

**Makale
(Article)**

Açık Maden İşletmeciliği Uygulamalarında Elipsoidal Yükseklik Farklarından Ortometrik Yükseklik Belirleme Üzerine Deneysel Araştırma

Hakan AKÇIN*, Alihsan ŞEKERTEKİN*

*Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Geomatik Müh. Böl., 67100 Zonguldak/TÜRKİYE
hakanakcin@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada; açık maden işletmelerinde Maden Kanunu ve Uygulama Yönetmeliği (MKUY) kapsamında ve işletmenin avan proje uygulamalarında gereksinim duyulan ortometrik yükseklik verilerinin, GNSS ölçmeleri ile elipsoidal yükseklik farklarından pratik olarak elde edilmesine ilişkin olarak teorik ve deneysel bir araştırma gerçekleştirilmiştir. 150m'ye kadar kısa aralıklarda GNSS ölçülerinden elde edilen elipsoidal yükseklik farklarının, ortometrik yükseklik farklarına eşdeğer alınabileceği ve bu durumun maden sahalarında pratiklik kazandıracığı iki farklı deneysel çalışma ile gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Açık Maden İşletmeleri, Elipsoidal Yükseklik Farkı, GNSS Ölçmeleri

Experimental Research on Determining Orthometric Height from Ellipsoidal Height Differences on Open Pit Mining Applications

Abstract

In this study, a theoretical and experimental research related to orthometric height data, which are required on the applications of preliminary projects on the basis of physical development planning law and obtained from GNSS measurements (ellipsoidal height differences) practically, has been carried out. GNSS measurements and geometric leveling have been conducted on the study area. It was revealed that height differences obtained from GNSS measurements at intervals of 150 m could be admitted equal to orthometric height differences. Moreover, it has been presented that this situation enables someone to gain hands-on experience on mining sites by two different experimental studies.

Keywords: Open Pit Mine, Ellipsoidal Height Different, GNSS Measurements

1. GİRİŞ

Yeryüzünün tanınması ve dinamiklerinin belirlenmesi açısından oldukça önemli bir yere sahip olan yükseklik kavramı birçok uygulamada karşımıza çıkmakta ve hangi uygulamada hangi yükseklik sisteminin kullanılması gerektiği yönünde literatürde farklı çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmanın amacı, açık maden işletmelerinde ve kısa mesafelerde GNSS ölçmeleri ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerin, ortometrik yükseklikler yerine kullanılabilirliği üzerine bir araştırma gerçekleştirmektir. Özellikle açık maden işletmelerinde, iş sahasındaki yoğunluk ve topoğrafyadaki keskin değişimler, bu işletmelerdeki ölçümleri zorlaştıran temel etkenlerdir. Bu alanlardaki zorlukları ortadan kaldıracak GNSS sisteminin bir takım

Bu makaleye atf yapmak için

Akçın H., Şekertekin A., " Açık Maden İşletmeciliği Uygulamalarında Elipsoidal Yükseklik Farklarından Ortometrik Yükseklik Belirleme Üzerine Deneysel Araştırma " Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014, 6(3) 22-31

How to cite this article

Akçın H., Şekertekin A., " Experimental Research on Determining Orthometric Height From Ellipsoidal Height Differences on Open Pit Mining Applications " Electronic Journal of Map Technologies,2014, 6(3) 22 -31

deneysel araştırmalar kullanılarak diğer ölçüm yöntemleri ile kıyaslanması ilerleyen bölümlerde sunulmuştur.

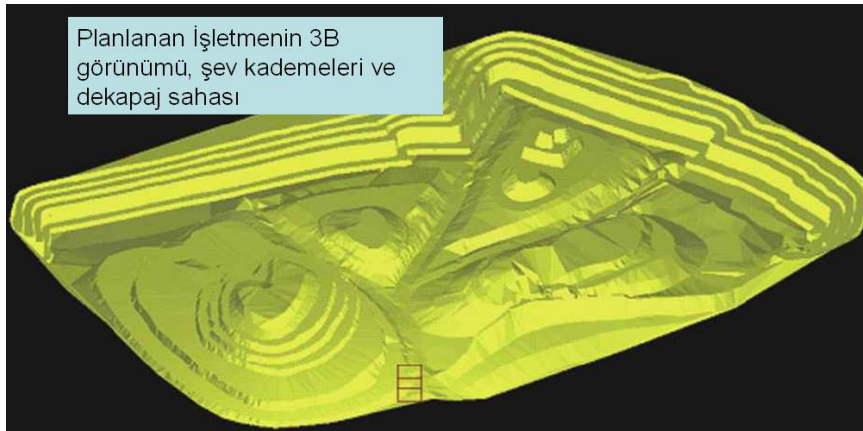
2. AÇIK MADEN İŞLETMELERİNDE UYGULAMALAR VE YÜKSEKLİK VERİSİ GEREKSİNİMİ

Bir açık maden işletmesi uygulamasını üç aşamada değerlendirmek olasıdır. Bunlar;

