

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TARIM VE ÇEVRE JEOFİZİĞİ AÇISINDAN
TOPRAKTAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
MANYETİK DUYARLILIK DAĞILIMININ
BELİRLENMESİ**

Cemre ERKMEN

Haziran, 2019
İZMİR

**TARIM VE ÇEVRE JEOFİZİĞİ AÇISINDAN
TOPRAKTAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
MANYETİK DUYARLILIK DAĞILIMININ
BELİRLENMESİ**

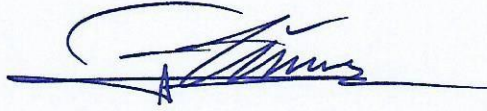
**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Cemre ERKMEN

**Haziran, 2019
İZMİR**

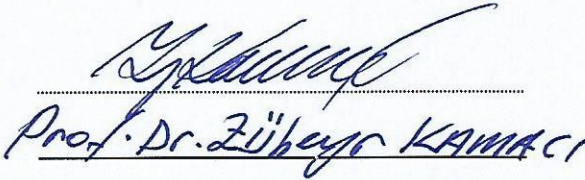
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

CEMRE ERKMEN, tarafından DOÇ. DR. EMRE TİMUR yönetiminde hazırlanan “TARIM VE ÇEVRE JEOFİZİĞİ AÇISINDAN TOPRAKTAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN MANYETİK DUYARLILIK DAĞILIMININ BELİRLENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

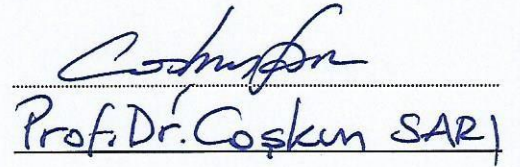


Doç. Dr. Emre TİMUR

Yönetici



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tezim ve okul hayatım boyunca öğrencileriyle bilgi birikimini paylaşan ve onların gelişimi için elinden geleni yaparak onlara yardımcı olan sayın hocam Doç.Dr.Emre TİMUR'a, bölüm laboratuvarları, cihaz ve ekipmanların kullanımını sağlayan Dokuz Eylül Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, bölümümüzde öğrencilere her şekilde yardımcı olmaya çalışan ve güzel kalbiyle yardımseverliğini bizlerden hiç esirgemeyen Filiz TAŞER'e, yüksek lisans tezi kapsamında kullanılan baca örneklerinin sağlanmasında emeği geçen Özkan Demir Çelik Sanayi A.Ş çalışanları Ziya TİMUR ve Çevre Yüksek Müh. Ayça ÇAKIN'a, ben ve kardeşime yıllardır hem anne hem de baba olarak, bir babanın kızlarının en yakın arkadaşı da olabileceğini gösteren canım babam İbrahim ERKMEN'e, doğumuyla hayatımıza neşe katan, bir minik elin tüm dünyayı değiştirebileceğini göstererek beni tekrardan güzel şeylerin varlığına inandıran minik yeğenim Baran ASAL'a ve son olarak sadece tez sürecim değil her zaman yanımda olan arkadaşım Tuğrul GÜL'e teşekkür ederim.

Cemre ERKMEN

TARIM VE ÇEVRE JEOFİZİĞİ AÇISINDAN TOPRAKTAKİ AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN MANYETİK DUYARLILIK DAĞILIMININ BELİRLENMESİ

ÖZ

Endüstriyel gelişim, yoksulluk ile mücadele ve buna bağlı olarak hayat standartlarını arttırmak için verilen gerekli bir süreçtir. İzmir, 1950'den sonra hızlı bir kentleşme dönemine girmiş ve şehir nüfusu aşırı artmıştır. Sanayileşme ve kentleşmenin dünyada artması, toprak kirliliği ve ekolojik bozulma gibi birçok sosyal ve çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Kirlenmenin yatay ve düşey sınırları, yönü ve derinliğini, manyetik duyarlılık gibi jeofizik yöntemler belirlenebilmektedir. Jeokimya, jeoloji ve kimya ile ilgili yeni bir bilim disiplini olarak ortaya çıkmıştır. Bugün jeofizik ve jeokimyasal yöntemler birlikte uygulanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, tarımsal ve kentsel topraklarda meydana gelen ağır metal kirliliğini manyetik duyarlılık ve jeokimyasal yöntemlerle belirleyebilmektir. Yoğun endüstriyel faaliyetlerinden dolayı çalışma alanı olarak Aliğa sanayi bölgesi seçilmiştir. Manyetik duyarlılık ölçümleri hem yatay hem de düşey yönde gerçekleştirilerek, yöntemin hem arazi hem de laboratuvar koşulları için uygun bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Yatay ölçümler MS2E yüksek çözünürlüklü yüzey tarama sensörü ile gerçekleştirilirken, düşey ölçümler MS2E sensörü ve MS2C karot örnekleri için tasarlanan sensör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçta İzmir-Çanakkale Otoyolu üzerindeki yapılan yüzey ölçümlerinde yola yakın kısımlar diğer kısımlara kıyasla 11 kat daha fazla değerlere sahip iken; Aliğa sanayi bölgesinde yapılan çalışmalarda yamacın doğu kısmı batı kısmına kıyasla yaklaşık 11 kat daha fazla değerlere sahiptir. Özellikle Aliğa sanayi bölgesinde yapılan çalışmalar buradaki kirliliğin yüzeyden yaklaşık 60 cm derinliğe kadar devam ettiğini göstermektedir. Bununla birlikte tüm bu veriler, ACME Laboratuvarına yaptırılan ve 33 parametrenin incelendiği jeokimyasal analizlerle de desteklenmiştir.

Anahtar sözcükler: Çevre kirliliği, jeokimya, manyetik duyarlılık, MS2C, MS2E

DETERMINATION OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY DISTRIBUTION OF HEAVY METAL POLLUTION IN SOIL FROM AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL GEOPHYSICS

ABSTRACT

Industrial development is a necessary struggle to fight against poverty and to increase living standards. After 1950, Izmir entered a period of rapid urbanization and the city population increased. The increase in industrialization and urbanization in the world brings about many social and environmental problems such as soil pollution and ecological deterioration. Geophysical methods such as magnetic susceptibility can be used to determine horizontal and vertical boundaries of the pollution. Geochemistry has emerged as a new discipline of science related to geology and chemistry. Today, geochemical methods are used in many studies together with geophysical research methods. Due to its intensive industrial activities, the Aliğa industrial zone has been chosen as the study area. The aim of this study is to determine the heavy metal pollution in agricultural and urban soils by using geochemical and geophysical methods. Magnetic susceptibility measurements were carried out both horizontally and vertically, the results have proved that the method is suitable for both in situ and laboratory observations. Horizontal measurements were performed using MS2E high resolution surface scanning sensor, while vertical measurements were performed using both the MS2C sensor used for core samples and MS2E sensor. As a result of the surface measurements on the İzmir-Çanakkale Motorway, the parts close to the road have 11 times more values than the other parts; in the Aliğa industrial region, the eastern part of the slope is about 11 times higher than the western part of the study area. In particular, the studies conducted in the Aliğa industrial zone indicate that the pollution here continues to a depth of about 60 cm from the surface. Besides, all of these data were supported by the chemical analysis of 33 parameters that was made by the ACME laboratory.

Keywords: Environmental pollution, geochemistry, magnetic susceptibility, MS2C, MS2E

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
BÖLÜM İKİ – ÇEVRE KAVRAMI VE ÇEVRE JEOFİZİĞİ	7
2.1 Çevre Nedir?.....	7
2.2 Kirlenme ve Hayatımıza Etkileri.....	7
2.3 Topraktaki Ağır Metal Kirliliği ve Kaynakları.....	9
2.4 Çevre Problemleri ve Jeofizik Mühendisliğindeki Uygulamaları	9
BÖLÜM ÜÇ – MANYETİK YÖNTEMİN ÇEVRE UYGULAMALARI	12
3.1 Çalışmaların Gelişimi.....	12
3.2 Manyetik Mineral Döngüsü.....	13
3.3 Kullanılan Parametreler	14
3.4 Uygulama Alanları	16
3.4.1 Kirlilik Araştırmaları	17
BÖLÜM DÖRT – MANYETİK DUYARLILIK VE İLGİLİ KURAMSAL BİLGİLER	20
4.1 Manyetik Duyarlılık (Suseptibilite).....	20
4.1.1 Manyetik Geçirgenlik ve Manyetik Duyarlılık Arasındaki İlişki.....	23

4.2 Manyetik Duyarlılık Çalışmalarının Ölçümlere Katkıları.....	24
4.3 Manyetik Duyarlılık Ölçüm Türleri	25
4.3.1 Isıya Bağlı Manyetik Duyarlılık	25
4.3.2 Frekansa Bağlı Manyetik Duyarlılık.....	26
4.3.3 Oda Sıcaklığında Yapılan Manyetik Duyarlılık	27
4.4 MS2 Manyetik Duyarlılık Sistemleri	29
4.4.1 Karot Numune Taraması- MS2C Sensörü	31
4.4.2 Yüksek Çözüm Veren Yüzey Taraması- MS2E Sensörü	32
4.5 Jeokimya.....	34
 BÖLÜM BEŞ – MANYETİK DUYARLILIK ÖLÇÜMLERİ VE	
DEĞERLENDİRİLMESİ	36
 5.1 Çalışma Alanının Jeolojik ve Meteorolojik Özellikleri.....	36
5.2 Arazi Uygulamaları	37
5.2.1 Fosil Yakıt Yanmasından Kaynaklanan Kirliliğin Saptanması	38
5.2.2 Endüstriyel Faaliyetlerden Kaynaklanan Kirliliğin Saptanması.....	41
5.2.3 Düşey Verileri Elde Etme	44
5.2 Laboratuvar Uygulamaları.....	46
5.3.1 Manyetik Duyarlılık İle İlgili Laboratuvar Uygulamaları	46
5.3.2 Kimyasal Analiz	49
 BÖLÜM ALTI – SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	54
 KAYNAKLAR	57

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 İzmir ilinde bulunan sanayi bölgeleri.....	1
Şekil 2.1 Kirlenmenin sebep olabileceği çevre problemi.....	8
Şekil 3.1 Doğal içerisindeki manyetik mineral döngüsü.....	13
Şekil 3.2 Egzoz dumanı ile ilgili çevre problemi	19
Şekil 3.3 Endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu çevre problemi	19
Şekil 4.1 Kalıcı mıknatıslık kazanabilen ferromanyetik ve ferrimanyetik maddelere özgü histerisiz eğrisi.....	21
Şekil 4.2 Ölçüm prosedürü.....	28
Şekil 4.3 MS2 Metre Manyetik Duyarlılık Sistemi.....	29
Şekil 4.4 DEÜ Jeomanyetizma ve paleomanyetizma laboratuvarında yer alan MS2 cihazı ve C sensörü.....	32
Şekil 4.5 DEÜ Jeomanyetizma ve paleomanyetizma laboratuvarında yer alan MS2 cihazı ve E sensörü.....	33
Şekil 5.1 Arazi çalışma alanının konumu	37
Şekil 5.2 İzmir - Çanakkale Otoyolu'nda yapılan profil çalışmasına ait yer bulduru haritası.....	38
Şekil 5.3 MS2E sensörlü manyetik duyarlılık aleti.....	39
Şekil 5.4 Profil çalışmasına ait araziden bir görüntü	39
Şekil 5.5 İzmir-Çanakkale alınan ölçüm sonuçları	40
Şekil 5.6 Ölçümlerin yapıldığı noktalar	41
Şekil 5.7 Aliğa sanayi bölgesinde yapılan arazi çalışması	42
Şekil 5.8 Çalışmanın yapıldığı alanda arazi çalışmalarına ait görüntüler	43
Şekil 5.9 Çalışmaya ait ölçüm sonuçları	43
Şekil 5.10 Arazi çalışmasına ait düşey örneklerin konumları	44
Şekil 5.11 Düşey veri örneklerinin toplanması ve burğu (a) Karot örneğinin alınması (b) Burguya ait görüntü (c) Burgu ve alınan örneğe ait görüntü.....	45
Şekil 5.12 Örnek alımı ve değerlendirilmesinde kullanılan yardımcı aletler.....	46
Şekil 5.13 Laboratuvar çalışmaları (a) E sensörünün kullanımı (b) C sensörünün kullanımı	46
Şekil 5.14 Profil çalışmasında alınan düşey numunenin değerlendirme sonuçları	47

Şekil 5.15 Aliğa sanayi bölgesine ait düşey örneklerin E sensörü ile değerlendirilmesi.....	47
Şekil 5.16 Aliğa sanayi bölgesine ait düşey örneklerin C sensörü ile değerlendirilmesi.....	49
Şekil 5.17 Kimyasal analiz çalışmaları için örneklerin toplanması	50
Şekil 5.18 Profil ölçümünde örnek alım sırası	50



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

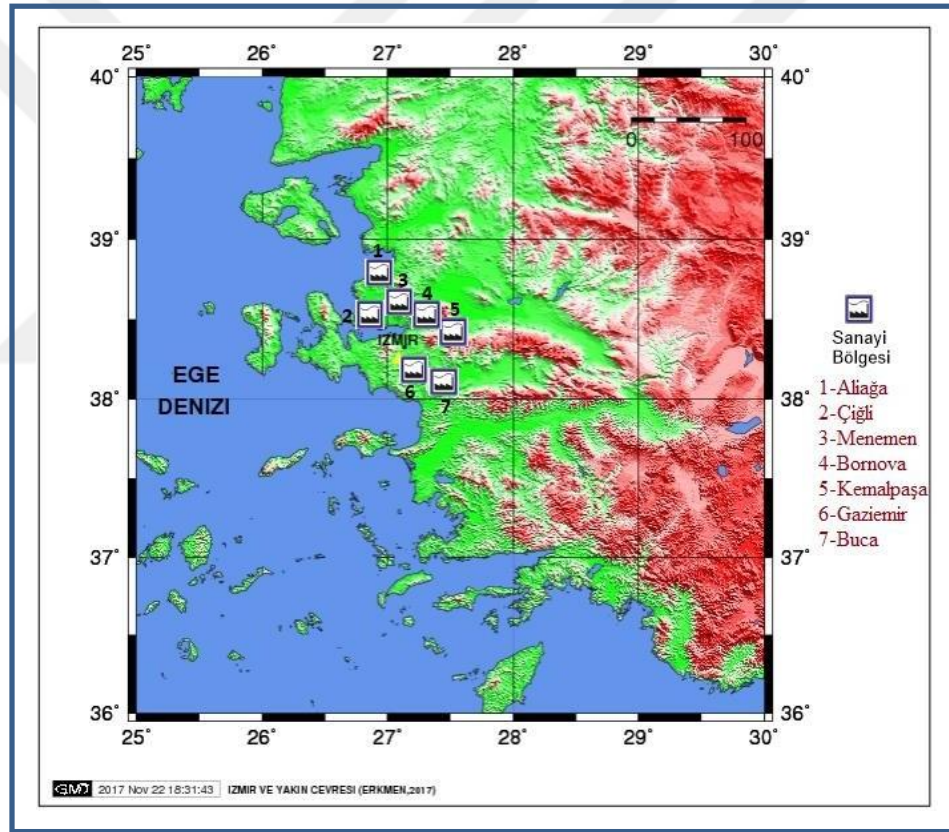
Tablo 2.1 Jeofizik çalışmalarının çevre problemlerinde kullanılması	10
Tablo 3.1 Çevre manyetizmasında kullanılan manyetik parametreler	14
Tablo 4.1 Bazı mineral ve kayaların manyetik duyarlılık değerleri	22
Tablo 4.2 MS2 sisteminin kullanım alanları ve onlara uygun sensörler	30
Tablo 5.1 Aliğa ölçümlerinden toplanan örneklerin kimyasal analiz sonuçları	51
Tablo 5.2 Profil ölçümünden toplanan örneklerin kimyasal analiz sonuçları	52



BÖLÜM BİR

GİRİŞ

İzmir 1950’den sonra hızlı bir kentleşme sürecine girmiş ve kent nüfusu aşırı miktarda artmıştır. 1927’de 153.845 olan İzmir’ in kent nüfusu, 1950’de 239.616 olmuş ve 1981’de “Büyükkent” statüsüne kavuşturulduktan sonra 1985’te 1.489.817’ ye ulaşmıştır (Sevgi, 1988). Nüfusun artmasıyla birlikte İzmir’de sanayileşme arttı ve bu ilde birçok sanayi bölgesi oluştu. İzmir’deki sanayi bölgeleri Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Bununla birlikte; hızlı kentleşme ve buna bağlı olarak sanayileşme, hiç kuşkusuz ki beraberinde birtakım kentsel sorunları da getirmiştir.



Şekil 1.1 İzmir ilinde bulunan sanayi bölgeleri

Geçmiş yıllarda meydana gelmiş olan iklim ve çevre değişimlerinin nedenlerinin belirlenmesi, gelecek yıllarda yerküreyi hangi değişimlerin beklediğinin öngörülmesi açısından oldukça önemlidir. Birçok farklı yöntemin kullanılması ile yapılan araştırmalar göstermektedir ki; geçmiş yıllarda çok büyük boyutlu iklim ve çevre değişimleri meydana gelmiştir. Ancak, özellikle son yıllar göz önüne alındığında

günümüzde meydana gelen iklim ve çevre problemlerinin temel kaynağının çoğunlukla insan aktivitelerinin bir sonucu olarak karşımıza çıktığı görülmektedir (IPCC, 2007). Gerek günümüzde ve gerek ise eskiye dönük baktığımızda ortaya çıkan tüm bu değişimlerin temel nedenlerini eğer doğru bir şekilde anlamak ve yorumlamak istiyorsak; araştırma yaptığımız çevre içerisinde alınan toprak, tortul vb. gibi materyallerin farklı kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi büyük bir önem taşımaktadır. Bu özelliklerden en önemlilerden bir tanesi de çevremizde yer alan materyallerin sahip oldukları manyetik özellikleridir. Tortullarda biriken manyetik mineraller eskiye dönük iklim ve çevre değişimlerinin bir etkisini taşımaktadırlar. Bu meydana gelmiş etkilerin detaylı bir şekilde araştırılması manyetizmada yeni bir disiplin olan “Çevre Manyetizması” kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Çevre Manyetizması disiplini geçmiş ait iklim ve çevre değişimlerinin anlaşılması için ekolojik sistem içerisinde yer alan örneklerin manyetik özelliklerinin çalışılması temeline dayanmaktadır. Tortul, toprak, toz ve diğer doğal materyallerin manyetik ölçümlerinin yapılması, karşılaşılan çevre değişimleriyle alakalı soru ve sorunların doğru bir şekilde araştırılması ve çözüme ulaştırılması açısından oldukça etkili ve güçlü bir araç olmaktadır (Maher ve Thompson, 1999).

Günümüzde önemli çevre sorunlarından biride “kirlilik problemi” dir. 1980'lerden bu yana, manyetik duyarlılık ölçümleri atmosfer kirliliği tespit etmek için birçok farklı yerlerde kullanılmıştır. Çeşitli kirlilik parçacıkları arasında demir içeriği kirlilik tespitinin temelini oluşturmaktadır. Örneğin, demir bakımından zengin alanlarda kömürle çalışan enerji istasyonlarının uçucu kül parçacıkları, metalik sanayi tarafından yayılan demir parçacıkları ve araçların egzozları, fren ve korozyona karşı parçacıkların demir içerdiği bilinmektedir. Bu tez kapsamında araçların egzozlarında çıkan dumanların neden olduğu kirliliğin araştırılması İzmir’in çeşitli yol kenarlarında yapılmıştır (Erkmen, 2014).

