

DİVRİĞİ DEMİR YATAĞININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ MODELLENMESİ VE KLASİK MODELLE KIYASLANMASI

BLOCK MODELING OF DİVRİĞİ ORE BODY AND ITS COMPARISON WITH CLASSICAL MODEL

S. YÜKSEK

Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, SİVAS

B. ELEVİLİ

Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, SİVAS

A. DEMİRCİ

Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, SİVAS

ÖZET: Bu araştırmada, Divriği demir yatağının, cevher rezervini ve boyutlarını belirlemek amacıyla bilgisayar destekli blok modeli çıkarılmış ve sonuçları klasik yöntemle elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, bölgede 1990 yılına kadar yapılmış olan arama ve geliştirme sondajlarından 97 tanesinin verileri bilgisayara aktarılmış, bu veriler kullanılarak mesafenin tersi(ID) ve geometrik yöntemlerden biri olan poligon yöntemiyle yatağın üç boyutlu jeolojik blok modeli çıkartılmıştır. Blok modelini oluşturan blokların boyutları, yatayda 25x25m. ve düşeyde 12m. olarak seçilmiş olup, toplam $56 \times 24 \times 35 = 47040$ adet blok değerlendirmeye alınmıştır. Blok modelin K-G, D-B ve plan kesitleri ile rezerv sonuçlarını veren özel bir bilgisayar programı geliştirilerek, sonuçların görsel olarak da değerlendirilmesi yapılmıştır.

ABSTRACT: In this study, the block model of Divriği ore body is generated by using computer in order to calculate ore reserve and to define ore boundaries. The results were compared with those determined by hand. For this purpose, 97 of exploration and development drilling, completed by 1990, were used to generate geological block model by applying polygon and inverse distance interpolation methods. The size of blocks are 25 by 25m in horizontal level and 12m in depth. The block model consist of 47040 blocks, 56 in the east direction, 24 in the north direction and 35 levels. A graphics program is written in C to evaluate cross-sections and plan views of resulting block model.

1. GİRİŞ

Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler sonucu jeolojik cevher kütlelerinin sayısal olarak temsil edilmesi fikri doğmuştur. Bu fikrin rasyonel ifade edilmiş biçimi blok modelidir. Bir cevher kütlelerinin blok modeli cevher kütlelerinin soyut küçük bloklara bölünmesiyle elde edilir. Herhangi bir blok modelde tek bir blok, üçlü indeks

sistemi (i, j, k) ile tanımlanabilir(Elevli, 1992). Bu tanımlama genel olarak 3D şeklinde ifade edilir. Üç boyutlu blok modelde her bir bloğa jeolojik karakteristikler, metalurjik özellikler ve jeomekanik parametreler atanır. Böyle bir blok modele jeolojik blok model denir. Jeolojik blok modeli geometrik, mesafenin tersi veya jeostatistik gibi yöntemlerden birinin mevcut sondaj verilerinin

interpolasyonu ile elde edilir. Jeolojik blok modeldeki blokların ekonomik değerlerinin hesaplanması sonucunda ekonomik blok model çıkartılır. Ekonomik blok model bilgisayar destekli üretim planlamasında kullanılır. Ekonomik blok modeli için her bir bloğun ekonomik değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir(Elevli, 1992).

$$a_0 = r - m_c - p_c$$

a_0 - cevher içeren bir bloğun hesaplanmış değeri.

r - bloğun ilk satılabilir ürün bazındaki satış hasılatı.

m_c - bloğun kazı ve nakliye maliyeti.

p_c - bloğun ilk satılabilir ürüne yönelik proses maliyeti.

Burada verilen a_0 , r , m_c , ve p_c büyüklükleri hem statik hemde dinamik bazda algılanmalıdır. Yukarıdaki ilişki ilk aşamada statik bir ifade tarzıdır. Buradaki hesaplama sonucu, eğer cevher içeren blok pozitif bir değere sahipse, blok mümkün bir cevher bloğu veya "Pozitif blok" olarak sınıflandırılabilir. Eğer satış hasılatı proses maliyetinden küçük ise blok "artık blok" olarak tanımlanır.

