



Contents lists available at *Dergipark*

Journal of Scientific Reports-C

journal homepage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jsrc>



E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number) 5, Aralık(December) 2023

DERLEME MAKALESİ/REVIEW ARTICLE

Geliş Tarihi(Receive Date): 15.12.2023

Kabul Tarihi(Accepted Date): 20.12.2023

Maden yataklarına göre uygulanan rezerv hesaplama yöntemlerinin ve parametrelerinin değerlendirilmesi

Mehmet Özdemir

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kütahya, 43100, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8174-8874

Öz

Madencilikte rezerv hesaplama yöntemleri maden yataklarının jeolojik yapısına ve ekonomik durumuna göre değişmektedir. Bu yöntemler; klasik rezerv hesaplama ve jeostatistiksel yöntemler ile bunların alt başlıkları şeklinde irdelenebilir. Günümüzde altın, gümüş, krom ve bakır gibi metalik madenlerin rezerv hesaplamalarında implicit (örtük) modelleme, kömür gibi maden yataklarında ise stratigrafik (tabaka) modelleme ve diğer yöntemler kullanılmaktadır. Maden yataklarının jeolojik yapısı modellemede kullanılan parametre değerlerinin değişkenlik göstermesine neden olmaktadır. Bu çalışmada; rezerv hesaplama modellemelerinde kullanılan parametrelerin, jeolojik yapı ve diğer modelleme unsurlarına göre nasıl değiştiği ve bu parametrelerin belirlenmesinde nelere dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmış ve elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

© 2023 DPU All rights reserved.

Anahtar kelimeler: Jeostatistik, Maden Yatağı, Rezerv

Evaluation of applying reserve calculation methods and parameters depending on mineral deposits

Abstract

Reserve calculation methods in mining vary according to the geological structure and economic status of mineral deposits. These methods can be analyzed as classical reserve calculation and geostatistical methods and their sub-headings. Nowadays, implicit modeling is used in reserve calculations of metallic minerals such as gold, silver, chromium and copper, while stratigraphic modeling such as coal and other methods are used in mineral deposits. The geological structure of ore deposits causes the parameter values used in modelling to vary. In this study; how the parameters used in reserve calculation modelling vary according to geological structure and other modeling components and what should be considered in determining these parameters are emphasised and the results obtained are discussed.

© 2023 DPU All rights reserved.

Keywords: Geostatistic, Mineral Deposit, Reserve

1. Giriş

Rezerv; maden yataklarında, genellikle sınır tenör (veya kalori değeri) üzerinde bulunan ve kazı ekipmanlarının mümkün olduğunca elde edebildiği yeraltı kaynaklarıdır.

Bir maden yatağının rezervinin bulunabilmesi, hesaplama yöntemi ve eldeki verilerin doğruluğuna ve sayısına bağlıdır. Verilerin sayısının çokluğu ve sondaj yerinde alınan numunelerin doğruluğu rezerv hesaplama yönteminin güvenilirliğini artıracaktır.

Rezerv sınıflamalarında genelde üç ana unsura dikkat edilir [1];

1-Hesaplama yöntemleriyle elde edilen değerlerin gerçeklik derecesi (doğruluk, hata oranı veya korelasyon değerleri),

2-Maden yatağındaki cevherleşmenin yapısı ile ilgili yeterli bilgiye sahip olma (jeolojik durumlar),

3-Maden sahasının madencilik faaliyetleri açısından fizibil olma durumu (su geliri, maliyetler, hava koşulları vb.).

Rezervlerin belirlenebilmesi için öncelikle hangi tür rezervin istenildiğinin bilinmesi gerekir. Bunlar genelde; a) Görünür Rezerv b) Muhtemel Rezerv c) Mümkün Rezerv olmak üzere üç çeşittir:

Görünür rezerv, maden yatağının üç boyutta elde edildiği ve numune bilgilerinin ise doğruluğu tam olarak tespit edildiği rezerv türüdür. Cevher yerleşimi, örnek elde etme ve tespit işlemleri uygun biçimde sağlanmıştır. Maden yatağının jeolojik karakteri, cevher tenörleri, yatağın eni, boyu ve kalınlığı mümkün olduğunca tanımlanmıştır [2]. Sondajlarla elde edilen karot randımanı yaklaşık % 70 civarındadır [3]. Sondaj, galeri, başaşağı, başyukarı, desandre ve diğer hazırlık çalışmaları gibi rezervin net olarak belirlenmesinde yardımcı olacak çalışmalar görünür rezervin bulunmasında gerekli ve önemlidir.

