



ZIMPARA TAŞI İÇEREN CEVHER ALANINA AİT MANYETİK VERİLERİN SINIR ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: MUĞLA, TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Erdoğan ÖKSÜM¹, M.Nuri DOLMAZ¹, Muhterem DEMİR^{2,*}, Luan Thanh PHAM³

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye

³ Department of Geophysics, Faculty of Physics, University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam

Anahtar Kelimeler

*Manyetik,
Zımpara Taşı,
Milas-Muğla.*

Öz

Doğal zımpara taşları çoğunlukla Türkiye’de Ege bölgesinde ve Yunanistan’da görülür. Türkiye’nin batısında yer alan Menderes Masifi demir bakımından zengin zımpara taşı yatakları içermektedir. Önemli zımpara taşı yataklarından biri, GB Türkiye’de Milas’ın KB da yer alan Kayabaşı köyü güneyinde görülmektedir. Zımpara taşları bünyesinde çoğunlukla alüminyum ve demir mineralleri içerdiği için ölçülebilir manyetik anomalilere neden olabilmektedir. Bu çalışma, Kayabaşı Köyü GB’da yer alan bir maden sahasının 150 x 200 m boyutlarında lokal bir bölgesinde potansiyel zımpara taşı kaynaklarının yer altındaki konumlarının ve devamlılıklarının araştırılmasını amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda inceleme sahasında jeofizik potansiyel alan verilerinden olan manyetik alan verilerinin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasının manyetik anomalilerine kaynak olan yapıların konumlarının tespiti için sınır analizleri kapsamında analitik sinyal, yatay türevlerin analitik sinyali, toplam yatay gradyanın tilt açısı ve yatay gradyanın lojistik fonksiyonu esasına dayanan dört farklı analiz tekniği uygulanmıştır. Elde edilen sınır analizleri haritalarının birlikte yorumlanması ile inceleme alanının doğusunda genel olarak sığ kaynaklı yapısal unsurların, batısında ise göreceli olarak daha derin kaynaklı yapısal unsurların varlığı gözlemlenmiştir.

EVALUATION OF MAGNETIC DATA OF AN EMERY BEARING ORE FIELD BY EDGE DETECTION METHODS: MUĞLA, TÜRKİYE EXAMPLE

Keywords

*Magnetic,
Emery Rock,
Milas-Muğla.*

Abstract

Emery rocks occurs naturally in the Aegean region, mostly in Turkey and Greece. The Menderes Massif located to the western part of Turkey bears several Fe-rich emery ore deposits. One of the important ore deposits is seen at southern Kayabaşı village, Milas, SW Turkey. Since emery rocks are mainly composed of alumina and iron minerals, they cause measurable magnetic anomalies. This study aims to investigate the localization and continuity of potential emery resources in a local area of 150 x 200 m in a mining site in the SW of Kayabaşı Village. For this purpose, magnetic field, which is one of the geophysical potential field data, were measured in the study area. Four different analysis techniques based on the analytical signal, the analytical signal of the horizontal derivatives, the tilt angle of the total horizontal gradient and the logistic function of the total horizontal gradient have been applied within the scope of the edge detection to determine the positions of the structures that are the source of the magnetic anomalies of the study area. With the interpretation of the obtained analysis maps together, it was observed that there were generally shallow-sourced structural elements in the east of the study area and relatively deeper-sourced structural elements in the west.

Alıntı / Cite

Öksüm, E., Dolmaz, M.N., Demir, M., Pham, L.T., (2021). Zımpara Taşı İçeren Cevher Alanına Ait Manyetik Verilerin Sınır Analizi Yöntemleri İle Değerlendirilmesi: Muğla, Türkiye Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(1), 319-329.

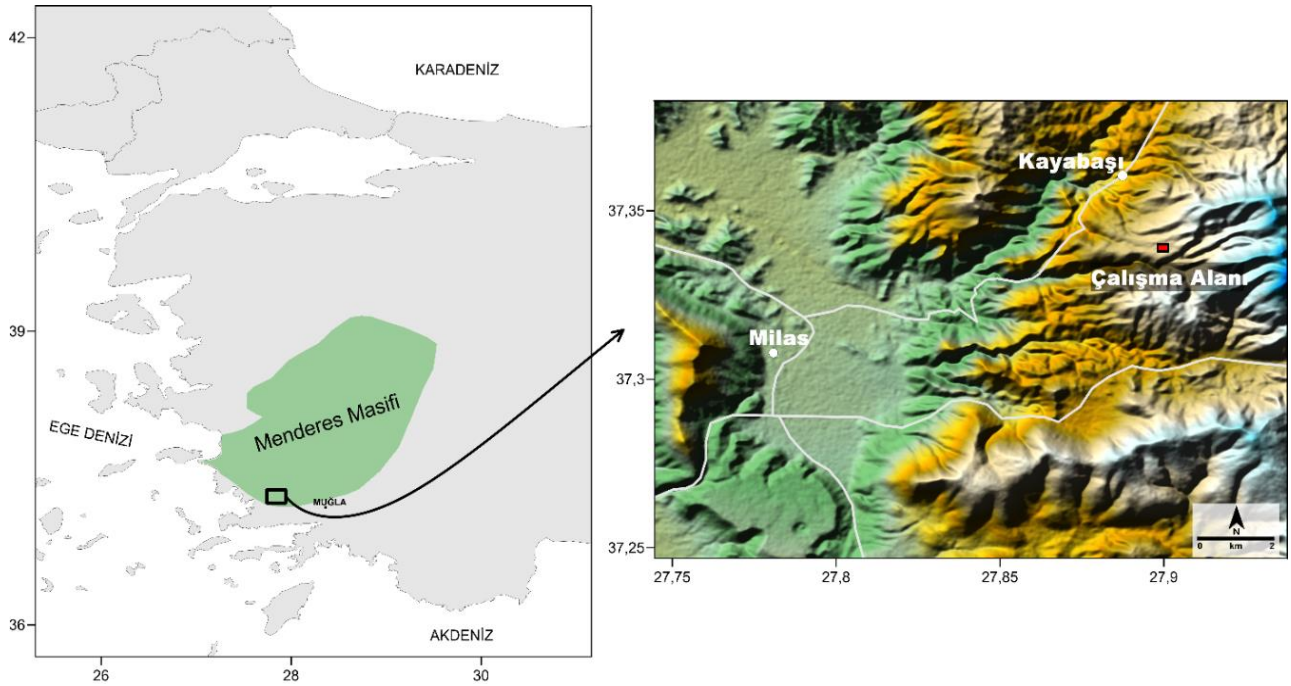
* İlgili yazar / Corresponding author: muhteremdemire@gmail.com, +90-543-538-0757

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
E. Öksüm, 0000-0001-8386-9411	Başvuru Tarihi / Submission Date	16.09.2020
M. N. Dolmaz, 0000-0002-9185-983	Revizyon Tarihi / Revision Date	17.12.2020
M. Demir, 0000-0002-3661-5395	Kabul Tarihi / Accepted Date	18.12.2020
L.T. Pham, 0000-0002-5415-8001	Yayın Tarihi / Published Date	30.03.2021

1. Giriş (Introduction)

Menderes Masifi (Şekil 1), demir bakımından zengin irili ufaklı mercekli yapılarda ve yüzey plaserleri şeklinde zımpara taşı içermektedir. Bunun yanı sıra demir, krom, bakır, kurşun, çinko, cıva, altın, gümüş, uranyum, kömür, feldspat, kaolin ve boksit gibi metalik ve metalik olmayan mineraller bakımından da zengindir (Smith, 1850; Chazan, 1946; Calame, 1956; Yalçın vd., 1993; Gümüş vd., 1999). Bu nedenle birçok yer bilimci, özel tektoniği, jeolojik özellikleri ve çeşitli maden yatakları içermesi nedeniyle Menderes Masifi ile ilgilenmiştir. Masif'te eski zamanlardan beri çeşitli madencilik faaliyetleri gerçekleştirilmiş fakat bu faaliyetlerin birçoğu rapor edilmemiş veya yayınlanmamıştır.