Sözkonusu cevher yatağı yukarıdaki yaklaşım kapsamında ayrı bir çalışma konusu olup bilahare araştırma kapsamına alınacaktır.

Divriği demir yatağının 3D blok modelinin çıkarılmasında bilgisayar yardımıyla poligon ve mesafenin tersi metodları uygulanmıştır. Bu uygulamada, farklı sondaj etki mesafeleri kullanılmıştır. Daha sonra yatağın rezervi bahis, konusu yöntemlerle çıkarılmış blok modelinden hesaplanarak, sonuçlar klasik yöntemin sonuçları ile mukayese edilmiştir.

2-DİVRİĞİ DEMİR YATAĞININ JEOLJİK ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM YÖNTEMİ

A ve B kafa diye adlandırılan, Türkiye'nin bilinen en büyük demir yataklarından olan Divriği demir yatağı Sivas iline bağlı Divriği ilçesi sınırları içerisinde ve ilçe merkezine 15 km. uzaklıkta bulunan Sivri Tepe (Rakım: 1650m)'nin güneyinde yer almaktadır.

Cevher kütlesi, serpantin, kireçtaşı ve siyenit üçlü dokanağında yerleşmiş (Şekil 1.), üst kotlarda kafa şeklinde, aşağı kotlara doğru inildikçe incelişen genişleyen mercekli yapı arz etmektedir.



Şekil 1. Divriği Demir Yatağının Jeolojik Haritası(Koşal C. 'den alınmıştır)

Cevher yatağı D-B doğrultusunda uzanmakta olup, 1500m. uzunluğunda ve 400m. genişliğindedir. Yatak 40-45° eğimle güneye dalmaktadır. Cevher kütlesi içine kireçtaşı ve serpantin karışmış olup breşleşme yaygındır. Genellikle manyetit (Fe3O4) şeklinde olan cevherleşme doğruya doğru gittikçe martitleşmektedir. Cevher örneklerinden hazırlanan parlak kesitlerde martitleşmiş manyetit, pirit, kalkopirit ve kalkosin gibi mineraller gözlenmiştir (Tutkun Z., 1988).

Cevherleşme, kontak metasomatik-pnömatolitik ve pnömatolitik-hidrotermal özellikte olup, Eosen devri sonlarına doğru

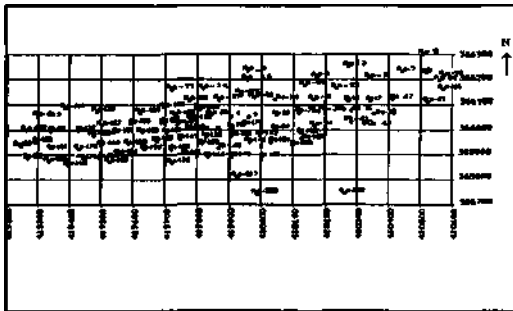
gelişen siyenitik-monzonitik bir intrüzyonun ürünüdür. Cevher, bu intrüzif ile mesozoik kireçtaşları ve serpantinler arasındaki kontakta skarn mineralleri ile birlikte oluşmuştur(Koşal, 1973).

Araştırmalar sonucunda A-kafa denilen yataktaki cevher minerali manyetit, B-kafa denilen yataktaki cevher minerali ise hematit olarak tesbit edilmiştir. Bu makalede yapılan çalışma kapsamına A-kafa demir yatağı alınmıştır.

Açık işletme yöntemi ile kazanılan cevher, kuyu-galeri nakliye sistemi ile 1100 kotunda bulunan cevher hazırlama tesisine gönderilmektedir.

3-SONDAJ VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Divriği demir yatağı ve civarında 1937 yılından başlayan sondajlı arama çalışmaları MTA tarafından yapılmıştır. Bu kapsamda günümüze kadar yaklaşık 30000m.'ye varan 100'den fazla sondaj yapılmıştır. Bu sondajlardan 97 adetinin verisi cevher yatağının modellemesi için kullanılmıştır. Bu amaç için söz konusu sondajlara ait lokasyon, jeolojik ve kimyasal analiz gibi bilgiler bilgisayara aktarılarak veri tabanı oluşturulmuştur. Ayrıca sondaj lokasyonlarını göstermek üzere bir program yazılmıştır. Şekil 2'de sondaj lokasyon haritasında görüleceği üzere sondajlar doğu-batı doğrultusunda oldukça düzensiz bir şekilde yer almaktadır.



