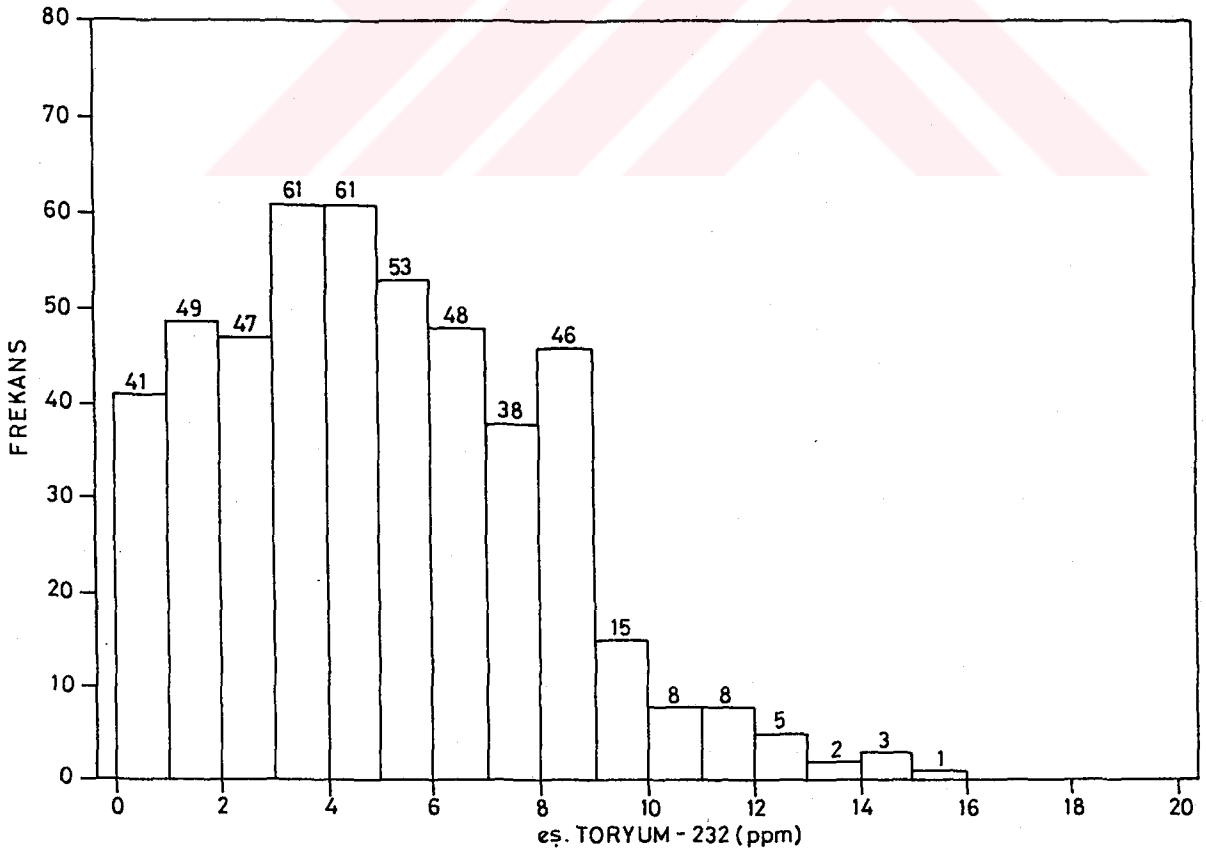
Nehir boyunca toplanan çevre toprak örneklerinin dört kanallı analizörle yapılan gama spektrometri eşdeğer toryum analizlerinden elde edilen sonuçlar şekil 41'de ve frekans dağılımı şekil 42'de verilmiştir. Toprak örneklerinin eTh değerleri nehrin dağlık bölgelerine doğru artış göstermekte ve 20-30, 50-60, 160-170, 250-280, 340-350, 400-420 ve 440-470'inci örnekleme noktaları arasındaki alanlarda belirgin tepe değerleri vermektedir. eTh değerleri maksimum 13.19, minimum 0.10 ve ortalama 9.97 ppm olarak ölçülmüştür. Nehir sediment örneklerinin ölçülen eşdeğer toryum konsantrasyon sonuçları şekil 43'de ve frekans dağılımı şekil 44'de verilmiştir. Sediment örneklerinde eTh değerleri nehrin yukarı bölgelerine doğru artmaktadır.

Büyük Menderes Nehri boyunca toplanan çevre toprak örneklerinin 4 kanallı analizörle yapılan gama spektrometri % K analizlerinden elde edilen sonuçlar şekil 45'de ve frekans dağılımı şekil 46'da verilmiştir. Toprak örneklerinin potasyum konsantrasyonları nehir yukarı doğru artmakta, maksimum % 9.34, minimum % 0.02 ve ortalama % 2.52 değerleri elde edilmiştir. Nehir sediment örneklerinde ölçülen % K konsantrasyon sonuçları şekil 47'de ve frekans dağılımları şekil 48'de verilmiştir. Ortalama olarak sediment örnekleri, toprak örneklerine oranla daha yüksek oranda potasyum içermektedir. Ve maksimum % 9.24, minimum % 0.06 ve ortalama % 4.23 olarak elde edilmiştir.

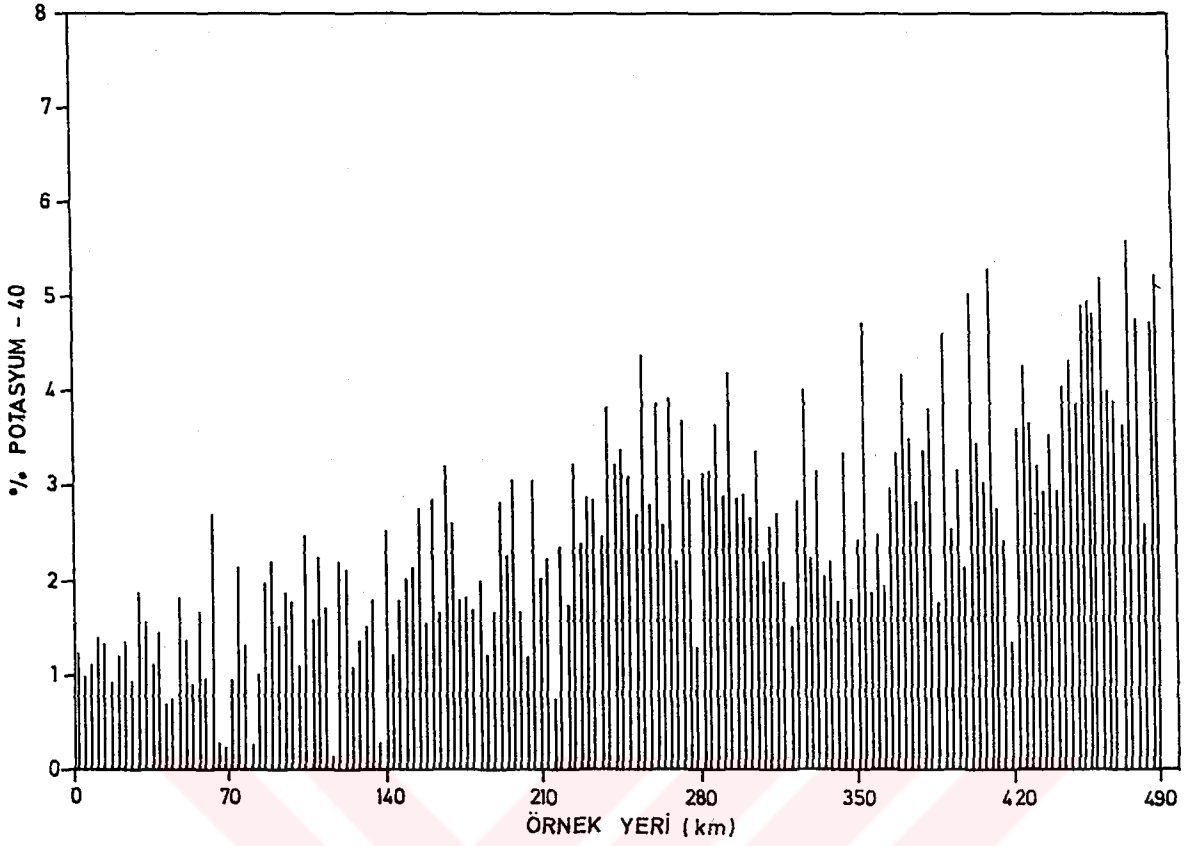




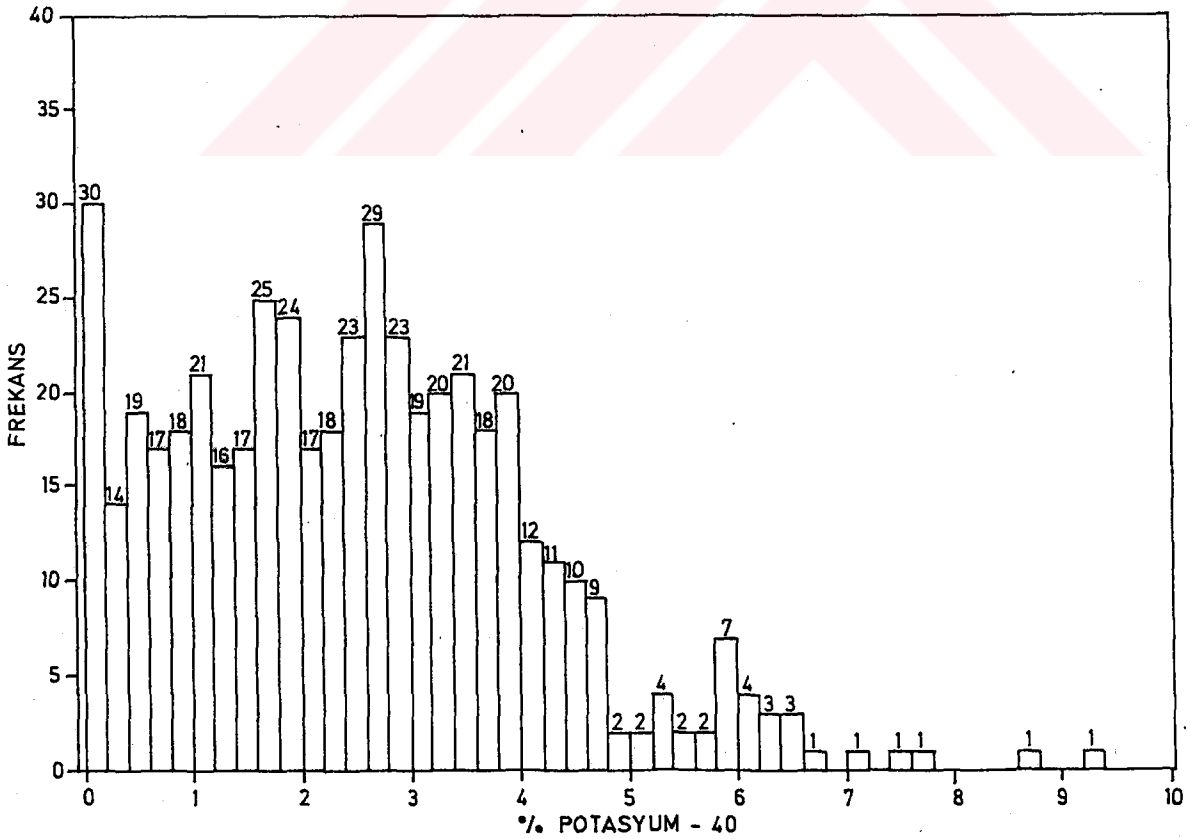
Şekil 43 B. M. Nehri sediment eTh (ppm) değerleri



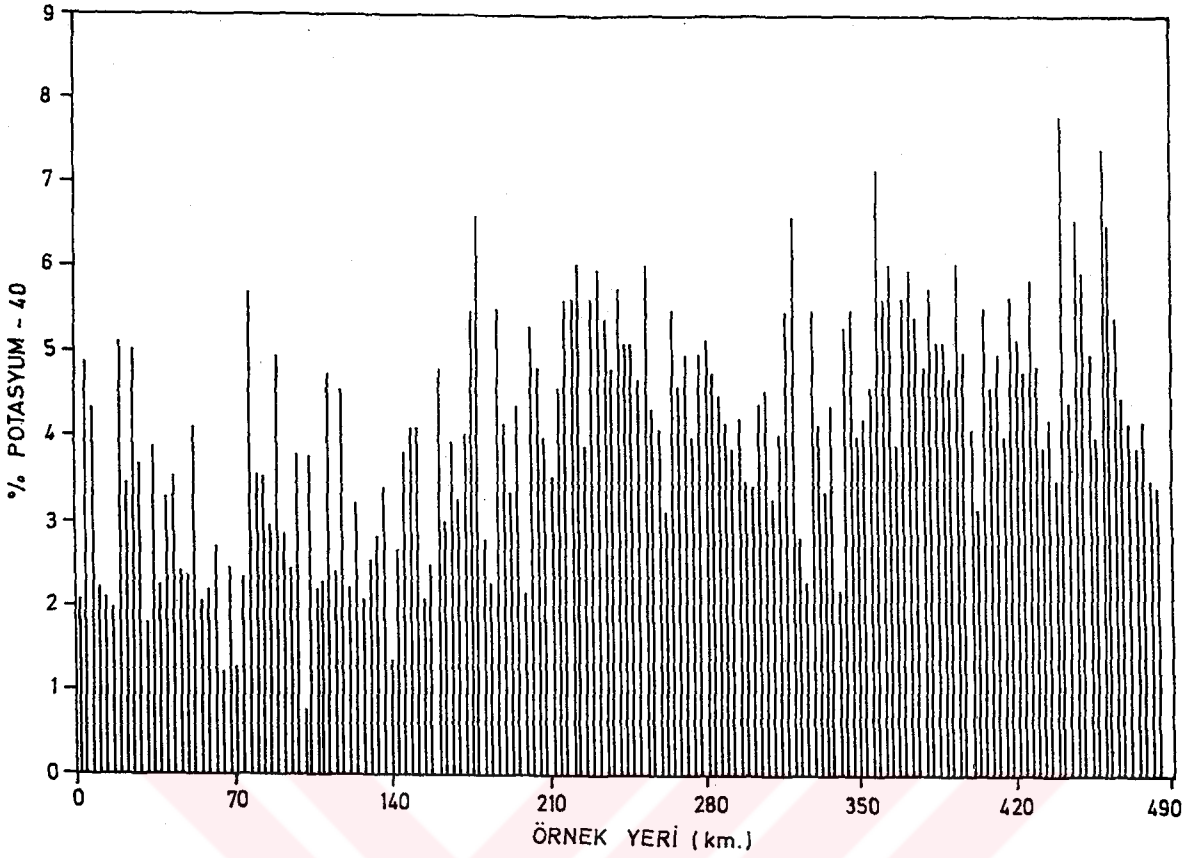
Şekil 44 B.M. Nehri sed. eTh (ppm) değerleri frekans dağılımı



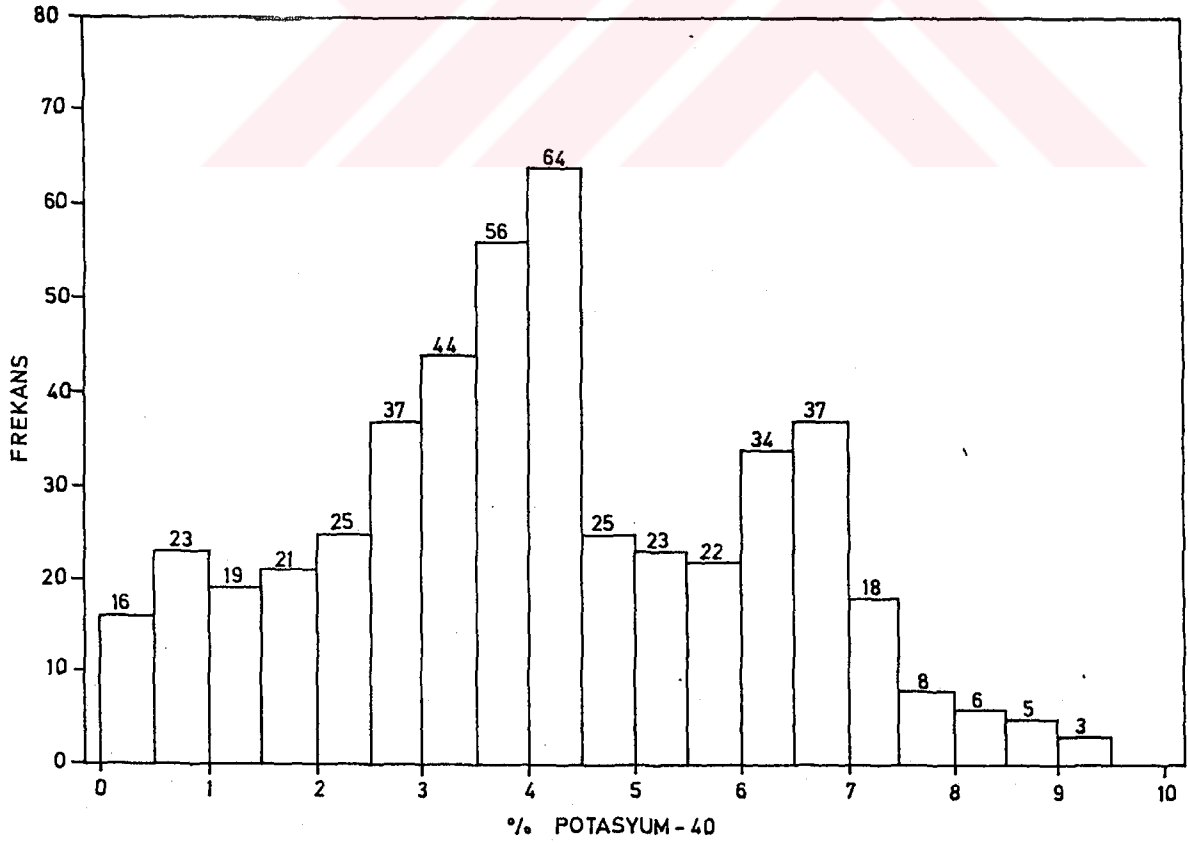
Şekil 45 B. M. Nehri toprak % K degerleri



