

# ÇEVRE SORUNLARI VE JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİNDEKİ YERİ

<sup>1</sup> M.Mücella Canbay

<sup>1</sup> Kocaeli University, Engineering Faculty Dept.of Geophysics 41300 İzmit-Kocaeli, Türkiye.

## Özet

Bu çalışmada ,çevre sorunlarına ilişkin yapılabilen jeofizik mühendisliği “çevre jeofiziği” çalışmaları tanıtılacaktır.Çevre jeofiziği konuları içinde sayılabilecek sorunlar ve bunlara yönelik çözümler çok çeşitlidir.Burada sadece topraktaki ağır metal kirliliği çalışmalarından örnekler yer alacaktır.Bu çalışmaların teorisi kısaca verilecek ve ölçüm metotları ve değerlendirme sonuçlarına değinilecektir.

## Abstract

In this study, the environmental problems that may be related to geophysical engineering "environmental geophysics" work will be introduced. Issues can be considered in environmental geophysics problems and solutions to them are very different. Here are just heavy metal pollution in soil samples from the study will take place. This study briefly the theory and methods of measurement and evaluation results will be discussed.

**Key words:** Environmental Geophysics, heavy metal pollution,

## 1.Giriş

Jeofizik yöntemlerle çevre sorunlarının çözümüne yönelik çalışmaların, 'Çevre Jeofiziği' olarak ortaya çıkması son yıllara rastlamaktadır. 1990'lı yıllarda, çevre jeofiziği konusundaki bilgi birikimi oldukça yoğunlaşmış olup jeofizik literatürüne girmiştir.

Çevre jeofiziği konuları içinde, genel sorunların çözümüne yönelik çalışmaları şöyle sıralıyabiliriz.

- 1-Yeraltısuyu aramaları,
- 2-Tatlı-tuzlu su bölgelerinin sınırlarının belirlenmesi,
- 3-Yeraltısuyu kirliliğinin saptanması,
- 4-Yeraltı atıksu depolama bölgelerinin saptanması,
- 5-Baraj ve göl kaçaklarının belirlenmesi,
- 6-Yeraltı boşluklarının saptanması,
- 7-Kimyasal atık bölgelerinin saptanması,
- 8-Evsel atık bölgelerinin saptanması,
- 9-Çeşitli jeoteknik haritaların hazırlanması,

Bu çalışmalara bir kısım özel çevre sorunlarını (Petrol ve doğal gaz boru hatlarından sızıntıların neden olduğu kirlilik gibi) ve bunların çözümlerini eklemek de mümkündür.

Çevre sorununa bağlı olarak çözüm için jeofizik yöntemlerden bir veya birkaçı uygulanabilmektedir. Yukarıda belirtilen sorunlar jeofizik metotların biri veya birkaçının bir arada kullanılması suretiyle gerçekleştirilmektedir.

Jeofizik ölçünler veya ölçmeler aşağıdakilerin araştırmasına yardımcı olabilir.

1. Ortaya çıkan toprak dolgularının veya tehlikeli atık yerlerinin etrafında ve altındaki zeminin jeolojik ve hidrolojik aktif yapıları. Yeni yerlerin seçimi için jeolojik engeller.
2. Atık yığınlarının uzanımı ve içerikleri. Basit kütleler.
3. Kirletilmiş atık suların, sızıntıların ve atmosfer kirliliklerinin akışı .

Jeofizik yöntemlerle tektonik tabakalaşma ve aktif hidrolojik yapı ve doku gibi ve diğer birçok hallerin kimliği saptanabilir. Bu yöntemlerle yeraltında jeolojik engellerle korunarak saklanmış bozulmuş, kirlenmiş yeraltı suları kontrol edilebilir.

Tehlikeli arazi dolgularının tam doğru uzanımlarını ve atık yerlerini bilmek, herhangi bir risk tahmini için gereklidir. Birçok yerlerde Jeofizikçiler kalın kaplama altındaki gibi kirletilmiş sahaların sınırlarını bulabilirler. Yerli ve bazı endüstriyel atığın beklenmeyen fiziksel tek çeşitliliği ayrıca detayda arazi dolgularının altının araştırılmasına izin vermektedir.

