

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AĞIR METAL DAĞILIM ANOMALİLERİNİN YÜZEY
MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE ÖLÇÜMLERİYLE
İNCELENMESİ VE DENİZLİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATİH AKBAY

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**AĞIR METAL DAĞILIM ANOMALİLERİNİN YÜZEY
MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE ÖLÇÜMLERİYLE
İNCELENMESİ VE DENİZLİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATİH AKBAY

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

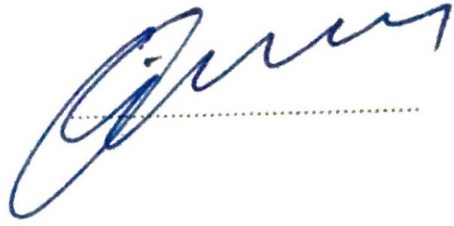
KABUL VE ONAY SAYFASI

Fatih AKBAY tarafından hazırlanan "AĞIR METAL DAĞILIM ANOMALİLERİNİN YÜZEY MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE ÖLÇÜMLERİYLE İNCELENMESİ VE DENİZLİ ÖRNEĞİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19.06.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

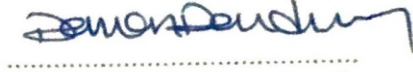
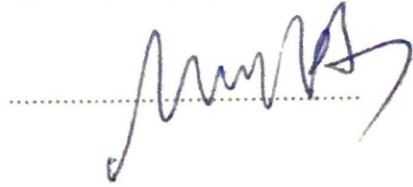
Jüri Üyeleri

İmza

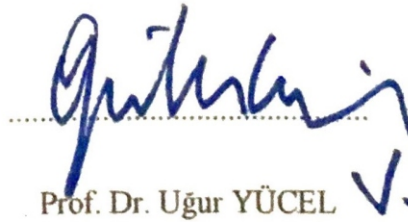
Danışman
Prof. Dr. Ali AYDIN



Üye
Prof. Dr. Derman DONDURUR
Dokuz Eylül Üniversitesi
Üye
Doç. Dr. Mete HANÇER
Pamukkale Üniversitesi

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
21/08/2019 tarih ve ...33/18... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL V.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Fatih AKBAY



ÖZET

AĞIR METAL DAĞILIM ANOMALİLERİNİN YÜZEY MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE ÖLÇÜMLERİYLE İNCELENMESİ VE DENİZLİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FATİH AKBAY

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ALİ AYDIN)

DENİZLİ, TEMMUZ - 2019

Bu çalışma, Denizli ilinin merkezini kapsayan alan üzerinde, yüzey ağır metal kirlilik araştırmasını içermektedir. Denizli ili yerleşim alanının güney batısında Neojen öncesi temel kayalar olan kireçtaşlarından oluşan Babadağ yükselimi (Çamlık Dağı) bulunur, yerleşim ise yoğun olarak Neojen kayalar ve Kuvaterner çökeller üzerine kurulmuştur.

Çalışma alanı içerisinde yapılan 251 adet manyetik süseptibilite ölçümüyle bu kirliliğin boyutu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Manyetik süseptibilite ölçümlerinde SI değerleri en yüksek 471×10^{-8} SI, en düşük 0×10^{-8} SI arasında değişim göstermektedir. CGS değerleri en yüksek 374×10^{-6} CGS, en düşük 0×10^{-6} CGS arasında değişim göstermektedir. Alınan bu ölçümler sonucunda en düşük değerlilik veren noktaların Neojen öncesi temel kaya olan ve aynı zamanda şehir merkezinde daha yüksek kotta bulunan kireçtaşlarında yapılan okumalar olduğu görülmüştür. Yapılan en yüksek okumalar ise Denizli şehir merkezinde nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu bölümler ile sanayi yapılarının bulunduğu bölgelerde kaydedilmiştir.

Manyetik süseptibilite ölçümleri sahada MS2D sensörü kullanılarak alınmıştır. Bu ölçümler ile manyetik süseptibilite anomali haritası, yüksekliğe bağlı çizilmiş ve yüksek anomalilerin kaynağının geliştiği bölgelerin son yıllarda gelişen teknoloji ve nüfusun artmasına bağlı olarak artan toprak kirliliği olduğu ortaya konulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Manyetik süseptibilite, ağır metaller, egzoz gazı, kirlilik

ABSTRACT

INVESTIGATION OF HEAVY METAL DISPERSION ANOMALIES BY SURFACE MAGNETIC SUSCEPTIBILITY MEASUREMENTS AND DENİZLİ CASE

**MSC THESIS
FATİH AKBAY**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
GEOLOGICAL ENGINEERING
(SUPERVISOR:PROF. DR. ALİ AYDIN)**

DENİZLİ, JULY 2019

This study includes surface heavy metal pollution survey on the area covering the center of Denizli. In the southwest of the settlement area of Denizli, the Babadağ elevation (Çamlık Dağı), which consists of limestones which are the pre-Neogene basement rocks, is located on the Neogene rocks and Quaternary sediments.

In this study, the magnitude of this pollution was investigated by using 251 magnetic susceptibility measurements in the study area. SI values are highest between 471×10^{-8} SI and lowest 0×10^{-8} SI. The highest CGS values range from 374×10^{-6} CGS to 0×10^{-6} CGS. As a result of these measurements, it was observed that the lowest valuation points were readings in the pre-Neogene basement and also in the limestones at higher elevation in the city center. The highest readings were made in the areas where the population density of Denizli city center is the highest and in the regions where industrial buildings are located.

The magnetic susceptibility measurements were measured by MS2D sensor in the field. With these measurements, magnetic susceptibility anomaly map, height-based anomaly maps were drawn and the geology of the regions where the anomalies developed and in recent years, one of the increasing environmental problems with the increase of technology and population was the soil pollution.

KEYWORDS: Magnetic susceptibility, heavy metals, exhaust gas, pollution

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. MANYETİK YÖNTEM VE MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE HAKKINDA GENEL BİLGİLER VE TEMEL İLKELER	2
2.1 TEMEL İLKELER	2
2.2 SÜSEPTİBİLİTENİN MANYETİK PARAMETRELER İLE İLİŞKİSİ.....	7
2.3 MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE ÖLÇÜMÜNDE KULLANILAN ALETLER	8
2.3.1 İndüksiyon Köprüleri	9
2.3.2 Portatif Süseptibilite Aletleri	9
2.3.3 Yüzey Süseptibilitesi Ölçümleri	10
2.3.4 Laboratuvarında Süseptibilite Ölçümleri.....	10
2.4 MANYETİK MİNERALLER VE BAZI KAYAÇLARIN MANYETİK SÜSEPTİBİLİTELERİ	10
2.5 KAYAÇLARIN GÖRÜNÜR MANYETİK SÜSEPTİBİLİTELERİ	11
2.6 MADDELERİN MANYETİK SÜSEPTİBİLİTEYE GÖRE SINIFLAMASI.....	14
3. MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE ÖLÇÜMLERİNİN UYGULAMA ALANLARI	16
3.1 HİDROLOJİ VE SEDİMANTOLOJİ	16
3.2 JEOLOJİ VE ARAZİLER.....	17
3.3 KİRLİLİK VE TOZLAR.....	18
3.3.1 Şehir Kirlilikleri.....	18
3.3.2 Nehir ve Deniz Kirlilikleri.....	19
3.4 PALEOMANYETİK ÇALIŞMALAR.....	19
4. MS2 YÜZEY MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE SİSTEMİ	20
4.1 GİRİŞ.....	20
4.2 MS2 ÖLÇME ALETİNİN GENEL TANIMI	20
4.3 SENSÖRLERİN GENEL TANIMI	20
4.3.1 Sensörlerin Listesi.....	20
4.3.1.1 Laboratuvar Sensörü	21
4.3.1.2 Saha Sensörü	21
4.4 MODEL MS2 ALETİNİN DETAYLI TANIMI.....	21
4.4.1 Ara Kablo.....	21
4.4.2 Ön Kontrol Paneli	21
4.4.3 SI ve CGS Birimleri.....	22
4.5 KALİBRASYON	22
4.6 MS2 SİSTEMİNİN KULLANIM BİLGİLERİ.....	23

4.6.1	Ara Bağlantı	23
4.6.2	Batarya Şarjı (Laboratuvar Kullanımı)	23
4.6.3	Batarya Şarjı (Saha Kullanımı)	23
4.6.4	Batarya Kontrolü	23
4.6.5	Ölçümlerin Alınması	24
4.7	MS2B36 SENSÖR TİPİ	24
4.7.1	Genel Tanım	24
4.7.2	Sensörün Kullanılması	25
4.7.2.1	Merkezleme	25
4.7.2.2	Karşılıklı Kalibrasyon	25
4.7.3	Kalibrasyon Kontrolü	26
4.7.4	Örnek Hazırlanması	26
5.	BÖLGENİN STRATİGRAFİSİ VE TEKTONİĞİ	27
5.1	COĞRAFİ KONUM VE MORFOLOJİ	27
5.2	STRATİGRAFİ	28
5.2.1	Bölgesel Stratigrafi	28
5.2.1.1	Neojen Öncesi Temel Birimler	28
5.2.1.2	Neojen Birimleri	28
5.2.1.2.1	Kızılburun Formasyonu	30
5.2.1.2.2	Sazak Formasyonu	30
5.2.2	Kuvaterner Yaşlı Çökeller	30
5.3	BÖLGENİN TEKTONİĞİ	31
5.4	ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ	32
5.5	ÇALIŞMA ALANININ HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ	35
6.	JEOFİZİK ÇALIŞMALAR	36
6.1	ÖN ETÜT	36
6.2	ARAZİ ÇALIŞMALARI	37
6.2.1	Sahada MS2D İle Okuma Aşamaları	37
6.2.1.1	Okuma İçin Yer Seçimi	37
6.2.1.2	Yer Tespitinden Sonra Zeminin Düzenlenmesi	37
6.2.1.3	Okuma İşlemi	38
6.2.1.4	Okumaların Kayıt Edilmesi	39
6.3	ARAZİDE ALINAN OKUMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ ...	39
6.4	SAHADA OKUNAN YÜKSEK ANOMALİ DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ	43
7.	SONUÇLAR	49
8.	KAYNAKLAR	50
9.	ÖZGEÇMİŞ	53

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1:Manyetik Dipol (Aydın, 1994)	3
Şekil 2.2:Manyetik dipolün alan bileşenleri (Aydın 1994).....	4
Şekil 2.3:Kayaçların Süseptibilite değişim aralığı (Aydın, 1994)	13
Şekil 2.4:Manyetik içeriğine göre süseptibilitenin değişimi (Dondurur ve Livaoğlu, 1994)	15
Şekil 5.5:Denizli havzası Neojen-Kuvaterner istifinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Taner 2001).....	29
Şekil 5.6:Denizli ve yakın çevresinin yer bulduru haritası	32
Şekil 5.7:Denizli Havzası'nın sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Altunel. 1996) .	34
Şekil 6.8:Yer bulduru haritası ve numunelerinin çalışma alanı içindeki dağılımı.....	36
Şekil 6.9:SI ve CGS okumaları arasındaki Propun havaya kaldırılarak senserön sıfırlanması	38
Şekil 6.10:Sahada MS2D sensörü ile okuma yapmak için yer seçimi ve değerlerin kaydedilmesi	39
Şekil 6.11:MS2B sensörü ile saha numunelerin SI anomali haritası	41
Şekil 6.12:MS2B sensörü ile saha numunelerin CGS anomali haritası.....	42
Şekil 6.13:MS2B sensörü ile saha numunelerin 3 Boyutlu SI anomali haritası	42
Şekil 6.14:MS2B sensörü ile saha numunelerin 3 Boyutlu CGS anomali haritası	43
Şekil 6.15:Düşük anomali gösteren MS2B sensörü ile saha numunelerin SI anomali haritası	44
Şekil 6.16:Düşük anomali gösteren MS2B sensörü ile saha numunelerin CGS anomali haritası	45
Şekil 6.17:MS2B sensörü ile saha okumalarının SI anomalilerinin 3 Boyutlu yükseklik haritası üzerinde gösterilmesi	45
Şekil 6.18:MS2B sensörü ile saha okumalarının CGS anomalilerinin 3 Boyutlu yükseklik haritası üzerinde gösterilmesi	46
Şekil 6.19:Yüksek anomali gösteren MS2B sensörü ile saha numunelerin SI anomali haritası	47
Şekil 6.20:Yüksek anomali gösteren MS2B sensörü ile saha numunelerin CGS anomali haritası	47
Şekil 6.21:MS2B sensörü ile saha okumalarının yüksek SI anomalilerinin 3 Boyutlu yükseklik haritası üzerinde gösterilmesi	48
Şekil 6.22:MS2B sensörü ile saha okumalarının yüksek CGS anomalilerinin 3 Boyutlu yükseklik haritası üzerinde gösterilmesi	48

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1 Kütle-hacim, SI-CGS ilişkisi	22
Tablo 4.2: Küp Şekilli Numunelerin İçsel Hacim - % Doğruluk Tablosu.....	26
Tablo 6.3: MS2D ile saha ölçümleri, koordinat verileri ve lokasyon özellikleri.....	40
Tablo 6.4: Düşük anomali gösteren MS2D ile saha ölçümleri, koordinat verileri ve lokasyon özellikleri.....	43
Tablo 6.5: Yüksek anomali gösteren MS2D ile saha ölçümleri, koordinat verileri ve lokasyon özellikleri.....	46

SEMBOL LİSTESİ

B	:	Akı Yoğunluğu
Φ	:	Manyetik Akı
S	:	Cismin kuvvet çizgilerini dik olarak kesen alan miktarının cm^2 cinsinden değeri
F	:	Cismin dışındaki manyetik alan
w_0	:	Manyetik Potansiyel Değer
J	:	Mıknatıslanma şiddeti,
M	:	Manyetik moment
V	:	Hacim
σ	:	Mıknatıslanmış cismin birim gramının momentini
m	:	Kütle
d	:	Mıknatısın birim yoğunluğu
k	:	Manyetik Süseptibilite
x	:	Kütle süseptibilitesi
μ	:	Manyetik geçirgenlik
Fet, b	:	Etkin manyetik alanın kayacın boşluk içindeki değeri

ÖNSÖZ

Tez çalışması sırasında yoğun mesaisi içerisinde ve kendi akademik çalışmaları sırasında değerli vakitlerini ayıran, yakın ilgi ve desteğiyle rehberlik eden, kendisinden çok şey öğrendiğim, tez danışmanım ve saygıdeğer hocam Prof. Dr. Ali AYDIN'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Saha ve laboratuvarlaboratuvar çalışmalarında yardımcı olan ve manevi destek veren Cenger ÖZER, Meltem ÖZER, Altuğ KAYKILAR, Dünder ÇETİN, Gökan ÇOBAN, Cem YILDIRIM, Zühtü ACAR, Anıl ALTUNTAŞ'a ve Mehmet KILIÇARSLAN'a teşekkürü borç biliriz.

Her zaman yanımda olan en büyük destekçim aileme ve eşim Av. M. Esmahan AKBAY'a teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Manyetik süseptibilite bir malzemelerin dış manyetik alanın etkisi altında kazandığı mıknatıslanma değerinin katsayısı olarak bilinmekte ve günümüzde farklı amaçlarda kullanılabilir. (Thompson ve Oldfield 1986). Bu kullanım alanlarından birisi de kirlilik araştırmalarıdır.

Kirliliğe neden olan ağır metallerin (Pb, Zn, Cu vs.) manyetik duyarlılık anomalisi vermesi, manyetik duyarlılığın kirlilik analizlerinde kullanılabilmesini sağlamaktadır. Scoullas ve diğ. (1979) manyetik süseptibilite ölçümleri ile ağır metal muhteva eden şehir ve sanayi atıklarının oluşturduğu kirlilik seviyelerinin ortaya konulabileceğini göstermiştir.

Beckwith ve diğ. (1986, 1990) trafik akışının yoğun olarak gözlemlendiği otoyolların çevresindeki toptullarda, kurşun (Pb) içeriğinin yüksek olduğunu ve otoyol çevresinde egzozlardan çıkan atık malzemenin oluşturduğu kirlilik dağılımının manyetik duyarlılık ölçümleri ile ortaya konulabileceğini göstermiştir.

Bu çalışmada manyetik süseptibilite ölçümlerinin, bölgelerin ağır metaller bakımından kirliliğinin belirlenmesinde kullanılabilirliğinin araştırılması ve bu amaçla inceleme alanında manyetik duyarlılık ölçümleri yapılması amaçlanmıştır.

2. MANYETİK YÖNTEM VE MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE HAKKINDA GENEL BİLGİLER VE TEMEL İLKELER

Manyetik yöntemde, yer manyetik alanın zaman ve uzaklıkla değişimi ölçülmektedir. Ölçümler amaca uygun olarak geliştirilmiş özel aletler ile alınır. Bu amaçla yapılan jeofizik prospeksiyonda yer manyetik alanının toplam bileşiminden yararlanılır. Çalışma alanında, yer altındaki cismin manyetik anomali verebilmesi için, bu cismin yan kayaçlarda farklı süseptibilite değerine sahip olması gerekmektedir ve anizotropik manyetik süseptibilite, manyetik prospeksiyonun ana maddesi olarak kabul edilir (Aydın 1994).