Şekil 46 B.M. Nehri toprak % K degerleri frekans dagilimi



Şekil 47 B. M. Nehri sediment % K değerleri

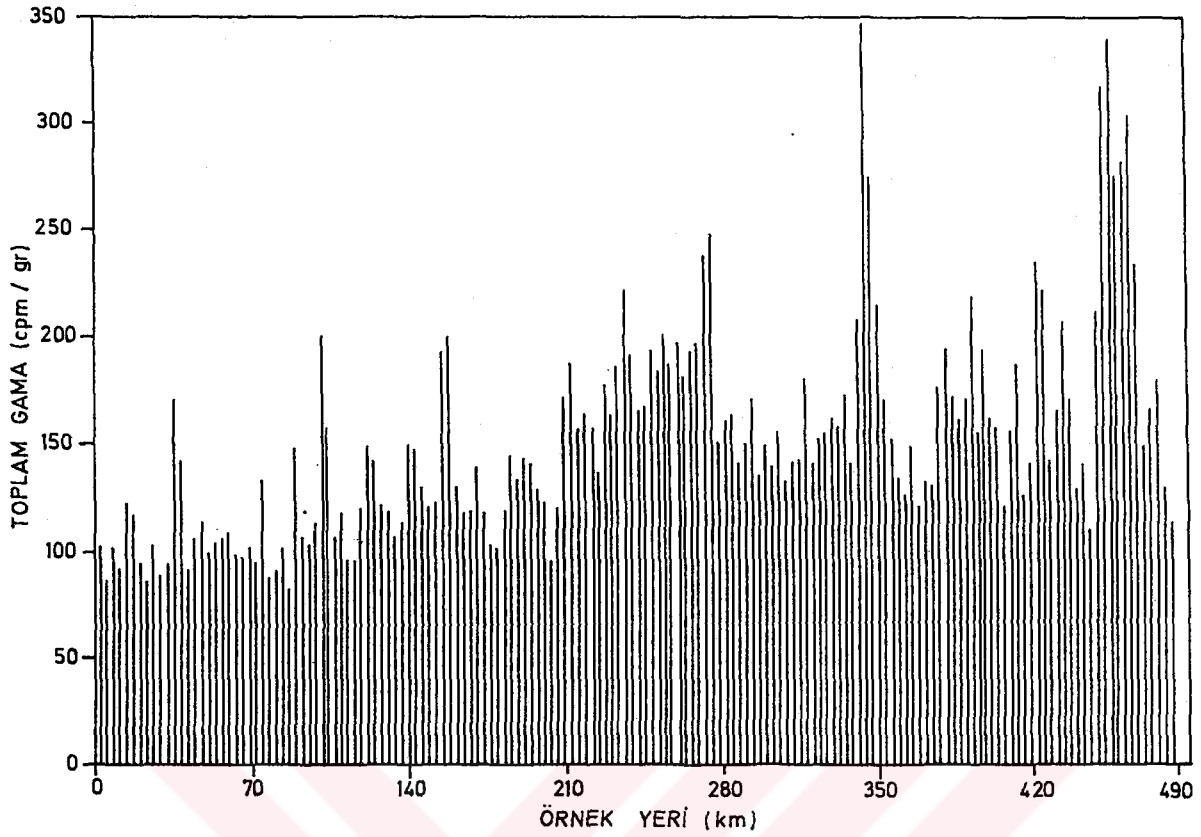


Şekil 48 B. M. Nehri sediment % K değerleri frekans dağılımı

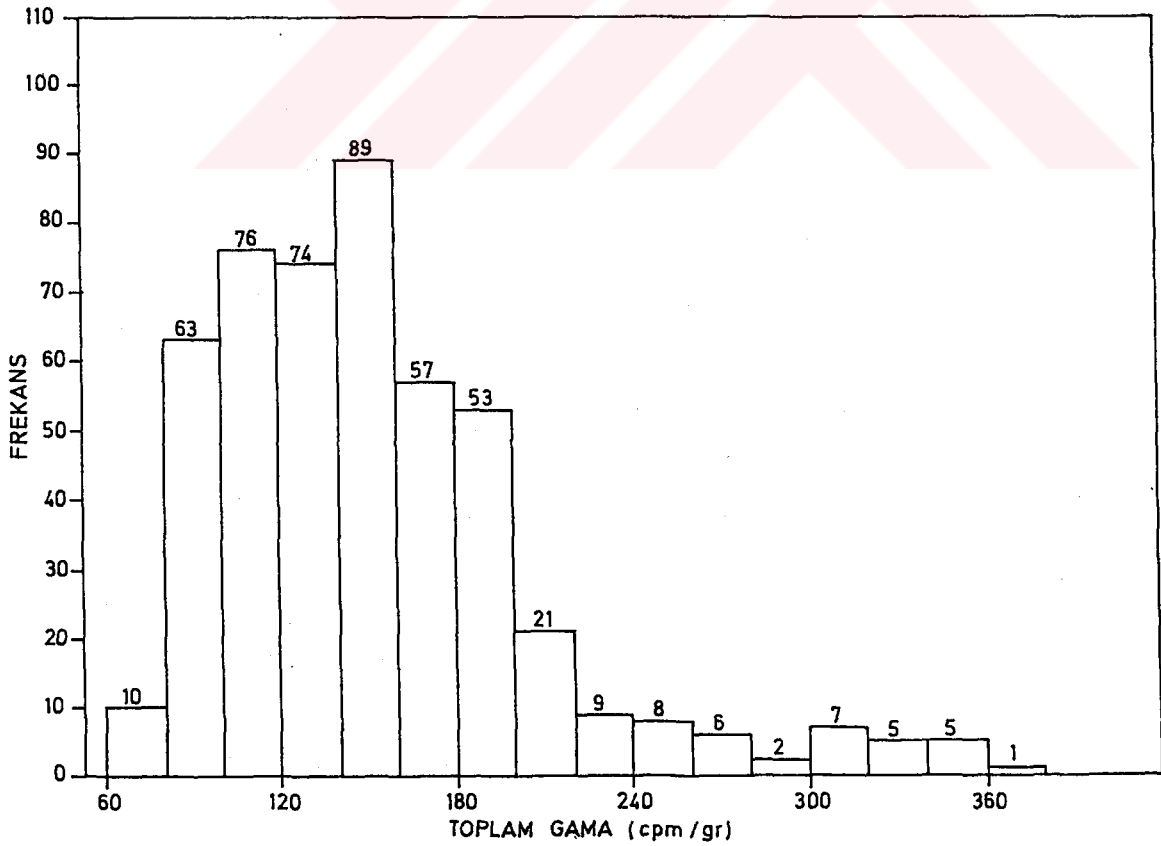
4-2-3 Tek kanallı analizör ile ölçüm sonuçları

Radyometrik ölçümleri desteklemek amacı ile, arazideki ölçüm noktalarından sistematik bir şekilde toplanan sediment ve toprak örneklerinin laboratuvarında ayrıca toplam gama (0.40-3.00 MeV) ölçümleride yapılmıştır. Tek kanallı gama analizör kullanılarak yapılan ölçümlerde de standard plastik örnek kutuları kutuları kullanılmıştır.

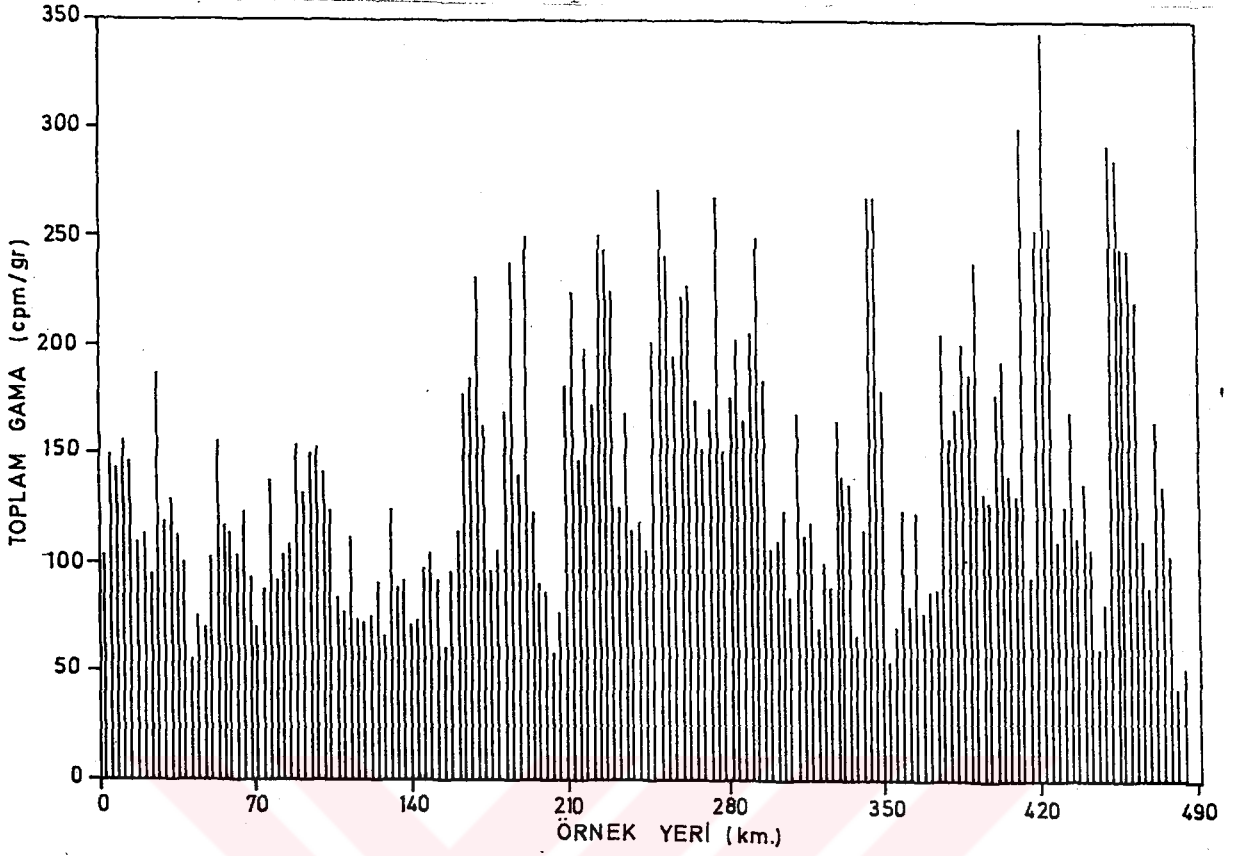
Nehir boyunca toplanan nehir çevresi toprak örneklerinin tek kanallı analizörle yapılan toplam gama ölçüm sonuçları şekil 49'da ve frekans dağılımı şekil 50'de verilmiştir. Özellikle 30-40, 95-105, 150-160, 230-280, 340-355 ve 440-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlarda toplam gama sonuçları belirgin tepe değerleri vermiştir. Büyük Menderes Nehri çevresinden toplanan 486 örnek toprak üzerinde yapılan ölçümler sonucu, toprak toplam gama değerleri maksimum 361.90 cpm/gr, minimum 64.10 cpm/gr ve ortalama 152.26 cpm/gr olarak elde edilmiştir. Nehir sediment örneklerinde ölçülen toplam gama değerleri şekil 51'de ve frekans dağılımı şekil 52'de verilmiştir. 20-30, 90-110, 150-160, 210-220, 260-280, 340-350, 410-420 ve 450-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlarda belirgin tepe değerleri ile bazı lokallerde yüksek toplam gama değerleri ölçülmüştür. Nehir sediment örneklerinin toprak örneklerine oranla daha fazla toplam gama radyasyon aktivitesine sahip oldukları belirlenmiştir. Nehir sediment örneklerinin toplam gama radyasyon ölçüm değerleri maksimum 552.28 cpm/gr, minimum 42.28 cpm/gr ve ortalama 142.72 cpm/gr olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar sediment örneklerinin diğer analiz sonuçları ile uyum içinde olduğu gözlenmiştir.



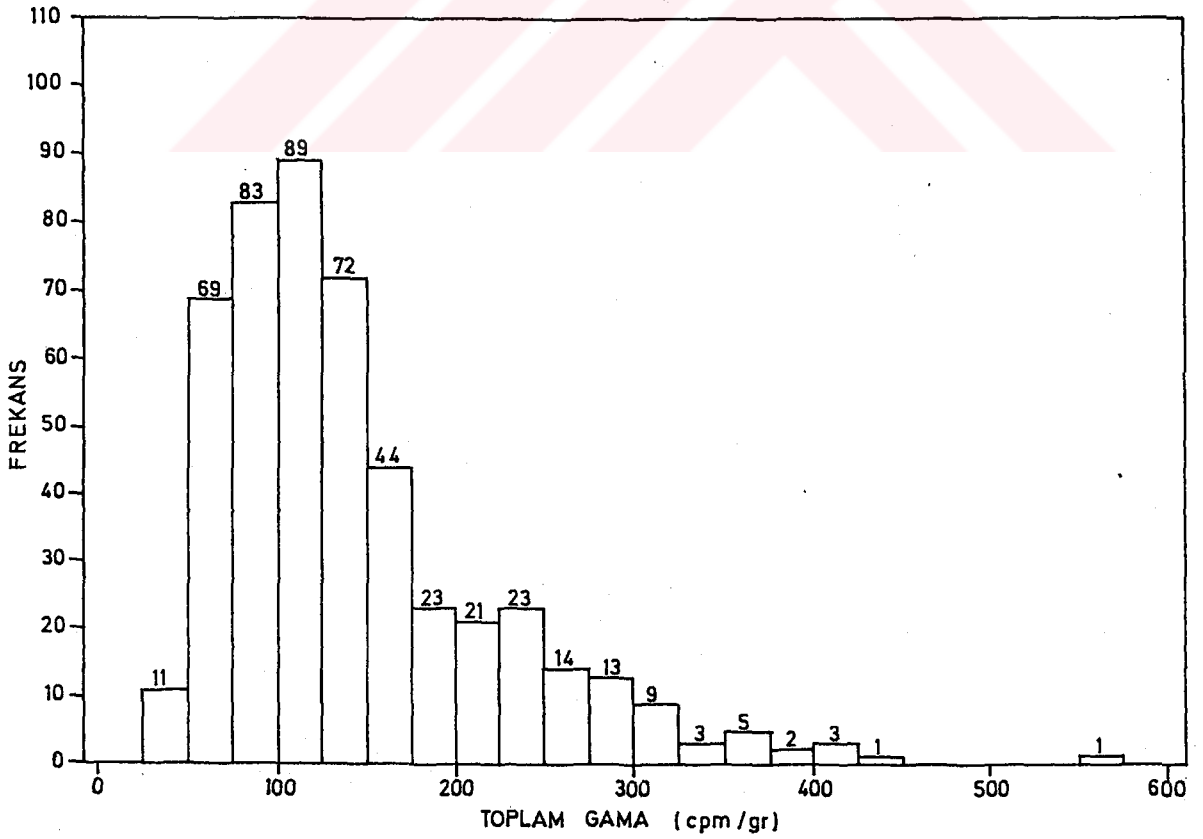
Şekil 49 B. M. Nehri toprak toplam gama (cpm/gr) değerleri



Şekil 50 B.M.Nehri top. toplam gama değerleri frekans dağılımı



Şekil 51 B. M. Nehri sediment toplam gama (cpm/gr) değerleri

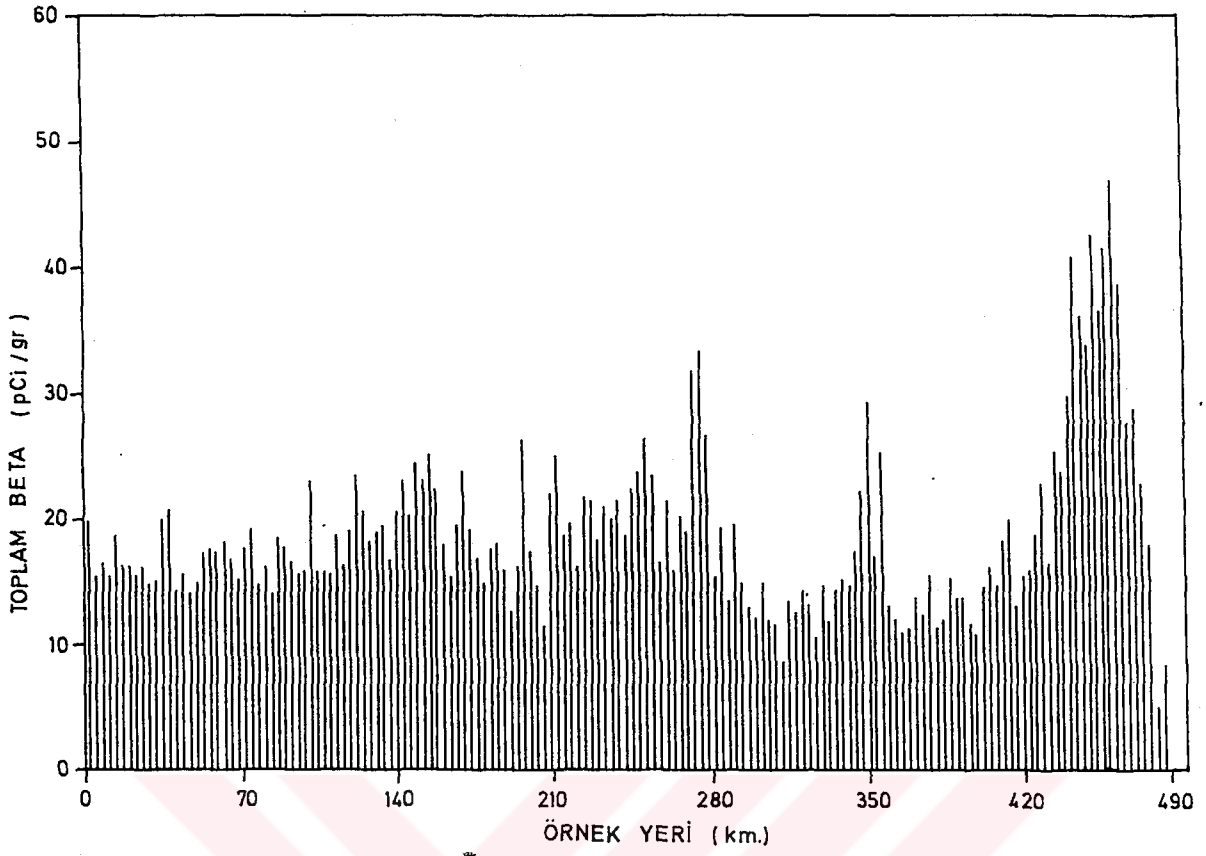


Şekil 52 B.M.Nehri sed. toplam gama değerleri frekans dağılımı

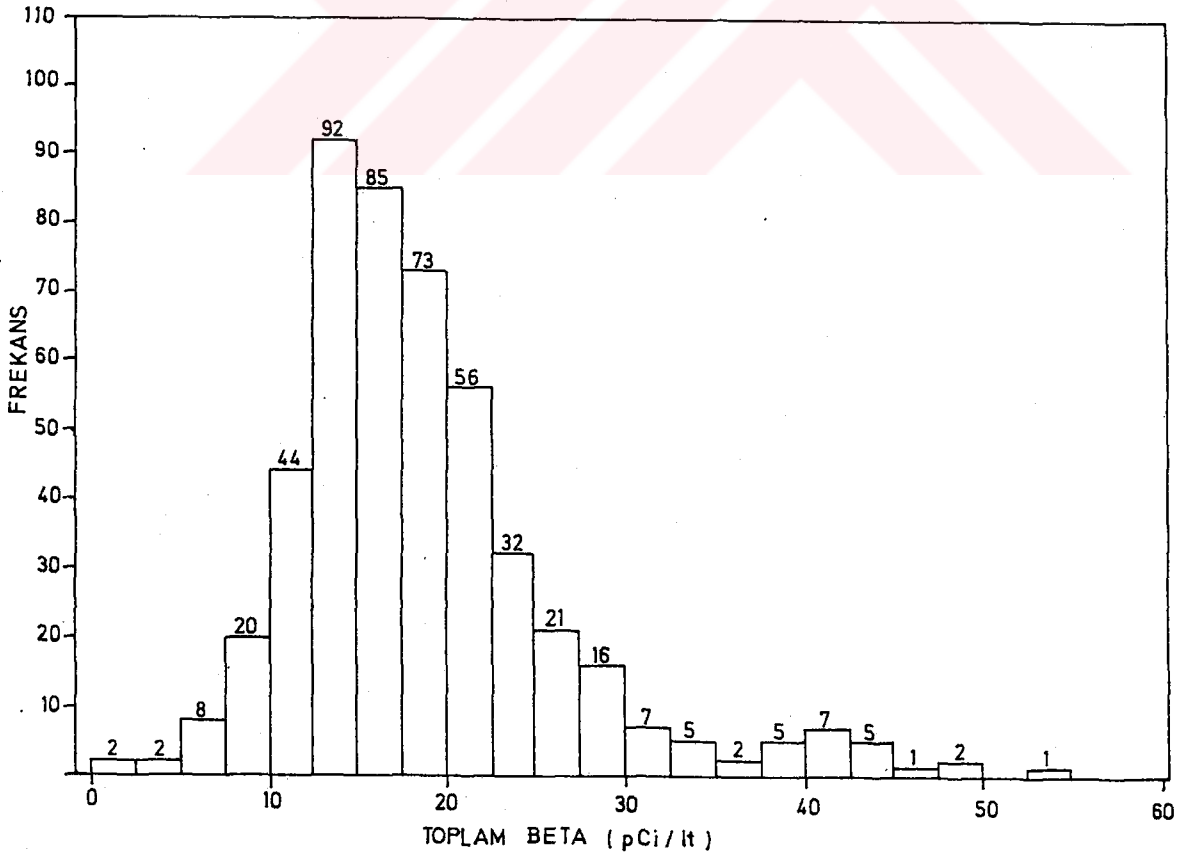
4-2-4 Toplam beta ölçüm sonuçları

Nehir boyunca sistematik olarak toplanan nehir sediment ve çevre toprak örneklerinin toplam beta aktivitelerinin belirlenmesi antikoincidans elektronik devreli ve koruyucu tüplü G-M sayacı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 0.5 gramlık standart KCl kaynağı kullanılarak yapılan sayımlardan, sayacın veriminin % 11.7 ve ortalama art ortam sayımı <1 cpm olarak elde edilmiştir.

