

GRAVİTE VE MANYETİK YÖNTEMLERDE TİLT AÇISI'NIN KULLANILMASI

Uğur AKIN*, Betül IŞIKDENİZ ŞERİFOĞLU* ve Mehmet DURU**

ÖZ.- Son zamanlarda yapı sınırlarının araştırılmasında kullanılan tilt açısı yöntemi, derin ve sığ yapılar hakkında yararlı bilgiler ortaya koyar. Tilt açısı, potansiyel alan düşey türevinin yatay türevine olan oranının arctan değeri olarak ifade edilir. Yöntem, Kırşehir - İ31 paftasına uygulanmıştır. Uygulama sonucunda, karasal sedimanların altında gömülü bulunan volkanitlerin varlığı ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Manyetik, gravite, tilt açısı, volkanik kayalar, Kırıkkale.

ABSTRACT.- Tilt angle method, which has been recently used in investigating the boundaries of structures, reveals useful information on deep and shallow structures. Tilt angle is expressed as the arctan value of the ratio of the vertical derivative of the potential field to its horizontal derivative. The method was applied to Kırşehir-İ31 Sheet. As a result, the presence of volcanites buried under terrestrial sediments was demonstrated.

Key words: Magnetic, gravity, tilt angle, volcanic rocks, Kırıkkale.

GİRİŞ

Tilt açısı yöntemi, Kırıkkale civarında 33°30'-34°00' boylam ve 39°30'-40°00' enlemler arasında yer alan 1:100.000 ölçekli Kırşehir İ31 paftasına uygulanmıştır (Şekil 1). Bu yöntemle inceleme alanı içerisindeki Geç Kretase yaşlı volkanik kayaların yer altı konumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Potansiyel alan yöntemlerinde (gravite ve manyetik) anomaliye neden olan kütlelerin yapı sınırının ortaya konmasında analitik sinyal, yatay türev, birinci ve ikinci düşey türevler, Euler dekonvolüsyon, yapma gravite, Normalize Tam Gradyent (NTG) gibi birçok yöntem vardır. Cordell ve Grauch (1982, 1985) üst kabuk kayalarının manyetizasyon veya yoğunluktaki yatay değişimlerini incelemişlerdir. Blakely ve Simpson (1986), Cordell ve Grauch'un çalışmalarını geliştirerek, manyetik ve gravite anomalilerinden kaynak kütlelerin sınırlarını ortaya koyan çalışma yapmışlardır.

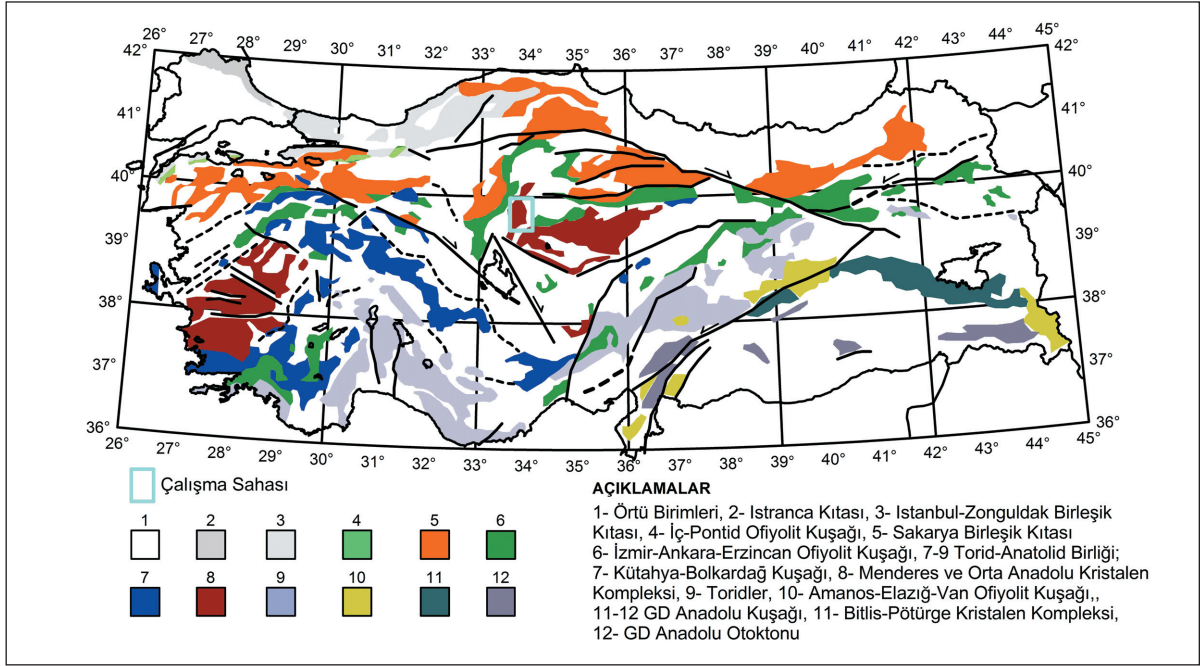
Hood ve Teskey (1989) ve Roest ve diğerleri (1992) yatay ve düşey türevleri kullanarak kütle düşey sınırlarını araştırmışlardır. Thompson (1982), manyetik verilere Euler eşitliği uygulayarak derinlik kestirimi yapmıştır.

