

A Correlation of Magnetic Data and Seismic Vp-velocity of Geology and Tectonic Structure of Yozgat and Its Surrounding Area

¹Funda BİLİM, ^{2*}Nursel ÖKSÜZ, ²Ersin KOLAY, ³İsmail KOÇAK

¹Cumhuriyet University, Engineering Faculty, Geophysical Engineering Department, 05480 SIVAS, TURKEY, ORCID: 0000-0003-1098-4755

^{2*}Bozok University Geological Engineering Department YOZGAT, TURKEY, ORCID: 0000-0001-7371-3202

²Bozok University Geological Engineering Department YOZGAT, TURKEY, ORCID: 0000-0002-7118-5722

³Bandırma Onyedi Eylül University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bandırma/BALIKESİR, TURKEY, ORCID: 0000-0002-4519-4561

Abstract: The study area is located at the north of the central Anatolia and most of this area is covered with the Yozgat Batholite emplaced within a metamorphic group. In this study, the total residual aeromagnetic anomaly data of Yozgat and its surrounding area are processed and interpreted with geology. As a result of the power spectra of magnetic data, four subsurface magnetic sources with depths of 19.65 km, 6.21 km, 1.91 km and 0.56 km have been determined. The location and shape of magnetic sources caused the magnetic anomaly were determined with the analytic signal method. The seismic Vp velocity map formed by the magnetic anomaly data shows that the values decrease from east to west. The obtained results are compatible with other geophysical studies.

Keywords: The Yozgat Batholite; Magnetic Data; Analytic Signal; Seismic Vp-velocity

Yozgat ve Çevresinin Jeoloji ve Tektonik Yapısının Manyetik Veri ve Sismik Vp-hızı ile Korelasyonu

Özet: Çalışma alanı orta Anadolu'nun kuzeyinde yer almakta olup, alanın büyük bir kısmı bölgedeki metamorfik gruplara sokulum yapmış Yozgat Batoliti ile kaplıdır. Bu çalışmada, Yozgat ve çevresinin toplam rezidüel havadan manyetik anomali verileri değerlendirilmiş ve jeoloji ile beraber yorumlanmıştır. Güç spectrumu sonucunda derinlikleri 19.65 km, 6.21 km, 1.91 km ve 0.56 km olmak üzere dört manyetik kaynak tespit edilmiştir. Analitik sinyal yöntemi ile anomaliye sebep olan yapıların şekil ve lokasyonları belirlenmiştir. Manyetik anomali verisinden oluşturulan sismik Vp hız haritası, sismik hızların batıdan doğuya doğru azaldığını göstermiştir. Elde edilen sonuçlar diğer jeofizik çalışmalar ile de uyumludur.

Anahtar Kelimeler: Yozgat Batoliti, manyetik veri, analitik sinyal, sismik Vp hızı

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

Bilim, F., Öksüz, N., Kolay, E., Koçak, İ., 'A Correlation of Magnetic Data and Seismic Vp-velocity of Geology and Tectonic Structure of Yozgat and Its Surrounding Area', Elec Lett Sci Eng, vol. 17(2), (2021), 189-197.