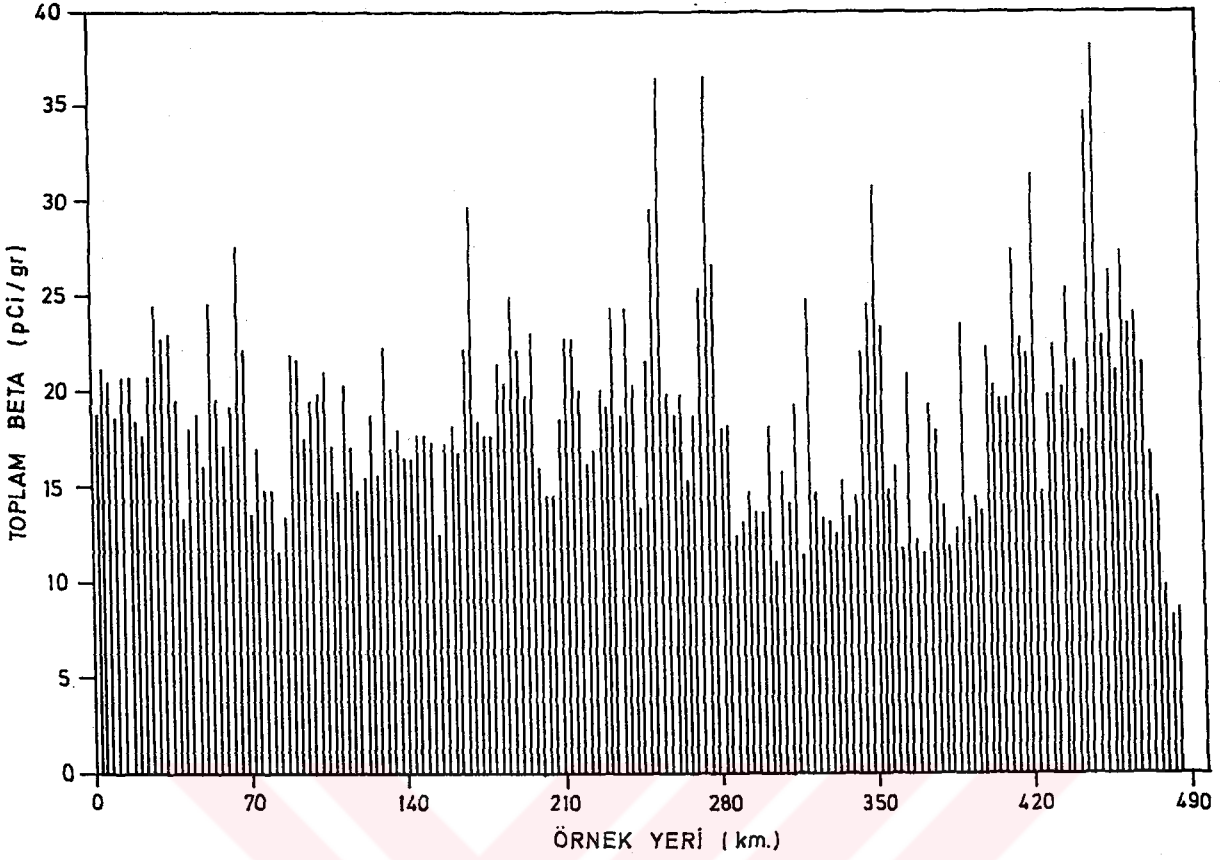
Nehir çevre toprak örneklerinde ölçülen toplam beta aktivite sonuçları şekil 53'de ve frekans dağılımı şekil 54'de verilmiştir. Büyük Menderes Nehri boyunca toprak toplam beta aktivite sonuçları 50-60, 105-110, 140-160, 270-280, 345-355 ve 430-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlarda belirgin tepe değerleri göstermektedir. 486 örnek toprak üzerinde yapılan toprak toplam beta aktivite ölçümleri sonucu maksimum 53.50 pCi/gr, minimum 1.86 pCi/gr ve ortalama 18.70 pCi/gr değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar toprak örneklerinde dört kanallı analizörle ölçülen yüzde potasyum değerleri ile tam bir uyum göstermemekle beraber nehir boyunca yapılan diğer ölçüm sonuçları ile aynı alanlarda yükselti vermektedir. Nehir sediment örneklerinde aynı yöntem kullanılarak ölçülen toplam beta aktivite sonuçları şekil 55'de ve frekans dağılımı şekil 56'da verilmiştir. Sediment örneklerinin toplam beta aktivite değerleri 20-30, 75-85, 105-110, 155-165, 260-280, 345-355 ve 410-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlarda ve nehir boyunca bir çok lokallerde belirgin tepe değerleri vermektedir. 486 sediment örneğinde yapılan toplam beta aktivite ölçüm sonuçları diğer sonuçlarla uyum içinde ve maksimum 41.13, minimum 6.33 ve ortalama 19.07 pCi/gr elde edilmiştir.



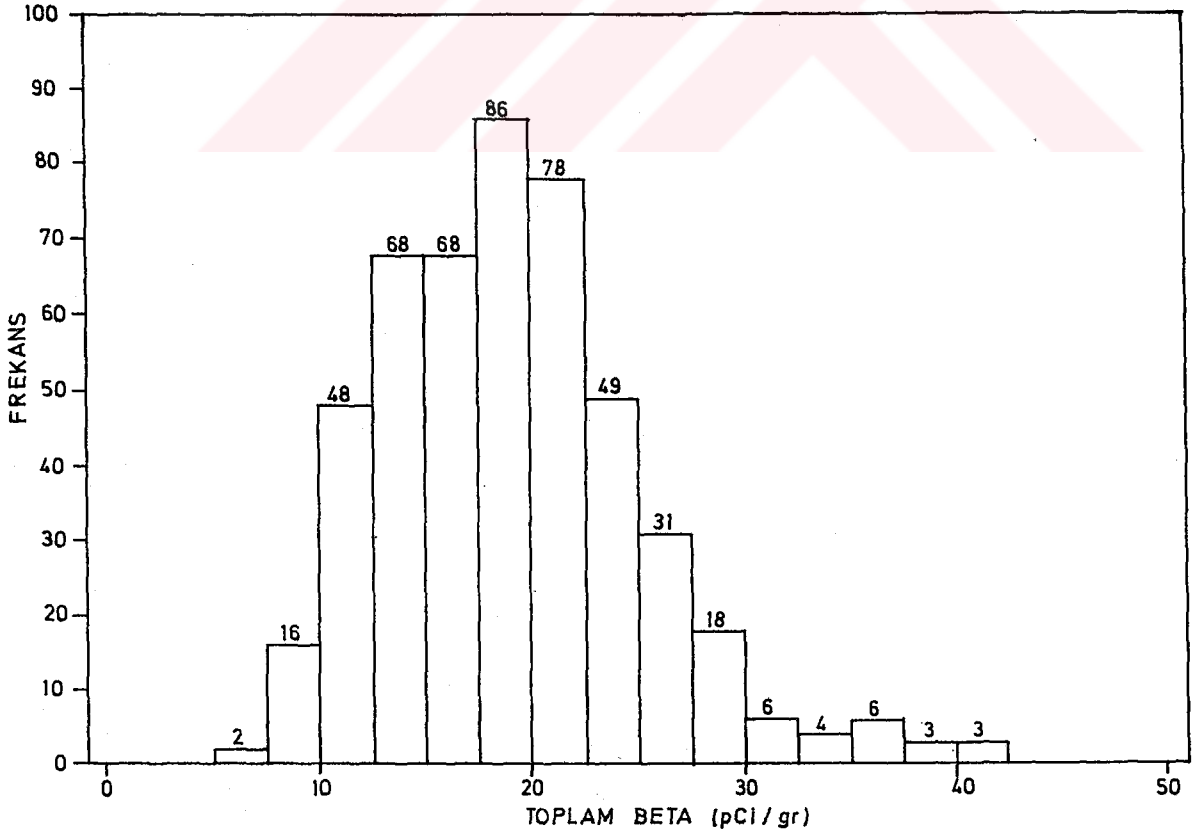
Şekil 53 B. M. Nehri toprak toplam beta (pCi/gr) değerleri



Şekil 54 B.M.Nehri top. toplam beta değerleri frekans dağılımı



Şekil 55 B. M. Nehri sediment toplam beta (pCi/gr) değerleri

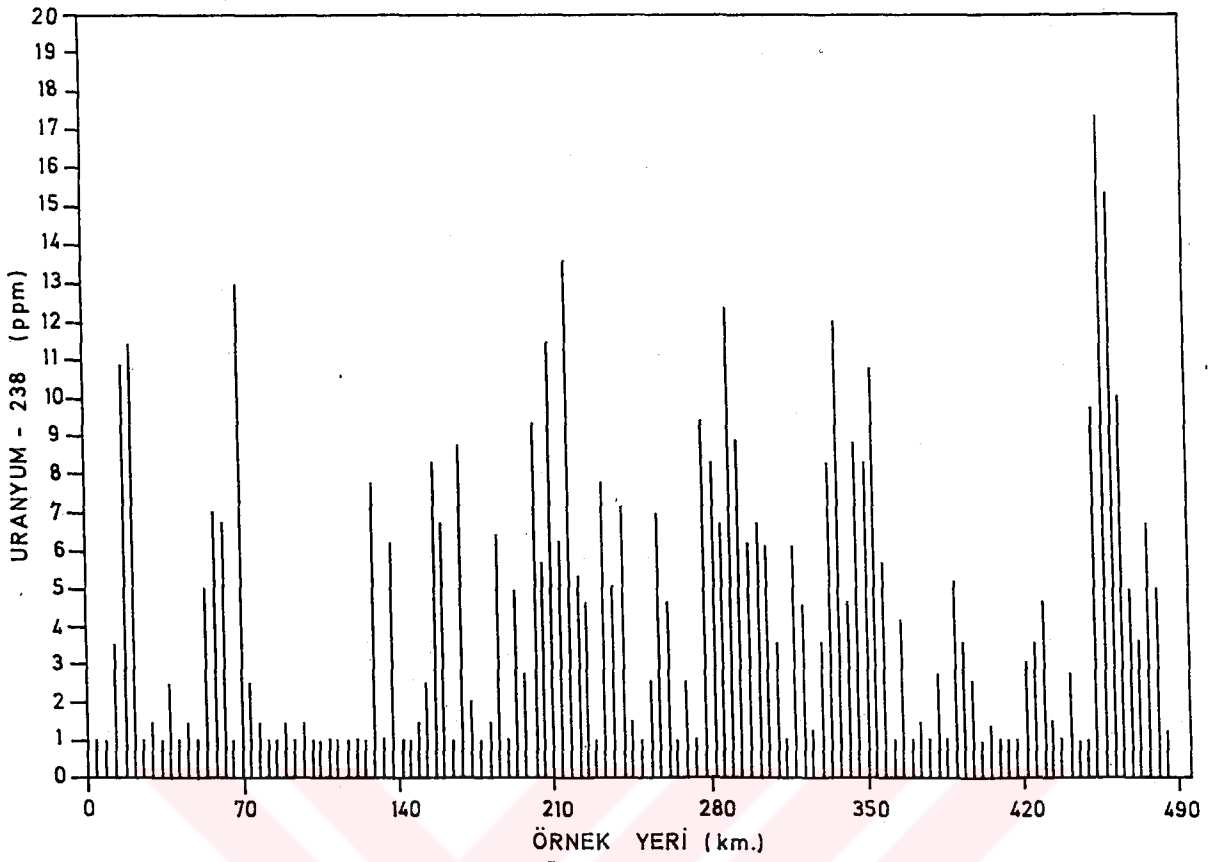


Şekil 56 B.M.Nehri sed. toplam beta değerleri frekans dağılımı

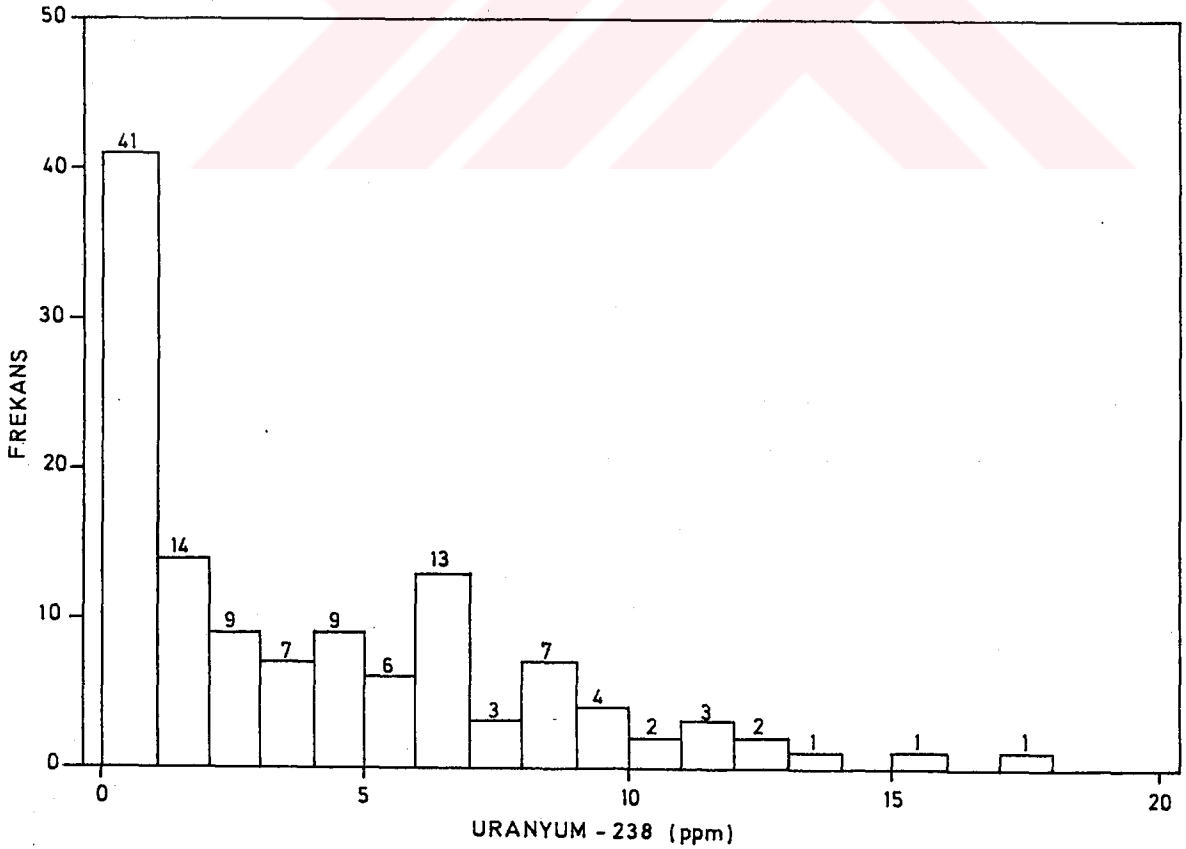
4-2-5 Asidik liçing yöntemi ile uranyum tayin sonuçları

Bu çalışmada toprak ve sediment örneklerindeki uranyum konsantrasyonlarını tayin etmek için yapılan analizlerde, örnekler asidik liç edilmiş ve liçing çözeltisindeki uranyum konsantrasyonu spektrofotometrik yöntemle tayin edilmiştir. Organik fazdaki uranyum kompleksinin absorbanansı spektrofotometrede 395nm'de kör çözeltiye karşı ölçülmüş ve yapılan kalibrasyon değerleri ile karşılaştırılarak çözelti içindeki uranyum tayin edilmiştir.