Türkiye'de bulunan zımpara taşı yatakları, irili ufaklı mercekli yapılarda ve yüzey plaserleri halinde oluşmuştur. Batı Anadolu'da büyük zımpara taşı rezervleri genel olarak Muğla ili civarında, özellikle Milas ve Yatağan dolaylarında bulunmaktadır. Dünya çapında zımpara taşı yataklarının jeolojisi, petrolojisi ve mineral kimyası üzerine pek çok araştırma yapılmış olsa da (Yalçın vd., 1993; Feenstra, 1996, 1997), zımpara taşı alanlarında jeofizik araştırmalara ilişkin sınırlı sayıda yayın bulunmaktadır. Bu araştırma, Menderes Masifi'nin güney kenarında, Muğla Milas KB'sında Kayabaşı Köyü güneyinde yer alan bir maden sahasının zımpara taşı potansiyeli içeren inceleme alanında gerçekleştirilen bir jeofizik çalışmayı kapsamaktadır (Şekil 1). Bu kapsamda, inceleme alanı içerisinde zımpara taşı seviyelerinin yer altındaki lokasyonlarının ve devamlılıklarının araştırılması amaçlanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının yeri (Location of the study area)

Zımpara taşları bünyelerinde çoğunlukla alüminyum ve demir mineralleri içermektedir, dolayısıyla içinde buldukları çevre kayalarına göre göreceli olarak ölçülebilir manyetik alan anomalilerine neden olabilmektedirler. Yer altında manyetik alan kontrastı oluşturan yapıların konumlarının belirlenmesinde jeofiziğin potansiyel alan yöntemlerinden olan manyetik alan yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Manyetik alan verilerinin değerlendirilerek yapı sınırlarının belirlenmesi konusunda ise büyük ölçüde alanın türevlerine veya bunların kombinasyonlarına dayanan pek çok yöntem ileri sürülmüştür. Evjen (1936) kaynağın yatay sınırlarının tespiti için alanın düşey türevinin sıfır değerini kullanmıştır. Cordell ve Grauch (1985) ise kaynak yapı sınırları üzerinde maksimum değerleri üretme eğiliminde olan yatay gradyan genliğini kullanmışlardır. Diğer yandan Nabighian (1972) ve Atchuta vd. (1981), manyetik anomalilerin analitik sinyallerinin manyetizasyon yönlerine daha az duyarlı olduklarını ve bunların kalıntı mıknatıslanma durumlarında faydalı veriler olabileceğini kanıtlamışlardır. Buna göre Roest vd. (1992)'de yanal yapı sınırlarını belirlemek için analitik sinyal genliğinin (AS)

maksimum değerlerinin kullanılması önerilmiştir. Hsu vd. (1996) tarafından ise sınır tespiti sonuçlarının çözünürlüğünü iyileştirmek için daha yüksek dereceli türevlere dayanan gelişmiş analitik sinyalin kullanılması önerilmiştir. Analitik sinyal esasına dayanan diğer bir sınır analizi tekniği ise Bournas ve Baker (2001) tarafından önerilmiştir. Araştırmacılar, yatay türevlerin analitik sinyallerinin yapıların sınırlarını belirlemede analitik sinyal yönteminden daha iyi sonuçlar aldıklarını belirtmişlerdir. Fedi ve Florio (2001) ise sınır tespitlerinin geliştirilmesi için yüksek mertebedeki düşey türevlerin yatay türevlerini kullanmışlardır.

Yukarıdaki bahsedilen yöntemlerin ortak dezavantajı, aynı anda farklı derinliklerde bulunan etken yapılar tarafından üretilen anomalilerin genliklerini dengelemede zayıf performans göstermeleridir (Pham vd., 2018a, 2018b; 2019; Nasuti vd., 2018). Sığ ve derin kaynakların sınırlarının eşzamanlı olarak belirlenebilmesi için çeşitli faz tabanlı yöntemler geliştirilmiştir. Örneğin tilt açısı yöntemi (Miller ve Singh, 1994), tilt açısının toplam yatay türevi yöntemi (Verduzco vd., 2004), teta haritası yöntemi (Wijns vd., 2005), yatay gradyanın düşey türev ile normalizasyonu filtresi ve hiperbolik tilt açısı yöntemleri (Cooper ve Cowan, 2006), yatay gradyanın tilt açısı filtresi (Ferreira vd., 2013), lojistik fonksiyon ve toplam yatay gradyanın bir kombinasyonu olan gelişmiş lojistik filtresi (Pham vd., 2020). Pham vd. (2020) farklı derinliklere sahip modellerin manyetik anomali verileri üzerinde yaptıkları çalışmada yukarıda verilen faz tabanlı yöntemleri karşılaştırarak Ferreira vd. (2013) yöntemi ile çalışmalarında sundukları yöntemin diğer yöntemlere göre eşzamanlı olarak derin ve sığ kaynakların sınırlarını daha etkin belirleyebildiklerini vurgulamışlardır.

Geleneksel kenar belirleme yöntemleri yanında eğrisellik (curvature) yöntemi de son yıllarda geliştirilmiş, potansiyel alan verilerinin ikinci dereceden kısmi türevlerine dayanan önemli potansiyel alan analiz yöntemlerinden birisidir. Yöntem ilk olarak Hansen ve deRidder (2006) tarafından havadan manyetik veriler üzerinde lineer özellik analizi için uygulanmıştır. Yöntem daha sonra Philips vd. (2007) tarafından gravite verilerine uygulanmıştır. Daha sonra Barraud (2013) tarafından geometrik analiz ve derinlik kestirimi için kullanılmıştır. Kafadar (2017) tarafından, bu yöntem kullanılarak kolaylıkla teorik ve arazi uygulamaları geliştirilebilmesi için, açık kaynak kodlu görsel bir yazılım geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, inceleme alanından elde edilen manyetik verilere neden olan yeraltı yapılarının konumlarının belirlenmesi için manyetizasyon yönlerine daha az duyarlı olan analitik sinyal tekniği (Roest vd., 1992), yatay türevlerin analitik sinyalleri (Bournas ve Baker, 2001) ve ayrıca derin yapıların sınırlarının belirlenmesinde etkili olan yatay gradyanın tilt açısı filtresi (Ferreira vd., 2013) ile gelişmiş lojistik filtresi (Pham vd., 2020) uygulanmıştır.

