

Potansiyel Alan (Manyetik ve Gravite) Verileri ile
Eskişehir Fay Zonunun İncelenmesi

Yunus Can Kurban

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül 2016

Investigation of Eskisehir Fault Zone Using Potential Field (Magnetics and Gravity)
Method

Yunus Can Kurban

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Geology Engineering

September 2016

Potansiyel Alan (Manyetik ve Gravite) Verileri ile Eskişehir Fay Zonunun İncelenmesi

Yunus Can Kurban

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Genel Jeoloji Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Erhan Altunel

"Bu Tez Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP), UDAP-G-13-17 numaralı "Eskişehir Fay Zonu'nun Paleosismolojisi" ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (ESOGU-BAP), 2014-15-C1-01 numaralı "Manyetik Yöntemlerle Fayların Araştırılması, Eskişehir Fayı Örneği" adlı projeler çerçevesinde desteklenmiştir"

Eylül 2016

ÖZET

Jeolojik araştırmalar, yoğun saha gözlemleri gerektiren ve uzun zaman alan çalışmalardır. Arazide yapılan gözlemsel çalışmalar çoğu zaman yer içi ile ilgili yeterli bilgiyi verememekte, sadece mostra vermiş olan jeolojik elemanların (fay, dokanak, litolojik farklılık vb.) tanımlanabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sebeple arazi gözlemleri mostrada görülmeyen jeolojik elemanların belirlenmesi için yetersiz kalmaktadır. Bu durumda yer bilimlerinin farklı disiplinlerinden yararlanılması gündeme gelmektedir.

Jeofizik yöntemler ve bu kapsamda havadan yapılan manyetik ve gravite ölçümleri hızlı sonuç vermesinin yanısıra, jeolojik değişimleri belirlemek için de oldukça kullanışlıdır. Bu tez kapsamında Eskişehir ve çevresinin gravite ve manyetik verileri analiz edilerek, Eskişehir Fay Zonu'nun uzanımı tespit edilmeye çalışılmıştır. Havadan yapılan manyetik ve yersel gravite ölçümleri sonucunda anomali tespit edilen bir bölgede yüksek çözünürlüklü yersel manyetik ölçümleri yapılmıştır. Yapılan her iki çalışmada da anomali tespit edilen bölgede, hendek açılarak anomaliye sebep olan jeolojik değişim anlaşılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Eskişehir Fay Zonu, (EFZ), Manyetik Yöntem, Gravite Yöntemi, Paleosismoloji

SUMMARY

Geological surveys requires intensive field observations which are time consuming. Field observations can supply information only about exposures (fault boundary, lithological differences and so on.) but generally cannot provide adequate information about underground structures. For this reason, field observations are insufficient for identification of underground geological elements. In this case, it is necessary to benefit from the different disciplines of earth science.

Airborne magnetic and ground based gravity measurements provides fast and accurate information of geological setting. In the scope of this thesis, we attempt to determine the extension of the Eskişehir Fault Zone with analysing the gravity and magnetic data. The high resolution terrestrial magnetic surveys were conducted on an area which has anomaly results at arial magnetic and terrestrial gravity measurements. The trenching study was performed based on understanding of the geological alteration where the both methods gave anomaly.

Keywords: Eskişehir Fault Zone (EFZ), Magnetic, Gravity, Paleoseismology

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinden tamamlanış aşamasına dek, beni yönlendiren, destekleyen ve en önemlisi bana bu fırsatı sunan danışmanım Prof. Dr. Erhan ALTUNEL'e teşekkür ederim.

Tezin Jeofizik ile ilgili kısımlarındaki çalışmaların yapılması ve yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen, Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ ve Doç. Dr. Cahit Çağlar YALÇINER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Saha çalışmalarında katkılarından dolayı Dr. Sevgi Altınok ERAYIK ve Jeoloji Yük. Müh.Esra TUNCEL'e çok teşekkür ederim.

Havadan manyetik ve gravite ölçümlerinin ham verilerinin temini konusunda yardımlarını esirgemeyen, başta MTA Jeofizik Etütleri Daire Başkanı olmak üzere birim elemanlarına teşekkür ederim.

Son olarak hep yanımda olan, beni her zaman destekleyip bugünlere ulaştıran aileme sonsuz teşekkürler. .

Bu tez çalışması, Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP), UDAP-G-13-17 numaralı "Eskişehir Fay Zonu'nun Paleosismolojisi" ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (ESOGU-BAP), 2014-15-C1-01 numaralı "Manyetik Yöntemler Fayların Araştırılması, Eskişehir Fayı Örneği" adlı projeler tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışma Alanının Yeri.....	5
1.3. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	6
1.3. Yöntem	8
2. LİTARATÜR ARAŞTIRMASI	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Yöntem	11
3.1. Gravite Yöntemi	11
3.2. Manyetik Yöntem.....	15
3.3. Arazi Çalışmaları.....	16
3.4. Verilerin İşlenmesi ve Test Edilmesi	16
3.4.1. Gravite verilerinin işlenmesi	16
3.4.2. Havadan Manyetik Verilerinin İşlenmesi.....	21
3.4.3. Saha Çalışmaları.....	27
<u>3.4.3.1. Yersel manyetik verilerin toplanması</u>	27
<u>3.4.3.2. Yersel manyetik verilerin işlenmesi</u>	28
<u>3.4.3.3. Yersel manyetik verilerin test edilmesi</u>	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR DİZİNİ	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
1.1. 1:2.000.000 ölçekli Türkiye havadan rejyonel (toplam alan) manyetik haritası (MTA, 2010).....	2
1.2. 1:2.000.000 ölçekli Türkiye rejyonel gravite bouger anomali haritası (MTA, 2006).....	3
1.3. 1:250000 ölçekli Türkiye Diri fay Haritası (Emre vd. 2013).....	4
1.4. Türkiye Haritası, çalışma alanı kırmızı kare ile gösterilmiştir.	5
1.5. Çalışma alanının (kırmızı dikdörtgen) temel jeolojisini gösteren jeolojik harita (1:500.000 ölçekli MTA . 2001'den alınmıştır).....	7
2.1. 1992 yılı MTA Diri Fay Haritası (Şaroğlu vd., 1992) (EFZ kırmızı bant ile gösterilmiştir.).....	10
3.1. Gravite anomali haritası.....	17
3.2. Yukarı uzanım uygulanmış gravite haritası (h=2 km).....	19
3.3. Analitik sinyal uygulanmış gravite haritası.....	20
3.4. Manyetik anomali haritası.....	22
3.5. IGRF düzeltmesi uygulanmış manyetik haritası.....	23
3.6. Yukarı uzanım uygulanmış manyetik anomaly haritası (h= 2 km).....	25
3.7. Analitik sinyal uygulanmış manyetik anomali haritası.....	26
3.8. Geometrics G-858 sezyum buharı manyetometresi ve RTK-GPS ile ölçüm.....	27
3.9. Karabayır hendeği lokasyonunda yapılan toplam manyetik alan ölçümü (Mavi ok ile gösterilen nokta . olası süreksizlik zonunu işaret etmektedir).....	28
3.10. Karabayır hendeği lokasyonu.....	29
3.11. Karabayır hendeği genel görünümü.....	30
3.12. Karabayır hendeği batı duvarı logu.....	31
3.13. (a) Karabayır hendeği doğu duvarındaki çatlaklara bir örnek, (b) Karabayır hendeği batı duvarı (Hendekte tespit edilen fay kırmızı oklarla gösterilmiştir).	32
4.1. 2-km yukarı uzanım yapılmış gravite anomali haritası.....	34
4.2. 2-km yukarı uzanım yapılmış manyetik anomali haritası.....	35
4.3. Yersel manyetik ölçüm ve hendek lokasyonu (mavi çizgi hendek lokasyonunu göstermektedir (ölçeksiz), . beyaz çizgiler MTA 2013'ten tekrar çizilmiştir).....	36
4.4. Elde edilen manyetik anomali ve hendek logunun(batı duvarı) karşılaştırması.....	37
4.5. (a) Manyetik alan haritası (b) 2 boyutlu kesitler (kesit lokasyonları harita üzerinde gösterilmiştir.).....	38
4.6. (a) Gravite alan haritası (b) 2 boyutlu kesitler (kesit lokasyonları harita üzerinde gösterilmiştir.).....	39

1. GİRİŞ VE AMAÇ

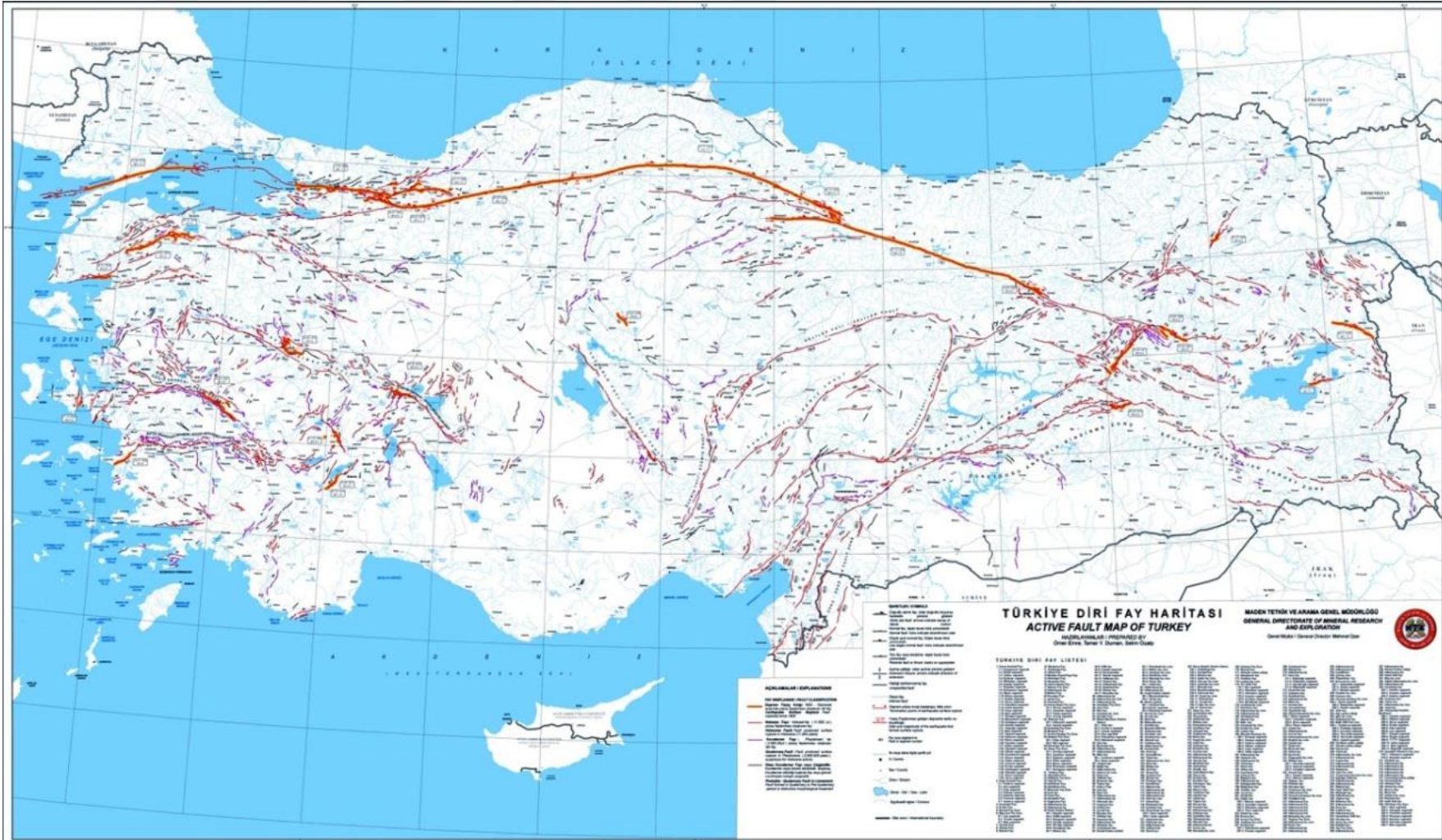
1.1. Çalışmanın Amacı

Gözlemsel jeolojik araştırmalar yoğun saha çalışmaları gerektirir. Geniş alanların saha jeologları tarafından incelenmesi uzun zaman almasına rağmen, arazide yapılan gözlemlerle istenen verinin tamamının elde edilmesi mümkün olmamaktadır. Arazide yapılan gözlemlerle sadece yüzeyde mostra veren jeolojik elemanlar (fay, dokanak, litolojik farklılık vb.) belirlenebilmektedir. Arazi gözlemleri, fiziksel olarak inilmesi mümkün olmayan derinliklerdeki jeolojik elemanları belirlemede yetersiz kalmaktadır. Bu durumda yerbilimlerinin farklı disiplinlerinden yararlanılması gündeme gelmektedir.

Herhangi bir bölgede yapılan gravite ve manyetik alan ölçümleri, bölgenin jeolojisi hakkında önemli veriler sunmaktadır. Bu çalışmada tektonik yapıların belirlenmesinde potansiyel alan verileri olarak da tanımlanan gravite ve manyetik ölçümlerinden yararlanılmıştır. Bu verilerin kullanılması, bölgenin jeolojisi hakkında genel fikir vereceği için yapılacak jeolojik çalışmaları kolaylaştıracağı gibi gözlemlerle tespit edilemeyecek yeraltı yapıları hakkında da önemli bilgiler verecektir. Ayrıca saha gözlemlerine dayanılarak yapılacak yorumlara önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı potansiyel alan verilerinden (gravite ve manyetik) yararlanılarak bir bölgedeki önemli jeolojik değişimleri ortaya koymaktır. Bu amaçla Eskişehir bölgesi ele alınarak, bölgenin gravite ve manyetik verileri kullanarak büyük ölçekli jeolojik değişimler araştırılmıştır.