Şekil 2. Divriği Sondaj Lokasyon Haritası

4-KLASİK METODLA CEVHER YATAĞI REZERVİNİN HESAPLANMASI

MTA çalışma grubu, Haziran 1989 'da 92 adet sondaj verisini kullanarak poligon yöntemiyle yatağın rezervini hesaplamıştır. Bunun için öncelikle 42 adet düşey kesit, 37 adet yatay kesit yardımı ile cevherleşmenin geometrisi ortaya konulmuştur. Bu cevherleşme 1104m kotu üzerinde 12 m'lik basamaklara bölünüp her basamağın sondaj yerlerini de belirten plan haritaları çizilmiş ve bu plan haritaları üzerinde cevherleşmenin olduğu sondajlar etrafında poligonlar oluşturulmuştur. Her poligona kapsadığı sondajın tenor değeri atanmıştır. Cevher olarak tanımlanan poligonların alanı planimetre ile ölçülmüş ve bu poligonların yükseklikleri bir alt kottaki cevherleşmeye bağlı olarak tesbit edilmiştir. Eğer bir alt kotta cevherleşme var ise belirlenen poligona ait hacim, yüksekliği 12m olan tavanı üstteki poligonun alanı, tabanı alt kottaki poligonun alanı olan bir kesik koni formülü ile hesaplanmıştır. Eğer bir alt kotta cevherleşme yok ise belirlenen poligona ait hacim, yüksekliği 12m olan ve tavanı üstteki poligonun alanı olan bir koni formülü ile hesaplanmıştır.

Her basamağa ait toplam rezerv, basamaktaki poligonların hacimlerinin tenöre bağlı yoğunluklar ile çarpımlarının toplanmasıyla elde edilmiştir. Cevher yatağına ait toplam rezerv ise basamaklardaki rezervlerin toplamıdır.

Bu hesaplamalar sonucunda Divriği demir yatağının rezervi yüksek tenörlü ve düşük tenörlü olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Bu sınıflamaya göre rezervler aşağıdaki gibidir.

Yüksek tenörlü(Fe>%45)	49850570 ton
Düşük tenörlü(Fe<%45)	6375447 ton
Toplam	56236017 ton

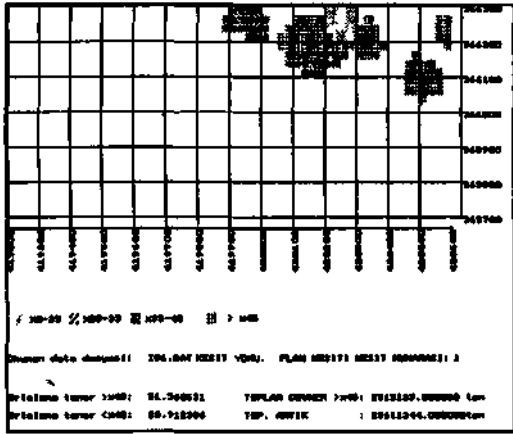
Yukarıda belirtilen sınıflamada düşük

modellerin, poligon metotta olduğu gibi geliştirilen grafik program yardımıyla her katm rezervleri farklı tenor aralıkları için hesaplanmış ve toplam rezerv tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Mesafenin Tersisi metoduyla hesaplanan rezerv.

Etki mesafesi (m)	Rezerv (x1000) ton	
	< %45 Fe	>%45 Fe
50	52860	40822
75	51794	48343
100	50608	52519

Şekil.4'te mesafenin tersi metoduyla oluşturulan blok modelinin 1524 basamağına ait planı görülmektedir.



Şekil 4. 1524 Basamağının Mesafenin Tersisi Metoduyla Plan kesiti

6-REZERV HESAPLAMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Farklı sondaj etki mesafeleri için poligon ve mesafenin tersi metodları uygulanarak blok modelleri çıkarılmış ve her basamağın ayrı ayrı rezervi ve toplam rezerv hesaplanmış, plan kesitleri çizdirilmiştir.

