

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

HARİTA-TAPU-KADASTRO

**YERALTI ÖLÇMELERİ
581MSP100**

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. YERALTINDA UZUNLUK ÖLÇMELERİ	3
1.1. Genel Tanımlar	4
1.2. Yeraltında Nokta Tesisi	5
1.2.1. Nokta Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar	6
1.2.2. Taban ve Tavan Noktaları	8
1.3. Yeraltında Uzunlukların Ölçülmesi	10
UYGULAMA FAALİYETİ	14
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	16
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	17
2. YERALTINDA AÇI ÖLÇMELERİ	17
2.1. Açı Ölçme Aletleri	17
2.2. Açıların Ölçülmesi	20
UYGULAMA FAALİYETİ	23
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	25
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	26
3. YERALTINDA YÖNELME (ORYANTASYON)	26
3.1. Eğik Galeriler İle Yönelme	26
3.2. Kuyularla Yönelme	27
3.3. Kuyu Çekülleme Yöntemleri	27
3.3.1. Mekanik Yöntemlerle	27
3.3.2. Optik Yöntemlerle	33
UYGULAMA FAALİYETİ	34
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	36
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	37
4. YERALTINDA YÜKSEKLİK ÖLÇME (NİVELMAN)	37
4.1. Eğik Kuyularda Derinliklerin Ölçülmesi	37
4.1.1. Basamaklı Ölçme Yöntemi	37
4.1.2. Trigonometrik Yöntem	38
4.2. Düşey Kuyularda Derinliklerin Ölçülmesi	39
Düşey kuyularda derinliklerin ölçülmesini, derin olmayan ve derin kuyularda ölçme olmak üzere iki kısımda inceleyeceğiz	39
4.2.1. Derin Olmayan Kuyularda Ölçme	39
4.2.2. Derin Kuyularda Ölçme	39
4.3. Yeraltında Nivelman	41
4.3.1. Trigonometrik Nivelman	42
4.3.2. Geometrik Nivelman	44
UYGULAMA FAALİYETİ	46
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	48
MODÜL DEĞERLENDİRME	49
CEVAP ANAHTARLARI	52
KAYNAKÇA	54

AÇIKLAMALAR

KOD	581MSP100
ALAN	Harita-Tapu-Kadastro Alanı
DAL/MESLEK	Haritacılık
MODÜLÜN ADI	Yeraltı Ölçmeleri
MODÜLÜN TANIMI	Yeraltında uzunluk ölçme, yeraltında açı ölçme, yeraltında yönelme, yeraltında yükseklik ölçme uygulaması yapabilme, bilgi ve becerilerinin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Yeraltı ölçmeleri yapabilme
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç: Gerekli ortam sağlandığında yeraltı ölçmelerini kuralına uygun olarak yapabileceksiniz. Amaçlar: 1. Kuralına uygun olarak yeraltında uzunluk ölçebileceksiniz. 2. Kuralına uygun olarak yeraltında açı ölçebileceksiniz. 3. Kuralına uygun olarak yeraltında yönelme (uyum) yapabileceksiniz. 4. Kuralına uygun olarak yeraltında yükseklik ölçebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Sınıf, Arazi Donanım: Çivi, Takoz, Çengel, Çekül, Madenci şeridi, Kuyu şeridi (dipmetre), Elektronik Teodolit, Jeolog pusulası, Asma daire, Mira, Çelik şerit metre
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (uygulama, soru-cevap)uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Yeraltı ölçmeleri, büyük bölümünü ölçme bilgisi ve taşınmaz mal mevzuatı gibi (haritacılık ile ilgili) konuların oluşturduğu madencilik konuları ile de iç içe olan bir çalışmadır. Maden haritacılığı, ülkemizde, genel olarak maden topoğrafı olarak bilinen haritacılık ve madencilik uğraşdır. Genel olarak maden işletmelerinin ihtiyacı olan topoğrafik ölçme ve hesaplamaları yapan ve planlar hazırlayan, araziye uygulayan bir hizmet alanı olarak değerlendirilir. Son yıllarda elektronik ölçü aletlerinin, bilgisayar destekli hesap ve çizim sistemlerinin devreye girmesi grafik bilgilerden çok sayısal bilgilere ağırlık verilmesine neden olmuştur.