Jeofizikçiler yukarıdan kirletilmiş materyallerin akıcı olmayan varlığına izin veren gömülü atığın fiziksel özelliklerini daha iyi işleyebilirler. Kirletilmiş zemin suyunun yeraltında izlediği yolların aranması jeofiziksel araştırmanın diğer değerli alanıdır. Bu durumun tespiti zeminin fiziksel özelliklerinin önemli değişiklikleri üzerine dayanır.

Jeofizikçilerin başarılı ve az masraflı uygulamaları bilginin bir optimumunu çıkarmak için doğru metotları birleştirmekle görevli jeofizikçinin ustalığına ve yerin fiziksel özelliklerine dayanır.

Çevre sorunlarına yönelik jeofizik yöntemler; Manyetik, Jeoelektrik ,haritalama Jeoelektrik sondaj, Akım polarizasyonu, Self potansiyel ,EM, VLF, TDEM, Yer Radarı - Ground Penetration Radar (GPR) Sismik kırılma ve Sismik yansıma sayılabilir.

Örn: Sadece yeraltı suyu kirliliğine yönelik çalışmalarda Kıyı bölgelerindeki tatlı su akiferlerine tuzlu su girişi, katı atık alanlarından kaynaklanan kirletici sızıntı suyu, gömülü atık alanlarından kaynaklanan kirlilik birkaçıdır. Jeofizik yöntemler kirliliğin yayılımını haritalanması amacıyla kullanılabildiği gibi son yıllarda alternatif biçimlerde zaman içinde izleme amaçlı da kullanılmaktadır.

Çevre ve yeraltı suyu kirliliğinde oluşan kimyasal değişimler doğrudan yeraltındaki suyun ve içinde bulunduğu kayacın iletkenliği ile ilişkili olması nedeniyle elektrik ve elektromanyetik yöntemler jeofizik yöntemler içinde öne çıkmaktadır.

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: caglar@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955752 Fax: +902642955601

Kirliliğin araştırılması için jeofizik yöntemlerin uygulanması ile kirliliğin yatay ve düşey sınırları, yayılımı, doğrultusu ve derinliği araştırılmaktadır. Bu araştırmalarda, jeoloji, hidrojeoloji ve jeokimya, hidrokimya ile ortak çalışma gereklidir. Kirliliğin araştırılması için jeofizik yöntemlerin uygulama alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Gömülü atık alanlarının yanal ve düşey sınırlarının belirlenmesi
- Açık katı atık alanlarından sızan kirliliğin yeraltı suyu içindeki yayılımının haritalanması
- Kıyı bölgelerindeki tuzlu su girişiminin haritalanması
- Rafineri ve benzin istasyonlarından yayılan hidrokarbon kirliliğinin araştırılması

Bu çalışmada özellikle son yıllarda yapılmaya başlanan ağır metal kirliliği araştırılması üzerinde durulacaktır. Hızla sanayileşme beraberinde çevre sorunlarını da getirmektedir. Uzun yıllardır bölgedeki çevre kirliliğinden birisi olan topraktaki ağır metallerce kirlenme araştırılmaktadır. Bilindiği gibi su ve hava kirliliği de ayrı bir sorun olup, bu çalışmadaki konu topraktır. Bu konudaki çalışmaların sonuçları daha önceden hem bildiri ve hem de yabancı ve Türkçe makale olarak değişik dergilerde sunulmuş olduğundan burada, sonuçlarına kısaca değinilecek ve zamanımızda ve gelecekte en büyük problem olacak olan çevre sorunlarında jeofizik bilim dalı olarak bizlerin yapabileceklerini ön plana çıkarmaya çalışırken seçilen jeofizik yöntemlerin ve alınan sonuçların hangi parametrelerden nasıl etkilendiği konusu tartışılacaktır. Kirlilik çalışmasında sıklıkla kullanılan yöntemlerden olan manyetik duyarlık ölçüleri, seçilen bölgelerde yerinde ve örnek numuneler almak suretiyle laboratuvarında derinlik değişimlerini ortaya koymak, bunun yanında örnek numunelerin kimyasal analizleri sonucu ağır metal kirlilik konsantrasyonlarının tespitine dayanmaktadır. Gerek görüldüğünde elektrik ölçüleri ve imkan var ise Yer Radarı kirlilik çalışmalarında alınan sonuçların karşılaştırılmasında katkı sağlayan ve yine sıklıkla kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak her yöntemin kendi içinde karşılaşılan sorunları söz konusu olmakta ve sonuçlara direk etki etmektedir. Bunların en önemlisi çalışma yapılan alan içerisinde zaman içerisinde sıklıkla değişebildiğini test ettiğimiz pedolojik, litolojik ve doğal etkilerden olabildiğince korunmak ve ölçü zaman ve aralıklarını bu duruma göre ayarlamak en önemli konu olarak ileri sürülebilir.