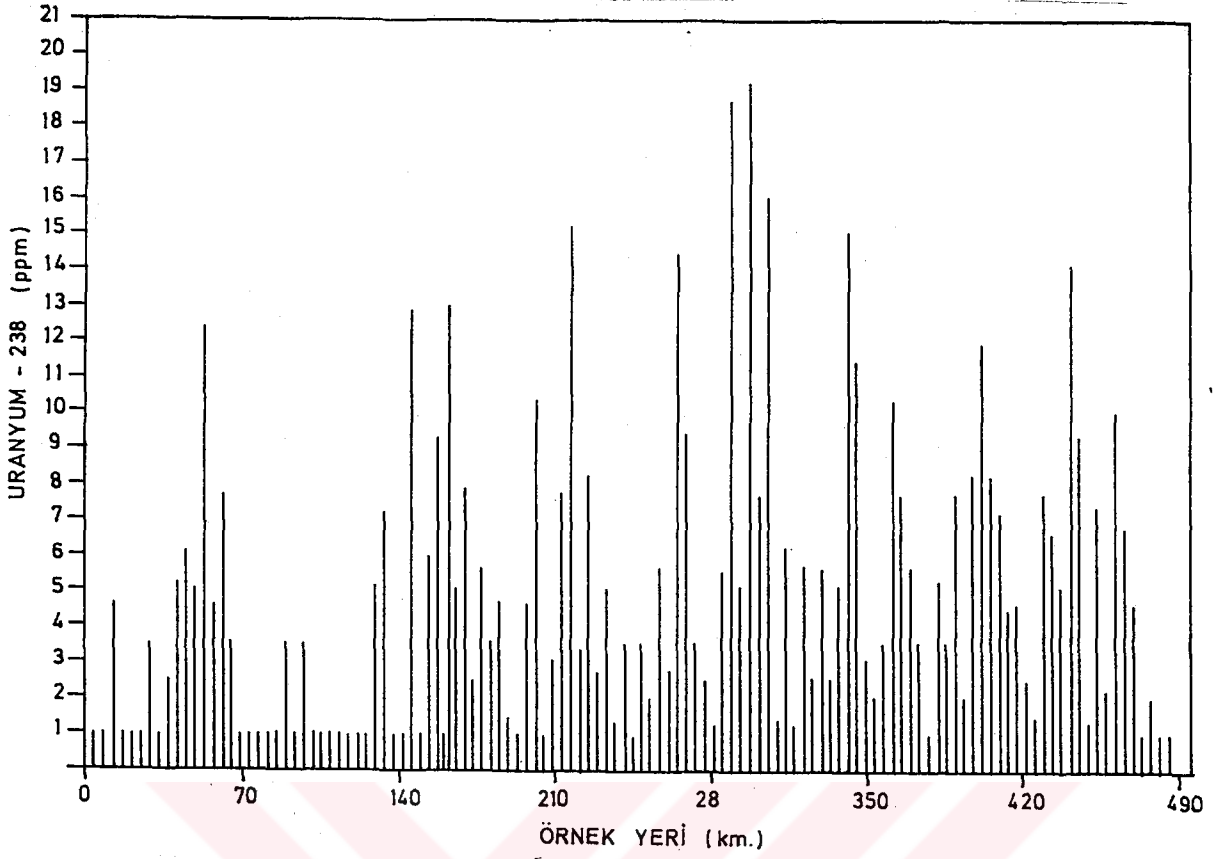
Büyük Menderes Nehri boyunca toplanan çevre toprak ve nehir sediment örneklerinden periyodik aralıklarla seçilen her dört örnekten bir tanesinde uranyum analizleri bu yöntemle yapılmıştır. 124 tane çevre toprak örneğinde belirlenen uranyum konsantrasyon sonuçları şekil 57'de ve frekans dağılımı şekil 58'de verilmiştir. Toprak örneklerinin uranyum konsantrasyonlarında 20-30, 60-70, 155-165, 200-210, 275-290, 335-355 ve 445-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlar ve bazı lokallerde belirgin tepe değerleri elde edilmiştir. Çevre topraklarda maksimum 17.34 ppm, minimum 0.93 ppm ve ortalama 4.19 ppm uranyum ölçülmüştür. Aynı aralıkla 486 nehir sediment örneğinin 124 tanesinde belirlenen uranyum değerleri şekil 59'da ve frekans dağılımı şekil 60'da verilmiştir. 60-70, 150-160, 210-220, 260-270, 285-300, 300-340, 400-420 ve 450-470'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlardaki sediment uranyum konsantrasyonlarında belirgin tepe değerleri elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucu sedimentlerde maksimum 19.25 ppm, minimum 0.936 ppm ve ortalama 4.82 ppm uranyum ölçülmüştür. Nehir boyunca toprak ve sediment örneklerinin uranyum değerlerinin dağılımları diğer sonuçlar ile uyum içinde olduğu gözlenmiştir.



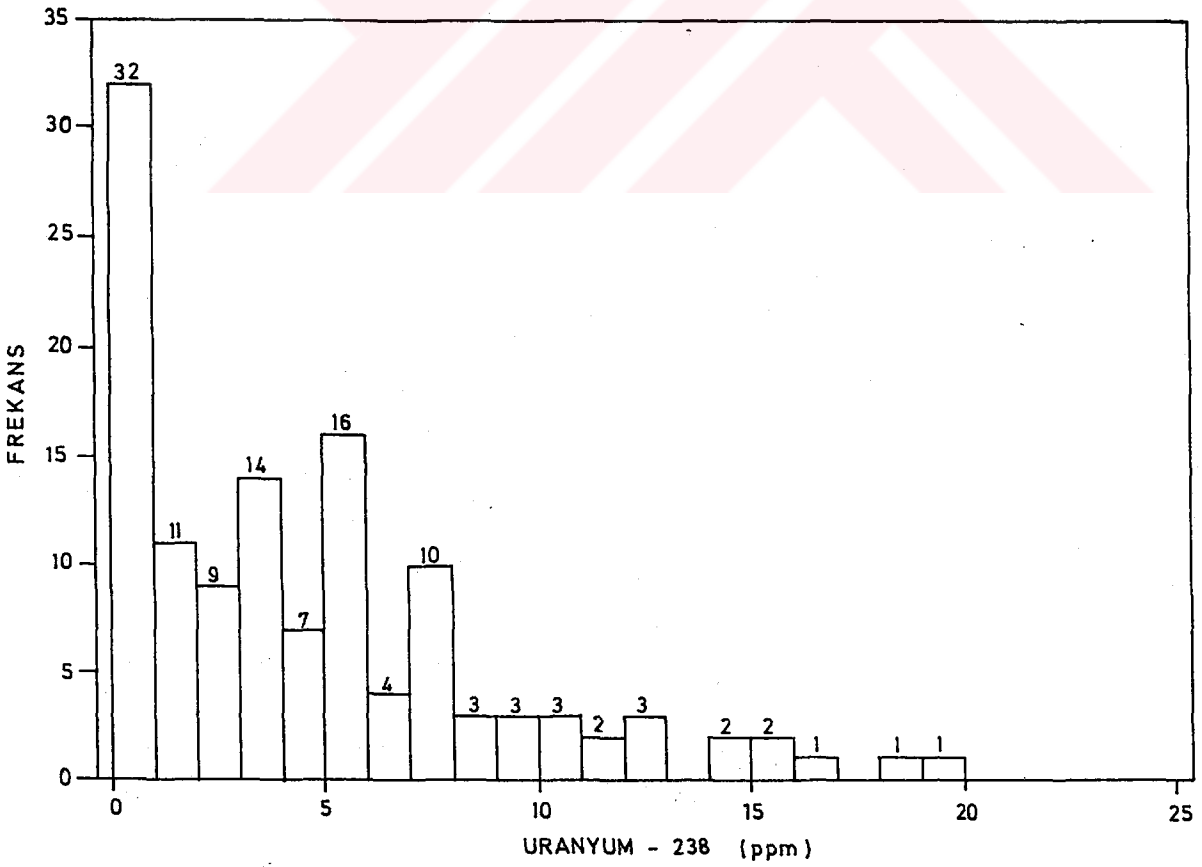
Şekil 57 B. M. Nehri toprak uranyum (ppm) değerleri



Şekil 58 B.M.Nehri toprak uranyum değerleri frekans dağılımı



Şekil 59 B. M. Nehri sediment uranyum (ppm) değerleri



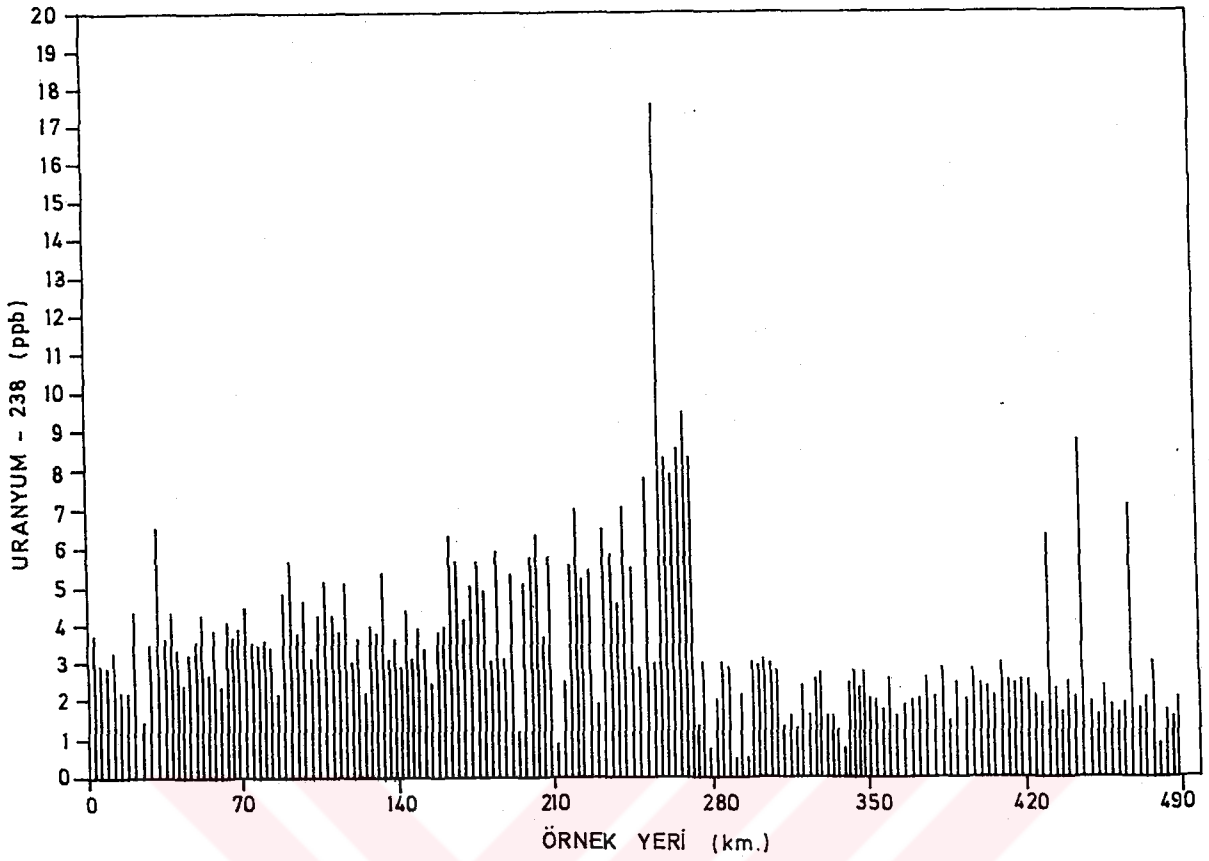
Şekil 60 B.M.Nehri sediment uranyum değerleri frekans dağılımı

4-2-6 Su örneklerinin uranyum analiz sonuçları

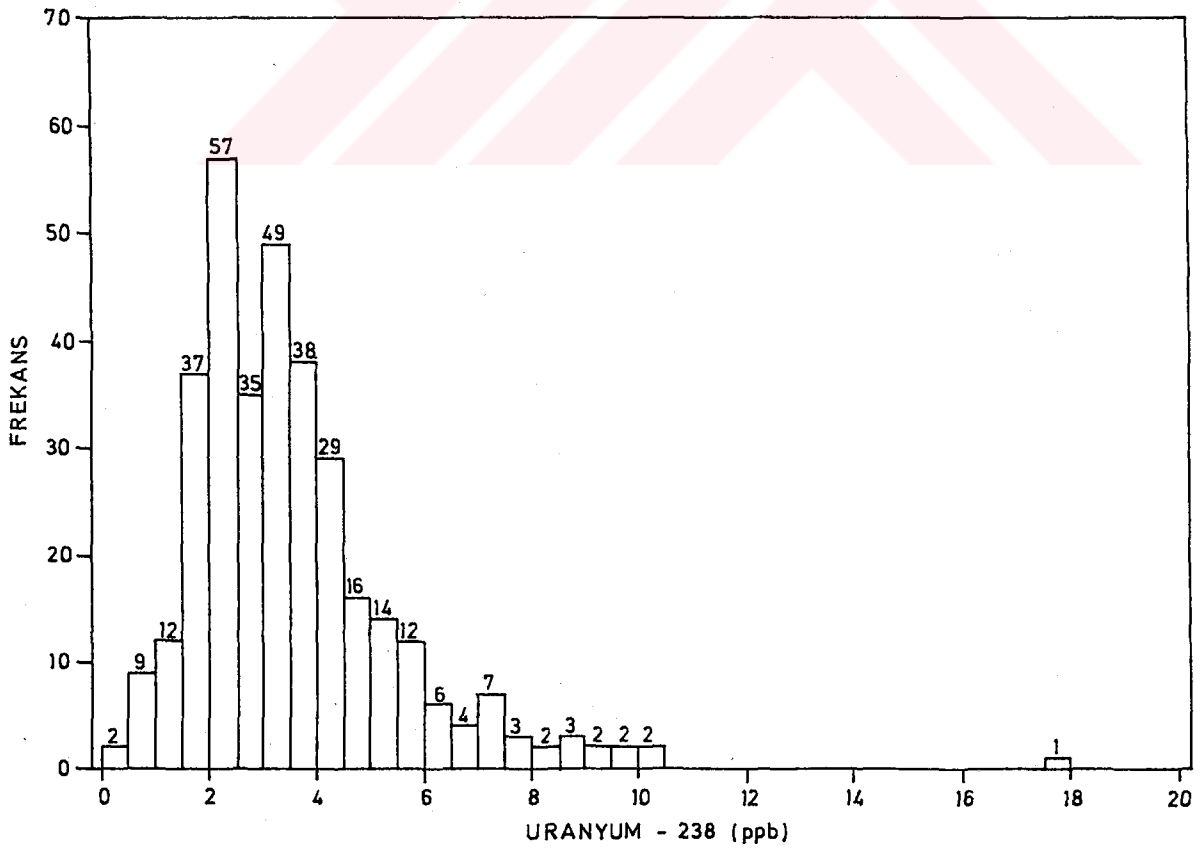
486 örnekleme noktasından toplanan nehir akıntı suyu uranyum konsantrasyonlarını belirlemek için uranyum analizör cihazı kullanılmıştır. Örnek alımı sırasında filtre edilmiş ve asitlenmiş su örneklerinde, ölçümden önce pH ayarlaması yapılmıştır.

Büyük Menderes Nehrinin yaşlı bölgesinden toplanan akıntı su örneklerinin uranyum analizleri 1 analiz/km, nehrin olgun ve genç evrelerinden toplanan örnekler ise 0.5 analiz/km olarak yapılmıştır. Ancak nehrin olgun ve genç evresinde görülen anomali bölgelerinde bu ölçümler sıklaştırılarak analiz/1km olarak yapılmıştır.

342 nehir akıntı su örneğinde yapılan uranyum analiz sonuçları şekil 61'de ve frekans dağılımı şekil 62'de verilmiştir. Nehrin denize döküldüğü noktadan, nehrin doğuş noktasına doğru 270'inci örnekleme noktasına kadar, suların uranyum konsantrasyonlarında düzgün bir artış gözlenmiştir. Nehrin bu bölgesine kadar nehir akış hızı değişmemekte ve nehre karışan yan kollardan sonuçları etkileyecek önemli bir su karışımı bulunmamaktadır. 270'inci örnekleme noktasından sonra ani bir düşüş gözlenmiştir. Arazi çalışmalarının devam ettiği bu noktadan sonra sulama amaçlı olarak nehir yatağına büyük miktarda su bırakılması, sulardaki uranyum konsantrasyonunun ani olarak düşmesine neden olmuştur. Nehir akıntı sularındaki uranyum konsantrasyonu maksimum 17.65 ppb, minimum 0.24 ppb ve ortalama 3.55 ppb olarak ölçülmüştür. 20-30, 100-110, 140-160 ve 260-280'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlar ile 430-470'inci örnekleme noktaları arasındaki birkaç lokalde, suların uranyum konsantrasyonlarında belirgin tepe değerleri ölçülmüştür.



Şekil 61 B. M. Nehri akıntı suyu uranyum (ppb) değerleri



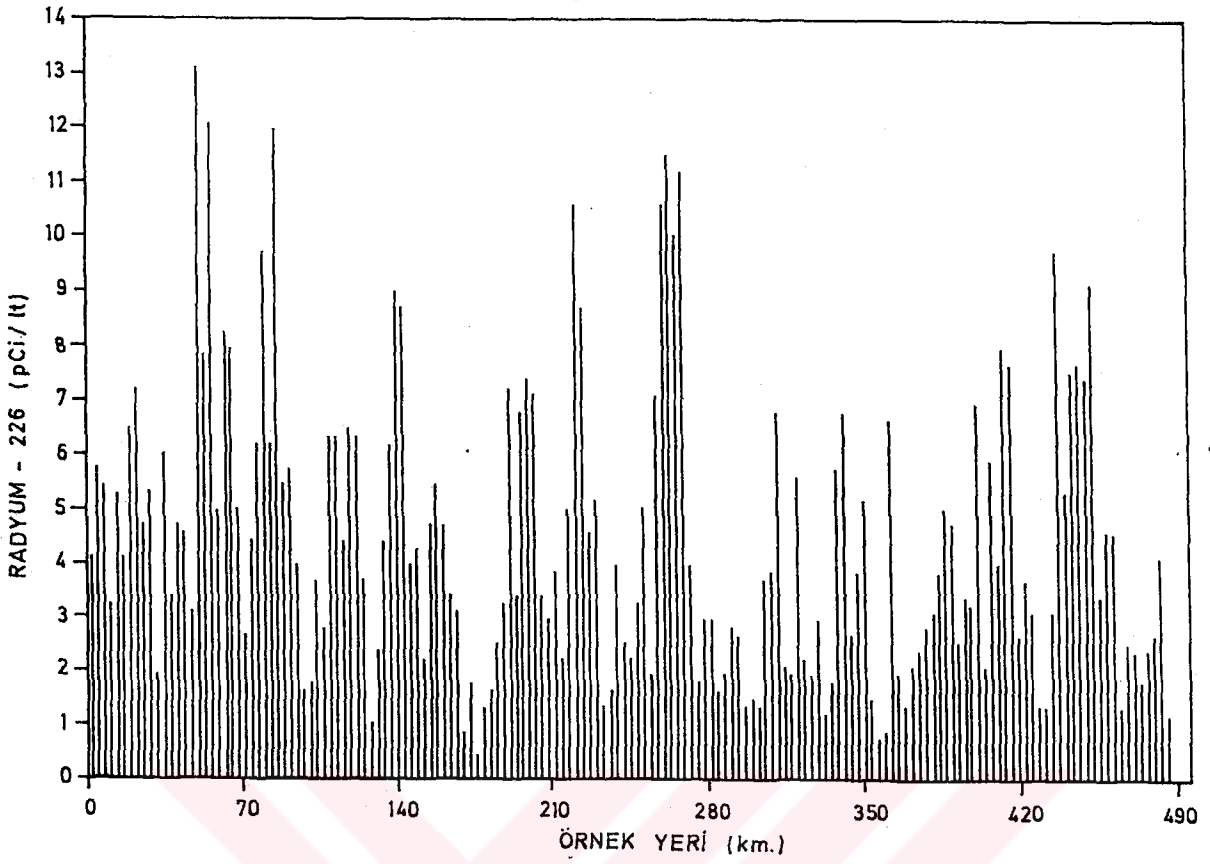
Şekil 62 B.M.N. akıntı suyu uranyum değerleri frekans dağılımı