2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Çalışma alanı ve çevresini kapsayan bölgede, birçok yerli ve yabancı araştırmacı tektonik, jeolojik özellikleri ve çeşitli maden yataklarının araştırılmasını kapsayan çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Önay (1949), Doktora çalışmasında, diyasporit ve zımparaların, boksitin bir metamorfizma ürünü olduğu ispat etmiş ve Menteşe Mermerleri içerisinde kesinlikle ayırt edilebilen bir horizontta bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca metamorfizmanın, Menderes Masifine yaklaştıkça arttığını ve böylece diyasporitin daha dışta, zımparanın ise daha içeride; masif etrafında bir daire şeklinde birikmiş olduklarını tespit etmiştir.

Schuling (1962), "Türkiye'nin Güneybatısındaki Menderes Migmatit Kompleksinin Petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında" başlıklı çalışmasında Menderes Masifinde geniş bir şekilde mostra veren migmatit özelliğindeki gnaysların petrografisi, yaşı ve yapıları hakkında bilgi vermiştir.

Tuğal (1964), Milas civarının diyasporit ve zımpara yataklarını incelemiş ve hesaplamış olduğu 32 milyon ton diyasporit rezervinin 19 milyon tonunun alüminyum sanayine elverişli olduğunu belirtmiştir.

Wippert (1965), Menderes Masifi çevresindeki diyasporit ve zımpara yataklarını incelemiş ve bu zımparalardan alüminyum elde edilmesi ile ilgili yöntemleri araştırmıştır. Tespit ettiği 72 milyon ton diyasporit ve 8 milyon ton zımparanın, bir alüminyum fabrikasını uzun zaman besleyebileceğini belirtmiştir.

Graciansky (1965), "Menderes Masifinin güney kıyısı boyunca (Türkiye'nin GB'sı) görülen metamorfizma hakkında açıklamalar" başlıklı çalışmasında Menderes Masifinin güney kanadında görülen metamorfizma hakkında bilgi vermiş; ayrıca mermerlere de değinmiştir.

Brinkmann (1966), Menderes Masifinin çekirdeğini teşkil eden gnaysların orijinal maddesinin Pre-Kambriyen yaşında olduğunu, çekirdeğin metamorfizmasının muhtemelen Pre-Kambriyen arasında, Paleozoyik ve Mezozoik yaşında örtü tabakalarının Jura yaşına rastladığını savunmuştur.

Dürr (1975), Menderes Masifi Metamorfitlerinin stratigrafisini incelemiş ve Metamorfitlerin Prekambriyenden Alt Triyasa kadar çıkan bir istif sunduğunu, metamorfizmanın en son Alt Tersiyer’de etkin olduğunu belirtmiştir.

Papazachos ve Comninakis (1977)’e göre, Güneybatı Anadolu bölgesi boyunca, Afrika Levhasının Ege – Anadolu Levhasının altına dalmasıyla, dalan levhanın üst yüzeyinde büyük bir sürtünme ısısı hidrokinamik kuvvetler oluşturmaktadır. Bu kuvvetler dalma batma zonu boyunca sıcak magmayı yukarıya doğru Anadolu levhası içine doğru göçe zorlamakta ve manto hacminin artışına neden olmaktadır. Artan hacim Ege-Anadolu Levhasının kuzeye ve güneye, dolaylı olarak da manto malzemesinin kabuk içine sokulmasına, volkanik aktiviteye, yüksek ısı akısına, kabuk yapısı ve kalınlığının değişmesine neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Çağlayan vd. (1980), Menderes Masifi Metamorfitleri Stratigrafisini açıklarken, tabanda Prekambriyenle başlattıkları metamorfite Üst Paleosene kadar çıkartmışlardır. Bununla birlikte araştırmacılar, Menderes Masifi güneyinde yoğun bir şekilde çalışmışlar ve elde ettikleri bilgiler sayesinde bölge için yapısal yorumlar yapmışlardır.

Orhon vd. (1985), Milas boksit sahalarında yer alan diyasporit mostralarını haritalamışlar, sondajları değerlendirmişler ve sonuçta 12.8 milyon ton görünür diyasporit rezervi saptamışlardır.

Dora vd. (1987), yapmış oldukları “Menderes Masifi Postmetamorfik Plütonlar” başlıklı çalışmalarında Menderes Masifinin genel jeolojik konumuna, litolojik istifi ve Menderes Masifinin jeotektonik evrimine değinmişlerdir.

Orhon ve Yılmaz (1987), Milas-Kurukümes zımpara ocağının rezerv ve tenörünün belirlenmesi amacı ile çalışmışlar ve 17.650 ton görünür, 1200 ton muhtemel olmak üzere 18.850 ton %51,19 Al₂O₃ tenörlü zımpara rezervi saptamışlardır.

Ünsal vd. (1989), Muğla (Milas-Yatağan) Kozağaç, Kurukümes ve Elmacık zımpara sahalarında 1989 yılında sahaların 1/25 000 ölçekli ve 1/1 000 ölçekli detay jeoloji harita alımlarını gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda; Kozağaç, Kurukümes ve Elmacık sahalarında 587.266 ton masif cevher ve 291.216 ton plaser olmak üzere, toplam 878.482 ton cevher tespit edilmiştir.

Kuşçu (1992), yayınlamış olduğu makalede, Kestanecik ve Kozağaç (Yatağan-Muğla) mermerlerinin mineralojik, fiziksel ve petrografik ve jeolojik özelliklerinin yanında, bu mermerlerin ekonomik özelliklerini de irdelemiştir. Yalçın vd. (1993), yayınlamış oldukları çalışmada GB Türkiye’deki Menderes Masifinin metaboksitlerine Zn’ce zengin högbömit ve gahnit minerallerinin varlığını saptamışlardır ve Menderes Masifindeki diyaspor, zımparalara ve bunlarla birlikte bulunan kloritoid, margarit minerallerine de ayrıntılı bir şekilde değinmişlerdir.

Aydoğan (2001), “Muğla-Yatağan Elmacık Köyü İsmail Dağı Civarındaki Zımparaların Araştırılması” adlı çalışmasında Zımpara mostraları Kretase-Jura yaşlı, dolomitik mermerler içerisinde masif-mercekler-tabakalar şeklinde bulunduğunu söylemiştir. Elmacık ile Mesken köyleri arasındaki düzlükleri dolduran plaser zımparaların boyutları yer yer çok küçük çakıllardan, blok boyutuna kadar değiştiğini kanıtlamıştır. Genel olarak cevherin alt üst kloritoidler (1-30 cm) ve beyaz renkli, margaritler (1-10 cm) gözlemlenmiş, cevher mikroskopisi incelemeleri ile zımparaların hematit, korund, diyaspor, kloritoid, varlığı XRD, EMP analizleri ile teyit edilmiştir ve analizleri yapılmıştır. Sahada yaptıkları rezerv hesabı sonucu toplam olarak 75.000 ton görünür +75.000 ton muhtemel rezerv tespit etmiştir.