Maden haritacılığı, ülkemizde yeterince tanınmıyordu. Günümüzde artık yoğun ölçme haritalama hizmetlerine ihtiyaç gösteren açık kömür işletmelerinin yaygınlaşması, üretilen bilgi ve dokümanlarda doğruluk, güvenilirlik ve süratin aranması, ölçme ve değerlendirme aletlerinden yararlanmanın ileri bilgi ve beceri gerektirmesi; birçok yerde, işletmeler ve yükleniciler arasında ölçme ve hesaplamalardan kaynaklanan ihtilafların ortaya çıkması, bu alanda mühendis ve teknisyen düzeyinde, daha nitelikli elemanların istihdamını zorunlu kılmıştır. Bunun sonucunda kamuya ait madencilik kuruluşları ve özel sektör kesimi, kadrolarında daha çok sayıda haritacıya yer verme ihtiyacını hissetmişlerdir.

Yerüstü ölçmelerini yapabilen bir topoğraf, belli bir eğitim ve uygulamadan sonra bir yeraltı topoğrafı olabilir. Yeraltı ölçmelerinin amacı, bu eğitim ve uygulamayı sağlamaktır. Yeraltı ölçmelerinde temel çalışma koordinat hesabıdır. Yükseklik hesapları, yerüstündeki yükseklik hesaplarına benzer şekilde yapılır. Yeraltında yapılan ölçüler sonucu koordinatları hesaplanan noktaların yönelme işlemi ile yerüstü koordinat sistemine, aynı noktaların kuyu derinliklerinin ölçülerek yerüstü yükseklik sistemine bağlanması gerekir. Bu modülde klasik yöntem ve donanımlarla ilgili temel konulara yer verilmiştir. Bu modül sonunda edineceğiniz bilgi ve beceriler, yeraltında, uzunluk ve açı ölçme, yönelme ve nivelman uygulaması yapacak olan sizlere yardımcı olacaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kuralına uygun olarak yeraltında uzunluk ölçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Yeraltı ölçmelerinin konusunu ve çalışma alanlarını araştırınız.
- Bulduğunuz bölgede varsa maden ile ilgili kuruluşlara, üniversitelerin maden ile ilgili bölümlerine giderek yeraltında uzunluk ölçümünün nasıl yapıldığını öğreniniz.
- Öğrendiğiniz bilgileri arkadaş grubunuz ile paylaşınız.

1. YERALTINDA UZUNLUK ÖLÇMELERİ

Yeraltı ölçmeleri, yeraltında yapılan ölçme, aplikasyon ve kazı işlerinin yeryüzündeki sabit noktalara bağlanması konularını içeren bir ölçme dalıdır.

Yeraltı ölçmelerinin amacı, yeraltı işletmelerinin özelliklerini bir plan üzerinde göstermektir. Yeryüzünde yol, sulama kurutma, elektrik ve bina inşaatlarında plan ya da haritaya gereksinim duyulur. Yeraltı çalışmalarında da işlerin sıhhatli bir şekilde yürütülmesi için madencilik çalışmalarının bir plan üzerinde yürütülmesi gerekir. Aynı şekilde yol ve su tünellerinin projelendirilip ölçü ve hesaplarının çok hassas yapılma zorunluluğu vardır. Örneğin iki taraftan açılan bir tünelin orta yerde karşılaşmaması çok büyük ekonomik sorunlar yaratır. Madencilik çalışmalarında yaşanan bir çökme ve bunun sonucunda ortaya çıkan sorunlar yeraltı ölçmelerinin önemini gösterir.