Muhtemel rezerv, iki boyutta tahmin edilen, tam olarak numune değerleri elde edilememiş ve maden yatağının yönelimi konusunda net bilgilere sahip olunmamış rezerv türüdür. Cevher üç boyutunun hesaplanmasında varsayım metodları ve bilindik verilerden faydalanılır [1]. Rezerv ve tenör değerlerindeki hata sınırı yüzde 20-30 civarındadır [4]. Sondaj, galeri, başaşağı, başyukarı, desandre ve diğer hazırlık çalışmaları görünür rezervin elde edilmesinde olduğu gibi gereklidir. Fakat bu işlemler daha az yapılmaktadır.

Mümkün rezerv, iki veya üç boyutta cevher kütlesi ile ilgili net bilgilere sahip olunmayan, tahminlerle desteklenen maden yatağını ifade etmektedir. Rezerv hesaplamada kullanılan hata sınırları ortalama yüzde 50 civarındadır. Bu rezerv sınıfının hazırlık çalışmaları (sondaj vb.) diğer rezerv türlerine nazaran daha az sayıda olmakta ve yeterli değildir.

Tüm rezerv türlerinin oluşturulabilmesi için uzman jeologlardan tarafından jeoloji haritalarının titizlikle oluşturulması gerekmektedir [5]. Bu sayede baz alınan haritalar yapılacak rezerv araştırmaları için ışık tutacaktır.

Günümüz maden sahaları rezerv arama çalışmalarında uydu ve insansız hava taşıtları (drone veya UAV) vasıtasıyla görsel ve üç boyutlu veriler ile çeşitli değerlendirmeler yapılarak sahalardaki rezerv miktarları konusunda ön değerlendirmeler yapılabilmektedir [6-9]. Bu gibi çeşitli teknolojik verilerin kullanımı mevcut çalışmalara ek olarak katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada maden yataklarına göre uygulanan rezerv hesaplama yöntemleri ve kullanılan parameterler değerlendirilerek gelecek çalışmalarda dikkat edilmesi gereken hususların önemi vurgulanmıştır.

2. Rezerv Hesaplama Yöntemleri

Maden yataklarında rezerv hesaplama yöntemleri jeolojik yapıya ve hesaplamada istenilen hassasiyete göre değişebilmektedir.

Genel olarak rezerv hesaplama yöntemleri klasik ve jeostatistik hesaplama yöntemleri olarak ikiye ayrılır. Klasik rezerv hesaplamada yaşanan sıkıntılar jeostatistik rezerv hesaplama yöntemlerini ortaya çıkarmıştır. Jeostatistik yöntemlerin üstünlüğü, hesaplamaları daha doğru ve güvenilir olarak belli güvenlik dereceleri arasında sonuçlar verebilmeleridir [10-12].

Günümüzde rezerv hesaplama aşamaları genelde şu şekildedir;

- a) Veri toplama (sondaj)
- b) Jeolojik çalışmalar (litoloji belirleme, maden yatağını tanımlama, vb.)
- c) Üç boyutlu madencilik programlarıyla damar oluşturma (string, dtm, vb.)
- d) Rezerv hesaplama yönteminin belirlenmesi (Klasik yöntemler, Jeostatistik, Ters Uzaklık Yöntemi, vb.)
- e) Sınır tenör veya kalorifik değere göre ekonomik ve optimum rezervin bulunması

Maden rezerv çalışmalarında blok model yöntemi kullanılır. Bu blok modeller ile cevher kütlesi birim bloklara ayrılarak değerler atanır. Bu değer atama yöntemleri genelde şunlardır [13]:

- i) Geometrik yöntemler,
- ii) Ters uzaklık yöntemi,
- iii) Jeostatistik yöntemler