4-2-7 Su örneklerinin radyum analiz sonuçları

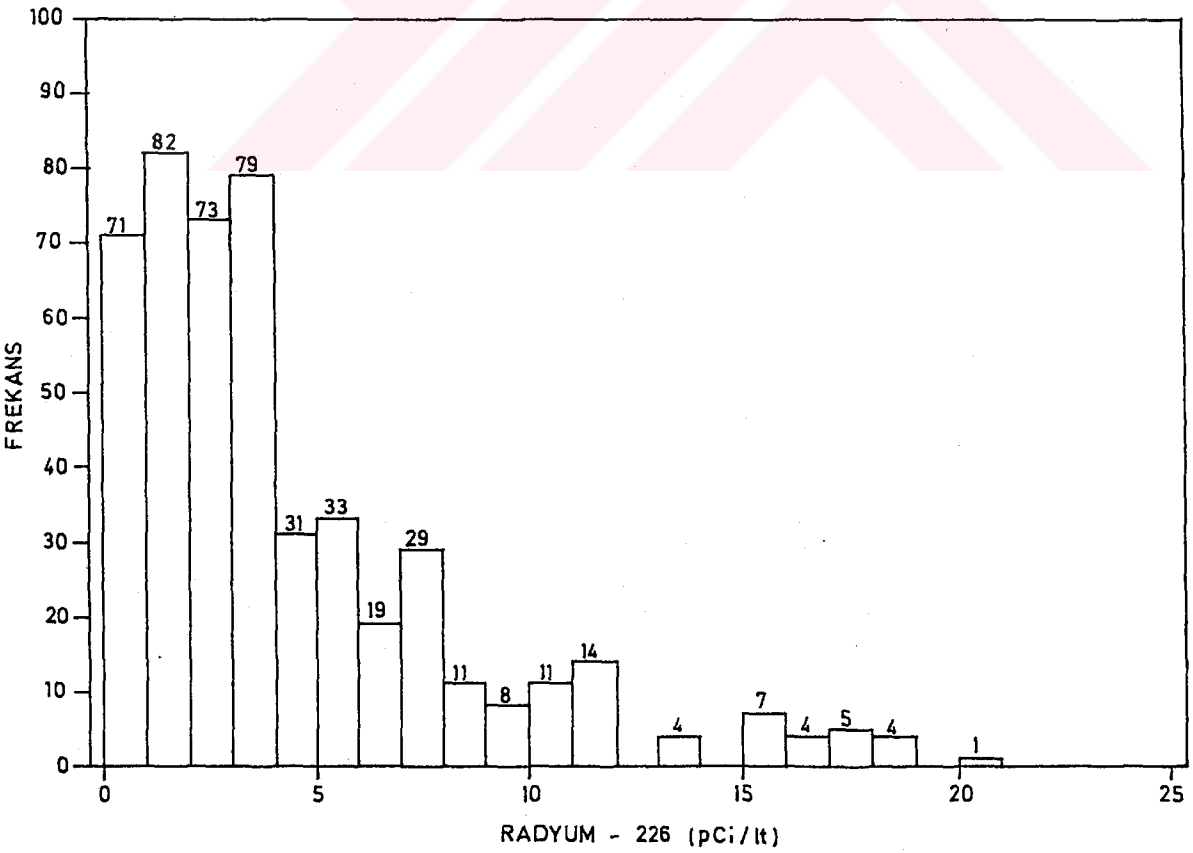
Arazi çalışmaları boyunca sistematik bir şekilde nehir akıntı sularından toplanan 486 su örneğinde radyum analizleri, kapalı bir ortamda su içeriğindeki radyumdan radon üretilip radon ürünlerinin alfa aktiviteleri sayımından radyum tayinine dayanan radon kollektör metodu kullanılarak yapılmıştır.

Büyük Menderes Nehri akıntı sularında ölçülen radyum değerleri şekil 63'de ve frekans dağılımı şekil 64'de verilmiştir. 20-30, 60-70, 80-90, 100-110, 135-155, 200-210, 215-220, 260-270, 340-350, 410-420 ve 430-460'inci örnekleme noktaları arasında kalan alanlar ile nehir boyunca birçok lokalde nehir akıntı suyu radyum konsantrasyonlarında belirgin tepe değerleri ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucu, nehir akıntı suyu radyum aktiviteleri maksimum 20.32 pCi/lt, minimum 0.44 pCi/lt ve ortalama 4.42 pCi/lt olarak elde edilmiştir.

Nehrin 270'inci örnekleme noktasından sonra yapılan nehir akıntı su örneklerinin radyum konsantrasyonlarında, uranyum konsantrasyonlarında gözlenen kadar belirgin bir düşüş gözlenmemiştir. Fakat radyum konsantrasyonlarının tepe verdiği alanlardaki yükselti, önceki alanlardaki tepe değerlerine oranla daha düşük ölçülmüştür. Bu noktadan sonraki su örnekleri radyum konsantrasyonları, Işıklı Barajı'ndan sulama amaçlı nehre bırakılan su nedeniyle düştüğünden dolayı, nehrin bu bölgelerinin radyum konsantrasyonu gerçekte daha yüksektir.



Şekil 63 B. M. Nehri akıntı suyu radyum (pCi/lt) değerleri



4-3 Nehir çevresi toprak ve su örnekleri analiz sonuçları

Büyük Menderes Nehrinde arazi çalışmalarının başlaması ile birlikte çevre toprak ve su örnek alımları 1988 yılında başlamış ve 1989 yılı sonlarına kadar sürmüştür. Örnekleme işleminde, nehre karışan kollardan su ve sediment veya kuru sediment alımları ile birlikte çevre pınar ve kuyu su örnek alımları yapılmıştır. Bu örnekleme yerlerinde ve örneklerin laboratuvarında ölçümlerinin sonuçları tablo 5'de verilmiştir. Tabloda su ölçüm sonuçlarına ait olan bölümlerde işlem olmayan örnekler, yalnız kış aylarında nehre akışı olan kuru dere sediment örneklerini, sadece su ölçüm sonuçlarına ait olan bölümlerde işlem olan örnekler çevre pınar ve kuyu su örneklerini, bütün ölçüm sonuçları bulunan örnekler ise nehre yaz ve kış aylarında akışı olan nehir yan kollarının örneklerini göstermektedir. Bu tabloda örnekleme noktalarının gösterimi, nehir üzerinde bu noktalara en yakın örnekleme yerinin başına (E) konularak belirtilmiştir. Böylece çevre örneklerinin nehirle olan ilişkisinin belirlenmesi kolaylaştırıldı. Çevre örneklerinin analizleri sonucu Balta köy girişindeki kuyu (E170) ve yine aynı köyde 9.5 m derinliğindeki sondaj kuyusu (E171), Kestel çayı (E245) ve Çivril ilçesi zirai mücadele bahçesinde 18.5 m derinliğindeki sondaj su örneklerinde 9.35-27.94 ppb aralığında yüksek değerlerde uranyum konsantrasyonları gözlenmiştir. Çine çayı (E153) ve Güney ilçesi yakınlarındaki içme deresi (E346) sediment örnekleri 32.39 ve 38.02 ppm uranyum konsantrasyonları içermektedir. Mergen çayı (E239) sediment örneği 15.06 ppm uranyum, 25.67 pCi/gr toplam beta, Çallı köy deresi (E55) kuru dere sedimenti 19.32 ppm uranyum ve 17.63 pCi/gr toplam beta aktiviteleri içererek önemli yerler olarak elde edilmiştir.

Tablo 5 Büyük Menderes Nehri Çevre örnekleri ölçüm sonuçları

ÖRNEK NO	HAVA SIC. °C		SU SIC. °C	pH	Eh mV	ÖZ GÜLET. µm/cm	TOPLAM ALKAL. mg/lt	GAMA GÖZ. cps	TORAK GAZI pCi/lt	BETA+ GAMA GAMA cps		BETA cps	GAMA GÖZ. µR/h	TOPLAM GAMA 0.40-3.00 MeV cpm/gr	GAMA SAYIM 0.80-2.77 MeV cpm/gr	POTASYUM-40 %
	°C	°C								cps	cps					
E10	25	22	7.41	-87	840	218.40	73	---	---	6	5	1	5.8	75.66 ± 3.18	9.48 ± 0.09	3.61 ± 0.18
E35	25	21	7.65	-90	820	218.40	110	---	---	9	8	1	12.3	---	---	---
E55	26	---	---	---	---	---	120	---	---	10	8	2	10.9	86.96 ± 3.65	40.28 ± 0.40	1.18 ± 0.06
E65	26	---	---	---	---	---	186	---	---	9	9	0	16.3	61.28 ± 2.57	33.80 ± 0.34	2.37 ± 0.12
E80	26	---	---	---	---	---	160	---	---	8	7	1	15.1	83.08 ± 3.49	22.38 ± 0.22	4.02 ± 0.20
E103	23	19	6.38	-26	1065	149.40	117	---	---	7	7	0	10.6	---	---	---
E110	24	22	7.68	-99	450	136.12	138	---	---	8	8	0	12.7	---	---	---
E116	26	20	7.30	-76	500	149.40	135	---	---	7	7	0	14.9	---	---	---
E120	25	21	6.64	-37	950	239.04	115	---	---	7	6	1	12.3	---	---	---
E137	24	---	---	---	---	---	138	642.1	---	11	9	2	13.7	---	---	---
E151	23	---	---	---	---	---	115	---	---	8	7	1	11.2	95.16 ± 4.00	20.62 ± 0.21	3.57 ± 0.18
E152	24	---	---	---	---	---	118	---	---	7	6	1	11.0	114.58 ± 4.81	41.26 ± 0.41	4.84 ± 0.24
E153	24	19	8.03	-118	1050	258.96	195	936.3	---	11	10	1	18.3	115.62 ± 4.86	38.72 ± 0.39	5.22 ± 0.26
E154	24	---	---	---	---	---	98	---	---	6	6	0	9.8	87.12 ± 3.66	56.82 ± 0.57	7.39 ± 0.37
E155	23	---	---	---	---	---	108	---	---	7	7	0	10.0	103.80 ± 4.36	18.20 ± 0.18	4.58 ± 0.23
E170	27	20	6.35	-46	440	90.71	115	457.4	---	6	6	0	11.2	58.86 ± 2.47	27.10 ± 0.27	3.27 ± 0.16
E171	27	20	7.05	-88	1740	373.73	125	541.9	---	8	8	0	10.7	---	---	---
E194	28	---	---	---	---	---	126	527.5	---	8	7	1	11.3	142.62 ± 5.99	32.82 ± 0.33	2.15 ± 0.11
E214	27	20	6.82	-75	460	273.94	133	548.5	---	10	9	1	13.2	---	---	---
E215	27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
E216	27	18	6.88	-76	640	170.26	110	472.0	---	7	7	0	11.3	193.62 ± 8.13	40.22 ± 0.40	6.08 ± 0.31
E218	28	---	---	---	---	---	115	477.5	---	7	6	1	12.0	---	---	---
E222	27	---	---	---	---	---	118	478.6	---	7	6	1	10.9	124.94 ± 5.25	33.06 ± 0.33	3.71 ± 0.19
E229	27	20	8.00	-146	1410	240.59	120	505.7	---	7	7	0	11.8	156.56 ± 6.58	33.12 ± 0.33	4.32 ± 0.22
E238	27	---	---	---	---	---	112	483.6	---	7	7	0	10.7	123.06 ± 5.17	38.38 ± 0.38	2.87 ± 0.14
E239	27	23	8.52	-176	1510	417.27	167	681.0	---	12	10	2	16.2	224.86 ± 9.44	49.78 ± 0.50	1.22 ± 0.06
E245	27	22	7.34	-106	1585	486.21	117	488.6	---	7	7	0	12.1	129.02 ± 5.42	42.56 ± 0.43	3.09 ± 0.16
E258	28	22	7.88	-138	1290	250.04	144	604.1	---	10	9	1	14.1	104.86 ± 4.40	30.08 ± 0.30	0.50 ± 0.03
E288	27	22	8.19	-153	860	217.99	84	361.5	---	6	6	0	8.0	113.78 ± 4.78	36.76 ± 0.37	4.56 ± 0.23
E308	27	22	8.17	-152	860	212.26	78	320.7	---	5	5	0	8.4	103.80 ± 4.36	39.54 ± 0.40	4.16 ± 0.21
E345	26	20	7.36	-91	450	161.10	84	349.5	---	6	6	0	7.8	---	---	---
E346	27	20	5.91	-18	3200	3,208.13	750	1,481.1	---	13	12	1	66.0	2071.76 ± 87.01	136.28 ± 1.36	0.98 ± 0.05
E356	27	22	8.17	-150	830	247.11	101	394.8	---	7	7	0	9.5	119.26 ± 5.01	37.94 ± 0.38	7.03 ± 0.35
E365	28	21	8.20	-155	850	230.21	90	386.4	---	6	6	0	8.5	98.10 ± 4.12	44.62 ± 0.45	6.33 ± 0.32
E460	27	18	6.82	-80	1220	398.60	218	923.8	---	13	11	2	21.0	---	---	---
E474	27	---	---	---	---	---	196	861.7	---	11	9	2	19.5	51.92 ± 2.18	33.82 ± 0.34	1.73 ± 0.09
E475	26	15	7.27	-103	775	398.60	80	331.9	---	6	6	0	7.8	246.38 ± 10.35	18.48 ± 0.18	3.55 ± 0.18
E479	28	---	---	---	---	---	70	286.9	---	6	6	0	6.8	184.78 ± 7.76	39.10 ± 0.39	3.71 ± 0.19
GEREN	29	---	---	---	---	---	---	---	---	6	6	0	---	129.66 ± 5.45	36.32 ± 0.36	2.11 ± 0.11

Tablo 5

ÖRNEK NO	Esdeğer URANYUM ppm	Esdeğer TORIYUM ppm	(KDL. Yönl.) RADYUM-226 pCi/gr	URANYUM ppm	TOPLAM BETA pCi/gr	(KEMAN. Yönl.) RADYUM-226 pCi/gr	SU URANYUM ppb	SU RADYUM-226 pCi/lt
E10	6.46 ± 0.23	2.66 ± 0.11	3.15 ± 0.13	1.00 ± 0.10	11.13 ± 1.03	1.18 ± 0.06	0.73 ± 0.11	1.77 ± 0.07
E35	---	---	---	---	---	---	1.83 ± 0.27	3.53 ± 0.14
E55	2.55 ± 0.09	6.89 ± 0.28	3.90 ± 0.16	19.32 ± 1.93	17.63 ± 1.63	1.60 ± 0.08	---	---
E65	15.47 ± 0.55	2.46 ± 0.10	3.52 ± 0.14	1.00 ± 0.10	27.21 ± 2.52	2.37 ± 0.12	---	---
E80	8.03 ± 0.28	4.63 ± 0.19	7.70 ± 0.31	1.00 ± 0.10	17.47 ± 1.62	2.18 ± 0.11	---	---
E103	---	---	---	---	---	---	0.61 ± 0.09	1.77 ± 0.07
E110	---	---	---	---	---	---	0.61 ± 0.09	1.77 ± 0.07
E116	---	---	---	---	---	---	0.74 ± 0.11	3.53 ± 0.14
E120	---	---	---	---	---	---	1.71 ± 0.26	9.72 ± 0.40
E137	2.55 ± 0.09	3.74 ± 0.15	2.69 ± 0.11	1.21 ± 0.12	19.94 ± 1.84	2.35 ± 0.12	---	---
E151	13.51 ± 0.48	4.13 ± 0.17	9.09 ± 0.36	20.89 ± 2.09	26.28 ± 2.43	2.35 ± 0.12	---	---
E152	22.51 ± 0.80	5.02 ± 0.20	11.13 ± 0.45	2.54 ± 0.25	29.53 ± 2.73	3.06 ± 0.15	---	---
E153	3.33 ± 0.12	3.25 ± 0.13	8.07 ± 0.32	32.39 ± 3.24	36.18 ± 3.35	3.07 ± 0.15	7.34 ± 1.10	5.74 ± 0.24
E154	19.58 ± 0.70	1.97 ± 0.08	4.17 ± 0.17	1.00 ± 0.10	11.29 ± 1.04	1.01 ± 0.05	---	---
E155	18.60 ± 0.66	4.53 ± 0.18	6.77 ± 0.27	9.36 ± 0.94	15.31 ± 1.42	1.80 ± 0.09	---	---
E170	---	---	---	---	---	---	9.35 ± 1.40	2.21 ± 0.09
E171	---	---	---	---	---	---	27.94 ± 4.19	2.21 ± 0.09
E194	5.68 ± 0.20	4.53 ± 0.18	4.45 ± 0.18	2.46 ± 0.25	11.44 ± 1.06	1.01 ± 0.05	---	---
E214	---	---	---	---	---	---	2.83 ± 0.42	3.53 ± 0.14
E215	---	---	---	---	---	---	0.22 ± 0.03	2.21 ± 0.09
E216	2.35 ± 0.08	4.63 ± 0.19	3.99 ± 0.16	3.86 ± 0.39	13.14 ± 1.22	1.63 ± 0.08	---	---
E218	---	---	---	---	---	---	1.09 ± 0.16	3.09 ± 0.13
E222	2.94 ± 0.10	6.30 ± 0.25	5.01 ± 0.20	7.78 ± 0.78	18.09 ± 1.67	2.92 ± 0.15	---	---
E229	4.11 ± 0.15	1.48 ± 0.06	3.80 ± 0.15	9.46 ± 0.95	15.77 ± 1.46	2.14 ± 0.11	1.06 ± 0.16	3.98 ± 0.16
E238	18.99 ± 0.67	1.38 ± 0.06	6.40 ± 0.26	3.30 ± 0.33	11.60 ± 1.07	1.97 ± 0.10	---	---
E239	9.98 ± 0.35	9.45 ± 0.38	6.96 ± 0.28	15.06 ± 1.51	25.67 ± 2.37	2.65 ± 0.13	2.39 ± 0.36	3.98 ± 0.16
E245	13.31 ± 0.47	8.07 ± 0.32	6.21 ± 0.25	8.90 ± 0.89	16.54 ± 1.53	0.80 ± 0.04	13.04 ± 1.96	3.09 ± 0.13
E258	20.75 ± 0.74	1.28 ± 0.05	6.35 ± 0.33	9.74 ± 0.97	17.32 ± 1.60	1.78 ± 0.09	6.20 ± 0.93	0.88 ± 0.04
E298	4.31 ± 0.15	3.64 ± 0.15	3.34 ± 0.13	10.02 ± 1.00	18.09 ± 1.67	1.07 ± 0.05	1.41 ± 0.21	2.21 ± 0.09
E308	6.26 ± 0.22	7.28 ± 0.29	4.27 ± 0.17	6.66 ± 0.67	12.52 ± 1.16	1.39 ± 0.07	5.65 ± 0.85	2.65 ± 0.11
E345	---	---	---	---	---	---	1.30 ± 0.20	3.09 ± 0.13
E346	107.68 ± 3.82	12.80 ± 0.51	17.35 ± 0.69	38.02 ± 3.80	43.91 ± 4.06	4.12 ± 0.21	3.48 ± 0.52	71.55 ± 2.93
E356	2.55 ± 0.09	3.74 ± 0.15	3.71 ± 0.15	8.90 ± 0.89	16.23 ± 1.50	0.79 ± 0.04	2.61 ± 0.39	0.88 ± 0.04
E365	6.85 ± 0.24	0.10 ± 0.00	4.92 ± 0.20	10.30 ± 1.03	14.53 ± 1.34	1.58 ± 0.08	1.41 ± 0.21	1.33 ± 0.05
E460	---	---	---	---	---	---	6.80 ± 1.02	0.88 ± 0.04
E474	3.92 ± 0.14	5.61 ± 0.22	2.97 ± 0.12	2.74 ± 0.27	15.15 ± 1.40	1.59 ± 0.08	---	---
E475	9.98 ± 0.35	7.68 ± 0.31	2.42 ± 0.10	2.50 ± 0.25	12.68 ± 1.17	1.31 ± 0.07	2.06 ± 0.31	3.53 ± 0.14
E479	0.39 ± 0.01	8.56 ± 0.34	2.88 ± 0.12	0.78 ± 0.08	13.45 ± 1.24	1.37 ± 0.07	---	---
GEREN	10.38 ± 0.37	3.74 ± 0.15	5.38 ± 0.22	1.00 ± 0.10	11.91 ± 1.10	1.52 ± 0.08	---	---

4-4 Ölçüm sonuçları arasındaki korelasyon

Büyük Menderes Nehrinin doğduğu ve denize döküldüğü noktalar arasında kalan bölgelerin jeomorfolojik yapısına paralel olarak paragraf 1-6'da anlatıldığı şekilde, nehir dört ana bölgeye ayrılarak ölçümler arası lineer regrasyon ve korelasyon analizleri yapılmıştır.

