



İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü
COĞRAFYA DERGİSİ

Sayı 12, Sayfa 47-62 , İstanbul, 2004
Basılı Nüsha ISSN No: 1302-7212 Elektronik Nüsha ISSN No: 1305-2128



SEZYUM-137 RADYONÜKLİDİNİN EROZYON

ARAŞTIRMALARINDA KULLANIMI ve TÜRKİYE'DEN

ÖRNEKLER

Use of Caesium-137 in soil erosion investigations: Case studies in Turkey

T.Ahmet ERTEK^{ab}, Sevilay HACIYAKUPOĞLU^c, Des E. WALLING^d,
Gürsel KARAHAN^e, A.Evren ERGİNAL^a, Nilgün ÇELEBİ^e, Hasan SAYGIN^c

^a İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü

^b Sorumlu yazarın e-postası: taertek@istanbul.edu.tr

^c İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü

^d University of Exeter Department of Geography

^e Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi

Alındığı tarih: 01.06.2004; Kabul tarihi: 26.08.2004

Abstract

Modern concepts of watershed management provide the key to a holistic approach to the conservation and sustainable management of the natural resources and ecosystems of an area. Within this framework, the sustainable management of the main drinking water and domestic water supplies of Istanbul, which are provided by the Omerli and Buyukcekmece reservoirs located on the eastern and western sides of Istanbul Strait, respectively, presents an important challenge. In the catchments of these reservoirs, soil erosion and associated sediment mobilisation, transport and deposition and mass movements are natural landscape forming processes. However, these processes are accelerated by human activity, creating a serious threat to the sustainable intensification of agricultural production and to the long-term sustainability of the reservoirs and the associated water supplies.

To provide a sound basis for designing and establishing effective soil and water conservation strategies within the reservoir catchments, there is a need to assemble reliable information on rates of patterns of soil loss and sediment redistribution and transfer. In the absence of existing information which can be used for this purpose, fallout radionuclides

T. Ahmet ERTEK, Sevilay HACIYAKUPOĞLU, Des E. WALLING, Gürsel KARAHAN,
A. Evren ERGİNAL, Nilgün ÇELEBİ, Hasan SAYGIN

(FRNs), and more particularly caesium-137 (Cs-137) measurements, are being used to document erosion and soil redistribution rates for representative areas under different land use and with different slope steepness in both catchments. Cultivated and pasture (non-forest) sites will be compared to assess the role of land use in influencing sediment mobilisation and redistribution and the information obtained will be used to establish a databank to support future work aimed at improving environmental, protection and management in the region. This study represents the first comprehensive attempt to apply the Cs-137 approach to erosion hazard assessment in Turkey and its use will be extended to a wider range of studies in the future.

Key Words: Soil erosion, Sediment mobilisation and transfer, Fallout radionuclides, Caesium-137, Omerli Reservoir, Büyükçekmece Reservoir, Catchment management.

Anahtar Kelimeler: Toprak erozyonu, Sediment hareketi ve transferi, Serpinti radyonüklidler, Sezyum-137, Omerli Baraj Gölü, Büyükçekmece Barajı, Su havzaları yönetimi.

GİRİŞ

Sürdürülebilir kalkınma kavramı, 1992'de Rio de Janeiro'da gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansında (UNCED) Rio Deklerasyonu ile kurumsallaşmıştır. Rio Deklerasyonu gerek hükümetlerin ve gerekse uluslararası ve bölgesel kuruluşların çevre ve kalkınmanın birbirine entegrasyonu için yapmaları gerekenleri sıralayan bir taahhütler listesidir. Uzun dönemde küresel boyutta ekonomik kalkınmanın sağlanması için, ekonomik kalkınma ve çevre koruması arasındaki ilişkinin dikkate alınmasının zorunlu olduğu (ZLATIC, 2003) vurgulanmıştır. Bu bağlamda, dünyada olduğu gibi Türkiye'de sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için çalışmalar yapılmaktadır.

Türkiye jeolojik, jeomorfolojik yapısı, debisi yüksek akarsulara sahip olması, genel iklim karakteri, bitki örtüsünün aşırı tahribi ve yanlış arazi kullanımları nedeniyle yılda yaklaşık her yıl toplam alanının % 50'sinden fazlasında toprak kaybına uğramakta ve sadece akarsularla yılda toplam 380 milyon ton süspanse sediment taşınmaktadır (ATALAY, 1984: 31). Ülkemizde, erozyonla toprak kaybının önüne geçecek etkili toprak koruma programlarının uygulanmaması ve toprak erozyonunun miktar ve boyutunu gösterecek güvenli sayısal verilerin ortaya konmaması nedeniyle, toprak koruması ile

kontrolü konusunda bilimsel kriterlere uygun arazi kullanımı ve değerlendirilmesi politikaları da oluşturulamamaktadır.

Toprak erozyonunun uzun vadedeki toprak verimliliği üzerinde farklı birçok tahrip edici etkisi vardır. Bunlar, ekilebilir alanlardaki kayıp, zehirli tuzların ya da asitlerin birikimi ve yüzey toprağının gitmesiyle köklenmenin verimsiz alt tabaka toprağında olmasıdır. Birçok durumda toprak erozyonu toprak verimliliğinde sürekli bir azalmaya neden olur, bu azalma, ileri gübreleme sistemlerinin kullanıldığı, yüksek teknoloji tarımsal uygulamalarda önemsenmezken, tarım toprağının kendi verimliliğine dayalı tarımsal ekosistemlerde rahatsızlık verir. Toprak erozyonu, yalnızca erozyonun olduğu bölge üzerindeki yüzeyde bozunuma neden olmakla kalmaz, aynı zamanda akarsu boylarındaki yerleşim alanlarıyla akarsuların çevresindeki yolların hendeklerinde sediment birikimine yol açmak gibi ve ayrıca bu sedimentlerde tutulan tarımla ilgili çeşitli kimyasal maddeler yüzünden su yollarının kirlenmesi ve sudaki organizmaların ölmesi gibi, erozyon bölgesi dışında da sorunlara neden olur. Toprak erozyonu ve birikmesi araştırmalarında radyonüklidlerin kullanımı, geleneksel yöntemlerin uygulanmasıyla oluşan sorunların çoğunu aşmış olup, yöntem birçok gelişmiş ülkede

*SEZYUM -137 RADYONÜKLİDİNİN EROZYON ARAŞTIRMALARINDA
KULLANIMI ve TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER*

başarıyla uygulanmaktadır¹ (Walling ve Quine 1993; Queralt vd. 2000; Walling ve He 2001; Walling vd., 2003; Zapata vd., 1995).

Yarılanma ömrü (half-life) 1 hafta ile 40 yıl arasında değişen, doğal ve serpinti radyonüklidleri (¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²³⁹Pu, ²⁴⁰Pu, ⁷Be, ¹⁴C, ³²Si, ²⁶Al, ³⁶Cl) kullanılarak toprak erozyonu ve sedimantasyonu konusunda ampirik ve teorik modeller geliştirilmiştir. Bu modeller, arazi çalışması (yer seçimi, numune alımı), laboratuvar çalışmaları (örnek hazırlama, radyoaktivite ölçümleri) ve sonuç değerlendirme (modelleme, uyarılma, yorumlama) aşamalarını içermektedir. Bu yöntem "Serpinti Radyonüklidleri Metodolojisi" (fallout radionuclide (FRN) methodology) olarak isimlendirilmektedir. Bu çalışmada, 30 yıl yarılanma ömrüne sahip olan ¹³⁷Cs yapay çevresel radyonüklidinin radyoaktivitesinin ölçülmesi ve sonuçların değerlendirilmesi, bir erozyon araştırma yöntemi olarak ele alınmıştır (Sağlamer vd., 2000; Lederer ve Shirley, 1978).

Serpinti radyonüklid yöntemi ile İstanbul Boğazının iki tarafında yürütülen araştırmalarda ¹³⁷Cs'nin toprak profilleri içindeki düşey dağılımı incelenmiştir. Örnek çalışma sahaları olarak İstanbul'un önemli içme ve kullanma suyu kaynaklarından Büyükçekmece Gölü ve Ömerli Barajı havzaları seçilmiştir (Şekil 1).