Günümüzde daha çok jeostatistik yöntemler kullanılmaktadır. Sebebi uzaklık ve jeolojik değerlerin baz alınarak diğer noktaların tahmini daha net olmaktadır. Klasik yöntemlerde kullanılan üçgen, prizma, yamuk, poligon, eş kalınlık (izopak) haritaları, kesit gibi yöntemlerde tahminlerin hata oranı daha yüksek olmakta, bu hata oranlarının sayısal olarak belirlenmesinde problemler yaşanmaktadır [1]. Jeostatistik yöntemlerde (Variogram, Kriging, vb.) istatistiki değerler hesap edilip, hata oranı, mineralleşmenin devamlılığı, farklı doğrultu ve eğimlerdeki cevherleşmelerin tahmini, gerçek ve tahmin değerleri arasındaki korelasyon değerlerini hesaplamak daha güvenilir ve daha net hale gelmektedir [14, 15].

Ülkemizde gün geçtikçe artan madencilik faaliyetleri sonucu bu hesaplama yöntemlerini daha önemli hale getirmektedir. Klasik rezerv hesaplama yöntemleri daha az işlem gerektirse de elde edilen rezerv değerleri jeostatistik yöntemlerle elde edilen değerlerle farklılıklar göstermektedir.

Kömür madenleri metalik madenlere nazaran daha az hassasiyet gerektirse de yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı klasik yöntemlerden jeostatistik yöntemlere geçiş yapılmaktadır. Rezerv hesaplamaların hassasiyetin artışı sınır tenörün hesaplamasında yarar sağlamaktadır [16, 17].

Jeostatistik yöntemlerin kullanılması tavsiye edilse de, bu konulara hakim mühendis ve uzmanlardan oluşan ekiplerle çalışarak uygulamak rezerv hesaplama açısından daha anlamlı ve mantıklı olmaktadır. Gelişen madencilik programları bu işlemlerin daha sağlıklı ve kısa sürede yapılmasına olanak sağlayacak ve madencilik faaliyetleri daha verimli hale getirilecektir

3. Jeostatistik Yöntem

Maden yatağındaki değişkenlerin (tenörler veya kalorifik değerler) değerleri arasında oluşan fark, bu parametrelerin arasındaki uzaklığın bir fonksiyonu olarak ortaya konmaktadır [18-20]. Jeostatistik çalışmalarında maden sahası değişkenlerinin uzaklığa bağlı değişimleri incelenir ve fonksiyon olarak birbirleriyle h kadar uzaklıkta bulunan iki maden ocağı değişkeninin arasındaki farkın varyansı olarak değerlendirilir (Eşitlik 1, 2). Başka bir ifadeyle, iki değişkenin arasındaki farkın varyansının değeri noktalar arasındaki mesafenin büyüklüğü ile değişebilmektedir [20, 21].

$$2\gamma(h)=\text{var}[C(a)-C(a+h)] \quad (1)$$

$2\gamma(h)$: variogram fonksiyonu,

$C(a)$: a noktasındaki saha parametresinin değeri,

$C(a+h)$: a noktasından h kadar uzaklıkta bulunan saha parametresinin değeri,

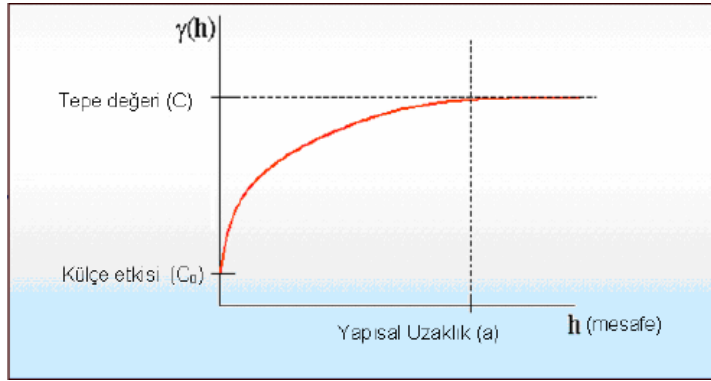
Aşağıdaki formülle bu durum matematiksel olarak ifade edilmektedir.

$$2\gamma(h)=E[C(x)-C(x+h)]^2 \quad (2)$$

h: noktalar arasındaki mesafe (lag değeri)