Poligon metotta sondaj etki mesafesi 50m, 75m ve 100m. alınarak oluşturulan

jeolojik blok modelden hesaplanan rezerv ile TDCİ Divriği Plan ve Etüd Dairesi tarafından(Kormalı, 1989) elle hesaplanan rezerv ve ayrıca üretilmiş basamakların (1524, 1512 ve 1500) fiili rezervi grafiksel olarak şekil 5 'te karşılaştırılmıştır.

Şekil 5'de sondaj etki mesafeleri 50m, 75m ve 100m. için TP50, TP75 ve TP100, klasik hesaplama sonucu DIVM ve ilk üç basamağın fiili rezervi sonuçları DIVG olarak gösterilmiştir. Bu karşılaştırmalar 1524 kotu ile 1116 kotu arasında yer alan 35 adet basamağı kapsamaktadır. Şekil-5 'de görüleceği gibi bilgisayar poligon ve elle poligon metoduyla hesaplanan rezervler, 1524 basamağından 1116 basamağına doğru inildikçe azalmaktadır. Bu haliyle maksimum rezerv 1452 basamağında, minimum rezerv 1284 basamağında elde edilmiştir.

Bilgisayarda mesafenin tersi metoduyla sondaj etki mesafeleri 50m, 75m ve 100m. alınarak oluşturulan blok modelden hesaplanan rezerv, klasik metotta hesaplanan rezerv ve ayrıca üretim yapılmış basamakların(1524, 1512 ve 1500) fiili rezervi şekil 6'da grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Şekil 6'da sondaj etki mesafeleri 50m, 75m ve 100m. için ID50, ID75 ve ID100 olarak gösterilmiştir. Mesafenin tersi metoduyla hesaplamalarda maksimum rezerv 1452 basamağında, minimum rezerv 1284 basamağında bulunmuştur. Bu sonuçlar, poligon metod sonuçlarıyla uyum içerisindedir.

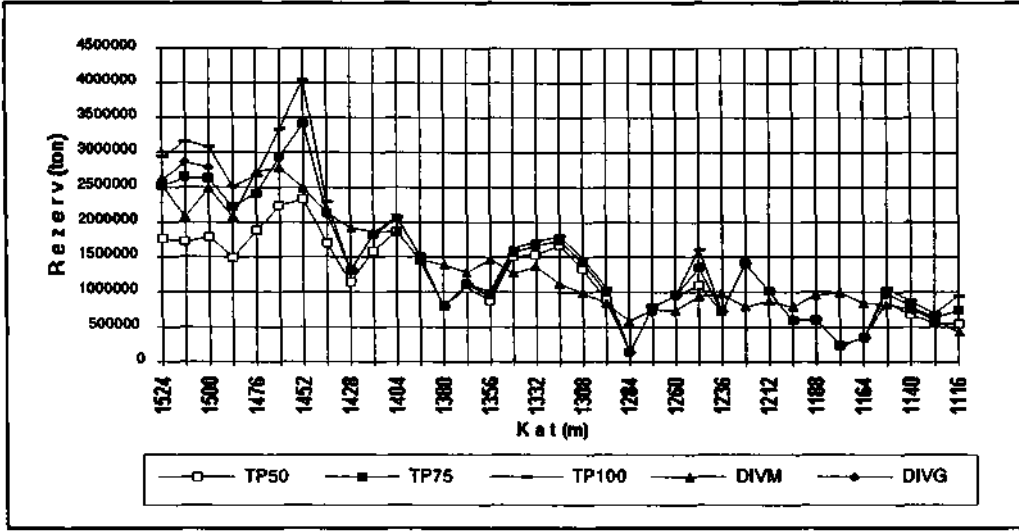
Klasik yöntem, poligon yöntemi ve mesafenin tersi yöntemi ile hesaplanan rezervler tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Farklı sondaj etki mesafeleri için rezerv sonuçları(x1000 ton).