- Üretim öncesi uygulamalar ve üretim sahasının avan projesinin hazırlanması,
- Üretim sırasındaki örtü, kazı faaliyetlerine ilişkin projeye esas uygulamalar,
- Üretim sonrası arazinin yeniden düzenlenmesine ve doğaya kazandırılmasına ilişkin uygulamalar,

olarak ele alınmaktadır. Avan projeye ilişkin olarak büyük ölçekli topoğrafik haritalar ve arazi detay bütünleme çalışmalarından işletme sınırları içerisindeki örtü kazı sahasının belirlenmesi, örtü kazısına karşılık üretimi yapılacak rezervin yerinde miktarının muhtemel değerinin tespiti gereklidir [1]. Bununla beraber, bu kazı sırasında ve sonrasında sahanın alacağı şeklin de projelendirilmesi (şevlerin ve ocak yollarının geometrisinin oluşturulması), sahaya şeklini verecek şevlere (palyelere) ilişkin geoteknik analizler söz konusu olmaktadır (Şekil 1).

Projelendirme aşamasında, üretimle açığa çıkacak ve atık olarak adlandırılacak örtü kazı toprağının depolanacağı toprak harmanı yerlerinin ve kapasitelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için genellikle uygulamanın tümü harita üzerinden değil, depo yeri harita üzerinden tespit edildikten ve yerin yönetmeliklere göre uygunluğu onaylandıktan sonra, depolama alanın tabanına ilişkin detay yükseklik ölçüleri yerinde yapıldıktan ve arazi kesitleri (siyah kotlar) çıkartılarak, kesitler üzerinden maksimum depolama kotu, depolama yöntemi, yığın şev açısı parametrelerine göre stok miktarı hesaplanmaktadır.



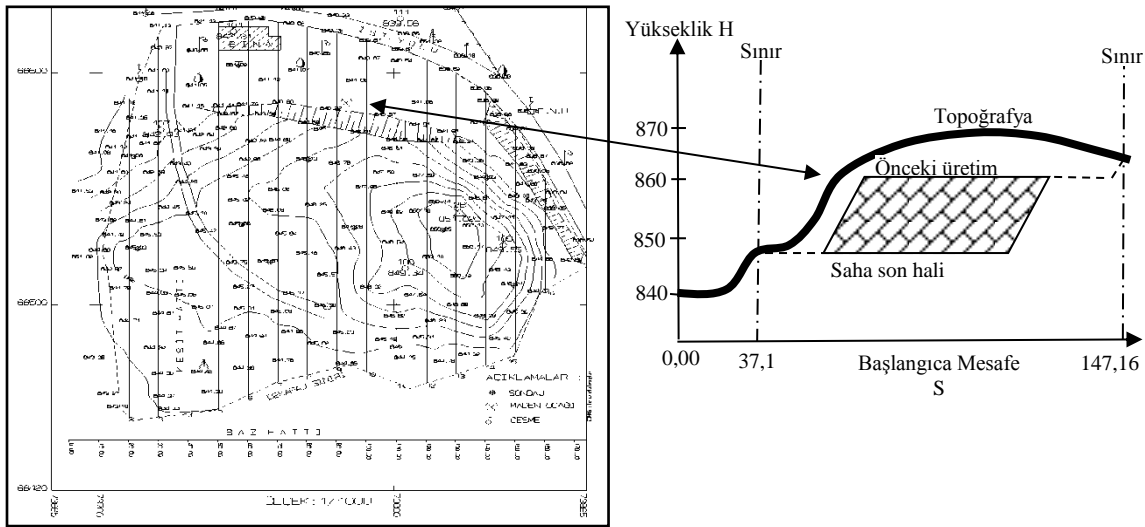
Şekil 1. Belirli bir kademede örtü kazı sahasının alacağı durum (avan proje ekinden)

Avan proje için ayrıca; gerek örtü kazı alanın gerekse de depolama alanına ilişkin yol güzergâhlarının geometrilerinin belirlenmesi ve projelendirilmesi yapılmaktadır. Üretim öncesine ilişkin diğer bir uygulama ise işletme ve işletme tesislerine ilişkin (örneğin cevher hazırlama tesisleri, makine parkı, patlayıcı madde depoları vb.); işletme sahası içindeki vaziyet planının çıkartılması, plankotelerinin oluşturulması, bu tesislerin altyapılarına ilişkin ve mülkiyet haklarının sağlanmasına yönelik projelendirmenin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Tüm bunlarla beraber, çalışma ofisleri, sosyal tesisler, işçi yemekhane ve yatakhaneleri gibi diğer tesisler için de vaziyet planları, altyapı projeleri hazırlanmalıdır. Bu durum Ülkemizde 6 Kasım 2010 Tarih ve 27751 sayılı Resmi Gazetede yürürlüğe giren MKUY 27. Maddesinde İşletme projesi eki olarak verilecek harita ve çizimler şu şekilde ifade edilmektedir;

- Ocak açılması planlanan alanın uygun ölçekli (1/10000, 1/5000, 1/1000 gibi) hâlihazır topoğrafik harita ve kesitleri,

