



## Kırıkkale-Yozgat arasındaki bölgenin güneyinin tektonik çizgiselliklerin (Batı Anadolu, Türkiye) gravite anomali verileri kullanılarak tanımlanması

Funda Bilim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri:

Geliş tarihi

28.04.2024

Kabul tarihi

30.05.2024

Yayın tarihi

28.06.2024

Anahtar Kelimeler:

Bouguer Gravite Anomali Yatay

Gradyent

Güç Spektrumu Yöntemi

Tektonik Çizgisellik

### ÖZET

Gravite anomalileri kayaçların yoğunluk farklarını yansıtır ve anomalilerin genliği jeolojik yapıların kalınlığı ve yoğunluk kontrastı ile orantılıdır. Kısa dalga boyulu (<250 km) ve negatif anomaliler genellikle kabuktaki yapılar ile ilişkilidir. Anomaliye neden olan yapıların lokasyonlarının ve tektonik çizgiselliklerin belirlenmesinde 1970'lerden beri gravite yöntemi başarı ile uygulanmaktadır. Bu çalışmada, Kırıkkale-Yozgat arasındaki bölgenin güneyinin Bouguer gravite anomali verisi incelenmiştir. Güç spektrumu yönteminden çalışma alanında 34.76 km, 8.24 km ve 0.96 km olmak üzere üç temel derinlik elde edilmiştir. Anomaliye neden olan jeolojik kaynaklar üst kabukta yer almaktadır. Gravite verisinin yatay gradiyentinin maksimum genlik haritasından elde edilen tektonik çizgisellikler genellikle KD-GB ve KB-GD yönelimindedir. Maksimum yatay gradiyent genlik haritasından Kırıkkale- Kaman arasında muhtemelen granitoid, metamorfik ve ofiyolitik kayaçlarla ilişkili derin kaynaklı elips şeklinde kapanıma sahip 4 adet jeolojik kaynak belirlenmiştir. Çalışma alanında belirlenen kabuktaki gravimetrik süreksizlikler bölgenin önemli bir bölgesel alan stresine maruz kaldığının göstergesidir.

## Delineation of the tectonic lineaments of the south area between Kırıkkale and Yozgat (central Anatolia, Turkey) using gravity anomaly data

### ARTICLE INFO

Article history:

Received

28.04.2024

Accepted

30.05.2024

Published

28.06.2024

Keywords:

Bouguer Gravity Anomaly

Horizontal Gradient Power

Spectrum Method

Tectonic Lineament

### ABSTRACT

Gravity anomalies reflect the density differences of rocks and the amplitude of the anomalies is proportional to the thickness and density contrast of geologic structures. Short wavelength (<250 km) and negative anomalies are usually associated with structures in the crust. The gravity method has been successfully applied since the 1970s to determine the locations of anomalous structures and tectonic lineaments. In this study, the Bouguer gravity anomaly data of the southern part of the region between Kırıkkale and Yozgat were analyzed. Three basic depths, 34.76 km, 8.24 km and 0.96 km, were obtained from the power spectrum method in the study area. The geologic sources causing the anomaly are located in the upper crust. The tectonic lineaments obtained from the maximum amplitude map of the horizontal gradient of the gravity data are generally oriented NE-SW and NW-SE. From the maximum horizontal gradient amplitude map, 4 geologic sources with deep-sourced elliptical closure probably related to granitoid, metamorphic and ophiolitic rocks were identified between Kırıkkale and Kaman. Gravimetric discontinuities in the crust identified in the study area indicate that the region may be subjected to significant regional field stress.

ORCID ID: Yazar1: 0000-0003-1098-4755.

\*Sorumlu yazar(lar)/Corresponding author(s): Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fak. Jeofizik Müh. Bölümü Sivas, Türkiye/ Sivas Cumhuriyet University, Engineering Faculty, Geophysical Engineering Department Sivas-Türkiye.