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), baraj havzalarını korumak amacıyla her iki baraj havzasında da ilk 300 metreyi mutlak koruma alanı olarak belirlemiştir. Bu alanda yapılaşma yasaklanmıştır. Daha sonraki 1000 m ikinci koruma alanı olarak tanımlanmış ve izin verilen yapılaşma oranı % 5'tir. Sürdürülebilir havza yönetimi ve toprak koruma açısından 5x5; 4x4; 3.5x3.5 ve

nadiren 3x3m'lik mesafelerde çeşitli yeni ağaçlar dikilmiştir. Burada topografik şartlar ve toprak özellikleri gözönünde bulundurulmuştur. Söğüt, dişbudak, servi, fıstık çamı, akçaağaç türü ağaçlar, birinci koruma sahasında; sedir ise ikinci koruma sahasında dikilmiştir. Bunlara ilaveten, ikinci koruma sahasında gübre kullanımında bazı belirli seviyelerin aşılmasına dikkat edilmektedir.

AMAÇ VE KULLANILAN YÖNTEM

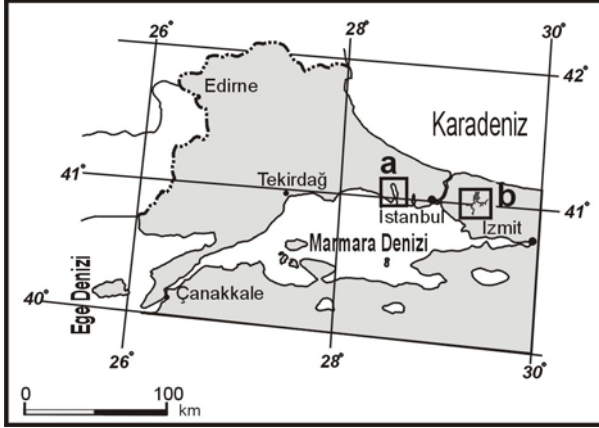
1950 ve 1970'li yıllar arasında atmosferde yapılan nükleer testlerde ve 26 Nisan 1986 yılında Rusya'daki Çernobil nükleer santrali kazası sırasında ¹³⁷Cs ortaya çıkmıştır. Dünyanın atmosferine dağılan bu radyonüklid serpintiyle yeryüzüne inmektedir. ¹³⁷Cs serpintileri, erozyon ve birikim döngüsü için benzersiz bir belirteçtir, çünkü ¹³⁷Cs çevrede doğal olarak bulunmaz, yapay bir radyonükliddir.

Serpintiyle ya da yağmurla toprak yüzeyine ulaşan ¹³⁷Cs kil mineralleri tarafından çabuk ve güçlü bir şekilde tutulur (adsorption) (Şekil 2). ¹³⁷Cs serpintisinin yeryüzündeki hareketi daha sonra toprak ve sediment partiküllerinin hareketiyle gerçekleşir ki, bu da ¹³⁷Cs'nin iyi bir sediment izleyicisi olmasının nedenidir. Birçok toprak cinsi için laboratuvar ve arazi koşullarında ¹³⁷Cs'nin toprakta derine inme oranının düşük olduğu fark edilmiştir. Bu da ¹³⁷Cs'nin toprakta güçlü tutulmasının bir sonucudur. Derine inildikçe tüm toprak türlerindeki ¹³⁷Cs aktivitesinde keskin bir azalma olur.

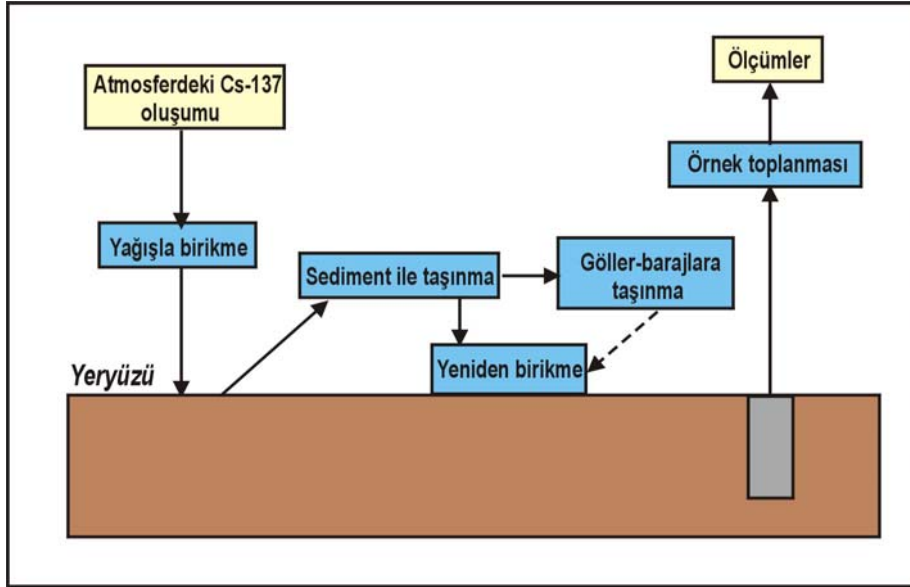
Deneysel kanıtlar, ¹³⁷Cs'nin yüzeye yayıldıktan sonraki yeniden dağılımının, erozyonla ve toprak partiküllerinin taşınımı ve birikmesiyle aynı anda olduğunu göstermiştir. Bu seviyedeki radyoaktiviteler standart gamma spektrometrisi donanımı ile ölçülebilir. Bazı bölgelerde Çernobil kazasının etkileri de dikkate alınmalıdır. ¹³⁷Cs dağılımının saptanması araştırmaları, hem ¹³⁷Cs dağılımının dikey biçimini, hem de bölgedeki toplam ¹³⁷Cs miktarının

¹ Bibliography of Publications of ¹³⁷Cesium Studies Related to Erosion and Sediment Deposition, USDA-ARS Hydrology and Remote Sensing Laboratory, Beltsville, MD, USA. (<http://hydrolab.arsusda.gov/cesium/cesium137bib.htm#ftnote>)

T. Ahmet ERTEK, Sevilay HACIYAKUPOĞLU, Des E. WALLING, Gürsel KARAHAN,
A. Evren ERGİNAL, Nilgün ÇELEBİ, Hasan SAYGIN



Şekil 1- Lokasyon haritası (a: Büyüyükçekmece Gölü havzası, b: Ömerli Barajı havzası).



Şekil 2- ^{137}Cs yönteminin şematik olarak gösterilişi.

belirlenmesinden oluşur. Bu ikinci parametre (bölgedeki toplam ^{137}Cs miktarı), erozyona maruz kalan ve kalmayan bölgeler arasında ayırım yapılmasında ve tek tek bölgeler arasında niceliksel karşılaştırmalar yapılmasında kullanılır.

Toprak erozyonu araştırmaları, inceleme sahasından toprak örneği alınmasını ve bu örneklerin alındığı noktalardaki ^{137}Cs miktarlarının yerel referans bölgesindeki miktarla karşılaştırılmasını içerir. Referans bölge

ile, hemen hemen bozulmamış, erozyona uğramamış, bitki örtüsüne sahip, düz alanlar kastedilmektedir. ^{137}Cs miktarının olması gerekenden az olduğu anlamına gelen negatif sonuçlar, erozyon bölgelerini belirtirken, pozitif sonuçlar da birikme alanlarını gösterir. Bu değerler, serpentinin başlamasıyla, örnek alma zamanı arasında oluşan erozyon ve birikim süreçlerinin toplu etkisini gösterir. Gerçekleşen erozyon ve birikim oranlarını sayısal olarak ifade etmek için, ^{137}Cs verilerinin kalibre edilmesi gereklidir, ya

**SEZYUM –137 RADYONÜKLİDİNİN EROZYON ARAŞTIRMALARINDA
KULLANIMI ve TÜRKİYE’DEN ÖRNEKLER**

da diğer bir deyişle belirli bir noktadaki ¹³⁷Cs artışı ya da azalmasının yüzdesine karşılık gelen, erozyon ve birikim oranları arasında bir bağıntı kurulmalıdır. Böyle bir bağıntıyı kurmak için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler farklı aşınım ve birikim oranlarına maruz kalan toprak kesitlerindeki, ¹³⁷Cs miktarlarını tahmin etmek için kullanılır ve elde edilen tahminlerle, bölgelere özgü kalibrasyon ilişkileri üretilir.