- Uygun ölçekle çizilmiş ruhsat sınırı, talep edilen işletme izin sınırları ile sahada açılmış ocak, galeri, yarma, sondaj, kuyu gibi arama faaliyetlerinin yerini gösterir imalat haritası,
- Mevcut ve yapılması planlanan bina, tesis, kantar, silo, trafo, yol gibi yapıları gösteren vaziyet planı,
- İşletme esnasında ve/veya sonrası üretim faaliyetinin gerçekleştirildiği alanın çevre ile uyumlu hale getirileceğine ilişkin çevre ile uyum plan çizimi ve kesitleri,
- Gazlar ile göl, deniz ve kaynak sularına ait işletmeler için; çöktürme, buharlaştırma, ayırma, arıtma, üretim havuzları, bina gibi yer üstü veya var ise yeraltı tesislerini gösterir uygun ölçekli haritalar ile üretim termin planı verilir.

Açık maden işletmelerinde, işletme aşamasında Avan proje, aslına uygun olarak araziye uygulanır. Bunun için ocak yollarının aplikasyonu ve kontrol ölçmeleri, örtü kazı sahası şevlerinin aplikasyonu ve kontrol ölçmeleri, dekapaj baz hattından yararlanarak işletme sahasındaki kazı öncesi ve kazı sonrası değişimlerin belirlenmesi (Şekil 2), bant nakliyat sisteminin veya raylı sisteminin kurulması aplikasyonu, şev deformasyon ölçmeleri, kazılan, taşınan ve stoklanan rezervin ve örtü kazı malzemesinin ölçülmesi, büyük iş makinelerindeki (ekskavatör vb.) deformasyonların ölçülmesi, araç takip sistemi vb. uygulamalar gerçekleştirilir.

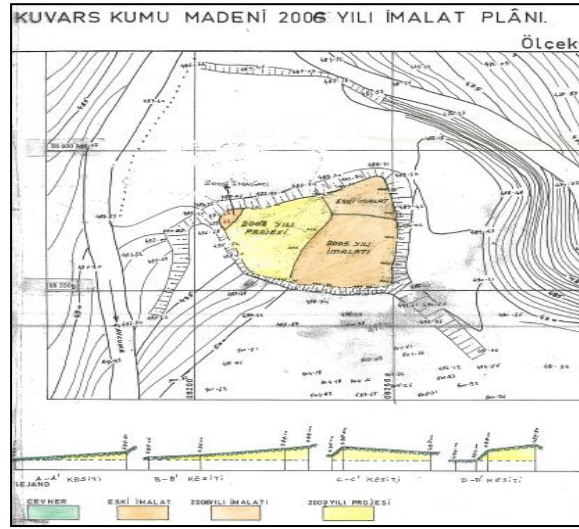


Şekil 2. Örtü kazı faaliyetlerinin baz hattından alınan kesitlere göre belirlenmesi

Ancak, üretim sırasındaki en önemli uygulama, üretim faaliyetlerinin yansıtıldığı maden imalat harita ve kesitleridir (Şekil 3). Bu bağlamda 6 Kasım 2010 tarihli Maden Kanunu Uygulama yönetmeliğinin harita ve çizimler başlıklı yedinci bölümünün 43, 44, 45 ve 46. maddelerinde bu durum detaylı olarak ele alınmıştır. 43. maddede; “Ruhsat sahibi, faaliyet alanını görecekte Genel Müdürlüğün yapacağı denetimlerde kullanılmak üzere 6 derecelik dilime esas en az iki adet beton sütun ya da benzeri röper noktası belirler. Bu noktaların kot ve koordinatları gerçek değerler kullanılarak harita tekniğine uygun hassaslıkta uygun bir ölçüm aleti ile belirlenerek arazide muhafaza edilir” denilmektedir. 44. maddenin (1). Fıkrasında “İmalat haritaları; yapılan çalışma alanına göre 1/500 veya uygun ölçekte yapılır. Yeraltı faaliyetleri ile ilgili olarak açılan kuyu, galeri, başyukarı, fere, ayak gibi çalışma alanları harita üzerinde ölçekli olarak uygun bir çizimle belirlenir. Faaliyetlerin yerüstü ve yeraltı olarak yapılması durumunda her iki faaliyet kot ve koordinat değerleri ile birbirine bağlanır” ibaresi yer alır.