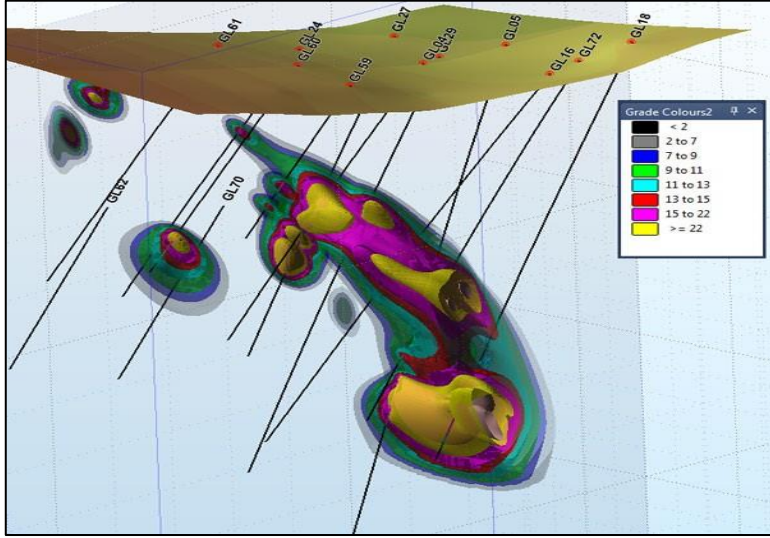
Variogram fonksiyonu (γ) değerlendirilen maden sahası parametresinin sürekliliği, yönelimi ve range değerleri, grafiklerde elde edilebilmekte veya otomatik olarak sonucu alınabilmektedir [20, 21]. Değişik madencilik programları buna olanak sağlayabilmektedir (Micromine, Datamine, Surpac, Netpromine, vb.). Bu programlar sayısal arazi modeli (dtm), tel kafes (wireframe), istatistiksel analizler, veri dönüşümleri, sondaj logları, blok model, üç boyutlu modellemeler, haritalama ve benzeri işlemlerde çok verimli ve hassas çalışabilmektedirler. Bu işlemlerin hassasiyetleri veri sayısına ve doğruluğuna bağlıdır.

Variogram grafiklerinde $h=0$ olduğu noktada C_0 nugget (külçe etkisi) değeri vardır. Bu nokta aynı noktadan alınan değişken değerler arasındaki farktan oluşur. C sill (tepe değeri) değeri ise yapısal uzaklık (range) değerine ulaştığı noktadaki değerdir. Yapısal uzaklıkta değişkenlerin değerleri bu değere kadar birbiriyle anlamlıdır, bu değerden sonra ise değerler birbiriyle anlamsızdır (Şekil 1).

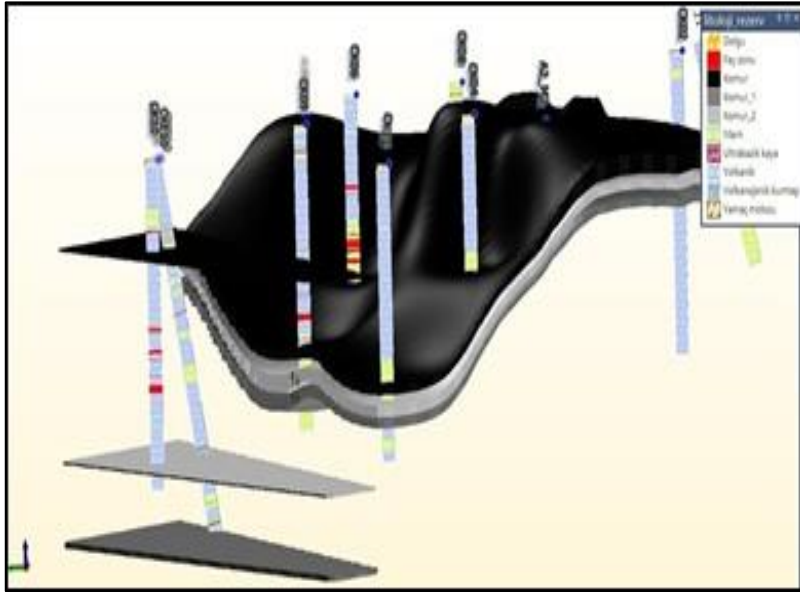


Şekil 1.Variogram grafiği [20].