Serpinti radyonüklidi ¹³⁷Cs ile İstanbul Boğazının iki tarafında gerçekleştirilen araştırmada, (1) referans saha, (2) ekilmiş alan, (3) ekilmemiş alan, (4) mera, (5) koru, (6) orman, (7) referans toprak kesiti (section) gibi farklı arazi kullanım alanlarında, sondajlar yapılmış ve örnekler toplanmıştır. Sondajlarda kesit kalınlığı, toprak profili kalınlığına göre değişmekte olup, bu değer inceleme alanlarında ortalama 16-50 cm arasında kalmıştır. Kullanılan delici ucundaki tüp çapı 69 mm olup, sondaj noktaları Garmin-Etrex marka GPS ile belirlenmiş ve 1/1.000, 1/5.000 ve 1/25.000 ölçekli haritalara aktarılmıştır. Tüpün içindeki toprak örnekleri, derine doğru 2 cm’lik toprak kalınlığını temsil etmek üzere, ardı sıra kesitler olarak dışarıya alınmıştır. Örnek toplama aşamasından sonra toplanan tüm örnekler 50°C’de etüvde kurutulmuş, öğütülerek 2 mm çaplı elekten geçirilmiş ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi’nde gamma spektroskopik analizi yapılmıştır. Gamma spektrometrik analiz, kurşundan oluşan zırh içindeki, yüksek saflıkta, ters elektrotlu ve geniş aralıklı ortak eksenli, yarı iletken detektörler (% 15 relatif verimli Canberra HP REGe high purity reverse-electrode coaxial Ge detector ve % 18 relatif verimli Canberra HP XtRa high purity extended range coaxial Ge detector), çok kanallı analizör (Genie-2000 spectroscopy system) ve diğer nükleer elektronik sistemlerden oluşan yüksek rezolüsyonlu gamma spektroskopisi sisteminde gerçekleştirilmiştir.

Spektrumlarda ¹³⁷Cs radyoaktivitesini belirleyebilmek için 661.66 keV enerjili pik alanından yararlanılmıştır (Lederer ve

Shirley, 1978). Örnekler, içerdikleri radyoaktivite seviyesinin çok düşük olması nedeniyle, istatistiksel güvenli seviye aralığı 2σ olmak üzere, 100.000 saniye süreyle sayılmıştır.

Sunulan çalışma, ¹³⁷Cs’nin Türkiye’de toprak erozyonu araştırmalarında kullanılabilirliğini tartışmakta olup, özellikle doğal yaşam kaynaklarımızdan biri olan barajlarımızın erozyondan korunması ve ömürlerinin uzatılması açısından büyük önem taşımaktadır. Örneğin, Türkiye’de şiddetli erozyon ve bunun yarattığı siltasyon nedeniyle Altınapa Barajı 19 yıl, Bayındır Barajı 28 yıl, Demirköprü Barajı 41 yıl, Hirfanlı Barajı 33 yıl, Karamanlı Barajı 13 yıl, Kartalkaya Barajı 19 yıl, Kemer Barajı 22 yıl, Selevir Barajı 27 yıl, Sürgü Barajı 35 yıl ve Yalvaç Barajı 27 yılda dolarak ömürlerini tamamlamışlardır. Ayrıca Buldan Barajı’nın 72 yıl, Çaygören 77 yıl, Çubuk-I 75 yıl, Kesikköprü 66 yıl ve Seyhan Barajı’nın ise, 70 yılda ekonomik ömürlerini tamamlayacakları hesaplanmıştır (D.M.İ., 2002).

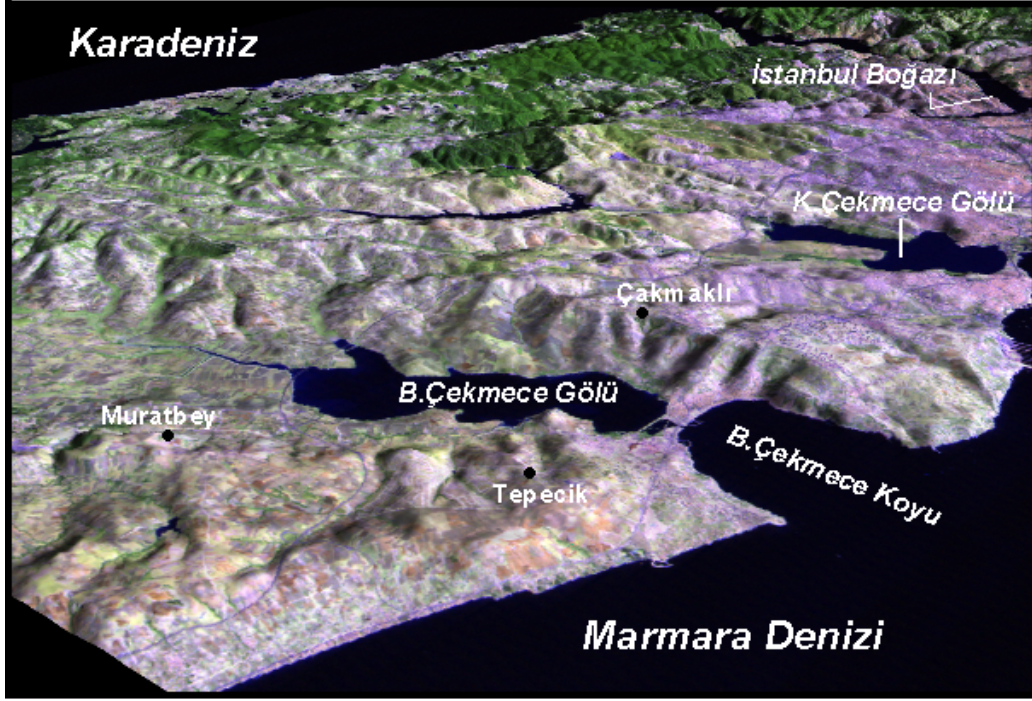
¹³⁷Cs ARAŞTIRMALARI

Büyükçekmece Gölü Havzası

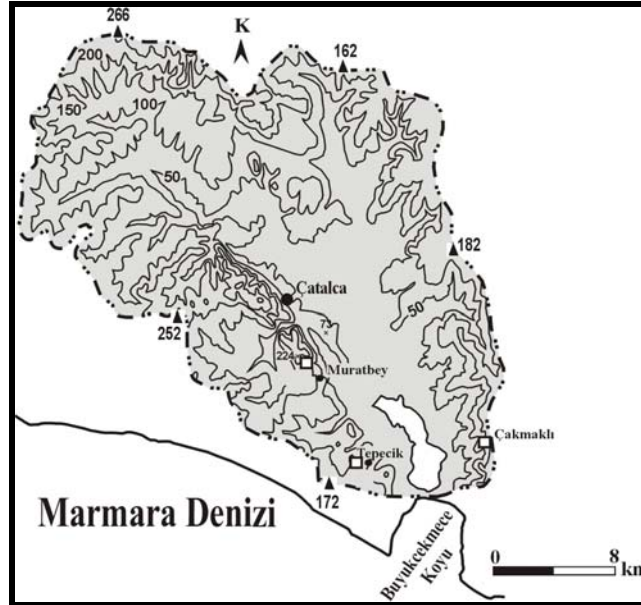
Büyükçekmece Gölü İstanbul’un batı kesiminde yer alır ve Marmara Denizi’nin kuzey kıyısındaki bir koyun kıyı kordonu ile denizden ayrılması sonucunda oluşmuş bir lagündür (İnandık, 1965: 12) (Şekil 3). Eski lagün setinin kuzeyine 1982 yılından itibaren Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından bir baraj gövdesi inşa edilmiş, böylece bu doğal göl 1988’de bir baraj gölüne dönüştürülerek kullanıma açılmıştır. Göl, 100 milyon m³ lük bir değerle bugün için İstanbul’un su gereksiniminin %17’sini (İBB, 1995: 60) (Tablo 1) karşılamaktadır. Yağış tutarı 645 mm (Florya) olup, gölün 620 km² lik bir yağış alanı vardır (DSİ, 2003)(Tablo 1) (Şekil 4).