1. Giriş

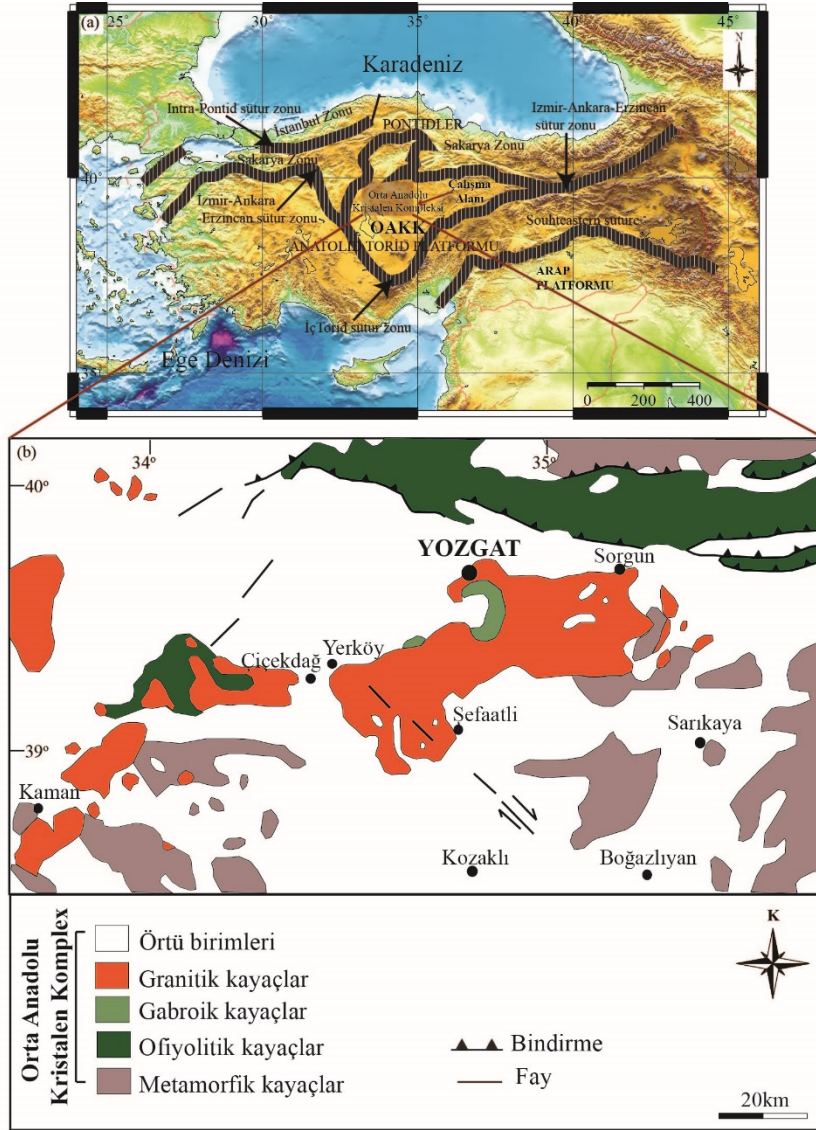
Jeolojik ve jeofizik verilerinin yorumlanmasında manyetik yöntem önemli bir yer tutmaktadır. Manyetik anomaliye sebep olan farklı suseptibilitelere sahip yer altındaki gömülü jeolojik yapıların lokasyonlarının, derinliklerinin ve tektonik çizgiselliklerin belirlenmesinde son yıllarda en çok kullanılan yöntem, yatay ve düşey gradiente dayalı analitik sinyal (AS) yöntemidir [1,2,3]. Çalışma alanı, Orta Anadolu'nun kuzeyinde olup Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) [4] ve Kırşehir Masifi olarak da isimlendirilen [5] bölgesinde yer almaktadır (Şekil 1a). En önemli jeolojik birim, çalışma alanının neredeyse tamamında yüzeylenen granitoid kütlesi

olan Yozgat Batoliti'dir. Aydemir [6], Orta Anadolu'nun potansiyel alan ve sismik verilerinin analizinden Kırşehir Bloğu'nun, Tuz Gölü Havzası'nın doğusuna doğru saatin tersi yönünde döndüğünü söylemiştir. Ayrıca Yozgat civarında şiddetli AS anomalileri saptamıştır. Ateş vd. [7], Orta Anadolu'nun manyetik anomali verisinin spektral analiz yöntemi ile Curie derinlik haritasını oluşturmuştur. Araştırmacılar, Yozgat ve civarında Curie derinliğini ortalama 17-19 km olarak hesaplamıştır. Bilim [8], Yozgat Batoliti ve çevresinin Moho ve Curie derinliğini ve ısı akısı dağılımını, gravite ve manyetik anomali verileri kullanarak incelemiştir. Manyetik malzemenin üst kabukta yer aldığını önermiştir. Ayrıca ortalama kabuk kalınlığını, gravite anomali verisinden yararlanarak 37 km olarak saptamıştır.

Bu çalışmanın amacı ise Yozgat ve çevresinde manyetik anomaliye sebep olan gömülü manyetik yapıların derinliklerini ve lokasyonlarını güç spektrumu ve AS yöntemi kullanarak belirlemek ve manyetik veriden hesaplanacak sismik Vp hızları ile bölgenin termal özelliğini korele etmektir. Türkiye'nin tamamı ve çeşitli bölgelerinin sismik hızları farklı zamanlarda farklı araştırmacılar tarafından telesismik deprem verilerinin ters çözümünden hesaplanmasına rağmen [9,10] Yozgat Batoliti'ni kapsayan çalışma alanı için manyetik veriden sismik hız-Vp haritası ilk kez bu çalışma kapsamında oluşturulmuştur.