Jeoistatistiksel değerlendirmeler ile tahmin edilen rezerv değerleri son yıllarda geliştirilen üç boyutlu maden yatağı modellemeleri ile daha kesin sonuçlar elde edilmektedir [22]. Metalik madenlerde (altın, gümüş, krom ve bakır) implicit modelleme (Şekil 2), kömür maden sahalarında ise daha net sonuç veren stratigrafik (tabaka) modellemeler (Şekil 3) kullanılabilir. Implicit model metalik madenlerde merceğimsi ve salkım gibi oluşmuş maden yatakları için, stratigrafik modelleme ise kömür gibi tabakalı maden yatakları için geliştirilmiştir.



Şekil 2. Implicit modelleme [23].

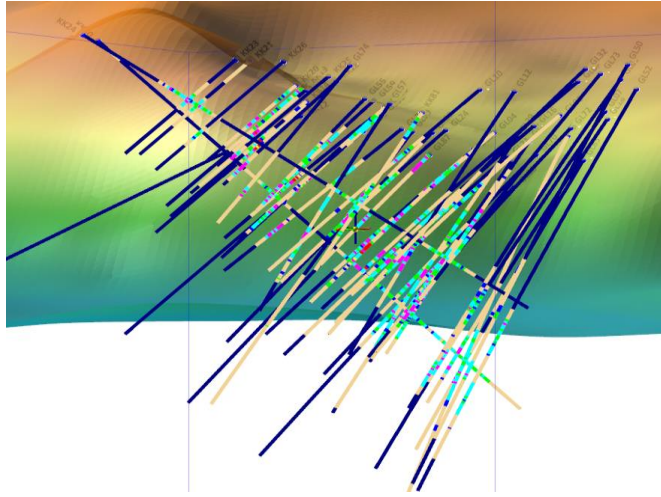


Şekil 3. Stratigrafik modelleme [24].

4. Modelleme Parametreleri

Jeostatistiksel ve üç boyutlu modellemelerde dikkat edilecek parametreler vardır. Bunlar;

- a) Jeolojik verilerin net olarak detaylandırılması,
- b) Topografya,
- c) Süreksizliklerin belirlenmesi,
- d) Sondaj noktaları çiftleri sayısı,
- e) Sondaj noktaları arası mesafenin optimum olarak belirlenmesi,
- f) Verilerin istatistiksel analizi,
- g) Anizotropi çeşidinin belirlenmesi,
- h) Maden yatağı yönelimi,
- i) Deneysel variogram grafiklerinin uygun model variogram çeşidine uyarlanması,
- j) Maden yatağı ekonomik durumu.



Şekil 4. Sondajlardaki jeolojik birimler [25].

Modellemelerde dikkat edilmesi gereken başlıca unsur jeolojik verilerin net olarak belirlenmesidir. Şekil 4'te sondajlardaki farklı renklere sahip jeolojik birimlerin yerlerinin net olarak belirlenmesinin önemi gösterilmektedir. Farklı konumlardaki jeolojik birimler rezerv yönelimini ve miktarını değiştirebilmektedir.

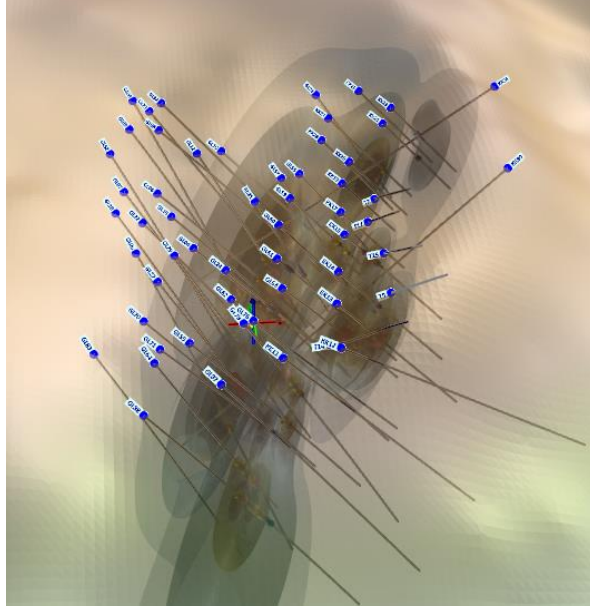
Kömür veya metalik madenlerin yönelimi veya damar oluşumları birbirinden farklılık göstermektedir. Kömür damarları tabaka halinde damarlaşma gösterirken, metalik madenler merceksi veya salkım halinde damar yapısı gösterebilmektedir.