Tel: +90 346 4870000

Fax: +90 346 2191163

E-mail: fbilim@cumhuriyet.edu.tr

Bu makaleye atıfta bulunmak için/To cite this article: H. Bilim, "Kırıkkale-Yozgat arasındaki bölgenin güneyinin tektonik çizgiselliklerin (Batı Anadolu, Türkiye) gravite anomali verileri kullanılarak tanımlanması", Bozok Journal of Engineering and Architecture, vol. 3, no. 1, pp. 21-26, Jun. 2024.

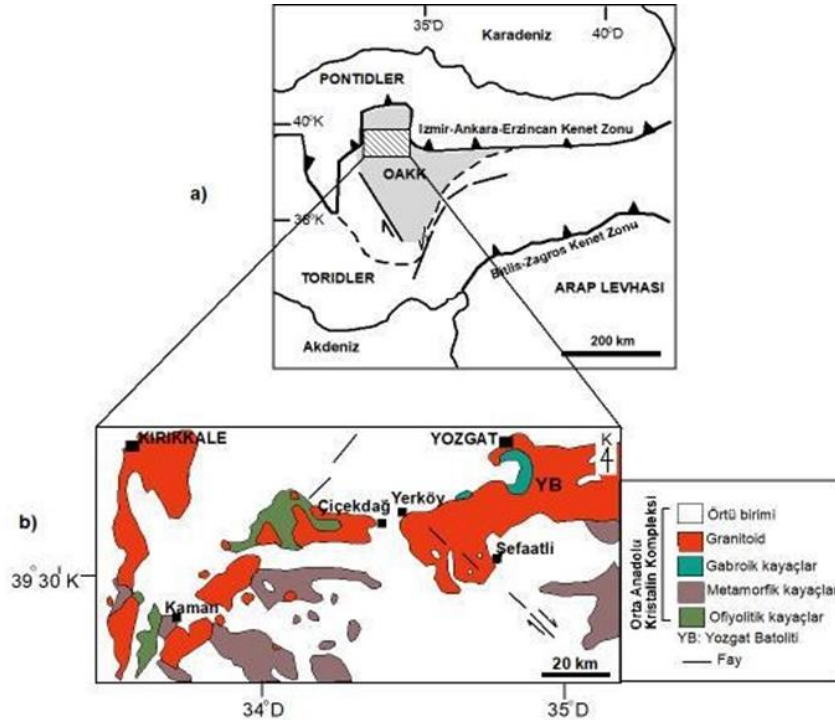
## 1. GİRİŞ

Gravite yöntemi bir potansiyel alan yöntemlerinden biri olup, yer altında yatay yönde yoğunluk değişimlerinin neden olduğu gravite alanındaki değişimlerin ölçülmesi esasına dayanır. Gravite verilerine uygulanan analiz yöntemleri ile yer altında yoğunluk değişimlerine sebep olan çeşitli jeolojik yapıların lokasyonlarını, yapı kenarlarını ve derinliklerini belirlemek mümkündür. Jeofizik yöntemler arasında gravite yöntemi yer altındaki mineral zonlarının ve fayların/süreksizliklerin saptanmasında sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Aktif faylar tektonik sistemlerin temel elemanları olup yer kabuğunda stres ve deformasyonların dağılımında önemli rol oynar. Yer altındaki tektonik süreksizliklerin belirlenmesinde kullanılan en popüler yöntem yatay türev yöntemi olup, gravite verisinin x ve y yönündeki türevlerinin karelerinin toplamının karekökünün alınması esasına dayanır.