Petrol rezervlerinin saptanması amacıyla NTG yöntemi ilk kez gravite verilerine Berezkin ve Buketov (1965), sonraki yıllarda ise yöntemin, manyetik verilere uygulanması Berezkin ve diğerleri (1994) tarafından gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde ise Aydın ve diğerleri (1997) ve Aydın (2000, 2007) gravite ve manyetik verilere bu metodu uygulamıştır. Ayrıca sismik çalışmalarda Karslı (2001), elektromanyetik çalışmalarda Dondurur (2005), SP çalışmalarda ise Sındırgı ve diğerleri (2008) kullanmıştır.

Miller ve Singh (1994), tilt açısını, yatay türev, ikinci düşey türev, analitik sinyal teknikleri ile karşılaştırmıştır. Salem ve diğerleri (2008) gridlenmiş manyetik veriyi yorumlamak için yeni teknik geliştirmişlerdir. 3B Euler eşitliğine benzer,

* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi, 06800 - Balgat/Ankara

** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 06800 - Balgat/Ankara



Şekil 1- Çalışma sahasının Türkiye içindeki jeolojik konumu ve lokasyon haritası (Göncüoğlu ve diğerleri 1996' dan değiştirilerek).

doğrusal ilişkiyle, tilt açısı türevlerini değerlendirmiş kütlelerin yatay konumlarını ve düşey derinliğini yapısal indeks kullanmaksızın hesaplamışlardır.

TİLT AÇISI

Tilt açısı şekil 2'de görüldüğü gibi potansiyel alanın düşey türevinin, yatay türevine oranı olarak tanımlanmıştır (Miller ve Singh, 1994; Verduzco ve diğerleri, 2004).

Tilt açısı;

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\left(\frac{\partial T}{\partial z} \right)}{\left(\frac{\partial T}{\partial h} \right)} \right)$$

ve toplam yatay bileşen

$$\frac{\partial T}{\partial h} = \left[\left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

eşitlikleri ile verilir. Bu denklemlerde, $\partial T / \partial x$, $\partial T / \partial y$, $\partial T / \partial z$ potansiyel alanın sırasıyla x , y , z yönündeki türevlerini, $\partial T / \partial h$ toplam yatay türevi, θ tilt açısını, T potansiyel alanı gösterir.

Potansiyel alan verilerinin yatay yönde türevleri, sonlu farklar ilişkileri kullanılarak hesaplanmıştır. Örneğin i, j grid noktasındaki bir toplam manyetik alan ölçü değerinin $T(i, j)$ x ve y yönlü türevleri

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{T_{i+1,j} - T_{i-1,j}}{2\Delta x}$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j-1}}{2\Delta y}$$

olarak verilir.

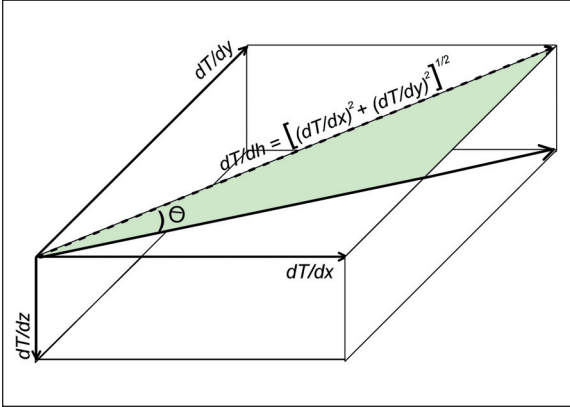
Potansiyel alan verilerinin düşey yönde türevleri frekans ortamında,

$$\frac{\partial^n T}{\partial z^n} = T(f)|f|^n$$

bağıntısı ile hesaplanabilir (Gunn, 1975).

Burada $T(f)$, f frekansındaki genlik değerini ve n ise türevin mertebesini göstermektedir. Bu çalışmada 1. mertebeden düşey yönde türevler hesaplanmıştır ($n=1$ alınarak).

Tilt açısının diğer yöntemlere göre avantajı, parametreye (yoğunluk, manyetik duyarlılık, eğim ve sapma açıları, kalıcı manyetizasyon, yapısal indeks vb.) ihtiyaç duyulmamasıdır. Tilt açısı konturlarından kaynağın derinliği hakkında yaklaşımda bulunulabilir. Ters trigonometrik fonksiyon olması sebebiyle bu açının genliği -90° ve $+90^\circ$ arasında sınırlanır.