Modelleme ve rezerv hesaplamada topografya, tüm sondaj noktalarının yerini, maden rezervinin alınış şeklini değiştirmektedir. Drone ve Lidar gibi yüzey haritalama teknolojileriyle elde edilebilen yüzey görüntüleri (topografya, cevher ve atık sahası, vb.) rezervi modellemede maksimum hassaslık sağlayabilmektedir [26-28].

Süreksizlikler (fay, çatlak, vb.) maden yatağının yönelimini, dolayısıyla yapısal uzaklığı, tahmin ve hata oranlarını etkilemektedir. Süreksizlik konumuna göre rezerv ve maden işletme tasarımı değişebilmektedir.

Sondaj noktaları çiftleri sayısı kaynaklarda en az 30 olması gerektiği belirtilmektedir [1, 2]. Deneyimlere ve formüllere göre elde edilen bu sondaj çifti sayısı ile elde edilen sonuçların daha güvenilir olduğu düşünülmektedir.

Şekil 5'te sık yapılan sondajların maden rezervlerinin hesaplamalarındaki önemi görülmektedir. Optimum rezerv miktarının bulunmasında sondaj sıklığının belirlenmesi kritik önem arz etmektedir. Dik sondajlar genellikle kömür yataklarında, eğimli sondajların ise metalik ve benzeri madenlere daha fazla uygulanmaktadır. Bu iki sondaj türünün birlikte kullanımı maden yatağının nihai modelini elde etmede gerekebilmektedir.



Şekil 5. Sondaj sıklığı [25].

Sondaj noktaları arası mesafe kömür madenlerinde 50-250 metre arası değişebilmekte, metalik madenlerinde ise tenör değerleri düşük mesafelerde bile ani değişkenlik gösterdiğinden kömür madenlerine nazaran daha sık olmaktadır.

Verilerin istatistiksel analizinde genel olarak numune değerlerinin normal dağılım grafiğine uyması önerilmektedir [29]. Ancak normal dağılımın sağlanamadığı durumlarda lognormal dağılım sağlanması jeostatistik için yeterli olabilmektedir [30]. Çarpıklık katsayısı değerinin sıfır, basıklık katsayısının ise üç değerine yakın olması tavsiye edilmektedir [31].

Anizotropik değişimlerin (tabakalanma, yönelimler, vb.) geometrik ve bölgesel olarak tespit edilerek, sill ve range değerleri ve bunlarla birlikte mineralleşmelerin dağılımına ve yönelimlerine dair bilgiler elde edilebilmektedir.

Maden yatağı yönelimini kuzey, güney, batı ve doğu yönlerinde jeostatistik analizler ile ölçmek gerekebilir. Ancak yönelimler ara yönlerde de (kuzey-batı, güney-doğu, vb.) olabileceğinden bu yönleri de dikkate almak rezerv hesaplarında daha sağlıklı sonuçlar elde etmek adına çok önem arz etmektedir.

Deneysel variogramlarda elde edilen grafiklere en uygun model variogram (küresel model, üssel model, gauss model veya doğrusal model) seçilerek külçe etkisi, eşik değeri ve yapısal uzaklık değerleri, maden sahasını temsil edecek düzeyde daha anlamlı ve güvenilir hale gelecektir.

5. Sonuçlar

Madencilikte rezerv hesaplama; maden ömrü ve maden ekonomisi açısından en önemli unsurlardan biridir. Bu unsurun belirlenmesinde tüm aşamaların uzmanlık ve titizlikle yapılması gerekir.