Göl çevresinin alçak plato sahasını yüzeyleyen ana jeolojik formasyonlar; kil ve marn içerikli Silivri Formasyonu, kum, kil ve çakıl birimlerinden oluşan Çukurçeşme Formasyonu ile ince tabakalı kireçtaşının oluşturduğu Bakırköy

T. Ahmet ERTEK, Sevilay HACIYAKUPOĞLU, Des E. WALLING, Gürsel KARAHAN,
A. Evren ERGİNAL, Nilgün ÇELEBİ, Hasan SAYGIN



Şekil 3- Büyükçekmece Gölü ve yakın çevresinin sayısal arazi modeli ve çalışılan lokaliteler (Gazioğlu vd., 1998'den değiştirilerek).



Şekil 4- Büyükçekmece Gölü havzasının topografya haritası.

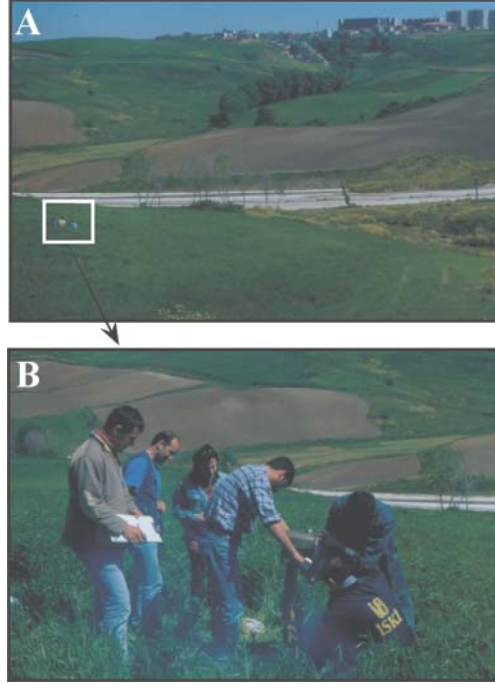
SEZYUM -137 RADYONÜKLİDİNİN EROZYON ARAŞTIRMALARINDA
KULLANIMI ve TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER

Tablo 1. İstanbul'un Su Kaynakları Tablosu (İBB, 1995).
(Tabloda gri tonla gösterilen satırlar çalışılan baraj havzalarıdır)

BARAJLAR	KAPASİTE (m ³ X 106)	TOPLAM İÇİNDEKİ PAYI (%)	İŞLETMEYE GİRİŞ YILI
ÖMERLİ	270	31.8	1973
ELMALI	5	2.6	1896-1956
DARLIK	110	16.5	1988
TERKOS	145	22.2	1883
B.ÇEKMECE	138	17	1988
ALİBEY	35	6.6	1972
YER ALTI SUYU ve TARİHİ BENTLER	146.06	3.3	-
T O P L A M	849.06	100	-

Formasyonu'dur. Toprak ve anakaya yapısı nedeniyle erozyona olduğu kadar kütle hareketlerine de oldukça elverişli olan (Ertek ve Kaya, 2001) Büyükçekmece Gölü çevresinde, 1988 yılında hizmete açılan baraja, başta Karasu Deresi olmak üzere, sularını boşaltan akaçlama

sistemlerinin alüvyon getirisi ve göl havzasındaki tarım arazilerinde oluşan hızlı erozyon dikkat çekici boyutta görünmektedir. Bu nedenle göl ve çevresi ¹³⁷Cs araştırmaları için seçilmiştir (Şekil 5 A-B).



Şekil 5- Büyükçekmece-Çakmaklı Köyü lokalitesinde sondajla toprak örneği alımı.

Istanbul Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında Büyükçekmece-Çakmaklı bölgesi için gerçekleştirilen analizler sonucu, incelenen toprak-

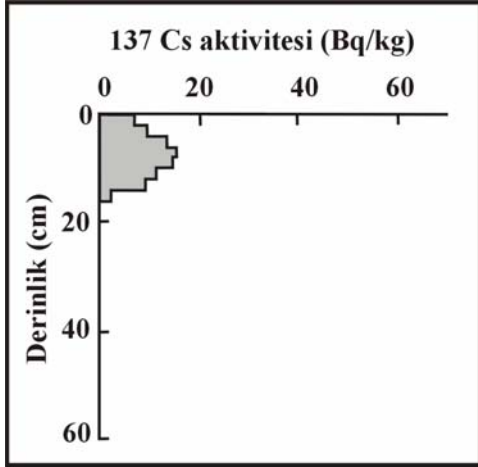
larda suyla doymunluk % 63; pH: 7.2, tuzluluk % 0.13 olarak belirlenmiştir.

Büyükçekmece Gölü doğusundaki Çakmaklı Köyü lokalitesi ve gölün batı-

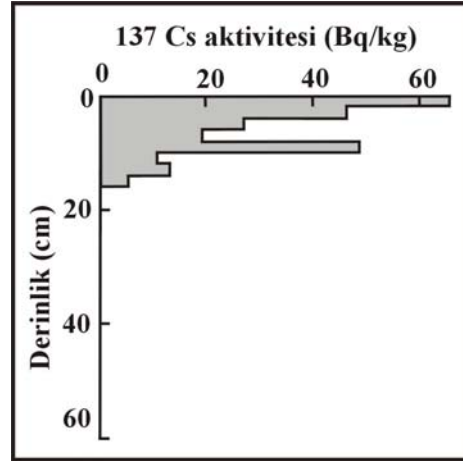
T. Ahmet ERTEK, Sevilay HACIYAKUPOĞLU, Des E. WALLING, Gürsel KARAHAN,
A. Evren ERGİNAL, Nilgün ÇELEBİ, Hasan SAYGIN

sındaki Tepecik lokalitesi için gama spektrometrik ölçümler sonucu elde edilen ^{137}Cs aktivite değerleri ve incelenen kesit (sectioned) toprak örneklerinin, toprak derinliğine ve kütle derinliğine göre aktivite dağılım grafikleri oluşturul-

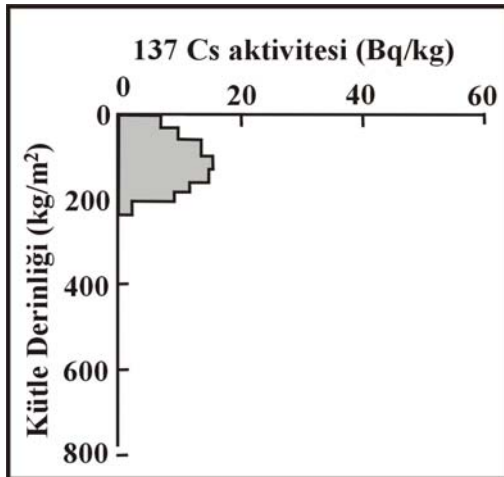
muştur. Şekil 6-9'de, Büyükçekmece Gölü civarında yapılacak çalışmalarda referans olarak alınması planlanan alanlar için oluşturulan Çakmaklı ve Tepecik ^{137}Cs profilleri yer almaktadır (Hacıyakupoglu vd., 2003 a; Hacıyakupoglu vd., 2003 c).



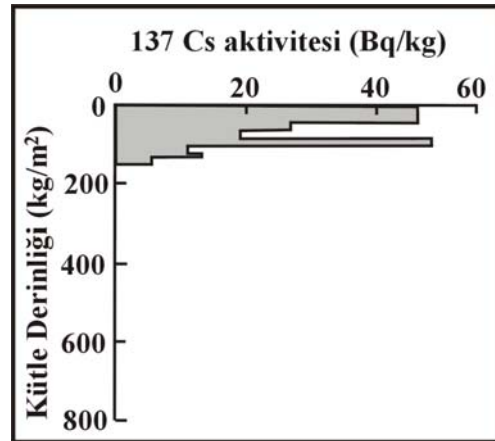
Şekil 6- Büyükçekmece-Çakmaklı lokalitesinde Cs-137 aktivitesinin toprak derinliğine göre dağılımı.