2. Bölgenin Jeolojisi ve Tektonik Birimleri

Türkiye Pontidler, Anatolid-Torid ve Arap Platformu olarak üç ana tektonik birime ayrılmaktadır [11,12]. Bu tektonik birimler okyanusların kapandığı tektonik hat veya zonlar ile ayrılmaktadır [12]. Çalışma alanının içerisinde bulunduğu İzmir-Ankara-Erzincan süturu (İAE) Neotetis okyanusunun kapanması ile oluşmuştur. Bu kuşak kuzeyde Pontidler ile güneyde Anatolid-Torid kıtalarını birbirinden ayıran bir tektonik hat olarak yer alır. Çalışma alanının yer aldığı Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nin [4] kuzeyi İzmir-Ankara-Erzincan süturu ve güneyi ise İç Torid Süturu ile çevrilidir (Şekil 1a). Bölgede yüzeyleyen birimleri yaşlıdan gence doğru beş grupta incelemek mümkündür: (1) Metamorfik temel kayalar, (2) Ofiyolitik kayalar, (3) Gabroik kayalar, (4) Granitik kayalar, (5) ve Örtü birimleri (Şekil 1b). Bölgedeki en yaşlı kayalar metamorfik birimler oluşturmaktadır. Bu metamorfik temel, Kretase dönemine denk gelen metamorfizma sonucu oluşan gnays, amfibolit, şist ve mermerlerden oluşmaktadır [13,14,15]. Metamorfik temelin üzerine gelen ofiyolitik seri, gabro, diyabaz ve bazalt bileşiminde olup diğer mafik birimlere nazaran daha çok kırıklı, parçalı ve ezilmiş olarak yüzlek vermektedir [16]. Bu ofiyolitik birim, Geç Kretase'de kuzeye yiterek kapanan Neo-Tetis'in kuzey kolunun [15] tabanına ve çevrede yer alan kıta kenarlarına ait kayalardan oluşan tektonik karışık niteliğindedir [17]. Gabroyik kayalar ise bölgede daha çok yüksek tepelerde, felsik kütlelerin ve metamorfik birimlerin içerisinde yüksek topoğrafik yüzlekler verecek şekilde gözlenmektedir [18]. Bölgede gabrolar genelde amfibol gabro bileşiminde olup felsik kayalarla olan dokanakları genelde örtülüdür. Gabroik kayalar bölgede daha çok granitik birimlere sokulumlar şeklinde görülmektedir [19,20]. Yozgat Batoliti olarak da anılan granitik kayalar ise bölgenin en geniş yayılım gösteren plütonunu oluşturmakta olup granitik, monzonitik ve siyenitik bileşime kadar değişen oldukça karmaşık bileşim ve karaktere sahip felsik birimlerden oluşmaktadır [21,22,23,24,25]. Gabroik kayalar, Yozgat batolitine ait granitik, monzonitik ve özellikle siyenitik birimlerle keskin dokanaklıdır ve bu birimlerin içerisinde tavan blokları şeklinde tutulmaktadır [16]. Nefelin siyenit, siyenit, kuvars siyenit, kuvars monzonit, alkali feldispat granit, granit, granodiyorit ve tonalit bileşimli felsik plütonlar ve bunlarla ilişkili damar ve aynı bileşimdeki volkanitler, hem metamorfik temeli hem de ofiyolitik seriyi kesmiştir. Örtü birimleri ise çalışma alanında yaygın olarak gözlenen karasal ortamda çökelmiş kırıntılı kayalardır.



Şekil 1. (a) Türkiye'nin başlıca tektonik unsurlarını gösteren harita, çizgiler suture zonlarını temsil etmektedir (Okay ve Tüysüz [26]'den değiştirilerek), **(b)** Çalışma alanının jeoloji haritası (Bingöl [27]'den değiştirilerek).

3. Yöntem

Gravite ve manyetik verilerinin yorumunda, anomaliye neden olan yapıların derinliklerinin bulunmasında güç spektrumu yöntemi kullanılmıştır [28]. Bu yöntem verinin spectral analizine dayanmakta olup, yapıların ortalama üst yüzey derinliğini verir. Spector ve Grand [28]'e göre yer kabuğu bir çok sayıda düşey yer manyetik alan yönünde mıknatıslanmış birbirine bitişik düşey kenarlı dikdörtgen prizmalardan oluşmuştur. Bu yöntemde manyetik veri, iki-boyutlu (2B) hızlı Fourier dönüşümü ile zaman ortamından dalgasayısı ortamına dönüştürülür. Güç spektrumu manyetik verinin Fourier dönüşümünün genliğinin karesidir. Spektrumun logaritması yaklaşık olarak dalgasayısı ile lineer olarak değişir. Dalga sayısı arttıkça spektrumun genliği eksponansiyel olarak spektrumun ayrı segmentleri içerisinde sifıra yaklaşır. Bu lineer segmentlerin eğimleri gözlemlenen anomaliyi oluşturan yapının üst yüzey derinlikleri ile orantılıdır. Derinlik faktörü $\exp(-2hr)$ olup, h : prizmaların (anomaliye sebep olan kaynakların) ortalama üst yüzey derinliğini; r ise dalga vektörünün (wavevector) mutlak değerini gösterir.