Şekil 2- Tilt açısının (θ) geometrik gösterimi.

Miller ve Singh (1994) tilt açısı ile kaynak kütlelerinin sınırlarını göstermiştir. Tilt açısı konturlarının pozitif olduğu kısım kaynağın kendisini tanımlarken, konturların negatif olduğu bölüm kaynağın dışını ve sıfır konturu ise kaynağın düşey sınırını temsil eder. Bu nedenle Miller ve Singh (1994) tilt açısı yöntemiyle yapı sınırları hakkında güvenli sonuçlar elde edilebileceğini belirtmiştir.

Salem ve diğerleri (2007, 2008) basit bir çizimle kaynağın üst derinliği (z_c) ve yatay konumu (h) arasındaki ilişkiyi ifade etmiştir.

Nabighian (1972) göre $h=0$ yatay konumunda ve z_c derinliği ile verilen kontaklar üzerindeki manyetik alanın yatay ve düşey türevleri

$$\frac{\partial T}{\partial h} = 2KF_c \sin d \frac{z_c \cos(2I-d-90) + h \sin(2I-d-90)}{h^2 + z_c^2}$$

$$\frac{\partial T}{\partial z} = 2KF_c \sin d \frac{h \cos(2I-d-90) - z_c \sin(2I-d-90)}{h^2 + z_c^2}$$

bağıntılarıyla verilir.

(K) kontakdaki süseptibilite kontrastı,

(F) manyetik alan genliği,

$$c = 1 - \cos^2 i \sin^2 A,$$

(A) pozitif h eksenine ve manyetik kuzey arasındaki açı,

(i) çevre alanın inklinasyonu,

$$\tan l = \tan i / \cos A,$$

(d) eğim (pozitif h ekseninden ölçülen) ve tüm trigonometrik değerler derecedir.

Belli kuramlar altında; kontaklar düşeye yakın ve manyetik alan düşey olduğunda veya kutba indirildiğinde son iki eşitlik

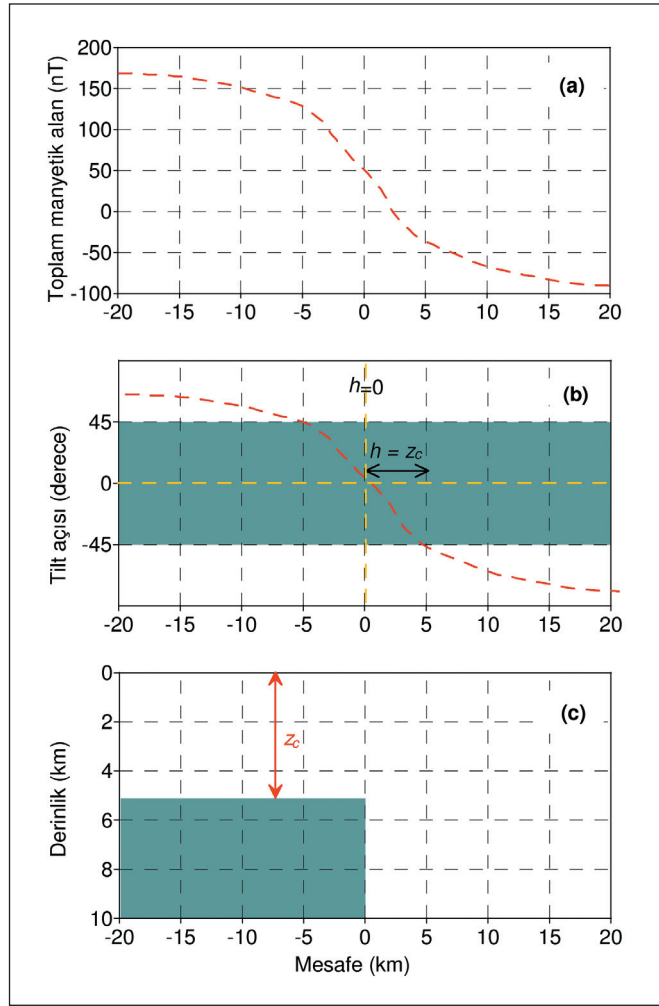
$$\frac{\partial T}{\partial h} = 2KF_c \frac{z_c}{h^2 + z_c^2}$$

$$\frac{\partial T}{\partial z} = 2KF_c \frac{h}{h^2 + z_c^2}$$

olarak yazılır. Yukarıdaki iki eşitlik kullanılarak θ elde edilir.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h}{z_c} \right)$$

Tilt açısının 0° değeri ($h=0$) kontak kenarını verir (Şekil 3). $+45^\circ$ de $h=z_c$ ve -45° de $h=-z_c$ değerini alır. Manyetik tilt açısı konturları ($\pm 45^\circ$) arasındaki mesafenin yarısı derinliği verir. (Salem ve diğerleri, 2007).