Her bölge için ayrı olarak, nehir akıntı sularının öz iletkenlik, uranyum, radyum, pH, sıcaklık ve toplam alkalinite değerleri arasındaki ve arazi gama gözlem (cps), gama gözlem ($\mu\text{R/h}$), toprak gazı, beta (U), toprak eU ve eTh değerleri aralarında lineer regrasyon analizleri yapılmıştır. Büyük Menderes Nehri akıntı sularında yapılan ölçüm sonuçları arasında araştırılan lineer regrasyon analizleri sonucu, öz iletkenlikle uranyum sıcaklık ve toplam alkalinite arasında dört bölgede pozitif korelasyon olmakla beraber radyum ile ilk üç bölgede negatif, dördüncü bölgede pozitif korelasyon vardır. Öz iletkenlik ile pH arasında ikinci ve dördüncü bölgelerde önemli derecede negatif korelasyon varken birinci bölgede pozitif korelasyon, üçüncü bölgede ise korelasyon bulunmamıştır. Uranyum ile radyum arasında birinci ve üçüncü bölgelerde negatif, ikinci bölgede önemli derecede olmak üzere ikinci ve dördüncü bölgelerde pozitif korelasyonlar vardır. Birinci ve dördüncü bölgelerde uranyum ile pH ve sıcaklık arasında negatif korelasyon, toplam alkalinite ile pozitif korelasyon ve her üçü ile ikinci ve üçüncü bölgelerde bir korelasyon yoktur. Radyum ile pH arasında birinci ve ikinci bölgelerde pozitif korelasyon dördüncü bölgede negatif korelasyon vardır. Üçüncü bölgede bir korelasyon bulunmamaktadır. Radyum ile sıcaklık arasında ikinci ve dördüncü bölgelerde pozitif, birinci ve üçüncü bölgelerde

negatif korelasyon ve radyum ile toplam alkalinite arasında birinci ve dördüncü bölgelerde negatif, ikinci ve üçüncü bölgelerde pozitif korelasyonlar bulunmaktadır. pH ile sıcaklık arasında birinci ve dördüncü bölgelerde önemli derecede olmak üzere tüm bölgelerde pozitif, toplam alkaliniteyle üçüncü ve dördüncü bölgelerde önemli derecede olmak üzere tüm bölgelerde negatif korelasyonlar bulunmuştur. Büyük Menderes Nehri sularında ölçülen öz iletkenlik, uranyum, radyum, pH, sıcaklık ve toplam alkalinite değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları tablo 6, 7, 8 ve 9'da verilmiştir. Bu sonuçlarda bölgeler arasında bulunan korelasyon katsayıları fazla farklılık göstermemekle beraber, dördüncü bölge olarak seçilen Çal ilçesinin doğusu ile nehrin doğduğu Dinar ilçesi arasında biraz farklılık bulunmaktadır. Bunun nedeni, nehrin doğduğu yer ile sulama amaçlı Işıklı baraj gölü arasında nehrin normal akışını sürdürmesi ve sulama amaçlı olarak barajdan nehir yatağına bırakılan suyun bu bölge sınırlarında kat ettiği yolun az olmasıdır.

Nehir çevresinde elde edilen gama gözlem (cps), gama gözlem ($\mu\text{R}/\text{h}$), toprak gazı radon ve beta (U) değerleri ile toprak laboratuvar analizlerinde elde edilen eU ve eTh değerleri aralarında yapılan lineer regrasyon analizleri sonucu; gama gözlem (cps) ile gama gözlem ($\mu\text{R}/\text{h}$) ve toprak gazı radon aralarında her dört bölgede de çok iyi derecede pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Gama gözlem (cps) ile beta (U) arasında birinci, ikinci ve dördüncü bölgelerde pozitif korelasyon gözlenmiştir. Üçüncü bölgede bir korelasyon bulunmamaktadır. Gama gözlem (cps) ile eşdeğer uranyum arasında birinci bölgede negatif diğer bölgelerde pozitif korelasyon ve eşdeğer toryum arasında birinci ve dördüncü bölgelerde pozitif, ikinci ve

Tablo 6 : Büyük Menderes Nehri 1. bölge akıntı suları ölçüm sonuçları arasında korelasyon katsayıları

	Öz ilet. µmhos/cm	Uranyum ppb	Radyum pCi/lt	pH	Sıcaklık ° C	T. Alka. mg/lt
Öz ilet. µmhos/cm	1	0.236	-0.662	0.589	0.635	0.549
Uranyum ppb		1	-0.221	-0.712	-0.575	0.479
Radyum pCi/lt			1	0.196	-0.194	-0.482
pH				1	0.614	-0.228
Sıcaklık ° C					1	-0.324
T. Alka. mg/lt						1

Tablo 7 : Büyük Menderes Nehri 2. bölge akıntı suları ölçüm sonuçları arasında korelasyon katsayıları

	Öz ilet. µmhos/cm	Uranyum ppb	Radyum pCi/lt	pH	Sıcaklık ° C	T. Alka. mg/lt
Öz ilet. µmhos/cm	1	0.046	-0.172	0.435	-0.523	0.097
Uranyum ppb		1	0.752	0.237	0.078	0.037
Radyum pCi/lt			1	0.381	0.406	0.321
pH				1	0.145	-0.225
Sıcaklık ° C					1	-0.141
T. Alka. mg/lt						1

Tablo 8 : Büyük Menderes Nehri 3. bölge akıntı suları ölçüm sonuçları arasında korelasyon katsayıları

	Öz ilet. µmhos/cm	Uranyum ppb	Radyum pCi/lt	pH	Sıcaklık ° C	T. Alka. mg/lt
Öz ilet. µmhos/cm	1	0.426	-0.629	0.010	0.469	0.213
Uranyum ppb		1	-0.412	0.009	-0.368	-0.032
Radyum pCi/lt			1	0.211	-0.368	0.165
pH				1	0.020	-0.564
Sıcaklık ° C					1	0.247
T. Alka. mg/lt						1

Tablo 9 : Büyük Menderes Nehri 4. bölge akıntı suları ölçüm sonuçları arasında korelasyon katsayıları

	Öz ilet. µmhos/cm	Uranyum ppb	Radyum pCi/lt	pH	Sıcaklık ° C	T. Alka. mg/lt
Öz ilet. µmhos/cm	1	0.411	0.602	-0.535	0.289	0.171
Uranyum ppb		1	0.384	-0.434	-0.289	0.151
Radyum pCi/lt			1	-0.180	0.337	-0.220
pH				1	0.439	-0.561
Sıcaklık ° C					1	-0.391
T. Alka. mg/lt						1

üçüncü bölgelerde negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Gama gözlemle ($\mu\text{R/h}$) toprak gazı radon, beta (U) ve eU aralarında her bölgede pozitif korelasyonlar olmakla beraber birinci bölgede toprak gazı radon, üçüncü bölgede beta (U) ve ikinci bölgede eU arasındaki pozitif korelasyonları çok düşük; eTh arasında ise birinci, ikinci ve dördüncü bölgelerde pozitif üçüncü bölgede negatif korelasyonlar bulunmaktadır. Toprak gazı radon ile beta (U) arasında üçüncü bölgede bir korelasyon bulunmamakla beraber diğer bölgelerde pozitif korelasyon vardır. Toprak gazı radon ile eU arasında birinci bölgede negatif ikinci, üçüncü ve dördüncü bölgelerde pozitif, eTh ile dördüncü bölgede pozitif, birinci bölgede önemsiz derecede olmak üzere diğer bölgelerde negatif korelasyonlar bulunmaktadır. Beta (U) ile eU arasında birinci, ikinci ve üçüncü bölgelerde bir negatif, dördüncü bölgede ise bir korelasyon bulunmamakta; eTh ile birinci ve dördüncü bölgelerde pozitif, ikinci bölgede negatif ve üçüncü bölgede bir korelasyonu bulunmamaktadır. eU ile eTh arasında tüm bölgelerde negatif korelasyon bulunmaktadır. Arazi ölçülen gama gözlem (cps), gama gözlem ($\mu\text{R/h}$), toprak gazı radon beta (U) ve toprak laboratuvar ölçümü eU ve eTh değerleri arasında yapılan lineer regresyon analizleri sonucu elde edilen korelasyon katsayıları tablo 10,11,12 ve 13'de verilmiştir.

Verilerin istatistiksel analizlerinde basic programlama dilinde yazdığımız programlar yanında, lotus, quattro ve minitab paket programları kullanılmıştır. Ölçüm sonuçları arasında araştırılan lineer regresyon analizleri için kullanılan eşitlikler ek bölümde verilmiştir.

Tablo 10 : Büyük Menderes Nehri 1. bölge arazi ve laboratuvar ölçüm sonuçları arasında korelasyon katsayıları

	Ga. göz. cps	Ga. göz. $\mu R/h$	T. Gazı pCi/lt	Beta [U] cps	Toprak eU(ppm)	Toprak eTh(ppm)
Ga. göz. cps	1	0.416	0.542	0.093	-0.373	0.231
Ga. göz. $\mu R/h$		1	0.141	0.17	0.603	-0.187
T. Gazı pCi/lt			1	0.356	-0.238	-0.073
Beta [U] cps				1	-0.046	0.306
Toprak eU(ppm)					1	-0.234
Toprak eTh(ppm)						1

Tablo 11 : Büyük Menderes Nehri 2. bölge arazi ve laboratuvar ölçüm sonuçları arasında korelasyon katsayıları

	Ga. göz. cps	Ga. göz. $\mu R/h$	T. Gazı pCi/lt	Beta [U] cps	Toprak eU(ppm)	Toprak eTh(ppm)
Ga. göz. cps	1	0.679	0.618	0.144	0.438	-0.120
Ga. göz. $\mu R/h$		1	0.339	0.385	0.059	0.388
T. Gazı pCi/lt			1	0.204	0.191	-0.308
Beta [U] cps				1	-0.217	-0.083
Toprak eU(ppm)					1	-0.348
Toprak eTh(ppm)						1

ablo 12 : Büyük Menderes Nehri 3. bölge arazi ve laboratuvar ölçüm sonuçları arasında korelasyon katsayıları

	Ga. göz. cps	Ga. göz. µR/h	T. Gazı pCi/lt	Beta [U] cps	Toprak eU(ppm)	Toprak eTh(ppm)
Ga. göz. cps	1	0.937	0.966	-0.012	0.242	-0.255
Ga. göz. µR/h		1	0.887	0.029	0.139	-0.243
T. Gazı pCi/lt			1	-0.001	0.320	-0.437
Beta [U] cps				1	-0.411	-0.003
Toprak eU(ppm)					1	-0.341
Toprak eTh(ppm)						1

ablo 13 : Büyük Menderes Nehri 4. bölge arazi ve laboratuvar ölçüm sonuçları arasında korelasyon katsayıları

	Ga. göz. cps	Ga. göz. µR/h	T. Gazı pCi/lt	Beta [U] cps	Toprak eU(ppm)	Toprak eTh(ppm)
Ga. göz. cps	1	0.896	0.944	0.264	0.155	0.370
Ga. göz. µR/h		1	0.820	0.385	0.401	0.286
T. Gazı pCi/lt			1	0.113	0.175	0.122
Beta [U] cps				1	0.023	0.553
Toprak eU(ppm)					1	-0.025
Toprak eTh(ppm)						1

5 TARTIŞMA

Bu çalışmada, bölgesel hidrojeokimyasal ve jeokimyasal radyometrik uranyum prospeksiyonunda kullanılan yöntemler, arazi ve laboratuvar teknikleri Büyük Menderes Nehri havzasında uygulanmış ve elde edilen sonuçlar ve veriler tablo ve grafikler halinde sunulmuştur.

Değişik teknik ve yöntemlerin uygulanmasından elde edilen sonuçların birbirleri ile uyum içinde olması, çalışmalarımızda izlenen çoğul yöntemli araştırma projesinin uranyum araştırma çalışmalarında etkinliğini ve güvenilirliğini göstermektedir. Ayrıca uygulanan bu projenin isabetliliğini de kanıtlamaktadır.

Hidrojeokimyasal ve jeokimyasal uranyum keşif ve araştırma alanı olarak Büyük Menderes Nehri ve çevresi seçilmesinde bölgenin jeolojik, jeokimyasal ve tektonik karakteristikleri yanında, nehrin ve kollarının geniş bir alanı yıkayarak akması ve geçtiği yerlere ait bilgiler taşıması önemli rol oynamıştır.

Bir ülkede (Western ABD) nehirseld ortamlarda yapılan çalışmalar sonucu sularda 0.1 ppb normal konsantrasyon, 1-5 ppb normal menzile kabul edilmiştir. >5 ppb uranyum konsantrasyonlarının yüksek olduğu yerler ve muhtemel uranyum mineral alanı için gösterge kabul edilmiştir [51]. Florida (ABD)'da nehir sularındaki uranyum konsantrasyonu art ortamı 0.1 ppb kabul edilmiş ve 1-3.5 ppb anomali göstergesi olmuştur. Colaroda'da dere sularındaki uranyum art ortam 0.5-3 ppb ve 5-12 ppb olan yerler anomali bölgeleri olmuştur [52]. Türkiyedeki Killik, Yardere ve Karaelmacık anomali bölgelerindeki dere sedimentlerinde sırasıyla maksimum 5.2, 3.9 ve 3.4 ppm uranyum konsantrasyonları bulunmuştur [5]. Pocos de Caldas'daki uranyum maden alanı yakı-

nındaki Birezilya nehir sularında radyum konsantrasyon menzili 0.2-6 pCi/l olarak ölçülmüştür [53]. Yugoslavya'daki Sava nehrinde (Slovenia bölgesi) akıntı suyu radyum konsantrasyon menzili 0.01-0.31 pCi/l olarak belirlenmiştir [54]. Avusturalya'da uranyum maden bölgesinden geçen Alligator nehri akıntı suyu radyum konsantrasyon menzili 0.09-8.1 pCi/l olarak elde edilmiştir [55]. Hindistan'da uranyum maden bölgesinden akan Jaduguda ve Alwaye nehir radyum konsantrasyon menzili sularında 0.14-1.89 pCi/l ve sedimentlerinde 0.4-2 pCi/g olarak ölçülmüştür [56,57]. Japonya'nın dört adasındaki 10 nehirde yapılan akıntı suyu radyum konsantrasyonunu menzili 0.04-0.14 pCi/l bulunmuştur [58]. Belçika'daki Monsin ve Hindistan'daki Periyor nehri sediment örneklerinde yapılan radyum analizleri sonucu radyum konsantrasyon menzillerinin sırasıyla 0.89-12.22 pCi/l ve 0.03-4.54 pCi/l olarak bulunmuştur [54]. Danimarka'nın güney Greenland bölgesi nehir ve dere sediment ve sularında yapılan hidrojeokimyasal ve jeokimyasal uranyum keşif çalışmaları sonucu belirlenen uranyum bölgelerindeki nehir sedimentlerinde 5-20 ppm ve sularında 0.5-1.0 ppb uranyum konsantrasyonları ölçülmüştür. Uranyum sahasının merkezinde ise sedimentlerde 50-100 ppm, sularında 1-10 ppb uranyum değerleri elde edilmiştir [16]. Belçika Ardennes bölgesinde uranyum araştırmaları için nehrin her iki tarafındaki alüvyonlardan toplanan sedimentler üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalar sonucu, uranyum değerlerinin geometrik ortalaması 1.06 ppm ve anomali değeri 2.36 ppm olarak bulunmuştur. Bu çalışmada sediment uranyum konsantrasyonları >3 ppm olan 1) Stavelot'un Cambro-Silurian masifinin sınırları 2) Visean ve Namurian arasındaki geçiş yataşında 3) Merkez Ardennes'in devonianlı yapılarında uranyum sahaları saptanmıştır.

Bunlardan birinci bölgede radyometrik anomali ve uranyum mineralinin bulunduğu daha önceden bilinmektedir. Bu çalışmanın istatistiksel analizlerinden, uranyum konsantrasyonu ile organik karbon arasında hiç bir korelasyon bulunmamış, karbonat ve pH ile negatif, vanadyum ve demir arasında pozitif korelasyon bulunmuştur [17]. Doğu Wyoming'deki ana uranyum depozitlerini yıkayarak akan North Plate nehri Wyoming-Nebreska arasında 15-23 ppb uranyum içermektedir [69]. Colorado ve North Plate nehirleri sularındaki uranyum konsantrasyonlarından daha fazla uranyum içeren, Colorado'nun kuzey doğu çegreginde yer alan ve birçok uranyum yatağını yıkayarak akan South Plate nehir sularının uranyum konsantrasyon menzili 5-67 ppb aralığında bulunmuştur [3]. Mallory ve çalışma arkadaşları Missisipi'nin doğusundaki bütün nehir sularının 1 ppb'den daha az, Missisipi nehrinin ise maksimum 1.3 ppb, Nebraska şehrinde Missouri nehrinin maksimum 6.6 ppb ve Yuma'da Colorado nehrinin ortalama 7 ppb uranyum içerdiğini ölçmüşlerdir [70]. Fix çalışmaları sonun da Colorado platosunun yüzey sularının uranyum içeriğinin art ortam değerinin 0.5-3 ppb aralığında değişmekte olduğunu ve 5-12 ppb değerinin anomali yerleri olarak elde etmiştir [71]. Güney doğu Colorado'yu içeren merkez Great Plains'deki dere ve nehir sularından 73 örnekteki uranyum konsantrasyonu menzili 1-42 ppb ve ortalama 7.2 ppb olduğu Landis tarafından belirlenmiştir [72].