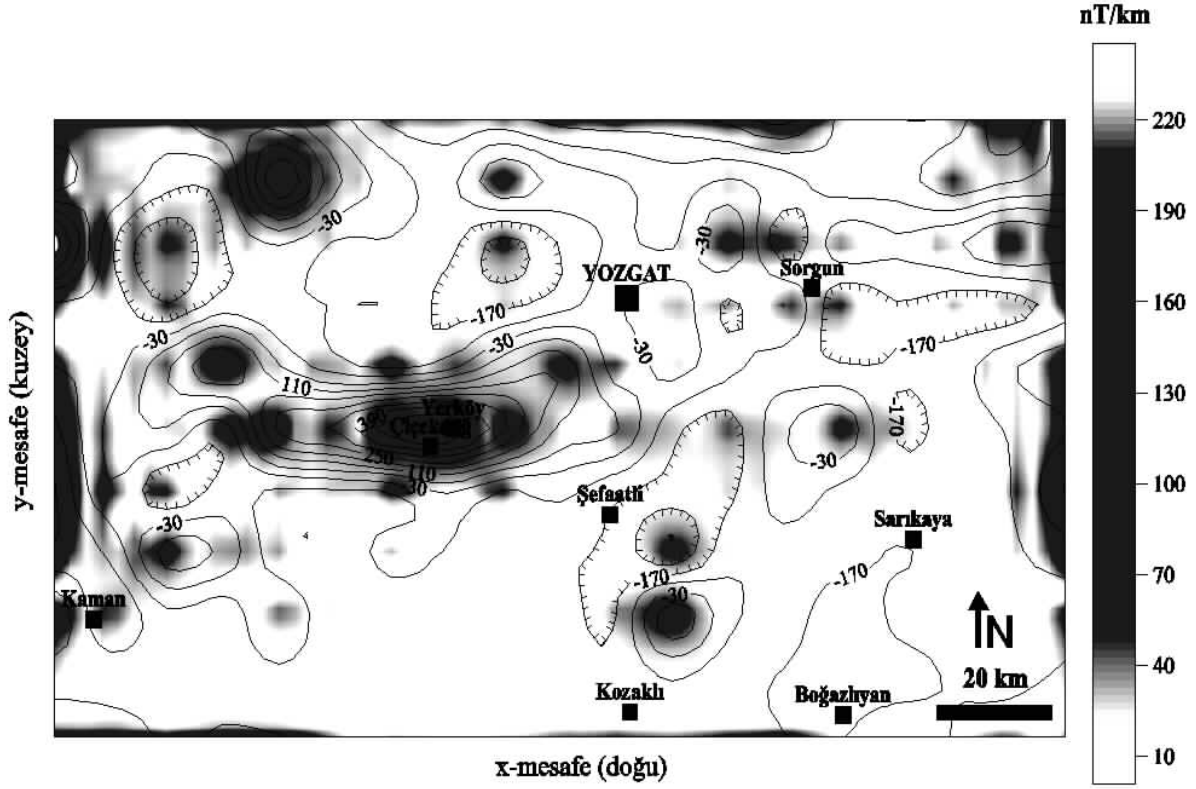
Böylece logaritmik radyal ortalamalı güç spektrumun (the log radially averaged power spectrum) eğiminden doğrudan derinlik hesabı yapılır [28].

Manyetik anomaliye neden olan yapıların lokasyonlarının ve tektonik hatların saptanmasında analitik sinyal (AS) yöntemi, özellikle yer manyetik alanı ve yapı miktatsızlanma yönünden etkilenmediği için, en sık kullanılan yöntemlerden birisidir. İlk olarak 2B'lu AS yöntemi Nabighian [29] tarafından geliştirilmiştir. Roest vd., [30] ise üç boyutlu (3B) ortam için AS yöntemini tanımlamış ve toplam rezidüel manyetik veriye uygulamıştır. Herhangi bir lokasyonda (x, y) 3B'lu AS'nin genliği (mutlak değeri) toplam manyetik alanın bir düşey ve iki yatay ortagonal gradyentinden kolayca hesaplanabilir [30]. AS'nin maksimum genliği anomaliyi oluşturan yapının doğrudan üzerinde yer alır.