Şekil 3- İki boyutlu kontak modeli; a) Toplam manyetik anomali, b) Kutba indirgenmiş verinin düşey kontak üzerindeki tilt türüdür. Tilt değerleri $\pm 90^\circ$ arasında sınırlandırılmıştır. $\pm 45^\circ$ arasında yer alan tilt türev parçasının 0° ile kesişme noktası düşey kontak verir, c) Model yapı (Salem ve diğerleri, 2007).

Yüksek dereceli türev kullanan diğer yöntemlere göre gürültüye daha az duyarlılığı, türev ve uygulama kolaylığının basitliği, hesaplamada parametreye ihtiyaç duyulmaması, konum ve derinlikle ilgili yorumcuya nitel ve nicel olarak bir bakış açısı sağlaması, yöntemin önemli kazanımlarıdır.

ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Arazi uygulamasında Orta Anadolu Metamorfik Masifi üzerinde yaklaşık 2250 km² bir alanı kapsayan, 1/100.000 ölçekli Kırşehir-İ31 paftası seçilmiştir (Şekil 1). İ31 paftasının açın-sama nitelikli jeolojisi haritası (Dönmez ve diğer-

leri, 2005) ve 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (MTA, 2002)'ndan yararlanılarak hazırlanmıştır (Şekil 4). Kırşehir-İ31 paftasının temel litolojisini Kırşehir Masifi metamorfik kayaçları oluşturur. Düşük-orta dereceli bölgesel metamorfizmadan etkilenmiş olan Paleozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar genel olarak şist, gnays ve mermerlerden oluşmaktadır. İnceleme alanında bu metamorfik temel kayaçlar, mermer ve rekrystalize kireçtaşları ile temsil edilmektedir (Seymen, 1982; Dönmez ve diğerleri, 2005). Metamorfik temel kayaçlar, Geç Kretase yaşlı bazik volkanit, volkano-klastik ve pelajik çökellerden oluşan kayaçlar tarafından örtülür (Ketin, 1955; Ayan, 1963; Seymen, 1982; Kara ve Dönmez, 1990). Volkanik kayaçlar altta diyabaz daykları, bazalt, spilitik bazalt ve bunlarla ardalanmış pelajik kireçtaşı, çamurtaşı, radyolarit ile daha üstte volkanik materyalli kumtaşı ve silttaşından oluşur.

Metamorfik ve volkano-sedimanter kayaçlar Geç Kretase-Paleosen yaşlı plütonik kayaçlar tarafından kesilmektedir (Ayan, 1963; Ataman, 1972; Seymen, 1982). Bu plütonik kayaçlar başlıca granit, granodiyorit, kuvarsdiyorit ve siyenit ile temsil edilir. Ayrıca, bu plütonik kayaçlarla yakın ilişkide olan volkanik ve subvolkanik kayaçlar (riyolit, riyodasit, trakit vb.) plütonik kayaçlarla birlikte haritalanmıştır.

Tüm bu birimler üzerinde Erken Tersiyer yaşlı denizel sedimanter kayaçlar uyumsuz olarak yer alır. Bu birimler, Eosen'de başlayan transgresyon ile altta kırmızı renkli karasal konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmalı istif ile üstte sığ denizel kırıntılılar ve bol fosilli neritik kireçtaşlarından oluşur (Ketin, 1963; Birgili ve diğerleri, 1975; Norman, 1972; Oktay, 1981; Kara, 1991; Dönmez ve diğerleri, 2005). Haritalama alanı içerisinde 500-800 m kalınlığa sahip olan denizel birimler Erken-Orta Eosen yaşlıdır. Geç Eosen'de başlayan regresyon ile bölgenin kuzey ve doğusunda yaygın olarak yüzeyleyen Oligo-Miyosen yaşlı karasal-gölsel birimler çökelmiştir. Bu karasal birimler altta kırmızı renkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalanmalı, üstte ala-