2.1 TEMEL İLKELER

Mıknatısın çekme özelliği uçlarına yakın bölgelerde toplanır ve bu bölgelere “Manyetik Kutup” denir. Mıknatıs çubuğun boyunun yaklaşık 1/12’si kadarlık bir bölge olarak tanımlanır (Aydın 1994).

Kendisinden 1 cm. uzakta bulunan eş şiddette bir kutba, 1 dyn.’lik kuvvet uygulayan kutba ‘Birim Kutup’ denir. “Kutup Şiddeti” kendisinden 1 cm. uzakta bulunan bir birim kutba uygulanan şiddettir (Aydın 1994).

Noktadaki +P bir kutbun r kadar uzağında O noktasında oluşturabileceği manyetik potansiyel değer:

$$w_o = \frac{P}{r} \quad (2.1)$$

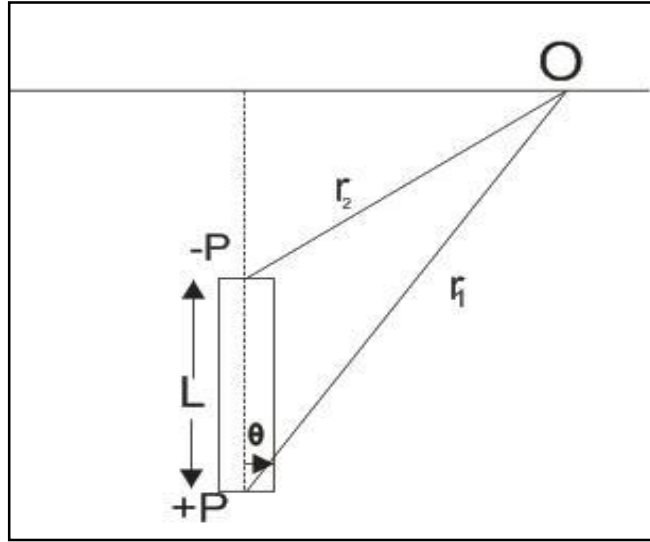
Formülü ile bulunur. Şekil 2.1’deki +P ve -P kutup şiddetine sahip dipolün potansiyeli:

$$w_o = \frac{P}{r_1} - \frac{P}{r_2} = \frac{P(r_2 - r_1)}{r_2 - r_1} \quad (2.2)$$

şeklinde bulunur. Burada r_1 , pozitif kutbun, r_2 ise negatif kutbun O noktasına olan mesafesidir. Dipol ile r_1 arasındaki açı θ ile ifade edilir ve şayet r_1 ve r_2 dipolün boyundan çok büyük alınırsa;

$$w_O = \frac{P.L.\cos\theta}{r^2} \quad (2.3)$$

ifadesi elde edilir (Aydın 1994). Dipolün boyu L dir. Kartezyen koordinat sisteminde, dipolün herhangi bir noktada oluşturacağı bir manyetik alanın yön ve şiddetini bulabilmek için birisi artan r , diğeri buna dik ve θ yönünde iki bileşen yön ve şiddet olarak saptanabilir (Aydın 1994).



Şekil 2.1:Manyetik Dipol (Aydın, 1994)

Bir dipolün orta noktasının koordinatları x_1, y_1, z_1 ve alanının hesaplanacağı O noktasının koordinatları da x, y, z ise, bu iki nokta arasındaki mesafe;

$$r = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} \quad (2.4)$$

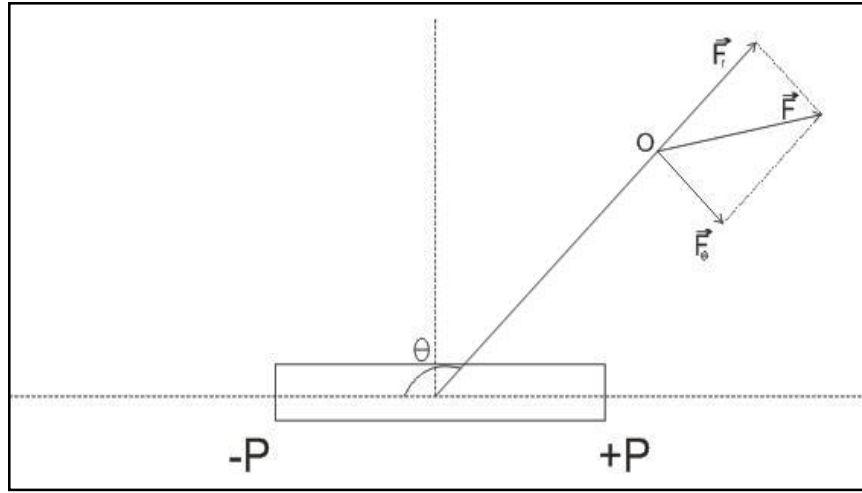
formülü ile bulunur. Manyetik alanın bileşenleri X,Y ve Z ise;

$$x = -\frac{\partial w}{\partial x}, \quad y = \frac{\partial w}{\partial y}, \quad z = -\frac{\partial w}{\partial z} \quad (2.5)$$

bağıntılarıyla bulunur. Buradaki üç bileşenden toplam alan vektörünün yön ve şiddeti bulunabilir. Herhangi bir koordinat sisteminde r ve θ doğrultusunda alan bileşenleri, tek kutup durumunda:

$$F_r = -\frac{\partial w}{\partial r} = \frac{P}{r^2}, \quad F_\theta = -\frac{\partial w}{r \cdot \partial \theta} = 0 \quad (2.6)$$

şeklinde bulunabilir. Tek kutup halinde olan potansiyel, kutbun etrafında eş potansiyel yüzeylerden oluşur ve F_r bu yüzeye diktir. F_θ 'nın ise bu yüzeyler boyunca değeri sabit kaldığından türevi sıfırdır (Aydın 1994).



Şekil 2.2:Manyetik dipolün alan bileşenleri (Aydın 1994)

$$F_r = -\frac{\partial w}{\partial r} = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot \cos \theta}{r^3} \quad (2.7)$$

$$F_\theta = -\frac{\partial w}{r \cdot \partial \theta} = \frac{P \cdot L \cdot \sin \theta}{r^3} \quad (2.8)$$

şeklinde dipolün alan bileşenleri ifade edilir. Şekil 2.2’de böyle bir dipolün manyetik alan bileşenleri verilmiştir.

Manyetik özelliği olan cisimler bir manyetik alan içerisine konulduklarında, manyetik alanın kuvvet çizgilerinden etkilenirler ve böyle bir cismin içindeki kuvvet çizgilerinin yoğunluğuna “Akı Yoğunluğu” denir.

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (2.9)$$

“Akı Yoğunluğu” bağıntısı ile tanımlanır (Aydın 1994).

B, manyetik akı yoğunluğudur ve birimi Gauss’dur. Φ , manyetik akı olup birimi maxwell, S ise cismin kuvvet çizgilerini dik olarak kesen alan miktarının cm^2 cinsinden değeridir (Aydın 1994).

Hava içindeki manyetik akı, F cismin dışındaki manyetik alan olmak üzere;

$$\Phi = F.S \quad (2.10)$$

şeklinde bulunur.

Mıknatıslanma şiddeti, mıknatıslanmanın bir ölçüsü olabileceği gibi, aynı zamanda mıknatıslanma doğrultusuna dik birim yüzeyin kutup şiddeti olarak tanımlanır ve;

$$J = \frac{P}{S} \quad (2.11)$$

şeklinde bulunur. Ayrıca, mıknatıslanma şiddetine birim hacim başına düşen manyetik moment de denir ve;

$$J = \frac{M}{V} \quad (2.12)$$

şeklinde de bulunur. V hacimli, m kütleli, mıknatıslanmış cismin birim gramının momentini;

$$\sigma = \frac{M}{m} \quad (2.13)$$

şeklinde bulunur. Mıknatısın birim yoğunluğu d ise, mıknatıslanma şiddetinin;

$$J = \sigma.d \quad (2.14)$$

olduğu görülmüştür (Aydın 1994).

Manyetik cisim, F şiddetindeki dış alan içinde J şiddetinde bir mıknatıslanma kazanırsa bu iki alanın oranı “Manyetik Süseptibilite” olarak adlandırılır ve;

$$k = \frac{J}{F} \quad (2. 15)$$

şeklinde bulunur ve bu süseptibiliteye “Hacim Süseptibilitesi” denir (Aydın 1994).

Kütle süseptibilitesi ise;

$$x = \frac{\sigma}{F} \quad (2. 16)$$

bağıntısı ile verilir ve bu iki süseptibilite arasında;

$$k = X.d \quad (2. 17)$$

bağıntısı vardır.

Manyetik moment;

$$M = J.V = k.V.F \quad (2. 18)$$

şeklinde tanımlanır (Aydın 1994).

Manyetik süseptibilite ile geçirgenlik arasındaki ilişki ise;

$$B = F + 4\pi J \quad (2. 19)$$

bağıntısı kullanılarak;

$$\frac{B}{F} = 1 + 4\pi \frac{J}{F} \quad (2. 20)$$

eşitliğinden;

$$\mu = 1 + 4\pi k \quad (2. 21)$$

şeklinde bulunur (Aydın 1994).

2.2 SÜSEPTİBİLİTENİN MANYETİK PARAMETRELER İLE İLİŞKİSİ

Manyetik alan, B manyetik indüksiyonu, veya F manyetik alan vektörlerinin biri ile tanımlanır. Bunlar boşlukta;

$$B = \mu_0 \cdot F \quad (2.22)$$

şeklinde ifade edilir. $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ henry/m. olup boşluğun geçirgenliğidir. Herhangi bir manyetik cisim, manyetik alan içine konulduğunda mıknatıslanacaktır ve birim hacimdeki dipol momenti olarak tanımlanan mıknatıslanma şiddeti, J mıknatıs - mıknatıslanma vektörü ile gösterilir. Bir cisimdeki manyetik indüksiyon;

$$B = \mu_0 \cdot F + \mu_0 \cdot J \quad (2.23)$$

bağıntısıyla verilir ve indüksiyon, $\mu_0 \cdot F$ dış kaynaklı ve $\mu_0 \cdot J$ ortamın mıknatıslanma bileşenlerinden oluşur. Mıknatıslanma bir alan tarafından oluşturulacağından J ile F orantılı olacaktır ve (2.17)'de tanımlanan bu ilişkiden yararlanarak;

$$\mu = \mu_0 \cdot (1 - x) \quad (2.24)$$

tanımlaması yapılır. (2. 15) ve (2. 19) eşitlikleri kullanılarak manyetik geçirgenlik;

$$\mu = \frac{B}{F} = 1 + 4\pi \frac{J}{F} \quad (2.25)$$

Birim kütle yoğunluğu d ise;

$$\sigma = \frac{J}{d}, \quad x = \frac{k}{d} = \frac{\sigma}{F} \quad (2.26)$$

olacaktır.

σ özel mıknatıslanma şiddet yoğunluğu, ve X ise özel süseptibilite olarak adlandırılmıştır (Aydın 1994).

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (2.27)$$

(2.27) şeklinde tanımlanan μ_r bağıl geçirgenliğin kullanılmasının daha uygun düştüğü öne sürülür (Omar 1975).

Bundan dolayı, ortamın süseptibilitesi ile geçirgenliği arasında;

$$\mu = 1 + x \quad (2.28)$$

bağıntısı yazılabilmektedir.

2.3 MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE ÖLÇÜMÜNDE KULLANILAN ALETLER

Taşınabilir manyetometreler ve süseptibilite ölçme aletleri, manyetik prospeksiyonda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu aletlerden manyetik süseptibilite aletleri kullanım kolaylığı ve duyarlık açısından oldukça gelişmiştir. Manyetometre kullanılarak ölçülen manyetik süseptibilite duyarlılığında olmasına karşın, günümüzde yine aynı sisteme dayanılarak geliştirilmiş tekniklerle duyarlılığında ölçü alma olanağına ulaşılmıştır.

Herhangi bir materyalin içerdiği manyetik minerallerin bir ölçüsü olan süseptibilite ölçümü için kullanılan MS2 sistemi, cgs. duyarlılıkta diyamanyetik ve paramanyetik cisimlerin süseptibilitelerini ölçme imkânı sağlamaktadır ve sistem, laboratuvar ve saha ortamlarında ölçü almaya imkân veren iki sensörden oluşmaktadır. Model MS2 sisteminin çalışma şekli Bölüm 4’de verilecektir.

Manyetik süseptibiliteyi $k=J/F$ olarak tanımlamıştır. Bu bağıntıda “J1”, kayaca uygulanan “F” dış alanın oluşturduğu mıknatıslanma şiddetidir ve kayacın kalıcı mıknatıslanma şiddetine (J_r) de sahip olduğu düşünülmektedir. Manyetik süseptibiliteyi bulmak için bu iki mıknatıslanma şiddetini ölçmemiz gerekir ve bu amaçla geliştirilen aletlerden bazıları, aşağıda ele alınmıştır (Dondurur ve Livaoğlu 1994).

2.3.1 İndüksiyon Köprüleri

İndüksiyon köprüleri, kayaçların manyetik süseptibilitelerini ölçmek amacıyla düzenlenmiş elektronik aletlerdir. Süseptibilitesi ölçülecek numune, aletteki örnek boşluğuna yerleştirilir. Toz, silindir veya küp halindeki plâstik kap içindeki örnek çift bobinden yapılmış detektör sisteminin içine uygun şekilde yerleştirilir. Bobin çifti, örneğe homojen olarak alternatif manyetik alan uygular. Alternatif manyetik alan içinde bulunan kayaç numunesi, mıknatıs gibi davranarak bobinlere akım indükler ve indüklenen bu akım gerekli devreler ile ölçülür (Sanver 1984).

Aletin detektör bobinleri ve devrelerinin duyarlılıkları öyle ayarlanır ki, bobin çiftinin uyguladığı alternatif alan, detektör bobinlerde indüklenmiş akım oluşturmasını ve daha sonra sistem manyetik duyarlılığı bilinen numuneler ile ayarlanır. Bu sistemle arasındaki duyarlılıkla numunenin süseptibilitesi ölçülebilir (Nagata 1961).

2.3.2 Portatif Süseptibilite Aletleri

Yüzeyin yaklaşık 30 cm.'ye kadar altındaki manyetik minerallerin belirlenmesinde kullanılır ve yüzey süseptibilite aletlerinde aranılan ortak özellik, aynı boyuttaki kayaç örneklerinde, maksimum değişim 1/10 oranında olmasıdır (Sahasrabudhe 1963).

Bununla birlikte, bir bölgedeki bir noktadan diğer noktaya süseptibilitenin değişiminin veya ortalama yüzey süseptibilitesinin belirlenmesi için daha hızlı yöntemlere ihtiyaç vardır (Sahasrabudhe 1971).

İstenilen yüzey süseptibilite aletinin kolay taşınıp hızlı ölçüm yapabilmesi ve çok hassas olması gereklidir. MS2D sensörü uygun bir alettir. Ölçüm periyodu 0-9 sn gibi çok kısa bir süreye sahiptir ve bobin çifti ile 0.58 kHz.'lik bir alternatif akım vererek %5 ölçümleme duyarlılığı ile cgs. duyarlılığında yüzey süseptibilitesi ölçer (Aydın 1994).

2.3.3 Yüzey Süseptibilitesi Ölçümleri

Alet, tek kişi tarafından kolayca taşınabilir, el ile taşınan sensörü sayesinde kolayca ölçü alınır ve cgs. duyarlığında yüzeyin yaklaşık 20-30 cm. altındaki materyalin ortalama süseptibilitesini ölçebilir. Yüzey süseptibilite aletinin ölçümleri kirlilik ve toz, şehirsal kirlilik, nehir ve deniz kirliliği, volkanlar ve erozyon, hidroloji ve sedimantoloji gibi çok geniş alanlarda kullanımı mümkün kılmaktadır (Dondurur ve Livaoğlu 1994).

2.3.4 Laboratuvarda Süseptibilite Ölçümleri

Laboratuvar sensörüyle, katı, sıvı veya gaz halindeki örnek süseptibilitesini cgs. duyarlılıkta çok kısa sürede ölçü almak mümkündür. Çalışılan arazideki birimlerin hacim veya kütle süseptibilitesini, araziden alınacak örneklerin manyetik parametrelerini elde etme, materyal süseptibilitesini ve AMS'yi ölçme olanağı mevcut olmaktadır (Aydın 1994).