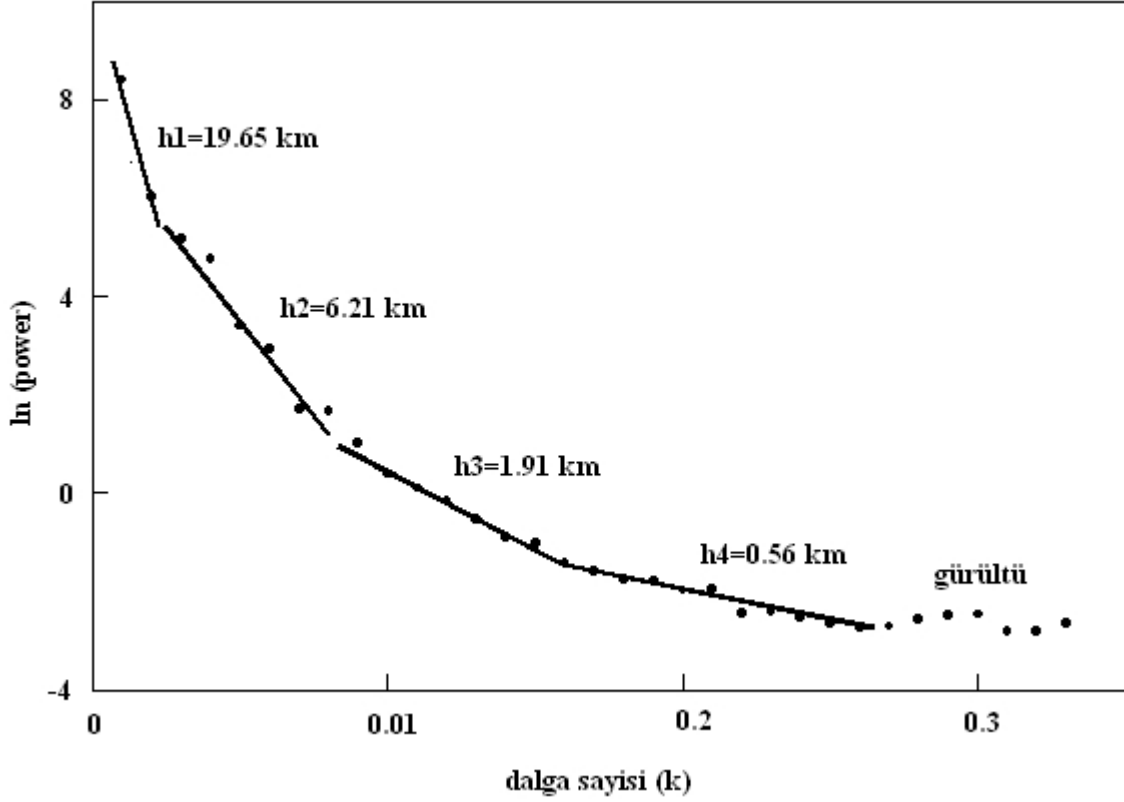
Sismik hız verileri kabuk ve manto yapılarının yorumlanmasında önemlidir. 3B'lu manyetik anomali verilerinden yer içi V_p sismik hızları $\ln A=12.6-2.17V_p$ [31,32] bağıntısından hesaplanabilir. Bağıntıdaki A değişkeni radyojenik ısı üretimini (μWm^{-3}) göstermektedir.