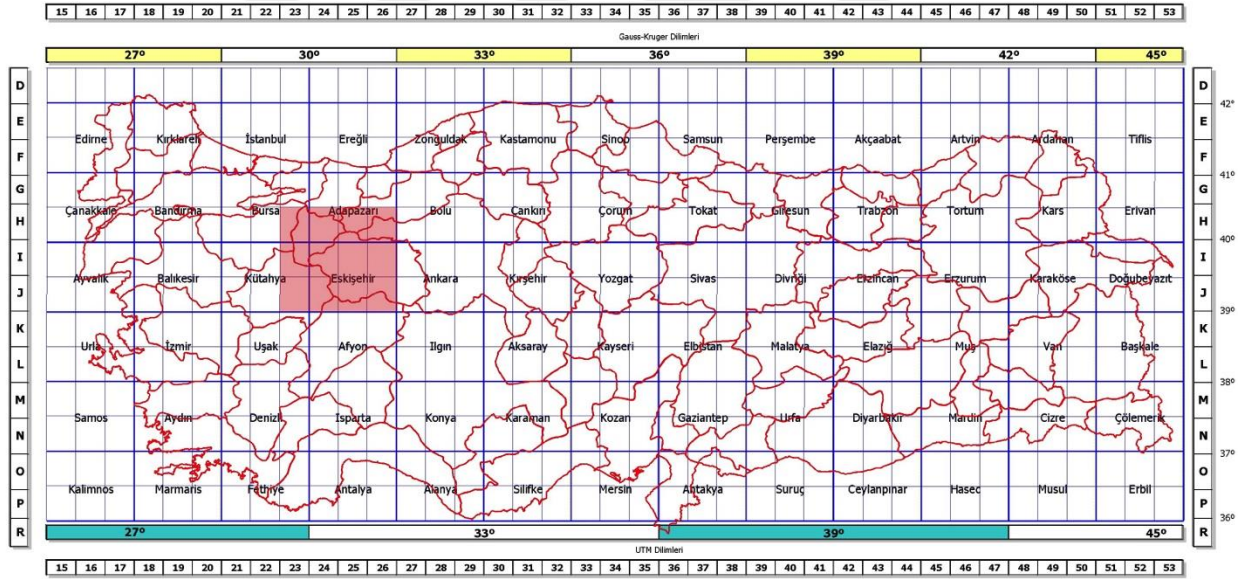
Ülkemizin havadan manyetik (Şekil 1.1) ve gravite anomali haritaları (Şekil 1.2) güncel diri fay haritası (Şekil 1.3) ile karşılaştırıldığında büyük ölçekli tektonik yapıların, gravite ve manyetik haritalarında görülen anomaliler ile benzerlik gösterdiği dikkat çekmektedir.



Şekil 1.3. 1:250000 ölçekli Türkiye Diri fay Haritası (Emre vd 2013)

1.2. Çalışma Alanının Yeri

Eskişehir İç Anadolu Bölgesinin kuzeybatısında yer almaktadır ve kuzeyde Karadeniz, kuzeybatıda Marmara, batı ve güneybatıda Ege Bölgesi ile komşudur. Çalışma alanının tektonik konumu göz önüne alındığında, Eskişehir genişlemeli tektoniğin egemen olduğu Ege Bölgesi ile doğrultu atımlı faylanmanın egemen olduğu Kuzey Anadolu Fay Zonu arasındaki bir geçiş bölgesinde yer alır. Çalışma alanı Eskişehir ili sınırlarını, Kütahya'nın doğusu, Afyon'un batısı ve Adapazarı'nın güneyini kapsayacak şekilde H23, H24, H25, H26, I23, I24, I25, I26, J23, J24, J25, J26 adlı 1/100.000 ölçekli paftalar ile sınırlıdır. (Şekil 1.4)



Şekil 1.4. Türkiye Haritası, çalışma alanı kırmızı kare ile gösterilmiştir.

1.3. Çalışma Alanının Jeolojisi

Bu çalışma kapsamında çalışılan alanın değişik yerlerinde jeolojik çalışmalar yapılmıştır (örneğin, Akıncı 1967, Asutay vd., 1989, Yenyol, 1992, Binal vd., 1997, Kadir vd. 2002, Yılmaz ve Kuşçu, 2007, Demiroğlu vd. 2011). Ancak bu çalışmanın kapsamı göz önüne alındığında, bu tür çalışmalar yerel kalmaktadır. Bu nedenle önceki çalışmaların ayrıntısına girilmeden, çalışma alanının jeolojisi MTA (2001)'den özetlenmiştir.

Çalışma alanında İnegöl, İnönü, Eskişehir ve Alpu boyunca bir hat düşünüldüğünde, bu hattın kuzeyi ve güneyinin jeolojisi birbirinden farklılıklar gösterir(Şekil 2.1) Bu hattın kuzeyinde, Paleozoik yaşlı şistler, Üst Paleozoik yaşlı mermerler, Mezozoik yaşlı ofiyolitler ve karbonatlar, Eosen ve Miyosen yaşlı kırıntılı – karbonat türü kayalar ile Pliyosen yaşlı volkanik kayalar bulunur. Ayrıca bölgede değişik yaşlı magmatik sokulum kayaları da bulunmaktadır. Hattın güneyinde ise genel olarak Mezozoik yaşlı mermerlere ve ultramafik kayalar ile Tersiyer sedimanter ve magmatik kayalar görülmektedir.



Şekil 1.5. Çalışma alanının (kırmızı dikdörtgen) temel jeolojisini gösteren jeolojik harita (1:500.000 ölçekli MTA 2002'den alınmıştır)

1.3. Yöntem

Geniş ölçekli saha çalışmalarını desteklemek amacı ile yapılan jeofizik ölçümler pek çok araştırmada kullanılmaktadır. Bu tip bölgesel veriler ile tespit edilen anomaliler hakkında detaylı bilgi elde edilebilmesi için, farklı jeofizik yöntemlerle de desteklenmelidir. Araştırılan konuya katkı sağlayabilecek bulgular sahada yapılacak detaylı yersel ölçümler elde edilen sonuçların başarısını büyük ölçüde arttırmaktadır.

Bu sebeple bu çalışma kapsamında jeofizik veriler kullanılarak Eskişehir fayı incelenmiş, yapılan analizler sonucu belirlenen bir lokasyonda yersel detaylı manyetik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan yersel ölçümler ile de rejyonel verilerle paralel sonuçlara ulaşılmasının ardından tespit edilen noktada hendek çalışması yapılarak jeofizik ölçümlerde tespit edilen tektonik yapının izleri görsel olarak da ortaya konmuştur.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar iki bölümde ele alınmıştır. Birinci bölümde, proje alanına ait M.T.A. Genel Müdürlüğü'nden proje çerçevesinde alınan 12 adet 1:100.000 ölçekli gravite ve manyetik haritaları birleştirilerek, üzerinde analizler yapılmak üzere tek bir pafta haline getirilmiştir. Yapılan birleştirme işlemlerinin ardından her iki yöntem için farklı veri işlem basamakları uygulanarak temin edilen veri seti yorumlamaya uygun hale getirilmiştir. İkinci bölümde ise, elde edilen sonuçların detaylandırıp, desteklemek amacı ile ilk olarak yersel manyetik ölçümler birinci çalışmada belirlenen bir bölgede uygulanmış ve sonucuna göre de hendek kazısı ile tamamlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Eskişehir bölgesi, zengin maden yatakları potansiyeline sahip olması yanında tektonik olarak da Ege Açılma Bölgesi ile KAFZ (Kuzey Anadolu fay zone) arasında yer aldığı için değişik araştırmalara konu olmuştur. (Akıncı 1967, Görür vd., 1984, Gözler vd., 1985, Kibici, 1990, Zorlu 2006, Demiroğlu 2008). Bu çalışmanın amaç gereği tektonik amaçlı çalışmalardan bahsedilecek, diğer jeolojik çalışmalara yer verilmeyecektir.

Bölgede daha önce yapılan çalışmalarda Eskişehir çevresinde değişik türde faylar haritalanmıştır. (Öcal, 1959, Reilinger vd., 1997, Altunel ve Barka, 1998, Koçyiğit, 2000, Bozkurt, 2001, Yalçın vd., 2005, Tokay ve Altunel 2005, Açıkalin ve Ocakoğlu, 2005, Ocakoğlu vd. 2005a, Ocakoğlu vd. 2005b, Ocakoğlu, 2007, Özsayın ve Dirik, 2007, Gündoğdu, 2009) Ancak, bölgenin en önemli tektonik unsurunu oluşturan Eskişehir Fay Zonu ilk kez Şaroğlu vd., (1992) tarafından haritalanmış ve batıda Bursa ile doğuda Kaymaz arasında uzandığı ileri sürülmüştür. (Şekil 1.5) Daha sonra yapılan çalışmalarda, fay zonunun batıda Trakya'ya kadar (Demrioğlu vd., 2011) doğuda ise Tuz Gölü' ne kadar devam ettiği ileri sürülmektedir (Özsayın ve Dirik, 2007).

Fay zone üzerinde yapılan çalışmalar, bu zoneun aktif olduğunu göstermektedir (Şaroğlu 1992, Altunel ve Barka 1998, Tokay ve Altunel 2005 Ocakoğlu ve Açıkalin, 2010).

Potansiyel alan verileri kullanılarak tektonik yapıların araştırılmasına yönelik çalışmalar dünyanın çeşitli yerlerinde yapılmıştır. Gordon vd., 1964, havadan manyetik ve gravite verilerini kullanarak Alaska'da kayaç tiplerini belirlemek amacıyla çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Blakely vd., 2014, manyetik ve gravite verilerini kullanarak Amerika – Washington'ın güney kesimlerinde, Wallula fayını haritalamaya çalışmışlardır. Abedi ve Oskooi, 2015, havadan manyetik ve yersel gravite ölçümleri kullanarak İran Zagros Orojenezi üzerinde çalışmalar yürütmüş ve ters çözüm metoduyla modelleme yapmışlardır.

Potansiyel alan verileri ülkemizde de son zamanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin Örneğin, Aydoğan 2003, fayların düşey manyetik anomalilerini kuramsal modeller ile incelemiş fakat arazide uygulamamıştır. Ateş vd., 2009, havadan manyetik verileri kullanarak, Marmara bölgesindeki fayların gerçek konumlarını ile havadan manyetik ölçümler ile tespit etmişlerdir.

Yüzgöl 2010, Eskişehir Grabeni'ni potansiyel alan (gravite ve manyetik) verileri ile incelemiş, Kalkanlı-Altıpatlar tepesi arasında genişliği 4-5 km'yi bulan, KB-GD uzanımlı, Pleyistosen yaşlı tortullardan ve Triyas yaşlı ofiyolitik topluluklardan meydana gelen alanda derinliği yaklaşık 8-10 km'yi bulan taban derinliği olduğunu göstermiştir. Bu bilgilere ek olarak, Eskişehir fayı olarak nitelendirilen ve Eskişehir grabeninin kuzey kanadını oluşturan fayın izi sınır analizi çalışmasıyla belirgin olarak ortaya konmuştur.

Aydemir ve Ateş, 2006, Suluklu - Cihanbeyli – Goloren bölgesinde Kuzeybatı – Güneydoğu yönelimli manyetik anomaliyi, gravite ve sismik yansıma verileri ile destekleyerek araştırmıştır.



Şekil 2.1. 1992 yılı MTA Diri Fay Haritası (Şaroğlu vd., 1992) (EFZ kırmızı bant ile gösterilmiştir.)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Yöntem

Geniş ölçekli saha çalışmalarını desteklemek amacı ile yapılan jeofizik ölçümler pek çok araştırmada kullanılmaktadır. Bu tip rejyonel veriler ile tespit edilen anomaliler hakkında detaylı bilgi elde edilebilmesi için, farklı jeofizik yöntemlerle de desteklenmelidir. Araştırılan konuya katkı sağlayabilecek bulgular sahada yapılacak detaylı yersel ölçümler elde edilen sonuçların başarısını büyük ölçüde arttırmaktadır.

Bu sebeple bu çalışma kapsamında jeofizik veriler kullanılarak Eskişehir fayı incelenmiş, yapılan analizler sonucu belirlenen bir lokasyonda yersel detaylı manyetik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan yersel ölçümler ile de rejyonel verilerle paralel sonuçlara ulaşılmasının ardından tespit edilen noktada hendek çalışması yapılarak jeofizik ölçümlerde tespit edilen tektonik yapının izleri görsel olarak da ortaya konmuştur.

Bu tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar iki bölümde ele alınmıştır. Birinci bölümde, proje alanına ait M.T.A. Genel Müdürlüğü'nden proje çerçevesinde alınan 12 adet 1:100.000 ölçekli gravite ve manyetik haritaları birleştirilerek, üzerinde analizler yapılmak üzere tek bir pafta haline getirilmiştir. Yapılan birleştirme işlemlerinin ardından her iki yöntem için farklı veri işlem basamakları uygulanarak temin edilen veri seti yorumlamaya uygun hale getirilmiştir. İkinci bölümde ise, elde edilen sonuçları detaylandırıp, desteklemek amacı ile ilk olarak yersel manyetik ölçümler birinci çalışmada belirlenen bir bölgede uygulanmış ve sonucuna göre de hendek kazısı ile tamamlanmıştır.

3.1. Gravite Yöntemi

Gravite ölçümlerinde yeraltı jeolojisi, yerin çekim alanı ölçülerek incelenir. Yeryuvarını oluşturan kayaçların sahip oldukları yoğunluk farkları yer yüzeyinde yapılan ölçümler ile tespit edilebilir.

Gravite yöntemindeki temel fiziksel dayanak, kütleler arasındaki çekim kuvvetini ölçmektir. Yapılan gravite araştırmalarında büyük kütle (yer yuvarı) ile ölçüm cihazının içerisindeki özellikleri bilinen kütlelerin arasındaki çekim kuvveti ölçülür.

Yöntemin esası İngiliz bilim insanı Isaac Newton'un ortaya attığı klasik mekaniğin bir parçası olan evrensel kütle çekim kanununa dayanır. Aşağıda verilen bağıntıdan da görülebileceği gibi bu kanuna göre her bir noktasal kütle diğer bir noktasal kütleri aralarındaki mesafenin karesi ile ters orantılı olarak iki kütleyle birleştiren çizgi doğrultusunda çeker.

F iki kütle arasındaki çekim kuvvetinin büyüklüğü

G evrensel çekim sabiti $6.67 \times 10^{-8} \text{ cm}^3 / (\frac{g}{\text{sn}^2})$

m_1 birinci kütlenin büyüklüğü

m_2 ikinci kütlenin büyüklüğü

r iki kütle arasındaki mesafe

Olarak alınırsa, kütleler arasındaki çekim kuvvetini ifade eden bağıntı aşağıda verildiği gibidir.

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (3.1)$$

Dünyanın kütlesi M_E ve dünyanın merkezi ile ikinci kütle arasındaki mesafe R_E olarak alınırsa bağıntı;

$$F = \frac{GM_Em_2}{R_E^2} \quad (3.2)$$

haline gelir.

Newton tarafından ortaya atılan 2. Hareket kanununda, bir cisim üzerindeki net kuvvetin cismin kütlesi ile ivmesinin çarpımına eşit olduğunu ifade etmiştir. Bu kanunu matematiksel olarak gösterirsek;

$$F = m \cdot g \quad (3.3)$$

bağıntısını elde edilir.

Bu iki bağıntı F (kuvvet) 'e göre eşitlenirse;

$$g = \frac{GM_E}{R_E^2} \text{ cm/sn}^2 \text{ (c. g. s.)} \quad (3.3)$$

Ölçülen nicelikler CGS birim sisteminde cm/sn^2 , SI birim sisteminde m/sn^2 nin as ve üst katları ile ifade edilir.

Gravite yönteminin bir jeofizik yöntem olarak kullanılabilmesinin sebebi, yöntemin kütle değişimlerine ve buna bağlı olarak da yoğunluk değişimlerine duyarlı olmasıdır. Yer altı yapısı homojen değildir ve bu durum farklı yoğunluğa sahip kayaların yeryuvarının çekim ivmesi g üzerinde küçük değişiklikler yaratmasına sebep olur. Bu sayede yüzeyde hassas cihazlarla yapılan gravite ölçümleri yer altı yapısı hakkında bilgi verir. Yöntemin temelinde yatan formülden de anlaşılacağı gibi, gravite yönteminin bir anomali vermesi, ancak ölçüm yapılan bölgedeki kayaların yoğunlukları arasında bir fark varsa mümkün olacaktır.