## 2. Teori Ve Yöntem

Malzemelerin bir dış alan etkisinde kazandığı mıknatıslanma değerinin katsayısı olan manyetik duyarlık, günümüzde çok değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Bunlardan birisi de kirlilik araştırmalarıdır. Manyetik duyarlığın kirlilik analizlerinde kullanılabilmesi, kirliliğe yol açan ağır metallerin (Pb, Zn, Cu vs.) manyetik duyarlık anomalisi vermesi nedeniyledir. Ağır metal içeren şehir ve sanayi atıklarının oluşturduğu kirlilik seviyelerinin manyetik duyarlık ölçümleri ile ortaya konabileceği gösterilmiştir. Bu anlamdaki ilk öncü çalışma Le Borgne (1955) in çalışması

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: caglar@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955752 Fax: +902642955601

ve onu takiben Le Borgne 1960 verilebilir. Daha sonraları bu maksatlı çalışmalar teknolojinin de gelişmesi ile hız kazanmış toprağın yüzeyinde ve derinlerdeki manyetik özelliklerin (pedolojik, litolojik ve doğal etkilerden) hangi sebeplerle değişebileceğini içeren çalışmalar birbirini izlemiştir [3], [4], [5], [6]. Daha sonraları endüstriyel , trafik emisyonlarından ve diğer atmosferik kirlilikten oluşan kirliliğin boyutlarının araştırılmasında manyetik duyarlık çalışmalarının çokluğu ve önemi ortaya konmuştur [7], [8], [9], [10], [11].

Teknolojinin gelişmesiyle manyetik duyarlık haritalarının oluşturulması ve kirlilikte ağır metal konsantrasyonlarının toprağın içerisindeki mineral yapısından nasıl etkilenebileceği farklı bir disiplin olarak ortaya konmuş ve adı “Çevre Manyetizması” olmuştur. Çevre manyetizması çalışmaları topraktaki ağır metal içerikleri ile toprağın manyetik, litolojik ve pedolojik özelliklerin ilişkili olduğu çalışmalarla gösterilmiştir [12], [13], [14], [15]. Birçok çalışma ile ağır metal oranları, hidrokarbon varlığı ve kirlenmiş toprakla olan direk ilişkisi kanıtlanmıştır [16], [17].

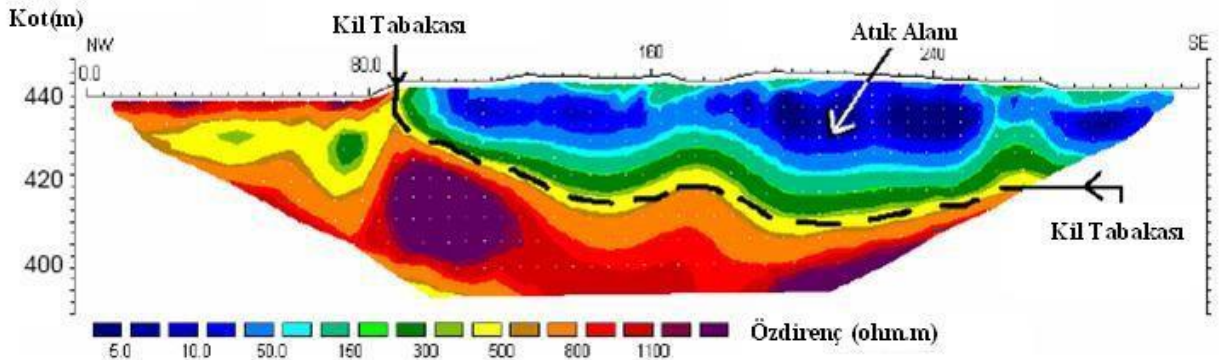
Türkiye’de de toprak ve su kirliliği çalışmaları yapılmakta olup, bu çalışmalar farklı metodlarla ve farklı disiplinlerce yapılmış [18], [19], [20], [21], [22] ve bölgemizdeki yapılan çalışmalara kaynak teşkil eder niteliktedir. Çalışma bölgesinde manyetik duyarlık çalışmaları başlatılmış olup , özellikle kirlilik araştırmalarında kullanılabilirliği lokal büyüklükteki çalışmalarla denenmiş ve sürdürülmektedir [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31].