Şekil 8- Büyükçekmece-Tepecik lokalitesinde Cs-137 aktivitesinin toprak derinliğine göre dağılımı.



Şekil 7- Büyükçekmece-Çakmaklı lokalitesinde Cs-137 aktivitesinin kütle derinliğine göre dağılımı.

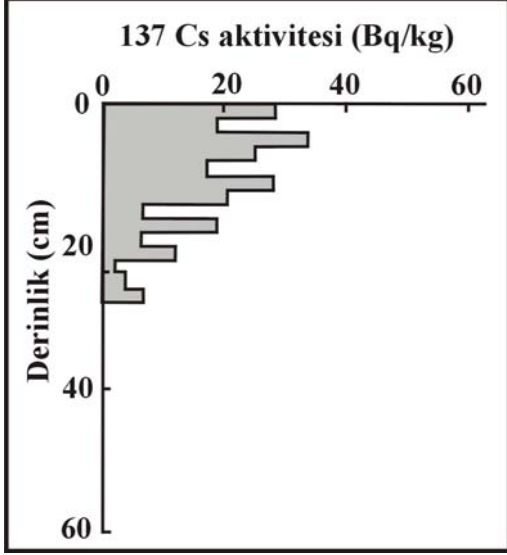


Şekil 9- Büyükçekmece-Tepecik lokalitesinde Cs-137 aktivitesinin kütle derinliğine göre dağılımı.

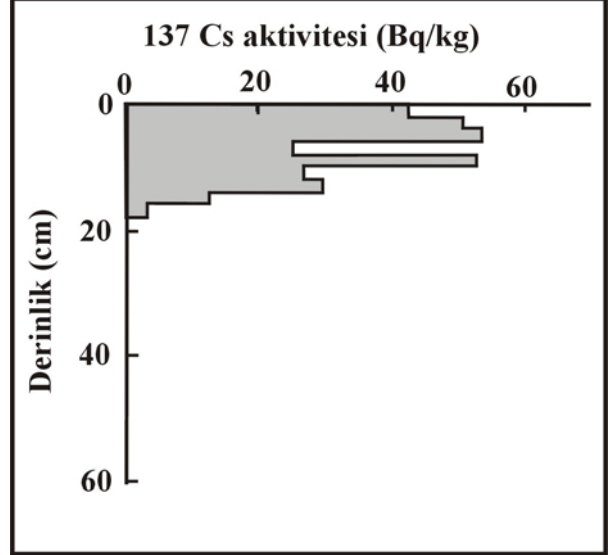
SEZYUM -137 RADYONÜKLİDİNİN EROZYON ARAŞTIRMALARINDA
KULLANIMI ve TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER

Şekil 10-17'de aynı havza içinde yer alan Pamuktepe lokalitesindeki ekilmemiş ve Çakmaklı lokalitesindeki arpa ekilmiş, eğimli bir arazi için aşınım ve birikim

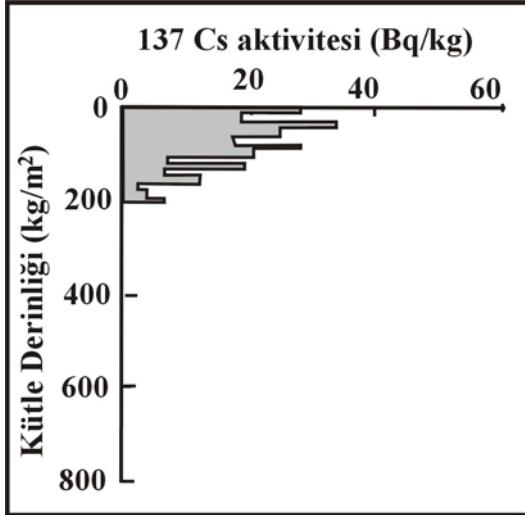
alanlarındaki ¹³⁷Cs profilleri görülmektedir (Hacıyakupoglu vd., 2003 d-e) (Şekil 5 A-B).



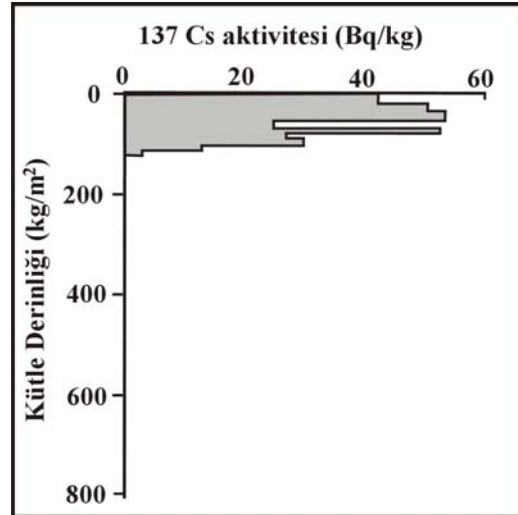
Şekil 10- Büyükçekmece-Pamuktepe lokalitesinde aşınım sahasındaki Cs-137 aktivitesinin toprak derinliğine göre dağılımı.



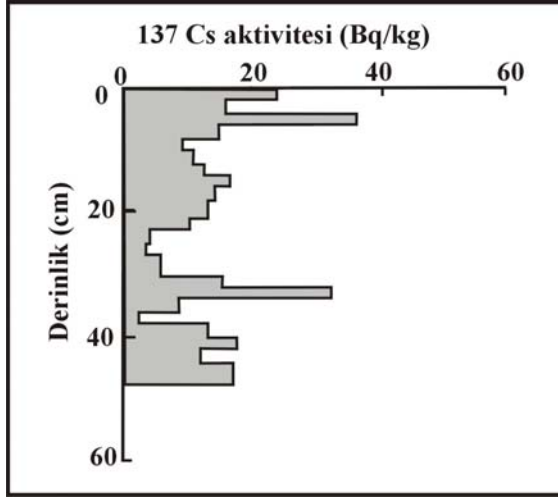
Şekil 12- Büyükçekmece-Pamuktepe lokalitesinde birikim sahasındaki Cs-137 aktivitesinin toprak derinliğine göre dağılımı.



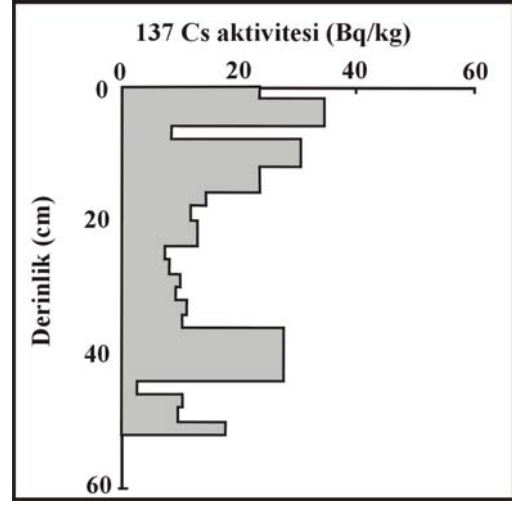
Şekil 11- Büyükçekmece-Pamuktepe lokalitesinde aşınım sahasındaki Cs-137 aktivitesinin kütle derinliğine göre dağılımı.



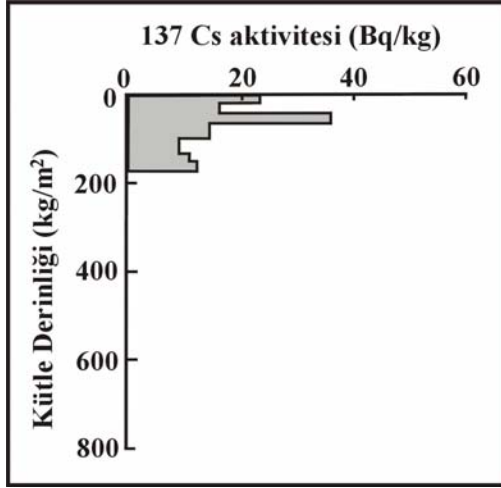
Şekil 13- Büyükçekmece-Pamuktepe lokalitesinde birikim sahasındaki Cs-137 aktivitesinin kütle derinliğine göre dağılımı.