Gravite ölçümleri mutlak ve bağıl gravite olmak üzere ikiye ayrılır.

Bu tez kapsamında kullanılan gravite verileri Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğünden toplam 12 pafta olarak temin edilmiştir. Söz konusu veriler saha çalışmaları ile kaydedildikten sonra, gerekli tüm düzeltmeler MTA Genel Müdürlüğü Jeofizik Etütleri Dairesi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Veriler üzerinde sırasıyla;

- Enlem
- Bouger
- Topoğrafya
- Serbest Hava

Düzeltilmeleri uygulanmıştır.

Bu tez kapsamında kullanılan tüm gravite verilerinin düzeltmeleri yapılmış olarak temin edildiğinden, işlemler tekrar uygulanmamış, veriler temin edildiği haliyle kullanılmıştır.

Mutlak gravite ölçümleri çok hassas ekipmanlar gerektirdiğinden mühendislik çalışmaları için genellikle kullanılmaz. Bu tip cihazlar genellikle yerçekimi ivmesinin sürekli kaydedildiği gözlem istasyonlarında bilimsel çalışmalar için kullanılır.

Mutlak gravite ölçümleri için iki yöntem vardır.

Basit bir sarkacın periyodu;

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3.5)$$

Olarak verilir. Burada T periyot, l sarkacın uzunluğu g ise yerçekimi ivmesini ifade eder. Böylece uzunluğu bilinen özel olarak hazırlanmış hassas sarkaçlarla yerçekimi ivmesinin büyüklüğü hesaplanabilir.

Sıcaklık, basınç gibi değişkenlerin kontrollü olduğu bir ortamda ağırlığı hassas olarak bilinen bir cisim belirli bir yükseklikten düşürülür ve düşüş zamanları hassas olarak ölçülür ve bu işlem birkaç kez tekrarlanır.

Mühendislik çalışmaları için arazide kullanılan gravimetreler gravitenin bağlı değerini ölçerler. Arazide kullanılacak cihazla bir baz noktasında ölçü alınır. Alınan tüm diğer ölçümler her noktanın baz noktasına göre olan gravite değişimini verecektir. Gravimetre cihazları çok hassas olduklarından, günümüzde kullanılan modern gravimetreler pek çok kalibrasyon ve düzeltme işlemlerini kendi içlerindeki elektronik düzenekler yardımı ile yapmaktadırlar. Bu tip cihazlarla μg hassasiyetinde ölçümler yapmak mümkündür.

3.2. Manyetik Yöntem

Yeryuvarının manyetik özellikleri olduğu fikri 17. Yüzyıla dek uzanmaktadır. Yer manyetik alanının kaynağı tam olarak açıklanamamakla beraber, çekirdekteki yüksek sıcaklık ve iletkenliğe sahip malzemenin oluşturduğu elektrik alanların kaynak olabileceği düşünülmektedir. Yer manyetik alanı, yeryuvarının merkezine yerleştirilmiş bir mıknatıs çubuğunun alanına benzer. Manyetik alan prensibiyle çalışan pusulanın icadı çok daha eskiye dayansa da, manyetik yöntemin bilinen ilk uygulaması 1640 yılında İsveç'te bir maden yatağının üzerinde yapılmıştır.

Yeryuvarını oluşturan kayalar farklı manyetik özelliklere sahiptir. Bu sebeple, değişen kayaç yapısı farklı manyetik alanda küçük farklılıklara sebep olmakta ve yer yüzeyinden yapılacak ölçümler ile, yeraltı hakkında bilgi edinebilmek mümkün olmaktadır.

Manyetik yöntem;

- Maden aramaları
- Aktif tektonik çalışmalar
- Arkeojeofizik
- Kabuk çalışmaları

gibi birçok alanda faydalı veriler sağlayabilmektedir. Özellikle hava araçları kullanılarak ölçüm yapılabilmesi geniş alanların kısa sürede ölçülebilmesini sağlayarak hızlı ve ekonomik çözümler sunmaktadır.

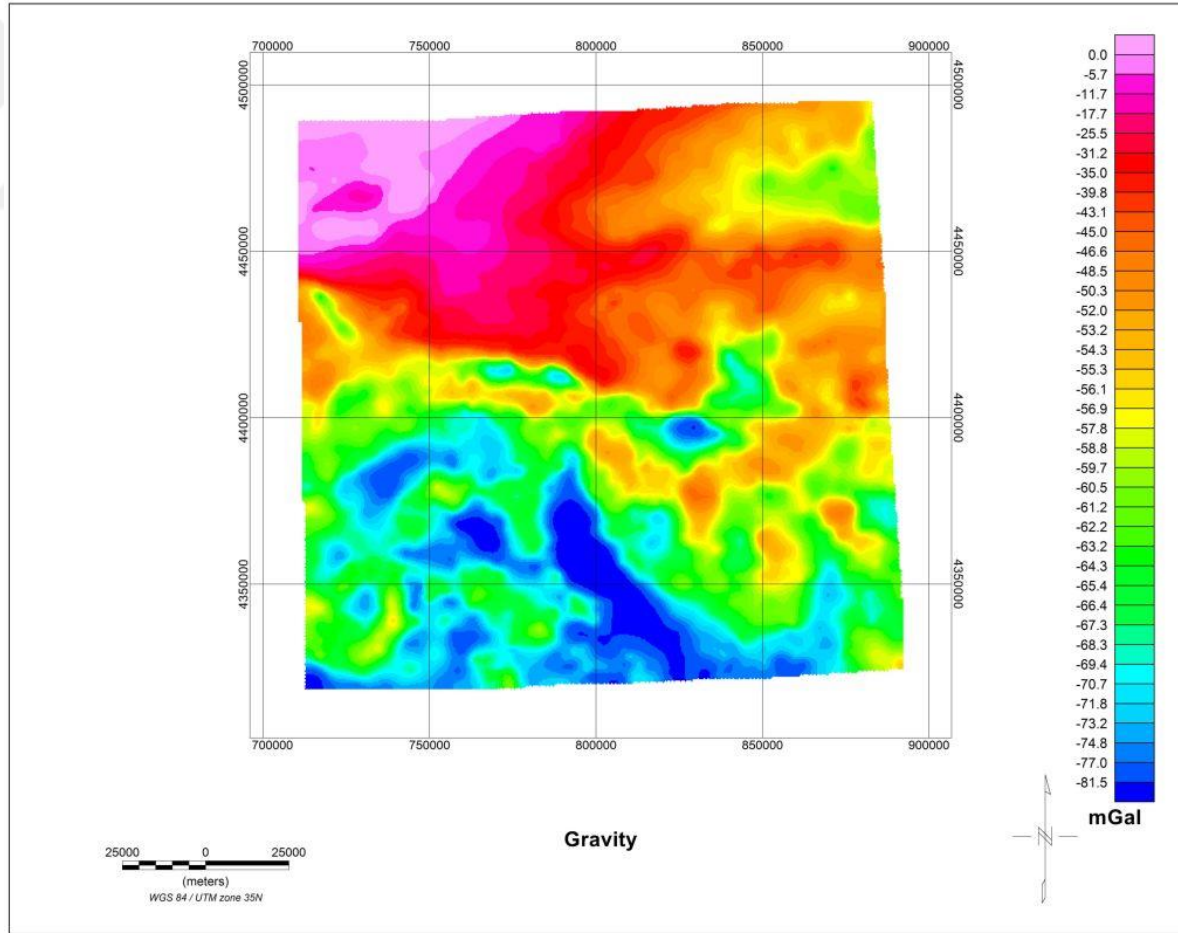
3.3. Arazi Çalışmaları

Çalışma kapsamında gravite ve manyetik yöntem verilerinin analiz edilmesi sonucu belirlenen bir lokasyonda yersel manyetik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Lokasyonda fay olarak yorumlanan hattı dik kesecek şekilde bir profil boyunca, Geometrics G-858 sezyum buharı manyetometresi kullanılarak ölçüm alınmıştır. Çalışma sırasında manyetik sensör yer yüzeyinden 2.5 metre yukarıda tutulmuş, ölçümle eş zamanlı olarak hassas RTK – GPS sistemi ile ölçü noktalarının koordinatları ± 2.5 cm hassasiyet ile kaydedilmiştir. Elde edilen verinin değerlendirilmesi sonucu fay anomalisi olarak yorumlanan yerde hendek açılmış ve anomalinin faya ait olup olmadığı test edilmiştir.

3.4. Verilerin İşlenmesi ve Test Edilmesi

3.4.1. Gravite verilerinin işlenmesi

Bu çalışma kapsamında temin edilen veriler 1 km grid aralığı ile toplanmış ve Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliğinin 1971’de Potsdam 981.260,00 mGal kesin gravite değeri ile bağlantılı olan MTA ve Harita Genel Komutanlığı baz istasyonlarına bağlanmıştır. Temin edilen paftalar birleştirilerek oluşturulmuş gravite anomali haritası Şekil 3.1 de verilmiştir.

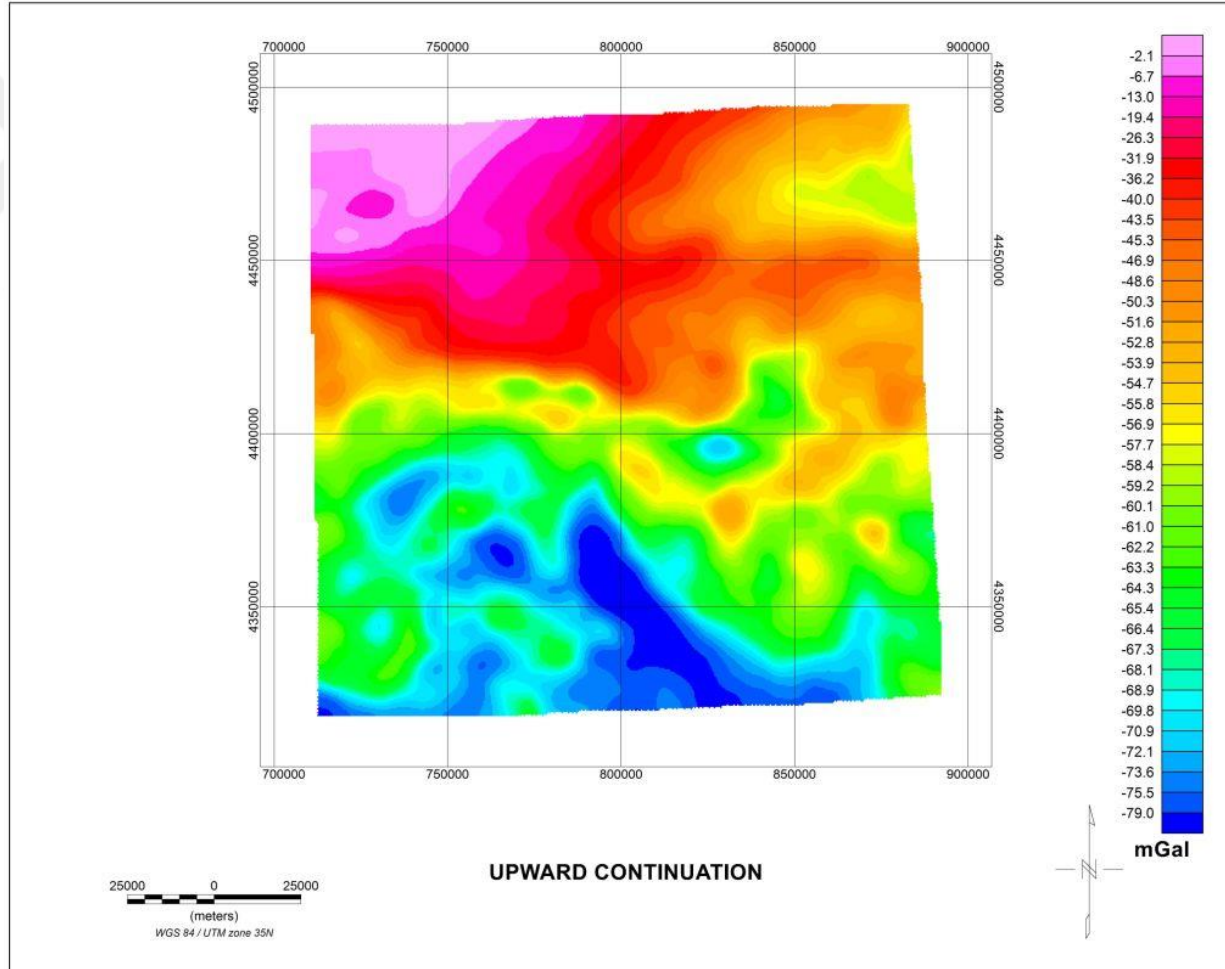


Şekil 3.1. Gravite anomali haritası.

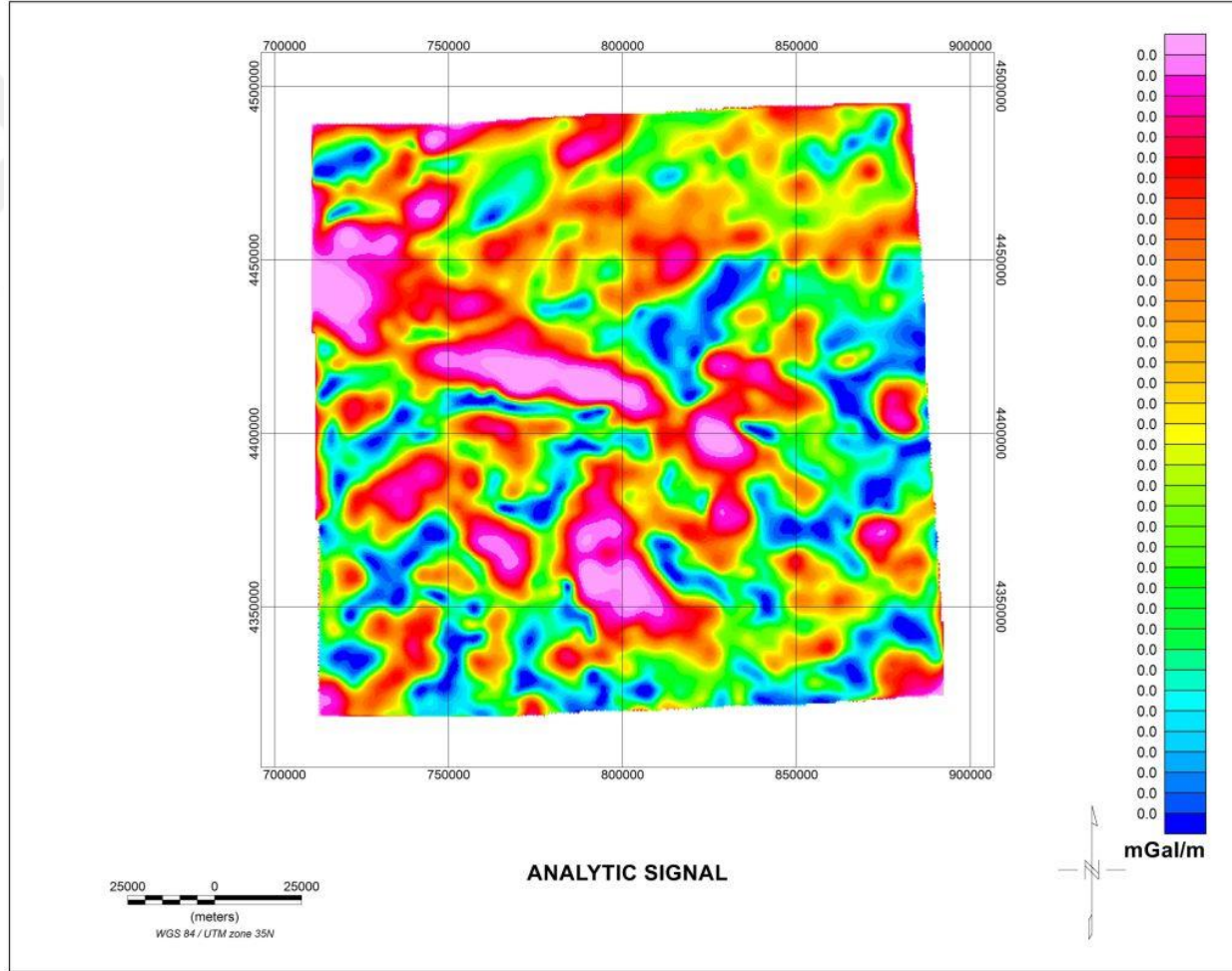
Bu çalışma kapsamında neotektonik yapıların araştırılması hedeflenmiştir. Neotektonik yapılar üst kabuğun 1-2 km derinliklerinde yer alan yapılardır (Altunel ve Barka 1998). Manyetik ve gravite verileri söz konusu yapıların araştırılması için uygundur.