Kocaeli bölgesinde manyetik duyarlık çalışmaları başlatılmış olup özellikle kirlilik araştırmalarında kullanılabilirliği lokal büyüklükteki çalışmalarla denenmiş ve bu çalışmalarda ağır metal konsantrasyonları standart kabul edilen değerlere göre yüksek bulunmuş ve belirlenen aralarla çalışma tekrarlanmaktadır. Yine kirlilik çalışmalarında Yer radarı özellikle son dönemlerde kullanılabilir bir yöntem halindedir. GPR (Ground Penetrating Radar) sığ bir jeofizik yöntemdir. GPR ile yeraltının sığ kesimlerinin dielektrik (dielectric) özelliği çok yüksek ayırım gücüyle haritalanabilir. Pek çok çevre problemi, yeraltı suyuna karışan petrol ve türevleri veya diğer kirlleticilerin yeraltındaki davranışı zaman içinde GPR ile izlenebilir. Günümüzde yer radarını üretmekte olan pek çok firma olmasına karşın en çok pulseEKKO ve GSSI türleri çoğunlukla tercih edilmektedir. Yer radarı ile ölçü alırken, yeraltına verici anten tarafından çok yüksek frekanslarda elektrik pulse gönderilir, elektromanyetik dalganın yeraltındaki dielektrik ara yüzeyden yansıyor alıcıya gelmesi esasına dayanır. Gönderilen elektromanyetik dalganın geliş gidiş zamanına dayanan jeofiziksel bir yöntemdir. Veriler alınırken ekranda yeraltına ait kesitleri aynı anda görmek mümkün olduğundan sonradan diğer jeofizik başka yöntemlerle alınacak ve değerlendirilecek verilerin sonuçları hakkında ön bilgi verebiliyor olması avantajlı durumlar yaratmaktadır. GPR yöntemi arazide hızlı bir şekilde uygulanabilmektedir. Yeraltında bulunan farklı fazdaki akışkanlar eğer aralarında dielektrik parametreleri birbirlerinden farklı ise GPR yöntemi bu farklı fazları görüntülemek için kullanılabilir. GPR yönteminde ana parametre dielektrik sabitidir. Yaklaşık olarak suyun göreceli dielektrik sabiti 80 civarındadır. Petrol ve türevlerin yeraltında karıştığı durumlarda kirleticinin akiferdeki davranışı gözlenebilmektedir. Örnek olarak petrol türevlerinden bazılarının dielektrik değerlerini trichloroethylene 3.42, dichloromethane 8.93 ve tetrachloroethylene 2.28 i suyun dielektrik sabitiyle karşılaştırılırsa aralarında oldukça yüksek bir oran olduğu görülür. Benzer şekilde metallerin ve türevlerinin dielektrik sabitleri akiferin içindeki suyun dielektrik sabiti ile farklılık gösterir. Demir oksit 14.2, Çinko oksit, 1.7-2.5, Çinko sülfür 8.2, Civa yaklaşık 1, kurşun ve türevleri yaklaşık 2 ila 37 arasında değişmektedir. Bu değerlerden anlaşılacağı üzere metal kirlenmelerinde GPR yöntemi uygulanabilir. Arazide her yerden örnek alıp laboratuvar sonuçlarına bakmak yerine, bölgeden

alınan bir örnekten sonra kirlenmiş bölgelerin yeraltında ne yöne doğru olduğu tespit edilebilir. Bu yöntem kirlilik ile ilgili projeler için ekonomiktir.