Manyetik ölçümler hızlıdır, ekonomiktir ve uygulandıkları yüzeye tahribat vermezler. Bu nedenle çevre kirliliği araştırmalarında yaygın olarak uygulanmaktadır. Araştırmacıların kirlenmenin kaynaklarını izlemek, çeşitlerini ve

kapsamlarını belirlemek için manyetik parametreleri kullandıkları birçok çalışma mevcuttur (Blundell ve diğer., 2009; Gautam ve diğer., 2005a,b; Hanesch ve Scholger, 2002; Hay ve diğer., 1997; Hu ve diğer., 2008; Maher ve diğer., 2008; Petrovský ve diğer., 2001; Qiao ve diğer., 2013; Wang ve diğer., 2014; Xia ve diğer., 2008; Zhang ve diğer., 2011). Ma ve diğer., 2014'te yaptıkları çalışmada manyetik sonuçların kirlenme durumu hakkında daha fazla bilgi sağlamak için kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Bunun ile birlikte günümüzde sanayileşme ve kentleşmeyle birlikte modern araç sayısı da artmaktadır. Böylelikle trafik modern çağ da bir çevre kirliliği haline gelmiştir. Birçok araştırmacı, kentsel ve endüstriye alanlardaki kirlilik problemlerini (Bityukova ve diğer., 1999; Hanesch ve Scholger, 2002; Gautam ve diğer., 2004; Kluciarova ve diğer., 2008; Zawadzki ve diğer., 2010; Canbay ve diğer., 2010; Li ve Lang, 2012; Yang ve diğer., 2012; El-Hasan ve Lataifeh, 2013), yol kenarındaki yapraklardan yararlanarak ağır metal kirliliği incelemeleri (Gautam ve diğer., 2005b), jeotermal patlama noktalarından kirlenmiş alanların belirlenmesi (Timur, 2014), manyetik duyarlılık yöntemi kullanılarak kirliliğin düşey yönde belirlenmesi (Ma ve diğer., 2014; Zawadzki ve diğer., 2010; Erkmen ve Timur 2017) ve yol kenarı kirliliklerinin belirlenmesi (Hoffman ve diğer., 1999; El-Hasan, 2008; Ma ve diğer., 2014; Erkmen, 2014; Erkmen ve Timur, 2015; Erkmen, Timur ve Sarı, 2015; Uysal, 2016; Kamacı ve Uysal, 2017) gibi çalışmalarını yürüterek manyetik duyarlılık çalışmalarına katkı sağlamışlardır. Bu çalışmalar göstermektedir ki; manyetik duyarlılık yöntemi, bir ortamın kirlilik durumunu belirlemek ve değerlendirmek için kentsel ve endüstriyel alanlarda kullanılabilir bir yöntemdir.

Jeokimya, jeoloji ile kimya bilim dallarını beraberce ilgilendiren yeni bir bilim dalı olarak ortaya çıkmıştır. Jeokimya sayesinde yerkürede hüküm sürmekte olan doğal kimyasal olayların anlaşılmasına çalışılmaktadır. Bilimsel denebilecek nitelikte olan ilk jeokimyasal araştırma yöntemleri, elementlerin dağılım mekanizmalarından bazılarının öğrenilmesi ile başlar. Modern jeokimyasal araştırma yöntemlerinin gelişmesi elementlerin dağılım mekanizmalarının saptanması ve bilimsel bir biçimde araştırmasıyla mümkün olabilmektedir. Sergeev (1941) sistematik olarak topladıkları toprak ve kayaç örneklerini analiz ederek, ilk jeokimyasal araştırma yöntemlerinin örneklerini vermişlerdir. A.B.D., Kanada ve Japonya'da ise jeokimyasal araştırma

yöntemi ile ilgili çalışmalar ancak 1945-1950 yıllarında başlamıştır. 1950 yılından itibaren İngiltere ve diğer ileri ülkelerde de bu yöntemin geliştirilmesine ve bu yöntemden yararlanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde 1963 yılında M.T.A.'da bir jeokimya laboratuvarı kurulması ile Keban kurşun madeni, Kaleköy (Develi) kurşun-çinko yatakları civarında yapılan jeokimyasal araştırmalarla jeokimyasal prospeksiyon yöntemi uygulamaya konulmuştur (Köksoy, 1964).

Demir ve çelik üretimini de içeren metal endüstrileri, metal filizlerini işleyip, metal külçeler, tabakalar ve borular haline getirmektedir ve haliyle hava, su ve toprak kirliliği oluşturmaktadırlar. Kurşun ve kadmiyum gibi bazı metaller toksiktir ve endüstriyel bölgelere yakın yerlerde oturan kişilerde görülen zehirlenme olaylarının birçoğunda rol almaktadırlar. Metal tozlarını işleyen endüstrilerde farklı problemler oluşabilmektedir. Çünkü işlenen metalin içeriği tam olarak bilinmemekle birlikte hava, su ve toprağa bu kimyasallar karışabilmektedir. Bununla birlikte oluşan toksik maddeler rüzgarın hızına ve yönüne ayrıca şehrin yerleşimine bağlı olarak birçok kişiyi ve bölgeyi etkileyebilmektedir (Kademoğlu, 2002).

Demir-çelik endüstrisinin yanı sıra diğer bir önemli ağır metal kirliliğinin kaynağı fosil yakıtların yanması sonucunda araçların egzozlarından çıkan gazlardır. Bu tez kapsamında İzmir iline ait hem fosil yakıtların yanmasından hem de endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan ağır metal kirliliğinin manyetik duyarlılık yöntemi kullanılarak hem yatay hem de düşey yönde belirlenmesidir. Bunun için İzmir ili içerisinde yer alan 7 sanayi bölgesi (Şekil 1.1) endüstriyel faaliyetler açısından en ağır olan Aliğa Sanayi Bölgesi ve trafik yoğunluğu açısından ise yine Aliğa' da bulunan İzmir-Çanakkale Otoyolu seçilmiştir. Jeofizik yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçlar, kimyasal analizlerde 33 parametrenin izlenmesi ile desteklenmiştir. Çalışmayı temelde iki kısma ayırmak doğru olacaktır. Bunlardan ilki egzoz gazlarından çıkan ağır metal içeriğinin kentsel ve tarımsal topraklarda meydana getirdiği kirliliğin araştırılması, ikincisi ise endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin araştırılmasıdır.

Çalışma ilk kısmı kapsamında manyetik duyarlılık yöntemi hem arazide hem de laboratuvar ortamında kullanılmış, çıkan sonuçlar birlikte yorumlanmıştır. İzmir-Çanakkale Otoyolu üzerinde tek bir profil üzerinde yatay yönde manyetik duyarlılık ölçümleri Bartington MS2 cihazı ve E sensörü kullanılarak yapılmıştır. Bununla birlikte, yatay yönde meydana gelen bu kirliliğin ne kadar derine kadar devam ettiğini görmek açısından bir burgu yardımı ile düşey 1 adet örnek alınmıştır. Alınan bu örnek üzerinde laboratuvar ortamında hem E hem de C sensörü kullanılarak, 3 cm örnekleme aralığı seçilerek manyetik duyarlılık ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerden elde edilen sonuçlar 5 noktada alınan toprak örneklerine uygulanan kimyasal analiz ile desteklenmiş ve sonuçlar birlikte yorumlanmıştır. Çalışmanın bu kısmındaki temel amaç, egzoz gazlarından çıkan ağır metallerin kentsel ve tarımsal topraklarda yarattığı kirliliğin ağır metal içeriği ile birlikte belirlenmesidir.

Çalışma ikinci kısmı kapsamı endüstriyel faaliyetlerin kentsel ve tarımsal topraklarda meydana getirdiği ağır metal kirliliğinin araştırılmasını içermektedir. Bunun içinde yine manyetik duyarlılık yöntemi hem arazide hem de laboratuvar ortamında kullanılmış, çıkan sonuçlar birlikte yorumlanmıştır. Aliğa Sanayi Bölgesi'nde yer alan Yeni Foça yolunu takip eden kentsel topraklar üzerinde seçilen bir alanda toplam 418 noktada yatay yönde manyetik duyarlılık ölçümleri MS2 metre cihazı ve E sensörü kullanılarak yapılmıştır. Bununla birlikte, yatay yönde meydana gelen bu kirliliğin ne kadar derine kadar devam ettiğini araştırmak amacıyla bir Eijkelkamp Gouge tipi toprak burgusu yardımı ile düşey 4 adet örnek alınmıştır. Alınan bu örnekler laboratuvar ortamında hem E hem de C sensörü kullanılarak, 3 cm örnekleme aralığı ile manyetik duyarlılık ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerden elde edilen sonuçlar 3 noktadan alınan toprak örnekleri ve 1 adet baca külü örneğine uygulanan kimyasal analiz ile desteklenmiş ve sonuçlar birlikte yorumlanmıştır. Çalışmanın bu kısmındaki temel amaç, kentsel ve tarımsal topraklarda endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan ağır metal kirliliğinin, ağır metal içeriği ile birlikte belirlenmesidir.

Tez çalışmasında gerek fosil yakıtların yanmasından gerekse endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan ağır metal kirliliğinin kentsel ve tarımsal topraklarda hem

yatay hem de düşey yönde manyetik duyarlılık yöntemi kullanılarak başarı ile araştırılmıştır. Her iki çalışmada da sonuçlar birbirleri ile oldukça uyumlu çıkmıştır. Jeofizik yöntemler sonucu saptanan ağır metal kirliliğinin içeriği kimyasal analiz ile desteklenmiştir.



BÖLÜM İKİ

ÇEVRE KAVRAMI VE ÇEVRE JEOFİZİĞİ

2.1 Çevre Nedir?

Canlı varlıklara etki eden her türlü dış etmene verilen isimdir. Bu etmenler canlı ve cansız olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Yani her canlının, canlı ve cansız olmak üzere iki farklı çevresi bulunur. Canlı ile doğrudan ilişkili aynı ortamı paylaşan tüm etmenler canlı çevreyi oluşturur. Örneğin, bir göl ortamında yaşayan her türlü canlı o gölde yaşayan bir balığın canlı çevresini oluşturur. Kara, su, iklim gibi özellikler ise cansız çevreyi oluşturur (Erkmen, 2014).

2.2 Kirlenme ve Hayatımıza Etkileri

Hava, su, toprak veya besinlerin özelliklerinde, insanların ya da diğer canlı organizmaların sağlık, yaşam veya faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyen, her türlü istenmeye değişime kirlenme denilmektedir. Kirleticilerin çoğu, bir kaynak çıkartılır, işlenir, ürünlere dönüştürülür ve kullanılırken, yan ürünler veya atıklar olarak ortaya çıkan istenmeyen katı, sıvı ve gaz kimyasal maddelerdir. Kirlenme; aşırı ısı, gürültü veya radyasyon gibi istenmeyen enerji emisyonları şekline de bürünebilmektedir. Ana sorunlardan biri, insanların, özellikle pahalı kirlenme kontrolü ve işlerini kaybetme arasında seçim yapmak zorunda kaldıklarında, kabul edilebilir bir kirlenme oranı olarak neyi gördükleri konusunda farklılık göstermeleridir (Erkmen, 2014). Kirlenmenin sebep olabileceği çevre problemi Şekil 2.1’ de verilmiştir.

Kirlenmenin hayatımıza pek çok etkileri bulunmaktadır. Bu etkileri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Erkmen, 2014);

- Sıkıntı verme ve elastik bozukluk; hoş olmayan koku ve tatları, azalan atmosferik görüş, binalar ve anıtların kirlenmesi,

- Mülki hasar; metallerin paslanması, bina ve anıt malzemelerinin değişmesi yada bozulması, giysiler, binalar veya anıtların kirlenmesi,
- İnsan sağlığında problemlere yol açması; bulaşıcı hastalıkların yayılması, solunum sistemi tahrişi ve hastalıkları, genetik ve üreme zararları kanserler,
- Canlı yaşamına (bitki ve hayvan) zarar verme; azalan ağaç ve mahsül üretimi, hayvanlar üzerinde zararlı sağlık etkileri, soy tükenmesi,
- Doğal yaşamı destekleyen sistemlerin yerel, bölgesel ve küresel boyutlarda düzenin bozulması; iklim değişimi ve kimyasal maddelerin doğal geri dönüşümünün azalması, azalan enerji girişleri, insanlar ve yaşamın diğer formlarının sağlığı ve yaşaması için gerekli olan biyoçeşitlilikte bir azalma meydana gelmesi.



Şekil 2.1 Kirlenmenin sebep olabileceği çevre problemi (Erkmen, 2014)

Kirlenme etkilerinin şiddeti üç faktör ile belirlenmektedir. Bunlar;

- Kirlenmenin kimyasal yapısı,
- Canlı organizmaların spesifik tipleri üzerinde ne kadar aktif ve zararlı olduğu ve
- Kirlenmenin yoğunluğudur.

Yani havanın, suyun, toprağın birim hacmi veya beden ağırlığı içindeki miktarıdır. Bir kirlenmenin yoğunluğunu azaltmanın yollarından biri onu daha büyük

bir hava veya su hacmi içine katarak seyreltmektir. İnsanlar olarak biz, havayı ve su yollarını kirliliğe boğmaya başlayana dek, seyreltme kirliliği çözüm olarak kabul edilmekteydi. Ancak günümüz dünyasında bu, artık sadece kısmi bir çözümdür (Erkmen, 2014).

2.3 Topraktaki Ağır Metal Kirliliği ve Kaynakları

Ağır metaller, atmosferik taşınım, biyolojik arıtım çamurlarının boşaltımı, hayvan dışkıları ile evsel atıklarının uzaklaştırılması gibi süreçler sonucunda toprağa karışır. Toprak ana materyalinde ağır metaller her yerde bulunmasına karşın, metallerin topraklara ve çevreye olan en büyük antropojenik kaynağı:

- Madencilik Faaliyetleri
- Tarımsal ve bahçıvanlık malzemeleri
- Kanalizasyon çamurları
- Fosil yakıt yakma sistemleri
- Metalürji endüstrisi - metal ürünlerin imalatı, kullanımı ve bertarafı
- Elektronik - elektronik eşyaların imalatı, kullanımı ve elden çıkarılması
- Kimya ve diğer imalat sanayi
- Atık imhası
- Spor atışları ve balık tutma
- Savaş ve askeri eğitim

Yol kenarına yakın kentsel ve tarımsal topraklarda; Pb, Cd, Cr, Zn, As, Sb, Se, Ba, Cu, Mn, U ve V gibi ağır metaller fazla bulunmaktadır. Bununla birlikte özellikle demir-çelik sanayisinin etkin olduğu topraklarda; Cd, Cr, Sn, Cu, Fe, Hg, Pb, N, ve Zn ağır metalleri etkin bir şekilde bulunup, bu topraklara zarar vermektedir.

2.4 Çevre Problemleri ve Jeofizik Mühendisliğindeki Uygulamaları

Günümüzde artan kentleşme ile birlikte nüfusun yoğun olduğu bölgelerde sanayileşme de artmıştır. Nüfus artışı ve sanayileşme çevre problemlerini de

beraberinde getirir. Eskiden bu problemlerin ne olduğunun araştırılması zordu ve çözümü için geçici yollara başvurulmaktaydı. Fakat, zaman içerisinde jeofizik yöntemlerinde gelişmesiyle birlikte çevre problemlerinin araştırılması daha kolay olmuş ve kalıcı çözümler için alternatiflerin oluşturulması için öncülük etmeye başlamıştır. Tablo 2.1’ de jeofizik çalışmalarının çevre problemlerinde kullanılması verilmiştir.

Tablo 2.1 Jeofizik çalışmalarının çevre problemlerinde kullanılması (Sarı, 2013)

YÖNTEM	BAĞIMLI FİZİKSEL ÖZELLİK	TEMEL UYGULANCAKLAR
ÖZDİRENÇ	Elektrik iletkenlik	• Zemin türü, stratigrafi, temel kaya derinliği • Kayacın dolgunluk derecesi • Kirliliğin haritalanması • Yeraltındaki boşlukların saptanması
FREKANS ORTAMI ELEKTROMANYETİK YÖNTEM	Elektrik iletkenlik	• Zemin türü, stratigrafi, temel kayaç derinliğinin saptanması • Kayacın doygunluk derecesi • Kirliliğin haritalanması • Yeraltındaki boşlukların saptanması • Gömülü cisimlerin yerlerinin belirlenmesi
GEÇİCİ ELEKTROMANYETİK YÖNTEM (TEM)	Elektrik iletkenlik	• Faylar ve makaslancak zonlarının belirlenmesi • Kirliliğin haritalanması • Zemin türü, stratigrafi, temel kayaç derinliğinin saptanması
YER RADARI (GPR)	Dielektrik geçirgenlik	• Yeraltı su tablasının belirlenmesi • Kirliliğin haritalanması • Yeraltındaki boşlukların saptanması • Gömülü cisimlerin yerlerinin saptanması
SİSMİK KIRILMA	Elastik modül	• Örtü katmanının özelliklerinin belirlenmesi • Doygunluk derecesinin belirlenmesi • Dolgu sınırlarının belirlenmesi • Temel kayacın litolojisinin belirlenmesi • Boşlukların saptanması

Tablo 2.1 devamı

<i>DÜŞEY SİSMİK PROFİL(VSP)</i>	Elastik modül	• Temel kayacın özelliklerin yatay ve düşey yöndeki değişimlerinin belirlenmesi • Faylar ve eklemler gibi yapıların neden olduğu anizotropinin saptanması
<i>MANYETOMETRE (MANYETİK)</i>	Manyetik duyarlılık	• Fay yerinin belirlenmesi • Temel kayacın litolojisinin saptanması • Gömülü cisimlerin yerlerinin saptanması • Ağır metal kirliliğinin saptanması

BÖLÜM ÜÇ

MANYETİK YÖNTEMİN ÇEVRE UYGULAMALARI

3.1 Çalışmaların Gelişimi

Yaklaşık olarak 2,6 milyon yıl öncesine dayanan Kuvaterner zaman, yerküre tarihinin olabildiğince yakın bir kısmını kapsamaktadır. Bu süreç boyunca yerkürenin biyosferinde ve ikliminde bu kimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelmekte; bunlar tortullarda ve de buzullarda dönemsel etkiler bırakmaktadır. Bu etkilerin bulunması ve de doğru bir şekilde yorumlanması, araştırmacılar için eskiye dönük iklim ve çevre değişimlerinin zamanı, mekanizması ve oranı hakkında bilgi sağlayacaktır. Bu bilgi, günümüzün doğru bir şekilde anlaşılmasını sağlamakla kalmayıp, gelecek yıllarda meydana gelebilecek durumların öngörülmesi açısından araştırmacılara yararlı bir temel oluşturacaktır (Maher ve Thompson, 1999; Makaroğlu, 2011).

Kuvaterner zaman konusundaki çevre manyetizması çalışmaları, Gustav Ising' in 1943 yılında İsviçre'de bulunan bir gölden temin edilen iklimsel tortulların, doğal kalıntı mıknatıslanmaları (NKM) ile mıknatıslanma katsayılarının (manyetik duyarlılık) ölçümlerini yapması ile başlamaktadır. Göldeki tortulların manyetik özelliklerinin kaynaktan uzaklaştıkça nasıl bir değişiklik gösterdiği ve de manyetik içeriğinin yıllık bir periyot içerisinde nasıl tanımlandığı bu çalışma ile ortaya konulduğu gibi, bahar aylarında depolanan tortulların kış aylarında depolanan tortullara göre daha yüksek bir manyetik özellik taşıdığı da yine bu çalışma sayesinde açıkça ortaya konulmuştur (Maher ve Thompson, 1999). Güncel tortulların manyetik özelliklerinin araştırılması ile ilgili bir diğer önemli çalışma, Windermere Gölü tortullarında yapılan paleomanyetik çalışmasıdır. Bu araştırma için geliştirilen karotiyer yardımıyla yönlü olarak karot örnekleri alınarak, göl tortullarının paleomanyetik kayıtları ölçülmüştür (Mackereth, 1958; 1971). Çevre manyetizmasının gelişimi ile ilgili diğer bir önemli araştırmacı olarak Frank Oldfield karşımıza çıkmaktadır. 1970'li yıllara gelindiğinde Oldfield manyetik ölçümlerin yapılması üzerine aletler tasarlayıp geliştiren Geoff Bartington ile tanışmıştır. Bunun

içerisindeki manyetik mineral döngüsünde yer alan manyetik mineralleri, oluşum süreçlerine bakılarak detritik, diyajenik ve biyojenik manyetik mineraller olarak gruplandırmak mümkündür (Erkmen, 2014).