Büyük Menderes Nehrinin denize döküldüğü yer referans noktası olarak alınınca, yukarıya doğru elde edilen veriler 20-30, 60-70, 100-110, 145-160, 205-215, 260-280, 340-350 ve 430-470'inci kilometreler arasında kalan bölgelerde uranyum mineral yatağı bulunabileceği ihtimalini göstermektedir. Bu

bölgelerde ayrıntılı uranyum araştırma çalışmalarının yapılması gereklidir. Bu referanslara göre nehir akıntı suyu ve sedimentte uranyum ve radyum anomalisi gösteren bölgeler ve bu bölgelerin radyometrik analizlerinde anomali raslanan ölçümler ayrı ayrı gösterilmiş ve yorumları aşağıda verilmiştir.

1) 20-30 km arası:

Bu bölgede elde edilen ölçüm sonuçları, bu bölgenin bir anomali alanı olduğunu göstermiştir. Bu sonuca varılmasında etkili olan bazı önemli veri değerleri aşağıda verilmiştir.

Ölçüm	Menzil	Ortalama
Sediment K.Uranyum	1.0- 5 ppm	4.20 ppm
Sediment eU	7.2-19 ppm	5.86 ppm
Sediment Radyum	3.1- 8 pCi/g	5.11 pCi/g
Su Uranyum	1.6- 6.6 ppb	3.54 ppb
Su Radyum	0.4-13.3 pCi/g	5.61 pCi/g
Sediment eTh	1.4- 7 ppm	6.11 ppm
Sediment % K	0.1- 7	4.89
Toprak eU	3.1-27 ppm	6.12 ppm
Toprak eTh	1.7- 8 ppm	5.43 ppm
Toprak Radyum	1.1- 7 pCi/g	6.40 pCi/g
Toprak K.Uranyum	1.2-12 ppm	3.98 ppm

Bu bölgede nehre direkt olarak karışan bir akarsu olmamakla beraber, nehir havzasında sona eren birçok kuru dere ve sel yatakları bulunmaktadır. Ancak Milas'ın 5 km kuzeyinde Kargıcak köyü civarında radyoaktif anomali sahasının varlığı bilinmektedir. Uranyum konsantrasyonu % 0.03 uranyum oksit

olarak verilmiştir [59,60,61]. Söke'nin 30 km güney batısında Menderes ovasının güneyinde yer alan Kisir-Osmankuyu anomali sahası % 0.25 uranyum oksit konsantrasyonuna sahiptir [61,62, 63]. 20-30 km arasındaki alanda bulunan anomali göstergesi, bilinen bu yataklarla uyum içindedir. Nehrin 20-30 km arası, bu bilinen uranyum yatakları arasında kalmaktadır.

2) 60-70 km arası:

Bu bölge Çalıköy yerleşim yeri civarında yer almaktadır. Nehrin genellikle dağ eteklerine çok yakın akışı bölgesel minimumların yüksek oluşunda bir faktör olarak kabul edilebilir. Anomali göstergesi olan bazı veriler aşağıda verilmiştir.

Ölçüm	Menzil	Ortalama
Sediment K.Uranyum	1.0- 8.0 ppm	5.07 ppm
Sediment eU	3.1-30.1 ppm	9.17 ppm
Sediment Radyum	2.1- 8.3 pCi/g	4.38 pCi/g
Su Uranyum	1.1- 5.6 ppb	3.64 ppb
Su Radyum	0.4-13.3 pCi/g	7.17 pCi/g
Sediment eTh	2.0-13.8 ppm	5.23 ppm
Sediment % K	0.2- 7.0	3.42
Toprak eU	1.7-18.0 ppm	7.09 ppm
Toprak eTh	1.6- 5.8 ppm	4.89 ppm

Kanımızca bu bölgede görülen anomali, bilinen Aydın Koçarlı-Küçükçavdarlar % 0.05 konsantrasyonlu 500 ton uranyum oksit yatağı [64] ile Çalıköy deresi ve birçok sel yatakları ile ilişkilidir. Çalıköy deresi kuru sedimentlerinde ölçülen 19.34 ppm uranyum değeri bu ilişkiyi desteklemektedir.

3) 100-110 km arası:

Bu bölge Aydın Koçarlı Yeniköy-Bıyıklı yerleşim yerleri arasında bulunmaktadır. Nehre direkt olarak karışan dere olmamakla beraber, dağ eteklerine yakın geçen nehre karışan birçok kuru dere ve sel yatakları vardır. Bu bölgede elde edilen anomali göstergesi için veriler aşağıda verilmiştir.

Ölçüm	Menzil	Ortalama
Sediment K.Uranyum	1.0- 5.3 ppm	3.84 ppm
Sediment eU	1.8-18.6 ppm	7.53 ppm
Sediment Radyum	1.5- 6.3 pCi/g	3.88 pCi/g
Su Uranyum	3.2- 5.5 ppb	4.41 ppb
Su Radyum	2.2-15.5 pCi/g	4.86 pCi/g
Sediment eTh	1.9-10.3 ppm	4.83 ppm
Sediment % K	0.1- 6.2	4.01
Toprak eU	2.5-14.0 ppm	8.02 ppm
Toprak eTh	1.7- 8.4 ppm	5.43 ppm
Toprak Radyum	0.8- 6.4 pCi/g	3.77 pCi/g
Toprak Gazı Radon	500-800 pCi/l	674 pCi/l

Bu alanın güney kısımlarındaki dağlık bölgede Aydın Koçarlı Mersinbeleni ve Küçükçavdar, Çavdar-Demirtepe, Karacayıt, Kocakovanlık gibi bölgelerde bilinen uranyum yatakları vardır [65]. Elde edilen bu anomali bölgesi çevresindeki uranyum yataklarının bir göstergesi olmakta ve sonuçlarımız bu yatakla uyum göstermektedir.

4) 145-160 km arası:

Aydın-Çakırbeyli yerleşim yeri civarında bulunmakta olan bu bölgede elde edilen ve anomali göstergesi olan bazı önemli ve belirgin analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Ölçüm	Menzil	Ortalama
Sediment K.Uranyum	1.0-13.0 ppm	12.79 ppm
Sediment eU	1.2-15.7 ppm	5.40 ppm
Sediment Radyum	1.6- 8.8 pCi/g	5.19 pCi/g
Su Uranyum	1.2- 4.1 ppb	3.35 ppb
Su Radyum	1.3-11.5 pCi/g	4.73 pCi/g
Sediment eTh	2.0-14.4 ppm	6.10 ppm
Sediment % K	0.1- 7.8	4.03
Toprak eU	1.8-19.7 ppm	9.34 ppm
Toprak eTh	1.8-15.6 ppm	8.85 ppm
Toprak K. Uranyum	1.5- 9.0 ppm	7.80 ppm
Toprak Gazı Radon	500-900 pCi/lt	743 pCi/lt

Bu bölgede nehre Çine çayı karışmaktadır. Çine çayı kuru sedimentlerinde yapılan ölçümlerde 32.39 ppm uranyum bulunmuş olup, 145-160 km arası bulunan anomali alanını daha asidik bir bölgeden karışan Çine çayı meydana getirmektedir.

5) 205-215 km arası:

Yüzey gama ölçümleri önemli derecede anomali göstermemekle beraber diğer ölçümler bu bölgenin uranyum bakımından önemli olduğunu göstermektedir. Bu bölgede elde edilen bazı önemli ölçüm sonuçları aşağıda verilmiştir.

Ölçüm	Menzil	Ortalama
Sediment K.Uranyum	1.0-15.2 ppm	7.48 ppm
Sediment eU	1.2-21.2 ppm	8.47 ppm
Sediment Radyum	1.1- 8.1 pCi/g	4.45 pCi/g
Su Uranyum	0.9- 7.1 ppb	5.72 ppb
Su Radyum	1.3-11.1 pCi/g	4.89 pCi/g
Sediment eTh	1.8-11.5 ppm	5.40 ppm
Sediment % K	1.6- 7.9	4.73
Toprak eU	3.3-23.9 ppm	8.68 ppm
Toprak eTh	1.3- 7.0 ppm	5.52 ppm
Toprak K.Uranyum	1.5-14.5 ppm	6.78 ppm
Toprak Radyum	1.3- 6.0 pCi/g	4.21 pCi/g

Bu bölgede nehre karışmakta olan yüksek radyoaktivite bir derenin bulunmaması ve yüzeysel gama aktivite ölçümlerinin düşük olması bu bölgenin kendisinin veya çevresindeki bir alanın uranyum için bir anomali sahası olmasını gerektirmektedir. Bu anomali bölgesi çevre dağlardaki kuru sel yatakları ile ilişkilidir.

6) 260- 280 km arası:

Aydın-Buharkent civarında yer alan bu bölgede yapılan hidrojeokimyasal ve jeokimyasal radyometrik ölçümlerin tümü, bu bölgenin bir anomali sahası olduğu ihtimalini vermektedir. Bu ölçümlerin bazıları aşağıda verilmiştir.

Ölçüm	Menzil	Ortalama
Sediment K.Uranyum	1.3-14.5 ppm	8.00 ppm
Sediment eU	2.6-33.3 ppm	11.35 ppm
Sediment Radyum	2.9- 8.5 pCi/g	6.43 pCi/g
Su Uranyum	1.6-17.7 ppb	9.25 ppb
Su Radyum	0.4-20.3 pCi/g	9.43 pCi/g
Sediment eTh	2.0-15.2 ppm	6.51 ppm
Sediment % K	0.3- 7.6	4.32
Toprak eU	3.4-22.8 ppm	10.45 ppm
Toprak eTh	3.1-13.0 ppm	5.65 ppm
Toprak K.Uranyum	1.0-12.3 ppm	9.41 ppm
Toprak Radyum	1.4- 6.1 pCi/g	4.21 pCi/g
Toprak % K	0.8- 5.9	4. 08

Bu bölgede nehre karışan ve önemli derecede radyoaktif göstergeye sahip herhangi bir dere bulunmamaktadır. Fakat bölgenin kuzey doğusundaki Ortakçı hamamı 4719 pCi/lt radon konsantrasyonuna sahiptir [66]. Ayrıca nehir akıntı sularında ölçülen uranyum ve radyum değerleri, bu bölgenin de dahil olduğu bir alanda su seviyesinin çok düşük olduğu bir ayda gerçekleştirilmiştir. Nehrin 270-280 km arasında kalan alanın kendisi radyoaktif anomali bölgesidir.

7) 340-350 km arası:

Bu bölge Denizli-Güney ilçesi yakınlarında, nehrin çok hızlı akış gösterdiği bir alanda bulunmaktadır. Yapılan ölçümler sonucu anomali göstergesi olan bazı önemli sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Ölçüm	Menzil	Ortalama
Sediment K.Uranyum	3.1-15.1 ppm	8.67 ppm
Sediment eU	3.5-18.0 ppm	9.13 ppm
Sediment Radyum	2.5-10.6 pCi/g	4.95 pCi/g
Su Uranyum	2.1- 3.0 ppb	2.52 ppb
Su Radyum	1.8-15.0 pCi/g	5.73 pCi/g
Sediment eTh	3.8-15.2 ppm	6.03 ppm
Sediment % K	0.8- 9.1	5.12
Toprak eU	3.4-25.7 ppm	10.37 ppm
Toprak eTh	1.8-13.8 ppm	5.89 ppm
Toprak K.Uranyum	1.6-11.8 ppm	9.72 ppm
Toprak Radyum	0.7- 8.8 pCi/g	5.07 pCi/g
Toprak % K	0.7- 5.4	3.93

Bu bölgede nehre karışan herhangi bir dere bulunmamaktadır. Ancak dağlık ve dar bir bölgeden geçen nehre karışan çok sayıda kuru sel yatakları bulunmaktadır. 346'nci kilometre civarında nehre karışan küçük bir sızıntı yakınında 750 cps gama gözlem ve 1,482 pCi/lt toprak gazı radon konsantrasyonu elde edilmiştir. Nehre karışan herhangi bir yan kolun bulunması ve nehrin büyük bir akış hızına sahip olması, bu bölgenin kendisinin bir anomali alanı olduğunu göstermektedir. Burada daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gereken bir bölgedir.

8) 430-470 km arası:

Denizli-Çivril yerleşim bölgesi civarında bulunmakta olan bu bölge Çivril ovasının tamamını kapsayacak kadar geniş bir alana yayılmıştır. Bu alanda ölçülen ve anomali göstergesi olan bazı önemli sonular aşağıda verilmiştir.

Ölçüm	Menzil	Ortalama
Sediment K.Uranyum	1.3-14.2 ppm	7.39 ppm
Sediment eU	1.6-29.8 ppm	13.35 ppm
Sediment Radyum	1.9-13.9 pCi/g	5.69 pCi/g
Su Uranyum	1.2- 8.9 ppb	3.80 ppb
Su Radyum	0.4-15.5 pCi/g	5.51 pCi/g
Sediment eTh	3.3-15.7 ppm	5.62 ppm
Sediment % K	2.2- 8.7	3.91
Toprak eU	1.4-16.0 ppm	11.02 ppm
Toprak eTh	2.3-13.4 ppm	6.26 ppm
Toprak K.Uranyum	1.8-18.0 ppm	8.41 ppm
Toprak Radyum	2.3-12.8 pCi/g	6.42 pCi/g
Toprak % K	1.6-10.1	5.10
Toprak Gazı Radon	300-1100 pCi/l	849 pCi/l

Çivril ovasında nehre karışan herhangi bir akarsu ve dere bulunmamaktadır. Bu anomali bölgesi kendisi veya çevre ile olan su birikintilerinin sonucu oluşmuştur. Ayrıntılı olarak çalışılması gereken bir bölgedir.

9) Diğer göstergeler:

Büyük Menderes Nehri boyunca her kilometrede bir yapılan hidrojeokimyasal ve jeokimyasal radyometrik uranyum araştırmalarında elde edilen sonuçlardan bazı lokal anomali yerleri bulunmaktadır. Bu lokaller, nehrin bu yerdeki birikim yapma özelliğinden olabileceği gibi lokal bir göstergede olabilir. Bununla beraber nehir çevresinden alınan ve anomali göstergeli bazı noktalar vardır. Nehre Aydın ili yakınlarında karışan Çine çayı sedimenti 32.39 ppm uranyum, 36.18 pCi/gr toplam beta ve örnekleme zamanında kuru olan çayda sulama amaçlı açılan 3-5 m derinliğindeki sondaj suyunda 7.34 ppb uranyum konsantrasyonu bulunmuştur. Nehrin 170'inci km'si civarına karşılık gelen Balta köy'ünde kuyu suyunda 27.94 ppb uranyum ve nehrin kenarında 6 m'lik sulama amaçlı sondaj kuyusunda 9.35 ppb uranyum ölçülmüştür. 245'inci km'si nehre karışan fakat yaz aylarında hiçbir akış göstermeyen Kestel deresinde, nehre ulaşmayan sızıntı şeklindeki suda 13.04 ppb uranyum değeri elde edilmiştir. Güney ilçesi yakınlarında sızıntı şeklindeki içme deresi suyunda 3200 μ mhos/cm öz iletkenlik, -18 mV Eh, 5.91 pH, 3208 mgr/lt toplam alkalinite, çevresinde 750 cps ve 66.0 μ R/h gama gözlem, 1481.2 pCi/lt toprak gazı radon aktivitesi ve sediment örneğinde ise 2071.76 cpm/gr toplam gama, 107.68 ppm eşdeğer uranyum ve 38.02 ppm uranyum konsantrasyonları ölçülmüştür. Ayrıca nehre yaz aylarında sızıntı şeklinde karışan Dandalas çayı suyunda 6.80 ppm, az miktarda suyu ile nehre karışan Çürüksu çayı suyunda 5.65 ppm uranyum ve Çivril ovasındaki zirai mücadele bahçesindeki sulama amaçlı 18.5 metre derinliğindeki sondaj suyunda 6.80 ppm uranyum konsantrasyonları ölçülmüştür.

6 SONUÇ

Büyük Menderes Nehri akıntı su ve sedimentleri ile çevre toprak ve sularında yapılan hidrojeokimyasal ve jeokimyasal radyometrik uranyum araştırmaları sonucu bazı anomali sahaları belirlenmiştir. Nehrin Söke ovasında denize döküldüğü yer referans noktası olarak alındığında, nehrin anomali sahaları aşağıda çıkarılmıştır.

- 1) 20-30 km arası: Söke ovası, Kargıcak köyü civarında ve Kısır-Osmankuyu bilinen anomali sahası
- 2) 60-70 km arası: Çalıköy-Akçakaya arası, Aydın Koçarlı-Küçükçavdarlar bilinen anomali sahası
- 3) 100-110 km arası: Koçarlı-Yeniköy civarı, Aydın Koçarlı Mersinbeleni ve Küçükçavdar, Çavdar-Demirtepe, Karacahayıt ve Kocakovanlık bilinen anomali sahaları
- 4) 145-160 km arası: Çakırbeyli civarı, bu anomalinin nehre bu bölgede karışan Çine çayı tarafından meydana getirildiği sonucuna varılmıştır.
- 5) 205-215 km arası: Yenipazar ilçesi civarı, bu bölgede uranyum keşif çalışmalarının yapılması önerilir.
- 6) 260-280 km arası: Buharkent ilçesi civarı bu bölgede uranyum keşif çalışmalarının yapılması önerilir.
- 7) 340-350 km arası: Güney ilçesi civarı, bu bölgede uranyum keşif çalışmalarının yapılması önerilir.
- 8) 430-470 km arası: Çal-Çivril ilçeleri arası, bu bölgede uranyum keşif çalışmalarının yapılması önerilir.