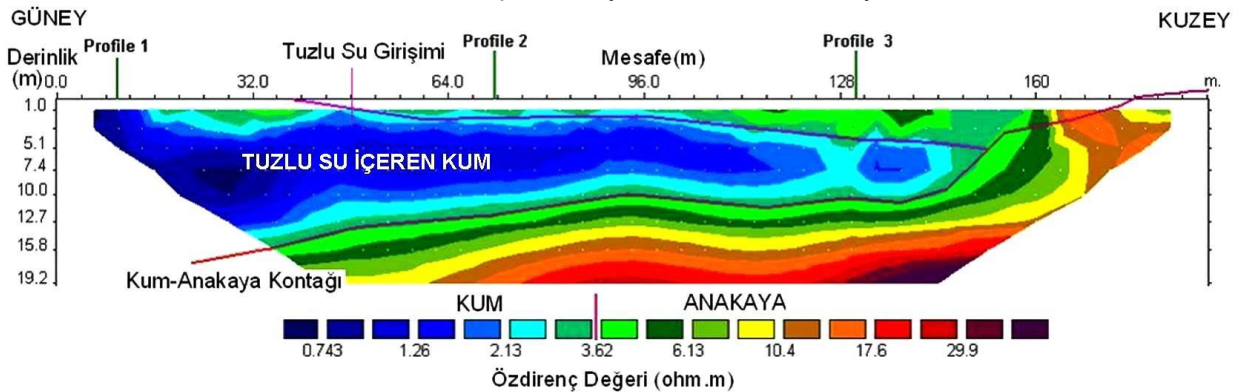
Dünyada ve ülkemizde genel olarak bakıldığında jeofizik yöntemlerle araştırılabilen yeraltısuyu kirliliğine neden olan faktörler şu şekilde sıralanabilir: Kıyı bölgelerindeki tatlı su akiferlerine tuzlu su girişi, katı atık alanlarından kaynaklanan kirletici sızıntı suyu, gömülü atık alanlarından kaynaklanan kirlilik. Jeofizik yöntemler kirliliğin yayılımının haritalanması amacıyla kullanılabilir gibi son yıllarda alternatif biçimlerde zaman içinde izleme amaçlı da kullanılmaktadır [32].

Çevre ve yeraltısuyu kirliliğinde oluşan kimyasal değişimler doğrudan yeraltındaki suyun ve içinde bulunduğu kayacın iletkenliği ile ilişkili olması nedeniyle elektrik ve elektromanyetik yöntemler jeofizik yöntemler içinde öne çıkmaktadır[32]. Özdirenç yöntemi, gelişmiş ölçme cihazlarının kullanılmasıyla ve modelleme aşamasında gelişmiş teknikler kullanılarak uygulandığında oldukça iyi sonuçlar vermektedir. İki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) çözüm yöntemlerinin uygulanması son yıllarda yöntemin etkinliğini arttırmıştır. Şekil-1 ve Şekil-2, çok-elektrotlu elektrik özdirenç ölçümlerinin çevre kirliliği araştırmaları amaçlı kullanımına örneklerdir.



Şekil 1 Alpler/Fransa atık alanı uygulaması [33].

Atıklar: 10 ohm.m'den küçük , Alüvyon: 1 000 oh.m'den büyük



Şekil 2 Kıyı akiferleri içerisine tuzlu suyun girişi (tatlı su-tuzlu su girişi) [34].