Yukarı uzanım işlemi, bir düzlem üzerinde ölçülen potansiyel alan verilerinin matematiksel olarak modellenen başka bir yüzey üzerinde ölçülmüş şekilde düzeltilmesidir. Yerden yapılan Gravite verileri topoğrafyayı takip eden yüzey üzerinde yapıldığından, topoğrafik koşullardan etkilenmektedir. Yukarı uzanım işlemi yapılarak hem bu topoğrafik etkilerin, hem de yüksek frekanslı sığ etkilerin veri setinden temizlenmesi amaçlanmıştır. Bölgenin topoğrafik koşulları ve bilgi edinilmek istenen derinlik göz önüne alınarak yukarı uzanım seviyesi 2 km olarak belirlenmiştir. 2 km yukarı uzanım uygulanmış gravite haritası Şekil 3.2 de verilmiştir.

Gravite verilerinin oluşturduğu değişimlerin belirgin olarak ortaya konabilmesi ve alanın genelindeki etkilerinin tanımlanabilmesi için analitik sinyal dönüşümü yapılmıştır. (Şekil 3.3.)



Şekil 3.2. Yukarı uzanım uygulanmış gravite haritası (h=2 km)

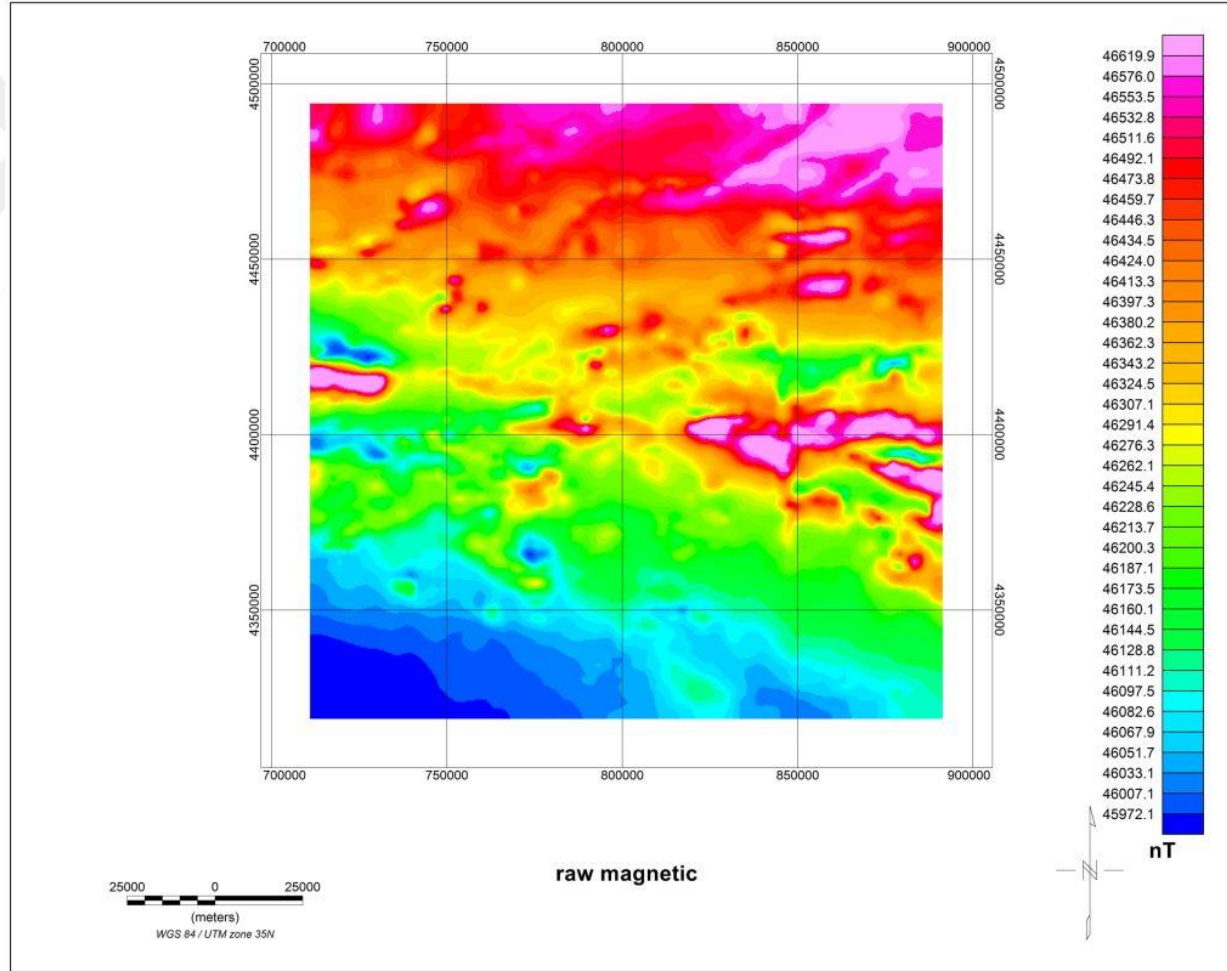


Şekil 3.3. Analitik sinyal uygulanmış gravite haritası.

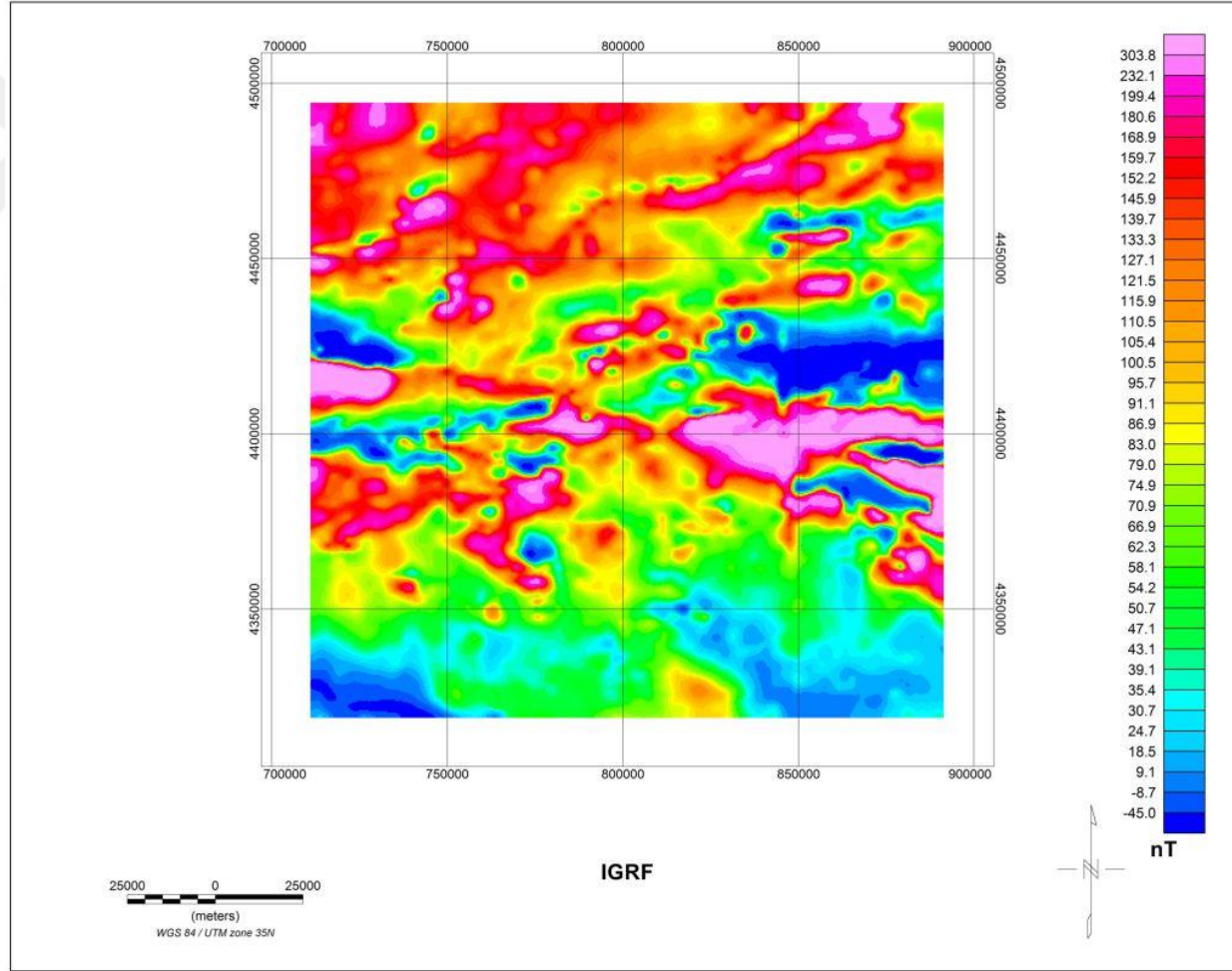
3.4.2. Havadan manyetik verilerinin işlenmesi

Manyetik anomaliler, ölçüldüğü dönemler itibariyle bağımsız olarak değerlendirilebilir. Ancak farklı zamanlarda alınmış manyetik ölçülerin bir araya getirilmesi esnasında zamana bağlı değişimlerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu amaçla International Geomagnetic Reference Field (IGRF) tarafından yayınlanan katsayılar kullanılarak düzeltme yapılmalıdır. Şekil 3.4. te verilen manyetik anomalilere IGRF düzeltmesi uygulanmış ve tüm veriler 1980 yılı IGRF değerlerine göre düzeltilmiştir. Temin edilen paftalar birleştirilerek yapılmış manyetik anomali haritası Şekil 3.4. te, IGRF düzeltmesi yapılmış manyetik haritası Şekil 3.5. te sunulmuştur.





Şekil 3.4. Manyetik anomali haritası.

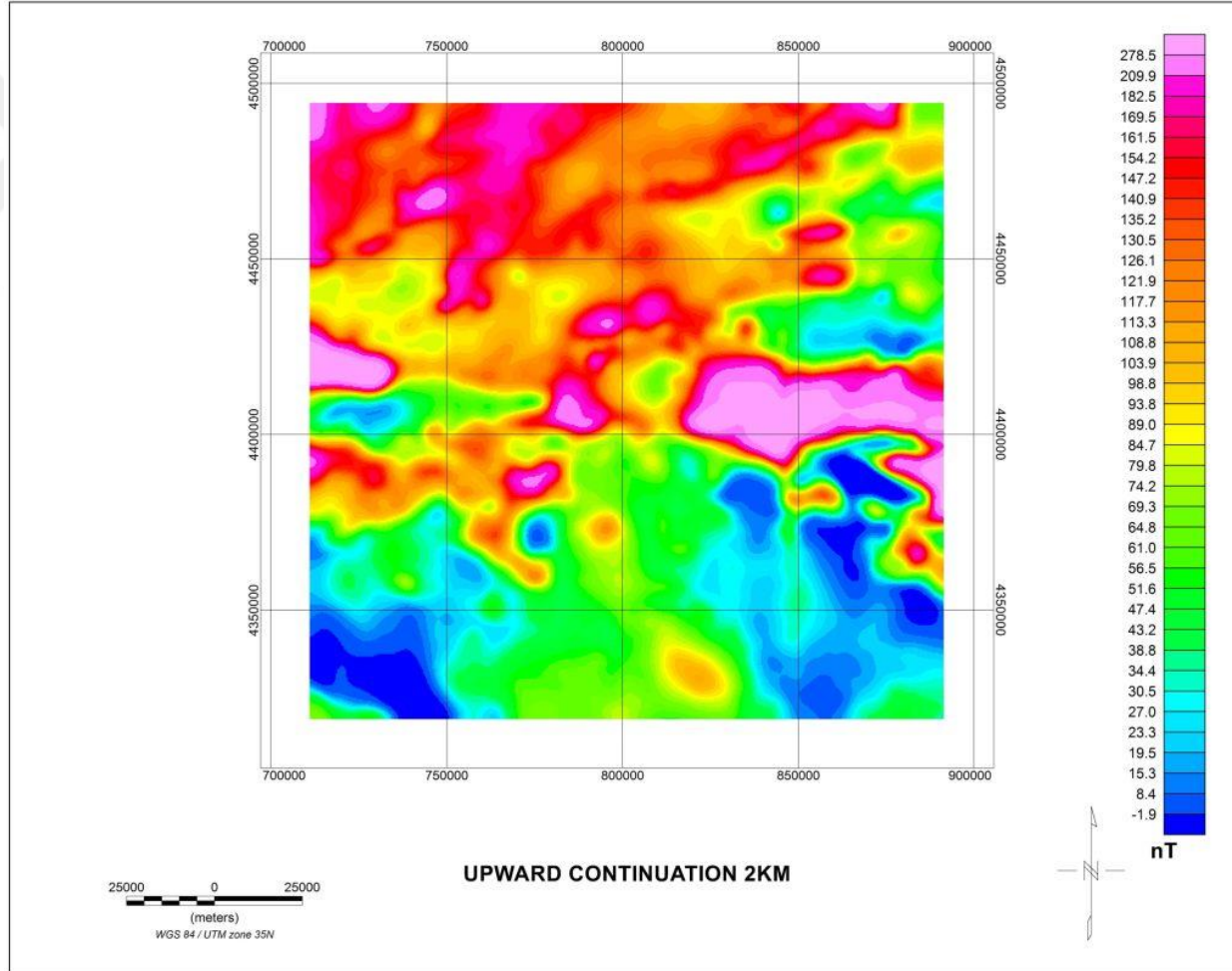


Şekil 3.5. IGRF düzeltmesi uygulanmış manyetik anomali haritası.