2.4 MANYETİK MİNERALLER VE BAZI KAYAÇLARIN MANYETİK SÜSEPTİBİLİTELERİ

Dondurur ve Livaoğlu (1994) e göre kayaçlar, doğal olarak manyetit, ulvospinel, titanomanyetit, maghemit gibi koyu, ağır sert ve iletken özelliğe sahip mineraller içerirler. Okside olmuş demir mineralleri, genelde manyetik özelliklerini kaybederler, çok nadir manyetik anomaliye neden olurlar. Kayaçlarda oldukça az miktarda bulunan manyetik minerallerden olan ilmenit ve protitin (sülfür mineralleri ile) daha etkin anomalilere neden olduğu ortaya konulmuştur.

Tüm kayaçlar, yüzde birkaç oranında küçük parçacıklar halinde manyetit mineral içerir ve demir madeni depozitlerinde bu oran %10-%60 arasında değişmektedir.

2.5 KAYAÇLARIN GÖRÜNÜR MANYETİK SÜSEPTİBİLİTELERİ

Nagata (1961) a göre kayaçlarda bulunan ferromanyetik mineraller kendiliğinden mıknatıslanmasından dolayı, yeniden kazandığı mıknatıslık, birçok yöntemle ölçülen manyetik süseptibilitenin görünür değeridir. Genel olarak, kayaçların görünür manyetik süseptibilitesi k , elde edilecek doğru süseptibilitenin magnitudünü bulmak için, ferromanyetik tanelerin ortalama şekil demanyetizasyon faktörü ile ilişkilendirir.

Ferromanyetik taneler, kayacın boşluklarını sarmakta ve etkin manyetik alanın bu boşluk içindeki değeri F_{et} , b ile gösterilirse;

$$F_{et}, b = F_{dış} - (L - M) J, J = k_m \cdot F_{dış} \quad (2. 29)$$

olmaktadır. L ve M sırasıyla kayaç örneğinin ve boşluğun demanyetizasyon faktörleridir. F_{et} , J_i , k , N ve P ile verilecek parametreler sırasıyla etkin manyetik alan, mıknatıslanma şiddeti doğru süseptibilite, tek bir ferromanyetik tanenin demanyetizasyon faktörü ve kayaç içerisindeki ferromanyetik minerallerin hacim sabitidir.

$$F_{et} = F_{et}, b - N J_i, J = k \cdot F_{et} \quad (2. 30)$$

$$J = P \cdot J_i \quad (2. 31)$$

Burada (2. 29, 2. 30 ve 2. 31) eşitliklerinde görünür süseptibilite değerini yazarsak;

$$k_m = \frac{P \cdot k}{1 + [N + (L - M)P]k} \quad (2. 32)$$

olur. Eğer $P \ll 1$ olursa;

$$k_m = \frac{P \cdot k}{1 + N \cdot k} \quad (2. 33)$$

olacaktır ve bu denklemde, ferromanyetik tanelerin birbirine manyetik etkisinin olmadığı kabul edilmiştir.

Özel Süseptibilite kullanıldığında (2. 32) ve (2. 33) eşitlikleri;

$$X_m = \frac{k_m}{d_m} = \frac{qx}{1+[N+(L-M)q.da/d]dx} \quad (2. 34)$$

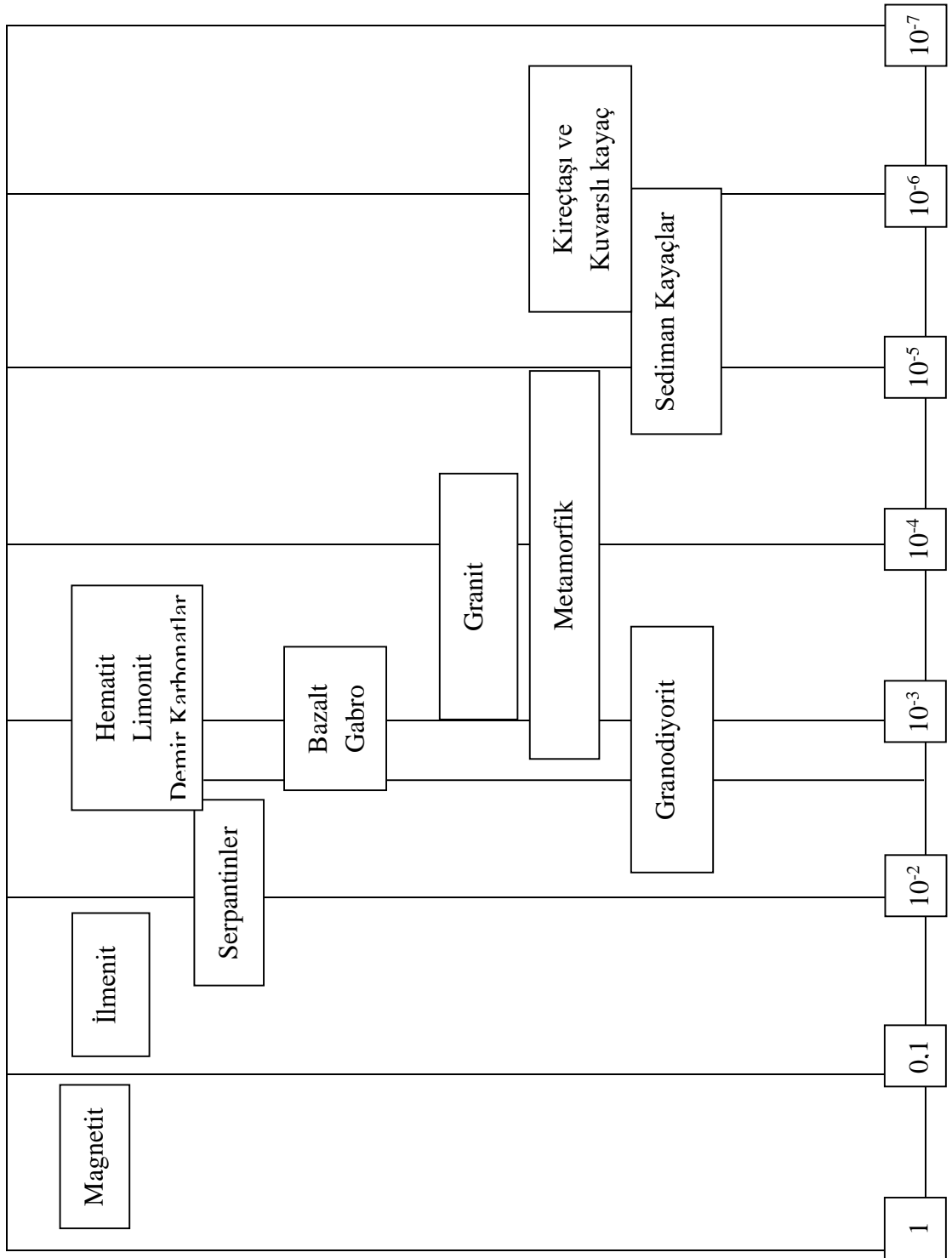
Ve;

$$X_m = \frac{qx}{1+N.dx} \quad (2. 35)$$

formülü şeklini alır. Burada d_m , d ve q , sırasıyla kayaç yoğunluğu, ferromanyetik mineral yoğunluğu ve ağırlık sabitidir ve yukarda göz önüne alınan N , tanelerin demanyetizasyon faktörünün ortalama değeridir. Taneler rastgele yönlendiği zaman, üç ekseni elipsoid şeklinde üç ekseni boyunca olan etkilerin toplamıdır. Üç temel eksenin demanyetizasyon faktörü N_1 , N_2 , N_3 olmak üzere ($N_1+N_2+N_3=4 \pi$) olmaktadır.

$$k_m = \frac{Pk}{3} \left(\frac{1}{1+N_1.k} + \frac{1}{1+N_2.k} + \frac{1}{1+N_3.k} \right) = \frac{P}{1+Nk} \quad (2. 36)$$

N , deneysel olarak hesaplanmış ve (2. 3) ile (2. 4) arasında değişen değerler elde edilmiştir (Aydın 1994).



Şekil 2.3:Kayaçların Süseptibilite değişim aralığı (Aydın, 1994)

2.6 MADDELERİN MANYETİK SÜSEPTİBİLİTEYE GÖRE SINIFLAMASI

Omar (1975)'e göre Maddeler, süseptibilitelerinin büyüklüğüne göre 3 grupta toplanabilir;

$\chi > 0$: M'nin F'ye paralel olduğu maddeler paramanyetik,

$\chi < 0$: M'nin F'ye paralel olmadığı maddeler diyamanyetik,

$\chi > 0$: M'nin F'ye göre çok büyük olduğu maddeler ferromanyetik'dir.

Bu maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini şöyle sıralayabiliriz.

Paramanyetik malzemenin en iyi bilinen örnekleri, geçiş nadir toprak iyonlarıdır ve bu iyonların tamamlanmış atomik kabuklara sahip olduğu gerçeği, paramanyetik özellik göstermesine neden olur. Diamanyetik maddeler iyonik ve kovalent bağlardan oluşmuştur. Bu maddelerin atomları veya iyonları tamamlanmış kabuklara sahiptir. Diyamanyetik davranışları, manyetik alan içinde elektronların devinimi ile ek periyodik hareket uygulayan dış alanı azaltıcı yönde manyetik moment oluştururlar. Dış alan olmazdan atom veya iyonların momenti sıfır ise, manyetik alanın etkisi altında madde net diyamanyetizma değerini alır (Dondurur ve Livaoğlu 1994).

Ferromanyetik cisimler, belli bir sıcaklığın altında kendiliğinden mıknatıslanırlar ve manyetik süseptibiliteleri çok yüksektir. Ayrıca bir sınıflamada bu materyalin süseptibilite değerlerinin büyüklüğüne göre yapılır (Nagata 1961).

Parasnis (1975) tarafından süseptibilite değeri 10^{-6} mertebesinde negatif ise diyamanyetik, pozitif ise paramanyetikdir. Diya ve paramanyetik materyallerin süseptibilitesi 10^4 oersted bir alan içerisinde belirli bir aralıkta yer alır. Buna karşın demir, nikel, kobalt ve manyetit gibi birçok materyaller 10^{-10} - 10^{-5} mertebesinde manyetik süseptibiliteye sahip olup paramanyetik ve diyamanyetik materyallere göre çok şiddetli mıknatıslanma gösteren ferromanyetik cisimlerdir. Kayaçlarda ölçülen

süseptibilite birçok araştırmacı tarafından manyetit miktarı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Metamorfik kayalar üzerinde yaklaşık olarak % 0,1 - %80 arasında manyetit içeriğine karşın süseptibilite değeri;

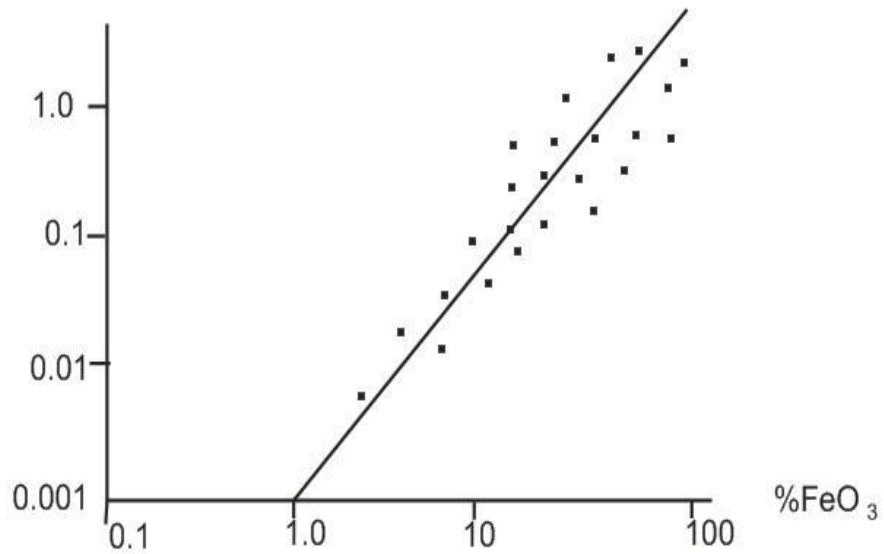
$$k=0,033. V^{1,33} \quad (2. 37)$$

Ampirik formülü SI birim sisteminde geliştirilmiştir (Jahren 1963). Daha sonraki çalışmalarda bu ilişki;

$$k=0,0145. V^{1,39} \quad (2. 38)$$

Jahren (1963) tarafından şeklinde verilmiştir.

Aynı çalışmada özel manyetik süseptibilitenin, manyetit içeriğine göre değişimi şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4:Manyetik içeriğine göre süseptibilitenin değişimi (Dondurur ve Livaoğlu, 1994)

3. MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE ÖLÇÜMLERİNİN UYGULAMA ALANLARI

Süseptibilite ölçümlerinin kullanıldığı birçok alanlar mevcuttur ve bunlar, kirlilik; şehir, nehir ve deniz kirliliği; korelasyon; okyanus sedimanları; arkeoloji vb. dir. Bu bölümde, süseptibilite ile olan ilişkileri yüzeysel olarak açıklanacaktır.

3.1 HİDROLOJİ VE SEDİMANTOLOJİ

Manyetik süseptibilite, bir örnekteki manyetik minerallerin miktarının ölçütüdür. Manyetit gibi mineraller doğa da veya kayada bulunuyorsa bu olay, bakteri oluşumu ve bozunma gibi olayların kaynağıdır. Süseptibilite ölçümlerinin saha ve laboratuvarlaboratuvar koşulları açısından kesinlikle zararlı bir etkisi yoktur. Süseptibilite ölçümleri çok çabuk uygulanabilmektedir. Ayrıca, örnekteki mineraloji hakkında bir ilk izlenin elde edilmesi amacıyla, laboratuvar da veya arazide sık sık kullanılır. Diğer yöntemlerle birlikte kullanıldığında, manyetik süseptibilite, doğal örneklerin karakterlerinin tanınmasını sağlar (Dondurur ve Livaoğlu 1994).

Morris (1990)'da manyetik süseptibilite, hidrolojik ve sedimantolojik çalışmalarda sedimenter kaynakların saptanmasında kullanılmıştır. Sedimanların hareket mekanizması hakkında bilgi ve ardı ardına dizilimlerin korelasyonunu sağlar. Pozitif MS2 aleti, düşük alan ve frekans bağımlı süseptibilitenin her ikisini de ölçme imkânı sağlar. Akarsu ve ırmaklardaki askı sedimanlarının kaynak teşhisi, bazı hidrolojik çalışmalarda ve su yönlendirme projelerinde çok önemli bir yer tutar. MS2B sensörünün kullanılması, manyetik süseptibilitenin, bu tür askı sedimanlarından alınan küçük örnekler üzerinde direk ölçülmesini sağlamıştır.

Göl ve rezervuar sedimanlarındaki bazı çalışmalarında manyetik süseptibilite ölçümleri kullanılmıştır. Burada amaç çevrenin erozyondan korunması ve aşınmasının yeniden planlanmasıdır. İç kesimlerdeki sediman örneklerinin süseptibilitelerinin, MS2C sensörü kısa sürede ölçme imkânı sağlar (Morris 1990).

Sensör MS2C, derin deniz sedimanlarındaki stratigrafik değişimlerde kullanılabilir. Alınan karotlar üzerinde, büyük stratigrafik değişimleri, bu sensör ile elde edilen loglar ile elde edilmiştir.

Diğer analiz yöntemlerine göre, bu yöntem ana örneklere zarar vermeksizin kuvaterner, buzul ve ara buzul periyotları arasındaki sediman kaynakları için bilgi edinilebilir (Morris 1990).

3.2 JEOLJİ VE ARAZİLER

Kayaç ve arazi örneklerinin manyetik süseptibilitesi, manyetit gibi yüksek manyetik özelliği olan minerallerin miktarının bir ölçüsüdür ve frekansa bağlı süseptibilite, manyetik minerallerinin özel boyutlarının teşhisinde de kullanılır. Jeoloji ve arazi çalışmalarında manyetik süseptibilite, kayaç haritalamalarında ve arazi tipleri teşhisinde, arazideki manyetik minerallerin kaynaklarının tespitinde ve eğimli arazilerin hareketlerinin kontrolünde kullanılmaktadır (Morris 1990).

Manyetik süseptibilite, laboratuvarında veya sahada, farklı kayaç tiplerinin teşhisinde yada ayırımında basit ve etkili bir yol olmuştur. Doğadaki kayaçların sahip olduğu süseptibilite değerlerinin değişim aralığı oldukça geniştir ve MS2 sistemi, tüm kayaç türlerinin etüdünde yeterli derecede hassastır. Buna, kireçtaşlarının zayıf/negatif manyetik süseptibiliteleri de dâhildir. Alan sensörleri MS2D ve MS2F özellikle keşif haritalarında, yüzeysel daykların keşfinde etkili yöntemdir (Morris 1990).

Morris (1990) da arazideki manyetik mineraller, birincil olarak, başlangıçtan beri orada bulunuyor olabilirler; ayrıca diğer başka bir kaynaktan da oraya gelmiş olabilirler. Frekans bağımlı süseptibilite, sensör MS2B ölçümleri yardımıyla bu birincil ve ikincil mineraller birbirinden ayrılabilmiştir.