Ayrıca nehre karışan yan kollardan Çine, Dandalas ve Çürüksu çayları ile içme ve Kestel dereleri önemli anomali sahalarını yıkayarak aktığı, Baltaköy ve Çivril ovasında yer altı uranyum yatağı bulunabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada uygulanan bütün yöntem ve tekniklerin verildikleri sonuçlar birbirleriyle uyum içinde ve birbirlerini destekler niteliktedir. Tekniklerin hepsi yaklaşık aynı sahalarda yükselti göstermekte ve dağılımlar birbirine benzemektedir. Bu yükseltielerin birbirleri ile uyum içinde olması ve bilinen uranyum anomali bölgeleri ile çakışması, bulduğumuz diğer uranyum anomali sahalarının da daha detaylı araştırılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

REFERANSLAR

- 1- Karen J. W. V., Uranium and coexisting element behaviour in surface waters and associated sediments with varied samples techniques used for uranium exploration.
Journal of Geochemical Exploration 337-355 (1977)
- 2- Arthur W. R., David W. ve Arthur T. S., Ground-water geochemistry of uranium and other elements, Monticelle area New.
Journal of Geochemical Exploration 19 (1983) 163-186
- 3- Walter W. B. ve Donald D. R., Reconnaissance study of uranium in the South Plate River. Economic Geology Vol. 66 435-450 (1971)
- 4- Descamps B. ve Foulquier L., Natural radioactivity in the principal constituents of French river ecosystems. Forth Symp. on the Natural Radiation Environment, Lisboa (1987)
- 5- King J., Tauchid M., Frey D., Basset M., Çetintürk I., Aydoz F. ve Keçeli B. Exploration for uranium in Southwestern Anatolia. IAEA-SM 208/6
- 6- Kınacı S. R. Sarıcaoğlu bölgesi uranyum keşif çalışmaları raporu. T.C. Başbakanlık D.P.T. 83H00012 sayılı yatırım projesi (1987)
- 7- Birsen N., Dünya uranyum kaynaklarının yeterliliği ve Türkiye'nin uranyum potansiyeli T.E.A.K Teknik rapor No:10 (1987)
- 8- Smith A. Y., Cameron J. ve Barretto P. M. C., Uranium Geochemical prospecting in Austria. IAEA-SM 208/53
- 9- Allan R. J., Lynch J. J. ve Lund N. G. Regional geochemical exploration in the Coppermine river area, District of Mackenzie, A feasibility study in permafrost terrain
Geol. Survey Canada Pap. 71, 33-52 (1972)

- 10- Bolivar S., Campbell K. ve Wecksung G., R-mode factor analysis applied to uranium exploration in the Monroe quadrangle Colorado. Journal of Geochemical Exploration 19 723-743 (1983)
- 11- Maassen L. W. ve Bolivar S. L., A geochemical survey of St. Lucia, West Indies. Journal of Geochemical Exploration 28 451-466 (1987)
- 12- Bolivar S. L., Broxton D. E., Freeman S.H. ve Weaver T. A., The Geochemical atlas of Alaska. Journal of Geochemical Exploration 29 387-389 (1987)
- 13- Hoffman S. J., Geochemical exploration for uncorformity type uranium deposits in Permafrost terrain, Hornby Bay Basin, Northwest Territories, Canada Journal of Geochemical Exploration 19 11-32 (1987)
- 14- Giblin A. M. ve Snelling A. A., Application of hydrogeochemistry to uranium exploration in the Pine Creek Geosyncline, Northern Territory, Australia. Journal of Geochemical Exploration 19 33-55 (1983)
- 15- Matysek P. F., Fletcher W.K. ve Scinclair A. S. Statistical evaluation of the significance of categorical field parameters in the interpretation of regional geochemical sediment data. Journal of Geochemical Exploration 19 383-407 (1983)
- 16- Brown A., Steenfelt A. ve Kunzendorf H., Uranium districts defined by reconnaissance geochemistry in South Greenland. Journal of Geochemical Exploration 19 127-145 (1983)
- 17- Martin H., Lefin J. P., Dejonghe L. ve Henry J., Stream sediment geochemical prospecting for uranium in the Paleozoic of the Belgian Ardennes. Journal of Geochemical Exploration 19 125-126 (1983)

- 18- Kunzendorf H., Plugel W. L. ve Friedrich G. H., Uranium in Pacific deep-sea sediments and manganese nodules. Journal of Geochemical Exploration 19 163-186 (1983)
- 19- Dean J. R., Bland C. J. ve Levinson A. A., The measurement of Ra-226/Ra-223 activity ratios in ground water as a uranium exploration technique. Journal of Geochemical Exploration 19 187-193 (1983)
- 20- Savascın M. Y., Foça-Urta neojen volkanitlerin mineralojik jeokimyasal incelenmesi ve kökensel yorumu. Doç.Tezi (1978)
- 21- Başarır E. Bafa gölü doğusunda, Menderes masifinin doğu kanadının petroloji ve jeolojisi. Ege Üniversitesi Fen Fak. Rapor No 102 (1978)
- 22- Prof. Dr. Selman Rıza Kınacı ile sözlü iletişim
Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, Bornova/izmir
- 23- Warren R. K., Recent advance in uranium exploration technique shows promising results, World Oil 148 (5) 134-137(1977)
- 24- Caneer W. T. ve Paum N. M., Radon emanometry in uranium exploration. Min. Eng. 26 (5) 26-29 (1974)
- 25- Bolivar L. S. An overview of the national uranium resource evaluation hydrogeochemical and stream sediment reconnaissance programe LA-8457-MS Informal report UC-51 (1980)
- 26- Giritlioglu T., içme suyu kimyasal analiz metodları. İller Bankası yayın No:18 161-172 (1975)
- 27- Card J.W., Spontaneous deposition of radon decay products from air. A thesis for the degree of master of sciece, Carleton University, Canada (1978)
- 28- Kınacı S. R., Modified radon collector in uranium exploration. Journal of Faculty of Science, Ege University Series A, Vol. 12-1 (1989)

- 29- Rutherford E., Radioactive substances and their radiations- Cambridge at the university Press. 699 pp (1913)
- 30- Bell K. ve Card J.W., Further investigation of the radon decay product collector method of uranium exploration. Ontario Geological Survey Miscellaneous paper 93 Pye E.G. (Edit) 24-38 (1980)
- 31- Alpha Nuclear Campany, The alpha card system of radon measurement, Product description report, Canada (1981)
- 32- Karen J. W. V., Water and stream-sediment sampling techniques for use in uranium exploration. United State Department of the Interior, Geological Survey. Open file report 76-77 (1976)
- 33- Sharp R. R. ve Aamodt P. L., Field procedures for the uranium hydrogeochemical and stream sediment reconnaissance as used by the Los Alamos Scientific laboratory, Los Alamos Scientific laboratory of the University of California LA-7054-M (1975)
- 34- Kumru M. N., Katılarda radyum konsantrasyonunun belirlenmesinde optimum koşulların araştırılması. 10 th National Physics Conference TFD-10 NF-17 30 (1988)
- 35- Scintrex instruction manual GAD-6 four channel stabilized gamma-ray spectrometer, Sintrex, Ontario (1982)
- 36- Sayın L.,Dereköy-Yeniköy (Menderes-izmir) yöresi kayaçların radyoaktivite açısından incelenmesi. E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans tezi (1989)
- 37- Yavuz M., Karbonatlı Sarıcaoğlu (Bergama) örneklerinin sodyum karbonat-bikarbonat liçing ve liçing parametrelerinin incelenmesi. E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans tezi (1989)

- 38- Eral M., Termik santral uçucu küllerinin asidik liçinginde uranyum ekstraksiyonu etkileyen parametrelerin incelenmesi. E.Ü. Mühendislik Fak. Seri C Kim.Müh. Cilt 5 Sayı 1 (1988)
- 39- Robbins J.C., Analytical procedures for UA-3 uranium analysis, Application brief 79-2, Scintrex (1979)
- 40- Scintrex instruction manual UA-3 uranium analyser, Scintrex Ontario (1982)
- 41- Eral M. ve Kınacı S.R., Determination of uranium in natural water by laser excited fluorescence for uranium exploration Spectroscopy Letters, 22 (7) 885-867 (1989)
- 42- Atalay E., izmir çevre köylerinin içme ve kullanma sularında radyum konsantrasyonu ölçümleri. E. Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans tezi (1990)
- 43- Hem J.D. Study and interpretation of chemical characteristics of natural water. US Geol. Surv. Water-Supply, 363p. (1970)
- 44- Loftakina A.P., Conditions of accumulation of uranium in peat, Geokhimiya No:6 pp. 708-719 (1977)
- 45- Karen J.W.V., Cadigan R.A., Felmlee J.K. and Reimer G.M. Recent developments and evaluation of selected geochemical techniques applied to uranium exploration. Proc. 1976 IAEA Symp. on Exploration of Uranium Ore Deposits. (1977)
- 46- Ford K.L., Petrography, geochemistry and geophysics of a uranium-copper occurrence south march Ontario, Carleton University Ottawa Ontario (1975)
- 47- Noyan Ö.F., Sarıcaoğlu (Bergama kuzey doğusu) tersiyer havzası kayalarında radyoaktivite araştırmaları. E.Ü Nükleer Bilimler Enstitüsü Yüksek lisans tezi (1989)
- 48- Kumru M.N. ve Kınacı S.R., Aşağı Büyük Menderes akıntılarında ve sedimentlerinde radyoaktivite ölçümleri. 3. Ulusal

Nükleer Bilimler Kongresi 27-29 Eylül 1989 Cilt 1. Sayfa
122-129 (1990)

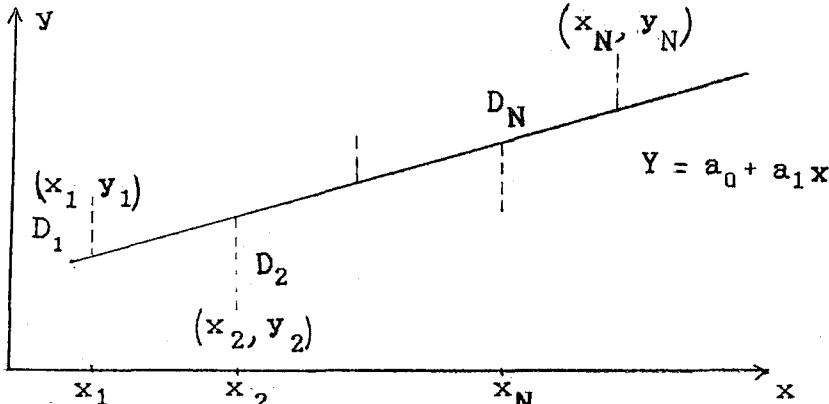
- 49- Sharland C. J., Robertson M. E. A. ve Brandt P. J., High precision automated beta/gamma technique for uranium are analysis. I.A.E.A -SM-239/49 (1978)
- 50- Küçüktaş E., Toprak gazında radon konsantrasyonu ölçümlerinde derinlik, toprak nemi parametrelerine göre değişimin incelenmesi ve hesaplamalar için kompüter programı geliştirilmesi. E.Ü. Nükleer Bil. Enst. Yüksek Lisans tezi (1988)
- 51- Fix P.F., Hydrogeochemical exploration for uranium U.S. Geol.Surv. Prof.Paper 300 Washington D.C. pp 667-671 (1975)
- 52- U.S. Atomic Energy Commission and U.S. Geological Survey 1976. Techiques for prospecting for uranium and thorium Proc. UN. Int. Conf. on Peaceful Uses of Atomic Energy, V.6 pp 752-755 Geneva (1975)
- 53- Paschoa H.S., Bastista G.B., Montenegro E.C., Miranda A.C. and Sigaud G.M., Ra-226 concentrations in the hydrographic basin near uranium mining and milling in Brazil.
In low level radioactive waste management, Health Physic Society Symp. Williamsburg (1979)
- 54- The behaviour of radium in waterways and aquifers a technical document issued by the International Atomic Energy, Vienna (1984)
- 55- Davy D. and Brien G.B., Radiological aspects in Rum Jungle environmental studies. Australian Atomic Energy Commision, Lucas Heights, AAEC/E 365 (1975)
- 56- Yengar M.A. and Markose P.M., Monitoring of the aquatic environment in the neighbourhood of uranium mill at Jaduguda Bihar. Proc. National Symp. on Radiation Phy. Trombay(1970)

- 57- Paul A.C., Londhe V.S. and Pillai K.C., Ra-228 and Ra-226 levels in a river environment and its modification by human activities. In the natural radiation environment III. Rice University Houston, USA (1978)
- 58- Miyake Y., Suqimura Y. and Tsubota H., Content of uranium, radium and thorium in river waters in Japan. In Natural Radiation Environment, Rice University Houston, USA (1974)
- 59- Ayan M., Milas bölgesi Kargıcak civarındaki aktif mıntıka hakkında ön rapor ve ileriki çalışmalar için tavsiyeler.
MTA Rad. Min. Serv. Rap. no:169 Ankara
- 60- Andaç M., Milas bölgesi aktivite sahasında yapılan çalışmaların genel neticesi
MTA Rad. Min. Serv. Rap. no:168 Ankara
- 61- Cameron J., Develompment and evaluation of uranium deposits
MTA Rad. Min. Serv. Rap. no:339 Ankara
- 62- Andaç M., 1961 yılı Kisir ekibi nihai faaliyet raporu
MTA Rad. Min. Serv. Rap. no:217 Ankara
- 63- Kineş T. Kisir-Osmankuyu aktivite bölgesine ait etüd raporu
MTA Rad. Min. Serv. Rap. no:350 Aydın
- 64- Yalçınkaya i., Aydın ili Koçarlı kazası güneyindeki Çeşme-köy Sarıçay ve Küçükçavdarlar sahasında yapılan sondaj çalışmaları hakkında rapor. MTA Rad. Min. Serv. Rap. Ankara
- 65- Nakoman E., Radyoaktif Hammaddeler Jeolojisi
MTA yayınları eğitim serisi no:20 Ankara
- 66- Türkiye Maden Suları 3 Ege Bölgesi
istanbul Üni. Tıp Fakültesi Hidro-Klimatoloji Kürsüsü
- 67- Akbaba H., Kayaç ve toprak örneklerinde radon emanasyonu koşullarının tayini. E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans tezi (1986)

- 68- Darnley A. G., Airborn gamma-ray survey techniques present and feature. Uranium exploration methods. Proc. Symp. Viana 1972 I.A.E.A 67 (1973)
- 69- Janzer V., Personel communication. U.S. Geol. Survey Water Resources, Branch, Denvar, Colorado (1970)
- 70- Mallory E.C., Johnson J.O., ve Scott R.C., Water lead of uranium radium and gross beta activity at selected gaging station. U.S. Geol. Survey Water Supply Paper (1969)
- 71- Fix P.P., Hydrogeochemical exploration for uranium. U.S. Geol. Survey Prof Paper 300 p. 661-671 (1975)
- 72- Landis E.R., Uranium content of ground and surfaca water in a part of central Great Plains. U.S. Geol. Survey Bull. 1087-G p. 224-258 (1970)

Radyoaktif ölçümleri içeren parametrelerin istatistiksel analizinde genellikle iki veya daha fazla sayıdaki değişkenler arasında belli bir bağıntının mevcut olduğu görülür. Çoğu zaman söz konusu bağıntının ilgili değişkenlerle tanımlanan matematiksel modellerle ifade edilmesi istenir. Sözü edilen ilgili değişkenler arasındaki bağıntıyı gösteren denklemi elde etmek amacıyla ilk adımda, ilgili değişkenlerin değerlerinden meydana gelen ve genellikle bir ölçme sonuçlarını yansıtan veri listesi elde edilir.

Bu halde N adet ölçüm noktasının ölçüm değerleri sırasıyla $x_1, x_2, \dots, x_n; y_1, y_2, \dots, y_n; \dots$ şeklinde gösterilebilir. Daha sonra her bir $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ gibi değişken çifti değerleri dik koordinat sisteminde işaretlenerek serpm diyagramı elde edilir. Serpme diyagramına bakılarak sözü edilen noktalara ne çeşit bir eğrinin uyduğu söylenebilir. Serpme diyagramına uyan doğru veya eğri denklemini bulma işlemine genel anlamda eğri uydurma işlemi adı verilir.



Şekilde görülen $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ notasyonu ile tanımlanan noktalar göz önüne alındığında, her bir x_i değerleri için iki y_i değeri vardır. Bunlardan biri x_i değeri ile birlikte verilen y_i değeri, diğeri ise x_i için regrasyon doğrusundan bulunan \bar{y}_i değeridir. y_i değeri ile \bar{y}_i değeri

arasındaki farka "sapma", "hata" veya "artık değer" adı verilir. D_i ile gösterilen sapmalar pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Her bir x_i değeri için tek bir D_i sapma değeri vardır. Bu nedenle N sayıdaki nokta için D_1, D_2, \dots, D_n olmak üzere N adet sapma değeri vardır. Hata kareler toplamı

$$S = \sum_{i=1}^N D_i^2 \quad \text{denklemleri ile gösterildiği takdirde seçilecek}$$

herhangi bir regresyon doğrusu için bir S değeri elde edilir. Teorik olarak S değeri minimum olan doğrunun serpmeye diyagramındaki noktalara en iyi uyan doğru olduğu söylenebilir. Bu düşünceden hareketle, regresyon doğrusunun katsayılarını bulma işlemine en küçük kareler adı verilir.

Yukarıdaki eşitlik açık olarak yazılırsa

$$S = \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - y_i)^2 = \sum_{i=1}^N (a_0 + a_1 x_i - y_i)^2$$

eşitliği elde edilir. Burada a_0 ve a_1 değişken olarak bulunmakta olan bu fonksiyonun minimum değerlerini veren değişken değerlerinin bulunması için fonksiyonun a_0 ve a_1 değişken değerlerine göre türevini alarak sıfıra eşitlenir. Elde edilen denklemler çözülür. Bu halde

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = \sum (a_0 + a_1 x_i - y_i) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = \sum (a_0 + a_1 x_i - y_i) x_i = 0 \quad \text{denklemler sistemi bulunur. Denklem}$$

yeniden düzenlenirse

$$N a_0 + (\sum x_i) a_1 = \sum y_i$$

$$(\sum x_i) a_0 + (\sum x_i^2) a_1 = \sum x_i y_i \quad \text{denklemler sistemi elde}$$

edilir. Denklem sistemi matris notasyonu ile gösterilirse

$$\underbrace{\begin{pmatrix} N & \sum x_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 \end{pmatrix}}_M \underbrace{\begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \end{pmatrix}}_N = \underbrace{\begin{pmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \end{pmatrix}}_K$$

$MN=K$ denklemi elde edilir. Serpmeye diyagramındaki

noktaların koordinatlarından faydalanılarak

$$\begin{pmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ . & . \\ . & . \\ 1 & x_n \end{pmatrix} = X \quad \text{ve} \quad \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ . \\ . \\ y_n \end{pmatrix} = Y$$

matrisi elde edilir. $M=X^T X$ ve $K=X^T Y$ olduğu görülür. $MN=K$ denklemi $(X^T X)N=X^T Y$ şekline dönüşür. Denklemin her iki tarafı $(X^T X)^{-1}$ ile çarpılarak

$$(X^T X)^{-1} (X^T X)N=(X^T X)^{-1} X^T Y$$

$$IN=(X^T X)^{-1} X^T Y$$

denklemi elde edilir. Denklemin sağ tarafındaki matris işlemi tamamlandığında N kolon matris elamanları olarak regresyon doğrusuna ait regresyon katsayıları hesaplanmış olur.

Değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini tanımlayan korelasyon, korelasyon katsayısı adı verilen

$$r = \pm \sqrt{\frac{\Sigma(\bar{y}_i - \bar{y})^2}{\Sigma(y_i - \bar{y})^2}}$$

denklemi ile tanımlanan katsayı ile ölçülür. r , $+1$ ve -1 aralığında değişik değerler alabilir. r 'nin $+1$ ve -1 'e eşit olması halinde değişkenler arasında mükemmel bir korelasyon olduğu, r 'nin sıfıra eşit olması halinde ise değişkenler arasında herhangi bir korelasyon olmadığı ve değişkenler arasında kurulacak ilişkinin anlamsız olduğu söylenebilir.

Çoklu regresyonda dik koordinat sistemi için verilen noktalara bir eğri uydurulmaya çalışılır. Söz konusu eğrinin katsayıları yine en küçük kareler fonksiyonunun, eğri katsayılarına göre alınan kısmi türevlerinin sıfıra eşitlenmesi ile elde edilecek denklem sisteminin çözümünden bulunur.