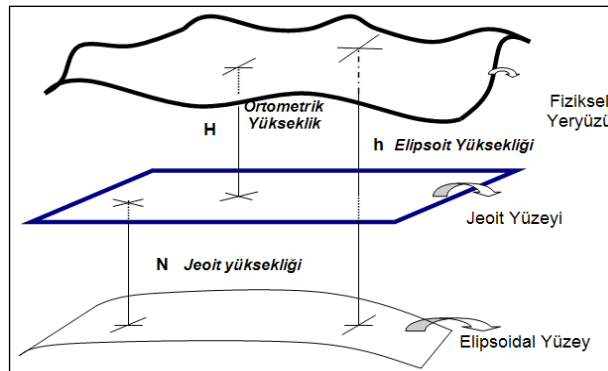
(2) fıkrasında “İmalat haritası; ölçümü yapan haritacı, üretim yapıldığı dönemde ruhsat sahası için atanmış olan teknik nezaretçi veya Genel Müdürlüğe verildiği tarih itibarıyla ruhsat sahası için atanmış durumda olan teknik nezaretçi ve ruhsat sahibince imzalanır. Ölçümün yapıldığı tarih üretim haritası üzerine veri olarak yazılır” denilmektedir. (3). Fıkrasında “Maden İşleri Genel Müdürlüğüne verilen imalat haritalarında; kesitlerin olmaması, şev altı ve şev üstü kotlarının bulunmaması, ruhsat ve işletme izin sınırlarının ve eski yıllara ait imalatın daha önce en az bir kez gösterilmemesi, haritada ruhsat

sahibi/vekili, haritacı ve teknik nezaretçinin imzalarının olmaması, ölçüm tarihinin eksik olması durumlarında kanunun 10. maddesine göre hata ve noksanlık kabul edilerek işlem tesis edilir” denilmektedir. Üretim beyan edilmesine karşın geçmiş yıllardaki imalat haritalarının aynısının verilmesi veya imalat haritası özelliği göstermeyen haritanın ya da başka sahalara ait imalat haritasının verilmesi durumlarında imalat haritası verilmemiş kabul edilir. Ancak, son durum imalat haritası olarak Maden İşleri Genel Müdürlüğüne verilen haritalarda maden mühendisi, haritacı ve ruhsat sahibi/vekili imzasının olması zorunludur. (4). Fıkrasında Genel Müdürlüğün belirlediği formata göre imalat haritalarının elektronik ortamda da verilmesi zorunludur. Aksi takdirde Kanunun 10 uncu maddesine göre hata ve noksanlık kabul edilerek işlem tesis edilir denilmektedir. 45. maddenin 1. fıkrası gereği “İmalat haritalarından, madenin üretim yerinden en az iki adet kesit alınır”. Yönetmeliğin 46. Maddesinde; “sertifika ile yapılan üretimler için işletme projesi vererek üretim yapan sertifika sahipleri, imalat haritası vermek zorundadır” denilmektedir.



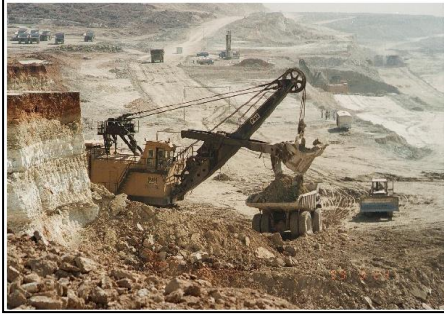
Şekil 3. Örnek bir açık işletme imalat haritası (planı)

Yukarıda belirtilen uygulamalara ilişkin olarak; maden sahasındaki bir noktanın projelendirilmesi veya projede belirtilen bir detay noktasının arazide belirlenebilmesi, o noktanın üç boyutlu koordinat sisteminde tanımlanmasıyla olanaklıdır. Bir noktanın yüksekliği denildiğinde referans olarak alınan jeoit yüzeyine göre çekül doğrultusu boyunca veya elipsoit normali boyunca elipsoit yüzeyine kadar olan düşey mesafe anlaşılmalıdır, bu iki düşey mesafe arasındaki yükseklik ise jeoit yüksekliğidir (Şekil 4).



Şekil 4. Bir noktaya ilişkin yükseklikler

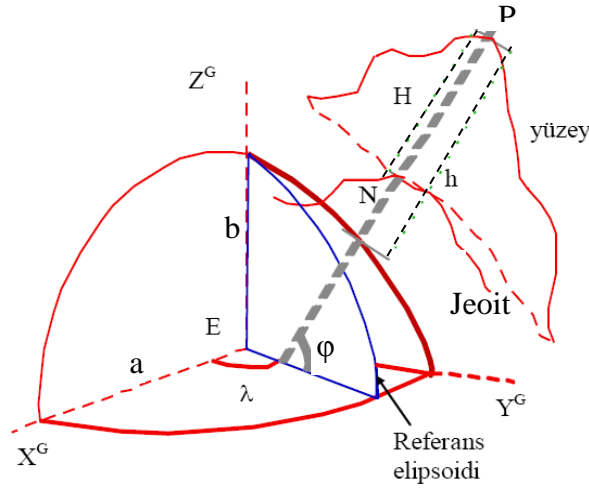
Ülke sınırlarımız içerisinde yürütülen açık maden işletmeciliği uygulamalarında; düşey mesafelerin belirlenmesinde, proje sahası içerisindeki yeryüzünün fiziksel özelliklerinden kaynaklanan ya da insan eliyle oluşturulmuş arazi yapısı, iş makineleri ve uygulamalardan kaynaklanan bazı zorluklar söz konusu olmaktadır. Özellikle fazla eğimli, iş makinelerinin yoğun çalıştığı, tozlu ve engebeli alanlarda geometrik nivelman inceliğinde uygulamaların yapılması oldukça zor hatta olanaksızdır (Şekil 5).