Aydın vd. (2011), Muğla Yatağan’ın Elmacık bölgesinde Yaran Dağı ve İsmail Dağı eteklerindeki birikim havzasında, bilinen demirce zengin zımpara horizonlarının sürekliliğini belirlemek ve yeni birikintileri araştırmak için manyetik ve elektrik yöntemler kullanarak jeofiziksel bir araştırma yapmıştır. 5 km²’lik bir alanda manyetik ölçümler yapmış ve olası plaser zımpara horizonlarını araştırmak ve olası fay hatlarını tespit etmek için alanın alüvyonal kısmında 15 noktada D.E.S yaparak tabaka kalınlıklarını araştırmışlardır. İsmail dağı mermerlerindeki eski ve terk edilmiş zımpara çukurlarının çevresinde önemli manyetik anomaliler elde etmişlerdir. Bu anomalilerin 10 metreden daha derin olmayan ve demirce zengin zımpara cevherlerinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir. Alanın alüvyonal kısmındaki manyetik anomalileri incelediklerinde küçük yeni plaser zımpara çökellerinin olabileceğini öne sürmüşlerdir. Sonuç olarak alanda 5 adet birincil, 5 adet plaser olmak üzere 10 farklı alanda zımpara taşı potansiyeli olabilecek yerleri önermişlerdir.

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

3.1. Toplam alan manyetik veri (Total field magnetic data)

İnceleme alanında gerçekleştirilen manyetik ölçümler, Geometrics G-857 Proton manyetometresi kullanılarak

yapılmıştır (Şekil 2). Manyetik etüt kapsamında ölçümler, ~150×200 m boyutlarına sahip çalışma sahasında genel olarak 5 m aralıklı profiller üzerinde 2 m ölçüm aralıklarında alınmıştır. Elde edilen manyetik alan ölçü değerleri, 2 m örnekleme aralığı ile gridlenerek inceleme sahasının toplam alan manyetik anomali haritası oluşturulmuştur (Şekil 3a). Manyetik anomali haritasında toplam alan değerleri 45200-47600nT arasında olup yaklaşık 2400 nT genlik değişimi göstermektedir.



Şekil 2. Saha çalışmasından bir görüntü (a view from the investigation)

3.2. Sınır analizi yöntemleri (Edge detection methods)

Analitik sinyal yöntemi yeraltındaki yapıların sınırlarını belirlemek için manyetik anomalilerin yatay ve düşey türevlerinin alınmasıyla uygulanmaktadır. Analitik sinyalin genlik fonksiyonu AS, Roest vd. (1992) tarafından;

$$|A(x, y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial M}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial z}\right)^2} \quad (1)$$

denklemleri ile verilmiştir. Burada M manyetik alanı, x, y, z ise sırasıyla yatay ve düşey yönleri simgelemektedir. Bu filtrede yapı konumlarının AS 'in yüksek değerlerine karşılık geldiği ifade edilmektedir.

Analitik sinyal esasına dayanan diğer bir yöntem olan yatay gradient analitik sinyali (HGAS), Bournas ve Baker (2001) tarafından aşağıda verilen ifadeler ile tanımlanmıştır;

$$|A_h(x, y)| = \sqrt{|AS_x(x, y)|^2 + |AS_y(x, y)|^2} \quad (2)$$

$$AS_x(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\partial M_x}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial M_x}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial M_x}{\partial z}\right)^2} \quad (3)$$

$$AS_y(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\partial M_y}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial M_y}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial M_y}{\partial z}\right)^2} \quad (4)$$

Burada M_x ve M_y potansiyel alan verisinin x ve y yönlerinde alınan türevleridir. Bu filtrenin yüksek değerleri, yine yapıların yatay konumları ile ilişkilendirilmektedir.

Yukarıda verilen analitik sinyal yöntemleri, yer manyetik alanı yönüne daha az duyarlı olduklarından yapı sınırlarının belirlenmesinde avantaj sağlamaktadırlar. Fakat diğer bir yandan aynı ortamda sığ ve derin yapılardan kaynaklı şiddetli ve zayıf anomalilerin genliklerini dengelemede dezavantajlı olmaktadır (Pham vd., 2020). Diğer bir deyişle analitik sinyal esasına dayanan sınır analizi yöntemlerinde potansiyel alanın düşey türevi de hesaplamalara katıldığından farklı derinliklerde bulunan kaynakların manyetik anomalilerinin analitik sinyalleri farklı genliklerde olmaktadır. Bu nedenle analitik sinyal genlikleri genel olarak göreceli sığ kütlelerin sınırlarını belirgin gösterirken, daha derin kütlelerin sınırlarını iyi yansıtmamaktadır. Diğer bir dezavantajı ise analitik sinyal genliklerinin yapının sadece sınırlarında tüm kütle üzerinde değer vermesidir.

Ferreira vd. (2013) tarafından sığ ve derin kaynaklı anomalilerin genliklerini daha iyi dengeleyebilen faz tabanlı bir filtre olan yatay gradyanın tilt açısı TAHG filtresini;

$$TAHG = \operatorname{atan} \frac{\frac{\partial THDR}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial THDR}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial THDR}{\partial y}\right)^2}} \quad (5)$$

bağıntısıyla vermiştir. Burada $THDR$ potansiyel alanın toplam yatay gradyanını simgelemektedir

$$THDR = \sqrt{\left(\frac{\partial M}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial y}\right)^2} \quad (6)$$

Araştırmacılar, burada THDR filtresinin maksimum değerlerinin yapıların kenarlarını temsil ettiklerini vurgulamıştır.