3.3 KİRLİLİK VE TOZLAR

Araç egzozlarından çıkan gazlardan, kömür ve doğal gaz yanmalarından, çalışan güç istasyonları ve de çeşitli özel endüstriyel yöntemlerden dolayı oluşan hava kirliliği genelde iyi derecede manyetik özellikleri olan partikülleri içerirler ve bunlar manyetik süseptibilite ölçümleri ile saptanabilirler.

MS2 sistemi çöplerin, tozların ve sedimanların kirli topraklarının tamamının ayrımında, saha ve laboratuvarlaboratuvar şartlarına zarar vermeden çabuk ve ucuz şekilde sahada veya laboratuvarlaboratuvarda küçük bir örnek üzerinde uygulanabilir. Tek başına kullanımında veya diğer manyetik ya da kimyasal verilerle korelasyonu halinde, manyetik süseptibilite ölçümleri, kirlenme kaynaklarının ve çeşitlerinin belirlenmesine olanak veren etkili bir yöntem olmaktadır (Morris 1990).

3.3.1 Şehir Kirlilikleri

’ Birçok atık gazlar, yüksek manyetik özellikleri olan küçük parçacıklar, partiküller içermektedir (Morris, 1990). Bu nedenle, kirli materyallerdeki manyetik süseptibilite değeri, kirliliğin derecesinin genel bir görünümünü verebilmektedir. MS2 sisteminin esnekliği, kirlilik sınırları keşfinde bir bağlantı olabilir. Örneğin, şehirdeki kirlilik sınırlarının belirlenmesinin yanı sıra, otoyollar, şehir atıklarının sedimanları ve oyun sahaları kirliliği gibi.

Bu yollardaki kirlilik göstergeleri haritalanabilir. Manyetik süseptibilite dışında aynı amaçla yapılan çalışmalar, süseptibilite MS2 sisteminden daha pahalı ve kimyasal analizler daha zaman alıcıdır ve bazı ayrıntılı çalışmalar, manyetik süseptibilitenin kimyasal analiz yerine kullanılabileceğini göstermiştir. Örneğin, ağır bileşikler ile bakır, demir, kurşun ve çinko otoyol sedimanlarının kirliliklerinde büyük rol oynarlar. Manyetik süseptibilite ve diğer manyetik analizler, ağır metal kirlilik kaynağının bir göstergesidir. Bu olay, endüstriyel atıkların karmaşık türleri arasından, kirlilik oluşturan partiküllerin saptanması işlemidir (Morris 1990).

3.3.2 Nehir ve Deniz Kirlilikleri

Günümüzde de güncelliğini koruyan çevre konusunun, en önemli kısmını, nehir ve deniz kirlilikleri oluşturmaktadır. Nehirlerde, geçici veya yerleşik endüstriyel yapıların oluşturdukları artıkların düzensiz bir şekilde nehirlere bırakılması kirlilik oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle nehirlerdeki sedimanları, genelde metalik artıklar ve kirlilik partikülleri içerirler. Sedimanların manyetik analizleri, sahada MS2D, MS2F sensörleri ile ya da laboratuvarlaboratuvarda gerçekleştirilebilir. Kirlilik kontrastlarının, ırmakların ve özel kirlilik kaynaklarının tespiti yapılarak bir kirlilik haritası çıkarılabilir (Morris 1990).

3.4 PALEOMANYETİK ÇALIŞMALAR

Süseptibilite, kayaçların manyetik özelliğini ortaya koyan en önemli parametredir. Herhangi bir materyalin, diya- para-, ferro-, ferri- veya antiferramanyetik olup olmadığını, içerdiği manyetik mineralin miktarını ortaya koymada, minerallerin tane büyüklüğünün, mıknatıslanma yönünün, paleomanyetizma, manyetik kirlilik ve manyetik süseptibilite anomali kaynaklarının belirlenmesinde birçok sahada yaygın şekilde kullanılmaktadır (Johnson 1988).

Arkeolojiksel çalışmalarında, yüzeyden alınacak örneklerde yapılan ölçülerle, yeraltı yapıları ve uzanımları, başarılı bir şekilde sergilenebilir (Johnson 1988).

4. MS2 YÜZEY MANYETİK SÜSEPTİBİLİTE SİSTEMİ

4.1 GİRİŞ

MS2 manyetik süseptibilite sistemi, dayanıklı ve şarj edilebilir bir pil ile taşınabilir bir ölçme aleti, materyalin manyetik süseptibilite değerini, her bir tür içine nüfus ederek ve birimlerle belirlenen türleri ortaya çıkararak göstermektedir. Sensör kullanımında ise, sensörler ölçme aletine basit bir tek koaksiyel kabloyla bağlanır.

4.2 MS2 ÖLÇME ALETİNİN GENEL TANIMI

MS2 ölçüm ünitesi yaklaşık 1.35 kg ağırlığında ve 140*225*50 mm boyutlarındadır. Ön panelinde kontrol düğmeleri, sensör bağlantı kablosu girişi ve ölçülen değerleri gösteren bir dijital display bulunur. Arka panelde ise, şarj bataryası konulan bir boşluk vardır ve bataryalar 12 saat süreyle kullanılabilirler.

4.3 SENSÖRLERİN GENEL TANIMI

Sensörlerin tümü, alternatif akım indüksiyon prensibine göre düzenlenmiştir. Osilatör devresi, düşük yoğunlukta alternatif bir manyetik alan üretir ve bu alanın her bir materyal içine nüfus etmesi silatör frekansında bir değişim meydana getirecektir. Sensörler, indüklenmiş örnek için kısmen duyarsız olup, doygun olmayan alanda bulunan örnekler için ise daha duyarlıdır (Dondurur ve Livaoğlu 1994).

4.3.1 Sensörlerin Listesi

MS2 ile kullanılan sensörler, saha ve laboratuvar sensörü olmak üzere ikiye ayrılır (Morris 1990).

4.3.1.1 Laboratuvar Sensörü

MS2B36 sensörü 10 veya 20 cc. 'lik potlarda ve 1" boyutlarında kutucuklardaki taneli veya sıvı örnekler üzerinde ölçüm alma imkânı sağlar. Bu sensörün yüksek duyarlılığı, tamamıyla yuvarlak bir örnek şekli kullanılmasıyla elde edilir. Bu sensörle anizotropik manyetik süseptibilite (AMS) ölçüleri de kolayca alınabilir ve sensör, süseptibilitenin Frekans bağımlılığında ölçülmesine imkân sağlamak amacıyla iki farklı frekansta (düşük ve yüksek) ölçme olanağına sahiptir.

4.3.1.2 Saha Sensörü

Bu sensör, araştırma yüzeyinin üzerinde doğrudan kullanılabilir. Tüm sensör ve elektronik devreler, sensörün alt kısmı ile üstü arasındaki boruya ve yine üst kısımdaki kutucuğa yerleştirilmiştir. Saha sensörü, MS2D ve MS2F olmak üzere iki türdür. MS2D, 185 mm. lop çapı ve bu çap kadar araştırma derinliğine; MS2F ise yine aynı araştırma derinliği ile 150 mm. lop çapına sahiptirler.

4.4 MODEL MS2 ALETİNİN DETAYLI TANIMI

4.4.1 Ara Kablo

RS232 ara kablosu, uygun bir ünite içinde bulunur ve saha veri kaydıyla, laboratuvarlaboratuvarda bilgi artışına izin verir. Veri giriş-çıkışı, dört ayrı arka priz ile seri olarak yapılmaktadır (Morris 1990).

4.4.2 Ön Kontrol Paneli

Önde beş adet kontrol düğmesi vardır;

(1) Katlama aralığı düğmesi: Ölçümler iki aralıkta alınabilir. Alet *1 veya *0,1 duyarlıkta ölçüm yapabilir. Ayrıca bu düğme bataryaları da aktif hale getirir.

(2) [Z] Sıfırlama düğmesi: Bu düğme, hava okumalarının alınmasını sağlar.

(3) [M] ölçü alma düğmesi: Bu düğme de temel okumalarda kullanılır.

(4) Basma düğmeli anahtar: Bu düğme sürekli ölçüm alma durumunda kullanılır.

(5) On/Off switch: Ana bataryaların doluluk durumunu kontrol eder ve aynı zamanda SI veya CGS birimlerinin de seçiminde kullanılır.

4.4.3 SI ve CGS Birimleri

Alet ile bir veya birkaç boyutta süseptibilite değerleri direk okunabilir. Temel kütle ve hacim miktatıslanma katsayısı şöyle ele alınır:

Tablo 4.1 Kütle-hacim, SI-CGS ilişkisi

	Kütle (x)	Hacim(k)
SI	10^{-8} (kg)	10^{-5}
CGS	10^{-6} (gr)	10^{-6}

SI sisteminden CGS sistemine sayısal olarak geçiş, SI değerlerinin 4 'ye bölümü ile elde edilir. MS2 sistemi, bu işlemi kendiliğinden yapar (Morris 1990).

4.5 KALİBRASYON

Tüm sensörler, $q=1$ yoğunlukta olan suyun diyamanyetizmasında kalibre edilirler. Su için kütle süseptibilite değeri;

$$X = -0,72 \cdot 10^{-6} \text{ dır.} \quad (4.1)$$

Buna göre su için;

$$k = q \cdot x = 1 * (-0,72 \cdot 10^{-6}) \text{ cgs.} \quad (4.2)$$

yazılabilir (Morris 1990).

4.6 MS2 SİSTEMİNİN KULLANIM BİLGİLERİ

4.6.1 Ara Bağlantı

MS2 'den veri aktarımı için, RS232 ara kablosu, bilgisayar veya veri kayıtcısında sürekli olarak takılı kalmalıdır ve RS232 kablosunun bağlantısı, aletin arka panelinde dört ayrı iletim yoluyla sağlanır. Ancak ara kablosu kullanılmadan önce MS2 'den bilgisayara, [Z] veya [M] ölçümlerinin ASCII karakterlerle gönderilmesine dikkat edilmelidir (Morris 1990).

4.6.2 Batarya Şarjı (Laboratuvar Kullanımı)

Alete kablolarla bağlı olan adaptör, “switch” düğmesi yukarıdayken, bataryalara alternatif akım sağlar. Bundan sonra temin ediciden sürekli kullanım için yararlanılabilir.

4.6.3 Batarya Şarjı (Saha Kullanımı)

Saha için kullanılacak bataryalar, kullanılacak gün için gece boyu şarj edilmelidir. Tamamen dolum, aletin kapalı olmasıyla gerçekleşir. Bu ise, yaklaşık 16 saat sürmektedir. Aşırı yüklenmeyi önlemek amacıyla, şarjın 16 saatten fazla sürmemesine dikkat edilmesi gerekmektedir.

4.6.4 Batarya Kontrolü

Bataryaların durumu, batarya indükleme lambası ve batarya kontrol düğmesiyle saptanabilir ve lambanın renk durumu sunu gösterir;

Yeşil :Şarj kullanıma hazırdır.

Sarı :Şarj hemen hemen kullanıma hazırdır.

Kırmızı :Şarj edilmelidir.

Alçak batarya voltajı, ölçümlerde aşırı saçılmalara yanlış okumalara neden olmaktadır.

4.6.5 Ölçümlerin Alınması

Ölçü alınması sırasında, sensör tipi göz önüne alınmaksızın şu işlemler yapılır;

(1) [Z] sıfırlama düğmesine basılarak bir hava okuması alınır. Bu sırada gösterge boş görünecektir ve alet iki noktalı durumdayken meşgul olduğunu gösterecektir.

(2) Sensörün etkisi içinde kalmak koşuluyla, örnek yerleştirilir ve ölçüm [M] düğmesine basılarak alınır. Belirli bir süre sonra ölçüm değeri göstergede belirecektir.

(3) *0.1 duyarlılığındaki düşük manyetik özellik gösteren materyallerde saçılmalar görülür ve bunların düzeltilmesi gerekir. Bu işlem şöyle yapılır:

Burada R1 örnek ölçümü, R2 hava ölçümü ve Rc de düzeltme değeridir.

Ölçümler arasındaki zaman, mümkün olduğu kadar kısa tutulmaya çalışılmalıdır ve elde edilen değerlerde zamandan bağımsız olarak saçılmalar giderilmiş olur.

4.7 MS2B36 SENSÖR TİPİ

4.7.1 Genel Tanım

Bu sensör, 1" (25,4 mm.) ve 7/8" (23 mm.)'lik küp kutular ile kullanım için düzenlenmiştir. Ayrıca 10 ve 20 cc.'lik silindirik şişeler ve 1" 'lik silindiriksel çekirdekler ile toz numuneler de ölçülebilmektedir.

Bu sensör, maksimum 26 mm. dış, 24 mm. iç çaplı ve 23 mm. yükseklikteki 10 cc. 'lik örnek hacmi kullanılarak kalibre edilebilir. Eğer tek numune ölçümü yapılacaksa, doğru bir sonuç elde etmek için, sürekli düşük frekans (LF) aralığının seçimi gereklidir (Morris 1990).

4.7.2 Sensörün Kullanılması

Aşağıdaki ayarlamalar, yılda birkaç kez veya nadir örnek türleri için gereklidir.

4.7.2.1 Merkezleme

Örnek boşluğundaki örneğin tam olarak merkezlenmesi, hareketli plâkanın hareketsiz konuma ayarlanması ile mümkün olur. Bu ayarı tamamıyla gerçekleştirmek, operasyon kolu içindeki naylon vida ayarlanarak ölçüm alınması sırasında yapılabilir. ± 10 mm. maksimumlu sabit yükseklik ayarı mevcuttur. Bu amaçla kullanılan ve manyetik özelliği olmayan ayarlayıcı, kayıtçı kutusunun altındadır.

4.7.2.2 Karşılıklı Kalibrasyon

Frekansa bağımlı süseptibilitesi ihmal edilebilen bir materyal, yüksek frekans (HF) ve düşük frekans (LF) okumalarının karşılıklı kalibrasyonunun kontrolünü sağlayabilir. Sensör, % 0. 1'den daha iyi bir doğrulukla karşılıklı kalibre edilebilir ve çok nadir ayarlama ihtiyacı duyulur. Buna rağmen 10/1 oranında, tam olarak ölçümlene yapılabilmesi için, 3 mm.'lik bir vida, sensörün altında konumlandırılmıştır. HF duyarlılığı, yelkovan istikametinde döndürülerek artırılır. Kalibrasyon iki aşamada yapılır:

(1) Alet açık durumdayken, aletin altındaki kalibrasyon etiketi çıkarılır ve ayar vidası görülür. Sensör, hareketsiz olarak LF*1,0'a alınır ve alet bir süre [Z] sıfırda izlenir.

(2) Sensör üzerinde HF aralığı seçilir ve birkaç saniye switch düğmesi üzerinde ölçü tayini yapılır. MS2, (+) veya (-) İyonda oluşan kalibrasyon hatasını gösterecektir. HF duyarlılığı, mümkün olduğunca sifıra yakın olacak şekilde vida döndürülür.

4.7.3 Kalibrasyon Kontrolü

Kalibrasyon kontrolü, 10 cc.'lik pot içine iyice paketlenmiş manganez-karbonat içeriğiyle yapılabilir. Bu durumda, alet üzerinde $X=99,2 \cdot 10^{-6}$ emu/gr. değeri gözlenecektir. Bunun haricinde bu materyal %1 'den daha az frekans bağımlı süseptibilite gösterir.

4.7.4 Örnek Hazırlanması

Doğal örnekler asla ideal formda oluşturulamaz. Örneğin ilgili materyal su içinde bulunabilir, ilgisiz bir organik materyal ile karışmış olabilir. Böyle durumlarda ise, örneğin doğru yoğunluğu çok nadir olarak bilinir. Katı örnekler, kütleye suyun etkisini azaltmak için 500' nin üzerinde kurutulmalıdır.

Tablo 4.2: Küp Şekilli Numunelerin İçsel Hacim - % Doğruluk Tablosu

<u>Tanımlama</u>	<u>İçsel Hacim (mm - cc)</u>	<u>Doğruluk (%)</u>
10 ml. Silindirik şişe	10	1
20 ml. Silindirik şişe	20	2
1 "x1" çaplı silindir	12,27	1
7/8" küp	7,8	2
1" küp	12,16	5

Örnek şekli için standart uygulamalar, 10 cc.'lik örnek potu ile tanımlanır. Farklı hacimli örnekler kullanıldığında, bazı değişimlere neden olur. Ayrıca örnek içeriklerinin tamamen dolu olmasa da gerekmektedir. Diğer türlü kalibrasyon bozulacaktır. Aşağıda, kullanılan SI lindirikselsel potların ve küp şekilli standart numune kutularının boyutları ve içsel hacimleri toplu olarak çıkarılmıştır (Morris 1990).