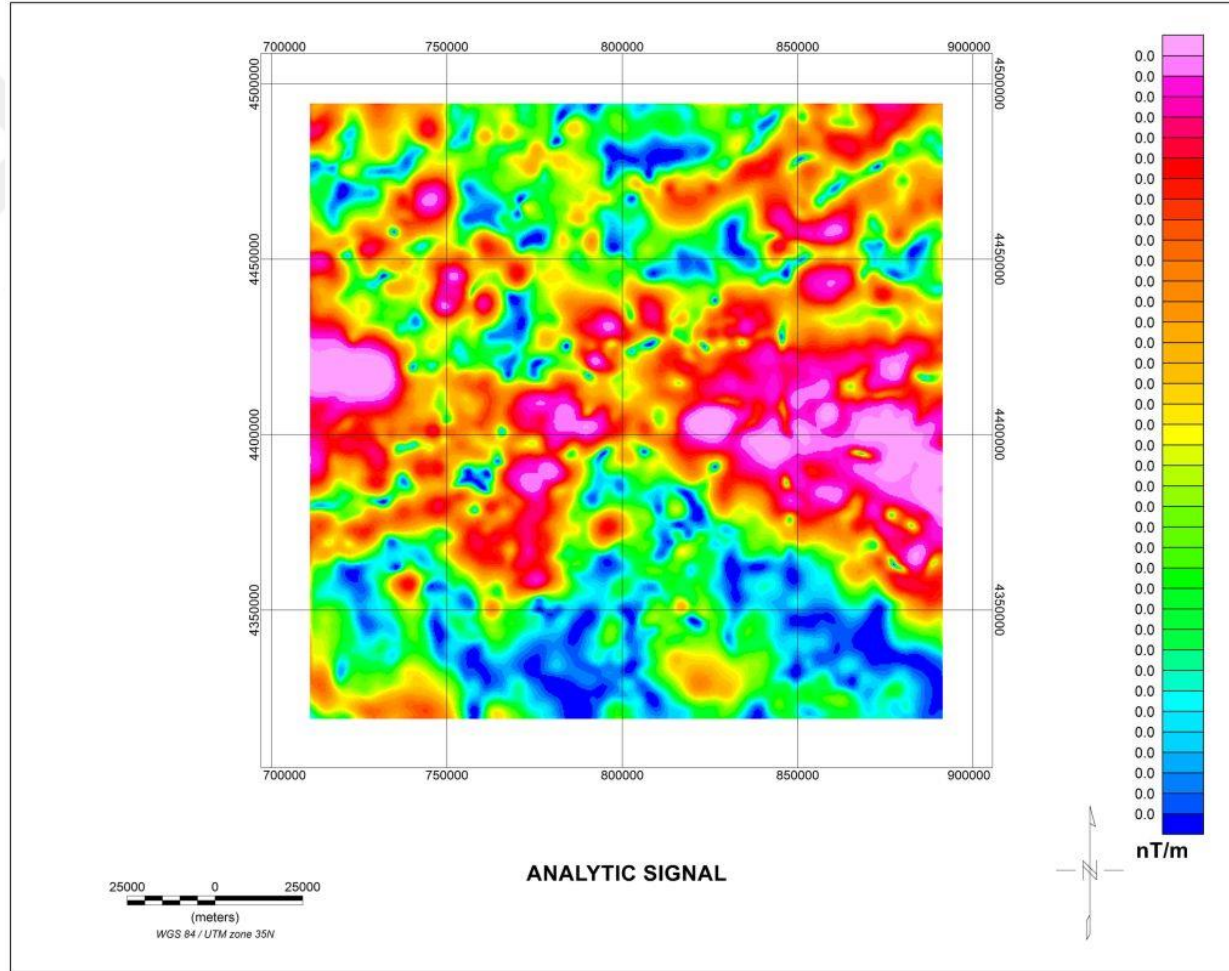
Bu çalışma kapsamında neotektonik yapıların araştırılması hedeflenmiştir. Neotektonik yapılar üst kabuğun 1-2 km derinliklerinde yer alan yapılardır (Altunel ve Barka 1998). Manyetik ve gravite verileri söz konusu yapıların araştırılması için uygundur.

Yukarı uzanım işlemi, bir düzlem üzerinde ölçülen potansiyel alan verilerinin matematiksel olarak modellenen başka bir yüzey üzerinde ölçülmüş şekilde düzeltilmesidir. Havadan manyetik verileri sabit yükseklikte uçan bir uçak ile toplandığından topoğrafik koşullardan etkilenmektedir. Yukarı uzanım işlemi yapılarak bu topoğrafik etkilerin veri setinden temizlenmesi amaçlanmıştır. Bölgenin topoğrafik koşulları ve bilgi edinilmek istenen derinlik göz önüne alınarak yukarı uzanım seviyesi 2 km olarak belirlenmiştir. Yukarı uzanım uygulanmış manyetik verileri Şekil 3.6. da verilmiştir.

Verilen harita incelendiğinde gravite haritasında gözlenen anomalilerin benzer konumlarda manyetik haritalar üzerinde de mevcut olduğu gözlenmiştir. Söz konusu anomalileri daha belirgin hale getirmek amacıyla analitik sinyal uygulaması yapılmış, sonuçlar Şekil 3.7 de verilmiştir.



Şekil 3.6. Yukarı uzanım uygulanmış manyetik anomali haritası (h=2 km).



Şekil 3.7. Analitik sinyal uygulanmış manyetik anomali haritası.

3.4.3. Saha Çalışmaları

3.4.3.1. Yersel manyetik verilerin toplanması

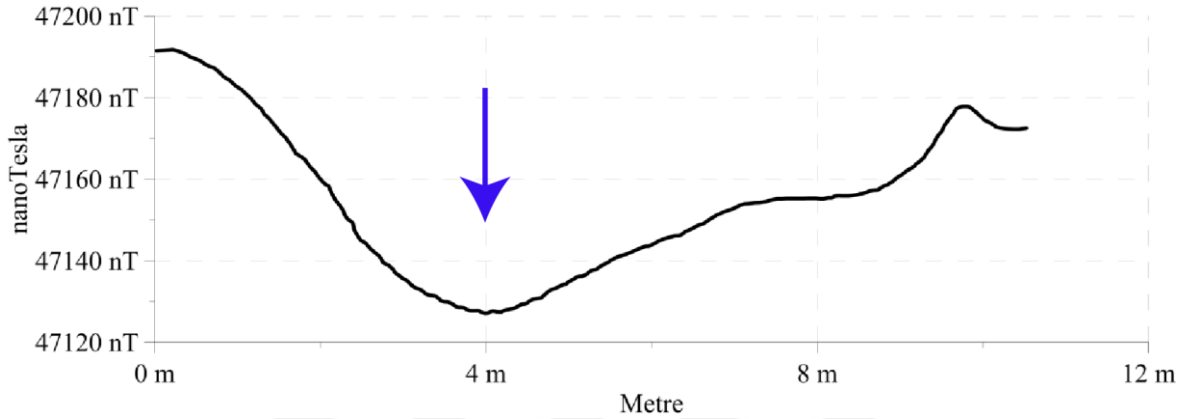
Çalışma kapsamında havadan yapılmış ölçümlerden belirlenmiş bir lokasyonda yersel manyetik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde GEOMETRICS marka G858 sezyum buharı manyetometresi ve RTK-GPS sistemi kullanılmıştır (Şekil 3.8). İki cihaz arasında kurulan veri bağlantısı sayesinde toplam manyetik alan değerleri ve hassas ölçüm noktası koordinatları eş zamanlı olarak kaydedilmiştir. Ölçüm başlangıcı ve sonunda profil yakınında belirlenen bir noktada baz ölçümü yapılmış ve baz ölçümleri arasındaki fark 5 nanoTesla olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle ölçüm sonuçları grafiklenirken baz düzeltmesi yapılmamıştır.



Şekil 3.8. Geometrics G-858 sezyum buharı manyetometresi ve RTK-GPS ile ölçüm.

3.4.3.2. Yersel manyetik verilerin işlenmesi

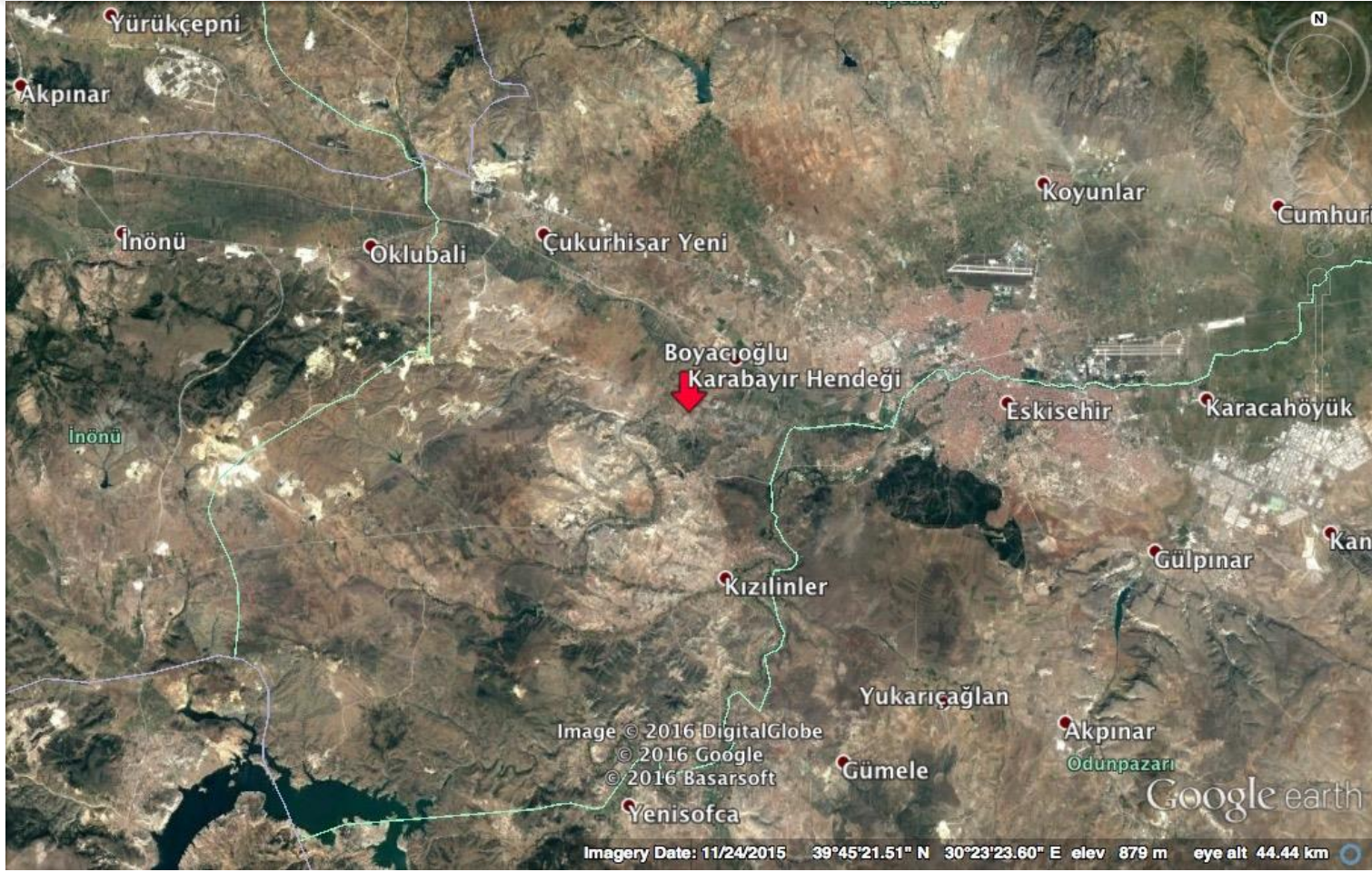
Sahada yapılan ölçümler, Magmap 2000 programı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ölçülen toplam manyetik alan değerleri ile hassas RTK – GPS koordinatları bilgisayar ortamında eşleştirilmiştir. Şekil 3.9 da verilen grafikte ölçülen toplam manyetik alan değerleri uzaklığın fonksiyonu olarak çizilmiştir.



Şekil 3.9. Karabayır hendeği lokasyonunda yapılan toplam manyetik alan ölçümü (Mavi ok ile gösterilen nokta olası süreksizlik zonunu işaret etmektedir.)

3.4.3.3. Yersel manyetik verilerin test edilmesi

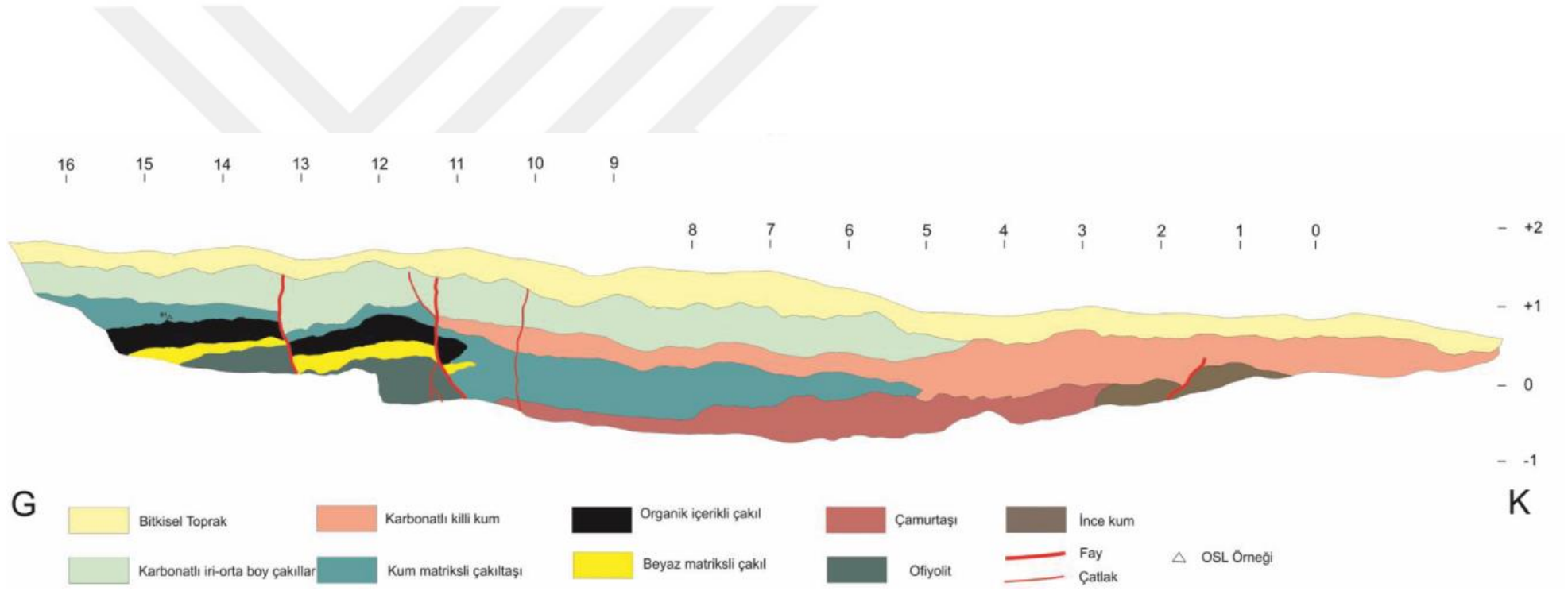
Havadan manyetik ve gravite ölçümleri sonucunda anomali gözlenen bir bölgede, morfoloji de göz önüne alınarak bir test lokasyonu belirlenmiş ve bu lokasyonda (Şekil 3.10) bir profil boyunca yersel toplam manyetik alan ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucu morfolojide de kırıklık gözlenen bir hat üzerinde düşük değerler okunmuş olması (Şekil 3.9) ilgi çekicidir. Hem havadan manyetik ve yersel gravite, hem de yersel manyetik ölçümlerinde tespit edilen anomaliyi kesecek biçimde, yaklaşık 20 metre uzunluğunda bir hendek açılmış (Şekil 3.11) ve gözlemlenen jeolojik birimlerin log çizimi yapılmıştır (Şekil 3.12). Hendek çalışmaları sonucunda düşük değerlerin okunduğu bölgede faylar ve fayların ötelediği birimler (Şekil 3.13) oldukça net olarak izlenebilmektedir.