4. Veri Analizi ve Tartışma

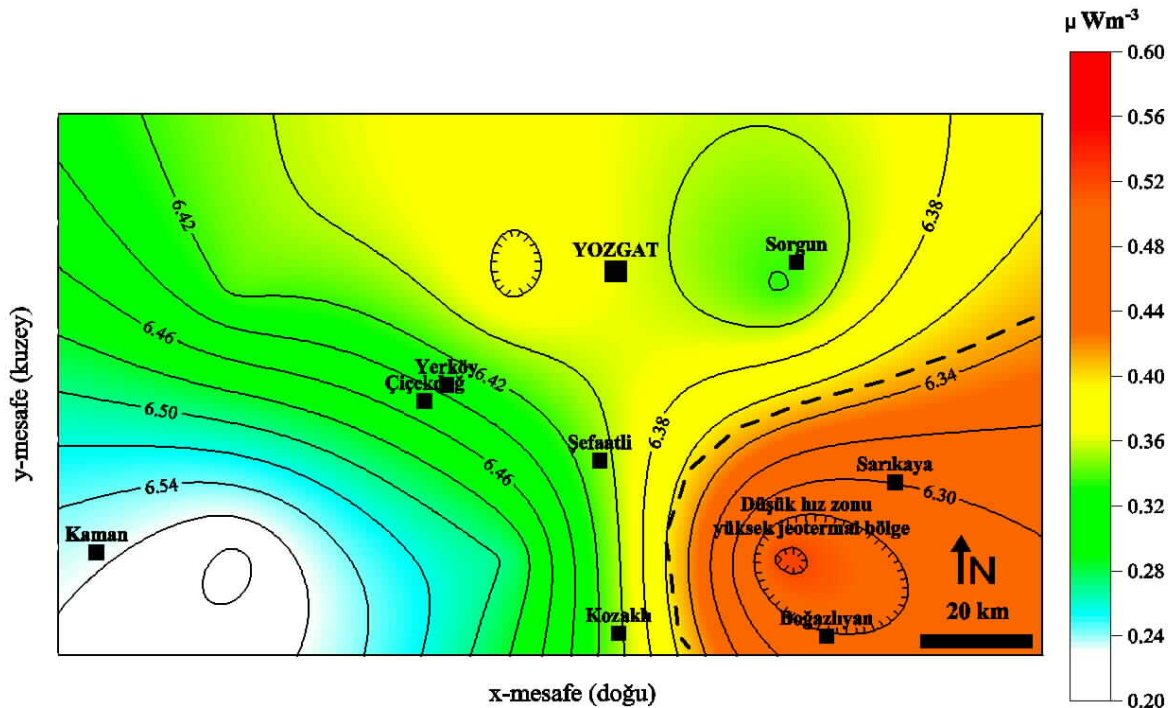
Çalışma alanının toplam rezidüel havadan manyetik verisi Şekil 2'de görülmektedir. Rejyonel alan, IGRF modeli kullanılarak veriden uzaklaştırılmıştır. Anomali değerleri -350 ile 450 nT arasında değişmektedir. İki şiddetli manyetik anomali dikkat çekmektedir. İlki çalışma alanının ortasında geniş bir alana dağılan Yozgat Batoliti'ninden kaynaklanan; diğeri ise Sorgun-Şefahtli arasında KD-GB yönelimli metamorfik birimden kaynaklanan şiddetli anomalilerdir. Anomalilerin bir diğeri özelliği ise hem negatif hem de pozitif kutba sahip olmalarıdır. Çevre ile farklı susebtibilite özelliğine sahip gömülü jeolojik yapılar yer manyetik alanı içinde indüklem miktatsızlanma kazanarak dipol gibi davranmıştır. Türkiye için yer manyetik alanının sapma açısının yaklaşık $4^\circ D$ ve eğim açısının yaklaşık $55^\circ K$ olduğu düşünülürse, çalışma alanındaki anomalilerin polaritelerinin dağılımı ortalama K-G yönelimindedir. Uzun eksenli DB-yöneliminde elips şeklinde negatif anomaliler kuzeyde, pozitif anomaliler ise güneyde yer almaktadır. Ateş vd. [33], tüm Türkiye'nin manyetik anomali haritasını oluşturmuş ve Orta Anadolu'daki şiddetli B-D yönelimindeki anomalilerin Tersiyer ve Mezozoik yaşlı volkanik ve ultramafic kayaçlardan kaynaklandığını söylemiştir. Manyetik anomaliye uygulanan güç spektrumu sonucunda dört manyetik süreksizlik saptanmıştır (Şekil 3). En derin manyetik yapıların ortalama üst yüzey derinlikleri 19.65 km, orta derinlikler 6.21 km ve 1.91 km ve en sığ derinlik ise 0.56 km'dir (Şekil 3). Çalışma alanındaki manyetik kabuk yaklaşık 20 km'ye kadar uzanmaktadır. Bu sonuç, Ateş vd. [7]'nin hesapladığı Curie derinlikleri (17-19 km) ile de çok iyi uyum sağlamaktadır. Tezel vd. [10], genişband sismik istasyon verisine uyguladıkları alıcı fonksiyon yöntemi ile orta Anadolu için kabuk kalınlığını 31-38 km arasında olduğunu hesaplamışlardır. Bölgenin sismik V_p hız değişimini belirlemek için öncelikle radyojenik ısı üretimi ($A, \mu Wm^{-3}$) hesaplanmıştır (Şekil 4). A'nın hesabında Curie değerleri Bilim [8] makalesinden alınmıştır. Daha sonra sismik V_p hızlar hesaplanmıştır (Şekil 4, kontur haritası). Bu çalışmada manyetik veriden hesaplanan sismik hızlar, daha önceki jeofizik çalışmalar ile çok iyi uyum sağlamaktadır. Tezel vd. [10], telesismik alıcı fonksiyonu kullanarak Türkiye'nin hız yapısını ortaya çıkarmış ve orta Anadolu için düşük sismik hızlar saptamıştır. Son zamanda Demirsıkan vd. [34] Orta Anadolu'nun deprem verisine uyguladıkları tomografi yöntemi ile Yozgat ve çevresinde düşük % sismik hız değerleri (%-3 ve %1 arasında) elde etmiştir. Çalışma alanı düşük sismik hız ve yüksek termal sıcaklık sergilemektedir.



Şekil 2. Çalışma alanının toplam rezidüel havadna manyetik anomali kontur haritası. Kontur aralığı 70 nT'dır. Harita üzerindeki siyah-beyaz imaj haritası manyetik veriye uygulanan analitik sinyal (AS) genlik değerlerini göstermektedir.



Şekil 3. Çalışma alanının güç spektrumu sonucu.