Çalışma alanı Orta Anadolu Kristalin Kompleksinin (OAKK) [1] aynı zamanda Kırşehir Bloku olarak da adlandırılan [2, 3] alanın kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1a). OAKK'in kuzey kısmı Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun kalıntısı olan İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAEKZ) ile sınırlıdır [2]. Bu zon Anatolid-Torid ile Pontidleri birbirinden ayırmaktadır. Yüzeysel jeolojisi incelendiğinde yaygın olarak granitoid, gabroik, ofiyolitik ve metamorfik kayaların mozaik olduğu gözlenmektedir (Şekil 1b). Çalışma alanının büyük bir kısmı genç örtü birimi ile kaplıdır. OAKK'de metamorfik kayalar üzerinde yer alan ofiyolitikler, granitoidler tarafından kesilmiş ve metamorfik kayaların üzerine erken Santoniyen sonrası Maastrihtiyen öncesinde yerleşmişlerdir [4].

Literatürde Orta Anadolu'yu da içine alan bazı jeolojik, tektonik, paleomanyetik ve jeokimyasal çalışmalar mevcut [2-8] olmasına karşın, gravite anomalileri verilerinin değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar sınırlıdır [9, 10]. Ateş vd. [9] Türkiye'nin gravite ve manyetik haritalarını hazırlamışlardır. Gravite anomalilerinin genelde doğu-batı yöneliminde olduğunu ve kabuk kalınlığının doğuya doğru arttığını belirtmişlerdir. Kırşehir Bloğunda ise genelde -60 ile -100 mGal arasında değişen anomaliler gözlemlenmiştir. Ateş vd. [10] Türkiye'nin rejyonel ölçekte gravite ve manyetik anomalileri haritalarını incelemiş ve gravite verilerinden kabuk kalınlığını orta Anadolu için 33-35 km arasında hesaplamışlardır.

Bu çalışmada Kırıkkale-Yozgat arasındaki bölgenin güneyine ait Bouguer gravite anomalileri incelenmiş ve yer altındaki gravite anomalilerine sebep olan jeolojik yapıların ortalama derinlikleri radyal-ortalama güç spektrumu (radially-averaged power spectrum) yöntemi ile saptanmıştır. Yer altındaki tektonik süreksizliklerin belirlenmesi amacı ile yatay gradient yöntemi uygulanmıştır.



Şekil 1. a) Çalışma alanı yer bulduru haritası ve ana tektonik birimler (Okan ve Tüysüz 'den [3] değiştirilerek); b) sadeleştirilmiş yüzey jeoloji haritası (Bingöl'den [11] değiştirilerek)

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışma alanına ait gravite anomalisi verileri Ateş vd., [9]'dan alınmıştır. Bouguer düzeltmesinde yoğunluk ise  $2.4 \text{ gr cm}^{-3}$  olarak kullanılmıştır ve diğer tüm düzeltmeler MTA tarafından yapılmıştır. Şekil 2'de bölgenin Bouguer gravite anomalisi haritası verilmiştir.

Öncelikle çalışma alanının gravite verisine (Şekil 2) güç spektrumu yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, çalışma bölgesindeki gravite anomalilerine neden olan kaynakların ortalama ara yüzey derinliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır [12]. Bu yöntem anomalinin spektrumu ile kaynağın üst yüzey derinliği arasında, frekans ortamında bir ilişkiyi göstermektedir. N veri noktası içeren bir gravite verisinin spektral analizi, gravite verisinin 2-Boyutlu (2B) hızlı Fourier dönüşümünü içerir. Böylece veri uzay ortamından frekans ortamına aktarılır. Gravite verisi  $b(x)$ 'in Fourier dönüşümü;

$$B(w) = \sum_0^{N-1} b(x) \exp(-iwx)\Delta x \quad (1)$$

bağıntısı ile verilir. Burada;  $w$ = açısal frekans ( $w=2\pi k$ );  $k$ =dalga sayısı( $k=\lambda^{-1}$ );  $\Delta x$  = x-yönündeki örnekleme aralığıdır. (1) nolu eşitlik Bouguer düzeltmesinden sonra aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$B(k)_{z=0} = 2\pi\Delta\rho G \exp(-2\pi kt)F(k)_{z=0}. \quad (2)$$