5. BÖLGENİN STRATİGRAFİSİ VE TEKTONİĞİ

5.1 COĞRAFİ KONUM VE MORFOLOJİ

Büyük Menderes Grabeni ile Gediz Grabeninin kesiştiği alanın doğusunda yer alan Denizli Havzası genişleme tektoniğine bağlı bir morfoloji sunmaktadır. Yerleşim alanının güney tarafı yüksek dağlar ve sarp yamaçlarla kuşatılmış olup, kuzeye doğru gidildikçe daha düşük kotlarda yamaç molozu ve alüvyon yelpazesi niteliğinde kısmen daha yumuşak bir topografya hâkim olmaktadır.

Denizli, Ege ile İç Anadolu arasında yer yer birine veya diğerine yakın iklim özellikleri gösteren bir geçit bölgesi üzerinde olup, tüm olarak iklimi Ege Bölgesine nazaran biraz serttir ve Denizli Devlet Meteoroloji İstasyonu'nun verilerine göre yazın sıcaklık +40 ° C'ye kadar yükselir. Kışın da -10 ° C'ye kadar düşer. Esasen Denizli iklim bakımından İç Anadolu'ya yakın bir iklim vermektedir. Denizli toprakları, güneyde Akdeniz'in, batıda ise Ege Denizi'nin etkisi altına girer. Denizli ilinde dağlar denize dik olarak uzanmakta olduğundan, şehir batıdan gelen rüzgârlara açık bulunmaktadır. Kışlar ılık ve yazlar ise serin geçmektedir. Yağmur daha ziyade kış başlarına tesadüf eden zamanlarda yağmaktadır.

Denizli ili bitki örtüsü bakımından Ege Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve İç Anadolu arasında bir geçiş göstermektedir. Bununla birlikte Denizli'de orman varlığı büyük bir yer tutar. Son yıllarda park ve yeşil alanlarla birlikte ağaçlandırmada hızla artmıştır.

5.2 STRATİGRAFİ

5.2.1 Bölgesel Stratigrafi

Denizli il merkezi ve yakın çevresinde yüzeyleyen kaya birimleri; i) Neojen öncesi temel birimleri, ii) Neojen birimleri, iii) Kuvaterner birimleri olmak üzere 3 bölümde toplanabilmektedir. Bunlar sırasıyla açıklanmıştır.

5.2.1.1 Neojen Öncesi Temel Birimler

Okay (1989)'da Denizli havzasında Neojen öncesi temel birimler daha çok havzayı çevreleyen, dağlık horst alanlarında yüzeyleyler. Bunların çoğu Menderes masifine ait metamorfik kayalardır. Metamorfik kayalar üzerine yer yer bindirme ile yerleşmiş Mesozoyik-Alt Tersiyer yaşlı nap dilimlerinden oluşan allokton birimler "Likya napları" olarak bilindiği ortaya konmuştur. Menderes metamorfikleri, alttan üste doğru gnays, şist, kuvarsit ve mermerlerle temsil edilir (Şimşek 1984).

5.2.1.2 Neojen Birimleri

Taner (2001)'e göre Denizli havzasında Neojen (Üst Miyosen) birimleri Neotektonik dönemde alüvyal yelpaze, yelpaze deltası, göl ve akarsu ortamlarında depolanmış graben dolgularıdır. Tortul istifin toplam kalınlığı 3000 m'ye yakındır (Şekil 5.5). İstif önceki çalışmalarda alttan üste doğru Kızılburun, Sazak, Kolonkaya ve Tosunlar formasyonlarına ayrılarak incelenmiştir (Şimşek 1984).

Sistem	Seri	Kat	Askat	Kalınlık(m)	Litolojik Özellikler
Neojen	Miyosen	Üst	Ponsiyen		Alüvyon Yeni alüvyal yelpaze Eski alüvyal yelpaze
				300	İri taneli sarı renkli kumtaşı- konglomera ardalanması ve sert kalker merceği
				255	Gri - beyaz renkli marn
				765	İri taneli sarı renkli kumtaşı
				600	Beyaz renkli sert plaket kalker ve sarı renkli iri taneli kumtaşı ardalanması
			Meosiyen	175	Sıkı dokulu kalker
				300	Heyalanlı marn
				450	Kırmızı renkli fosilsiz konglomera
Paleozoyik					

Şekil 5.5:Denizli havzası Neojen-Kuvaterner istifinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Taner 2001)

5.2.1.2.1 Kızılburun Formasyonu

Taner (2001)'de birim ilk defa Sarayköy KB'sında tanımlanmıştır. Paleozoyik temele ait mermerler üzerine uyumsuz olarak gelen formasyon üstte Sazak Formasyonu ile uyumludur. Kalınlığı yer yer değişmekle birlikte en fazla 400-450 m. arasında ölçülmüştür. Alüvyal yelpaze ortamında çökelmiş kırmızı renkli çakıltaşlarından oluşan birimin yaşı Üst Miyosen (Meosiyen)'dir.

5.2.1.2.2 Sazak Formasyonu

Şimşek (1984)'de alttaki Kızılburun Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Sazak formasyonu başlıca marn, plaketli kireçtaşları ile devam eder. Sarayköy KB'sında Neojen istifinin Paleozoyik mermerler üzerine uyumsuz olarak gelen birim litolojik olarak, kırmızı renkli konglomeralar üzerine beyaz, açık krem-bej renkli marn ve plaketli kireçtaşlarıyla başlayıp, daha üst kısımlara doğru san renkli kumtaşı seviyeleri ile ardalanır ve en üste doğru giderek kum oranı artar. Bu seviyeler üzerine, orta-iri taneli san kumlar gelir ve istifin geriye kalan üst kesimleri gri-beyaz renkli marn, san kum, konglomeralarla sona erer.

5.2.2 Kuvaterner Yaşlı Çökeller

Konglomera, kumtaşı ve siltaşlarından oluşan alüvyal kökenli çökeller Asartepe Formasyonu olarak ayırtlanmıştır. Adlama ilk kez Ercan ve diğ. (1977) tarafından kullanılmıştır. Formasyona, stratigrafik konumu nedeniyle Ercan ve diğ. (1977) tarafından Pliyo-Kuvaterner yaşı verilmiştir.

Genelde kızılımsı, turuncu, yer yer kirli beyaz ve sarımsı renklerin görüldüğü, orta-kalın ve az belirgin tabakalarına gösteren çakıltaşı-kumtaşı-siltaşı-çamurtaşı düzensiz aralanmasından oluşur. Yer yer kıltaşı ve marn mercikleri de içermektedir. Çakıllar çoğunlukla temel kayalara ait ve kuvarsit, kuvars-şist, fillat ve mermer gibi metamorfik kayaç çakıllarıdır. Kötü boylanmalı olan konglomeralarda çakıl boyutları 15-20 cm'ye ulaşabilmekte, zaman zaman da blok büyüklüğüne çıkmaktadır ve birimin kalınlığı 50-150 m. arasında değişmektedir.

Asartepe Formasyonu'nun içerdığı çökel topluluğu, temelin oluşturduğu topografya üzerinde akan, alüvyon yelpazesiyle başlayıp, örgülü ve menderesli akarsu çökelleriyle devam eden bir flüvyal ortamı yansıtmaktadır. Kötü boylanmalı ve köşeli elemanlar içeren konglomeralar alüvyon yelpazeleri ortamda, marn, kumtaşı ve silttaşları ise akarsuyun menderesli kanallarında oluşmuştur ve flüvyal ortam hiçbir zaman bir göl ortamına ulaşmamıştır (Sun 1990).

5.3 BÖLGENİN TEKTONİĞİ

Ege bölgesinin başlıca jeolojik unsurları şunlardır; Metamorfik topluluklar, Neojen havza çökelleri, Oligo-Miyosen'den başlayıp Kuvaterner'e kadar aralıklarla gelişimini sürdürmüş magmatik topluluklar; graben havzaları, Ege denizel ortamı, Menderes Masifi ve Ege adalarındaki orta metamorfik masifler kuşağının devamıdır.

Şen (2004)'de Neojen çökelleri, Ege adalarının hemen hepsinde ve Batı Anadolu'da yaygındır. Çökelme, genellikle Erken Miyosen'de karasal bir ortamda başlamış, çoğunlukla birbiriyle bağlantılı ve düşük enerjili bir gölsel ortamda gelişmiştir. Bu ortamın en yaygın birimleri bitümlü şeyllerdir. Bu gölsel ortam, Çanakkale dolayından güneye, Muğla'ya kadarki geniş bir kuşakta, Batı Anadolu'da ve o dönemde Ege Denizinin bulunduğu alanda yer alan karasal ortamda, yaygınca gelişim gösterilmiştir.

Geç Miyosen, Batı Anadolu ve günümüzdeki Ege Denizi alanında yeni bir tektonik dönemin (K-G gerilmenin) başlangıcıdır. K-G gerilme sisteminin ilk belirgin ürünü Menderes Masifinin Bozdağ çevresinde bir horst halinde yükselmesidir. Bu yükselimi sınırlayan listrik normal fay sistemi, masifin üst kesiminde yer alan kaim bir örtüyü tektonik yoldan sıyırmış ve masifin çekirdek kayalarını ortaya çıkarmıştır. Yükselen bu horsttan çevreye, hızla, kalın bir kaba klastik depolanması başlamıştır. Bu kırmızı renkli kaba klastikler, yükselimden uzaklaştıkça ince kırıntılılara, çamurtaşlarına ve gölsel kireçtaşlarına geçmektedir. Bu dönemde, D-B gidişli grabenler henüz gelişebilmiş değildir. Gölsel ortam, kuzeye ve güneye doğru çok geniş alanları kaplamaktadır (Şen 2004).



Şekil 5.6:Denizli ve yakın çevresinin yer bulduru haritası

5.4 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Denizli horst-graben sistemi doğu ve kuzeydoğuda yer alan 3 grabenin (Alaşehir, Küçük Menderes ve Büyük Menderes) bulunduğu bir yerde, Batı Anadolu genişleme bölgesinde yer almaktadır. Bu grabenlerin birleşim noktasındaki Neojen-Kuvaterner havzasına Westaway (1990, 1993) tarafından da Denizli Havzası adı verilmiştir (Şekil 5.6). Yapısal bir bağlantı durumunda olan Denizli Havzası kıtasal genişlemenin tarihsel evriminde çok önemli bir rol oynamaktadır. 7-28 km genişlikte, 62 km uzunluktadır (Koçyiğit 2005).

Denizli Havzası güneyde KD'ya eğimli ve 2000 m yüksekliğe sahip, kuzeyde GB'ya eğimli ve 700 m yüksekliğe sahip topoğrafik yükselimlerle sınırlıdır. Bu yükseltelerin aktif normal faylarla oluştuğu Şaroğlu (1992), Westaway (1990, 1993) tarafından yorumlanmıştır.

Çalışma alanında Büyük Menderes-Gediz ve Baklan grabenlerinin kesiştiği bir bölgedir. İnceleme alanında Paraotokton, Alloktion ve geç Otokton olmak üzere üç tektonik birim mevcuttur (Özler 1996). Paraotokton birimleri, Paleozoyik'e ait Göktepe ve Yeniköy formasyonundan oluşmaktadır. Mesozoyik yaşlı Karateke ve Kılıçtepe formasyonları Paraotokton birimlerin üzerine gelir. Alloktion konumlu Batı Anadolu napları (Elmalı) Honaz formasyonunun şeylleri, Gereme formasyonunun dolomitleri ve Çökelez formasyonunun kireçtaşları üzerinde Mentеше ofiyolitleri ve önünde Bozkaya melanji olduğu halde inceleme alanına yerleşirler. Bu birimler üzerine Tersiyerdeki Geç Otokton birimleri, Eosen yaşlı İnceler formasyonunun okyanus ve göl çökelleri, Pliyosendeki granleşmeyle birlikte Kızıldere, Sazak ve Acıdere formasyonları, Kuvaternerde ise Gökdere formasyonu ve alüvyon yeralır (Özler 1996).

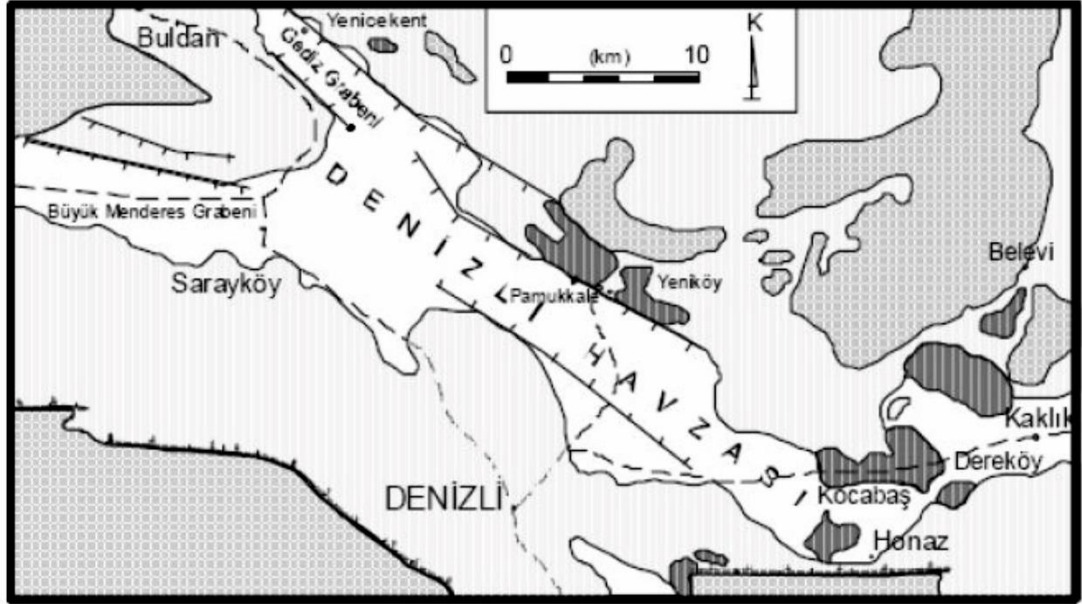
Çürüksu havzasında hakim kırık, eklem ve çatlak sistemlerinin doğrultuları D-B doğrultulu Büyük Menderes grabenine, KB-GD doğrultulu Gediz grabenine ve KD-GB doğrultulu Baklan Grabenine paralellik gösterir (Özler 1996).

Denizli dolayında Miyosen'den sonraki dönemde dört grabenleşme evresi oluşmuştur (Dumont ve diğ. 1979). Normal faylardan oluşan grabenler sıkışma fazını izleyen ve ona dik yönde çekme gerilmelerine bağlı gelişmiştir. Geç Miyosen'den sonra oluşan normal fay takımları genelde eğim atımlı normal faylardır. Yüzey 700-800 arasında ölçülen eğimler derinlere inildikçe azalır (Özler 1996).

İnceleme alanında Babadağ horstu, Büyük Menderes grabeni, Baklan horstu, Gediz grabeni ve Yenice hortu bulunmaktadır. Babadağ, Göktepe, Bölmekaya ve Yenice fayları bu sistemi oluşturan ana faylardır. Büyük Menderes ve Gediz grabenleri Denizli'nin KB'sında Sarayköy önlerinde kesişirler. Büyük Mendere grabenini kesen Gediz grabeninin fayları sağ yönlü bir fay sistemidir. Bu fayların önlerinde de basamaklı sentetik fay takımları gelişmiştir (Konak ve diğ. 1987).

Özler (1996)'de inceleme alanının güneyinde Babadağ fayı, doğuya doğru ilerleyen Honaz dağımı kuzeyden sınırlar. 300 m. atımlı 550 eğimli Karateke fayı Sazak formasyonunun tektonik dokanağının oluşturur. Çökelez fayının eğimi 850 güneyedir. Bu faylara paralel olarak gelişen ve atımı 175 m. olan sentetik fay takımlarının eğimi 800 güneyedir.

Pliyosendeki K-D doğrultulu sıkışma rejimi döneminde aynı doğrultuda faylar oluşmuştur. K-G yönündeki sıkışmadan sonra inceleme alanında gerilme olmuş ve BKB-DGD ve KD-GB doğrultulu büyük normal faylar gelişmiştir. Önemli düşey atıma sahip olan bu faylar Dağdere formasyonunu kesmekte fakat Kızılburun formasyonu ile ilişkileri bilinmemektedir (Özler 1996). Dolayısıyla, bu fayların (Honaz, Sınırçam ve Karateke) Akitaniyenden sonra oluştuğu söylenebilir. Honaz fayı Honaz formasyonunun güney ve batıya doğru yayılımını sınırlayan önemli bir tektonik hattır. Honaz fayının güneybatı bloğunun atımı 1000 m'dir.(Okay 1989). Mentеше ofiyolitinin batı sınırını oluşturan Sınırçam fayı Honaz dağının doğu yamacı boyunca 11 km. izler (Özler 1996).