Şekil 5. Bolu Linyit sahasındaki kazı faaliyetleri

3. YÜKSEKLİK FARKLARI VE ÇEKÜL SAPMASI İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

Mühendislik uygulamalarında ele alınan üç boyutlu sistemde ortometrik yükseklikler (H), geometrik ve trigonometrik nivelman teknikleri ile çekül doğrultusu boyunca düşey mesafe farklarının ölçülmesi ile elde edilmektedir. Elipsoidal yükseklik (h) ise bir nokta ile bir referans elipsoidinin yüzeyi arasında salt geometrik olarak tanımlanmış en kısa uzaklıktır ve noktadan elipsoit yüzeyine inilen dik boyudur [2]. Elipsoidal yükseklik, büyüklüğü ve biçimi, ayrıca uzaydaki konumu ve yönü belirlenmiş olan tanımlı bir elipsoide göre belirlenir. Elipsoidal yükseklikler, bu parametrelere bağlıdır ve başka bir referans sistemine geçişte değişirler. Elipsoidal yükseklikler; GNSS ölçümleri ve uydu jeodezisi teknikleri ile elde edilen yer merkezli yer sabit Kartezyen dik koordinatları ve elipsoidin parametreleri kullanılarak eşitlik 1’den elde edilir (Şekil 6).

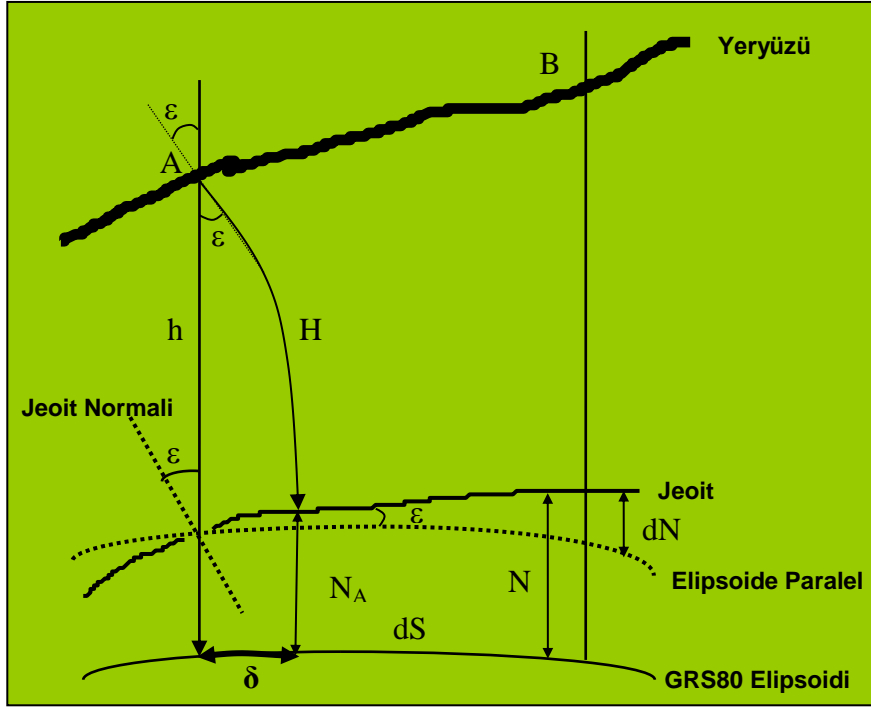


Şekil 6. Elipsoidal koordinatlar ve yükseklikler

$$h = ((X^2 + Y^2)^{1/2} / \cos\phi) - R_N \quad (1)$$

Burada R_N , meridyene dik doğrultudaki normal kesit eğrilik yarıçapı olup; a, b, c elipsoidin yarı eksen büyüklükleri ile birinci ve ikinci dış merkezlik değerleri kullanılarak hesaplanır. Esas olarak bir P yeryüzü noktasının Şekil 6’da gösterilen h elipsoit yüksekliği ile H ortometrik yüksekliği aynı doğrultu üzerinde değildir. H ortometrik yüksekliği, P’den geçen ve yerin merkezine giden gravite doğrultusunun yani çekül doğrultusunun, jeoide kadar olan kısmıdır. Elipsoit yüksekliği ise P noktasından elipsoit normali boyunca elipsoide kadar olan düşey mesafedir. Çekül sapması ϵ ise bir P noktasındaki jeodezik başucu doğrultusu ile yerel astronomik başucu doğrultusu arasındaki açı olarak tanımlanmaktadır [3]. Diğer bir ifade ile ϵ çekül sapması, P noktasından geçen yerin gerçek gravite doğrultusu ile elipsoit normali arasındaki açıdır.