3.3 Kullanılan Parametreler

Çevre manyetizması araştırmaları kapsamında yapılan analizlerdeki temel amaç, doğal çevre içerisinde yer alan materyallerin sahip oldukları manyetik minerallerin mineroloji, yoğunluk ve tane boyu gibi özelliklerini belirleyebilmektir. Birçok farklı araştırmacı bu amaç doğrultusunda sentetik ve doğal örnekler kullanarak pek çok deneysel çalışma yapmıştır. Bu çalışmaların bir sonucu olarak çevre manyetizmasında yaygın bir şekilde kullanılan birçok parametre ve oran gelişmiştir (Makaroğlu, 2011; Erkmen, 2014). Çevre manyetizmasında kullanılan parametreler Tablo 3.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Çevre Manyetizmasında kullanılan manyetik parametreler (İşveren ve Sanver, 2007)

Parametre	Belirteç
χ (m^3/kg): mıknatıslanma katsayısı	ferrimağnetik tane yoğunluğu
$\text{SIRM} = M_N$ (Am^{-1} veya $\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$): doymuş kalıntı mıknatıslanma	mağnetik mineral yoğunluğu, tane boyu
ARM (Am^{-1} veya $\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$): anhisteretik kalıntı mıknatıslanma	tek domenli ferrimağnetik mineral yoğunluğu
χ_{ARM} : ARM duyarlılığı	tek domenli ferrimağnetik tanelerin yoğunluğu
M_s (Am^{-1} veya $\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$): doymuş mıknatıslanma	mağnetik mineral yoğunluğu
B_{α} (mT): kalıntı koersif kuvvet	tane boyu, mineroloji
B_s (mT): kalıntı kuvvet	tane boyu, mineroloji
T_C ($^{\circ}\text{C}$): Curie sıcaklığı	mineroloji
T_M ($^{\circ}\text{C}$): Morin geçiş sıcaklığı	mineroloji (hematit)
T_V ($^{\circ}\text{C}$): Verwey geçiş sıcaklığı	mineroloji (mağnetit)
Oranlar	
χ_{eff} (%): frekansa bağlı mıknatıslanma katsayısı	tane boyu
M_N/M_s ve B_{α}/B_s : day diyagramı	tane boyu (özellikle titano-mağnetit için)
S-oranı	mineroloji (ferrimağnetik)
HIRM	mineroloji (antiferromağnetik)
χ_{ARM}/χ	tane boyu
ARM/SIRM	tane boyu, tek domenli ferrimağnetik mineral yoğunluğu
SIRM/ χ	mağnetik mineral yoğunluğu, tane boyu, mineroloji

Çevre manyetizması araştırmalarında yaygın bir şekilde kullanılan parametreler arasında en önemlilerinden biri mıknatıslanma katsayısıdır ve χ ya da κ sembolü ile gösterilmektedir. Bir örneğin düşük bir alanın var olması durumunda sahip olduğu mıknatıslanmanın ölçümü “mıknatıslanma katsayısı (manyetik duyarlılık)” olarak tanımlanabilmektedir (Verosub ve Roberts, 1995). Bu katsayı, genellikle κ sembolü ile gösterilmekte ve 3.1’ de ifade edilen formül ile belirlenmektedir.

$$\kappa = M / H \quad (3.1)$$

SI biriminde mıknatıslanma şiddeti (M) ve manyetik alan (H) aynı birime (A/m) sahiptirler. Bu nedenle bu birim sistemi içerisinde mıknatıslanma katsayısı birimsiz olarak kabul edilmekte ve hacim mıknatıslanma katsayısı (κ) olarak adlandırılmaktadır. Kütleye bağlı olan mıknatıslanma katsayısı (χ) hesaplanmak isteniyorsa, bu durumda hacim mıknatıslanma katsayısını materyalin yoğunluğuna bölünmesi gerekmektedir. Bu durumda ifade $\chi = \kappa / \rho$ biçimde yazılarak hesap yapılmaktadır. κ birimsiz olduğundan dolayı χ ’ in birimi m^3/kg dır (Dearing ve diğer., 1996).

Çevre manyetizmasında sıklıkla kullanılan diğer parametreler, Eş-Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (IRM) ve Anhisteretik Kalıntı Mıknatıslanma (ARM)’dır. Bu iki tür mıknatıslanma, bir örneğe dışarıdan uygulanan bir alan ile kazandırılmaktadır. Anhisterik Kalıntı Mıknatıslanma ölçümleri sırasında genellikle örneğe, yermanyetik alan şiddeti değerine yakın değerlerde bir dış alan ve artan alternatif manyetik alan varlığı durumunda mıknatıslanma kazandırılmaktadır. ARM duyarlılığı (χ_{ARM}) hesaplanırken; ARM şiddeti uygulanan dış alana oranlanmaktadır (Makaroğlu, 2011). Kısacası Anhisterik Kalıntı Mıknatıslanma’ nın duyarlılığı, sabit her bir alana karşı ARM değerinin oranı olarak ifade edilmektedir. Anhisterik Kalıntı Mıknatıslanma kavramının, manyetik tane boyutuyla ilişkili olduğu oldukça nettir (King ve diğer., 1982; Maher, 1988). Bu mıknatıslanma, tane boyutu 0,02-0,4 μm arasında yer alan duraylı tek domenli bir ferrimanyetik tanenin varlığını belirleyebilmek için son derece önemli parametrelerden birisidir. Verilen değerlerin üstünde ve altında tane boyutlarına sahip ferrimanyetik minerallerde χ_{ARM} değeri,

fark edilir bir şekilde düşüş göstermektedir. Bu nedenledir ki bu parametre, kararlı tek domenli ferrimanyetik bir mineralin yoğunluk değerlerinin bulunması amacıyla kullanılmaktadır (Walden ve diğer.,1999). χ ARM özellikle küçük tanelerin varlığı söz konusu olduğunda duyarlı iken; χ ise genellikle kaba tanelerin varlığının olması durumunda daha duyarlıdır. Bu nedenle, bu iki parametrenin oranı, tane boyutunun göstergesi olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Banerjee ve diğer., 1981; King ve diğer., 1982; 1983). Eş-Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (IRM) ise, sabit bir alan altında bir örneğe (oda sıcaklığında yer alan) kalıntı mıknatıslanma kazandırılmasıdır. Örnek mıknatıslanana kadar uygulanan alanın şiddeti arttıkça, örneğin manyetizasyonu da artmaktadır. Örneğe ait mıknatıslanma değerinin değişmediği nokta doymuş mıknatıslanma değerini ifade etmektedir (Makaroğlu, 2011; Erkmen, 2014).

Histerezis döngüsü kavramı, sürekli bir şekilde uygulanan alanın azaltılması ve yükseltilmesi sonucunda meydana gelen döngüdür ve bahsi geçen bu döngü içerisinde mıknatıslanma değerinin sıfır olduğu alan “koersif alan (H_c)” olarak adlandırılırken, mıknatıslanma değerinin kalıntı olduğu alan ise “kalıntı koersivite (H_{cr})” adlandırılmaktadır. Histerezis döngüsünden bulunan histerezis parametreleri, manyetit-titanomanyetit minerallerinin baskın olması halinde manyetik minerallerin tane boyutunu vermektedir (Day ve diğer., 1977). Manyetit gibi ferrimanyetik mineraller doygunluğa 0,3 T altında ulaşmaktadır. Hematit gibi antiferromanyetik minerallerde ise doygunluğa ulaşılan alan 2,5 T değerindedir (Verosub ve Roberts, 1995). Minerallerde gözlemlenen bu farklılık S-oranı (IRM-300nT/SIRM) şeklinde tanımlanan parametrenin de ana hatlarını oluşturmaktadır. S-oranı, düşük koersivite değerindeki ferrimanyetik mineralleri (manyetit vb.) yüksek koersivite değerinde yer alan antiferromanyetik minerallerden (hematit vb.) ayırmak için kullanılan parametre olarak ifade edilmektedir (Bloemendal ve diğer., 1992).

3.4 Uygulama Alanları

Çevre manyetizmasının uygulama alanlarını;

- Paleoiklim,

- Göl araştırmaları,
- Diyajenetik süreçlerin araştırılması,
- Kirlilik araştırmaları,
- Tortul hareketleri,
- Biyolojik materyallerin araştırılması ve
- Arkeoloji araştırmaları olarak saymak mümkündür.

Bu bölümde tezin konusu gereği sadece kirlilik araştırmalarına değinilecektir.

3.4.1 Kirlilik Araştırmaları

Hava, su, toprak veya besinlerin özelliklerinde, insanların ya da diğer canlı organizmaların sağlık, yaşam veya faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyen, her türlü istenmeye değişime kirlenme denilmektedir (Erkmen, 2014). evre kirliliği kavramı ise, doğada yer alan tüm canlıların sağlıklarını olumsuz bir şekilde etkileyen, cansız varlıklar üzerinde ise ciddi zararlara neden olan ve bu varlıkların kalitelerini bozan yabancı maddelerin, toprak, hava ve suya etkili bir biçimde karışması olayı olarak tanımlanmaktadır (epel, 2003). Kentleşmenin bir sonucu olarak sanayi gelişmiş ve bununla birlikte evre sorunlarında da büyük bir artış olmuştur. Bu problemin çözümüyle ilgili farklı disiplinler tarafından kirlilik kavramı önemli bir araştırma ve çalışma konusu haline gelmiştir. evre manyetizması kapsamında zeminlere ait manyetik özelliklerle ilgili araştırmalar Le Borgne (1960) ile başlamış olsa da zaman geçtikçe birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalar ile bu konuyu geliştirmiştir. Bu araştırmalarda toprağın meydana gelme (pedojenez) süresi boyunca, manyetik minerallerin oluşumu ile iklim, litoloji ve yangın arasındaki ilişkiler de irdelenmiştir (Erkmen, 2014).

Son yıllara baktığımızda evre manyetizması konusunda, dünyanın birçok büyük şehrinde manyetik ölçüm esasına dayanan kirlilik görüntülenmesine yönelik çalışmalar büyük bir artış meydana gelmiştir (Hay ve diğer., 1997; Bitukova ve diğer., 1999; Magiera ve diğer., 2003; Rothwell ve Lindsay, 2007; Xia ve diğer., 2011; Timur, 2014; Erkmen, 2014; Erkmen ve Timur, 2015). Jeokimya ve manyetik

analizlerin birlikte uygulandığı bu çalışmalar kapsamında toprak, bataklık tortulları, yaprak ve toz örnekleri gibi oldukça geniş bir aralık içinde yer alan örneklerin manyetik özellikleri ölçülmüştür. Böylelikle zamansal ve uzaysal olarak ağır metal kirliliğinin belirlenmesine yönelik yapılması planlanan kirlilik araştırmalarında, manyetik parametrelerin (mıknatıslanma katsayısı) etkili bir belirleyici faktör olduğu gösterilmiştir (Erkmen, 2014). Bunun ile ilgili en güzel örneklerden birisi Tomchou Singh ve diğerlerinin 2014 yılında yaptıkları çalışmadır.

Toprakta manyetik mineral oluşumu sırasında, toprağın meydana gelme süreci ve sonrasında geçirmiş olduğu değişimler de önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu değişimler farklı fiziksel ve kimyasal etkenlerle (rüzgar, erozyon veya biyolojik etkenler) olmaktadır. Zeminler üzerindeki manyetik mineraller litojenik kökeni bakımından ana kayadan türeme ya da taşlaşma sonucunda yerinde oluşabilmektedir. Bununla birlikte sel ve rüzgar gibi doğa olayları ile ya da trafik ve endüstriyel tozlar gibi antropojen etkiler ile atmosferde biriken materyallerin de zeminlerde yer alan manyetik mineral yoğunluğu üzerinde önemli bir katkısı bulunmaktadır.

Çelik, çimento ve de taşkömürü üretim tesislerinin yaptıkları gibi pek çok farklı endüstriyel faaliyetler de toz olarak uçuşan manyetik (demiroksit) partiküller oluşturmaktadır. Bu manyetik partiküller toz miktarı bakımından bütüne bakıldığında oldukça küçük bir bölümü oluşturmalarına rağmen, insan sağlığını büyük ölçüde tehdit eden bir riske sahiptir (Garçon ve diğer., 2000).

Şekil 3.2’ de egzoz dumanının neden olabileceği kirlilik problemi gösterilirken, Şekil 3.3’ de endüstriyel faaliyetlerin yarattığı çevre problemini göstermektedir.



Şekil 3.2 Egzoz dumanı ile ilgili çevre problemi (Erkmen, 2014)



Şekil 3.3 Endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu çevre problemi (Erkmen, 2014)

BÖLÜM DÖRT

MANYETİK DUYARLILIK VE İLGİ

KURAMSAL BİLGİ

4.1 Manyetik Duyarlılık (Suseptibilite)

Manyetik duyarlılık “ k ” simgesi ile gösterilmekte ve maddenin, bir dış alan içinde mıknatıslanma kazanabilme yeteneğinin bir ölçüsü olarak ifade edilmektedir. Bir kütlenin birim hacmi içinde bulunan dipoller, şiddeti yavaş yavaş arttırılan dış alan yönüne ne kadar çok sayıda ve çabuk yönlenebilirse kütlenin manyetik duyarlılığı o ölçüde büyük olmaktadır (Makaroğlu, 2011). Manyetik duyarlılık, H ve J ile dışa alanın ve mıknatıslanmanın şiddetini göstermek üzere;

$$k=J/H \quad (4.1)$$

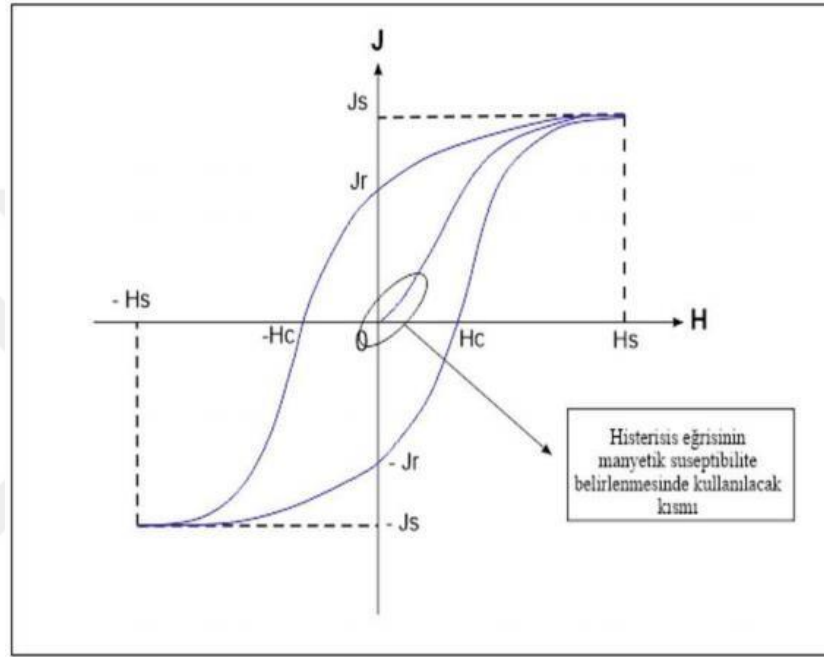
bağıntısı ile tanımlanmaktadır; gerek SI ve gerek cgs-emb sisteminde boyutsuz bir büyüklüktür. Bir maddenin SI birimler sisteminde belirlenen manyetik duyarlılık “ k ”, cgs-emb sisteminde belirlenen manyetik duyarlılık “ k ” ise bu iki skaler büyüklük arasında $k=4\pi k'$ ilişkisi vardır (Erkmen, 2014).

Manyetik duyarlılık, manyetik arama yönteminde yer içinde yanal ve düşey doğrultuda değişimini araştırdığımız temel fiziksel parametredir. Yeraltında bulunan ve farklı büyüklükte manyetik duyarlılığa sahip kütleler yeryüzünde ölçtüğümüz manyetik belirtilere neden olurlar. Bu belirtilerin nedeni, kütlelerin sahip olduğu kalıcı mıknatıslanma ile kütlelerin yer manyetik alanı içinde bulunmaları nedeniyle kazandıkları indüksiyon mıknatıslanmasıdır. İndüksiyon mıknatıslanmasının şiddeti (J_{ind}) , 4.2 bağıntısı ile ifade edilmektedir.

$$J_{ind}=k.H \quad (4.2)$$

Fakat, Şekil 4.1 de verilen manyetik histerisizin incelenmesi gösterecektir ki, aynı bir madde için uygulanan dış alanın şiddeti değiştikçe farklı mıknatıslanma şiddetleri ölçüleceğinden farklı manyetik duyarlılık değerleri elde edilecektir. Manyetik

araştırma açısından bakıldığında bu manyetik duyarlılık değerleri arasında “H” alanının çok küçük değerlerine karşı gelen duyarlılık değeri önemlidir. Yer manyetik alanının ortalama şiddeti 0,5 Oe olduğundan ve yeraltında bulunan kütleler böyle zayıf bir dış alan içinde indüksiyon mıknatıslanmalarını kazandıklarından bizim kullanacağımız manyetik duyarlılık değeri manyetik histerizis eğrisinin 1,0 Oe ve daha küçük değerlerine karşı gelen kısmından hesaplanmaktadır.



Şekil 4.1 Kalıcı mıknatıslık kazanabilen ferromanyetik ve ferrimanyetik maddelere özgü histerizis eğrisi. Jeofizik çalışmaları için maddenin yer manyetik alanına yakın şiddetteki dış alanda sahip olduğu manyetik duyarlılık önemlidir (Akçığ ve Pınar, 2000’ den düzenlenmiştir).

Tablo 4.1 de uygulamada sık karşılaşılan bazı kayaçların SI sistemine göre belirlenmiş manyetik duyarlılık değerleri verilmiştir. Manyetik duyarlılık değerlerinin cgs-emb sistemindeki karşılığını bulmak için çizelgedeki değerler 4π (12,56)’ ya bölünmelidir. Aynı tabloda verilen “ortalama değerlerin” karşılaştırılmasından da görüldüğü gibi en düşük Manyetik duyarlılık değerine sahip kayaçlar tortul kayaçlar olup onları büyüklük sırasına göre metamorfik kayaçlar, asidik ve bazik bileşimli magmatik kayaçlar izlemektedir. Bu durum biz araştırmacılara göstermektedir ki, bu kayaçlar yer manyetik alanı içinde indüksiyonla mıknatıslık kazandıklarında ($J_{ind}=k.H$) yeryüzünde oluşacak en şiddetli manyetik anomaliler bazik magmatik kayaçlarda olacaktır.