AÇIKLAMALAR

	Traverten		Diri - Normal Fay
	Kuvaterner Çökelleri		Dokanak
	Neojen Kayalar		Yol
	Neojen Öncesi Temel Kayalar		Yerleşim Yeri

Şekil 5.7:Denizli Havzası'nın sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Altunel. 1996)

5.5 ÇALIŞMA ALANININ HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ

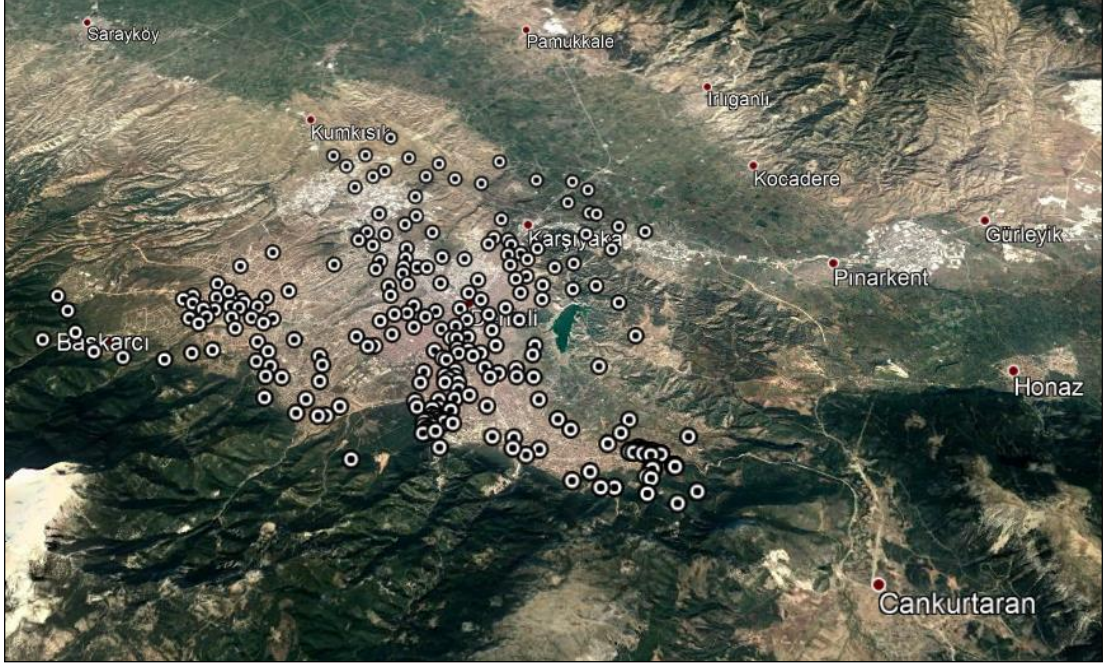
Bölgede masif ve grabenler içerisine giren magma sokulumları, grabenleri sınırlayan faylar ve kırık zonlarında jeotermal enerji sisteminin oluşumuna neden olmuştur. Dolayısı ile Denizli havzasında çok sayıda sıcak su çıkışının olduğu termal alanlar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları Tekke, Hamam, Kızıldere, Kamara, Yenice, Gölemezli, Karahayit, Pamukkale ve Bilmekaya'dır (Erees ve diğ. 2007). Bunlar arasında en önemlileri Pamukkale ve Kızıldere jeotermal alanlarıdır. Yüzeye ulaşan sıcaklık, 35 °C ile 90 °C arasında değişmektedir. Ayrıca, bölgede, özellikle Kızıldere jeotermal sahası dolaylarında, sıcak su çıkışının yanısıra çok sayıda buhar çıkışının olduğu da bilinmektedir. Erees ve diğ. (2007)'ye göre sıcak sular fayların vadiyi kestiği noktalardan, buhar ise yükselimlerden ve tepelerden gelmektedir.

6. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

6.1 ÖN ETÜT

Çalışmaya başlamadan önce bölgeye ait topoğrafik ve jeolojik harita temin edilerek, bölgenin topoğrafyası ve jeolojik birimler hakkında ön bilgi elde edilmiştir. Ayrıca, arazi çalışmaları esnasında gerekli olabilecek araç ve gereçler tespit edilmiştir.

Bölgede yapılacak jeofizik çalışma esnasında, gerek numune alınışında gerekse çalışma koşullarının saptanmasında karışılabilir olan güçlüklerin önceden saptanması ve arazinin tanınması amacıyla, bölgede bir ön etüt yapılmıştır (Şekil 6.8).



Şekil 6.8: Yer bulduru haritası ve numunelerinin çalışma alanı içindeki dağılımı

6.2 ARAZİ ÇALIŞMALARI

Çalışmaya çıkılmadan önce, çalışılacak olan bölge hakkında bilgi edinilmiş ve danışman hoca ile karşılıklı ön çalışma yapılmıştır. Daha sonra Manyetik süseptibilite için okuma yapan aletin şarjının tam dolu olmasına dikkat edilmiştir. MS sensörü en az 8 saat şarj edildikten sonra yaklaşık gün boyu kullanıma hazır hale gelebilmektedir. GPS pilleri kontrol edilmiş, numune almak için gerekli aletler hazırlanmıştır.

Arazi için hazırlıklar tamamlandıktan sonra sahaya çıkılarak MS2D arazi sensörü ile okumalar yapılmıştır. Her okuma yapılan yerden en fazla 5 cm. derinlikten numune alınarak laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen numuneler daha sonra laboratuvar çalışmaları bölümünde anlatılacaktır.

Arazide MS2 aletiyle okuma yapılırken öncelikle dikkat edilecek husus aletin şarj ışığının kesinlikle yeşil yanmasıdır. Eğer ışık sarı ise şarj azalmış, kırmızı ise batarya boşalmış demektir. Sarı ve kırmızı ışıklar yanarken sensör okumaları kesinlikle yanlış olmaktadır. Doğru okumak için ışık mutlaka yeşilde olmalıdır.

6.2.1 Sahada MS2D İle Okuma Aşamaları

6.2.1.1 Okuma İçin Yer Seçimi

Okuma için önce düz, az çakıllı veya çakılsız temiz bir ortam seçilmiştir (Şekil 6.9). Eğer ortam çimenlik, taşlı veya okuma yapmaya mani bir şey varsa bunlar çekiç, tırmık veya kürek ile temizlenmiş ve sensör için yatay bir zemin elde edilmiş olur.

6.2.1.2 Yer Tespitinden Sonra Zeminin Düzenlenmesi

Okuma için yer tespit edildikten sonra sensörün konulacağı yer düzgün bir zemin haline getirilmiştir. Yani sensörün tamamının yer ile temas etmesi sağlanmıştır.

6.2.1.3 Okuma İşlemi

Arazide zemin okuma için hazır hale geldiği zaman sensör tam olarak yüzey ile teması sağlanarak önce MS sensörü ayarlanarak SI okuması yapılmış, daha sonra sensör havaya kaldırılarak sıfırlama işlemi yapılmıştır (Şekil 6.9), daha sonra sensör CGS konumuna getirilerek CGS okuması yapılmıştır (Şekil 6.10).



Şekil 6.9:SI ve CGS okumaları arasındaki Propun havaya kaldırılarak senserön sıfırlanması



Şekil 6.10:Sahada MS2D sensörü ile okuma yapmak için yer seçimi ve değerlerin kaydedilmesi

6.2.1.4 Okumaların Kayıt Edilmesi

Bu okumalar yapıldıktan sonra, okuma yapılan her nokta önce GPS'e, daha sonra bu okumalar bir arazi defterine kayıt edilmiştir (Şekil 6.10).

6.3 ARAZİDE ALINAN OKUMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tüm çalışma boyunca MS2D okuması yapılan 251 noktadan numune alınmıştır. Ayrıca bu çalışmada önemli olan diğer parametre, ölçüm ve numunenin alındığı noktanın jeolojisidir. Bölgenin üst kısmı konglomera, kumtaşı ve silttaşlarından oluşan alüvyal kökenli çökellerle birlikte ince – iri çakıllı, kireçtaşı kırıntıları içeren, kumlu ve genel olarak bitkisel topraktan oluşmaktadır.

Tablo 6.3: MS2D ile saha ölçümleri, koordinat verileri ve lokasyon özellikleri

NUMUNE	KOORDİNAT		YÜKSEKLİK (m)	SI($\times 10^{-8}$)	CGS ($\times 10^{-6}$)
	Y	X			
H001	690716	4178881	449	28	23
H002	689608	4177394	480	44	36
H003	689721	4177361	589	71	52
H004	689760	4177680	551	105	104
H023	689541	4178335	494	47	36
H024	689505	4178357	504	42	47
H025	689443	4178427	480	142	94
H026	689415	4178440	478	69	52
H027	689303	4178321	491	29	22
H037	687350	4179452	500	88	54
H038	686828	4180151	390	24	17
H039	686651	4180985	368	71	48
H040	686632	4182223	352	74	44
H056	684675	4180425	442	46	40
H057	683651	4180616	478	111	99
H077	685319	4181286	404	56	44
H078	685484	4180927	398	89	68
H079	684651	4180684	434	122	93
H080	681666	4179601	557	11	7
H083	680744	4179824	594	341	259
H084	680984	4180529	554	14	11
H097	680006	4182146	484	203	137
H148	682621	4186268	348	471	374
H149	683313	4187051	307	69	48
H174	685733	4183716	334	28	15
H180	686587	4181855	383	46	33
H183	685701	4181091	396	53	31
H193	684092	4179407	489	111	74
H194	684064	4179645	483	79	51
H195	683924	4178720	546	116	89
H204	688813	4176937	700	1	1
H205	688477	4176914	705	1	1
H208	690819	4176802	743	1	0
H234	681579	4187887	337	34	32
H270	689765	4187299	261	12	18

Arazi çalışmalarında Denizli yerleşim alanından alınan tüm numuneler değerlendirilerek SI ve CGS anomali haritaları oluşturulmuştur.

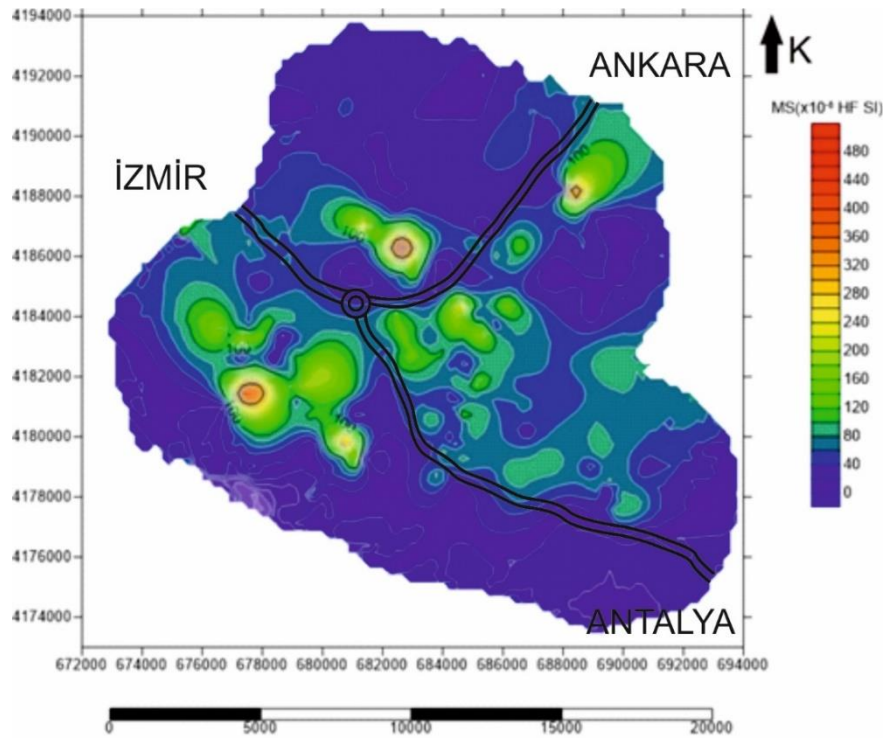
Sahadan alınan SI ölçümlerinin (Tablo 6.2) MS haritasında ki anomali değerleri 0×10^{-8} SI ile 471×10^{-8} SI aralığında değişmektedir. Alınan CGS ölçülerinin (Tablo 6.2) MS haritasında ki anomali değerleri 0×10^{-6} CGS ile 374×10^{-6} CGS aralığında değişmektedir.

Çalışma boyunca sahada alınan toplam ölçüm sayısı 251 tane dir.

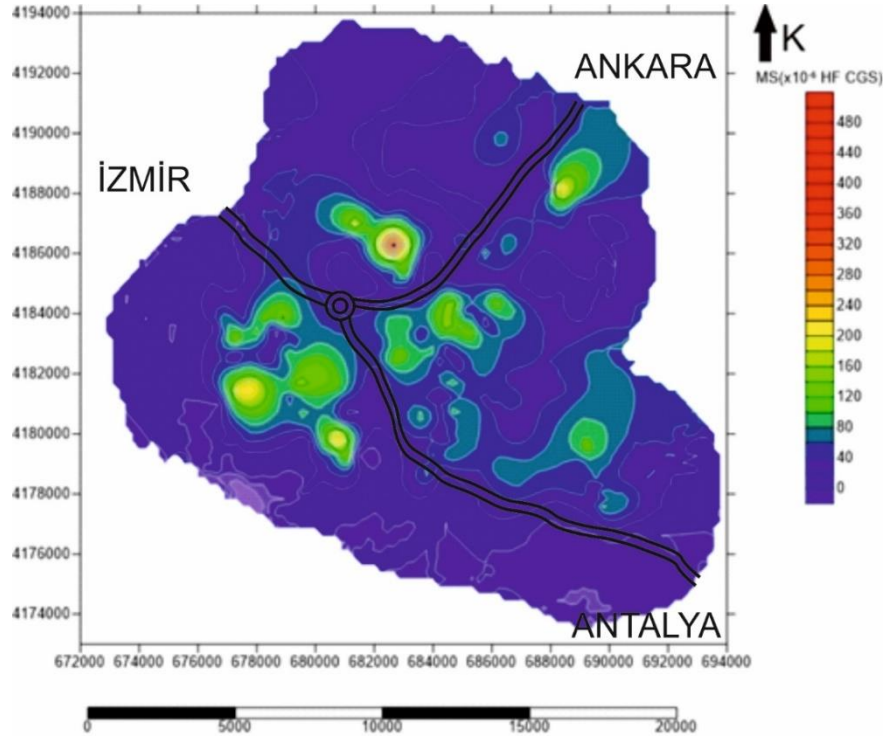
Kontur diyagramlar incelendiğinde çalışma alanının merkezinde ağır metal kirliliğinin yoğun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu anomalilerin sebebi incelendiğinde en büyük anomalinin olduğu bölge H148 numunesidir. Bu nokta Denizli ili merkezinde bulunan sanayi yapılarının yoğun bulunduğu bölgeye okunmuştur. Cihazdan okunan ve anomaliye sebep olan SI değeri 471×10^{-8} , CGS değeri ise 374×10^{-6} 'dır. Buradaki anomalinin sebebi sanayi atıklarının ve egzoz gazının yoğun bulunduğu bir nokta olmasıdır ve bunun ağır metal kirliliğini artırmış olmasıdır.

Diyagramdaki bir başka anomali de H094 numunesini alındığı noktadadır. Bu noktadaki anomalinin sebebi Denizli ili insan yerleşiminin olduğu bölgelerden birinde olmasıdır. İnsan nüfusunun arttığı noktalarda insan kaynaklı çevre kirliliği de artmaktadır, bu da ölçülen değerlerdeki anomalilere sebep olmaktadır.

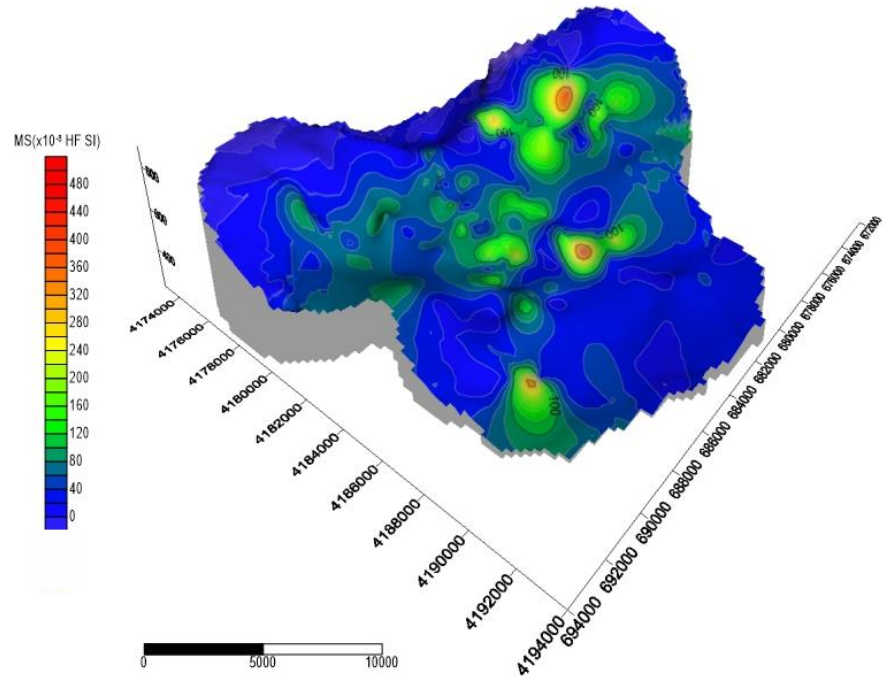
Kontur diyagramında en düşük anomalilerin bulunduğu noktalardan biri H207 ölçümünün bulunduğu noktada, Denizli ilinin güney batısında bulunan Neojen yaşlı Babadağ yükseliminin temel kayaları üzerinde yapılan ölçümdür. Bu noktada SI değeri 0×10^{-8} , CGS değeri 1×10^{-6} çıkmıştır. Bu noktadaki düşük anomalinin sebebi ölçümün Neojen yaşlı kireçtaşlarında okunmuş olmasıdır (Şekil 6.11).