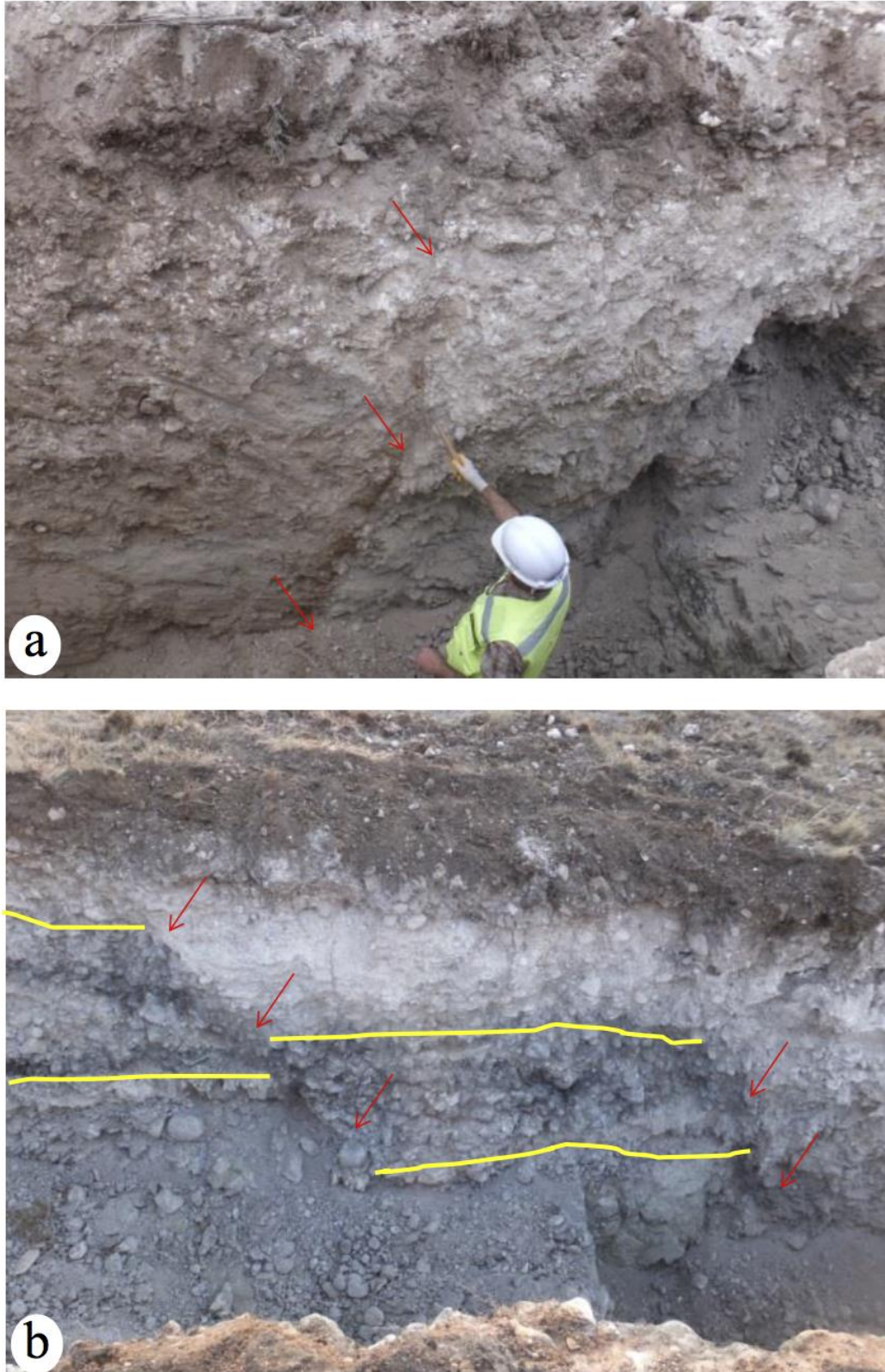
Şekil 3.10. Karabayır hendeği lokasyonu



Şekil 3.11. Karabayır hendeği genel görünümü.



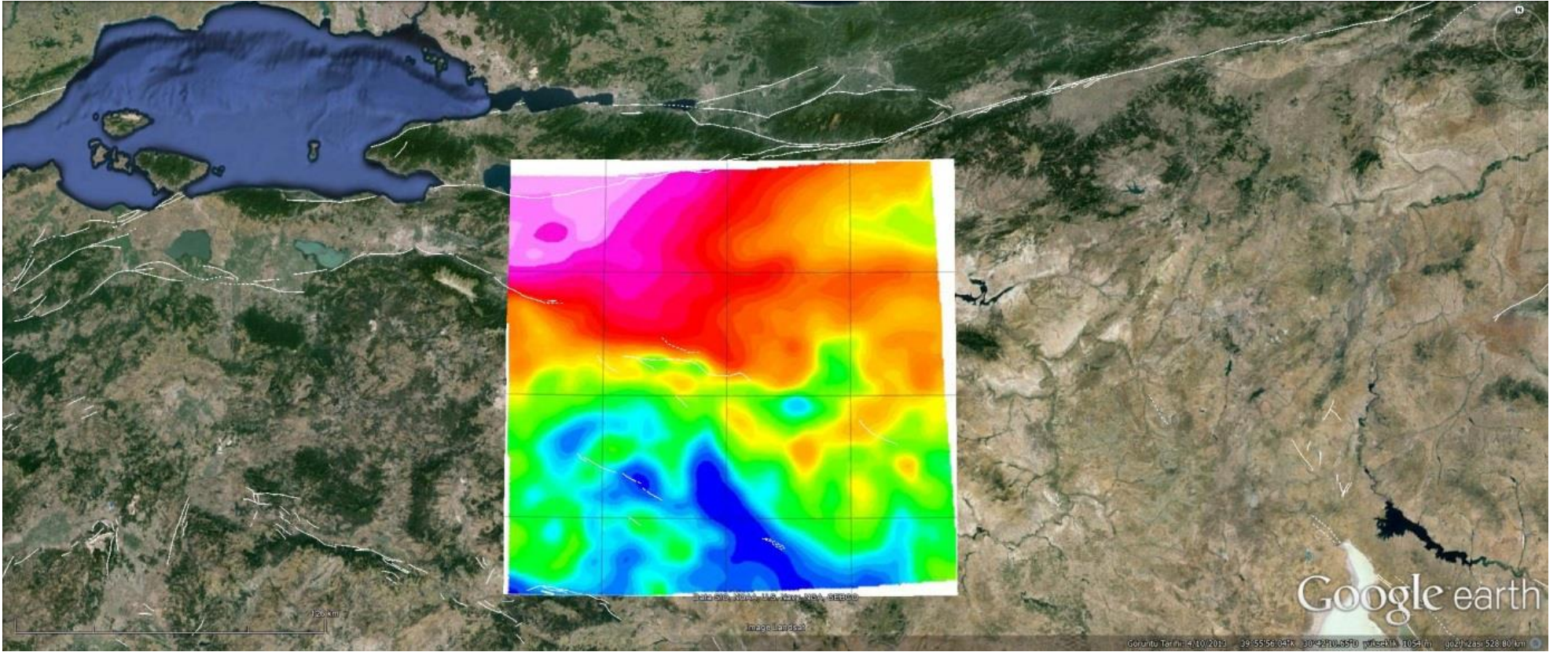
Şekil 3.12. Karabayır hendeği batı duvarı logu.



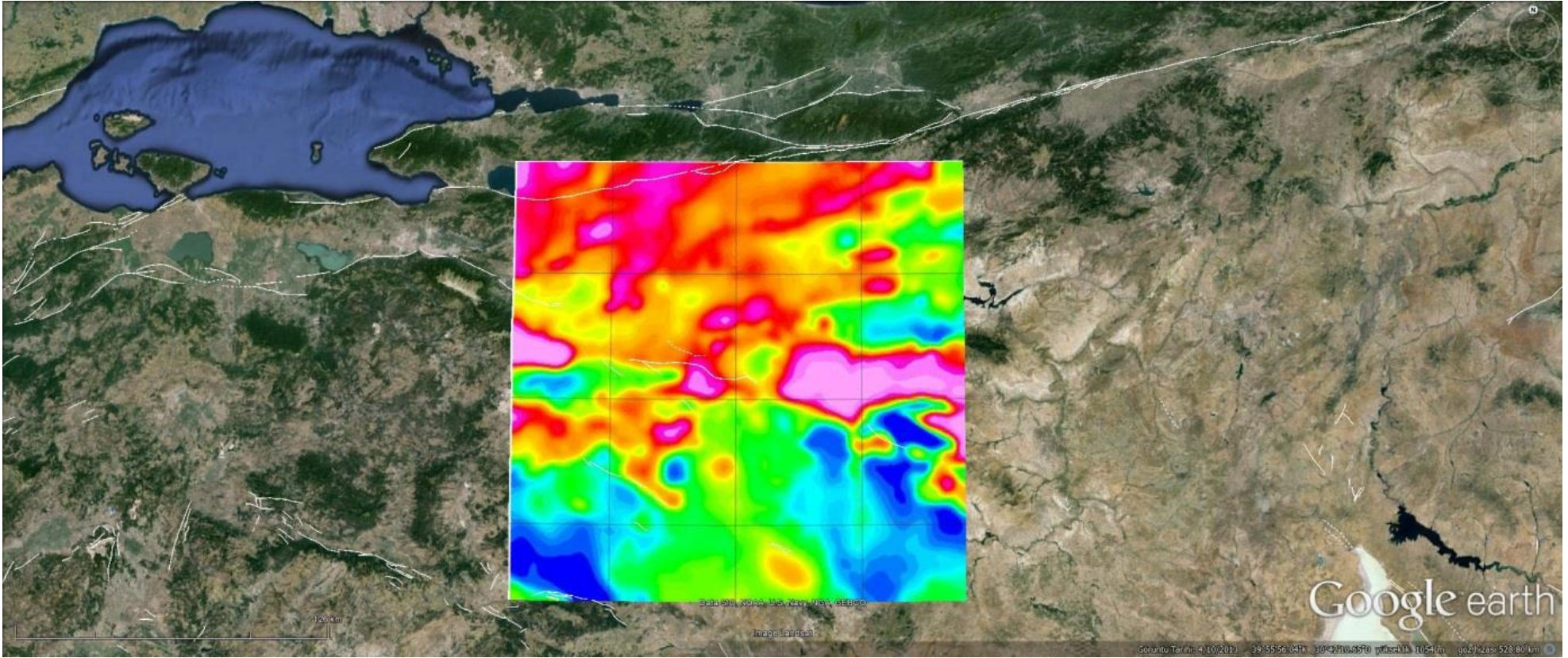
Şekil 3.13. (a) Karabayır hendeği doğu duvarındaki çatlaklara bir örnek, (b) Karabayır hendeği batı duvarı (Hendekte tespit edilen fay kırmızı oklarla gösterilmiştir).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