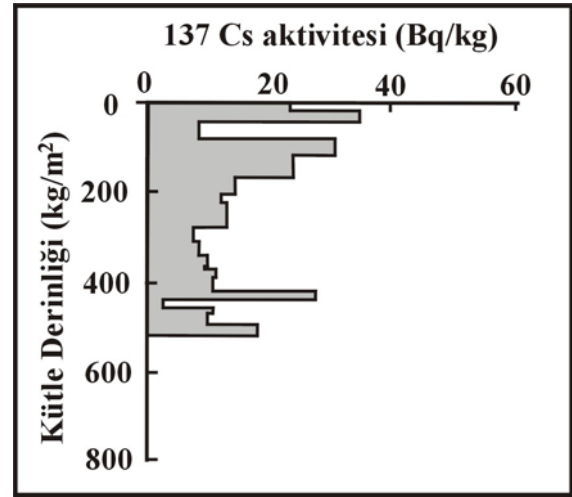
Şekil 14- Büyükçekmece-Çakmaklı lokalitesinde birikim sahasındaki ¹³⁷Cs aktivitesinin toprak derinliğine göre dağılımı.



Şekil 16- Büyükçekmece-Çakmaklı lokalitesinde birikim sahasındaki ¹³⁷Cs aktivitesinin toprak derinliğine göre dağılımı.



Şekil 15- Büyükçekmece-Çakmaklı lokalitesinde aşınım sahasındaki ¹³⁷Cs aktivitesinin kütle derinliğine göre dağılımı.



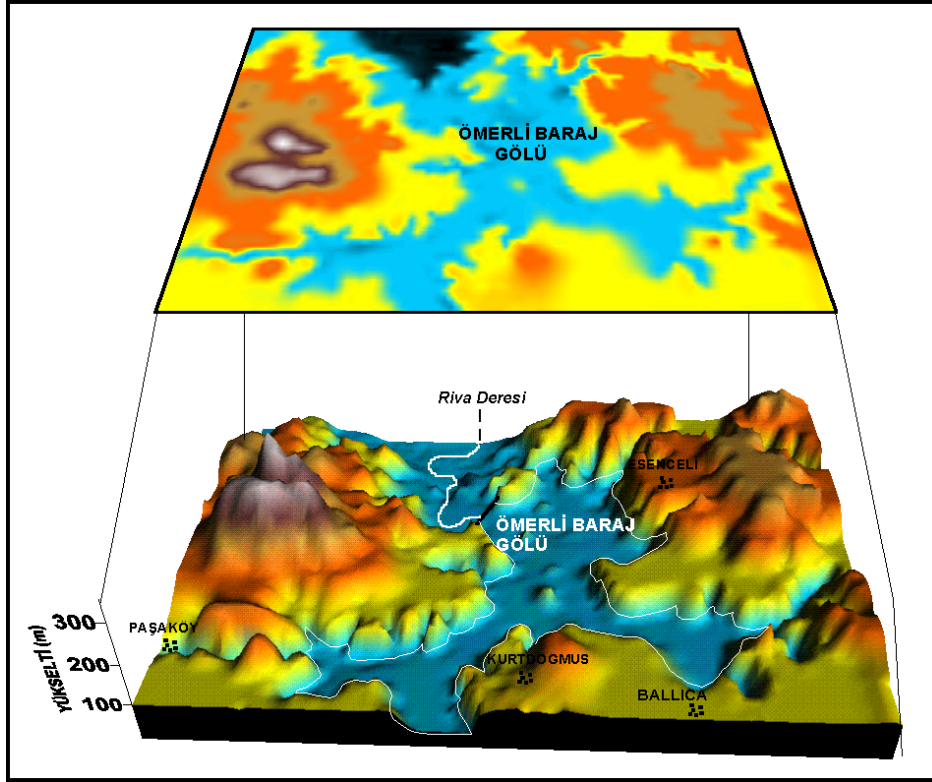
Şekil 17- Büyükçekmece-Çakmaklı lokalitesinde birikim sahasındaki ¹³⁷Cs aktivitesinin kütle derinliğine göre dağılımı.

Ömerli Havzası

Istanbul'un doğu kesiminde, Riva Çayı Havzasının orta kesiminde yer alan Ömerli Baraj Gölü DSİ tarafından 1973 yılında hizmete açılmıştır (Şekil 18). Zonlu toprak dolgu türünde bir baraj gövdesine sahip olup 859 km² lik bir yağış alanı olan göl,

Riva Çayı ve bunun dandritik drenaj kollarının V şekilli vadileri içinde çatallanan kollar şeklinde gözlenir. Göl bugün için İstanbul'un su gereksiniminin % 31.8'lik oranı ile en önemli kısmını karşılamaktadır (İBB,1995: 60) (Tablo 1). İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından

SEZYUM -137 RADYONÜKLİDİNİN EROZYON ARAŞTIRMALARINDA
KULLANIMI ve TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER



Şekil 18- Riva Çayı havzasının orta kesimindeki Ömerli Barajı ve çevresinin sayısal arazi modeli ile örnek alınan lokaliteler.

İstanbul Metropolen alan arazi kullanma ve kabiliyetleri konusunda yapılan bir çalışmada, baraj ve çevresinde çok geniş bir sahada “sürüm yapılmayan, aşırı sınırlayıcı faktörlere sahip mera ve ağaçlık olarak kullanılabilir arazi” şeklinde bir tanımlama yer almaktadır (İBB, 1995). Bunun diğer nedeni de göl çevresinde toprak profillerinin erozyon sonucunda incelmış olmasıdır. Yapılan profil ölçümlerinde Paleozoik şistler üzerinde ancak ince bir toprak kalınlığı tespit edilmiştir (Şekil 19).

İstanbul’un içme ve kullanma suyunun önemli kısmını sağlayan Ömerli Baraj gölü havzasındaki tarım arazilerinde oluşan hızlı erozyon dikkat çekici boyutta görünmektedir (Şekil 20-21). Bu nedenle göl ve çevresinde ¹³⁷Cs araştırmaları yapılmak üzere tipik alanlar seçilmiştir

(Hacıyakupoğlu vd., 2003 e) (Şekil 22 A-B).

İstanbul Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında Riva Kurtdoğmuş lokalitesi için gerçekleştirilen analizler sonucu, incelenen topraklarda suyla doymunluk % 63; pH: 7.05, tuzluluk % 0.06 olarak belirlenmiştir.

Riva Deresi Havzası’nın orta kesiminde yer alan Kurtdoğmuş Köyü lokalitesi için gamma spektrometrik ölçümler sonucu elde edilen ¹³⁷Cs aktivite değerleri ve incelenen kesit toprak örneklerinin derinliğe ve kütle derinliğine göre aktivite dağılım grafikleri oluşturulmuştur. Şekil 23-24’de Riva Havzası Kurtdoğmuş Köyü civarında yapılacak çalışmalarda referans olarak alınması planlanan alanlar için oluşturulan ¹³⁷Cs profilleri yer almaktadır (Hacıyakupoğlu vd., 2003 b).

*T. Ahmet ERTEK, Sevilay HACIYAKUPOĞLU, Des E. WALLING, Gürsel KARAHAN,
A. Evren ERGİNAL, Nilgün ÇELEBİ, Hasan SAYGIN*



Şekil 19- Ömerli Barajı çevresinde şistler üzerinde sığ topraklar.