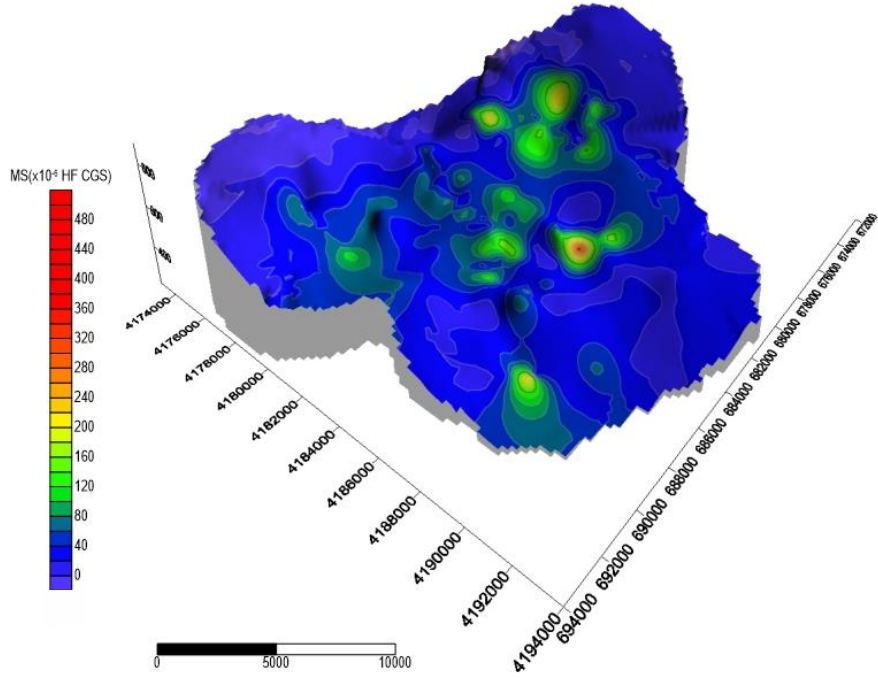
Şekil 6.11:MS2B sensörü ile saha numunelerinin SI anomali haritası



Şekil 6.12:MS2B sensörü ile saha numunelerin CGS anomali haritası



Şekil 6.13:MS2B sensörü ile saha numunelerin 3 Boyutlu SI anomali haritası



Şekil 6.14:MS2B sensörü ile saha numunelerin 3 Boyutlu CGS anomali haritası

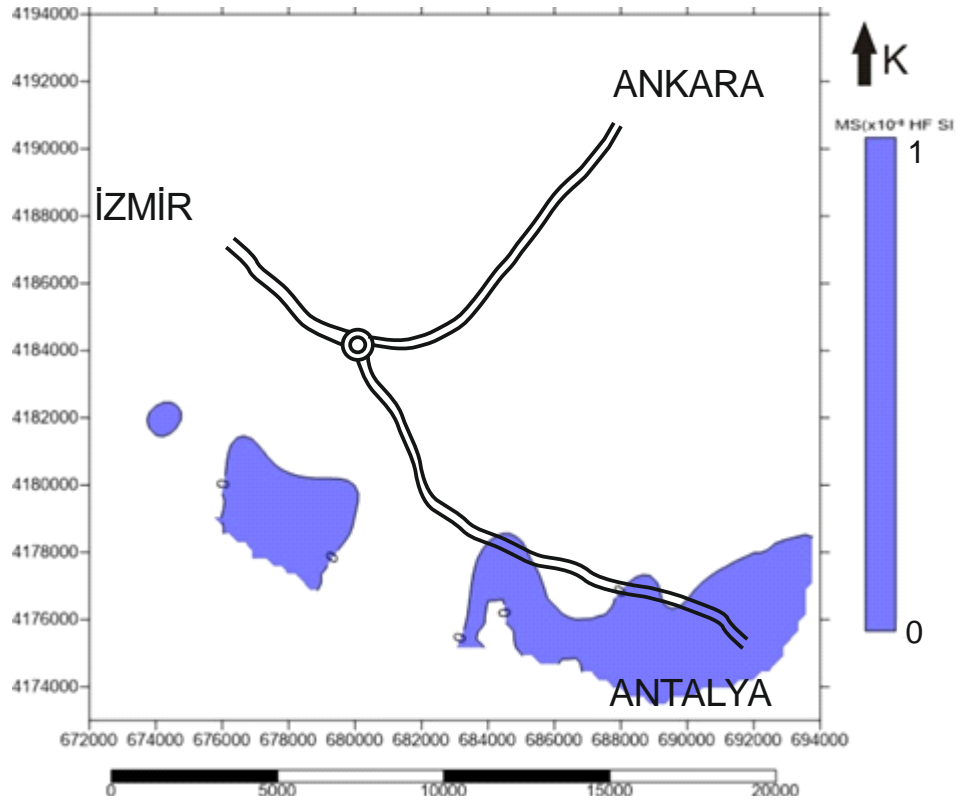
6.4 SAHADA OKUNAN YÜKSEK ANOMALİ DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışma boyunca yapılan tüm okumalar değerlendirildiğinde çalışma alanının yüksek kotlu noktalarında düşük anomali değerleri okunduğu görülmüştür. Bu okuma noktaları düşük anomali vermesinden dolayı özel olarak değerlendirilmiştir. Bu anomali veren noktaların tamamı Neojen yaşlı kireçtaşlarının üzerinde yapılan okumalardır.

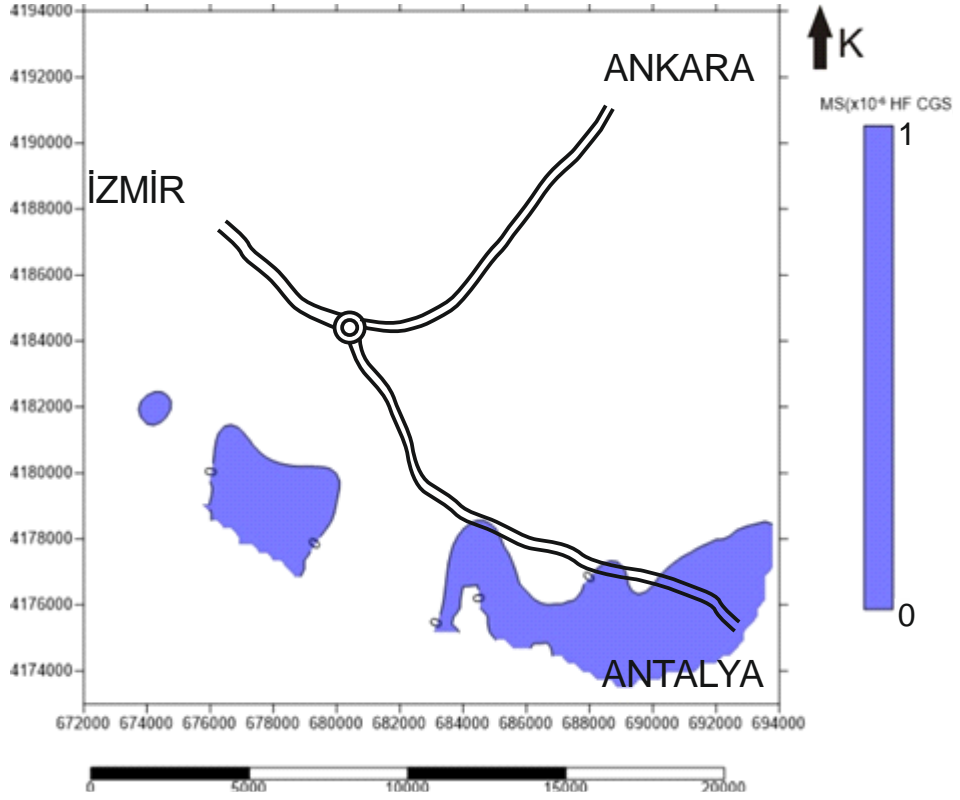
Tablo 6.4: Düşük anomali gösteren MS2D ile saha ölçümleri, koordinat verileri ve lokasyon özellikleri

NUMUNE NO	KOORDİNAT		YÜKSEKLİK (m)	SI ($\times 10^{-8}$ HI)	CGS ($\times 10^{-6}$ HI)
	Y	X			
H210	684394	4178282	544	0	1
H212	679671	4179788	644	0	1
H217	674128	4181896	845	0	1
H204	688813	4176937	700	1	1
H205	688477	4176914	705	1	1
H208	690819	4176802	743	1	0
H213	676761	4181018	727	1	0

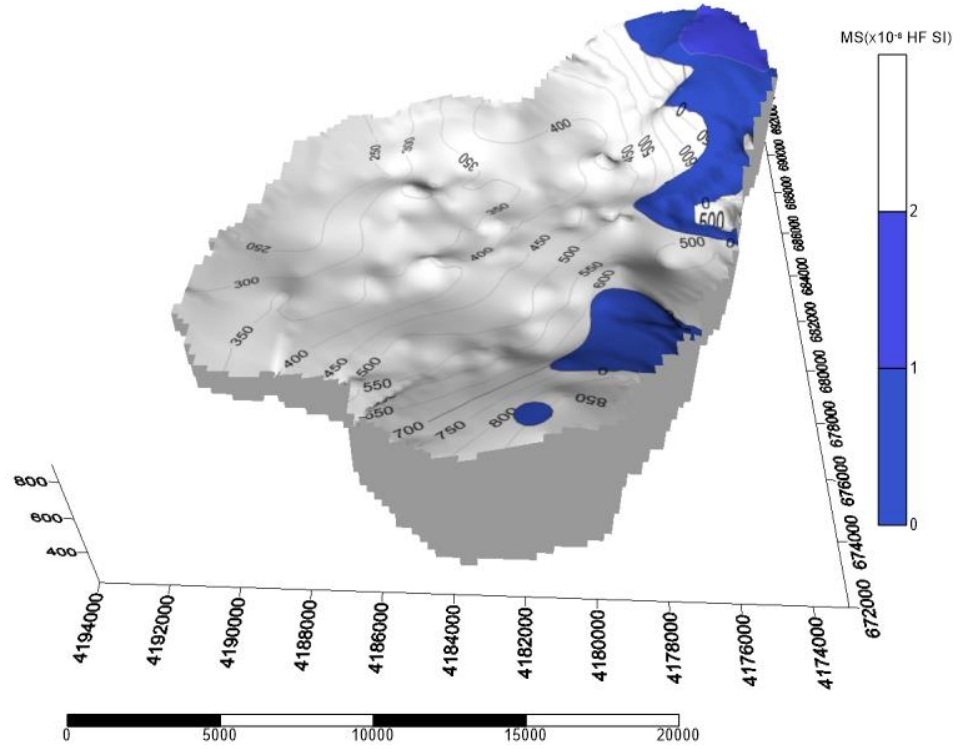
Bu çalışma boyunca yapılan tüm okumalar değerlendirildiğinde çalışma alanının yüksek kotlu noktalarında düşük anomali değerleri okunduğu görülmüştür. Bu okuma noktaları düşük anomali vermesinden dolayı özel olarak değerlendirilmiştir. Bu anomali veren noktaların tamamı Neojen yaşlı kireçtaşlarının üzerinde yapılan okumalardır. Anomali haritalarında beyaz ile gösterilen bölümler 1×10^{-6} SI değerlerinden daha yüksek değerleri temsil etmektedir (Şekil 6.15).



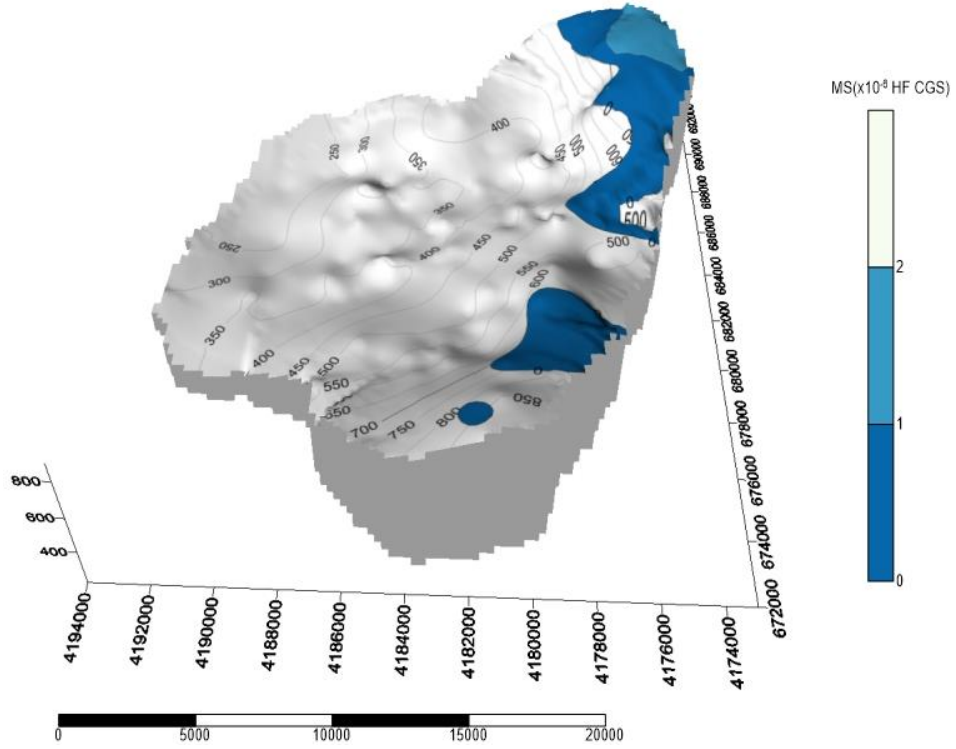
Şekil 6.15:Düşük anomali gösteren MS2B sensörü ile saha numunelerinin SI anomali haritası



Şekil 6.16:Düşük anomali gösteren MS2B sensörü ile saha numunelerin CGS anomali haritası



Şekil 6.17:MS2B sensörü ile saha okumalarının SI anomalilerinin 3 Boyutlu yükseklik haritası üzerinde gösterilmesi

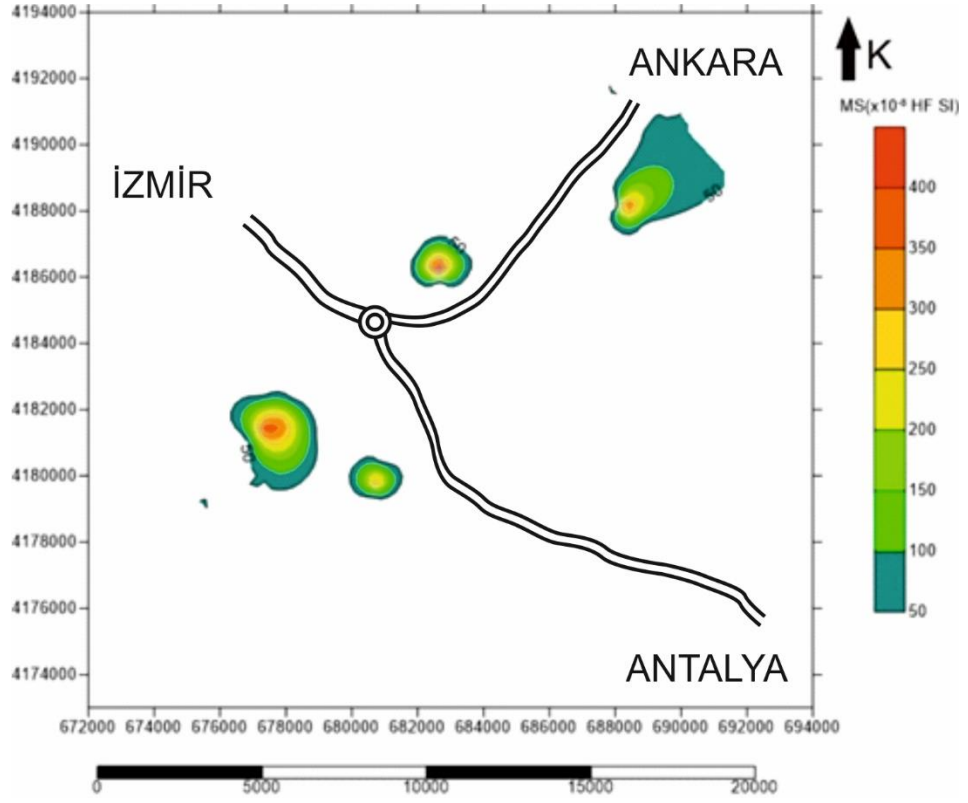


Şekil 6.18:MS2B sensörü ile saha okumalarının CGS anomalilerinin 3 Boyutlu yükseklik haritası üzerinde gösterilmesi