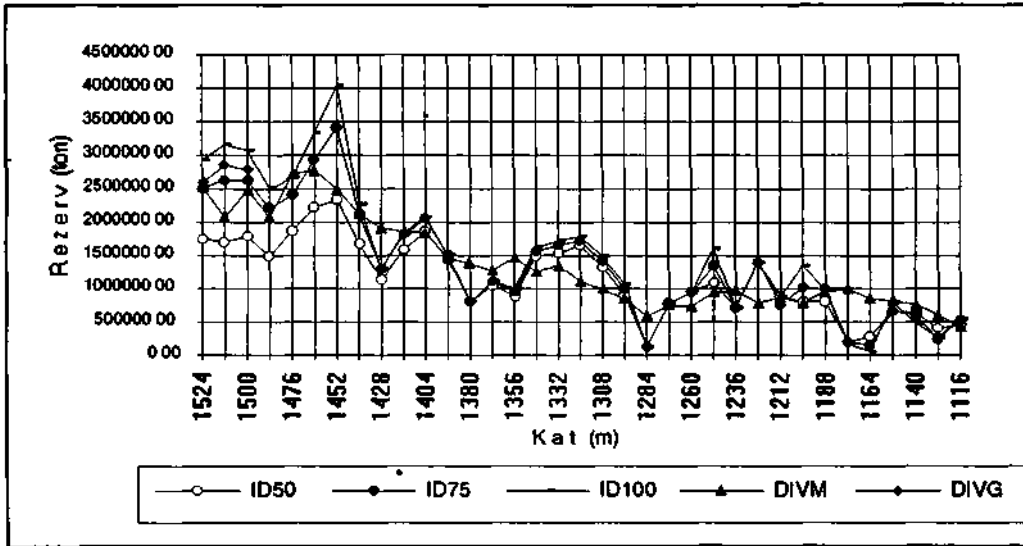
Etki Mesafesi(m)	Yöntem		
	Poligon	M.Tersi	Klasik
50	41136	40822	47952
75	49128	48343	
100	53359	52519	

Tablo 4'den görüldüğü gibi, mesafenin tersi en az rezervi vermiştir. İlk üç basamağın fiili rezerv sonuçları ile diğer iki metodun sonuçlarının karşılaştırılmasında, bilgisayarda hesapla-

nan rezerv sonuçlarının fiili sonuçlara en yakın değerler olduğu tespit edilmiştir. Bu tesbit 75m 'lik etki mesafesinde görülmüştür.

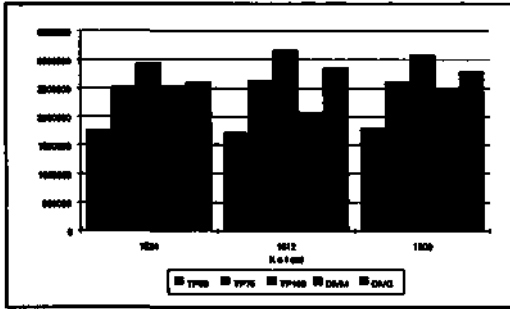


Şekil 5. Bilgisayar Poligon Yöntemi İle Elle Rezerv ve Gerçek Rezerv Sonuçlarının Karşılaştırılması



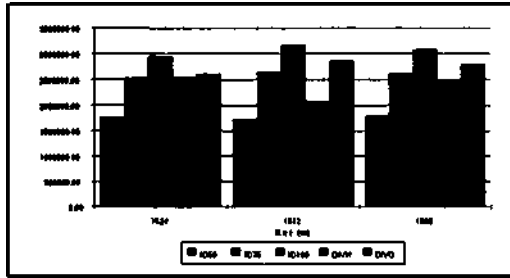
Şekil 6. Bilgisayar Mesafenin Tersi Yöntemi İle Elle Rezerv ve Gerçek Rezerv Sonuçlarının Karşılaştırılması

Fiili rezerv ile poligon ve elle poligon rezerv hesaplama sonuçları şekil 7'de gösterilmiştir. Bu şekilde 1524, 1512 ve 1500 basamaklarını esas alarak hazırlanmıştır.



Şekil 7. Fiili Rezerv ile Poligon ve Elle Poligon Rezerv Hesaplama Sonuçları.

Şekil 8. 'de ise mesafenin tersi, elle hesaplanan ve fiili üretim miktarları sözkonusu basamaklar için gösterilmiştir. Her üç basamak içinde 75m etki alanlı mesafenin tersi metodu, fiili üretime en yakın değerleri verdiği gözlenmiştir.