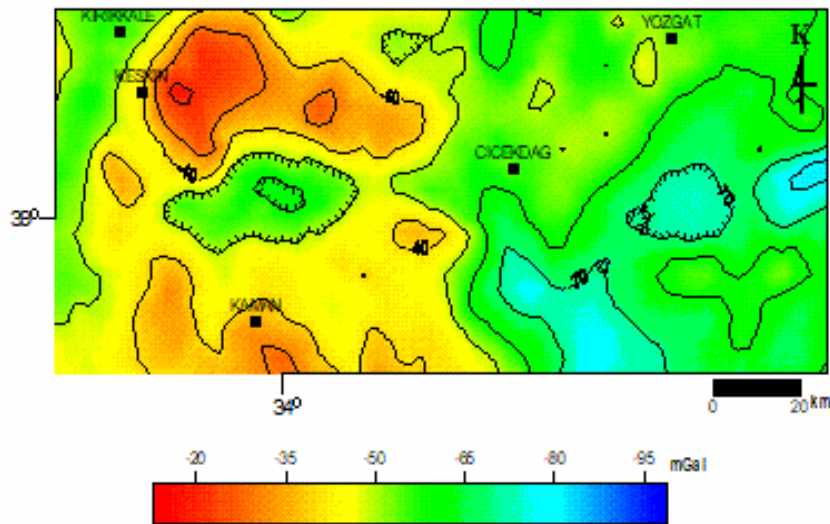
Burada  $B(k)_{z=0}$ ,  $z=t$  ortalama derinlikteki gelişigüzel yoğunluk kontrastından kaynaklanan arayüzeyin sebep olduğu gravite anomalisi profili  $b(x)_{z=0}$ 'nin Fourier dönüşümünü;  $\Delta\rho$  yoğunluk farkını;  $F(k)$  ise  $f(x)$ 'in (ortalama derinlik  $z$ 'den arayüzeye olan sapma) Fourier dönüşümünü göstermektedir. (2) nolu eşitlikteki  $B(k)$ 'nin güç spektrumu izleyen şekilde verilir.

$$P = |B(k)_{z=0}|^2 = (2\pi\Delta\rho G)^2 \cdot |F(k)|^2 \exp(-4\pi kt) \quad (3)$$

Yapının derinlik faktörü ve boyutu, güç spektrumundan beklenen değer ile ilişkilidir. Güç spektrumunun logaritması dalga sayısına göre çizdirilir. İlişki lineerdir. Herhangi bir dalga sayısındaki güç spektrumunun genliği sonludur ve dalga sayısı arttıkça yaklaşık olarak sifıra yaklaşır. Spektrumdaki lineer doğru parçalarının eğimleri anomaliye sebep olan prizmaların ortalama üst yüzey derinlikleri ile ilişkilidir. Anomaliye sebep olan yapıların derinlikleri, güç spektrumu logaritmasının dalga sayısı veya frekansın fonksiyonu olarak çizdirilmesi ile hesaplanır. (3) nolu eşitliğin her iki tarafının logaritması alınır,

$$\text{Log}(P) = \text{Log}A(k)_{z=0} \pm 4\pi kt \quad (4)$$

elde edilir. Burada  $k$ : dalga sayısı;  $t$ : anomaliye sebep olan kaynağın üst yüzey derinliği;  $A(k)$  ise güç spektrumunun genliğidir. Derin kaynak küçük dalga sayıları iken sığ kaynak ise büyük dalga sayıları ile ilişkilidir. Spektrumun en büyük dalga sayıları ise gürültü ile ilişkilidir. Ortalama derinlik ( $h$ ),  $(\Delta\text{Log}P)$  değerinin  $(4\pi\Delta k)$  değerine bölünmesi ile hesaplanır.



Şekil 2. Çalışma alanının gravite anomalisi haritası

Şekil 3’de güç spektrumu eğrisi sunulmuştur. Çalışma alanının gravite anomalisi verilerinden hesaplanmıştır. Şekil 3’de gösterilen doğru parçaları derinlerde yoğunluk farklarına neden olan yapıların ortalama derinliklerini ifade etmektedir.