Tablo 4.1 Bazı mineral ve kayaçların manyetik duyarlılık değerleri (İşveren ve Sanver, 2007)

ADI	Manyetik duyarlılık x 10 ³ SI		ADI	Manyetik duyarlılık x 10 ³ SI	
	Değişim Aralığı	Ortalancak		Değişim Aralığı	Ortalancak
Tortul Kayaçlar			Piroksen	90-200	150
Dolomit	0-0,9	0,1	Peridotit	90-200	150
Kireçtaşı	0-3	0,3	Andezit	-	160
Kumtaşı	0-20	0,4	Asidik K. Ort	0-80	8
Şeyl	0,01-15	0,6	Bazik K. Ort	0,5-97	25
Şed. Ky. Ort	0-18	0,9	Mineraller		
Matemorfik Kayaçlar			Kuvars	(-0,001) ile (-0,01)	-0,01
Amfibolit	-	0,7	Kaya Tuzu	-	-0,01
Şist	0,3-3	1,4	Anhidrit, Jips	-	-0,01
Fillit	-	1,5	Kalsit	-	-
Gnays	0,1-25	-	Kömür	-	0,02
Kuvarsit	-	4	Grafit	-	0,1
Serpantinit	3-17	-	Kil	-	0,2
Met. Ky. Ort	0-70	4,2	Kalkopirit	-	0,4
Magmatik Kayaçlar			Sfelerit	-	0,7
Granit	0-50	2,5	Kassiterit	-	0,9
Riyolit	0,2-35	-	Siderit	1-4	-
Dolorit	1-35	17	Pirit	0,05-5	1,5
Ojit - Syenit	30-40	-	Limonit	-	2,5
Olivin- Diyabaz	-	25	Arsenopirit	-	3
Diyabaz	1-160	55	Hematit	0,5-35	6,5
Porfir	0,3-200	60	Kromit	3-110	7
Gabro	1-90	70	Pirotit	1-6000	1500
Bazalt	0,2-175	70	İlmenit	300-3500	1800
Diyorit	0,6-120	85	Manyetit	1200 ile 19200	6000
Not: Yazım kolaylığı bakımından tabloda gerçek manyetik suseptibilite değerlerinin 10 ³ ile çarpılmış hali verilmiştir.					

4.1.1 Manyetik Geçirgenlik ve Manyetik Duyarlılık Arasındaki İlişki

Mıknatıslanma özelliğine sahip herhangi bir madde, H şiddetindeki bir dış alan içine girdiğinde, madde içindeki her santimetre karelik yüzeyden H adet kuvvet çizgisi geçmektedir. Bununla birlikte dış alan içine gire bu madde indüksiyonla mıknatıslandığından madde içinde “p” adet manyetik kutup da oluşacaktır. Manyetik alan kuvvet çizgilerinin maddeyi terk ettiği yerde, maddenin H dış alanına dik düzlemdeki kesiti “A” ile ifade edilirse, birim yüzeye isabet eden kutup şiddeti “p/A” ifadesi ile belirtmek gerekir. “cgs birimleri” sisteminde birim yüzey 1 cm² olduğundan p/A ile ifade ettiğimiz bu oran, bize 1 cm² lik yüzeyde bulunan manyetik kutup sayısını vermektedir. p/A oranına literatürde manyetik yüzey yoğunluğu da denilmektedir. “cgs” sisteminde birim şiddetteki kutuptan 4π adet kuvvet çizgisi çıktığını bilmekteyiz. O halde maddenin 1 cm² lik yüzeyinden, indüksiyon mıknatıslanması nedeniyle çıkacak kuvvet çizgileri sayısı “4π (p/A)” olacaktır. Ortamda zaten H şiddetinde dış alan bulunduğundan toplam manyetik akı 4.3 bağıntısı ile ifade edilmektedir.

$$\sum \frac{\phi}{A} = H + 4\pi \frac{p}{A} \quad (4.3)$$

4.3 bağıntısındaki $\phi/A = B$ ve $p/A = J$ ile ifade edilirken ve formülü 4.4 ile verilen bağıntı şeklinde yazmak mümkündür.

$$B = H + 4\pi J \quad (4.4)$$

İfade de verilen bağıntının her iki tarafı H’ye bölüldüğünde, $\mu = B/H$ ve $k = J/H$ olduğundan bağıntı 4.5 ile verilen şekilde ifade edilecektir.

$$\mu = 1 + 4\pi k \quad (4.5)$$

B ile verilen manyetik indüksiyon vektörü, indüksiyon mıknatıslanması etkisi dahil olmak üzere toplam alanı ifade eder. B vektörünün SI ve cgs birimlerindeki ifadeleri aşağıda ifade edilen 4.6 ve 4.7 bağıntılarındaki gibidir.

$$B=\mu_0(H+J) = \mu_0 (1+ 4\pi k) H= \mu_0\mu H \text{ (SI birimleri)} \quad (4.6)$$

$$B= H+ 4\pi J= (1+ 4\pi k) H= \mu H \text{ (cgs birimleri)} \quad (4.7)$$

Cgs-emb sisteminde B' nin birimi Gauss' tur. SI sisteminde B'nin birimi Tesla(T)'dır. (1T=1 Newton/ amper-metre = 1 Weber/ metre², uzayın geçirgenliği $\mu_0=4\pi \times 10^{-7}$ weber/ amper-metre, vakum'un geçirgenliği $\mu=1$, havanın geçirgenliği $\mu\approx 1$) (Erkmen, 2014).

4.2 Manyetik Duyarlılık Ölçümlerinin Çalışmalara Katkıları

İlk olarak, manyetik duyarlılık göz önüne alındığında bir materyal hakkında genel bir bilgi edinmek mümkündür. Manyetik duyarlılık bir malzemenin 'manyetik yeteneğini' ölçmektedir. Doğal bir ortam içerisinde bu ölçümler; topraklar, kayalar, tozlar ve tortullar, özellikle demir (Fe) taşıyan minerallerin bulunduğu minerallerin manyetik yetenekleri hakkında bizim gibi araştırmacılara bilgi sağlamaktadır. Bu nedenle ölçümler, X-ışını kırınımı veya ağır mineral analizi gibi diğer mineralojik yöntemler ile üretilen bilgilere benzer bilgileri sağlamaktadır. Kısacası, ölçümler aşağıdaki imkanlara olanak sağlar:

- ✓ Bir numunedeki mevcut olan demir (Fe) taşıyan mineralleri tanınması
- ✓ Konsantrasyon veya yüksek çözünürlükte toplam hacmi hesaplanması
- ✓ Malzemeleri farklı türde sınıflandırılması
- ✓ Onların oluşumu veya taşıma süreçleri tanımlanması
- ✓ Malzemeleri 'eşleştirme için 'çevresel parmak izlerinin' oluşturulması

Manyetik duyarlılık ölçümleri son derece kolay ve kullanışlıdır. Yöntemin kullanışlı olmasının avantajlarını ise aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- ✓ Ölçümler, tüm materyaller üzerinde uygulanabilir

- ✓ Ölçümler güvenlidir, hızlı bir şekilde alınabilir ve tahribatsızdır
- ✓ Ölçümler, en az eğitimde olan araştırmacı veya kişilerle bile laboratuvar ve alanda uygulanabilmektedir.
- ✓ Ölçümler, çevre analizlerinin diğer birçok türünü tamamlayıcı niteliktedir.

Manyetik duyarlılık ölçümleri, daha sonra uygulanması planlanan ölçümleri kısıtlamadan ve ekonomik olarak yapmaya olanak sağlamaktadır. Bununla beraber pahalı ve zaman alıcı analizler için ‘ortalama’ ve ‘tipik’ örnekleri bulmak amacıyla, geniş örnek setinin gerekli olduğu durumlarda yapılacak olan keşif çalışmaları için duyarlılık ölçümleri idealdir. Ancak gün geçtikçe, manyetik duyarlılık ölçümleri sadece keşif amaçlı değil, çevresel sorunları araştırmak için daha fazla ana yöntem olarak kullanılmaktadır.

4.3 Manyetik Duyarlılık Ölçüm Türleri

Manyetik duyarlılık ölçümleri bize çevre malzemelerin mineralojisi ve jeokimyası hakkında bilgi verirken; mineraloji ise bize çevrenin kimyası ve kökenine benzer materyaller hakkında ek bilgi vermektedir. Kökeni ile bilgiler bize minerallerin doğrudan çevre koşulları hakkında daha fazla bilgi edinmemiz konusunda olanak sağlamaktadır (Dearing, 1999).

Manyetik duyarlılık ölçüm türleri 3’e ayrılmaktadır. Bunlar;

- ✓ Isıya Bağlı Manyetik Duyarlılık
- ✓ Frekansa Bağlı Manyetik Duyarlılık
- ✓ Oda Sıcaklığında Yapılan Manyetik Duyarlılık

4.3.1 Isıya Bağlı Manyetik Duyarlılık

MS2 κ / T sistemi, oda sıcaklığının altında soğutulmuş veya oda sıcaklığının üzerinde ısıtılmış örneklerinde mineral ve etki alanları tespit edebilmektedir. Çünkü birçok mineralin manyetik davranışı ve etki durumu, sıcaklığa bağlı olarak değişim

göstermektedir (Erkmen, 2014). Bu manyetik duyarlılık ölçüm türü, duyarlılık değeri çok çok düşük minerallerin bulunması için daha faydalıdır.

Duyarlılık sıcaklık ölçümlerinin üç farklı dizisi bulunmaktadır. Bunlar;

- ✓ Yüksek sıcaklıklardan oda sıcaklığına (25°C) soğutma
- ✓ Sıvı nitrojenden (-196 °C) oda sıcaklığına (25 °C) ısıtılması
- ✓ Oda sıcaklığından (25 °C) yüksek sıcaklıklara ısıtma (~800°C)

4.3.2 Frekansa Bağlı Manyetik Duyarlılık

Yaklaşık 0,03 μm ' den daha küçük olan süperparamanyetik kristallerin, zamanla hızlı değişim gösteren manyetik davranışa sahip olduğu bilinmektedir. Duyarlılık değeri çok küçük olması nedeniyle, bu tür ölçümlerde frekansa bağlı manyetik duyarlılık ölçüm türü kullanılmaktadır.

Bu ölçüm türü, çalışma frekansına bağlıdır. Frekansa bağlı duyarlılık ölçümü, iki farklı mıknatıslanma frekansında numunenin iki kez ölçülmesine esasına dayanmaktadır. Yüksek frekans ölçümü 4,6 kHz de yapılırken, düşük frekans ölçümü 0,46 kHz (gerçek duyarlılık ölçümü) de yapılmaktadır. Yüksek frekans ölçümlerinin bulunmadığı durumlarda, düşük frekans ölçümleri sabit etki alanı taneleri ile sınıra yakın süperparamanyetik kristallerin duyarlılığa tam olarak katkıda bulunmasına imkan sağlamaktadır. Farklı frekanslarda yapılan bu iki ölçüm değerleri arasındaki fark, araştırmacılara süperparamanyetik minerallerin varlığı ve miktarı hakkında bilgi vermektedir. Son zamanlarda 0,03 μm ' den daha küçük kristaller için yüksek frekans ölçümünün duyarlılık değerlerinde azalma gösterdiği ileri sürülmüş olsa da, frekansa bağlı ölçümlerin kesin fiziksel tanımı için tartışmalar günümüzde hala devam etmektedir.

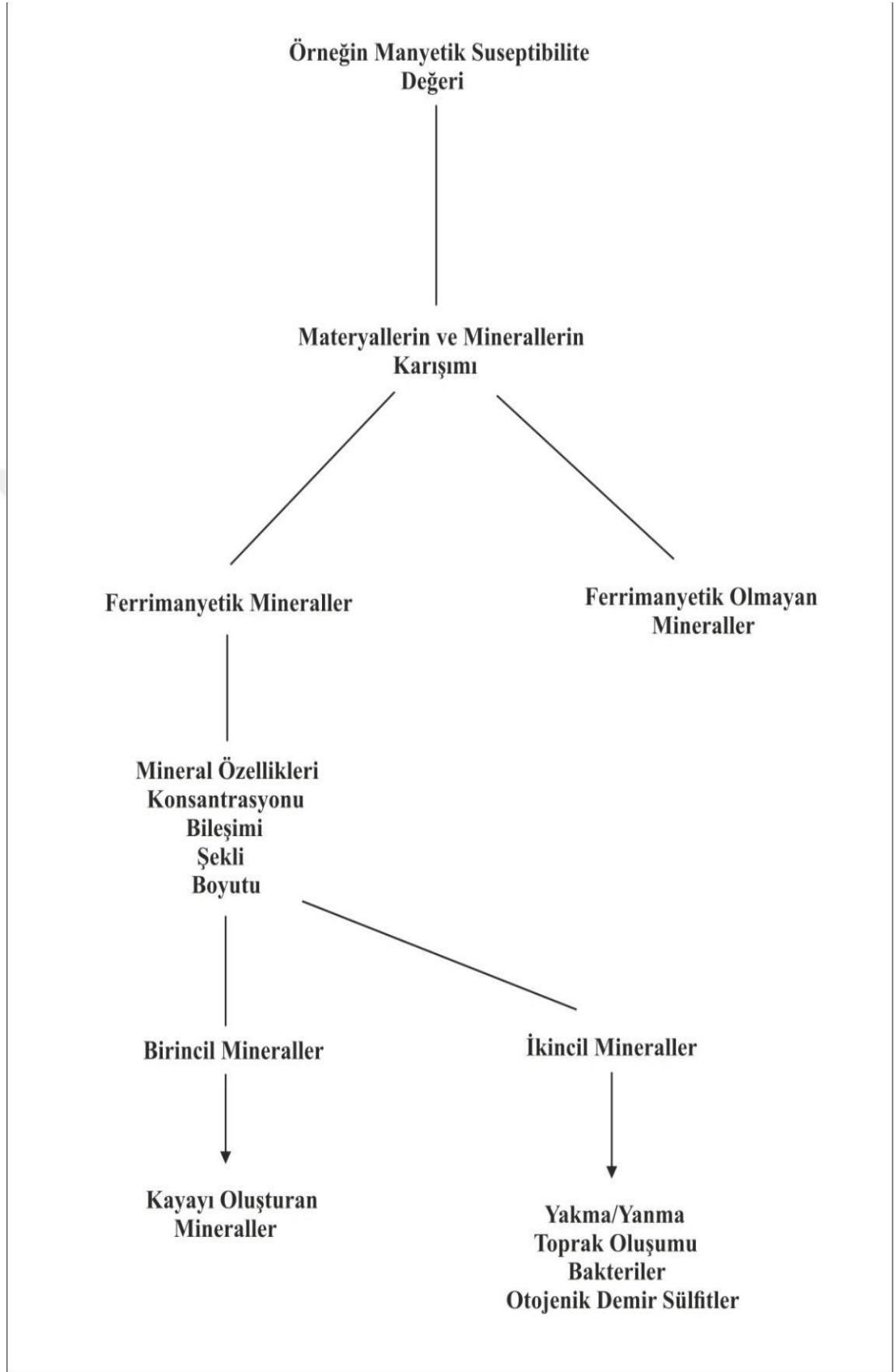
Frekansa bağlı manyetik duyarlılık için iki olası hesaplama bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yüzde frekansına bağlı duyarlılık iken, ikincisi de kütle özel frekansına bağlı duyarlılıktır.

4.3.3 Oda Sıcaklığında Yapılan Manyetik Duyarlılık

Oda sıcaklığında yapılan manyetik duyarlılık ölçüm türü, bu tez kapsamında kullanılan ölçüm türüdür. Malzeme ve kullanılacak sensörün aynı sıcaklıkta olması gerektiği esasına dayanmaktadır. Arazi koşullarında, bu durum kolaylıkla sağlanırken, laboratuvar ölçümlerinde bu durumu sağlamak için değeri ölçülecek malzeme ve ölçümlerde kullanılacak sensörün aynı oda da birkaç gün bekletilmesi gerekmektedir.

Yorumlama biçimi, Şekil 4.2’de gösterilmektedir. Tüm ölçümler bu şekilde kesin olarak yorumlanabilmektedir. Bu ölçüm prosedürü, manyetik veya çevreyle ilgili teoriler hakkında bilgi sahibi olmayan biri içinde öğretici ve yararlıdır. Daha deneyimli kullanıcıların, kendi sonuçları ile karşılaştırmak amacıyla bazı tablolara ihtiyacı olabilir (Erkmen, 2014).

Manyetik özelliklerinin tamamını veya hemen hemen tamamını koruyan ve magmatik kayalar içinde oluşmuş ferrimanyetik mineraller **birincil mineral** olarak adlandırılmaktadır. Diğer ferromanyetik demir oksitler ve sülfidler **ikincil minerallerdir**. Yani bu tür mineraller, yanma, fosil yakıt yanması, bakteri, toprak oluşumu, diyajenez ve mikritleşme de dahil diğer süreçlerle oluşmuştur. Kristal boyutu veya etki alanı durumu, manyetit oluşumu süreçlerine bir ipucu sağlamaktadır (Erkmen, 2014).



Şekil 4.2 Ölçüm Prosedürü (Dearing, 1999)

4.4 MS2 Manyetik Duyarlılık Sistemi

MS2 Manyetik duyarlılık sistemi; çeşitli sensörlerle birlikte taşınabilir bir ölçüm aleti ve MS2 metreyi içermektedir.

MS2 sistemini kullanırken çevresel faktörleri de dikkate almak önemlidir. Bunlar;

- ✓ **Sıcaklık kaynaklı sapma**= Sensörlerden her birinde, sıcaklıktan kaynaklanan kaymaları en aza indirmek ve sıcaklığın dengelenmesi için özel bir teknik kullanmaktadır (Erkmen, 2014).
- ✓ **Nemlilik Koşulları**= Cihaz nemin içeri girmesine karşı korunumludur, ancak çok ıslak şartlarda ölçüm yapılmamasına özen gösterilmelidir.
- ✓ **Gürültü ve parazit kontrolü**= Bu cihaz, yüksek güçte bir radyo vericisi veya ağır elektrikli makinelerin yakınında çalıştırılmamalıdır (Erkmen, 2014).

MS2 ölçer üzerinde önemli kontrol panelleri vardır (Şekil 4.3). Bu panellerin kullanım sırası ve kullanım şekli önemlidir. Panelleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.



Şekil 4.3 MS2 Metre Manyetik Duyarlılık Sistemi (Kişisel arşiv, 2019)

- ✓ **On/Off Anahtarı:** Bu anahtar, dahili batarya beslemesini kontrol etmektedir. Bununla birlikte cihazın açılmasıyla SI veya cgs birimlerinin seçimini sağlamaktadır.
- ✓ **Zero Düğmesi:** Bu düğme alınacak hava okumalarını sağlamaktadır. Cihaz açıldıktan sonra bu düğmeye basılarak hava değerine sıfırlanır ve ölçüm için hazır hale getirilir.
- ✓ **Measure Düğmesi:** Bu düğme alınacak manyetik duyarlılık okumalarını sağlamaktadır.

Sistemde kullanılan her bir sensor, belirli bir uygulama ve numune tipi için tasarlanmıştır ve basit bir koaksiyel kablo yardımıyla ile ölçüm için MS2 sayacına bağlanır. Malzeme sensörün etkisine getirildiğinde cihaz, malzemenin manyetik duyarlılık değerini ölçmektedir. MS2 cihazı şarj edilebilir bir pil ile çalışmaktadır. Ölçümler, zamana bağlı olarak hızlı bir şekilde toplanabilir ve kolayca tekrar edilebilir. Bu yüzden hassas ölçümlerde de kullanılmaktadır. MS2 manyetik duyarlılık sisteminde kullanılan birçok sensör bulunmaktadır. Sensörlerin kullanılabileceği alanlar ile ilgili özet bilgi Tablo 4.2 'de verilmiştir.