Klasik ve jeostatistik yöntemler karşılaştırıldığında, jeostatistik yöntemler daha fazla hassasiyete sahip oldukları için günümüzde daha yaygın kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin uygulama aşamalarındaki parametreler mümkün olduğunca fazla ve detaylı olarak incelenip, maden sahasına en uygun yöntemin (implicit, stratigrafik ve benzeri) belirlenmesi maden yatağının verimli bir şekilde elde edilmesinde zemin hazırlayacaktır.

Rezerv hesaplama yöntemlerinin sağlıklı ve doğru bir şekilde yapılabilmesi için sondaj yerlerinin ve sıklığının doğru bir şekilde belirlenmesi, sondaj numunelerinin sondaj bölgelerinden doğru şekilde alınması ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu sayede doğru sonuçlara ulaşmada ilk süreçler hassas bir şekilde yapılmış olabilecektir.

Maden sahalarındaki rezervin optimum şekilde hesaplanması ve değerlendirilmesi ülke ekonomilerinin gelişimi ve ihtiyaçlarının karşılanması konusunda çok önemli bir yere sahiptir.

Günümüz üç boyutlu madencilik programları ve bu programları yetkin bir şekilde kullanabilen kişilerle rezerv hesaplamaları daha sağlıklı hale gelecektir.

Teşekkür

Madencilik çalışmalarında makalede belirtilen konulara destek veren ve bu konuların gelişimini sağlayan araştırmacılara ve kuruluşlara teşekkür ederim.

Kaynaklar

- [1] A. Ersoy, T. Y. Yünsel, “Maden Rezerv Hesapları Klasik ve Jeostatistik Yöntemler”, Nobel Kitabevi, Adana, s.12,14,104, 116, 2008.
- [2] K. Erarslan, “Computer aided ore body modelling and mine valuation”, Earth Sciences, 16, pp. 345-372, 2012, doi: 10.5772/26020.
- [3] İ. Mollanustafaoğlu, “Rezervlerin Sınıflandırılması ve Kesit Metodu ile Rezerv Hesapları Üzerine Not”, Madencilik Dergisi, , Cilt:12, Sayı:1, s.40, 1973.
- [4] M. Tokay, E. Yıldırım, Maden Yatakları Rezervlerinin Sınıflandırılması Hakkında, MTA Enstitüsü Dergisi, No:69, s.99, 1962.
- [5] B. Z. Sattikhodjaevich, “The Role of Geological Map for the Study of Mineral Reserves”, European Journal of Contemporary Business Law & Technology: Cyber Law, Blockchain, and Legal Innovations, 1(2), pp. 43-47,2023.
- [6] K. Fatima, M. U. Khan Khattak, A. B. Kausar, M. Toqeer, N. Haider & A. U. Rehman, “Minerals identification and mapping using ASTER satellite image”, Journal of Applied Remote Sensing, 11(4), 046006-046006, 2017, DOI: 10.1117/1.JRS.11.046006.
- [7] C. Furkan, A. B. Polat & Ö. Akçay, “Açık Maden Ocağının Fotogrametrik Yöntem ile Geometrik ve Spektral Analizi: Bigadiç Bor Maden İşletmesi Örneği”, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(1), s. 175-186, 2022, DOI: 10.35414/akufemubid.1029873.
- [8] D. Cao, B. Zhang, X. Zhang, L. Yin & X. Man, “Optimization methods on dynamic monitoring of mineral reserves for open pit mine based on UAV oblique photogrammetry”, Measurement, 207, 112364, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.112364>.
- [9] G. U. Sikakwe, “Mineral exploration employing drones, contemporary geological satellite remote sensing and geographical information system (GIS) procedures: A review”, Remote Sensing Applications: Society and Environment, 100988, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.100988>.
- [10] E. Kaymakçı, İ. Onur, “Klasik ve İstatistiksel Rezerv Hesaplama Yöntemlerinin Hüsamlar Linyit Sahası için Karşılaştırılması”, Türkiye 7. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Mayıs 1990, Zonguldak, s. 308, 1990.
- [11] I. M. Glacken, D.V. Snowden and A.C. Edwards, “Mineral resource estimation, Mineral resource and ore reserve estimation-the Aus. Inst. Mining and Metallurgy guide to good practice”, pp. 189-198, 2001.