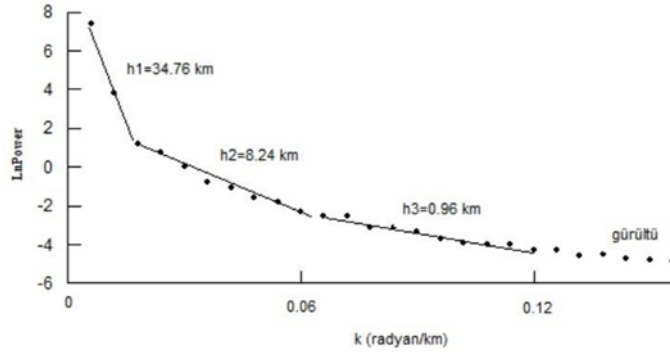
Tektonik yapıların belirlenmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri de gravite verisinden yararlanılarak elde edilen yatay türev yöntemidir [13]. Yatay türev yöntemi gravite anomalisinin x ve y yönündeki türevlerinin karelerinin toplamının karekökünden hesaplanır. Yer altındaki tektonik çizgiselliklerin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Gravite anomalilerinin yatay gradiyentin genliği aşağıdaki şekilde verilmiştir [13, 14]:

$$h(x, y) = \left[ \left( \frac{\partial g_z(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial g_z(x, y)}{\partial y} \right)^2 \right]^{0.5} \quad (5)$$

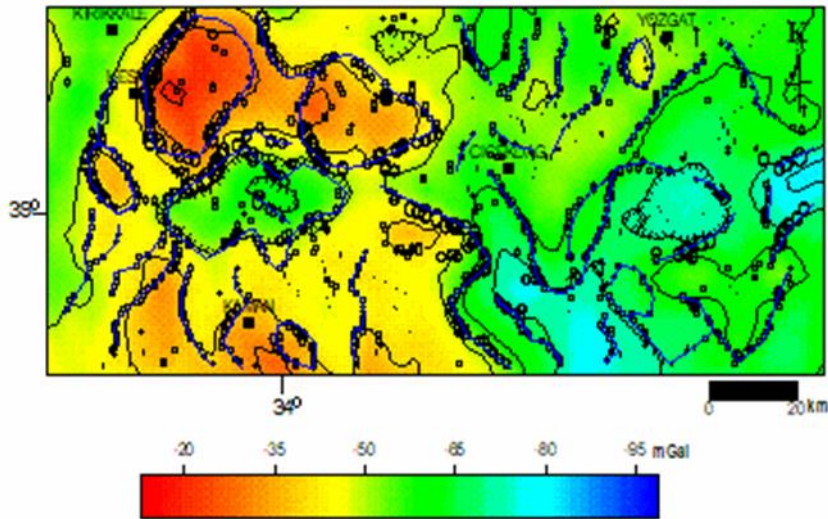
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanının Bouguer gravite anomalisi genel olarak, doğusu hariç, yüzey jeolojisi ile uyum içerisindedir (Şekil 1b, 2). Sedimanter genç örtü birimi alanın doğusunda şiddetli negatif (-55 ile -95 mGal) genlik değerleri sergilemektedir. Yozgat’ın güneyinde büyük bir alanı kaplayan Yozgat Batoliti, anomali haritasında görülmemektedir. Bunun nedeni çevre kayalarla yoğunluk farkının az olmasından dolayı olabilir. Bilim vd. [15] Yozgat Batoliti’nin manyetik anomali verisini incelemişler ve şiddetli manyetik anomali verdiğini söylemişlerdir. Kırıkkale-Kaman arasında -50 ile -20 mGal arasında değişen elips şeklindeki anomaliler granitoid, metamorfik ve ofiyolitik kayalar ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir.