Bu nedenle elipsoit yüksekliği ile ortometrik yüksekliği ifade eden düşey doğrultular arasında δ kadar fark vardır (Şekil 7).



Şekil 7. Elipsoit normaline göre gravite doğrusunun sapması

Çekül eğrisi ve elipsoit normalindeki farklılık çekül eğrisinin eğriliği yüzündendir [4]. Bu iki düşey doğrultu arasındaki δ farkı, aşağıda verilen eşitlik (2) çıkarımı ile hesaplanabilir.

$$\delta = h \cdot \sin \varepsilon \cdot \tan \varepsilon \quad (2)$$

δ farkı ; çekül sapması açısının küçük açı olması nedeniyle, yeryüzünün bütün topoğrafik yükseklikleri için ihmal edilebilir bir farktır. Örneğin $\varepsilon=1'$ ve $h=9000\text{m}$ için $\delta < 1\text{mm}$ olur ve gravite doğrultusu, Jeoid kadar elipsoit normaliyile çakışık olur. Şekil 7'den geliştirilen astro-jeodezik yaklaşımlara ilişkin Helmert formülü;

$$N_B - N_A = - \int_A^B \varepsilon \, dS \quad (3)$$

olarak bilinmektedir [5, 6, 7]. Ancak bölgesel uygulamalarda A ve B komşu iki nokta olarak ele alınır ve pratik bir kabul yapılarak (3) eşitliği için;

$$N_B - N_A = - \frac{\varepsilon_A - \varepsilon_B}{2} \Delta S \quad (4)$$

eşitliği yazılabilir ya da Şekil 7'den;

$$\tan \varepsilon = \varepsilon = - \left(\frac{N_B - N_A}{\Delta S} \right) \rho^{\circ} = - \left(\frac{\Delta h - \Delta H}{\Delta S} \right) \rho^{\circ} \quad (5)$$

elde edilebilir [2]. Şüphesiz bu yaklaşım küçük alanlar için örneğin $25 \times 25 \text{ km}^2$ alan için geçerlidir. Buradan aşağıda verilen eşitlik (6) elde edilir.

$$\Delta h = \Delta H - \left(\Delta S \left(\frac{\varepsilon}{\rho^{\circ}} \right) \right) \quad (6)$$

Son elde edilen eşitliğin sağ tarafındaki ikinci terim, elipsoidal yükseklik farklarının elde edilmesi için ortometrik yükseklik farklarına getirilen düzeltme terimini ifade etmektedir. Bu düzeltme terimi; 150m'lik kısa bir mesafede $\epsilon = 10''$ lik bir çekül sapması açısı için (25km'den küçük mesafelerde çekül sapması ortalama bu değerlerde elde edilmektedir) 7,3 mm değerindedir. Bununla birlikte; bir açık maden işletmesinde 150 m mesafede 10 m kot farkı için gerçekleştirilecek geometrik nivelman uygulamasının Büyük ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğine göre değerlendirilmesi durumunda, yardımcı nivelman geçkisi için aşağıda verilen (7) numaralı eşitliğe göre hata sınırı değeri 7,7 mm olduğu görülmektedir.

$$f_{H \text{ mak}}[mm] \leq 20\sqrt{S_{km}} + 0,0002|\Delta H| \quad (7)$$

Buna göre açık maden işletmelerinde yaklaşık 150 m civarındaki mesafelerde geometrik nivelmandan elde edilen yükseklik farklarının, GNSS ölçülerinden elde edilen elipsoidal yükseklik farklarına eşit alınabileceği ve (6) numaralı eşitliğin sağ tarafındaki ikinci terimin de ihmal edilebileceği söylenebilir. Bu konuda, Erenoğlu vd. (2012) tarafından yapılan uygulama, bu teoriyi doğrular niteliktedir [8].

4. DENEYSEL ARAŞTIRMA

Deneysel uygulama iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilki Zonguldak merkez alandaki bir baza ilişkin test ölçülerini, ikincisi ise Zonguldak, Çatalağzı bölgesindeki açık işletme madenindeki ölçmeleri kapsamaktadır.

4.1 Birinci Deneysel Uygulama

Zonguldak ili Bahçelievler Mahallesi içerisinde uzunluğu 50 m ve eğimi %29 olan bir merdiven üzerinde kısa mesafede geometrik nivelman ve aynı merdivenin iki uç noktası arasında 550 m nivelman yolu uzunluğu ve %2,9 eğimde uzun mesafede geometrik nivelman ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca merdivenin iki uç noktasında statik GNSS, Gerçek Zamanlı Kinematik GZK GNSS, CORS GNSS ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Test bazının konumu ve nivelman hatlarının eğim profilleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 8, Şekil 9).

Uygulamada, statik ve GZK GNSS ölçülerinde yatay konum doğruluğu 8 mm + 1 ppm, düşey konum doğruluğu 15 mm + 1 ppm olan Leica GS15, CORS GNSS için aynı doğruluğa sahip SATLAB SL500, geometrik nivelman için 2.5 mm/km hassasiyetli Leica JOGGER Dijital nivosu kullanılmıştır.