Yerüstü ölçmelerindeki ölçü yöntemleri ve hesaplamalar aynen geçerli olmakla beraber yeraltında çalışma ortamı yerüstüne nazaran farklı olduğu için, yeraltı ölçmelerinde bazı özel yöntemler ve aletler kullanılır. Yeraltı ölçmelerini yerüstü ölçmelerinden ayıran başlıca özellikler şunlardır:

- **Karanlıkta çalışma zorunluluğu:** Her ne kadar günümüzün modern yeraltı çalışma yerleri az çok aydınlatılmış olmakla beraber özellikle gözlenen nokta ve aletin iyice aydınlatılmış olması gerekir. Ya da yeraltında ki loş ortamda çalışmayı kolaylaştıran, karanlıkta da ölçme yapabilen özel aletler kullanılır.

- **Ölçmelerin yerüstündekinden tamamıyla farklı yerlerde yapılması:** Yeraltında ölçmeleri (galeri, kuyu, bür, v.s. gibi) tamamıyla yerüstündekinden farklı yerlerde yapmak zorundayız. Özellikle, gelişigüzel açılmış dar ve alçak galerilerde veya bacalarda ölçme şartları zorlaşır.
- **Noktaların tavanda alınması:** Hem ayakaltında olmalarını önlemek, hem de gözlemelerin, noktalara asılan çeküllerin yardımıyla, daha kolaylıkla yapılabilmesini sağlamak amacıyla, yeraltında noktalar genellikle tavanda alınır.
- **Dik ya da tam düşey gözlemler yapmak zorunluluğu:** Gerektiğinde, poligonu üstteki veya alttaki kata intikal ettirmek veya düşey kuyularda istikamet indirip çıkarmak için bu gibi gözlemleri de yapmak zorundayız.

Dik veya tam düşey gözlemlerin, tamamıyla yeraltı ölçmelerine özgü özel bir problem olarak ele alınması ve aletin de bu gibi gözlemlerin yapılabilmesini sağlayacak nitelikte olması gerekir.

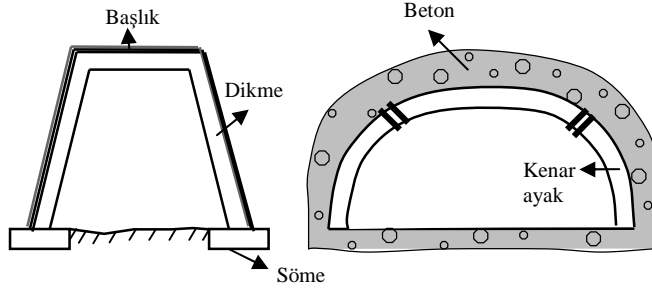
- **Ölçmelerin daha fazla bir hassasiyetle (presizyonla) yürütülmesi zorunluluğu:** Yeraltında, poligonu her zaman kapatmak mümkün olamayacağından, ölçmelerin, aynı önemdeki yerüstü ölçmelerine göre, daha fazla bir presizyon sağlayacak şekilde yürütülmesi gerekir. Geçkiler 3–5 m gibi kısa kenarlı ve çok dik eğimli olabildiğinden, gözlemlerde ölçü hataları ve bu hataların etkileri de fazla olmaktadır.
- **Çalışma şartlarının ağırlığı:** Sıcaklık, toz, duman, basınç, nemlilik, gaz v.s. gibi yeraltına özgü şartlar nedeniyle, çalışma şartları daha ağırdır.
- **Ölçmelerin zamanında yapılması:** İmalat, zamanla terk edileceğinden, özellikle damar içindeki imalat, kısa ömürlü olduğundan, ölçmeler zamanında yapılıp plana işlenmelidir.

1.1. Genel Tanımlar

Yeraltı ölçmelerinde çalışacak elemanların, karşılaşacakları bazı terimleri bilmeleri gereklidir. Daha çok yeraltı madenciliğinde karşılaşılan terim ve tanımlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- **İmalat:** Madenlerin kazılıp zeminden çıkarılması ile ilgili işlemlere verilen isim
- **İmalat haritası:** İşletilmekte olan bir maden damarını ve damar çevresindeki madencilik tesislerini gösteren büyük ölçekli harita
- **Cevher:** Zemin içinden çıkarılması ekonomik olan ve içinde çeşitli maden mineralleri taşıyan zemin kütlesi
- **Damar:** Genel olarak kalınlığı diğer boyutlarına nazaran çok az olan ve tabakalar halinde bulunan cevher oluşumu
- **Galeri:** Personelin işletmeye geçişine, malzeme ve cevherin taşınmasına olanak sağlayan bir tarafı kapalı olan yeraltı geçitleridir. Galeriler yatay ya da az eğik olarak kazılır.