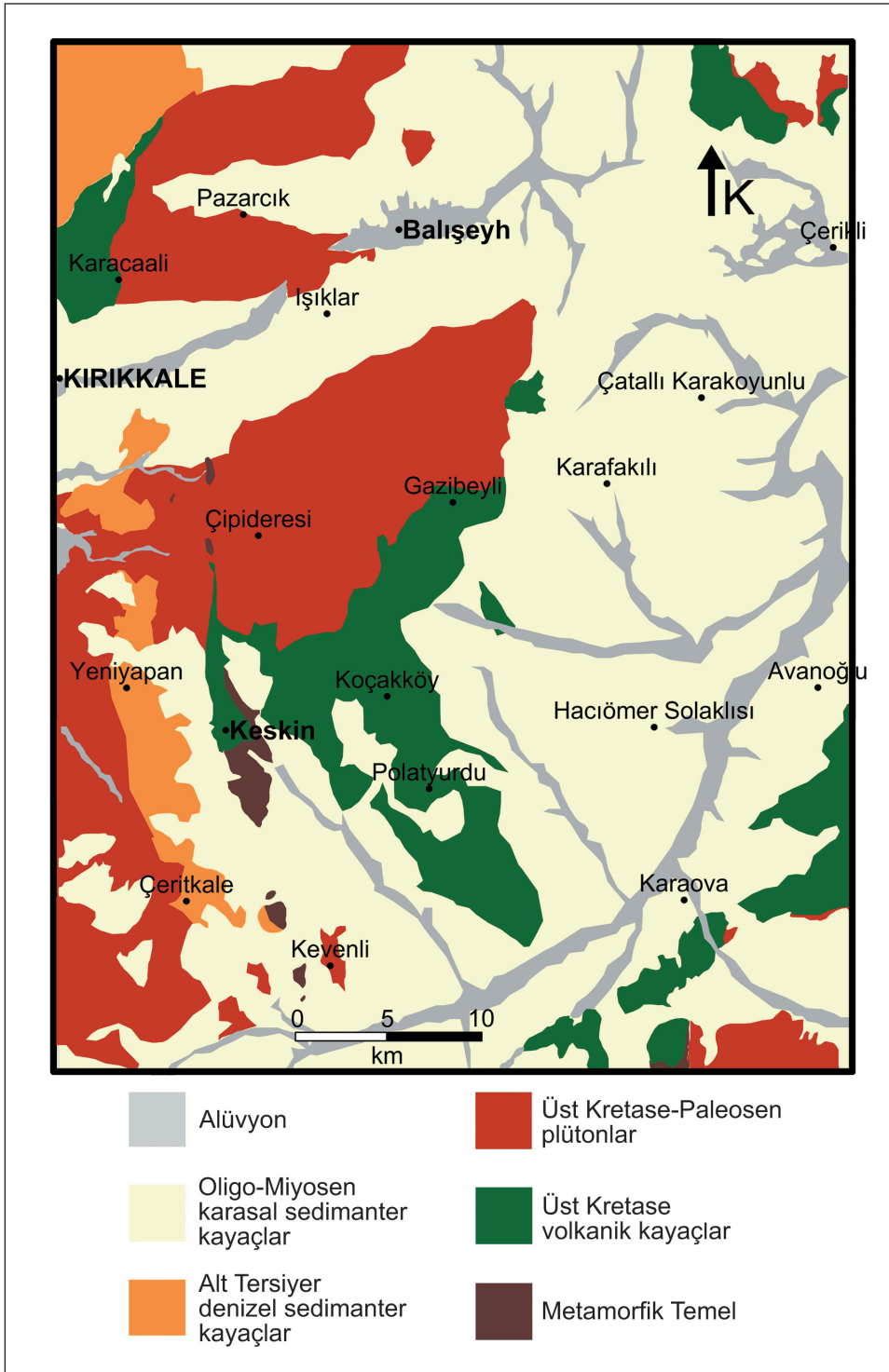
calı renkli gölsel kumtaşı, kiltası, kireçtaşı ardalanmalı istifler ile temsil edilmektedir. Bu istifler içerisinde evaporitler (jips, anhidrit ve tuz) ile ignimbiritik tüfler de yaygın olarak görülmektedir (Pasquare, 1968; Birgili ve diğerleri, 1975; Uygun ve diğerleri, 1981; Kara ve Dönmez, 1990; Dönmez ve diğerleri, 2005). Yaklaşık 1000-1500 m kalınlığa sahip bu karasal birimler üzerinde, akarsu ve vadi tabanlarında yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunur.

ALAN UYGULAMASI

Bu çalışmada rejyonel gravite ve havadan manyetik verileri kullanılmıştır. İnceleme alanının manyetik verileri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün (MTA) 1978-1989 yılları arasında yaptığı havadan manyetik çalışmalarından alınmıştır. Türkiye ölçeğinde yürütülen MTA'nın bu çalışmasında uçuşlar topoğrafya ve jeolojik trendler dikkate alınarak yapılmıştır. Uçuş yüksekliğinde yaklaşık 625 metreye sadık kalınlığa çalışılmıştır.

Rejyonel gravite verileri ise MTA tarafından ilk kez 1973 yılında alınmaya başlanmış, 15 yıl süren çalışma sonucunda 1988 yılında tamamlanmıştır. Türkiye rejyonel gravite verileri yaklaşık 3 ila 5 km aralıklarında alınmıştır.