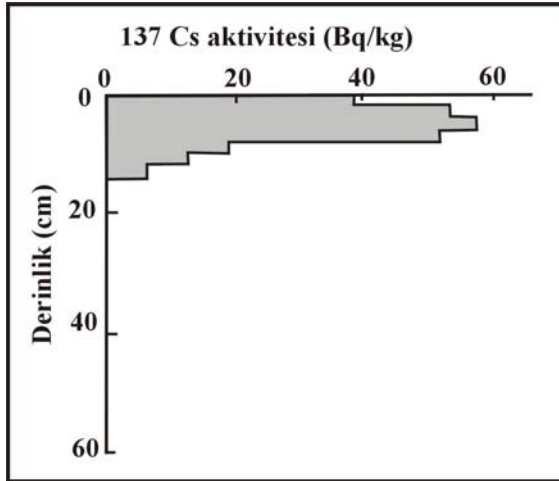


Şekil 20-21- Riva Deresinde kış döneminde şiddetli erozyonun göstergesi olan çamurlu akış.

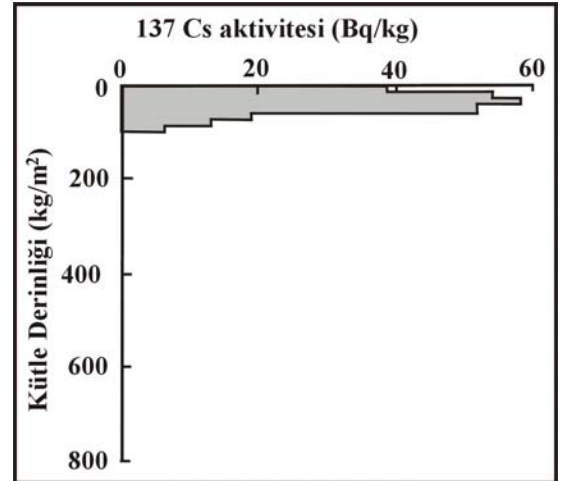
SEZYUM -137 RADYONÜKLİDİNİN EROZYON ARAŞTIRMALARINDA
KULLANIMI ve TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER



Şekil 22 A-B - Cs-137 ölçümleri için Ömerli Baraj Gölü Havzasındaki Kurtdoğmuş Köyü'nden sondajla toprak örneği alımı.



Şekil 23- Riva-Kurtdoğmuş lokalitesinde ¹³⁷Cs aktivitesinin toprak derinliğe göre dağılımı.



Şekil 24- Riva-Kurtdoğmuş civarında ¹³⁷Cs aktivitesinin kütle derinliğine göre dağılımı

SONUÇ

Referans olarak kullanılabilir alanlar için ^{137}Cs , toprak yüzeyine yakın yerlerde, geniş bir pik yaparak, daha sonra yüzeyden aşağı doğru bir uzantı sergiler. ^{137}Cs 'nin dağılımı, ^{137}Cs radyonüklidi ve toprak partikülleri arasındaki etkileşime, yağış rejimine ve toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişir ve toprak sistemindeki bir seri fiziksel, fizikokimyasal ve biyolojik süreçler sonucu şekillenir. ^{137}Cs dönüşüm modelleri kullanılarak, belli bir referans noktadaki ^{137}Cs radyoaktivite envanterinin ölçülmesi ile, ilk serpinti tarihinden (yaklaşık 40 yıl öncesinden) günümüze kadar olan toprak aşınım ya da birikim hızlarının belirlenmesi sağlanır.

Serpinti radyonüklidi ^{137}Cs ölçümlerinden yararlanarak erozyon belirlenmesi için kullanılan dönüşüm modellerindeki etkenlerden birisi de araştırma bölgesine yakın seçilen, üzerinde uzun yıllar tarım yapılmamış ve erozyonun çok düşük değerde olduğu düşünülen sahalara için, ^{137}Cs dağılımları elde etmektir. Şekil 8-9 ve 23-24'te elde edilen grafiklerdeki dağılımlar bu özelliklere uyan sahalara aittir. Şekil 6 ve 7 'deki dağılımın farklı olması bu bölgenin toprağının bir kısmının erozyonla uzaklaştırıldığı bir göstergesi olmalıdır. Bu nedenle bu verilerin yerine geçebilecek başka bir saha daha seçilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Şekil 10-13'de ve Şekil 14-17'de elde edilen grafiklerdeki dağılımlarda görüldüğü gibi erozyon ve sedimentasyon sahalardan alınan topraklar için ^{137}Cs dağılımları farklıdır, ki bu sonuçlar da erozyon dönüşüm modellerinde toprağın aşınım ve birikim hızını belirlemede kullanılabilirliğini göstermektedir.

Böylece Çatalca ve Kocaeli Yarımadalarından seçilen tipik lokalitelerden elde edilen sayısal veriler, bu yarımadalardaki erozyon oranını ortaya koyduğu gibi, içme suyu sağlayan Büyükçekmece ve Ömerli Barajları gibi önemli su haznelerindeki dolma riski ve oranı da ortaya çıkarılmış olacaktır.

Araştırmanın bundan sonraki aşamalarının WOCAT² (World Overview of Conservation of Approaches and Technologies) prosedürlerine uygun olarak sürdürülmesi planlanmaktadır. Bu çalışmada sunulan verilerin değerlendirilip İstanbul'un her iki tarafındaki havzalar için toprak dağılım hızlarının ve oranlarının oluşturulması çalışmaları sürmektedir.

KATKI BELİRTME

Serpinti radyonüklid ölçümlerinin sürdürülebilir havza planlamasında kullanımı konusundaki çalışmalara başlamanız için destek veren İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Gülsün Sağlamer'e, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Toprak Bölümü eski başkanı Prof. Dr. Felipe Zapata'ya, donanım ve teçhizatından yararlanmamızı sağlayan İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İ.S.K.İ.) eski Genel Müdürü Prof. Dr. Veysel Eroğlu ve desteğini sürdüren İSKİ Genel Müdürü Dursun Ali Çodur'a ve İ.S.K.İ Elektrik Mekanik Daire Başkanlığı'ndan Selami Taşer'e, Özlem Aslan'a, Nazmiye Ermeydan'a ve yardımcı olan tüm İSKİ personeline, TEMA Vakfı başkanı Nihat Gökyiğit'e ve eski başkanı Hayrettin Karaca'ya ve TEMA Yönetim Kurulu Üyelerine, İstanbul Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden Refiye Erkel'e, Çatalca-Muratbey Köyü MAY Yapı taş ocağı şirketi işletmecilerine, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü öğretim elemanlarından Y. Doç. Dr. Cem Gazioğlu ile Araş. Gör. Zeki Yaşar Yücel'e, arazi çalışmalarında yardımcı olan jeomorfoloğ Hakan Kaya'ya ve desteklerinden dolayı Büyükçekmece Belediye Başkanı Dr.Hasan Akgün'e teşekkür ederiz. Balkan ülkeleri arasındaki toprak ve su korunumu araştırmalarına katılmamızı sağlayan Dünya Toprak ve Su Korunumu

² WOCAT, özgevi toprak ve su uzmanlarına, toprak ve su korunumu konularındaki deneyimlerini paylaşma ortamı sunan, uygun toprak ve su korunumu teknoloji ve yaklaşımları konusunda yardımcı olan ve yine bu konuda çalışanlara arazide ve planlama aşamasında destek olan uluslararası bir kuruluştur, www.wocat.net.

SEZYUM -137 RADYONÜKLİDİNİN EROZYON ARAŞTIRMALARINDA
KULLANIMI ve TÜRKİYE'DEN ÖRNEKLER

Birliği'ne (World Association of Soil and Water Conservation (WASWC³) katkısından ötürü teşekkür ederiz.

Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından konu ve konsept olarak desteklenmiştir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (International Atomic Energy Agency-IAEA), tarafından 21 ülkede koordineli olarak yürütülen, TUR-12330 kontrat numaralı proje kapsamındadır.

KAYNAKÇA

ATALAY, İ. 1984, "Soil erosion and its effects on the transportation and the modern sedimentation in Turkey", *Ege Coğrafya Dergisi*, 2: 30-47.

ERTEK, T. A. ve KAYA, H. 2001, "Effects of the natural hazards on the landscape of Büyükçekmece Lake", *Proceedings of the Fifth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 01*, E.Özhan (Editor), 23-27 October 2001, Vol. 1, pp. 385-394, Hammamet, Tunisia.