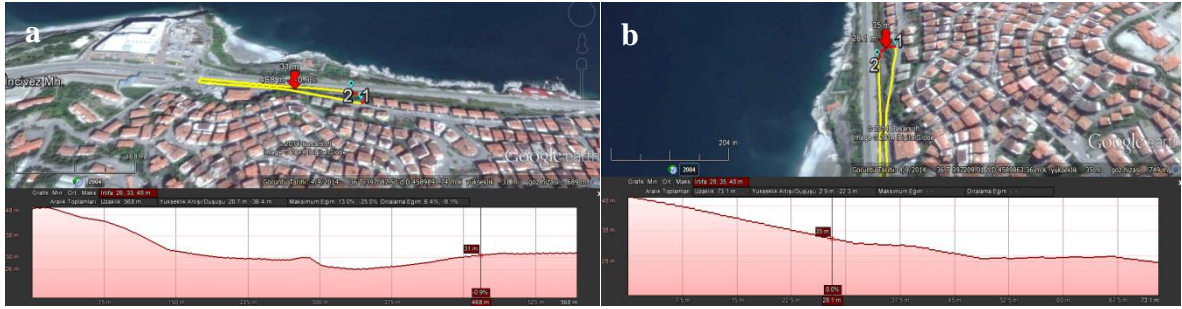
Statik GNSS ölçümünde 15 sn'lik epoklarla ve 10° lik uydu gözlem açısıyla 1 saat gözlem, GZK GNSS için yarım saat aralıklarla 20'şer okuma, CORS GNSS için de 20'şer okuma gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmadan elde edilen bulgular Çizelge 1'de, farkların eşitlik (8) ve (9)'a göre istatistiksel olarak eş değerlik t testi Çizelge 2'de verilmiştir. Uygulamada; eşitlik (8), ortalama varyansı, eşitlik (9) ise farklara ilişkin test değerini ifade etmektedir.

Çizelge 1. Birinci deneysel uygulamadan elde edilen sonuçlar

Uygulama No	Ölçüm Yöntemi	ΔH (m)	Δh (m)	Deneysel KOH ve Serbestlik Derecesi $s_{\Delta H}, f_{\Delta H}$	Deneysel KOH ve Serbestlik Derecesi $s_{\Delta h}, f_{\Delta h}$	Uyg.4'e göre Farklar	Uyg.5'e göre farklar
1	Statik GNSS		14,656		$\pm 10\text{mm}, 239$	1-4=10mm	1-5= 8mm
2	GZK GNSS		14,652		$\pm 20,1\text{mm}, 39$	2-4= 6mm	2-5= 4mm
3	CORS GNSS		14,654		$\pm 23,6\text{mm}, 19$	3-4= 8mm	3-5= 6mm
4	Kısa Niv. Yolu G.N.	14,646		$\pm 2,0\text{mm}, 4$			
5	Uzun Niv. Yolu G.N.	14,648		$\pm 6,1\text{mm}, 4$			



Şekil 8. Birinci deneysel uygulamada nivelman hatlarının konumu



Şekil 9. Birinci deneysel uygulamada a) uzun ve b) kısa nivelman yollarının eğim profilleri

$$s_0^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (8)$$

$$T = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{s_0^2}{n_1} + \frac{s_0^2}{n_2}}} \quad (9)$$

Çizelge 2. Farklara ilişkin eşdeğerlik testi

Farklar ($\overline{X}_1 - \overline{X}_2$)	S_0^2	Test Değeri T	Tablo Değeri $t_{f, \%95}$	Sonuç
1-4= 10mm	98,8	2,0	1,97	Eşdeğer
2-4= 6mm	375,2	0,6	2,02	Eşdeğer
3-4= 8mm	478,0	0,7	2,09	Eşdeğer
1-5 = 8mm	99,2	1,6	2,00	Eşdeğer
2-5 = 4mm	377,2	0,4	2,02	Eşdeğer
3-5 = 6mm	482,7	0,5	2,09	Eşdeğer
4-5 = 2mm	20,6	0,6	2,45	Eşdeğer

4.2 İkinci Deneysel Uygulama

Çalışmadaki ikinci deneysel uygulama Zonguldak Merkez Çatalağzı Beldesi'nde bulunan açık işletme sahası üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sahanın genel durumu ve ölçü hattı Şekil 10 ve 11'de verilmiştir. Bu sahada işletme Őevi üzerinde Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliğinin 44. maddesi 3. fıkrasında istenen Şev üstü ve Şev altı kotlarına ilişkin seçilen, aralarındaki mesafe 71 m olan iki nokta arasında ocak röper noktasına bağlanarak GNSS, trigonometrik ve geometrik nivelman ölçmeleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. İkinci uygulama bölgesi

Uygulamada 30 dakikalık hızlı statik, 40 okumalık GZK ve CORS GNSS ölçüleri yapılarak, karşılıklı trigonometrik ve gidiş-dönüş geometrik nivelman ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan ölçümler sonucu elde edilen değerler ve farklar Çizelge 3'de verilmiştir.