Tilt açısı haritaları, yorumcuların işini kolaylaştırması açısından önemli fayda sağlar. Şekil 3'deki tilt açısı ve kaynak derinliği arasındaki ilişkiyi gösteren modelden yararlanarak saha uygulaması yapılmıştır. Gravite ve manyetik tilt açısı haritalarında açıların gösterimi derece cinsindedir (Şekil 5c ve 6c). $\pm 45^\circ$ konturları arasındaki alan açık sarı renkle gösterilmiştir. Bu konturlar arasındaki dik mesafenin yarısı kütlelerin derinliği hakkında bilgi verir. Mavi renkli + sembolü ile gösterilen 0° ile $+90^\circ$ arasındaki konturlar kaynağın içini, 0° ile -90° aralığı kaynağın dışını tanımlar. Kırmızı kesik çizgi ile gösterilen 0° konturu ise yapı düzey kontaklarını belirler (Şekil 5c ve 6c).



Şekil 4- 1:100.000 ölçekli Kırşehir I-31 paftasının jeoloji haritası (Dönmez ve diğerleri, 2005'den değiştirilerek alınmıştır).

Havadan manyetik verilere, dipolar etkiyi ortadan kaldırmak amacı ile kutba indirgeme işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulamada manyetik tilt açısı haritası gravite tilt açısına göre karmaşık çıkmış ve yorumu oldukça zorlaştırmıştır. Bu nedenle, kısa dalga boylarından oluşan gürültüyü yok etmek amacıyla, kutba indirgenmiş haritaya 5 km yukarı uzanım uygulanmıştır (Şekil 6b).

Şekil 6c'de, Çerikli, Çatalı Karakoyunlu, Gazibeyli, Koçakköy, Polatyrdu, Kevenli, Hacıömer Solaklısı ve Avanoğlu yerleşimlerini takip eden 0° konturuyla çevrelenmiştir. Yüksek genlikli manyetik anomaliye ve yüksek süseptibiliteye sahip yapının, muhtemelen kalın olan karasal birimlerin altındaki volkanitlerden kaynaklandığı düşünülmüştür (Şekil 6b). Jeoloji haritasında Keskin, Koçakköy ve Polatyrdu yerleşim bölgesinde, Geç Kretase yaşlı volkanik kayaların yer almasına rağmen manyetik anomali genişliğinin yüksek olmadığı görülmüştür. Bunun sebebi, buradaki volkanik kayaların kalınlıklarının ince ve Kırşehir Masifi'ne ait metamorfikler içerisindeki mermerlerin ve Erken Tersiyer yaşlı kireçtaşlarının süseptibilitelerinin düşük olmasındandır. Fakat gravite Bouguer haritasında Koçakköy, Polatyrdu ve Keskin yerleşimlerini içine alan bölgede bu anomalinin devam ettiği görülmektedir. Bunun sebebi ise volkanitlerin ince ve temelde yer alan Kırşehir Masifi'ne ait metamorfik kayaların yoğunluğunun volkanitlere göre daha fazla olmasındandır. Aynı zamanda bölgede yer yer mermerler ve Erken Tersiyer yaşlı kireçtaşlarının yüzeylenmesi pozitif anomaliye neden olmaktadır (Şekil 4 ve 5b).

Diğer yandan, Çatalı Karakoyunlu, Çipideresi, Yenyapan, Kevenli ve Karaova yerleşimleri ile çevrelenen gravite Bouguer anomalisi (Şekil 5b) volkanik kayaların yoğunluğunun granit ve karasal sedimanlara göre daha fazla olmasından kaynaklanmıştır. Aynı alanda manyetik anomalinin de var olması, karasal sedimanların altında bu volkanik birimin yer aldığı fikrini güçlendirmiştir.

Gravite ve manyetik tilt açısı haritalarındaki yapı sınırı farklılıklarının, yukarıda anlatılan sebeplerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 5c ve 6c). Merkezde yer alan bu büyük gravite ve manyetik anomalinin paftanın doğusunda kapanmadığı görülmektedir (Şekil 5b ve 6b). İ31 paftasındaki gravite Bouguer ve manyetik anomalilerin D-B uzanımında İ32 ve kısmen İ33 paftalarında da devamı olduğu gözlemlenmiştir (Akın ve Çiftçi, 2010). Bu nedenle, tilt açısı çalışması İ32 paftasına da uygulanmış ve anomalinin Çiçekdağ'a kadar uzandığı görülmüştür. Benzer şekilde, bölgenin jeoloji haritaları incelendiğinde aynı litoloji birimlerinin Çiçekdağ'da yüzeylendiği bilinmektedir (MTA, 2002).