Tablo 4.2 MS2 Sisteminin kullanım alanı ve onlara uygun sensörler (Dearing, 1999'dan düzenlenmiştir)

KULLANIMI	SENSÖR
<i>Jeoloji</i>	
Alan haritalanması	D, E veya F
Maruz kaldığı kaya türünü belirleme	E, F veya K
Yatak kaymalarındaki kararsızlıkları belirleme	E, F veya K
Mineral zonlarını belirleme	D
Tek bir numune	B, G veya κ/T
<i>Toprak</i>	
Alan haritalanması	D veya F
Açılan toprak profillerinin alan ölçümü	F veya K
Yüzey altı toprak profillerinin alan ölçümü	H
Taşların kökenin belirlenmesi	E, F veya G
Toprak çekirdeklerinin ölçümü	C
Tek bir numune	B veya κ/T

Tablo 4.2 devamı

KULLANIMI	SENSÖR
Arkeoloji Eskiden kapladığı alanların lokasyonu Stratigrafi çalışmaları Manyetometrelerin 'araştırabilme yeteneklerinin' testi	B, D veya F B, D, F,H veya K B, D, E veya F
Hidroloji ve Sedimentoloji Yatak yükünün alan araştırması Artan yatak yükünün alan takibi Askıdaki sedimanın tek örnekleri Yatak yükünün tek örnekleri Sedimen kaynak ve çekirdeklerinin ölçülmesi	D, E veya F D, E veya F B, G veya κ/T B, G veya κ/T B, C, E veya K
Kirlilik Demir içeren metal partikül alanlarının tespiti Yapılar üzerindeki kirliliğin alan değerlendirmesi Taş, toprak ve bitki örtüsü numuneleri	C, D, E veya F F B, C, E, G veya κ/T
Yapı Malzemeleri Gizli malzeme alanlarının araştırılması Jeolojik kaynak Dolgu geçirgenliğinin tespiti	D B, G veya κ/T B, G, H veya κ/T
Heyelan Karakterizasyonu Yüzey altı ölçümleri	H

Bu tez kapsamında yapılan kirlilik araştırmalarında; alansal ve profil bazlı taramalar için E sensörü kullanılırken düşey ölçümler için alınan karot numunelerinde hem E hemde C sensörü kullanılmıştır.

4.4.1 Karot Örneğini Tarama- MS2C Sensörü

MS2C sensörü, sediman, turba veya toprak karotların hacim duyarlılık ölçümleri için tasarlanmış bir sensördür. Laboratuvar kullanımları için uygun olan bu sensör, kullanım amacına bağlı olarak dikey ya da yatay bir yüzey üzerine monte edilebilmektedir. Su-sediman arayüzünü korumak amacıyla, gerekli durumlarda örneğin göl karotları için yatay loglar tercih edilmektedir. Yüksek çözünürlük ve hassasiyet için karotları yaklaşık olarak 5 mm daha büyük bir halka çapında olması gerekmektedir.

Elektromanyetik gürültünün herhangi bir olası kaynağından oldukça uzak bir yer/alan seçilmelidir. Sensörün büyük sıcaklık dalgalanmaları veya güneş ışınları tarafından doğrudan ısıtılmasının söz konusu olabileceği durumlardan kaçınılmalıdır. Ayrıca cihazı açtıktan sonra ölçümlere başlamadan önce 5 dakika yerleşme zamanı için izin verilmelidir. Şekil 4.4’ de C sensörü gösterilmiştir.



Şekil 4.4 DEÜ Jeomanyetizma ve Paleomanyetizma Laboratuvarında yer alan MS2 cihazı ve C sensörü (Kişisel arşiv, 2019)

4.4.2 Yüksek Çözünürlüklü Yüzey Taraması- MS2E Sensörü

Tez kapsamında arazi çalışmasında kullanılmış olan diğer bir sensör MS2E sensörüdür (High resolution surface scanning sensor). Bu bölümde bu sensör hakkında bilgi verilmiştir.

MS2E sensörü 1mm’den daha az pürüzlüğe sahip düz yüzeyler boyunca manyetik duyarlılığın yüksek çözünürlüklü ölçümlerini gerçekleştirmek için tasarlanmış bir sensördür. Algılama yüzeyi seramik bir borunun sonunda bulunmaktadır.

Ölçüm alımına başlamadan önce MS2E sensörü bir koaksiyel kablo yardımı ile MS2 metreye bağlanmalıdır. Cihaz açılarak, ölçüm yapmak istediğimiz hassasiyet

değeri belirlenir. Çünkü cihaz kullanıcıya 0,1 ve 1,0 hassasiyetlerde ölçüm yapma imkanını sağlamaktadır. Bunun karar verilmesi kullanıcının kendi tercihiine bağlıdır. Aynı zamanda cihaz ölçüm birimi konusunda da kullanıcıyı kısıltamamaktadır. Ölçüm birimi olarak cihazın üzerinde biri SI diğeri ise cgs olacak şekilde iki seçenek bulunmaktadır. Birimin de seçilmesinden sonra, hava etkisinin kaldırılması ve ölçümün doğru alınmasını sağlamak amacıyla cihaz üzerinde bulunan “Zero Düğmesine” basılır ve sensör havaya tutulur. Bununla birlikte cihazın doğru çalışıp çalışmadığını kontrol etmek amacıyla kalibrasyon numunesi bulunmaktadır. Bu numunenin periyodik olarak kullanılması ölçümler açısından önemlidir. Eğer sensör kalibrasyon numunesi üzerinde ölçüm yapıldığında numunenin arkasında yazan değeri ölçüyorsa, cihaz kullanıma hazır hale gelmiş demektir.

Sensör sağlam imal edilmiş olsa da sensörün bakımı son derece önem taşımaktadır. Algılama yüzeyi üzerinde güçlü bir malzeme olan alümin (alüminyum oksit) çok ince bir tabaka oluşturmaktadır. Ancak keskin bir nesneden gelen bir darbe aldığıında sensörün kırılma riski bulunmaktadır. Bu yüzden ölçüm alınırken dikkatli olunması gerekmektedir. Son olarak sensör, ölçümlerin sağlığı açısından ölçüm boyunca zayıf deterjan içeren bir sıvı veya su ile temizlenmelidir. MS2E sensörünü de içeren cihaza ait görünüm Şekil 4.5’ de verilmiştir.



Şekil 4.5 Jeomanyetizma ve Paleomanyetizma Laboratuvarında yer alan MS2 cihazı ve E sensörü (Kişisel arşiv, 2019)

4.5 Jeokimya

Fizik, kimya, jeoloji gibi doğa bilimlerinin sınırları kesin değildir. Gerçekten bir bilim dalının konusunun nerede bittiği ve diğer bilim dallarının konularının nereden başladıklarını ayırt etmek neredeyse imkansızdır. Çünkü hiçbir doğal olay bağımsız olarak meydana gelmezken, sonsuz olaylar zincirinin de bir halkasını oluşturmaktadır. Son zamanlarda, çeşitli bilim dallarında ortak konu oluşturan “sınır” bölgelerindeki olayların incelenmesi büyük bir ilgi görmüştür. Bunlardan bir tanesi olan jeokimya, jeoloji ile kimya bilim dallarını beraberce ilgilendiren yeni bir bilim dalı olarak ortaya çıkmıştır. Jeokimya sayesinde yerkürede hüküm sürmekte olan doğal kimyasal olayların anlaşılmasına çalışılmaktadır (Köksoy, 1991).

Üzerinde tarım yapılan bir toprağın verimli veya verimsiz oluşunda jeokimyasal ortamın rolü ve önemi büyüktür. Bu nedenle bilimsel olarak tarıma yönelen ülkelerde jeokimya bilimine yönelim ve verilen değer fazladır. Günümüzde artık bilim çağındayız ve gelişen teknoloji ile birlikte dünyanın birçok ülkesinde jeolojik ve jeofizik araştırma yöntemlerinin yanında jeokimyasal yöntemler de kullanılmaya başlamıştır. Bilimsel denebilecek nitelikte olan ilk jeokimyasal prospeksiyonlar, elementlerin dağılım mekanizmalarından bazılarının öğrenilmesi ile başlar. Modern jeokimyasal prospeksiyonun gelişmesi elementlerin dağılım mekanizmalarının saptanması ve bilimsel bir biçimde araştırmasıyla mümkün olabilmektedir. Gelişen ve gelişmekte olan birçok ülke bu yöntemlerin birlikte uygulanmasını ve geliştirilmesini çaba harcamaktadır.

Toprak, bitkilerin büyümesi ve ölü biyokütlenin bozulması ve geri dönüşümü için gerekli olan doğal ve tarımsal karasal ekosistemlerin önemli bir bileşenidir. Ağır metaller toprak ana maddelerinde her yerde bulunmasına rağmen, başlıca antropojenik metallerin toprak ve çevre kaynağı şunlardır (Alloway, 1995):

- Metal madenciliği ve eritme,
- Tarım ve bahçe işleri,
- Fosil yakıt yanmaları,

- Metalurji endüstrisi,
- Endüstriyel faaliyetler,
- Kimya ve imalat sanayileri,
- Elektronik ürünler, kullanımı ve imhası.

Ağır metallerin çevreye yayılımının da etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Havaya atılan ağır metaller, sonuçta karaya ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak veya toz halinde solunurlar (Kahvecioğlu ve diğer., 2003). İzmir açısından baktığımızda ağır metal kirliliklerinin iki temel nedeni bulunmaktadır. Bunlardan birincisi taşıt fazlalığından kaynaklanan fosil yakıtların yanması durumunun fazlalığı, ikincisi ise endüstriyel faaliyetlerinin özellikle Aliğa çevresinde yoğunlaşmasıdır. Bu nedenle bu bölgede yer alan kentsel ve tarımsal topraklardaki ağır metal kirliliğinin araştırılması gerekmektedir.

Jeofizik yöntemler sayesinde ağır metal varlığı saptanabilse de, net ağır metal içeriği net olarak belirlenemez. Bu nedenle ağır metal kirliliğinin varlığı tespit edilen alanlarda örnekler alınarak kimyasal analize tabi tutulması gerekmektedir. Kimyasal analizlerde en önemli nokta, kirlenme olan alanlarda hangi ağır metal içeriğini göreceğinizi bilmenizdir.

Genel olarak, fosil yakıt yanması çok çeşitli ağır metallerin dağılımına sahiptir. Bu ağır metaller şu şekilde sıralayabiliriz; Pb, Cd, Cr, Zn, As, Sb, Se, Ba, Cu, Mn, U ve V. Bununla birlikte özellikle Demir-Çelik Endüstrisi'nde karşılaşılabilecek ağır metaller ise şu şekildedir; Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Hg, Sn, Zn (Alloway, 1995).

BÖLÜM BEŞ

MANYETİK DUYARLILIK ÖLÇÜMLERİ

VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu tez kapsamında bahsedilen yöntemlerin uygulamalarını iki kısma ayırmak mümkündür. Bunlardan ilki arazi çalışmaları iken; ikincisi laboratuvar çalışmalarıdır.

5.1 Çalışma Alanının Jeolojik ve Meteorolojik Özellikleri

İzmir’de aktif olarak 7 sanayi bölgesi bulunmaktadır. Çalışma alanı olarak Demir-Çelik Fabrikaları’nın yoğun olarak yer aldığı ve en yüksek kirliliğin bulunduğu Aliğa Bölgesi seçilmiştir.

Çalışma alanı ve yakın yöresinde gözlenen en önemli jeolojik unsurlar Menderes Masifi, İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı, Yuntdağı volkanitleri ve Neojen çökelleridir. Tüm Batı Anadolu’da temeli oluşturan Menderes Masifi metamorfik kayalar çalışmada, Üst Santoniyen - Alt Maestrihtiyen yaşlı İzmir Flişi tarafından allokon olarak örtölmektedir. Allokon İzmir Flişi üzerine gelen birimler Miyosen yaşlı karasal, gölsey ve volkanosedimanter çökellerdir (Sponza ve Karaoğlu, 2002). Kuvaterner ise, alüvyon ve yamaç molozu şeklinde gözlenmektedir. Bölgede Miyosen yaşlı kayaların tabanını Güzelhisar formasyonuna ait birimler oluşturur. Bu birimlerin üzerine gölsey çökeller içeren Zeytindağ formasyonu veya uyumsuz dokanakla Foça tüfü (aşmalı olarak Aliğa kireçtaşı) gelir. Zeytindağ formasyonu üzerinde Foça tüfü ve tüflerin üzerine de uyumlu dokanakla Aliğa kireçtaşı birimi gelmektedir. En üstte, Kuvaterner yaşlı güncel çökellerle istif tamamlanır (Özkan ve diğery., 2011).

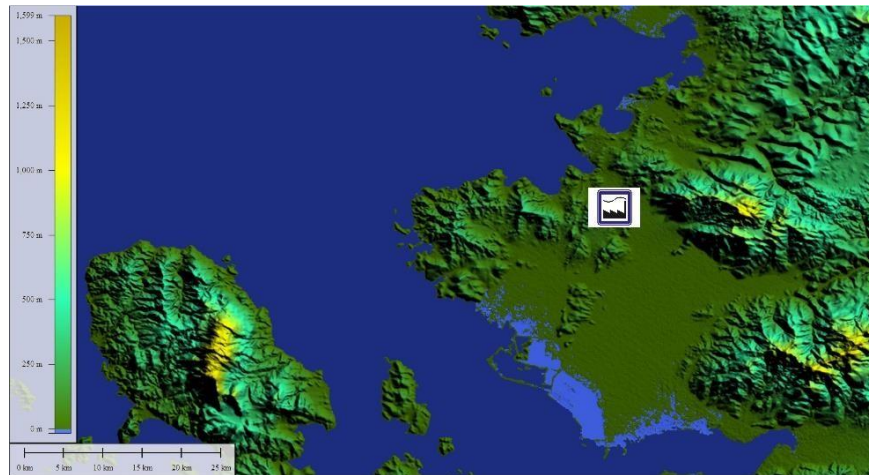
Etkili olan hava kütleleri, konum ve relief özellikleri göz önünde bulundurulduğunda İzmir çevresinde iklim şartları bakımından bir birliğin mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Burada ortak bir özellik olarak Mayıs’ tan Ekim’e kadar süren ve toprakta su yetersizliğı ile beliren uzun bir kurak dönem mevcuttur. Buna karşılık Kasım’dan Nisan’a kadar olan dönemde ise, düşen yağışlar toprakta

nemliliği sağlamak ve dolayısıyla kuraklık çekilmemektedir. İzmir çevresinde iklim şartları ana çizgileriyle bu özellikte olmakla birlikte relief özellikleri, iklimik ve meteorolojik olayların işleyiş tarzı ve kentleşmeye bağlı etkilerin hava kirliliğine yol açtığı söylenebilir. Çünkü, İzmir körfezini ve bunun devamı üzerindeki ovayı çevreleyen yüksek dağlık kütlelerin yatay hava akımlarını ve sıcaklığın dikey dağılışını etkilemesi mümkün olmaktadır.

İzmir-Çanakkale asfaltının batısı ormanlık alanın çok az bulunduğu, mevcutlarının büyük özenle korunması ve Kent halkının sosyal gereksinimleri için geliştirilmesi gereken ormanlardır. Bölgede planlanana Termik santrallerden birisi için hazırlanan ÇED raporunda yer alan meteorolojik verilere bakıldığında 2012 yılını tamamında hakim rüzgar yönünün güneydoğu, güney, güneybatı ve batı olduğu görülmektedir. Yani, baca gazlarının olumsuz etkisi sürekli olarak var olan ormanlık alanlara ve buradan da İzmir kentine ulaşacaktır (TMMOB, 2012).

5.2 Arazi Uygulamaları

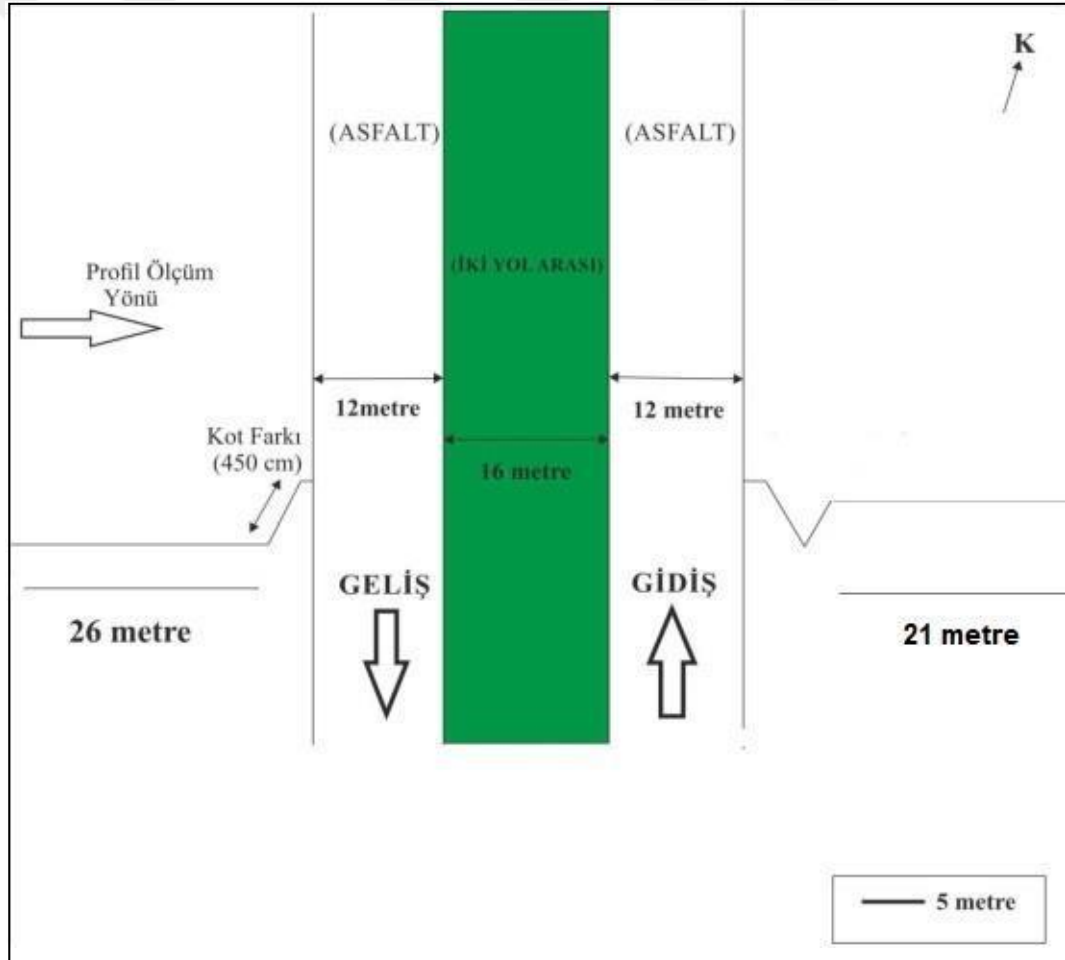
Arazi çalışmalarında ölçüm yöntemi olarak kullanılan yöntem, manyetik duyarlılık yöntemidir. Bu yöntem kullanılarak Aliğa Endüstriyel Bölgesi seçilmiş ve bu bölge de profil örnekleri, alansal çalışmaları yapılarak, düşey numune örneklerinin toplanması gibi bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı Şekil 5.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Arazi çalışma alanının konumu

5.2.1 Fosil Yakıt Yanmasından Kaynaklanan Kirliliğin Saptanması

Fosil yakıtların yanmasından kaynaklı ağır metal kirliliğın saptanması açısından profil çalışması yapılmıştır. Profil çalışması kapsamında İzmir- Çanakkale Otoyolu seçilmiştir. Buradaki amaç; yol kenarında yer alan kentsel ve tarımsal alanların ağır metal kirliliğine maruz kalıp kalmadığını öğrenmektir. Bu yüzden yolu kesecek şekilde, profil boyunca 25 cm de bir Bartington Firmasına ait MS2 metre ve E sensörüyle ölçüm alınmıştır. Şekil 5.2’ de çalışma alanına ait yer bulduru haritası, 5.3’ de ise bu çalışmada kullanılan cihaz, 5.4’ de ise arazi çalışmasına ait bir görüntü bulunmaktadır.