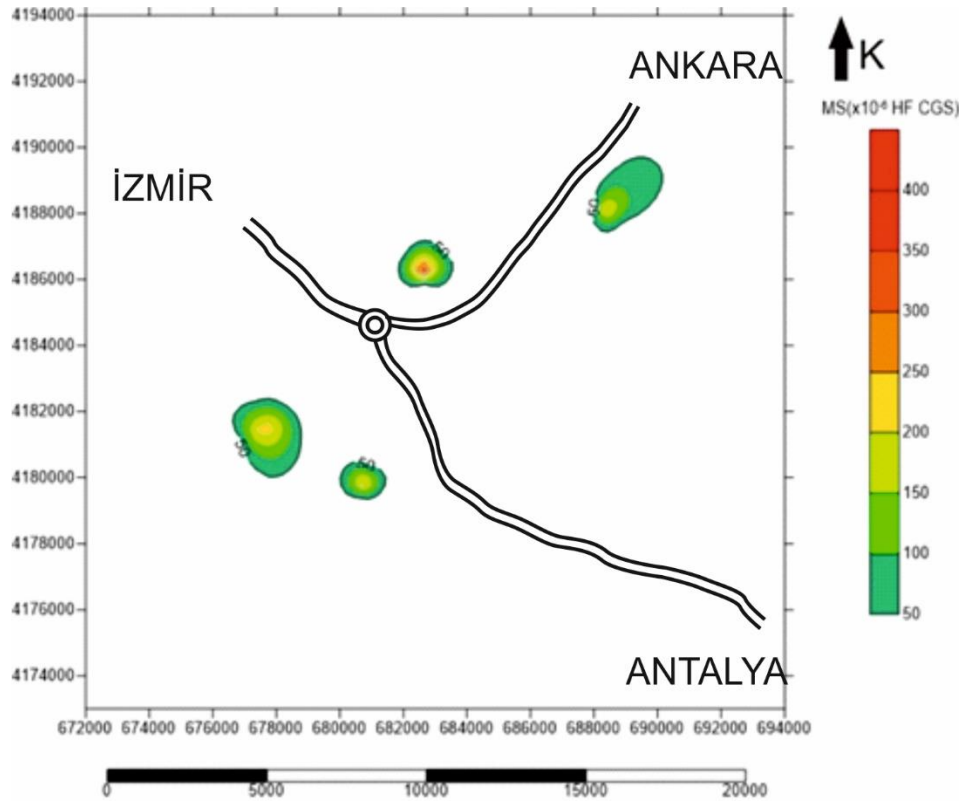
Tablo 6.5: Yüksek anomali gösteren MS2D ile saha ölçümleri, koordinat verileri ve lokasyon özellikleri

NUMUNE NO	KOORDİNAT		YÜKSEKLİK (m)	SI ($\times 10^{-8}$ HI)	CGS ($\times 10^{-6}$ HI)
	Y	X			
H083	680744	4179824	594	341	259
H093	677892	4181582	583	346	221
H094	677377	4181411	637	407	218
H268	688281	4188143	244	421	258
H148	682621	4186268	348	471	374

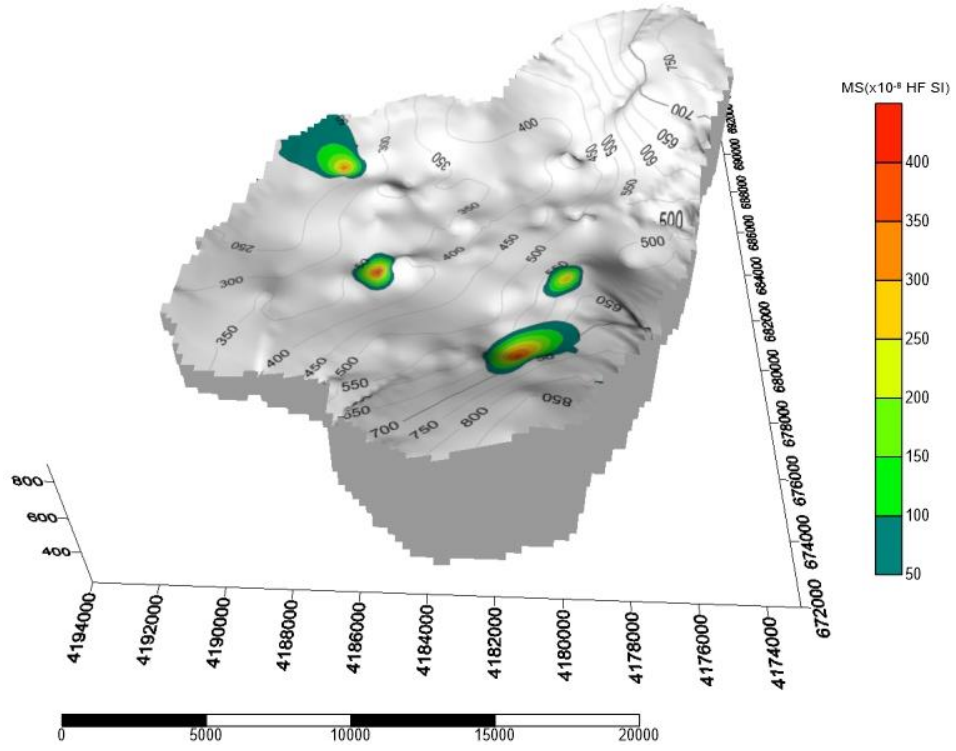
Arazide yapılan okumalar değerlendirildiğinde en yüksek okumaların yerleşim alanlarında nispeten düşük kotlarda, insan ve trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde olduğu gözlenmiştir. Anomali haritalarında beyaz ile gösterilen bölümler 50×10^{-6} SI değerlerinden daha düşük değerleri temsil etmektedir(Şekil 6.19).



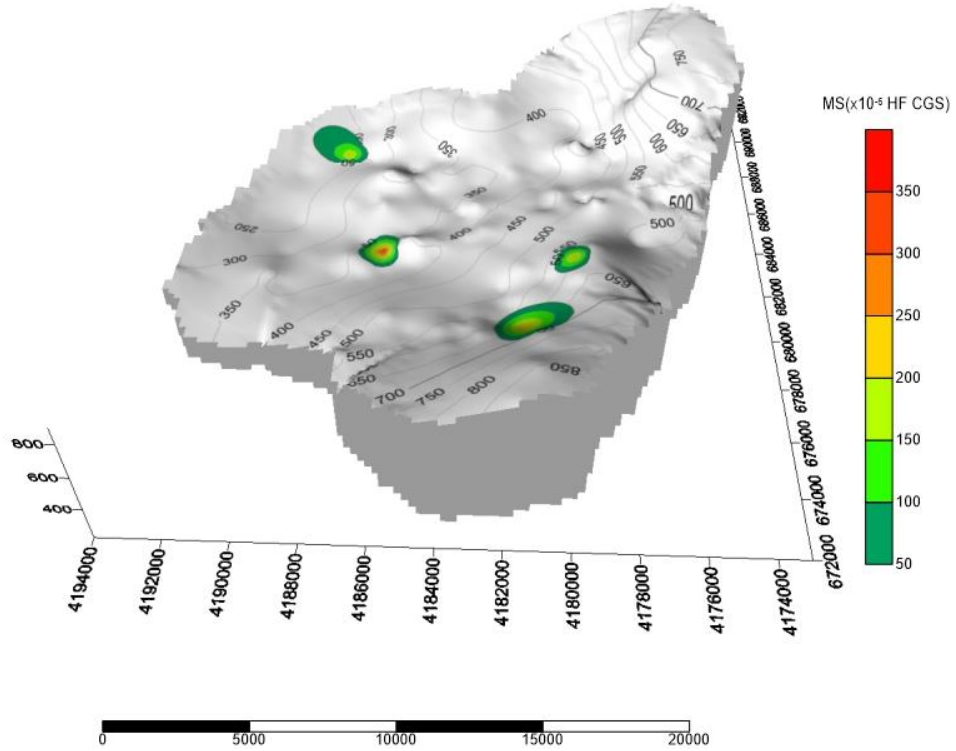
Şekil 6.19:Yüksek anomali gösteren MS2B sensörü ile saha numunelerinin SI anomali haritası



Şekil 6.20:Yüksek anomali gösteren MS2B sensörü ile saha numunelerinin CGS anomali haritası



Şekil 6.21:MS2B sensörü ile saha okumalarının yüksek SI anomalilerinin 3 Boyutlu yükseklik haritası üzerinde gösterilmesi



Şekil 6.22:MS2B sensörü ile saha okumalarının yüksek CGS anomalilerinin 3 Boyutlu yükseklik haritası üzerinde gösterilmesi

7. SONUÇLAR

Bu çalışma ile ağır metal kirlilik dağılımlarının ortaya konulmasında manyetik süseptibilitenin, pratik oluşuyla daha maliyetsiz bir yöntem olduğunu göstermeye çalışılmıştır.

Saha ve yol numuneleri ile elde edilen süseptibilite haritaları ile kirliliğin boyutu gösterilebilmektedir. Bu çalışmada ppm değerlerinin artması ile kirliliğin ve süseptibilite değerlerinin arttığı ortaya konulmuştur. Bu işlem çok kısa zamanda ve ucuz bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu noktadan diğer çevre kirlilik analiz yöntemlerinden pratik olduğu ortadadır. Süseptibilitenin, bu şekilde kirlilik ve ağır metal konsatrasyonunun ortaya konulmada kullanılması süseptibilitenin kullanım alanında yeni boyutlar kazandırılmıştır.

Alınan tüm okumalar değerlendirilip çizilen haritalar incelendiğinde çalışma alanının düşük kotlu noktalarında ağır metal kirliliğinin arttığı sonucuna varılmıştır. Bunun nedeninin çalışma alanının da içinde bulunduğu Denizli ili yerleşim alanının içinde bulunduğu horst-graben sistemidir. Denizli ili güneyde KD'ya eğimli ve 2000 m yüksekliğe sahip, kuzeyde GB'ya eğimli ve 700 m yüksekliğe sahip topoğrafik yükselimlerle sınırlıdır. Havza içindeki ağır metal kirliliğinin yüksek olması havza içerisinde yoğun insan yerleşimi ve çevresel atıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca yapılan ölçümler sonucu oluşturulan diyagramlar incelendiğinde yüksek anomalilerin çalışma alanında bulunan Denizli ili yerleşim alanını temsil ettiği, düşük değerlerin ise Neojen öncesi temel kayaları temsil ettiği görülmüştür. Ağır metal kirliliğinin en önemli sebeplerinden biride evler, fabrika ve tesislerin bıraktıkları atıkları olduğu düşünülmektedir.

Bu kirliliklerin insan üzerinde etkisinin boyutu her geçen gün artmaktadır. Bunun göstergesi artan kanser vakalarıdır. Bunun yanında ekosisteme verdiği zarar boyutu da oldukça büyüktür. Bu kirliliği azaltmak için çevreye atık bırakılmamalı ve mümkün olduğunca toplu taşıma tercih edilmelidir.

8. KAYNAKLAR

Aydın, A., “Bayburt – Saruhan Skarn Zonunun Süseptibilite ve Manyetik Ölçümleri ile Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeofizik Mühendisliği, Uygulamalı Jeofizik, Trabzon, (1994).

Altunel. E., “Pamukkale Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri, Yaşları ve Neotektonik Önemleri”, *MTA Dergi*, 118, 47-64, (1996).

Beckwith, P.R., Ellis, J.B., Revitt, D.M. and Oldfield, F., “Heavy metal and magnetic relationships for urban source sediments”. *Phys. Earth Planet Interiors* 42, 67-75, (1986).

Beckwith, P.R., Ellis, J.B. and Revitt, D.M., “Applications of magnetic measurements to sediment tracing in urban highway environments” *Sci. Total Environment* 93, 449-463, (1990).

Dondurur, D., ve Livaoglu, S., “Yeniay – Çamburnu Bölgesinin Manyetik Süseptibilite Ölçümleri ile Kirlilik Analizi”, Bitirme Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Jeofizik Mühendisliği, Uygulamalı Jeofizik, Trabzon, (1994).

Ercan, T., Dinçel, A., Günay, E., ve Türkecan, A., “Uşak Yöresinin Jeolojisi ve Volkanitlerinin Petrolojisi”, *MTA Dergisi*, No: 6354, (1977).

Erees, F. S., Aytaş, S., Sac, M. M., Yener, G., and Şalk, M. Radon “Concentrations In Thermalwaters Related To Seismic Events Along Faults In The Denizli Basin,Western Turkey”, *Radiation Measurements*, 42, 80-86, (2007).

Jahren, C. E., “Magnetik Suceptibility of Bedded Iron-Formation, Geophysics”, *Geophysigs*, 28(5), 756 – 766, (1963).

Johnson, A., Specialist Field Evalation, Oxford Archaeo Technics, Oxford, (1988).

Koçyiğit, A., “The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension: ba-sin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutio-nary history, SW Turkey”, *Geodinamica Acta*, 18(3-4), 167-168, (2005).

Konak, N. Akdeniz, N., Öztürk, E.M., Geology of the south of Menderes Massif In Guide Book for the Field Excursion along Western Anatolia, for the IGCP Project No. 5: Correlation of Variscan and preVariscan events of the Alpine-Mediterranean mountain belt, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, 42-53, (1987).

Morris, W., *Magnetic Susceptibility Anisotropy Software for The Bartington MS-2B System*, Oxon, England, User Dökumantation: Bartington Inst., (1990).

Nagata, T., *Rocks Magnetism*, Tokyo, Japon: Revised Editon, Maruzen Company Ltd., (1961).

Okay, A. İ., “Denizli'nin Güneyinde Menderes Masifi ve Likya Naplarının Jeolojisi”, *MTA Dergisi*, 109, 45-58, (1989).

Omar, M. A., *Elementary Solid State Physics Principles and Application*, Lowell Technological Institute, Addison – Wesley Publishing Company, (1975).

Özler, H.M., “Büyük menderes Havzası Yukarı Çürüksu kesiminin hidrojeoloji incelemesi”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı*, İstanbul, (1996).

Parasnis, D. S., *Minig Gephysics, Methots In Geochemistry and Geophysics*, Elsevier Scientific PUBLISHING Company, Series: 3, Second PUBLISHED, (1975).

Sahasrabudhe, P. W., “Palaomagnetizm of Deccan Traps and The Associated Intrusives”, Ph. D. Thesis, Banaras, Hindu Universty, İndia, (1963).

Sahasrabudhe, P. W., *A Portale Susceptibility Survey Meter*, *Pageoph*, IV, 133-144, (1971).

Sanver, M., “İTÜ Maden Fakültesi Ders Notları”, Paleomanyetizma, Yayın No:5, İstanbul, (1984).

Scoullas .M., Oldfield F. & Thompson R., “Magnetic monitoring of marine particulate pollution in the Elefsis Gulf,” Greece, *Marine Pollution Bulletin* 10, 287-291. B, (1979).

Sun, S., *Denizli-Uşak Arasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları.*, M.T.A. Raporu, 86 s., Ankara, (1990).

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ., Türkiye diri fay haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Ölçek: 1/1 000 000, (1992).

Şen, G., “Gümüşler Belediyesinin Mücavir Alanının Sıvılaşma Analizi ve Coğrafi Bilgi Sisteminde Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Denizli, (2004).

Şimşek, Ş., “Denizli, Sarayköy-Buldan Alanının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, Hidrojeoloji Anabilim Dalı*, İstanbul, (1984).

Taner, G., “Denizli Bölgesi Neojen'ine Ait Katların Stratigrafik Konumlarında Yeni Düzenleme”, *54. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirileri*, Ankara, 54 – 79, (2001).

Thompson R. and Oldfield F., “*Environmental Magnetism*”, Allen and Unwin, London, 21-38, (1986).

Westaway, R., “Block Rotation in western Turkey,” 1st Observational evidence, *Journal of Geophysical Research*, 95, 19857-19884, (1990).

Westaway, R., “Neogene evolution of the Denizli Region of western Turkey,” *Structural Geology*, 15, 1, 37-53, (1993).

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Fatih AKBAY

Doğum Yeri ve Tarihi :Hengelo-Hollanda 31.05.1990

Lisans Üniversite :Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Müh.

Elektronik posta :fatihakbay_20@hotmail.com

İletişim Adresi :Yenişafak Mah. 1106 Sokak No:6 Kat:3
Merkezefendi/Denizli

Yayın Listesi :

Konferans listesi :

• AKBAY F., 5. International Conference of Young Scientists and Students,
2013 (GIA-Bakü/Azerbaycan)