Sahanın kuzeybatısında yer alan Karacalı ve Pazarcık yerleşimlerinin kuzeyinde ve ayrıca sahanın kuzeydoğusunda yer alan Çerikli yerleşiminin kuzeyinde küçük alanlarda görülen manyetik anomalinin de yine volkanitlerden kaynaklandığı saptanmıştır (Şekil 6b). Aynı şekilde gravite anomalisi bunu desteklemektedir (Şekil 5b). Tespit edilen yapı sınırları tilt haritalarında da görülmektedir (Şekil 5c ve 6c). Bu yapılar, jeoloji haritasında yer alan volkanik kayalarla deneştirilmiştir (Şekil 4, 5a ve 6a).

Çalışma sahasının güneyinde yer alan düşük genlikli anomalilerin, yoğunluğu ve süseptibilitesi düşük olan karasal birim ve felsik granitlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 5b ve 6b).

Çalışma sahasının batısında yer alan tilt açısı kontur yönelimlerini, İ31 paftasının batısında var olan tektonik gelişimler (İzmir Ankara Zonu'na ait birimlerin Kırşehir masifi ile arasındaki litolojik farklılığı) etkilemiştir (Şekil 5c ve 6c).

Gravite ve manyetik tilt açısı haritasında $\pm 45^\circ$ konturları arasındaki yarı mesafenin fazla değişim göstermemesi, yapı derinliğinin de kendi içerisinde fazla değişim göstermediği ifade eder. Yaklaşık olarak, üst derinlikler 0.5 ile 2 km arasında tespit edilmiştir.

SONUÇLAR

Düşey kontakların bulunmasında hızlı ve pratik bir yöntem olan "Tilt Açısı" 1:100.000 ölçekli İ31 paftasının rejyonal gravite ve havadan manyetik verilerine uygulanmıştır. Yapı sınırlarının konumunu ortaya koyan ve üst derinlikler hakkında da genel bilgi veren tilt açısı haritaları elde edilmiştir ve bölgenin jeolojisi ile deneştirilmiştir.

Yapılan çalışma ile, sahada Tersiyer yaşlı sedimanter kayaların altında gömülü bulunan Geç Kretase yaşlı volkaniklerin varlığı, bunların konumları ve ortalama derinlikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Yaklaşık olarak, üst derinlikler 0.5 ile 2 km arasında tespit edilmiştir.

Bu yöntem jeolojik problemlerin yorumlanmasında yeni bir bakış açısı ve pratik bir uygulanabilirlik getirmiştir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmada değerli eleştirileriyle yayına katkı koyan hakemlere, aynı zamanda bilgi ve önerilerini esirgemeyen Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden Dr. Ahmet Üçer ve Ankara Üniversitesi'nden Araştırma Görevlisi M. Özgü Arısoy'a katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

Yakın zamanda kaybettiğimiz Yer bilimlileri'nin her alanına sonsuz ilgisi ile örnek bir yer bilimci olan ağabeyimiz Dr. Mehmet Duru'yu tanımaktan ve O'nunla çalışmaktan dolayı onur duyar, kendisini saygı ve rahmetle anarız.

Yayına verildiği tarih, 10 Haziran 2010

DEĞİNİLEN BELGELER

Akın, U. ve Çiftçi, Y., 2010. Kırıkkale-Kırşehir-Nevşehir-Kayseri-Yozgat arasındaki bölgenin ısı akısı ve radyoaktif ısı üretimi araştırma raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme No. 11307, (yayımlanmamış) Ankara.

Ataman, G., 1972. Ankara'nın güneydoğusundaki granitik/granodiyoritik kütlelerden Cefalıkdağın radyometrik yaşı hakkında ön çalışma, Hacettepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2/1, 44-49.

Ayan, M., 1963. Contribution al etude petrographique et geologique de la region sidvec au Nord-Est de Kaman (Turquie), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını No: 155, 332 s.

Aydın, A., 2000. Evaluating gravity and magnetic data by normalized full gradient. Azerbaijan International Geophysical Conference Book, Baku, p. 223.

_____, 2007. Interpretation of gravity anomalies with the normalized full gradient (NFG) method and an example. Pure and Applied Geophysics, 164, 2329-2344.

_____, Sipahi, F., Karlı, H., Gelişli, K. ve Kadırov, F., 1997. Interpretation of magnetic anomalies on covered fields using normalized full gradient method. International Geoscience Conference and Exhibition Book, Moscow, D3., 4 p.

Berezkin, V.M. ve Buketov, A.P., 1965. Application of the harmonical analysis for the interpretation of gravity data, Applied Geophys, 46, 161-166.

_____, Filatov, V.G. ve Bulychev, E.V., 1994. Methodology of the aero-magnetic data interpretation with the aim of direct detection of oil and gas deposits, Geofizika, Nr.5, 38 - 43.