Şekil 3’de verilen güç spektrumundaki doğrular en küçük kareler yöntemine göre çizilmiştir. Doğru parçaları, yer altında yoğunluk değişimlerine karşılık gelen ara yüzeylerin derinliklerini göstermektedir. Güç spektrumu grafiğinden Moho derinliği ortalama 34.76 km olarak belirlenmiş olup, bu değer daha önce yapılan kabuk kalınlığı çalışması ile uyumludur [10]. Çalışma alanında anomaliye neden olan jeolojik yapıların ortalama derinliği 8.24 km olup, üst kabuğa yerleşmişlerdir. Güç spektrumundan saptanan en sığ derinlik 0.96 km olup muhtemelen genç örtü biriminin ortalama derinliğini vermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Güç spektrumu grafiği



Şekil 4. Gravite anomalisi verisinin yatay gradiyentinin maksimum genlik haritası (içi boş daireler). Dairelerin boyutları gradiyentin genliği ile orantılıdır. Mavi çizgiler yeni saptanan tektonik çizgisellikleri göstermektedir.

Yatay gradientin maksimum değer anomali haritasından Keskin'in doğusunda elips şeklinde uzun eksenli KD-GB, K-G, KB-GD ve D-B yönelimli çevreye göre yüksek yoğunluk farkına sahip dört adet (Şekil 4) jeolojik yapı belirlenmiştir. Bu çalışma ile ilk kez detaylı belirlenen ve yüzeyde gözlemlenmeyen tektonik çizgisellikler ve olası faylar Şekil 4'de mavi çizgi ile gösterilmiştir. Çizgiselliklerin yönelimi genel olarak KD-GB ve KB-GD şeklindedir. Bu çizgisellikler gömülü veya yüzeydeki faylarla ilişkili olabileceği gibi gravite anomalisi üreten kaynağın kenar sınırları ile de ilişkilidir. Ekonomik değeri olan birçok maden yatağı tektonik süreksizlikler ile ilişkili olduğundan yüzeyde gözlemlenmeyen derindeki tektonik hatların belirlenmesine yönelik bu tür çalışmalar, bölgede farklı araştırmacılar tarafından yapılacak tektonik/jeolojik/maden çalışmaları için bir altlık oluşturmaktadır.

#### 4. SONUÇLAR

Çalışma alanının doğusu şiddetli negatif gravite anomali değerleri sergilemekte olup (<-65 mGal) sedimanter örtü biriminden kaynaklanmakta olduğu düşünülmektedir. Bu alanda yüzeyde gözlemlenen metamorfik birimlerin ve Yozgat Batoliti'nin etkisi anomali haritasında gözlenmemektedir. Güç spektrumu yönteminden kabuk kalınlığı ortalama 34.76 km, üst kabuk ortalama 8.24 km ve sedimanter örtü birimi ise ortalama 0.96 km olarak tespit edilmiştir. Gravite anomalisine neden olan kaynakların üst kabuğa yerleştiği söylenebilir. Yatay gradientin maksimum genlik haritasından çalışma alanında ki gravite kaynaklarının Çiçekdağı çevresinde KKB-GGD yönelimli tektonik çizgisellikler boyunca birbirinden ayrıldığı, hattın doğusunun daha sakin gravite değerleri sergilerken, hattın batısının -10 mGal değerine kadar yükselen karmaşık gravite anomali kaynakları içermekte olduğu belirlenmiştir. Belirlenen tektonik çizgisellikler bölgenin önemli bir bölgesel alan stresine maruz kaldığını göstermektedir.