- [12] S. Pysmennyi, A. Peremetchyk, S. Chukharev, S. Fedorenko, D. Anastasov, & K. Tomiczek, “The mining and geometrical methodology for estimating of mineral deposits”, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1049, No. 1, p. 012029). IOP Publishing, 2022, doi:10.1088/1755-1315/1049/1/012029.
- [13] S. Yüksek, “Divriği Demir Yatağının Üç Boyutlu (3d) Jeolojik Blok Modelinin Çıkarılması ve Rezerv Hesaplamaları”, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, s.29, 1993.
- [14] A. E. Annels, “Mineral deposit evaluation: A practical approach”, Springer Science & Business Media, 2012.
- [15] W. S. Bargawa and N. A. Amri, “Mineral resources estimation based on block modeling”, In AIP Conference Proceedings (Vol. 1705, No. 1), AIP Publishing, 2016.
- [16] M. A. Green, “Estimates of Te and In prices from direct mining of known ores”, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 17(5), pp. 347-359, 2009, doi: 10.1002/pip.899.
- [17] Q. Wang, J. Deng, J. Zhao, H. Liu, L. Wan, & L. Yang, “Tonnage-cutoff model and average grade-cutoff model for a single ore deposit”, Ore Geology Reviews, 38(1-2), pp. 113-120, 2010, <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2010.07.003>.
- [18] G. Matheron, “Random structures and mathematical geology”, Revue De L Institut International De Statistique-Review of The International Statistical Institute, 38 (1), 1, 1970.
- [19] A. G. Journel, “Geostatistics – Models and Tools For The Earth – Sciences”, Mathematical Geology, 18, pp.119-140, 1986.
- [20] H. Uyar, “Jeoistatistiksel Variogram Analizleri ve Kriging Teknikleri Bilgisayar Yazılımı”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, s.1-2, 5-8, 2005.
- [21] A. E. Tercan, C. Saraç, “Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler”, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, s. 37-38, 1998.
- [22] T. B. Afeni, V. O. Akeju & A. E. Aladejare, “A comparative study of geometric and geostatistical methods for qualitative reserve estimation of limestone deposit”, Geoscience Frontiers, 12(1), pp. 243-253, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.02.019>.
- [23] Micromine, Implicit Model, 2022. [Online]. Available: http://www.orefind.com/images/blog-figures/micromine_first_fig1.jpg?sfvrsn=0.
- [24] M. Özdemir, “Bir Kömür Sahasının Bilgisayar Destekli Tasarım Programları ile Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, s.33, 2015.
- [25] Micromine, Example Projects, 2023. [Online]. Available: <https://extras.micromine.com.au/ProductMicromineService/DownloadProjects.asp>.
- [26] Á. Török, G. Bögyöly, Á. Somogyi & T. Lovas, “Application of UAV in Topographic Modelling and Structural Geological Mapping of Quarries and Their Surroundings—Delineation of Fault-Bordered Raw Material Reserves”. Sensors, 20(2), 489, 2020, <http://dx.doi.org/10.3390/s20020489>.
- [27] Y. N. Ivanova, K. S. Ivanov, M. K. Bondareva, I. G. Ivanov & A. O. Zhukov, “Using Unmanned Aerial Vehicles for Search and Prediction of Ore Mineralization”, Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 57(9), pp. 1231-1238, 2021, <https://doi.org/10.1134/S0001433821090498>.
- [28] A. Uniyal vd., “UAV/Drone-Based Identification of Geomorphic and Structural Anomalies as Probable Indicators of Economic Mineral Deposits in Girar Area of Lalitpur District, UP,(India)”. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 50(5), pp. 937-947, 2022, <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01457-9>.
- [29] C. Kırmanla, E. Nasuf, “Denizli-Tavas-Ulukent manganez açık işletmesinin jeostatistik yöntemle rezerv-tenör ilişkisinin belirlenmesi”, Madencilik Dergisi, Cilt 37 Sayı 3, s.20, 1998.
- [30] A. C. Noble, “SME mining engineering handbook, Mineral resource estimation”, Chapter 4.5, p. 207, 2011.
- [31] H. Uyguçgil, “Çok Değişkenli Maden Yataklarında Rezerv Tenör Tahmininde Jeostatistik ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinin Kullanımı”, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, s. 81, 2007.