Birgili, Ş., Yoldaş, R. ve Ünal, G., 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 5621 (yayımlanmamış), Ankara.

Blakely, R.J. ve Simpson, R.W., 1986. Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies, Geophysics, 51, 7, 1494-1498.

Cordell, L. ve Grauch, V.J.S., 1982. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico: Presented at the 52nd Annual International Meeting, Society of Exploration Geophysicists, Dallas; abstracts and biographies, 246-247.

- Cordell, L. ve Grauch, V.J.S., 1985. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan basin, New Mexico. In: W.M. Hinze (Editor), The utility of regional gravity and magnetic maps. Oklahoma, Society of Exploration Geophysicists, p. 181-197.
- Dondurur, D., 2005. Depth estimates for slingram electromagnetic anomalies from dipping sheet-like bodies by the normalized full gradient method. *Pure and Applied Geophysics*, 161, 2179- 2196.
- Dönmez, M., Bilgin Z.R., Akçay, A.E., Kara, H., Yergök, A.F. ve Esentürk, K., 2005. 1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Kırşehir İ-31 paftası, No:46, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Göncüoğlu, M.C., Dirik, K. ve Kozlu, H., 1996. General characteristics of Pre-Alpine and Alpine terranes in Turkey: Explanatory notes to the terrane map of Turkey. *Annales Geologique de Pays Hellenique*, Geological Society of Greece, 37, 515-536, Atina.
- Gunn, P.J., 1975. Linear transformations of gravity and magnetic fields, *Geophysical Prospecting*, 23, 300-312.
- Hood, P.J. ve Teskey, D.J., 1989. Aeromagnetic gradiometer program of the Geological Survey of Canada, *Geophysics*, 54, 1012-1022.
- Kara, H., 1991. 1/100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Kırşehir-G 18 paftası, No: 37, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- _____ ve Dönmez, M., 1990. 1/100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Kırşehir-G 17 paftası, No: 34, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Karslı, H., 2001. The usage of normalized full gradient method in seismic data analysis and a comparison to complex envelope curves. PhD Thesis, Karadeniz Technical University, (yayımlanmamış) Trabzon.
- Ketin, İ., 1955. Yozgat bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu masifinin tektonik durumu, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, VI, 1, 1-40.
- Ketin, İ., 1963. 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası, Kayseri paftası ve açıklaması, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü yayını, Ankara.
- Miller, H.G. ve Singh, V., 1994. Potential field tilt-a new concept for location of potential field sources. *Journal of Applied Geophysics*, 32: 213-217.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2002. 1:500.000 ölçekli Kayseri Türkiye jeoloji haritaları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Nabighian, M.N., 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross section: its properties and us for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, 37, 507-517.
- Norman, T., 1972. Ankara Yahşihan bölgesinde Üst Kretase-Alt Tersiyer istifinin stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, XV, 2, 180-276.
- Oktay, F. Y., 1981. Savcılı- Büyükoba (Kaman) çevresinde Orta Anadolu masifi tortul örtüsünün jeolojisi ve sedimentolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Doçentlik tezi (yayımlanmamış), İstanbul.
- Pasquare, G., 1968. Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia, *atti Della Academia Nazionella Des Lincei Memorie serie VII*, Volume IX Roma.
- Roest, W.R., Verhoef, J. ve Pilkington, M., 1992. Magnetic interpretation using the analytic signal. *Geophysics*, 57, 116-125.
- Salem, A., Williams, S., Fairhead, D., Ravat, D. ve Smith, R., 2007. Tilt-depth method: A simple depth estimation method using first-order magnetic derivatives: The Leading Edge, December, 1502-1505.
- _____, _____, _____, Smith, R. ve Ravat, D., 2008. Interpretation of magnetic data tilt - angle derivatives. *Geophysics*, 73, L1-L10.
- Seymen, İ., 1982. Kaman dolayında Kırşehir masifinin jeolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden

Fakültesi, Doçentlik tezi, 164 s. (yayımlanmamış), İstanbul.

Sındırgı, P., Pamukcu, O. ve Özyalın, S., 2008. Application of normalized full gradient method to self potential (SP) data. *Pure and Applied Geophysics*, 165, 409-427.

Thompson, D.T., 1982. EULDHD: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data: *Geophysics*, 47, 31-37.

Uygun, A., Yaşar, M., Çelik, E., Kayakıran, S., Erhan, C., Aygür, M., Ayok, F., Baş, H. ve Bilgiç, T., 1981. Tuzgölü havzası projesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor No: 7188 (yayımlanmamış), Ankara.

Verduzco, B., Fairhead, J.D., Green, C.M. ve MacKenzie, C., 2004. New insights into magnetic derivatives for structural mapping, *The Leading Edge*, 23, 116-119.