Şekil 11. İşletme Őevi üzerindeki nivelman yolu ve işletmeden görüntüler

Çizelge 3. İşletme Őevi üzerindeki yükseklik farkı ölçme sonuçları

Uygulama No	Ölçüm Yöntemi	ΔH (m)	Δh (m)	Uyg.5'e göre farklar
1	Statik GNSS	Uygulama Süresi açısından pratik değil! Verinin işlenmesi gereksinimi var!		
2	GZK GNSS		9,121	2-5= 6mm
3	CORS GNSS		9,085	3-5= 30mm
4	Trigonometrik Nivelman	9,124		4-5= 9mm
5	Geometrik Nivelman	9,115		

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Açık Maden İşletmelerinde, üretim öncesinde ve işletme aşamasında MKUY gereğince, avan projeye uygun üretim faaliyetlerinin sürdürülmesi ve takibi, işletme sahasındaki diğer faaliyetlere ilişkin ve aylık olarak maden imalat haritalarının hazırlanması aşamalarında yükseklik değerlerine gereksinim olduğu kaçınılmaz bir gerçektir. Ancak, bu çalışmaların işletme sahasının zor topoğrafik koşulları ve dinamiği dikkate alındığında uygulama açısından oldukça zordur. Bu nedenle gerek uygulama kolaylığı ve doğruluğu, gerekse de zamansal açıdan kazanımları dikkate alındığında GNSS ölçmelerinin maden haritacılığı açısından vazgeçilmez bir unsur olduğu aşikârdır. Gerçekleştirilen bu çalışma ile GNSS ölçülerinden elde edilen elipsoidal yükseklik farklarının kısa aralıklarda geometrik ve trigonometrik nivelman ölçmelerinden elde edilen ortometrik yükseklik farklarına eşdeğer alınabileceği teorik ve deneysel olarak gösterilmiştir. Bu bağlamda maden sahalarının dinamiği içerisinde kısa aralıklarda elipsoidal yükseklik farklarını ölçmek koşulu ile GNSS ölçüleri ve özellikle GZK GNSS ile ortometrik yükseklikler kolay bir şekilde elde edilebilecektir. Her iki deneysel sonuç göstermiştir ki, GZK GNSS yükseklik farkı, geometrik nivelman yükseklik farkına en yakın sonuçları vermiştir. Bununla birlikte, ölçüm süresi ve işletmenin çalışma koşulları dikkate alındığında GZK GNSS ile ölçüm hem çok daha pratik hem de diğer tüm yöntemlere göre çok daha kısa sürede sonuç vermiştir. Trigonometrik ve geometrik nivelman uygulaması oldukça zor gerçekleşmiş ve işletme çalışma koşullarından ve iş makinelerinden aşırı derecede etkilenmiştir. CORS uygulaması için özellikle ele alınan bu işletmede şebekenin çekmemesi ve fikslenme sorunu nedeni ile ölçümler zor yapılmış ve farkta 30 mm civarında oluşmuştur.

NOT

Bu çalışma, Hitit Üniversitesinde 15-17 Ekim 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilen 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumunda sunulan “Açık Maden İşletmeciliği Uygulamalarında Elipsoidal Yükseklik Farklarından Ortometrik Yükseklik Belirleme Üzerine Deneysel Araştırma” başlıklı çalışmanın revize edilmiş ve genişletilmiş halidir.

6. KAYNAKLAR

1. Kuşçu, Ş., 1997, “Madenlerde Ölçme ve Plan”, 263 sh, Filiz Kitapevi, İstanbul.
2. Demirel, H., Üstün, A., 2013, “Matematiksel Jeodezi“, <http://galileo.selcuk.edu.tr/~aydin/docs/jeodezi.pdf>.
3. Gürkan, O., 1979, “Çekül Sapması Kavramı ve Türleri”, Harita Dergisi, sayı 86, 2445, Ankara.
4. Ceylan, A., Akkul, M., 2009, “GPS ve Nivelman Ölçüleri İle Çekül Sapması Bileşenlerinin Hesaplanması Üzerine Bir Çalışma”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
5. Heiskanen, W., Moritz, H., 1984, “Fiziksel Jeodezi” (çeviri: O. Gürkan), 491sh, KTÜ yayımları, Trabzon.
6. King, R.W., Masters, E.G., Rizos, C., Stolz, A. and Collins, J., 1987, “Surveying With Global Positioning System–GPS”, 128sh Fred. Dümler Verlag, Bonn.
7. Cross, P.A., Hollwey J.R., Small L.G., 1989, “Geodetic Appreciation”, 179sh Polytechnic of East London.
8. Erenoğlu, R. C., Yücel, M. A., Pırtı, A., Şanlı, D. U., 2012, “On The Performance Of GNSS Levelling Over Steep Slopes”, Bol. Ciênc. Geod., sec. Comunicações/Trab. Técnicos, Curitiba, v. 18, no 4, p.645-660.