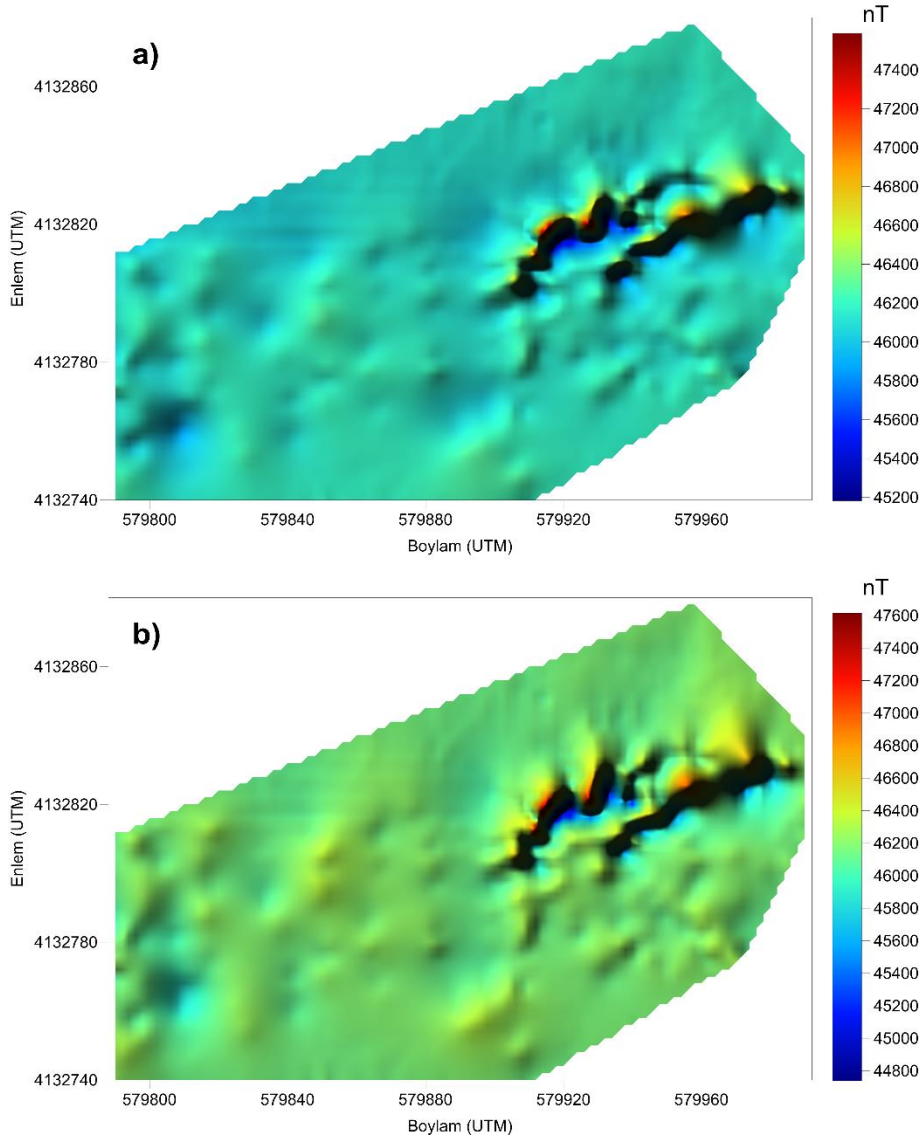
Zayıf ve şiddetli anomalilerin genliklerini dengeleyerek sığ ve derin yapıların sınırlarının araştırılmasına yönelik ileri sürülen güncel diğer bir faz tabanlı kenar algılama filtresi Pham vd. (2020) tarafından sunulmuştur. Buna göre yatay gradyanın geliştirilmiş lojistik fonksiyon ile kombinasyonu olarak tanımlanan IL kenar algılama filtresi (Pham vd., 2020);

$$IL = \frac{1}{1 + \exp[-p(R_{THDR} - 1) + 1]} \quad (7)$$

bağıntısıyla verilmiştir. Burada R_{THDR} , THDR'nin düşey türevinin yatay gradyanına oranıdır.

$$R_{THDR} = \frac{\frac{\partial THDR}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial THDR}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial THDR}{\partial y}\right)^2}} \quad (8)$$

Pham vd. (2020), Eşitlik (7)'de p parametresini kullanıcı seçimli bir çözünürlülük katsayısı olarak tanımlamışlardır, fakat genel olarak 2-10 arasında bir değer seçiminde en iyi sonuçların elde edildiğini belirtmişlerdir. Diğer yandan, IL filtresinin maksimum değerlerinin yine TAHG' de olduğu gibi sadece yapının kenar sınırlarını verdiğini ifade etmişlerdir.

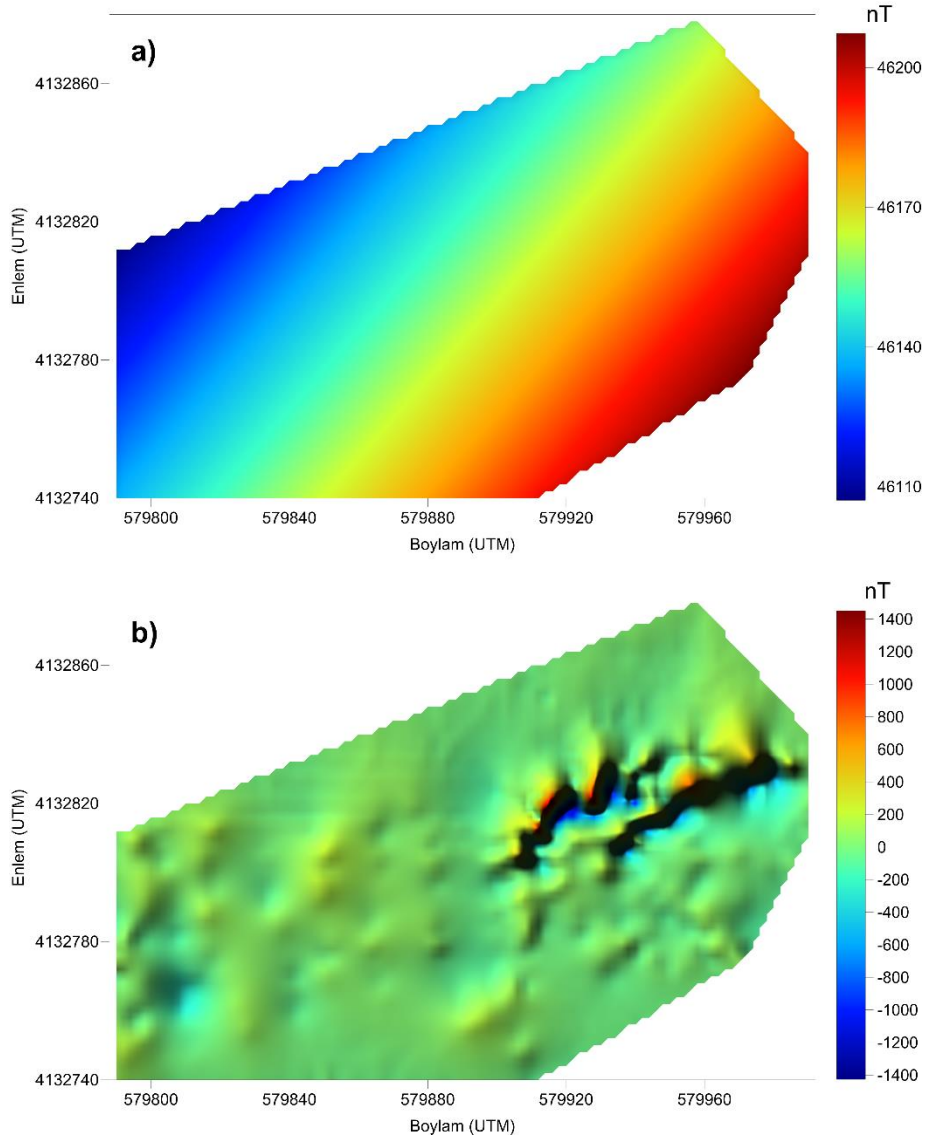


Şekil 3. a) İnceleme sahasına ait elde edilen toplam alan manyetik anomali haritası, b) kutba indirgenmiş toplam alan manyetik anomali haritası, kontur aralığı 200 nT ((a) Total field magnetic anomaly map of the study area, b) the total field magnetic anomaly map after reducing to pole, contour interval is 200 nT)

4. Araştırma Bulguları (Research Findings)

İnceleme alanında yapılan manyetik ölçümler sonucunda oluşturulan toplam alan manyetik anomali haritasına yapı sınır analiz tekniklerini uygulamadan önce manyetik anomalilerin değerlendirilmesinde standart olan bazı ön veri işlem aşamaları gerçekleştirilmiştir. Buna göre manyetik anomali haritalarında maksimumların anomaliye sebep olan yer altı yapılarının düzeyinde konumlandırılması ve toplam alan anomali haritasının daha doğru değerlendirilmesi için verilere kutba indirgeme işlemi uygulanmıştır (Baranov,1957) (Şekil 3b). Kutba indirgeme işleminde yer manyetik alanının inklinasyon açısı değeri 57° , denklinasyon açısı değeri 4° olarak alınmıştır.