Şekil 1.1 de görüldüğü gibi galeriler ağaç destekli olabileceği gibi beton çerçevesi de olabilirler.



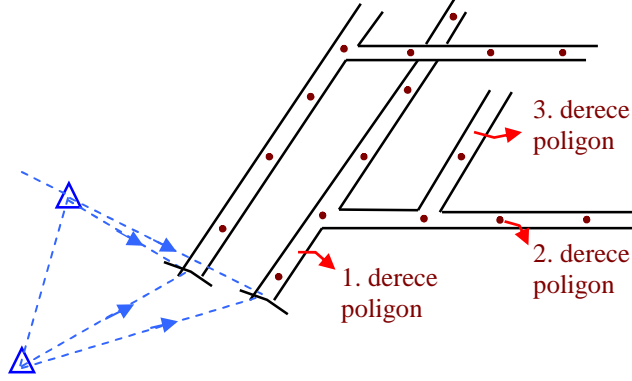
Şekil 1.1: Ağaç destekli ve beton çerçevesi galeri en kesiti

- **Tünel:** İki ucu açık galerilerdir.
- **Kuyu:** Yeraltı ile yeryüzünü birbirine bağlayan düşey ya da çok eğik kazı şekilleridir.
- **Göçük:** Yeraltı işletmelerinde tahkimatın (kuvvetlendirme, sağlamlaştırma için yapılan destek) yetersizliği sonucu tavanın çökmesi olayı
- **Grizu:** Metan gazının hava ile karışımından oluşan patlayıcı ve boğucu nitelikli gaz
- **Ayak:** Maden içerisindeki iki galeri arasında üretimin yapıldığı cephe, yer
- **Baca:** Ocak içerisinde sürülen galeri
- **Bür:** Yerüstü ile bağlantısı olmayan ve katlar arasında birleştiren kuyu (iç kuyu)
- **Etaj:** Yeraltı üretiminde çalışma yapılan katlardan her biri, ocak katı
- **Fay:** Bir tabaka serisini bölen ve bölümleri birbirinden ayıran jeolojik oluşum (arıza, kerti, basamak)
- **Cep (Niş):** Galeri ana ve ara katlarında, ızgaralarda görevli işçilerin korunmaları gibi amaçlar için oluşturulan çıkıntılar
- **Baraj:** Yeraltında yangın, su, zararlı gaz vb. tehlikeleri önlemek üzere yapılmış engeller
- **Bağ:** İki yan direk, bir boyunduruk, takoz ve kama ile oluşturulan ve açılan galeri kesitine yerleştirilen ahşap tahkimat birimi
- **Alın (Ayna):** Tünel, lağım, taban yolu vb. çalışma alanlarında kazı çalışmasının yapıldığı kesit yüzeyi

1.2. Yeraltında Nokta Tesisi

Ölçüde ana unsur noktadır. Bu nedenle noktaların yer değiştirmeyecek şekilde inşa edilmesi gerekir. Ayrıca noktanın yeri tespit edilirken de ölçüye olanak sağlayacak şekilde yerinin belirlenmesi gerekir. Noktalar ya geçici olarak ya da işaretlendiği yerde devamlı olarak kalacak şekilde inşa edilirler. Yeraltı çalışma ortamları ile ilgili planların hazırlanmasında ve çeşitli amaçlı topoğrafik ölçmelerin yapılmasında, yeraltı çalışma alanlarında oluşturulan poligon ve nivelman röper noktalarından yararlanır. Yeryüzünden, zemin katmanları içinde açılan tesis ve üretim boşluklarına yön, koordinat ve kot taşınması

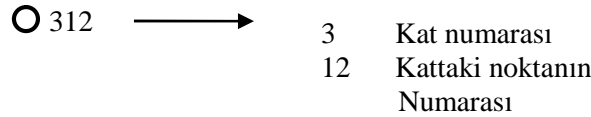
buralardaki kazı çalışmalarının yönlendirilmesi, poligon nokta ve geçkilerinden yararlanarak sağlanır.