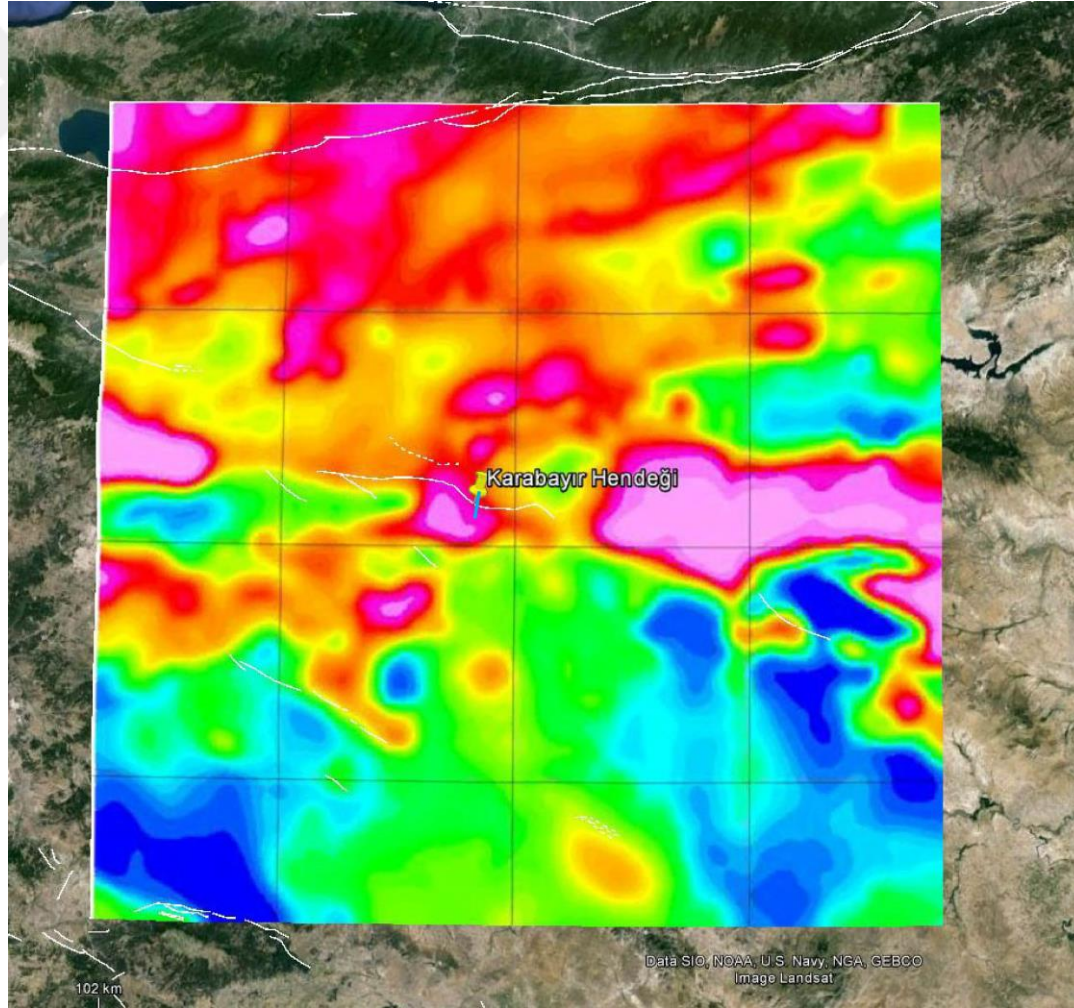
Gravite ve Manyetik ölçümler yerel ve genel jeoloji hakkında bilgi içerirler. Fakat tüm jeofizik verilerde olduğu gibi, bu veriler içerisinde, çeşitli fiziksel etkilerden kaynaklanan, gürültü olarak adlandırılan etkiler gözlenir. Bu çalışma kapsamında da temin edilen ham veriler üzerinde çeşitli işlemler uygulanarak, veri setleri daha anlaşılır hale getirilerek yorumlanmaya hazırlanmıştır. Bu kapsamda oluşturulan uç haritalar olan gravite ve manyetik anomalilerin analitik sinyal dönüşümleri proje alanında bölgesel olarak ortaya konulan fay ve benzeri süreksizliklerin desteklendiği gözlenmiştir. Gravite ve manyetik anomalilerden elde edilen analitik sinyal haritaları Şekil 3.3 ve Şekil 3.7 de gösterilmiştir. Ayrıca bölgede daha önce tanımlanan faylar ile gravite ve manyetik anomali haritalarından elde edilen analitik sinyal haritaları aynı şekiller üzerinde gösterilmiştir. 2 km yukarı uzanım uygulanmış gravite anomali haritası (Şekil 4.1), 2 km yukarı uzanım uygulanmış manyetik anomali haritası (Şekil 4.2), Yersel manyetik ölçüm ve hendek lokasyonu (Şekil 4.3) ve yersel manyetik ölçüm sonucu ile, bu sonuçtan yola çıkılarak açılan hendeğin log çizimi Şekil 4.4 te sunulmuştur. Şekil 4.5 de ise manyetik ve gravite analitik sinyal haritaları üzerinde alınan kesitler gösterilmiş, aynı kesitler üzerinde manyetik ve gravite verileri karşılaştırılarak birbirleri arasındaki korelasyon incelenmiştir.



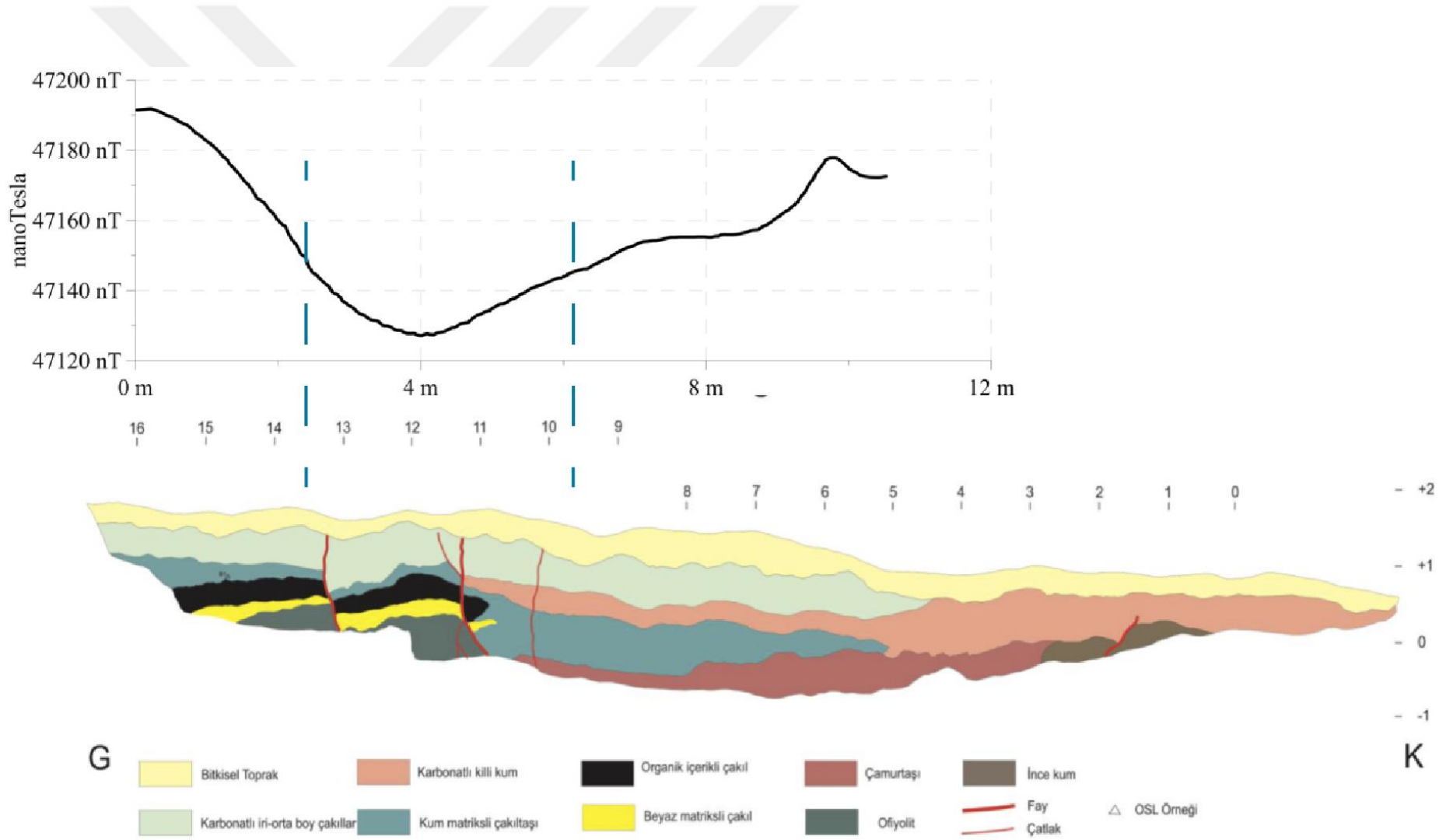
Şekil 4.1. 2-km yukarı uzanım yapılmış gravite anomali haritası.



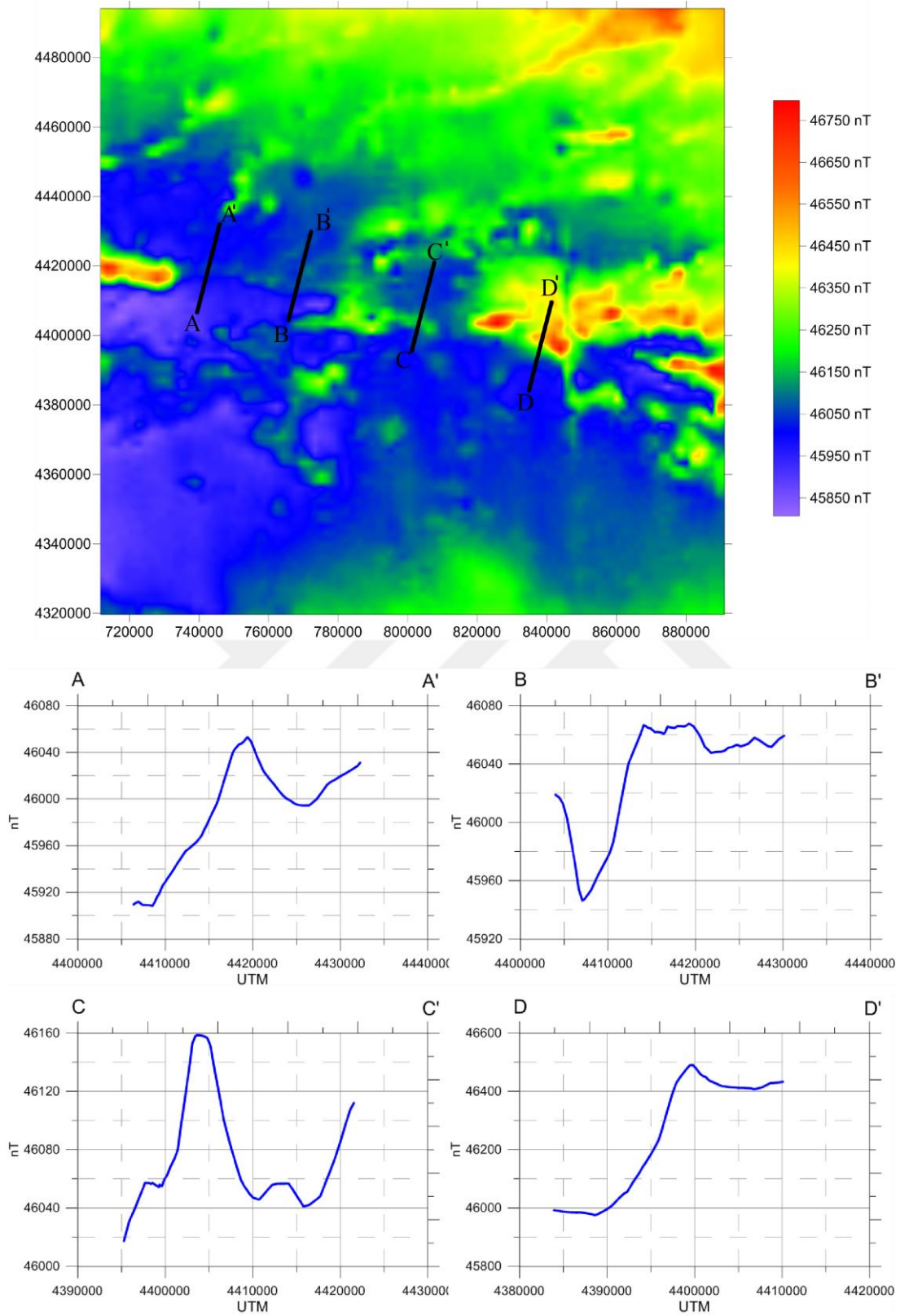
Şekil 4.2. 2-km yukarı uzanım yapılmış manyetik anomali haritası.



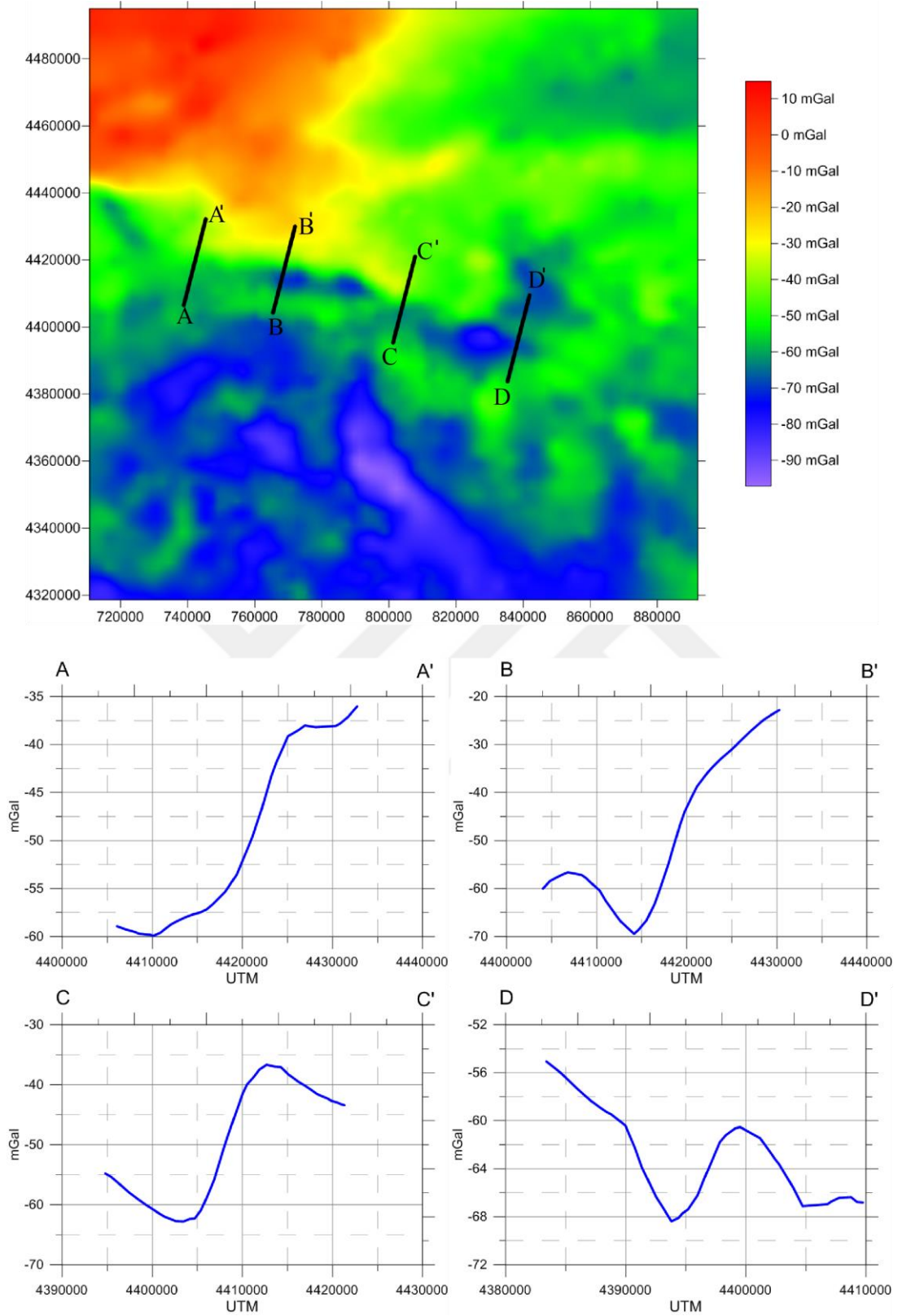
Şekil 4.3. Yersel manyetik ölçüm ve hendek lokasyonu (mavi çizgi hendek lokasyonunu göstermektedir (ölçeksiz), beyaz çizgiler MTA 2013'ten tekrar çizilmiştir).



Şekil 4.4. Elde edilen manyetik anomali ve hendek logunun(batı duvarı) karşılaştırması.



Şekil 4.5. (a) Manyetik alan haritası (b) 2 boyutlu kesitler (kesit lokasyonları harita üzerinde gösterilmiştir).