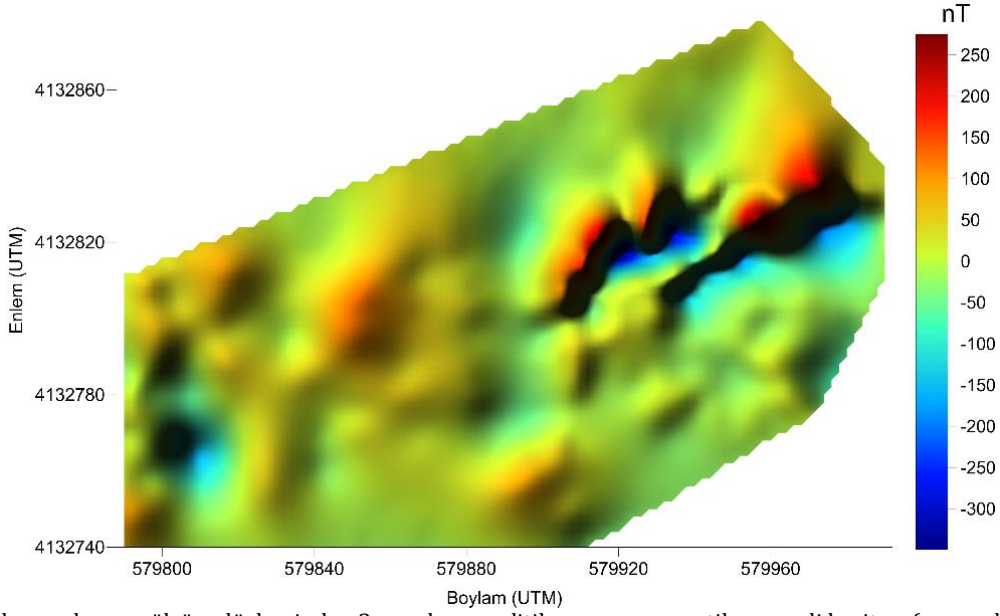
Sonraki aşamada yerel kütlelerin etkisini belirginleştirmek ve bölgesel derin kütlelerin etkisini uzaklaştırmak için rejyonal-rezidüel ayrımı gerçekleştirilmiştir. Buna göre kutba indirgenmiş toplam manyetik alan anomali haritasına birinci dereceden bir polinom yüzeyi geçirilerek rejyonal anomali haritası elde edilmiştir (Şekil 4a). Toplam alan manyetik anomali değerlerinden bu rejyonal anomalilerin uzaklaştırılmasıyla rezidüel anomali haritası elde edilmiştir (Şekil 4b). Rezidüel anomali haritası incelendiğinde, manyetik anomali değerlerinin -1500 nT ile 1500 nT arasında değiştiği, göreceli olarak yüksek anomali değişimlerinin inceleme sahasının D-KD kesimlerinde yer aldığı görülmektedir.



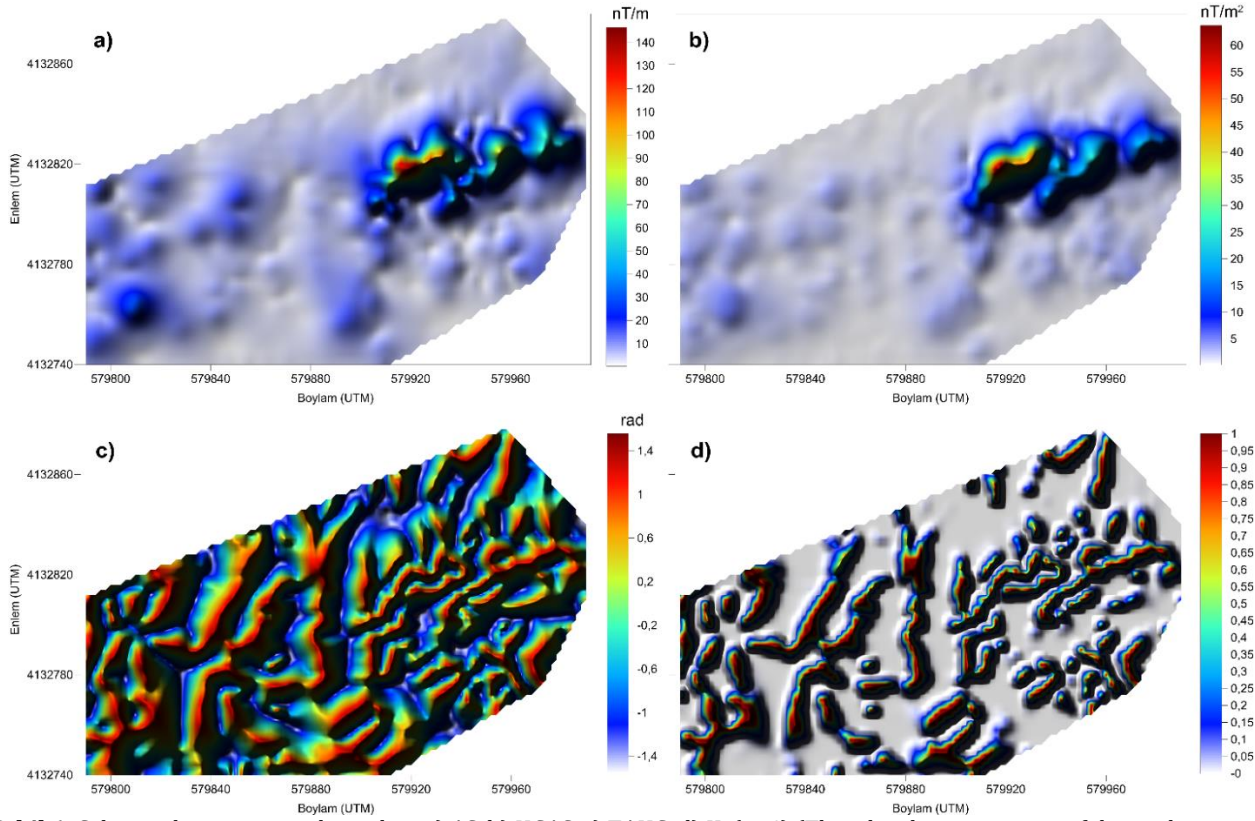
Şekil 4. a) Çalışma alanının rejyonal anomali haritası, b) Çalışma alanının rezidüel anomali haritası ((a) Regional anomaly map of the study area, b) residual anomaly map of the study area)

Daha sonra, veri içerisinde yüzeye yakın etkilerden kaynaklı gürültülerin oluşturduğu küçük dalga boylu olayların etkisini bastırmak ve daha derin yapıların etkilerini belirginleştirmek amacıyla rezidüel manyetik verilere $h=3m$ yukarı analitik uzanım işlemi uygulanmıştır (Şekil 5).