#### TEŞEKKÜR

Yazar Maden Tetkik ve Arama Dairesine (MTA) gravite verisi için teşekkür eder.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu makalede çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### ETİK

Bu makalenin yayımlanmasında herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

#### KAYNAKLAR

- [1] M. C. Göncüođlu, V. Toprak, İ. Kuşcu, A. Erler and E. Olgun, "Geology of the Western Part of the Central Anatolian Massif, part 1: southern section," Turkish Petroleum Corporation (TPAO), Report No: 2909, pp. 1-140, 1991.
- [2] A. M. C. Şengör and Y. Yılmaz, "Tethyan Evolution of Turkey. A Plate Tectonic Approach," *Tectonophysics*, vol.75, no. 3-4, pp. 181-241, Jun. 1981, doi: 10.1016/0040-195(81)90275-4.
- [3] A. I. Okay and O. Tüysüz, "Tethyan Suture of Northern Turkey," In: Durand B, Jolivet L, Horvath F, Seranne M (eds) *The Mediterranean basins: Tertiary extension within the Alpine orogen*, Geol. Soc. London Spec. Publ., vol. 156, no. 1, pp. 475-515, Jan. 1999, doi: 10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22.
- [4] K. M. Yalınz and M. C. Göncüođlu, "General Geological Characteristics and Distribution of the Central Anatolian Ophiolites," *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri*, vol. 20, pp. 19-30, 1998.
- [5] İ. Ketin, "Yozgat Bölgesinin Jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin Tektonik Durumu," *Türkiye Jeoloji Bülteni*, vol. 6, no. 1, pp. 1-40, Aralık 1955.
- [6] A. I. Okay, M. Satır, C. Shang, "Ordovician Metagranitoid from the Anatolide-Tauride Block, Northwest Turkey: geodynamic implications," *Terra Nova*, vol. 20, no. 4, pp.280-288, Aug. 2008, doi:10.1111/j.1365-3121.2008.00818.x.
- [7] F. Toksoy-Köksal, "Ekecikdağ Magmatik Birliği (Orta Anadolu) Granitoidlerinin Petrojenezi: Mineral Kimyası Perspektifi," *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri*, vol. 37, no. 2, pp. 139-178, Sep. 2016, doi: 10.17824/yrb.23361.
- [8] S. Aydođan, "Cihanpaşa (Yozgat) Bölgesinin Güney Kesimindeki Manganez Cevherleşmesinin Jeokimyasal Özellikleri ve Kökeni," *Türkiye Jeoloji Bülteni*, vol. 65, no. 1, pp. 1-34, Ocak 2022.
- [9] A. Ateş, P. Kearey, and S. Tufan, "New Gravity and Magnetic Maps of Turkey," *Geophys. J. Int.*, vol. 136, no. 2, pp. 499-502, Feb. 1999, doi: 10.1046/j.1365-246X.1999.00732.x.
- [10] A. Ateş, F. Bilim, A. Büyüksaraç, A. Aydemir, Ö. Bektaş, and Y. Arslan, "Crustal Structure of Turkey from Aeromagnetic, Gravity and Deep Seismic Reflection Data," *Surv. Geophys.*, vol. 33, no. 5, pp. 869-885, Sep. 2012, doi: 10.1007/s10712-012-9195-x.
- [11] E. Bingöl, "Geological Map of Turkey (Scale:1/2.000.000)," General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara, 1989.

- [12] A. Spector and F. S. Grant, "Statistical Models for Interpretation Aeromagnetic Data," *Geophys.*, vol. 35, no. 2, pp. 293-302, Apr. 1970, doi:10.1190/1.1440092.
- [13] L. Cordell and R. G. Henderson, "Iterative Three-Dimensional Solution of Gravity Anomaly Data Using a Digital Computer," *Geophys.*, vol. 33, no. 4, pp. 596-601, Aug. 1968, doi: 10.1190/1.1439955.
- [14] R. J. Blakely, and R. W. Simpson, "Approximating Edges of Source Bodies from Magnetic or Gravity Anomalies," *Geophys.*, vol. 51, no. 7, pp. 1494-1498, Jul. 1986, doi. 10.1190/1.1442197.
- [15] F. Bilim, N. Öksüz, E. Kolay and İ. Koçak, "A Correlation of Magnetic Data and Seismic Vp-Velocity of Geology and Tectonic Structure of Yozgat and Its Surrounding Area," *Electronic Letters on Sci. & Eng.*, vol. 17, no. 2, Dec. 2021.