Şekil 5.2 İzmir – Çanakkale Otoyolu’nda yapılan profil çalışmasına ait yer bulduru haritası



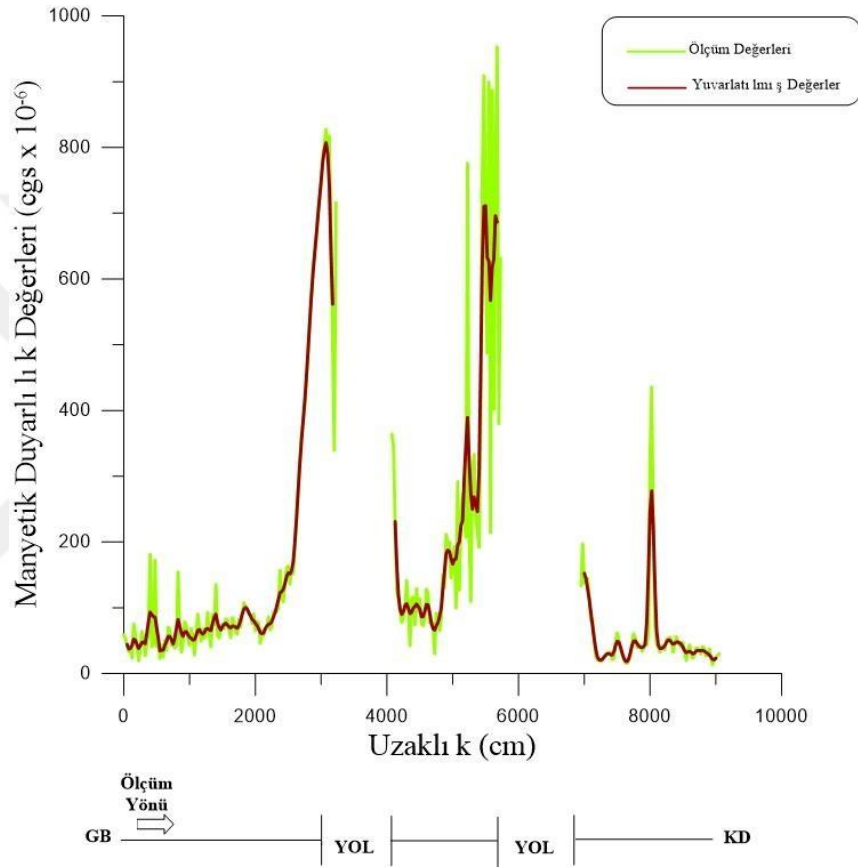
Şekil 5.3 MS2E sensörlü manyetik duyarlılık aleti. Şekilde verilen bu alet arazide kullanılmıştır (Kişisel arşiv, 2016)



Şekil 5.4 Manyetik duyarlılık profil ölçümü (Kişisel arşiv, 2016)

Bu çalışmamıza ait toplam profil uzunluğu 87 metredir. Burada gidiş ve geliş yollarının uzunlukları eşit olmakla beraber, her bir yolun uzunluğu 12 metredir. Yer bulduru haritasında görüldüğü gibi Çanakkale tarafından geliş yönünde 450 cm bir kot farkı bulunmaktadır. Bu kot farkının bulunduğu yerden ölçüm alınamamış, ancak değerlendirme kısmında bu bölgede bulunması gereken 20 nokta için enterpolasyon uygulanmıştır. Ölçüm yapılan iki yol arasında yaklaşık 25 cm yüksekliğinde ıslak otlar bulunmaktaydı.

Yapılan ölçümlerin sonuçları “Grapher 12” programı kullanılarak çizdirilmiştir. Verideki uygun trendi görmek amacıyla veriye yuvarlatma işlemi uygulanmıştır. Veri için 3’lü ve 5’li işleçlerle yuvarlatmalar denenmiş ve veri için en uygun olanın 5’li işleç ile yuvarlatmanın olduğuna karar verilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.5’de verilmiştir.



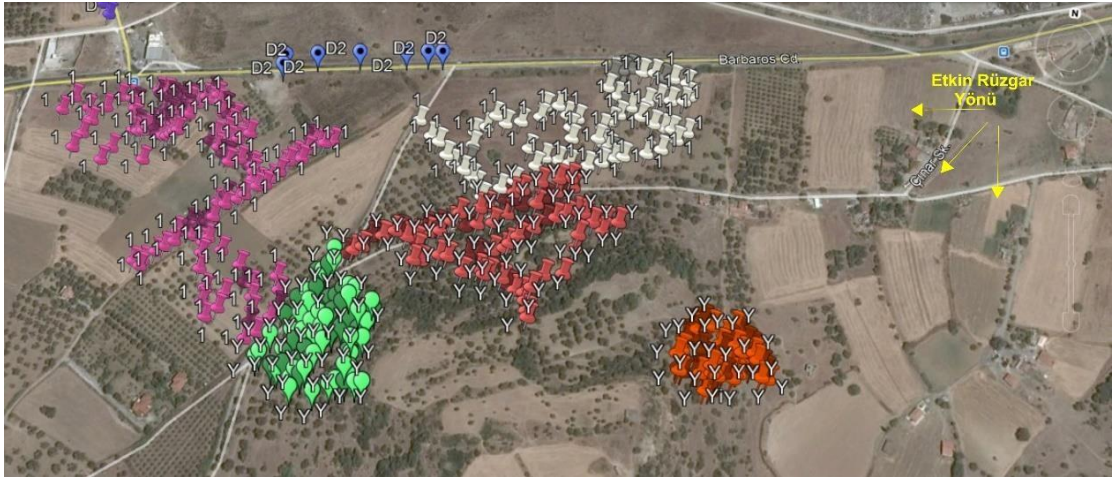
Şekil 5.5’de İzmir-Çanakkale Otoyolu’nda yapılan arazi çalışmasına ait ölçüm ve yuvarlatma değerlerinin grafik olarak ifadesi görülmektedir. Grafikte boşluk olan yerler ölçüm alınmayan yerleri yani yolları ifade etmektedir. Bu yollardan saatte 1144 adet araba geçtiği sayılarak tespit edilmiştir.

Oldukça yoğun bir araç trafiğine sahip bir otoyol olan bu arazinin sonuç grafiğini yorumlayabilmemiz için öncelikle araziye ait olası referans manyetik duyarlılık

değerlerinin neler olduğunu bilmemiz gerekmektedir. Bunun için arazide ölçüm yapılan noktadan uzakta referans ölçümleri yaparak bunların ortalamasını almamız yeterli olacaktır. Bu arazi çalışmasında 4 farklı noktada referans ölçümü yapılmış ve arazinin ortalama manyetik duyarlılık değeri $55,2 \text{ cgs} \times 10^{-6}$ bulunmuştur. Bu demektir ki bu değerin üzerindeki her noktası için bu arazi de kirlenme meydana gelmiştir.

5.2.2 Endüstriyel Faaliyetlerden Kaynaklanan Kirliliğin Saptanması

Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin saptanması ile ilgili çalışma kapsamında belirli bir alan seçilmiş ve bu alanda çalışma yürütülmüştür. Bu çalışma için seçilen alanımız Aliğa endüstriyel faaliyetlerinin olduğu ve birçok Demir-Çelik fabrikasını içinde bulunduran Yeni Foça yolu üzerindeki bir tepeydi. Bu tepeyi seçmemizdeki temel neden, tarımsal bir alandı ve tepenin bir kısmı Demir-Çelik fabrikalarına bakarken (Doğu Kısmı), diğer kısmı (Batı Kısmı) bu alana bakmıyordu. Bu yüzden ağır metal kirlenmesi açısından karşılaştırma yapabilme imkanımız olacaktı. Şekil 5.6’ da arazi çalışmasının yapıldığı alan üzerindeki ölçüm noktaları, Şekil 5.7’de seçili alanda yapılan çalışmaya ait arazi ve Şekil 8’ de ise arazi çalışmasına ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 5.6 Ölçümlerin yapıldığı noktalar. (Burada “Y” harfi ile ifade edilen yerler yamaçta alınan ölçümleri ifade ederken, “1” ile ifade edilen yamaç olmayan tarım alanlarını ifade etmektedir. “D2” ile ifade edilen yedi nokta yol kenarında yapılan deneme ölçümlerini ifade etmektedir) (Kişisel arşiv, 2018)

Şekil 5.7’de de açıkça görüldüğü gibi batı kısmında hiç fabrika bacası yer almazken, doğu kısmı endüstriyel faaliyetlerin yapıldığı bacalar yer almaktadır. Ölçümler sırasında rüzgarın yönü batı tarafına doğruydu.

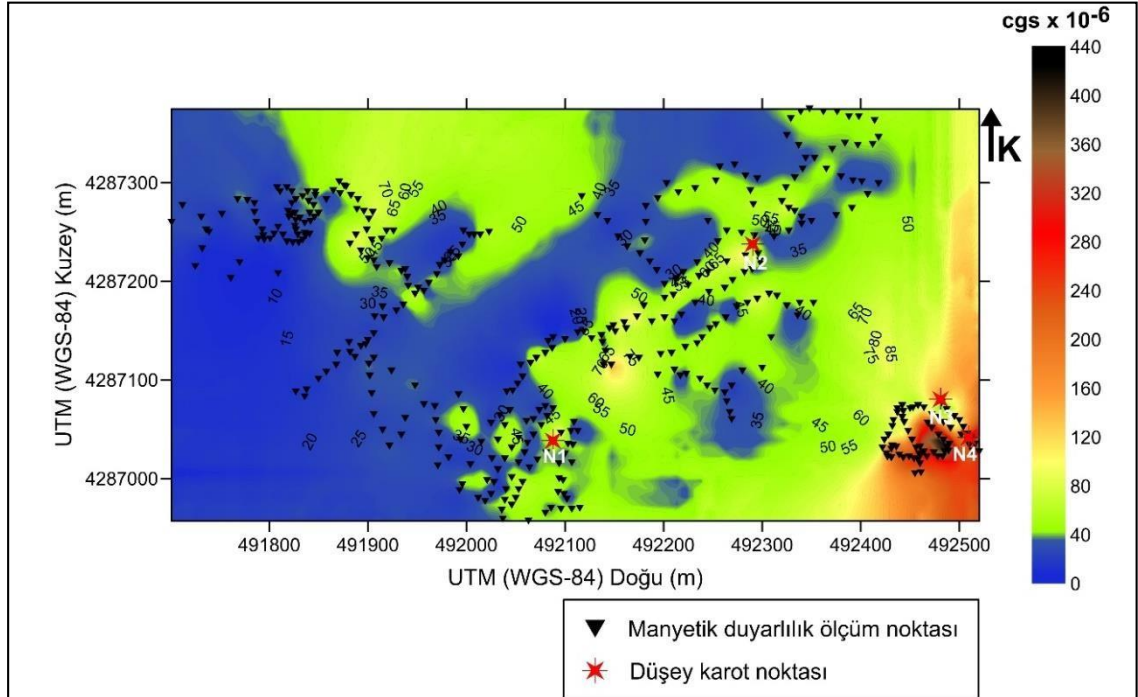


Şekil 5.7 Aliğa sanayi bölgesinde yapılan arazi çalışması (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 5.8 Çalışmanın yapıldığı alanda arazi çalışmalarına ait görüntüler (Kişisel arşiv, 2018)

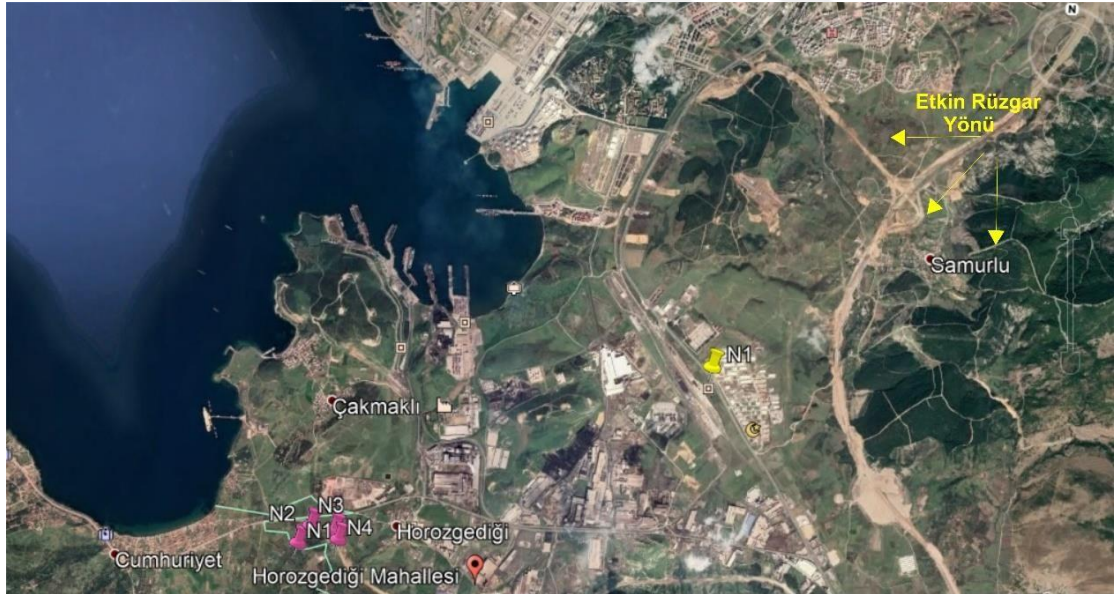
Arazi boyunca her maksimum 7-8 metre olmak üzere 418 nokta manyetik duyarlılık ölçümü Bartington firmasına ait MS2 metre cihaz ve E sensörü ile toplanmıştır. GPS ölçümlerinde WGS-84 datumu kullanılmıştır. Sonra toplanan veriler Surfer 11 programı ile haritalanarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Çalışmaya ait ölçüm sonuçları

5.2.3 Düşey Verileri Elde Etme

Düşey verileri toplamak için Ekoton firmasından satın alınan Yekpare Gouge tipi burgu kullanılmıştır. Toprak burguları sınıfında yer alan burgunun çapı 3 cm, uzunluğu ise 100 cm'dir. Profil çalışmasında tek bir düşey veri örneği alınmıştır. Düşey veri alınan nokta profilin güneybatı kısmındadır. Alan çalışmasında ise, baca tarafına bakmayan taraftan bir tane, ortada kalan alandan bir tane, baca tarafına bakan alandan 2 tane (bunlardan biri ağaçların hiç olmadığı toprak alanda, diğeri ise ağaçlandırmanın olduğu alanda) olmak üzere toplamda 4 adet düşey numune örneği toplanmıştır. Şekil 9'da verilen N1, N2, N3 ve N4 noktaları arazide alınan düşey örneklerin yerlerini göstermektedir. Şekil 5.10' da ise çalışmalara ait tüm düşey noktalarının konuları gösterilirken, Şekil 5.11' de arazi çalışmasına ait bir görüntü ve burgunun genel görüntüsü Şekil 5.12' de ise örnek alımı ve değerlendirilmesinde kullanılan diğer yardımcı aletler verilmiştir.



Şekil 5.10 Arazi çalışmasına ait düşey örneklerin konumları (Google Earth'ten yararlanılmıştır)



Şekil 5.11 Düşey veri örneklerinin toplanması ve burgu. (a)Karot örneğinin alınması, (b) Burgunun boydan görüntüsü, (c) Burgu ve alınan örneğe ait görüntü (Kişisel arşiv, 2018)



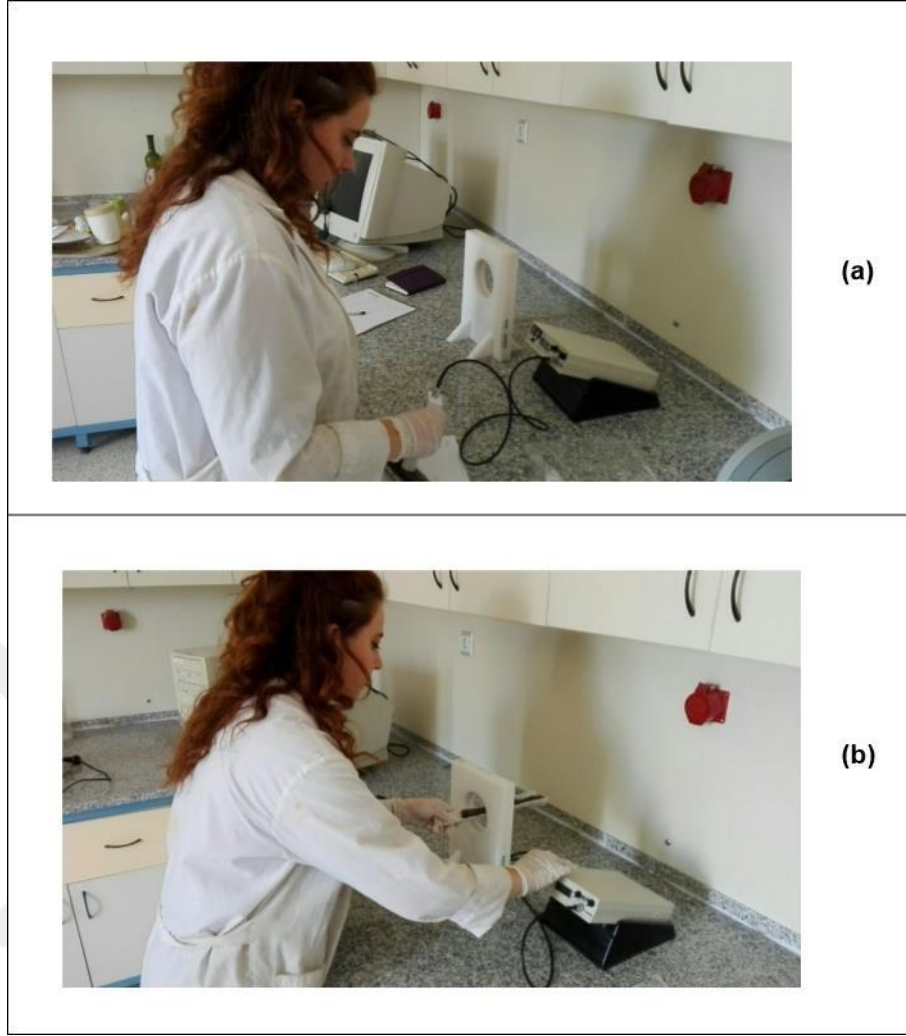
Şekil 5.12 Örnek alımı ve değerlendirilmesinde kullanılan yardımcı aletler (Kişisel arşiv, 2019)

5.3 Laboratuvar Uygulamaları

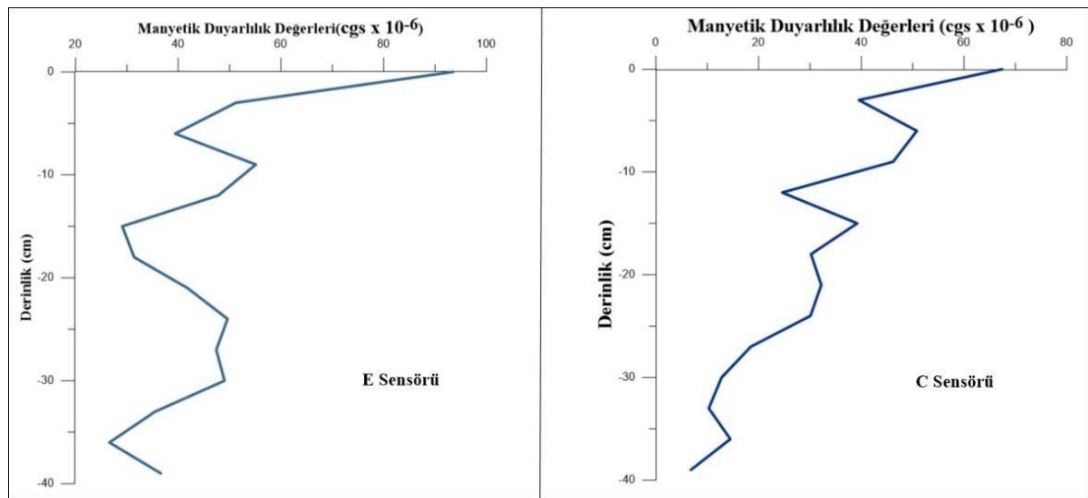
Bu bölümde tez kapsamında yapılan laboratuvar çalışmaları anlatılacaktır. Laboratuvar çalışmaları iki kısımda anlatılacaktır. Bunlardan birincisi manyetik duyarlılık ölçümleri sırasında toplanan düşey numunelerinin laboratuvar ortamında incelenmesi iken; ikincisi de kimyasal analizdir. Şekil 5.12’de verilen ve laboratuvar ortamında kullanılan boruyu keserek biz hazırladık.