Şekil 4. Çalışma alanının radyojenik ısı üretim haritası. Kontur değerler ise hesaplanan sismik Vp hızlarını ($km sn^{-1}$) göstermektedir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

(1) Çalışma alanının manyetik anomalisine uygulanan AS yöntemi sonucunda anomaliye neden olan jeolojik yapıların/süreksizliklerin genellikle doğu-batı yönünde dağıldığı gözlenmiş olup, bu şiddetli anomalilerin genel olarak granitik, toleyitik mafik magmadan oluşan gabroyik-diyoritik malzemeden oluşan Yozgat Batoliti [35] ve alanın doğusunda yer alan metamorfik birimlerinden kaynaklandığı önerilmektedir. Güç spektrumu sonucundan derinlikleri 19.65 km, 6.21 km, 1.91 km ve 0.56 km arasında değişen dört manyetik kaynak tespit edilmiştir. Daha önceki jeofizik çalışmalarından bölge için Moho derinliği 31-38 km [10] arasında belirlenmiştir. Güç spektrumundan saptanan derinliklerden manyetik kabuğun üst kabukta yer aldığı söylenebilir.

(2) Çalışma alanının manyetik anomali verisinden hesaplanan radyojenik ısı değerleri 0.2-0.5 μWm^{-3} arasında değişmekte olup, ortalama değeri 0.34 μWm^{-3} olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında Çiçekdağ-Kaman arasında KD-GB yönelimli nispeten daha soğuk üst kabuk bölgesi saptanmıştır.

(3) Manyetik anomali verisinden hesaplanan sismik V_p hızları 6.25 ile 6.58 km sn^{-1} arasında değişmekte olup ortalama hız değeri 6.4 km sn^{-1} olarak hesaplanmıştır. Yozgat ve Sorgun arası düşük hız ve yüksek/orta radyojenik ısı değerleri sergilemektedir. Bu bölgenin AS imaj haritasında manyetik kaynak sergilememesinin veya çok düşük genlikli olmasının nedeninin yüksek sıcaklıktan kaynaklandığı önerilmektedir. Sarıkaya ve Boğazlıyan arasında en düşük hız zonu tespit edilmiştir. Üst kabukta yeralan düşük hız zonu yüksek radyojenik ısı üretimi sergilemekte olup jeotermal açısından daha detaylı incelenmesi önerilmektedir.

Teşekkür

Yazarlar çalışma alanının manyetik verisi için Maden Tetkik ve Arama Dairesi'ne (MTA) teşekkür ederler.

Referans

1. Elkhateeb, S.O. Eldosouky, A.M. “Detection of Porphyry intrusions using analytic signal (AS), euler deconvolution and center for exploration targeting (CET) technique at Wadi Allaqi area, south eastern desert, Egypt.” *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7, (2016), 471-477.
2. Wang, Y. Luo, X. and Zhang, J. “Interpretation of 2D magnetic sources based on the reciprocal of the analytic signal amplitude.” *Exploration Geophysics*, 50, (2019), 645-652.
3. Bilim, F. and Aydemir, A. “Interpretation of aeromagnetic data of the Sivas Basin in the central eastern Turkey.” *Turkish Journal of Earth Sciences*, 30, (2021), 81-92.
4. Göncüoğlu, M.C Toprak, V. Kuşçu, İ. Erler, A. Olgun, E. “Geology of the western part of the central Anatolia Massif, part 1: Southern Section.” *Turkish Petroleum Company Report (in Turkish) Unpubl. Report No.2909*.(1991).
5. Erkan, Y. “Orta Anadolu masifinin metamorfizması üzerinde yapılmış çalışmalarda varılan sonuçlar.” *İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu Türkiye Jeoloji Kurumu 35. Bil. ve Tek. Kurultayı*, (1981), 9-11, Ankara.
6. Aydemir, A. “Tectonic investigation of central Anatolia, Turkey, using geophysical data.” *Journal of Applied Geophysics*, 68, (2009), 321-334.
7. Ateş, A. Bilim, F. and Büyüksaraç, A. “Curie point depth investigation of central Anatolia, Turkey.” *Pure and Applied Geophysics*, 162, (2005), 357-371.
8. Bilim, F. “Investigation moho depth, curie point, and heat flow variations of the Yozgat Batholith and its surrounding area, north central Anatolia, Turkey, using gravity and magnetic anomalies.” *Turkish Journal of Earth Sciences*, 26, (2017), 410-420.
9. Salah, M.K. Şahin, Ş. Destici, C. “Seismic velocity and Poisson's ration tomography of the crust beneath southwest Anatolia: an insight into the occurrence of large earthquakes.” *Journal of Seismology*, 11, (2007), 415-432.
10. Tezel, T. Shibusani, T. and Kaypak, B. “Crustal thickness of the Turkey determined by receiver function.” *Journal of Asian Earth Sciences*, 75, (2013), 36-45.
11. Ketin, İ. “Türkiye'nin tektonik birlikleri.” *M.T.A. Dergisi*, 66, (1966), 20-34.
12. Okay, A. “Geology of Turkey: asynopsis.” *Anschnitt*, 21, (2008), 19-42.
13. Ketin, İ. “Yozgat bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu Masifi'nin tektonik durumu.” *T.J.K. Bülteni*, 6, (1955), 1-28.
14. Seymen, İ. “Kaman dolayında Kırşehir Masifi'nin jeolojisi.” *Hab. Thesis, İstanbul Teknik Üniversitesi*, (1982), 164 s.
15. Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. “Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach.”, *Tectonophysics*, 75, (1981), 181-241.
16. Akçe M.A. “Yozgat İntrüzif Kompleksinin Jeolojisi, Petrolojisi ve Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'ndaki Zamansal ve Mekansal Konumu.” *Doktora Tezi (yayınlanmamış)*, Ankara Üniversitesi, (2010), 255 s.
17. Temiz, H. Özden, S. ve Guezou, J.C. “İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı'nın Artova-Çamlıbel (Tokat) kesiminin Geç Neojen'deki tektonik deformasyon biçimi ve kinematığı (in Turkish). *Cumhuriyet Science Journal*, 27, (2010), 71-89.
18. Önen, P.A. ve Unan, C. “Kaman (Kırşehir) kuzeydoğusunda bulunan gabroların mineralojisi, petrografisi.” *T.J.K. Bülteni*, 31, (1988), 23-28.
19. Kadioğlu, Y.K. ve Güleç. N. “Ağaçören Granitoidinde Yeralan Gabro Kütlelerinin Yapısal Konumu: Jeolojik ve Jeofizik (Özdirenç) Verilerin Yorumu.” *Doğa Türk Yerbilimleri Dergisi*, 5, (1996), 153-159.