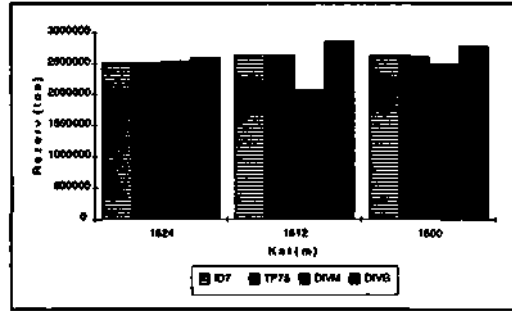


Şekil 8. Fiili Rezerv ile Mesafenin Tersisi ve Elle hesaplanan Rezerv Sonuçları.

Şekil 7 ve şekil 8'de görüldüğü üzere, fiili üretim miktarlarına en yakın değerler, etki mesafesi olarak 75m alındığında elde edilmiştir. Hesaplanan rezerv miktarları ile fiili üretim miktarları, yukarıda adı geçen basamaklar için, tablo 5'te verilmiş ve şekil 9'da ise grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 5. Fiili rezerv sonuçları ile diğer metodların rezerv tahmin sonuçları.

KAT NO	ID75	TP75	DIRM	DIVG
1524	2515125	2515125	2537329	2598000
1512	2635875	2635875	2074694	2855700
1500	2620875	2620875	2493992	2784683
Toplam				
Rezerv(ton)	7771875	7771875	7106015	8238383



Şekil 9. Bilgisayar Rezerv Sonuçları ile Klasik ve Fiili Rezerv sonuçları

8.SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında Divriği demir yatağı için farklı sondaj etki mesafesi kullanarak, poligon ve mesafenin tersi interpolasyon metodlarıyla jeolojik blok modeli çıkartılmıştır. Daha sonra blok modellerde, farklı limit tenörleri bazında her basamağın rezervi ve toplam rezerv, ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Bilgisayarda poligon ve mesafenin tersi metodları uygulanarak yapılan rezerv hesaplamalarında; sondaj etki mesafesi arttıkça, toplam rezerv miktarının da artış gösterdiği görülmüştür.

Klasik yöntem ve bilgisayar destekli modellemelerle elde edilen sonuçlara göre, cevherleşmenin ve rezerv sürekliliğinin üst kotlardan aşağı kotlara inildikçe azaldığı ve yatağın doğrultusunun üst kotlarda kuzey-doğu'ya, aşağı kotlarda güney-batı'ya doğru olduğu saptanmıştır.

1524, 1512 ve 1500 kotlu

basamaklardan elde edilen fiili üretim miktarı, blok model ve klasik yöntemle yapılan rezerv hesaplamalarıyla sözkonusu basamaklar için elde edilen miktarlar ile mukayese edilmiştir. Bu mukayese sonucu, «blok modeli ile elde edilen sonuçların fiili üretim miktarına daha yakın değerler verdiği gözlenmiştir.

Ayrıca, ortaya konan blok modeli, işletme sahası için yapılacak nihai sınır analizlerinde bir veri tabanı oluşturacak şekildedir. Bu analizler, müteakip araştırmalarda daha önce belirtilen ekonomik yaklaşımında nazarı dikkate alınmasıyla tamamlanacaktır.

8.KAYNAKLAR

Crawford III, J.T., Hustrulid, W.A., 1989. *Open Pit Mine Planning and Desing*. AIME : 45-60.

Elevli, B., 1992. *Open Pit Mine Production Scheduling Using Operations Research and Artificial Intelligence*. PhD Thesis:

Kormali, M.R. Erkan, R.S., Âkça, S., Âkın, H.Z. 1989. *Divriği Madenleri A-B Kafa Yatakları Rezerv Değerlendirme Raporu*.

Koşal, C, 1973. *Divriği A-B-C Demir Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumu Üzerinde Çalışmalar*. MTA Dergisi 81: 1-20

Tutkun, Z., özçelik, O., Tunç, M., 1988. *Divriği, Yakuplu, iliç, Hamo(Sivas) Yöresinin Jeolojisi, Tektonik Özellikleri ve Yeraltı Zenginlikleri*. Tübitak, Tbag 673: 90-94.