5.3.1 Manyetik Duyarlılık ile İlgili Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışması kapsamında Çanakkale- İzmir Otoyolu profilinden 1 adet, Aliğa Sanayi Bölgesinde yapılan ölçümlerden 4 adet olmak üzere toplamada 5 adet düşey örnek alınmıştır. Bu bölümde Ekoton firmasından satın alınan Eijkelkamp gauge (04.01.03.30.N yekpare model) bir burgu yardımı ile toplanan düşey örneklerin manyetik duyarlılık yöntemiyle değerlendirilmesi anlatılacaktır. Araziden elde edilen bu 5 adet düşey örnekler üzerinde Dokuz Eylül Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı’nda Bartington Firmasına ait olan MS2 cihazı ile 3 cm örnekleme aralığı kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Ölçümler de C ve E sensörleri birlikte kullanılmıştır. Birbirleri ile ilişkileri de bu kapsamda değerlendirilmiştir. Şekil 5.13’ de yapılan laboratuvar çalışmaları, Şekil 5.14’ de profil ölçümünde alınan örneklerin değerlendirme sonuçları, Şekil 5.15’ de Aliğa Sanayi bölgesinde yapılan ölçümlerde alınan örneklerin E sensörü ile değerlendirme sonuçları ve Şekil 5.16’ de yine aynı bölgede yapılan ölçümlerde alınan örneklerin C sensörü ile değerlendirme sonuçları verilmiştir.

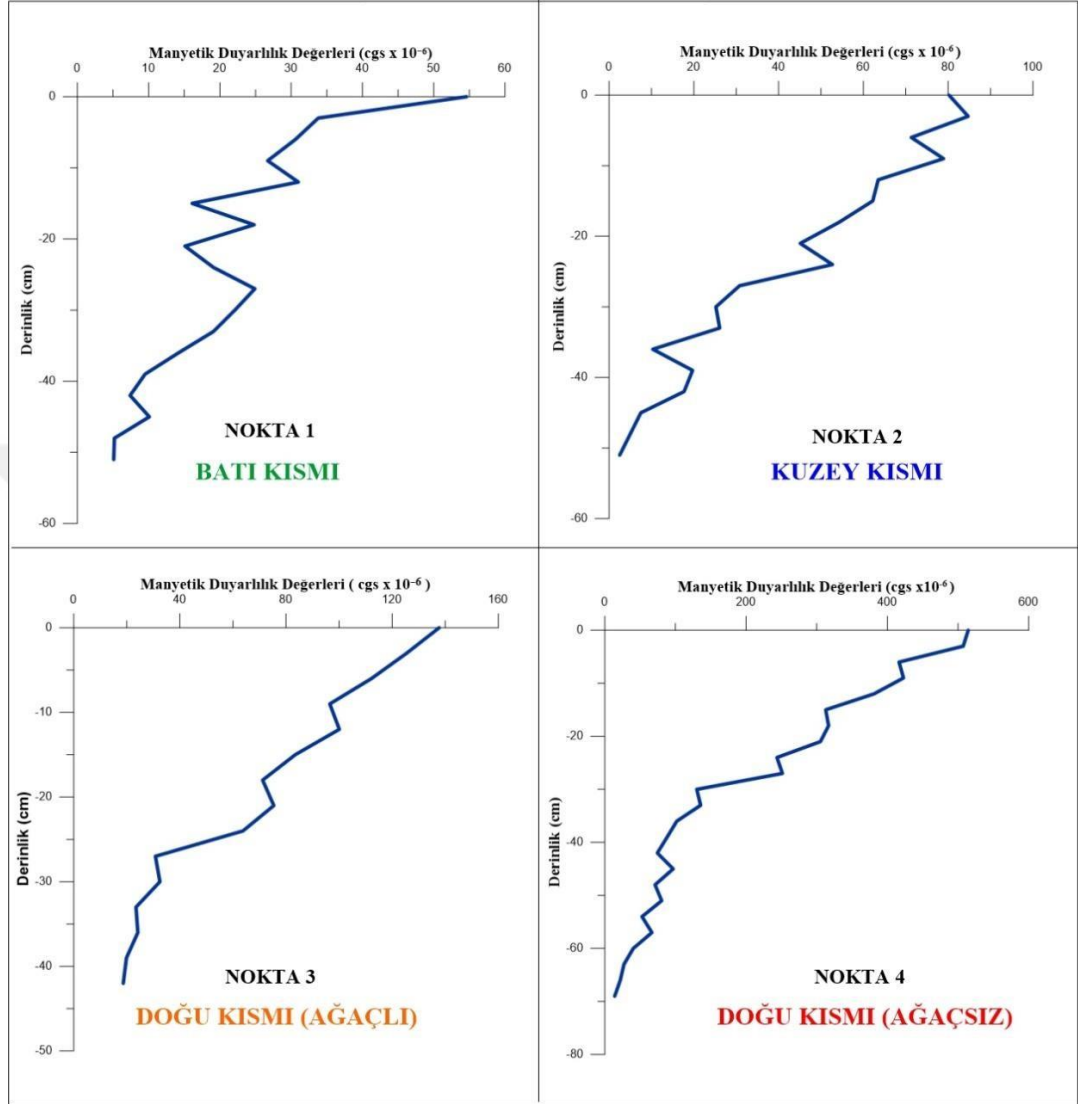


Şekil 5.13 Laboratuvar çalışmaları. (a) E sensörünün kullanımı, (b) C sensörünün kullanımı (Kişisel arşiv, 2018)



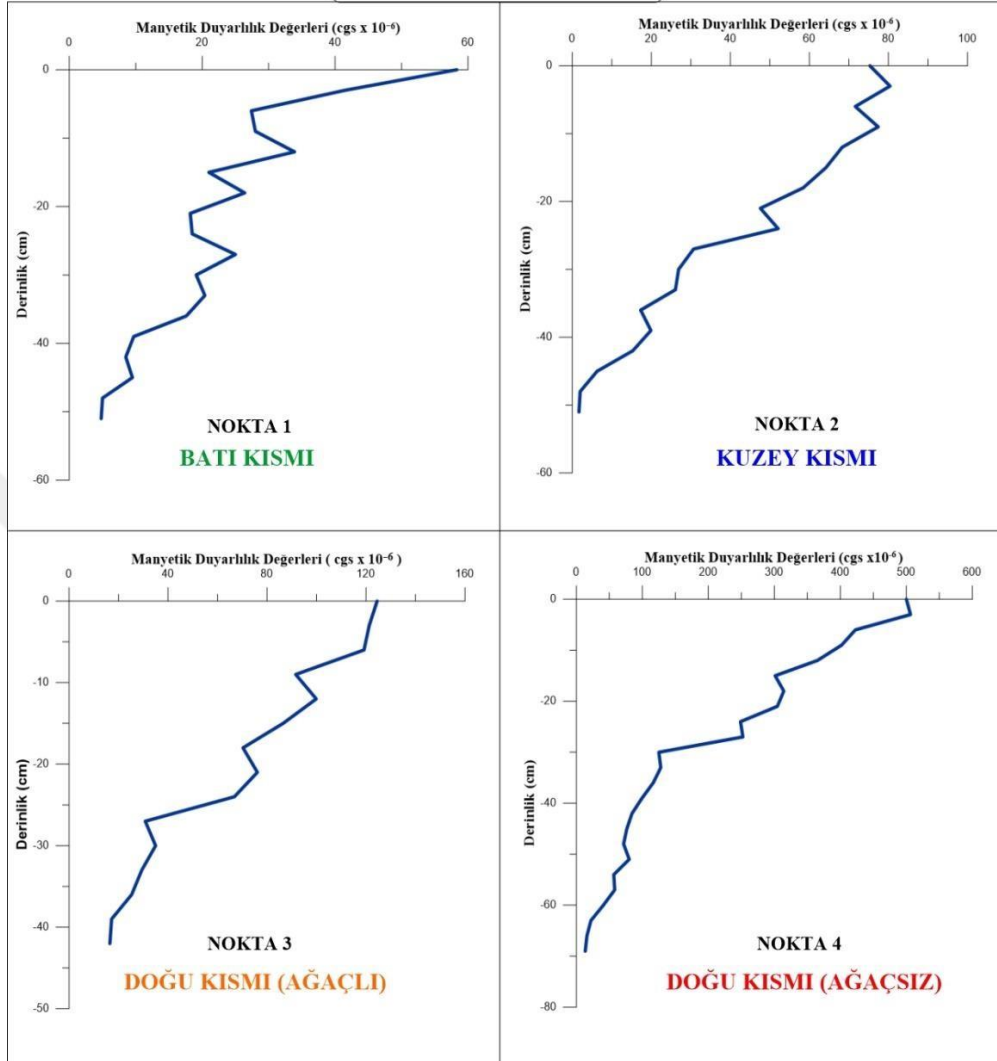
Şekil 5.14 Profil çalışmasından alınan düşey örneklerin değerlendirme sonuçları

DÜŞEY ÖRNEKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ (E SENSÖRÜ)



Şekil 5.15 Aliğa sanayi bölgesinde yapılan çalışmaya ait düşey örneklerin E sensörü ile değerlendirilmesi

DÜŞEY ÖRNEKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ (C SENSÖRÜ)



Şekil 5.16 Aliğa sanayi bölgesinde yapılan çalışmaya ait düşey örneklerin C sensörü ile değerlendirilmesi

5.3.2 Kimyasal Analiz

Kimyasal analiz için; profil çalışmasından profil boyunca 5 ayrı noktadan, Aliğa bölgesinde yapılan çalışmada ölçüm alanı içinden 4 ayrı noktadan toplamda 9 adet toprak numunesi toplanmıştır (Şekil 5.17). Şekil 5.18’ de profil ölçüme kimyasal analize ait örnek alım sırası gösterilmiştir. Toplanan numuneler Kanada’daki ACME Laboratuvarı’na gönderilerek kimyasal analiz değerlendirmesi toplam 33 ağır metal

elementinin araştırması yapılmıştır. Araştırma sonuçları; Aliğa bölgesinde yapılan çalışma için Tablo 5.1 'de ve profil için Tablo 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.17 Kimyasal analiz çalışmaları için örneklerin toplanması (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 5.18 Profil ölçümde örnek alım sırası

Tablo 5.1 ve Tablo 5.2 iki farklı ağır metal araştırma konusuna ait tablolardır. Her iki araştırmada da 33 adet parametre araştırılmıştır. Tablolarda yer alan parametrelerin altında bulunan koyu renkli değerler olması gereken minimum değerlerdir. Bu nedenle bu iki tabloda irdelememiz gereken ağır metal içerikleri değişiklik göstermektedir. Tablo 5.1 kentsel ve tarımsal alanlarda endüstriyel faaliyetlerinden kaynaklı ağır metal kirliliğini araştırmaya yönelik bir çalışmadır ve Aliğa sanayi bölgesinde yapılmıştır. Burada yer alan “Örnek 1” çalışma alanı içerisinde yer alan yamacın batı kısmını, “Örnek 2” yamacın doğu kısmını, “Örnek 3” yamacın doğu kısmından alınan düşey numuneden sonra açılan karot deliğinin dibinden alınan örnekleri belirtirken, “Örnek 4” Özkan Demir-Çelik Sanayi A.Ş. ‘den temin edilen baca külünü ifade etmektedir. Bu tablo içerisindeki kıyaslama “Örnek 4” e göre yapılmıştır. Yamacın doğu kısmı, Demir-Çelik Fabrikaları’na bakmaktadır, buna göre kıyaslama yaptığımızda Örnek 2’nin yüksek çıkması ve Örnek 4 için alan değerlere yaklaşık olarak yakın değerler çıkması olası bir durumdur ve sonuçlar bu nedenle beklediği gibi çıkmıştır.

Tablo 5.1 Aliğa ölçümlemlerinde toplanan örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Analiz Birim MDL	Mo ppm 1	Cu ppm 1	Pb ppm 3	Zn ppm 1	Ag ppm 0,3	Ni ppm 1	Co ppm 1	Mn ppm 2	Fe % 0,01	As ppm 2	Th ppm 2	Sr ppm 1	Cd ppm 0,5	Sb ppm 3	BI ppm 3	V ppm 1	Ca % 0, 01
Örnek1	2	41	124	386	0,3	24	13	881	2,28	26	9	50	1,4	<3	<3	39	2,16
Örnek2	8	570	6047	>10000	18,3	57	17	5982	7,82	20	11	134	99,5	125	16	66	6,27
Örnek3	<1	26	60	153	<0,3	20	13	801	2,74	26	13	80	<0,5	<3	<3	51	1,47
Örnek4	25	1765	>10000	>10000	58,6	137	19	>10000	18,21	40	<2	195	347,7	485	55	87	11,02

Analiz Birim MDL	P % 0,001	La ppm 1	Cr ppm 1	Mg % 0,01	Ba ppm 1	TI % 0,001	B ppm 20	Al % 0,01	Na % 0,01	K 5 0,01	W ppm 2	S % 0,05	Hg ppm 1	TI ppm 5	Ga ppm 5	Sc ppm 5
Örnek1	0,103	24	22	0,36	199	0,002	<20	0,78	0,07	0,20	<2	0,06	<1	<5	16	<5
Örnek2	0,110	16	461	0,56	598	0,014	106	0,98	0,95	0,72	<2	0,42	<1	<5	24	5
Örnek3	0,061	27	17	0,73	202	0,002	<20	1,51	0,03	0,16	<2	<0,05	<1	<5	17	6
Örnek4	0,082	<1	1560	0,97	698	0,105	545	0,53	4,52	2,28	<2	1,19	3	<5	78	<5

Tablo 5.2 Profil ölçümünden toplanan örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Analiz Birim MDL	Mo ppm 1	Cu ppm 1	Pb ppm 3	Zn ppm 1	Ag ppm 0,3	Ni ppm 1	Co ppm 1	Mn ppm 2	Fe % 0,01	As Ppm 2	Th Ppm 2	Sr Ppm 1	Cd ppm 0,5	Sb ppm 3	BI ppm 3	V ppm 1	Ca % 0,01
Örnek 1	<1	35	32	86	<0,3	29	13	760	2,48	10	14	76	<0,5	<3	<3	62	2,40
Örnek 2	<1	43	59	210	<0,3	29	12	815	2,54	11	13	65	0,7	<3	<3	65	3,08
Örnek 3	<1	42	62	264	<0,3	41	14	904	3,35	17	18	116	0,9	<3	<3	84	2,57
Örnek 4	11	208	204	1021	0,5	70	9	4749	9,08	17	2	154	4,9	<3	<3	82	15,29
Örnek 5	1	36	18	81	<0,3	77	16	738	3,59	66	11	122	<0,5	<3	<3	70	2,68

Analiz Birim MDL	P % 0,001	La ppm 1	Cr ppm 1	Mg % 0,01	Ba ppm 1	Ti % 0,001	B ppm 20	Al % 0,01	Na % 0,01	K 5 0,01	W ppm 2	S % 0,05	Hg ppm 1	Ti ppm 5	Ga ppm 5	Sc ppm 5
Örnek 1	0,112	36	28	0,68	135	0,014	<20	1,86	0,04	0,29	<2	<0,05	<1	<5	<5	7
Örnek 2	0,106	33	35	0,69	152	0,016	<20	1,96	0,04	0,35	<2	<0,05	<1	<5	<5	7
Örnek 3	0,073	37	62	0,73	239	0,010	<20	2,41	0,07	0,23	<2	<0,05	<1	<5	<5	10
Örnek 4	0,089	11	374	1,12	375	0,048	48	1,00	0,08	0,08	9	0,10	<1	<5	<5	<5
Örnek 5	0,259	34	59	0,64	621	0,003	<20	1,54	0,05	0,12	<2	0,15	<1	<5	<5	11

Tablo 5.2 ise kentsel ve tarımsal topraklarda fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan ağır metal kirliliğinin araştırılmasına yönelik bir çalışmadır. Burada profil boyunca 5 adet örnek alınmıştır ve örnek alım sırası Şekil 5.18’ de gösterilmektedir. Manyetik duyarlılık ölçümleri baz alındığında ölçümlerde en yüksek değer, 4 numaralı örneğin alındığı yerdir. Bu nedenle kimyasal analiz sonucunda da 4 numaralı örneğin diğer 4 örneğe kıyasla daha yüksek değerlerden oluşması beklenmektedir. Burada da elde edilen manyetik duyarlılık ölçüm sonuçları ile kimyasal analiz sonuçları birbirlerini desteklemiştir.



BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında yapılacak olan arazi çalışması için alanların seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden bu alanlar seçilmeden önce keşif araştırmaları yapılmış ve ölçümler için uygun yerler belirlenmiştir.

Tez çalışmasının fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan kirliliğin saptanması kapsamında 87 metrelik tek bir profil üzerinde 25 cm' de bir noktadan ölçüm yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada, kıyaslama yapılabilmesi açısından 4 farklı noktada referans ölçümü yapılmış ve arazinin ortalama manyetik duyarlılık değeri $55,2 \text{ cgs} \times 10^{-6}$ bulunmuştur. Bu demektir ki bu değer üzerindeki her bir nokta için bu arazi de kirlenme meydana gelmiştir. Sonuç olarak, Şekil 5.5 incelendiğinde bu yol kenarında bulunan topraklarda ciddi bir kirlenmenin olduğu görülmektedir. Yolu geliş (grafiğe göre sol) yönünün, gidiş (grafiğe göre sağ) yönüne göre daha fazla kirlendiği açıkça görülmektedir. Bunu sebebi, bu bölgedeki rüzgar faktörünün etkisi olabileceği değerlendirilmektedir. Aynı zamanda ölçüm alınan bölgenin etrafında fabrikaların var olması, rüzgar faktörünün etkisiyle de bu yol kenarlarında doğal bir kirlenmenin var olduğunu göstermektedir. Fabrikaların geliş yolu tarafında olması buradaki kirlenmenin daha da fazla olmasını destekler niteliktedir. Aynı zamanda bu profil üzerinde bir burgu yardımıyla alınan örnek laboratuvar ortamında hem E hem de C sensörü ile 3 cm örnekleme aralığı ile ölçülerek, sonuçları Şekil 5.14' de gösterilmiştir. Şekil 5.13 incelendiğinde iki sensörün de birbirleri ile uyumlu sonuç verdiği ve yaklaşık 5 cm derinliğe kadar kirlenmenin devam ettiği görülmektedir. Aynı zamanda derinlere inildikçe kirlenmenin de azaldığı açıkça görülmektedir.

Çalışma yürütülen bu tek profile ait kimyasal analiz çalışması da yapılmıştır. Kimyasal analiz kapsamında 33 adet parametre incelenmiştir. Bu çalışmaya ait örnek alım sırası Şekil 5.18' de, sonuçlar ise Tablo 5.2'de gösterilmiştir. Fosil yakıt yanması sonucu egzozlardan çıkan dumanının kimyasal içeriği Pb, Cd, Cr, Zn, As, Sb, Se, Ba, Cu, Mn, U ve V elementlerinden oluşmaktadır. Profil ölçümünden alınan en yüksek değer, 4 numaralı örneğin alındığı yerdir. Bu nedenle kimyasal analiz

sonucunda da 4 numaralı örneğin diğer 4 örneğe kıyasla daha yüksek değerlerden oluşması beklenmektedir. Tablo 5.2 incelendiğinde görülecektir ki; belirtilen bu değerler 4 numaralı örnekte diğerlerine kıyasla daha yüksektir.