20. Kadioğlu, Y.K. Ateş, A. and Güleç, N. "Structural interpretation of gabbroic rocks in Ağaçören Granitoid, Central Turkey: Field observations and aeromagnetic data." *Geological Magazine*, 135(2), (1998), 245-254.
21. Boztuğ, D. "Kırşehir bloğundaki Yozgat batoliti doğu kesiminin (Sorgun güneyi) petrografisi, ana element jeokimyası ve petrojenezi." *İstanbul Üniversitesi, Yerbilimleri*, 9(1-2), (1995), 1-20.
22. Erler, A. and Göncüoğlu, M.C. "Geologic and Tectonic Setting of the Yozgat Batholith, Northern Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey." *International Geology Review*, 38, (1996), 714-726
23. Akçe, M.A. "Yozgat Batolitinin Kuzey Bölümünün Jeoloji ve Petrolojisi." *Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Ankara Üniversitesi*, (2003), 118
24. Akçe, M.A. and Kadioğlu, Y.K. "Petrology of S-Type granites and gabbros of Yozgat Batholith: Central Anatolian Crystalline Complex." *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(11), (2004), Suppl. 1, A659.
25. Akçe, M.A. ve Kadioğlu, Y.K. "Yozgat Batoliti Kuzey Bölümündeki Lökogranitlerin Petrolojisi." *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 48/2, (2005), 1-20.
26. Okay, A.I. and Tüysüz, O. "Tethyan sutures of northern Turkey." *Geological Society Special Publications*, 156, (1999), 475-515.
27. Bingöl, E. "Geological map of Turkey (Scale:1/2000000)." *Publication of the General Directorate Mineral Research and Explaration (MTA), Ankara* (1989).
28. Spector, A. and Grant, F.S. "Statistical models for interpreting aeromagnetic data." *Geophysics*, 35, (1970), 293-302.
29. Nabighian, M.N. "The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section. Its properties and use for automated anomaly interpretation." *Geophysics* 37, (1972), 507-517.
30. Roest, W.R. Verhoef, J. and Pilkington, M. "Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal." *Geophysics* 57, (1992), 116-125.
31. Rybach, L. and Buntebarth, G. "Relationship between the petrophysical properties density, seismic velocity, heat generation and mineralogical constitution." *Earth Planet Science Letters*, 57, (1982), 367-376.
32. Bilim, F. Akay, T. Aydemir, A. and Koşaroğlu, S. "Curie point depth, heat-flow and radiogenic heat production deduced from the spectral analysis of the aeromagnetic data for geothermal investigation on the Menderes Massif and the Aegean Region, western Turkey." *Geothermics*, 60, (2016), 44-57.
33. Ateş, A. Kearey, P. and Tufan, S. "New gravity and magnetic anomaly maps of Turkey." *Geophysical Journal International*, 136, (1999), 499-502.
34. Demirsıkan, I.H. Şahin, S. Öksüm E." Determination of seismic P and S wave velocity structure of crust in central Anatolia." *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences* 25, (2019), 775-784.
35. Tatar, S. Boztuğ, D. "Fractional crystallization and magma mingling/mizing processes in the monzonitic association in the SW part of the composite Yozgat Batholith (Şefaatl-Yerköy, SW Yozgat)." *Turkish Journal of Earth Sciences* 7, (1998), 215-230.