Şekil 4.6. (a) Gravite haritası (b) 2 boyutlu kesitler (kesit lokasyonları harita üzerinde gösterilmiştir).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

MTA ülkemizin tamamının gravite ve manyetik ölçümlerini yapmıştır. Bu çalışmada Eskişehir çevresine ait ham potansiyel alan verileri (gravite ve manyetik) MTA'dan temin edilerek sınırları belirlenen alanda önemli jeolojik değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. Eskişehir ve çevresini kapsayan, 1 km örnekleme aralıklı sayısal gravite ve manyetik verileri kullanılarak çeşitli analizler yapılmış, jeofizik verilerin bölge jeolojisi ile olan uyumu incelenmiştir.

Çalışma alanında İnegöl, İnönü, Eskişehir ve Alpu boyunca doğu-batı uzanımlı bir hat düşünüldüğünde bu hattın kuzeyi ve güneyinin jeolojisinin birbirinden farklılıklar gösterdiği görülmektedir (Şekil 2.1). Çalışma alanının manyetik verileri incelendiğinde, jeoloji haritasında belirgin olarak görülen hattın kuzeyinde ve güneyinde farklı manyetik alan değerleri elde edilmektedir. Hattın kuzeyinde daha yüksek manyetik alan değerleri (> 46300 nT) elde edilirken, güneyinde göreceli olarak daha düşük (< 46200 nT) değerler görülmektedir (Şekil 3.4). Benzer şekilde, gravite alan değerleri de bu hattın kuzeyinde ve güneyinde göreceli olarak farklılıklar göstermektedir (Şekil 3.1).

Potansiyel alan verileri yer içinin derinliklerinden yüzeyine kadar olan bölgeyi kapsayacak şekilde pek çok etkiyi içerisinde taşır. Çalışmada, 1 km örnekleme aralıklı havadan potansiyel alan verileri kullanılmıştır. Eldeki değerlerin hassasiyeti göz önüne alındığında yüzeye yakın değişiklikler anomali haritasında istenmeyen karışıklıklara (bir çeşit veri kirliliğine) neden olmaktadır. Bu nedenle veriler değerlendirilirken yüzeye yakın değişikliklerden kaynaklanan anomalileri temizlemek amacıyla gravite ve manyetik verilerine yukarı uzanım filtresi uygulanmıştır. Yapılan filtreleme sonucunda hem gravite hem de manyetik haritalarında görülen yaklaşık doğu – batı uzanımlı çizgisellik daha belirgin hale gelmiştir (Şekil 3.2, 4.6). Bu durum söz konusu anomalinin derin jeolojik yapıların etkisiyle oluştuğunu düşündürmektedir. Bölgenin jeoloji haritası ile gravite ve manyetik haritaları karşılaştırıldığında verilerin birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Potansiyel alan verileri haritalarında görülen göreceli farklılıklar litolojik değişimlerden kaynaklanabilir. Ancak her iki haritada da (gravite ve manyetik) değer farklılıkları yaklaşık doğu – batı uzanımlı bir çizgisellik göstermektedir (Şekil 3.3, 3.7). Dolayısıyla potansiyel alan verilerinden elde edilen değişikliğin çizgisellik sunması bu değişikliğin büyük ölçekli yapısal bir elemandan kaynaklandığını düşündürmektedir.

Çalışılan alandaki en önemli tektonik yapı Eskişehir Fay Zonu'dur (EFZ). Türkiye Diri Fay Haritası'na bakıldığında EFZ genel olarak yaklaşık doğu – batı yönünde uzanmaktadır (Şekil 1.3). Birbirine az çok paralel faylardan oluşan EFZ, sağ yönlü doğrultu atım bileşeni olan normal faydır ve kuzey blok fay zonu boyunca aşağıya düşmüştür (Şaroğlu ve diğ. 1992, Altunel ve Barka 1998, Emre ve diğ. 2013). Elde edilen gravite ve manyetik haritalarda görülen yaklaşık doğu – batı uzanımlı çizgiselliğe dik olarak bazı kesitler alınmıştır (Şekil 4.5, 4.6). Bu kesitlerde potansiyel alan verilerindeki değişiklik kuzeye eğimli bir düzlem boyunca azalmaktadır (Şekil 4.5, 4.6). Gözlemsel ve jeolojik veriler EFZ'nin kuzeye eğimli yaklaşık doğu – batı uzanımlı bir tektonik yapı olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen çizgiselliğin yaklaşık doğu – batı olması ve değerlerin kuzeye doğru düşmesi EFZ ile uyumluluk göstermektedir. Bu nedenle potansiyel alan verilerindeki değişikliğin EFZ'den kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu tez kapsamında kullanılan veriler 1 km örnekleme aralığı ile toplandığı için, bu haritalardan yola çıkılarak yapılan haritalar bölgenin genel yapısı ile ilgili fikir vermekle beraber, detaylı çalışmalar için yeterli değildir. Bu sebeple çalışma kapsamında anomali tespit edilen bir bölgede yersel manyetik ölçümler yapılarak anomaliye neden olan değişim anlaşılmasına çalışılmıştır. Yerel ölçekte yapılan bu çalışmada da benzer şekilde kuzeye doğru azalan düşük değerler elde edilmiştir (Şekil 3.9). Manyetik profilde değişimin görüldüğü kesimi dik kesecek şekilde açılan hendekte kuzeye eğimli normal faylar görülmektedir (Şekil 3.12). Arazi çalışmalarından yerel olarak elde edilen bu benzerlik, çalışma alanının tamamında elde edilen genel sonuçları destekler niteliktedir.

Potansiyel alan verileri derinlik hakkında bilgi vermemektedir. Bu çalışma kapsamında kullanılan veriler 1 km aralıkla alınan verilerdir. Elde edilen çizgiselliğe dik olarak alınan kesitlerde değerlerin kuzeye doğru farklı eğimlerde azaldığı dikkat çekmektedir. Kesitlerdeki kuzeye eğim, fay düzleminin eğimi ile uyumluluk göstermektedir ancak eldeki verilerin hassasiyeti bu durumu tartışmak için yeterli değildir. Bu nedenle daha hassas potansiyel alan verilerinden fay düzleminin eğimini belirlemenin mümkün olup olmadığı araştırılmalıdır. Manyetometre ile arazide yapılan çalışmada elde edilen sonucun jeolojik veriler ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bu tür çalışmaların farklı fay türlerinde denenmesi ve geliştirilmesi, yüzeyde belirtisi olmayan fayların tespit edilmesine yönelik çalışmalara önemli katkılar koyabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abedi M., Oskooi B., 2015, A combined magnetometry and gravity study across Zagros orogeny in Iran, *Tectonophysics*, Volume 664, 28 November 2015, P. 164–175
- Açıkalın S. ve Ocakoğlu F., 2005, 20 Şubat 1956 Eskişehir Depremi Hangi Faydan Kaynaklanış Olabilir? Eskişehir Fay Zonu ve İlişkili Sistemlerin Depremelliği Çalıştayı. Osmangazi Üniversitesi. 28-30 Nisan 2005, Eskişehir. Bildiri Özleri Kitapçığı.
- Akıncı Ö., 1967, Eskişehir I24-C paftasının jeolojisi ve tabakalı lületaşı zuhurları, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, S. 82 - 97
- Altunel E. ve Barka A. A., 1998. Eskişehir fay zonunun İnönü-Sultandere Arasında neotektonik aktivitesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*. 41: 41-52.
- Andreasen G. E., Grantz, A., Zietz I., Barnes D. F., 1964, *Geologic Interpretation of Magnetic and Gravity Data in the Copper River Basin, Alaska*, Geological Survey Professional Paper 316 – H, United States Government Printing Office, Washington.
- Asutay H. J., Küçükayman A., Gözler M.Z., 1989, Dağküplü (Eskişehir kuzeyi) ofiyolit karmaşığının stratigrafisi, yapısal konumu ve kümülatlara petrografisi, *MTA Dergisi*, 109, 1 – 8
- Ateş A., Büyüksaraç A., Bilim F., Bektaş Ö., Şendur Ç., Komanıvalı G., 2009, Spatial correlation of the aeromagnetic anomalies and seismogenic faults in the Marmara region, NW Turkey, *Tectonophysics*, Volume 478, Issues 1–2, 20 P.135–142
- Aydemir A., Ateş, A., 2006, Interpretation of Suluklu – Cihanbeyli - Goloren Magnetic Anomaly, Central Anatolia, Turkey: An integration of geophysical data, *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 159 167–182
- Aydoğan D., 2003, Fayların düşey manyetik anomalilerinin yorumu, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, C. 16, S.1-9
- Binal A., Kasapoğlu K.E., Gökçeoğlu C., 1997, Eskişehir-Yazılıkaya çevresinde yüzeylenen volkanosedimanter kayaların donma-çözülme etkisi altında bazı fiziksel ve mekanik parametrelerinin değişimi, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Yerbilimleri, 19, s 17 – 40
- Blakely R., Sherrod B. L., Weaver C. S., Wells R. E., Rohay A. C., 2014, The Wallula fault and tectonic Eskişehir) bor yatakları çevresindeki biyojeokimyasal anomalilerin araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi
- Bozkurt E., 2001. Neotectonics of Turkey a synthesis, *Geodinamica Acta*. 14: 3-30.
- Demirlioğlu M., Örgün Y., Yaltrak C., 2011, Hydrogeology and hydrogeochemistry of Günyüzü semi-arid basin (Eskişehir, Central Anatolia), *Environmental Earth Sciences*, Volume 65, Issue 5, p 1433 – 1443

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Demiroğlu M., 2008, Eskişehir - Sivrihisar – Günyüzü havzası hidrojeolojisi ve hidrojeokimyası, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Entitüsü, Doktora tezi
- Emre Ö., Duman T.Y., Özalp S., Elmacı H., Olgun Ş. Şaroğlu F., 2013, Türkiye Diri Fay Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30. Ankara-Türkiye
- framework of South-central Washington, as interpreted from magnetic and gravity anomalies, Tectonophysics Volumes 624-625
- Gordon E. Andreasen, Arthur G., Isidore Z., David F. B., 1964, Geologic Interpretation of Magnetic and Gravity Data in the Copper River Basin, Alaska, Geological Survey Professional Paper 316-H
- Gözler M. Z., Cevher F. ve Küçükayman A., 1985, Eskişehir Civarının Jeolojisi ve Sıcak Su Kaynakları. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 103: 40-54
- Gündoğdu E., 2009, Eskişehir Fayı'nın kinematiği, deprenselliği ve uzaktan algılama yöntemleri ile incelenmesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi
- Kadir S., Bař H., Karakař Z., 2002, Origin of sepiolite and loughlinite in a Neogene volcano – sedimentary lacustrine environment, Mihallıççık, - Eskişehir, Turkey, The Canadian Minealogist, 40 (4)
- Kibici Y., 1990, Sarıcakaya (Eskişehir) volkanitleirinin petrolojisi ve kökensel yorumu, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 33, s 69 – 77
- Koçyiğit A., 2000, Orta Anadolu'nun Genel Neotektonik Özellikleri ve Deprenselliđi Haymana-Tuzgölu-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma (WORKSHOP), TPJD özel sayı 5: 1-26
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2006, Türkiye Rejyonel Gravite Bouger Anomali Haritası, <http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/jeof/index.php?id=rejgravite>, erişim tarihi: 01.06.2016.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2010, Türkiye Havadan Rejyonel (Toplam Alan) Manyetik Haritası, <http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/jeof/index.php?id=rejmany>, erişim tarihi: 01.06.2016.
- MTA Genel Müdürlüğü, 2002, 1:500.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları
- Muhterem Demrioğlu, Yüksel Örgün, Cenk YALTIRAK, "Hydrogeology and hydrogeochemistry of Gunyuzu semi-arid basin (Eskisehir, Central Anatolia)", ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES, Vol. 5, No. 65, 2011

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ocakoğlu F., 2007. A Re-evaluation of the Eskişehir Fault Zone as a recent extensional structure in NW Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 31: 91– 103
- Ocakoğlu F., Açıkalm S. Akan S. ve Yalçın C. Ç., 2005-b. Eskişehir Civarında Eskişehir Fay Zonu'nun Morfotektonik Özellikleri. Eskişehir Fay Zonu ve İlişkili Sistemlerin Depremselliği Çalıştayı. Osmangazi Üniversitesi. 28-30 Nisan 2005, Eskişehir. Bildiri Özleri Kitapçığı.
- Ocakoğlu F., Açıkalm S. ve Akan S., 2005-a. Hendek Kazıları ile Yorumlanmalarındaki Güçlüklere Eskişehir Fay Zonu'ndan Bazı Örnekler. Eskişehir Fay Zonu ve İlişkili Sistemlerin Depremselliği Çalıştayı. Osmangazi Üniversitesi. 28-30 Nisan 2005
- Ocakoğlu, F., Açıkalm, S., 2010, Field evidences of secondary surface ruptures occurred during the 20 February 1956 Eskişehir earthquake in the NW Anatolia, *Journal of Earth System Science*, vol. 119, issue 6, pp. 841-851
- Oskooi B. ve Abedi M., 2015, Magnetic and electromagnetic data interpretation for delineating geological contacts in the Tomelilla area, Sweden, *Arabian Journal of Geosciences*, Volume 8, Issue 6
- Öcal N., 1959, 20 Şubat 1956 Eskişehir Zelzelesi'nin Makro ve Mikrosismik Etüdü, İ.T.Ü. Sismoloji Enstitüsü Yayını.
- Özsayın E. ve Dirik K., 2007, Quaternary Activity of the Cihanbeyli and Yeniceoba Fault Zones: İnönü-Eskişehir Fault System, Central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, 16: 471–492
- Reilinger R. E., McClusky S., Oral M. B., King R. W., Toksöz M. N., Barka A. A., Kinik I., Lenk O. ve Sanlı I., 1997, Global Positioning System Measurements of Present Day Crustal Movement in the Arabia-Africa -Eurasia Plate Collision Zone. *Journal of Geophysical Research*, 102: 9983-9999
- Şaroğlu F., Emre Ö., Kuşçu İ., 1992, Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara
- Tokay F. ve Altunel E., 2005, Eskişehir Fay Zonu'nun İnönü-Dodurga çevresinde Neotektonik Aktivitesi, *MTA Dergisi* 130: 1-15
- Yalçın C. Ç., Altunel E., Karabacak V. ve Akyüz S., 2005, Eskişehir Fay Zonu'nun VLF-EM Yöntemi Kullanılarak Araştırılması, Eskişehir Fay Zonu ve İlişkili Sistemlerin Depremselliği Çalıştayı. Osmangazi Üniversitesi. 28-30 Nisan 2005, Eskişehir. Bildiri Özleri Kitapçığı
- Yeniyol M., 1992, Yenidoğan (Sivrihisar) sepiolit yatağının jeolojisi, mineralojisi ve oluşumu, *MTA Dergisi*, 114, 71 – 84
- Yılmaz, A., Kuşçu M., 2007, Süleymaniye (Mihalıççık-Eskişehir) Bölgesindeki Manyezitlerin Jeolojisi ve Jeokimyasal Özellikleri, *TJK Bülteni*, C 50.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yüzgöl S., 2010, Eskişehir Grabeni'nin potansiyel alan verileri ile (gravite ve manyetik) araştırılması ve yorumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi

Zorlu S., 2006, Kırka (Eskişehir) bor yatakları çevresindeki biyojeokimyasal anomalilerin araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