### 3. Sonuçlar

Yapılan çalışmalarda imkanlarımız lsnde genellikle manyetik duyarlık yöntemi ve alınan numunelerin laboratuvar analizleri kullanılmıştır. Bazı bölgelerde elektrik ve GPR yöntemi de denenmiştir. Ancak her yöntemin kendi içerinde birbirleri ile uyuşmayan yönleri söz konusudur. Araziden numunenin laboratuara taşınması ve daha sonraki işlemler aşamasında özellikle toz haline getirilme aşaması bazı numunelerin barındırdıkları kirleticilerin konsantrasyonlarında değişimlere neden olabilmektedir. Hatta zaman zaman kirliliği yüksek olan bir numune temiz olarak bile ölümlere yansımaktadır. Özellikle meteorolojik koşulları sık değişen bölgelerde yapılan çalışma özenle seçilmeli ve ölümlerin çabuklukla alınması ve numunelerin laboratuara taşınması ve ölümlere alınması arasında fazla zaman kaybının olmaması gerekmektedir. Bazı bölgelerde GPR ölümlerinde özellikle toprak kirliliği ölümlerinde seviyenin taşıdığı su ve benzeri sıvı değişimleri ağır metal oranlarını yanılıcı yönde sonuçlar verebilmektedir. Elektrik lmler korelasyon açısından iyi ancak pratik ölüm alımının sağlanamadığı zamanlarda katkı verememektedir.

### Kaynaklar

- [1] Le Borgne E. Susceptibilit magntique anormale du sol superficial. Ann. Geophys. 1955; 11, 399 – 419.
- [2] Le Borgne E. Influence du feu sur les proprits magntiques du sol et sur celles du schiste et du granite. Ann. Geophys. 1960 ;16, 159-195.
- [3] Vadiunina A F, Babanin V F. Magnetic susceptibility of some soils in the U.S.S.R. Soviet. Soil Sci. 1972; 6, 106-110.
- [4] Mullins C E, Tite M S. Magnetic viscosity, quadrature susceptibility and frequency dependence of susceptibility in single-domain assemblages of magnetite and maghaemite. J. Geophys. Res. 1973; 78, 804-809.
- [5] Tite M S , Linington R E. Effect of climate on the magnetic susceptibility of soils, 1975; 265, pp. 565–566.
- [6] Mullins CE. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science: a review. J. Soil Sci. 1977; 28, 223-246.
- [7] Thompson R, Oldfield F. Environment Magnetism. Allen and Unwin, London. 1986.
- [8] Hay K L, Dearing J A, Baban SMJ, Loveland PA. Preliminary attempt to identify atmospherically-derived pollution particles in English topsoils from magnetic susceptibility measurements. Physics and Chemistry of the Earth 1997;22:207-210.

- [9] Strzyszcz Z, Magiera T. Magnetic susceptibility and heavy metals contamination in soils of Southern Poland. *Phys.Chem. Earth* 23 (9-10), 1127-1131. *Earth, Part A Solid Earth Geod.* 1998; 26 (11-12), 885-891.
- [10] Lecoanet H, Lévesque F, Seguna S. Magnetic susceptibility in environmental applications: comparison of field probes. *Phys. Earth Planet. Inter.* 1999;115, 191 – 204.
- [11] Lu S G, Bai S Q, Xue Q F. Magnetic properties as indicators of heavy metals pollution in urban topsoils : a case study from the city of Luoyang, China, *Geophys. J.Int.* 2007; 171, 568-580.
- [12] Hanesch M, Scholger R, Dekkers M J. The application of fuzzy c-means cluster analysis and non-linear mapping to a soil data set for the detection of polluted sites. *Phys. Chem.* 2001.
- [13] Hanesch M, Scholger R, Rey D. Mapping dust distribution around an industrial site by measuring magnetic parameters of tree leaves, *Atmos. Environ.* 2003; 37, 5125-5133.
- [14] Hanesch M.and Scholger R. The influence of soil type on the magnetic susceptibility measured throughout soil profiles, *Geophys. J. Int.* 2005;161, 50–56.
- [15] Schmidt A, Yarnold R, Hill M ,Ashmore M. Magnetic susceptibility as proxy for heavy metal pollution: A site study, *J. Geochem.Explor.* 2005; 85, 109–117.
- [16] Morris W A, Versteeg J K ,Bryant DW, Legzdins A E, Mccary B E , Marvin C H. Preliminary comparisons between mutagenicity and magnetic susceptibility of respirable airborne particulate, *Atmos. Environ.* 1995; 29, 3441-3450.
- [17] Knab M, Appel E, Hoffmann V. Separation of the anthropogenic portion of heavy metal contents along a highway by means of magnetic susceptibility and fuzzy c-means cluster analysis. *Eur. J. Environ. Eng. Geophys.* 2001; 6,125-140.
- [18] Arhan Y. Soil pollution and improvement of polluted soils (In Turkish) Toprak kirlenmesi ve kirlenmiş zeminlerin ıslahı. *Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu.* 1997; Vol. 2, pp – 441 – 442.
- [19] Okay OS, Legoviç T, Tüfekçi V, Egesel (Tolun), L and Morkoç, E. Environmental impact of land-based pollutants on İzmit Bay: short-term algal bioassays and simulation of toxicity distributions in the marine environment. *Arch Environ Contam Toxicol* 31, 1996; pp. 459–465.
- [20] Okay OS, Egesel (Tolun), L Tüfekçi, V Morkoç, E and Gaines A. Investigation of three wastewaters entering İzmit Bay (Turkey) by means of batch and chemostat culture algal bioassays. *Mar Environ Res* 46, 1998; pp. 283–288.