Manyetik anomalilerden sınır analizleri değerlendirmesi kapsamında yukarı analitik uzanım verilerine tanımları yukarıda verilen AS, HGAS, TAHG ve IL yöntemleri uygulanmıştır. Uygulanan yöntemlere ilişkin elde edilen yapı sınır haritaları Şekil 6'da gösterilmiştir. Burada, Şekil 6'da gösterilen IL haritası, $p=4$ katsayısı kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 5. Çalışma alanının ölçüm düzleminde 3 m yukarı analitik uzanım manyetik anomali haritası (upward continued magnetic anomaly map of the study area to an altitude of 3 m from the observation level)



Şekil 6. Çalışma alanı yapı sınır haritaları, a) AS, b) HGAS, c) TAHG, d) IL (p=4) (The edge detection maps of the study area, a) AS, b) HGAS, c) TAHG, d) IL (p=4))

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Bu çalışma, GB Anadolu'da önemli bir tektonik yapı olan Menderes Masifinde yer alan Muğla ili Milas ilçesinin Kayabaşı köyünün güneyinde bulunan bir doğal zımpara taşı cevher alanında yeni zımpara taşı içeren alanların tespiti için yapılan bir jeofizik araştırmayı kapsamaktadır. Zımpara taşları bünyelerinde alüminyum ve demir mineralleri içermesinden dolayı ölçülebilir manyetik anomaliler verebilmektedir. Bu nedenle yapılan jeofizik etüt çalışmasında inceleme alanında potansiyel zımpara taşı içerebilecek alanların belirlenebilmesi için manyetik ölçümler gerçekleştirilerek bunların veri işlem aşamaları sonrasında çalışma sahasının rezidüel manyetik anomali haritası elde edilmiştir. Elden edilen rezidüel manyetik anomali haritasından anomalilere neden olan yapıların sınırlarını belirleyebilmek için AS, HGAS, TAHG ve IL olmak üzere 4 farklı sınır analiz yöntemi uygulanmıştır.

Elde edilen haritalar incelendiğinde, AS (Şekil 6a) ve HGAS (Şekil 6b) haritaları benzer özellikler göstermektedir. Buna göre AS ve HGAS haritalarında çalışma alanının doğu kesiminde KD-GB uzanımlı yüksek genlikli anomaliler gözlenmektedir. Gözlenen bu anomaliler muhtemel zımparataşı içeren alanlara karşılık geldiği düşünülmektedir. Söz konusu haritaların batı kesiminde gözlenen daha düşük genlikli anomaliler belirgin bir yapı sınırı yansıtmamaktadır. Buna karşın TAHG (Şekil 6c) ve IL (Şekil 6d) haritaları incelendiğinde ise, bunların yüksek genlikleri çalışma alanının hem doğu kesiminde hem de batı kesiminde görülmektedir. Dolayısı ile çalışma alanının batısındaki olası yapıların doğu kesimindeki yapılara göre daha derinlerde yer alabileceği düşünülmektedir.

Diğer yandan elde edilen yapı sınırı analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, haritalarda dairesel özellik gösteren sınırların yeraltında demir bakımından zengin irili ufaklı merceksi yapılardaki yüzey plaserleri şeklinde zımpara taşlarını temsil ettiği, buna karşın çizgisel uzanım gösteren sınırların ise yeraltında tabakalar arasına yerleşmiş zımpara kaynaklarına karşılık geldiği tahmin edilmektedir. Bu çalışmadan elde edilen manyetik anomalilere kaynak yapıların sınır analiz sonuçları, söz konusu maden sahasının bu inceleme alanındaki gömülü zımpara taşı araştırılmasına yönelik yapılacak kazı çalışmalarına rehberlik edebileceğini göstermektedir.

Diğer yandan bu çalışma manyetik anomalilerin yapı sınırı analizleri kapsamında değerlendirilirken, avantaj ve dezavantajları gözetilerek birden çok analiz tekniği sonuçlarının birlikte yorumlanmasının çalışma sahası hakkında daha ayrıntılı bilgiler sunabileceğini göstermektedir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Yazarlar, makalenin incelenmesi esnasında değerli yorum ve görüşleri ile makalenin geliştirilmesi yönünde gösterdikleri katkıdan dolayı Editör ve hakemlere teşekkür ederler.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Arısoy, M.Ö., 2007. Düşey Ve Yatay Mağnetik Gradient Verilerin 3-Boyutlu Modellenmesi Ve Ters Çözümü, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 129s, Sivas.
- Atchuta, R. D., Ram-Badu, H.V., Sanker-Narayan, P.V. 1981. Interpretation of magnetic anomalies due to dikes: The complex gradient method. *Geophysics*, 46, 1572-1578.
- Aydın I., Uyanık O., Öksüm E., Aydoğan M.S., 2011. Geophysical applications for Fe-rich emery exploration in the Elmacık area on the Menderes Massif (Turkey), *Exploration Geophysics*, 42, 159-166.
- Aydoğan, M.S., 2001. The research of the emery occurrences at the Elmacık, Mt İsmail (Muğla-Yatağan). Sciences Institute Suleyman Demirel University, M.Sc. Thesis, pp. 53 (in Turkish with English abstract).
- Baranov, V., 1957. A new method for interpretation of aeromagnetic maps: Pseudogravimetric anomalies. *Geophysics*, 22, 359-383.
- Barraud, J., 2013. Improving identification of valid depth estimates from gravity gradient data using curvature and geometry analysis. *First Break*, 31, 87-92.
- Bournas, N. and Baker, H.A., 2001. Interpretation of magnetic anomalies using the horizontal gradient analytic signal, *Annali Di Geofisica*, 44, 505-526.
- Brinkmann, R., 1966. Geotektonische Gliederung von West-Anatolien. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*. 1966, 603-618, Stuttgart.
- Chazan, W., 1946. Arsenopyritite deposits in Çine-Madran Babadağ (Aydın). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü report no. 1752, Ankara (unpublished, in Turkish and French).
- Calame, J.J., 1956. Iron mine deposits in the southern part of the Menderes Massif. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Report no 2485, Ankara.
- Cooper G.R.J. and Cowan D.R., 2006. Enhancing potential field data using filters based on the local phase. *Computers & Geosciences*, 32, 1585-1591.
- Cordell, L. and Grauch, V. J. S., 1985. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico, in *The Utility of Regional Gravity and Magnetic Maps*, 1st edn, pp. 181-197, ed. Hinze, W.J., Society of Exploration Geophysicists.
- Çağlayan, M.A., Öztürk, E.M., Öztürk, Z., Sav, H., Akat, V., 1980. Menderes Masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorumu: *Jeoloji Mühendisleri Odası Dergisi*, 9, 17.
- Dora, O.Ö., Savaşçın, M.Y., Kun, N., Candan, O., 1987. Menderes Masifi'nde Postmetamorfik Plütonlar. *Yerbilimleri Dergisi*, 14, 79-87.
- Dürr, S., 1975. Über alter und geotektonische Stellung des Menderes Kristallin/SW-Anatolien und seine aequivalente in der mittleren Aegaeis. *Marburg/Lahn 198-75*, (Doçentlik Tezi).
- Evjen, H.M., 1936. The place of the vertical gradient in gravitational interpretations. *Geophysics*, 1(1), 127- 136.