GAZİOĞLU, C., YÜCEL, Z.Y. ve DOĞAN, E., 1998, "Uydu Verileriyle İstanbul Boğazı ve Yakın Çevresindeki İçme Suyu Havzalarına Genel Bir Bakış." *Büyükşehirlerde Atıksu Yönetimi ve Deniz Kirlenmesi Kontrolü Sempozyumu*, 18-20 Kasım 1998, sayfa:253-266.

HACIYAKUPOĞLU, S., ERTEK, T.A., WALLING, D.E., ÖZTÜRK, F., KARAHAN, G., ERGİNAL, A.E., ATAKSOR, B. ve KAYA, H., 2003 a, "Büyükçekmece Gölü Yakın Çevresi Toprak Kesitlerinde Sezyum-137 Dağılımı ve Erozyonla İlişkisi". *Sırrı*

Erinç Sempozyumu (SES 03), İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümü & Deniz Bilimleri İşletmeciliği Enstitüsü, 11-13 Eylül 2003, genişletilmiş bildiri özetleri kitabı, s: 62-66, İstanbul.

HACIYAKUPOĞLU, S., ERTEK, T.A. ve WALLING, D.E., 2003, "The Use of Cs-137, Pb-210 and Be-7 measurements for assessing soil erosion and sedimentation in the Riva Basin (Istanbul, NW Turkey)", *First Research Co-ordination Meeting (311-RC-888) of the Co-ordinated Research Project "Assessing The Effectiveness of Soil Conservation Techniques for Sustainable Watershed Management Using Fallout Radionuclides"*, 19-20 May 2003, Vienna, Austria (<http://www.iaea.or.at/programmes/nafa/d1/mtc/abstracts-rcm-19-23-may.pdf>).

HACIYAKUPOĞLU, S., ERTEK, T. A., ÖZTÜRK, Z. F., KARAHAN, G., ERGİNAL, A. E., CELEBİ, N., KAYA, H. ve SAYGIN, H., 2003c, "Research on Erosion in Buyukcekmece Lake Basin; One of The Main Drinking Water Sources in Istanbul", *WASWC Balkan Meeting 2003*, 1-2 July 2003, Sofia, Bulgaria. (<http://www.swcc.cn/waswc/articles/proceedings/>) (son erişim: 27.05.2004).

HACIYAKUPOĞLU, S., ERTEK, T. A., WALLING, D. E., ÖZTÜRK, Z. F., KARAHAN, G., ERGİNAL, A. E. ve CELEBİ, N., 2003 d, "Interpretation of the Erosion Effect with Caesium-137 Profiles Measurements in Western Side of Istanbul (NW Turkey)", *Symposium 25 Years of Assessment of Erosion, Proceedings book 239, 239b-239e*, 240, 22-26 September 2003, Ghent-Belgium.

HACIYAKUPOĞLU, S., ERTEK, T. A., WALLING, D. E., ERTEK, C., SAYGIN, H., ÖZTÜRK, Z. F., FIRAT, C., OKKA, M., CAVDAR, S., CELEBİ, N., GURELİ, L., KARAHAN, G., ATAKSOR, B., AKBAL, S. ve ERGİNAL, A.E., 2003e, "Final Report for "The Use of Cs-137, Pb-210 and Be-7 Measurements for

³ WASWC, özgörevi tüm toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir ve ekolojik olarak verimli kullanıldığı bir dünya için, tarımsal üretim, toplum ve doğanın gereksinimlerini karşılamayı sürdürerek, toprak ve su kaynaklarının kalitesinin korunması ve artmasını ve toprak ve su idaresi konularındaki pratik bilgilerin dünya çapında kullanılmasını teşvik etmek olan, uluslararası bir birliktir (<http://www.swcc.cn/waswc>).

T. Ahmet ERTEK, Sevilay HACIYAKUPOĞLU, Des E. WALLING, Gürsel KARAHAN,
A. Evren ERGİNAL, Nilgün ÇELEBİ, Hasan SAYGIN

- Assessing Soil Erosion and Sedimentation in the Riva Basin (Istanbul, NW Turkey)" of the Co-ordinated Research Project D1.50.08". "Assessing The Effectiveness of Soil Conservation Techniques For Sustainable Watershed Management Using Fallout Radionuclides", September 2003, Istanbul, Turkey (*yayınlanmamış proje ara raporu*).
- HACIYAKUPOĞLU, S., ERTEK, T.A., WALLING, D.E., OZTURK., Z.F., KARAHAN, G., ERGİNAL, A.E., CELEBI, N., GURELI, L., KAYA, H., AKGUN, H., 2003 f, "Investigation of the Erosion in Istanbul-Buyuk Cekmece Lake Using Caesium-137 Measurements". *Proceeding of the Sixth Internatioanal Conference of the Mediterranean Coastal Environment*, Vol 3, P.1855-1864, 07-11 October 2003 f, Ravenna- Italy.
- <http://www.dsi.gov.tr/bolge/dsi14/index.htm> (2003)(son erişim: 27.05.2004).
- <http://www.meteor.gov.tr/2003/basinda/2002/basin041.htm> (son erişim: 27.05.2004).
- İNANDIK, H., 1965, *Türkiye Gölleri (Morfolojik ve Hidrolojik Özellikler)*, İ.Ü. Coğ. Enst. Yay., No: 44, Istanbul.
- İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ (İBB), 1995, *1/50.000 ölçekli İstanbul Metropolitan Alan Alt Bölge Nazım Plan Raporu, İstanbul*.
- LEDERER, C.M., SHIRLEY, V.S, 1978, *Table of Isotopes* 7th Edition, Wiley, New York.
- QUERALT, I., ZAPATA F., GARCİA-AGUDO, E., 2000, "Assesment of soil erosion and sedimentation through the use of the Cs-137 and related techniques", *Special issue Acta Geologica Hispanica*, Vol. 35, (3-4), 195-367, 2000.
- SAĞLAMER, G., KARACA, H., YAZGAN, E., ERTEK, T. A., HACIYAKUPOĞLU, S. ve ÖZGENER, H. A., 2000, "Erozyon ve Sedimentasyon Araştırmalarında Cs-137 ve Pb-210 Ölçümlerinin Uygulanması", İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü - TEMA Vakfı Bilimsel Etkinlikleri Seminerleri I, Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 21 Kasım 2000. (<http://www.ntmsnbc> 45796. *asp.htm*)
- WALLING, D.E. ve QUINE T. A., 1993, "Use of Cs-137 as a Tracer of Erosion and Sedimentation", *Handbook for the application of the Cs-137 Technique*, University of Exeter, U.K.
- WALLING, D. E. ve HE, Q., 2001, "Models for Converting ¹³⁷Cs Measurements to Estimates of Soil Redistribution Rates on Cultivated and Uncultivated Soils, and Estimating Bomb-derived ¹³⁷Cs Reference Inventories", University of Exeter, 2001.
- WALLING, D. E., HE, Q. ve WHELAN, P. A., 2003, Using ¹³⁷Cs measurements to validate the application of the AGNPS and ANSWERS erosion and sediment yield models in two small Devon catchments. *Soil & Tillage Research* 69: 27-43.
- WALLING, D.E., 2003, The Use Of Environmental Radionuclides In Catchment Sediment Budget Investigations, İ.T.Ü. Enerji Enstitüsü-TEMA Vakfı Bilimsel Etkinlikleri Seminerleri II. Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 27 Mart 2003, İstanbul, Türkiye. (<http://www.energy.itu.edu.tr/etkinlik.htm>).
- ZAPATA, F., AGUDO, E. G., HERA, C. ve ROZANSKI, K., 1995, Use Of Nuclear Techniques In Soil Erosion And Siltation Studies. International Atomic Energy Agency Publication, IAEA-SM-334/45: 631-642, Vienna.
- ZLATIC, M., 2003, Socio Economic Aspects of Degradation and Soil Management For Sustainability in Mountains Regions. International Conference Natural and Socio-economic Effects of Erosion Control in Mountainous Regions, Pro-ceedings 497-516, December 10-13 2002, Belgrade, Yugoslavia.