- [21] Özkul C A. preliminary investigation into industrial impacts on heavy metal concentrations in the topsoil around Izmit (Kocaeli)(in Turkish), master of science, 2003; Kocaeli.
- [22] Aydın A, Gelişli, K. Magnetic studies in Saruhan-Bayburt skarn zone (in Turkish).Saruhan – Bayburt skarn zonunda manyetik çalışmalar, Jeofizik, 1996;Vol. 10, Issues 1 – 2, p, 40 – 49.
- [23] Yılmaz F. Heavy metal pollution in surface soils of industrial sites of Kocaeli and Adapazarı, Master of Science, 1999;Istanbul.
- [24] Canbay M, Kurtuluş C, Gokmen F. Investigation of the Industrial and Agricultural Contamination of Izmit and Its Environment by Using Magnetic Method, Harran University, Soil Science Society of Turkey, 18th International Soil Meeting. 2006.
- [25] Canbay M. Kirlilik Çalışmaları ve Neticesinde İyileşmelerin Ölçülmesi, Türkiye 17. Uluslar arası Jeofizik Kongre ve Sergisi.Sempozyum kitapçığı, Türkiye 17. Uluslar arası Jeofizik Kongre ve Sergisi.Ankara. 2006.
- [26] Canbay M. Magnetic Susceptibility and Magnetic Anisotropy Studies in the Armutlu Peninsula, The 18th International Geophysical Congress and Exhibition of Turkey. 2008.
- [27] Canbay M. Heavy Metal Contamination of Soils with magnetic susceptibility method in Kocaeli ( Turkey) and Comparison of in Situ Field Measurements of Soil Magnetic Susceptibility with Laboratory Data (Poster Presentation). International Earthquake Symposium Kocaeli,Turkey. 2009.
- [28] Canbay M, Gider D, Alpaslan N. Comparison of in Situ Field Measurements of Soil Magnetic Susceptibility with Laboratory Data,the 18th International Geophysical Congress and Exhibition of Turkey. 2008.
- [29] Canbay M, Kurtuluş C, Gokmen F. Investigation of the Industrial and Agricultural Contamination of Izmit and Its Environment by Using Magnetic Method, Harran University,Soil Science Society of Turkey,18th International Soil Meeting. 2006.
- [30] Canbay M, Aydın A, Kurtulus C. Magnetic susceptibility and heavy-metal contamination in topsoils along the Izmit Gulf coastal area and IZAYTAS (Turkey), Journal of Applied Geophysics 2010 ;70 46–57.
- [31] Canbay M. Investigation of the relation between heavy metal contamination of soil and its magnetic susceptibility, International Journal of Physical Sciences 2010; 5(4), 393-400.
- [32] Özürkan,G. Jeofizik yöntemlerle çevre ve yeraltısuyu kirliliğinin araştırılması,Seminer Notları,Jeofizik Mühendisleri Odası, 2007; s 96 .



[33] Bernard, J, Orlando L, Vermeersch F. Multi-electrode resistivity imaging for environmental applications, 2008;31 ([www.iris-instruments.com](http://www.iris-instruments.com)).

[34] Bernard J, Orlando L, Vermeersch F. Electrical rezistivity imaging for environmental applications. 16th International Geophysical Congress and Exhiition of Turkey, Abstracs Book, 2004;376-379.