- Fedi, M. and Florio, G., 2001. Detection of potential fields source boundaries by enhanced horizontal derivative method. *Geophysical Prospecting*, 49(1), 40–58.
- Feenstra, A., 1996. An EMP and TEM-AEM study of margarite, muscovite and paragonite in polymetamorphic metabauxites of Naxos (Cyclades, Greece) and the implications of fine-scale mica interlayering and multiple mica generations. *Journal of Petrology*, 37, 201–233.
- Feenstra, A., 1997. Zincohogbomite and gahnite in a diaspore-bearing metabauxite from eastern Samos (Greece): mineral chemistry, element partitioning and reaction relations. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 77, 73–93.
- Ferreira, F. J. F., de Souza, J., de Bongioiolo, A. B. e S., de Castro, L. G., 2013. Enhancement of the total horizontal gradient of magnetic anomalies using the tilt angle. *Geophysics*, 78(3), J33–J41.
- Graciansky, P.C., 1965. Menderes Masifi güney kıyısı boyunca görülen metamorfizma hakkında açıklamalar. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 64*, 88–121.
- Gümüş, A., Kokturk, U., Dayal, A., Ozer, S., 1999. Formation and economical potential of emery deposits in the south of the Menderes Massif. First Symposium on Raw Material Resources in western Anatolia, 8–14 March 1999, Izmir (in Turkish).
- Hansen, R.O., DeRidder, E., 2006. Linear feature analysis for aeromagnetic data. *Geophysics*, 71(6), L61–L67.
- Hsu, S.K., Coppense D, Shyu, C.T. 1996. High- resolution detection of geologic boundaries from potential field anomalies: An enhanced analytic signal technique. *Geophysics*, 61, 1947–1957.
- Kafadar, O., 2017. CURVGRAV-GUI: a graphical user interface to interpret gravity data using curvature technique. *Earth Science Informatics*, 10, 525–537.
- Kuşçu, M., 1992. Kestanecik ve Kızağaç (Yatağan-Muğla) mermer yatakları: Türkiye Mühendisler ve Mimarlar Odası Birliği Dergisi, 23–36 s.
- Miller, H.G. and Singh V., 1994. Potential field tilt a new concept for location of potential field sources. *Journal of Applied Geophysics*, 32, 213–217.
- Nabighian, M.N., 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation, *Geophysics*, 37, 507–517.
- Nasuti, Y., Nasuti, A., Moghadas, D., 2018. STDR: A novel approach for enhancing and edge detection of potential field data. *Pure and Applied Geophysics*, 176(2), 827–841
- Orhon, Ş., 1985. Milas Boksit Sahalarında M+F firması hesabına yapılan çalışmalar. *Etibank Maden Arama Merkezi Arşiv No: 1076*, s. 10.
- Orhon, Ş. and Yılmaz, A., 1987. Kurukümes (Milas) zımpara yatağı arama raporu: *Etibank Maden Arama Merkezi Arşiv No: 1268*, s. 11.
- Önay, T., 1949. Über die Smirgelgesteine SW-Anatoliens. *Schw. Min. Petr. Mitt.*, Bd. XXIX, Zürich.
- Papazachos, B.C. and Comninakis, P.E., 1977. Modes of Lithospheric interaction in the Aegean area. Biju– Duval, B., Montadert, L. (eds.), *Structural History of the Mediterranean basins de: Editions Technip, Paris*, 319 – 332.
- Pham, L. T., Do, T. D., Oksum, E., 2018a. A new method for edge detection in interpretation of potential field data. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(4), 637–642.
- Pham, L.T., Oksum, E., Do, T.D., Le-Huy, M., 2018b. New method for edges detection of magnetic sources using logistic function. *Geofizichesky Zhurnal*, 40(6), 127–135.
- Pham, L.T., Oksum, E., Do, T.D., 2019. Edge enhancement of potential field data using the logistic function and the total horizontal gradient. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 54, 143–155.
- Pham, L.T., Van Vu, T., Le Thi, S., Trinh P.T., 2020. Enhancement of Potential Field Source Boundaries Using an Improved Logistic Filter. *Pure and Applied Geophysics*, 177(B7), <https://doi.org/10.1007/s00024-020-02542-9>
- Phillips, J.D., Hansen, R.O., Blakely, R.J., 2007. The use of curvature in potential-field interpretation. *Exploration Geophysics*, 38, 111–119.
- Roest, W.R., Verhoef, J., Pilkington, M., 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Geophysics*, 57, 116–125.
- Schuling, R. D., 1962. Türkiye' nin Güneybatısındaki Menderes Migmatit Kompleksinin Petrolojisi, Yaşı ve Yapısı Hakkında: *Mineralogical-Geological Institute, Utrecht, Hollanda*.
- Smith, J.L., 1850. Memoir on metabauxite – First part on geology and mineralogy of metabauxites, from observations made in Asia Minor. *American Journal of Science*, 10, 354–369.
- Tuğal, H.T., 1964. Milas civarının diyasporit ve zımpara yatakları. *M.T.A. Derleme No: 3446*, s. 55.
- Ünsal, A., Yılmaz, A., Yazgan, S. B., Ertürk, H., 1989. Muğla (Milas-Yatağan) Kozağaç, Kurukümes ve Elmacık Zımpara sahalarında 1988 yılında yapılan çalışmalarına ait rapor. *ETİBANK Maden Arama Dairesi Başkanlığı*, 62 s.
- Verduzco, B., Fairhead, J. D., Green, C. M. and MacKenzie, C., 2004. New insights into magnetic derivatives for structural mapping. *The Leading Edge*, 23(2), 116–119.
- Wippert, J., 1965. Boksit Teşekkülünün başlangıç kayaları. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Dergisi*, 64, 37–41.
- Wijns, C., Perez, C., Kowalczyk, P., 2005. Theta map: Edge detection in magnetic data. *Geophysics*, 70, 39–43.
- Yalçın, Ü., Schreyer, W., Medenbach, O., 1993. Zn-rich högbomite formed from gahnite in the metabauxites of the Menderes Massif, SW Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 113, 314–324.