Aliağa sanayi bölgesinde yürütülen çalışmanın temel amacı; endüstriyel faaliyetlerin kentsel ve tarımsal topraklara etkisinin saptanmasıydı. Bu çalışmanın yapıldığı bölge Demir-Çelik fabrikalarının yoğunlukla bulunduğu bir bölgedir. Seçilen alanda yer alan yamacın doğu kısmı fabrikaların bacalarına bakarken, batı kısmı fabrika bacalarına bakmamaktadır. Bu bilgilere ek olarak yapılan keşif çalışmaları ve arazi çalışmalarını yürütüldüğü süre boyunca rüzgar genellikle batı yönlü esmiştir. Bu demektir ki bu bölgeye ait genel rüzgar vektörü batı yönlüdür ve bu durum, bacalardan çıkan ağır metal içerikli partiküllerin yamacın doğu kısmın toplanmasına neden olmaktadır. Şekil 5.9 bu çalışma kapsamında 418 noktada alınan manyetik duyarlılık yönteminin yüzey ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde araştırma bölgesinin batı (bacalara bakmayan) kısmından, doğu (bacalara bakan) kısmına doğru gidildikçe kirlenmenin etkin bir şekilde arttığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre doğu kısmında oluşan kirlenmenin boyutu batı kısmında oluşuna göre yaklaşık 11 kat daha fazladır.

Aliağa sanayi bölgesinde yürütülen çalışma kapsamında 4 adet düşey örnek toplanmıştır. Örnekler batı kısmından doğu kısmına doğru toplanmıştır. Bu çalışmada beklenen batı kısmından doğu kısmına doğru gidildikçe daha yüksek bir değer ile başlaması ve her örnekte derinliğe inildikçe kirlenmenin azalmasıdır. Toplanan düşey örnekler laboratuvar ortamında hem E hem de C sensörü ile değerlendirilmiş ve bunlar Şekil 5.15 ve Şekil 5.16’ de gösterilmiştir. Bahsedilen şekiller incelendiğinde yine yamacın batı kısmından doğu kısmına doğru ciddi bir artışın (yaklaşık 10 kat) olduğu ve düşey örnek alınan noktalarda kirlenmenin farklı derinliklere indiği gözlemlenmiştir. Sonuçta iki sensörün de birbiri ile uyumlu sonuçlar verdiği ve her iki sensör için de kirlenmenin; Nokta 1’ de (Batı Kısmı) yaklaşık 5 cm, Nokta 2’ de (Kuzey Kısmı) yaklaşık 23 cm, Nokta 3’ de (Doğu Kısmı-Ağaçlı) yaklaşık 27 cm ve Nokta 4’ de (Doğu Kısmı-Ağaçsız) yaklaşık 60 cm derinliklere kadar devam ettiği görülmektedir. Ayrıca aynı şekiller bizlere derinlikle

beraber kirlenmenin azaldığını ve beklenen sonuçların birbiriyle örtüştüğünü açıkça sunmaktadır.

Aliağa sanayi bölgesinde yaptığımız manyetik duyarlılık ölçümleri (hem yatay hem düşey yönlü) kimyasal analiz çalışması da yaptırılarak, 33 parametrenin incelenmesi ile desteklenmiştir. Yapılan bu çalışmaya ait sonuçlar Tablo 5.1’ de gösterilmiştir. Bu alanda ait 4 adet örnek toplanmıştır. Bunlardan; Örnek 1 yamacın batı kısmından, Örnek 2 yamacın doğu kısmından, Örnek 3 doğu kısmından düşey örnek alınan deliğin en dibinden alınmıştır ve son olarak Örnek 4 ise baca külüdür. Demir-Çelik fabrikalarının bulandığı alanlardaki kimyasal içerik Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Sn ve Zn elementlerinden oluşmaktadır. Toplanan örneklerden yüksek değer çıkmasına göre beklenen sıralama sırasıyla Örnek 4, Örnek 2, Örnek 1 ve Örnek 3’tür. Tablo 5.1 incelendiğinde beklendiği gibi olduğu ve yüzeyden yapılan çalışmalar ile de uyumlu olduğu görülecektir.

Sonuç olarak; tez çalışması kapsamında yapılan her iki araştırmada da yüzey ölçümleri, düşey ölçümler ve kimyasal analiz sonuçları birbirlerini birebir desteklemektedir. Seçilen bölge kentsel ve tarımsal bir alandır ve tarım faaliyetleri hala bu alanlarda yapılmaya devam edilmektedir. Bu çalışmanın sonucunda bu bölgede gerek egzoz dumanı gerek ise Demir-Çelik Fabrikalarından kaynaklanan etkin bir ağır metal kirliliği mevcuttur. Bu alanların elverişli halde kalmasını sağlamak amacıyla bir takım önlemlerin alınması şarttır. Şekil 5.15 ve Şekil 5.16 tekrar incelendiğinde görülecektir ki aynı bölgeye bakan (Doğu Kısmı) iki noktadan alınan düşey örnekler bizlere ağaçlandırmanın ne derecede önemli olduğunu önemli bir kanıttır. Bununla birlikte alınabilecek önlemlerin en başında ağır metal kirlenmesi ile ilgili İzmir’e ait bir haritalamanın yapılması gelmektedir. Bununla birlikte egzoz gazından çıkan zararlı partiküllerin toprağa ulaşmasını engellemek amacıyla, yol kenarına konulan yüksek kenarlıklar yapılmalı, ülkelerde bio-dizel araç kullanımını yaygınlaştırmak için çalışmalar yapılmalıdır. İzmir iline ait ağır metal kirliliği haritasının da yapılması şehrin doğru bir kentleşme süreci geçirmesi açısından önemlidir. Ölçüm yapılan alanın doğu kısmında yüzey toprağında bir iyileştirme yapılmadan tarımsal faaliyet yapılmaması daha uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akçığ, Z. ve Pınar, R. (2000). *Gravite ve manyetik arama yöntemleri*. İzmir: D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- Alloway B. J. (1995). *Heavy metals in soil: second edition*. Blakie Academic and Professional, an Imprint of Chapman and Hall, UK: Blakie.
- Banerjee, S. K., J. W. King, ve J. Marvin. (1981). A rapid method for magnetic granulometry with applications to environmental studies. *Geophysical Research Letters*, 8, 333-336.
- Bityukova, L., Scholger, R., Birke, M. (1999). Magnetic susceptibility as indicator of environmental pollution of soils in Tallinn. *Physics and Chemistry of the Earth*, 24(9), 829–835.
- Bloemendal, J., King, J.W., Hall F.R. and Doh, S.H. (1992). Rock magnetism of late Neogene and Pleistocene deepsea sediments: Relationship to sediment source, diagenetic processes, and sediment lithology. *Journal of Geophysical Research*, 97, 4361–4375.
- Blundell, A., Hannam, J.A., Dearing, J.A., Boyle, J.F. (2009). Detecting atmospheric pollution in surface soils using magnetic measurements: a reappraisal using an England and Wales database. *Environmental Pollution*, 157, 2878–2890.
- Canbay, M., Aydın, A., Kurtulus, C. (2010). Magnetic susceptibility and heavy metal contamination in topsoils along the Izmit Gulf coastal area and IZAYTAS, *Journal of Applied Geophysics*, 70 , 46–57.
- Chasteen, N.D. ve Harrison, P.M. (1999). Mineralization of ferritin : An efficient means of iron storage. *Journal of Structural Biology*, 126, 182-194.

- Çepel, N. (2003). Ekolojik sorunlar ve çözümleri. *TUBİTAK, Popüler Bilim Kitapları*, 180.
- Day, R., Fuller, M., Schmidt, A.V. (1977). Hysteresis properties of titanomağnetites: Grain-size and compositional dependence. *Physics of the Earth Planetary Interiors*, 13, 260-267.
- Dearing, J.A., Dann, R.J.H., Hay, K., Lees, J.A., Loveland, P.J., Maher, B.A., OGrady, K. (1996). Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials. *Geophysical Journal International*, 130, 727-736.
- Dearing, J. (1999). Environmental magnetic susceptibility using the Bartington MS2 system. Bartington Instruments Limited, Oxford deGroot-Hedlin C, Constable S (1990) Occam's inversion to generate smooth, two dimensional models from magnetotelluric data. *Geophysics*, 55, 1613–1624.
- El-Hasan, T. (2008). The detection of roadside pollution of rapidly growing city in arid region using the magnetic proxies. *Environmental Geology*, 54, 23–29.
- El-Hasan, T., Lataifeh, M. (2013). Field and dual magnetic susceptibility proxies for heavy metal pollution assessment in the urban soil of Al-Karak city, South Jordan. *Environmental Earth Science*, 69(7), 2299–2310.
- Erkmen, C. (2014). *Manyetik Susceptibilite Yöntemi Kullanılarak Yol Kenarlarında Meydana Gelen Kirliliğin Araştırılması*. Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- Erkmen, C., Timur, E. Ve Sarı, C. (2015). *Investigation of Roadside Pollution Related To Traffic Density By Using Magnetic Susceptibility Method*. 8 th Congress of the Balkan Geophysical Society, Greece.

Erkmen, C. ve Timur, E. (2015). *Manyetik Duyarlılık Yöntemi Kullanılarak Yol Kenarlarında Meydana Gelen Kirliliğin Araştırılması*. Genç Yerbilimciler Kongresi, İzmir.

Erkmen, C. ve Timur, E. (2017). *Investigation of Roadside Pollution in Agricultural on Vertical and Horizontal Direction Using Magnetic Susceptibility and Geochemical Methods*. 9 th Congress of the Balkan Geophysical Society, Antalya.

Garçon, G., Shirali, P., Garry, S., Fontaine, M., Zerimech, F., Martin, A., Hannotiaux, H. (2000). Polycyclic aromatic hydrocarbons coated onto Fe₂O₃ particles: Assesment of cellular mambrane damage and antioxidant system disruption in human epithelial lung cells (L131) in culture. *Toxicology Letters*, 117, 25-35.

Gautam, P., Blaha, U., Appel, E., Neupane, G. (2004). Environmental magnetic approach towards the quantification of pollution in Kathmandu urban area, Nepal. *Physics and Chemistry of the Earth*, 29, 973–984.

Gautam, P., Blaha, U., Appel, E. (2005a). Integration of magnetism and heavy metal chemistry of soils to quantify the environmental pollution in Kathmandu, Nepal. *Island Arc*, 14, 424–435.

Gautam, P., Blaha, U., Appel, E. (2005b). Magnetic susceptibility of dust-loaded leaves as a proxy of traffic-related heavy metal pollution in Kathmandu city, Nepal. *Atmospheric Environment*, 39, 2201–2211.

Hanesch, M., Scholger, R. (2002). Mapping of heavy metal loadings in soils by means of magnetic susceptibility measurements. *Environmental Geology*, 42, 857–870.

- Hay, K.L., Dearing, J.A., Baban, S.M.J., Loveland, P. (1997). A preliminary attempt to identify atmospherically derived pollution particles in English topsoils from magnetic susceptibility measurements. *Physics and Chemistry of the Earth*, 22, 207–210.
- Hilton, J. (1987). A simple model for the interpretation of magnetic records in lacustrine and ocean sediments. *Quaternary Research*, 27, 160-166.
- Hoffmann, V., Knab, M., Appel, E. (1999). Magnetic susceptibility mapping of roadside pollution. *Journal Geochemical. Exploration*, 66, 313–326.
- Hu, S.Y., Duan, X.M., Shen, M.J., Blaha, U., Rösler, W., Yan, H.T., Appel, E., Hoffmann, V. (2008). Magnetic response to atmospheric heavy metal pollution recorded by dustloaded leaves in Shougang industrial area, western Beijing. *China Science Bull*, 53, 1555–1564.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. 25 Ağustos 2017, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf.
- İşveren T., Sanver M. (2007). *Gravite ve Manyetik Arama Yöntemleri*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kademoğlu, S. (2002). *Endüstriyel Kirlilik ve Kirlilikten Kimyasal Korunma Yolları*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, İzmir.
- Kahvecioğlu, F., Sireli, Ö. ve Güven, G. (2003). *Metalların Çevresel Etkileri 2*, Metalurji Dergisi, 136, 47.
- Kamacı, Z. Ve Uysal, G. (2017). Pollution Determined by Using Magnetic Susceptibility Measurements: A case study from İzmir-İzmir-İzmir. *Acta Pshyca Polonica A*, 132, 3.

- King, J., Banerjee, S. K., Marvin, J. (1983). A new rock-magnetic approach to selecting sediments for geomagnetic paleointensity studies: Application to paleointensity for the last 4000 years. *Journal of Geophysical Research*, 88, 5911-5921.
- King, J., Banerjee, S. K., Marvin, J. ve Özdemir, Ö. (1982). A comparison of different magnetic methods for determining the relative grain size of magnetite in natural materials: some results from lake sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, 59, 404-419.
- Kluciarova, D., Marton, P., Pichler, V., Marton, E., Tunyi, I. (2008). Pollution detection by magnetic susceptibility measurements aided by the steamflow effect. *Water Air Soil Pollution*, 189, 213–223.
- Köksoy, M. (1964). *Geochemical prospecting studies in the Kaleköy area, Develi Kayseyrei Provence*. CENTO Symposium on Mining Geology and Base Metals, 249-259, Ankara.
- Köksoy, M. (1991). *Applied geochemistry*. Ankara: Hacettepe University Publications, 1-11.
- Le Borgne, E. (1960). Influence du feu sur les propriétés magnetiques du sol et sur celles du schiste et du granite. *Annales de Geophysique*, 16, 159–95.
- Li, XP., Ling, FN. (2012). Geostatistical analysis and fractionation of heavy metals in urban soil from industrial district in Weinan, NW China. *Environmental Earth Science*, 67(7), 2129–2140.
- Mackereth, F.J.H. (1958). A portable core sampler for lake sediments. *Limnology and Oceanography*, 3, 181-191.

- Mackereth, F.J.H. (1971). On the variation in direction of the horizontal component of remanent magnetization in lake sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, 12, 332-338.
- Magiera, T., Strzyszcz, Z., Ferdyn, M., Gajda, B. ve MAGPROX Team, (2003). *Screening of anthropogenic dust pollutions in topsoil by using magnetic proxies*, In: Pawłowski, L., Dudzińska, M.R., ve Pawłowski, A., (Ed.), Environmental Engineering Studies, Polish Research on the Way to the EU. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 399–407.
- Maher, B.A. (1988). Magnetic properties some syntetic sub-micron magneties. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 94, 83-96.
- Maher, B.A. ve Thompson, R. (1999). *Quaternary Climates, Environments and Magnetism*. 390, Cambridge, New York, Melbourne: Cambridge University Press.
- Maher, B.A., Moore, C., Matzka, J. (2008). Spatial variation in vehicle-derived metal pollution identified bymagnetic and elemental analysis of roadside tree leaves. *Atmospheric Environment*, 42, 364–373.
- Ma, M.M., Hu, S.Y., Lin, H., Cao, L.W., Wang, L.S. (2014). Magnetic responses to traffic related contamination recorded by backfills: A case study from Tongling City, China. *Journal of Applied Geophysics*, 107, 119–128.
- Makaroğlu, Ö. (2011). *Van Gölü Sedimanlarının Çevre Mağnetizması ve Paleomağnetik Kayıtları*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkan, R., Şener, M., Helvacı, C. ve Şener, M.F. (2011). Hydrothermal alterations and relationship with thermal waters at Aliğa (İzmir) geothermal field. *Yerbilimleri*, 32 (1), 1-20.

- Petrovský, E., Kapička, A., Jordanova, N., Boruvka, L. (2001). Magnetic properties of alluvial soils contaminated with lead, zinc and cadmium. *Journal of Applied Geophysics*, 48, 127–136.
- Qiao, Q.Q., Huang, B.C., Zhang, C.X., Piper, J.D.A., Pan, Y.P., Sun, Y. (2013). Assessment of heavy metal contamination of dustfall in northern China from integrated chemical and magnetic investigation. *Atmospheric Environment*, 74, 182–193.
- Rothwell, J.J. ve Lindsay, J.B. (2007). Mapping contemporary magnetic mineral concentrations in peat soils using fine-resolution digital terrain data. *Catena*, 70, 465–474.
- Sarı, C. (2013). *Çevre problemlerinde jeofizik yöntemler*. Çevre Jeofiziği Ders Notları, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Sergev, E.A. (1941). *Physico-chemical methods of prospecting for ore deposit*. Meterially VERGEI, 4, 9-10.
- Sevgi, C. (1988). *İzmir and squatter's houses in the process of urbanization*. Konak Municipality Cultural Services Publication, İzmir.
- Snowball, I.F. ve Thompson, R. (1988). The occurrence of greigide in sediments from Loch Lomond. *Journal of Quaternary Science*, 3, 121-125.
- Sponza, D., Karaoğlu, N., (2002). Environmental geochemistry and pollution studies of Aliğa metal industry district. *Environment International*, 27, 541– 553
- Thompson, R. ve Oldfield, F. (1986). *Environmental Magnetism*. Allen and Unwin Ltd, London.

- Thompson, R., Bloemendal, J., Dearing, J.A., Oldfield, F., Rummery, T.A., Stober, J.C. ve Turner, G.M. (1980). Environmental Application of magnetic minerals. *Science*, 207, 481-485.
- Timur E. (2014). Magnetic susceptibility and VLF-R investigation for determining geothermal blowout contaminated area: a case study from Alaşehir (Manisa/Turkey). *Environmental Earth Science*, 72, 2497–2510.
- TMMOB, (2012). *Aliğa Bölgesi Değerlendirme Raporu*. TMMOB İzmir İl Koordinasyon Kurulu, İzmir.
- Tomchou Singh, Ksh., Nayak, G.N., Fernandes, Lina L., Borole, D.V., Basavaiah, N. (2014). Changing environmental conditions in recent past — Reading through the study of geochemical characteristics, magnetic parameters and sedimentation rate of mudflats, central west coast of India. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 397, 61–74.
- Uysal, G. (2016). Çevre Jeofiziğinde Manyetik Duyarlılık Ölçümleri ile Kirlilik Belirlenmesi: Bir Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Verosub, K.L. and Roberts, A.P. (1995). Environmental Magnetism: Past, present, and future. *Journal of Geophysical Research*, 100, 2175- 2192.
- Walden, J., Oldfield, F., Smith, J. (1999). Environmental Magnetism: A Practical Guide. *Quaternary Research Association*, London.
- Wang, B., Xia, D.S., Yu, Y., Jia, J., Xu, S.J. (2014). Detection and differentiation of pollution in urban surface soils using magnetic properties in arid and semi-arid regions of Northwestern China. *Environmental Pollution*, 184, 335–346.

- Xia, D.S., Chen, F.H., Bloemendal, J., Liu, X.M., Yu, Y., Yang, L.P. (2008). Magnetic properties of urban dustfall in Lanzhou, China, and its environmental implications. *Atmospheric Environment*, 42, 2198–2207.
- Xia, D.S., Yu, Y., Tian, S.L., Wang, B., Wang, L. (2011). Use of environmental magnetic techniques to monitor urban pollution origins in Lanzhou, Northwest China. *Environmental Earth Science*, 64, 1943–1949.
- Yang, T., Liu, Q.S., Zeng, Q.L., Chan, L.S. (2012). Relationship between magnetic properties and heavy metals of urban soils with different soil types and environment settings: implications for magnetic mapping. *Environmental Earth Science*, 66(2), 409–420.
- Zawadzki, J., Fabijanczyk, P., Magiera, T., Strzyszczyk, Z. (2010). Study of litter influence on magnetic susceptibility measurements of urban forest topsoils using the MS2D sensor. *Environmental Earth Science*, 61(2), 223–230.
- Zhang, C.X., Qiao, Q.Q., Piper, J.D.A., Huang, B.C. (2011). Assessment of heavy metal pollution from a Fe-smelting plant in urban river sediments using environmental magnetic and geochemical methods. *Environmental Pollution*, 159, 3057–3070.