Şekil 1.2: Yeraltı poligasyonu

Poligon noktaları, ara noktalar, kot röper noktaları gibi çeşitli noktaların, belirli işaretlerle birbirinden ayırt edilmesi gerekir. Örneğin poligon noktaları daire, ara noktalar artı, kot röper noktaları da kare ile gösterilebilir. Bu işaretler (kırmızı, siyah, beyaz v.b.) boya ile yapılır. Ayrıca her istasyon noktasının bir numarası olmalıdır. Noktaların numaralaması şu şekilde yapılır:

Sistemik numaralamada katlara 1'den başlayarak numara verilir. Ayrıca her kattaki noktalar birden başlayarak numaralanır. Nokta numarası yazılırken önce kat numarası, sonra o kat içindeki o noktanın nokta numarası yazılır.



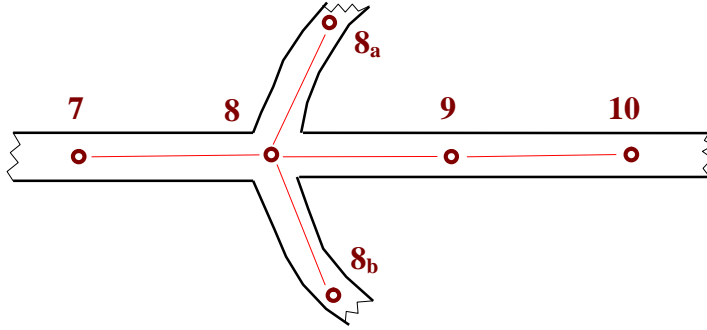
Şekil 1.3: Sistemik numaralama

Sürekli numaralamada noktalara katlar göz önüne alınmadan 1'den 1000'e kadar numara verilir. Ancak bu durumda noktanın yerini gösteren bir kroki defteri tutulması gerekir.

1.2.1. Nokta Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

- Noktalar ölçülerin kolaylıkla yapılabileceği yerlere inşa edilmelidir. Herhangi bir çıkıntı, belvermiş veya kırılmış bir direk veya kama gözlemleri engellememelidir.
- Noktalar arandığında kolayca bulunabilmelidir.
- Noktalar oynayıp bozulmaksızın, devamlı olarak sabit kalabilecekleri yerlerde seçilmelidir. Poligon noktaları yatay doğrultuda, nivelman röperleri de düşey doğrultuda yer değiştirmemelidir. Bir ölçme süresince yararlanılan geçici

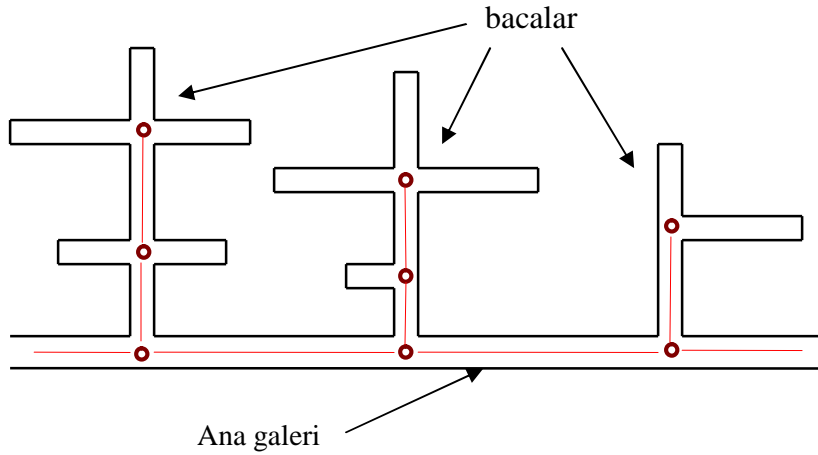
- noktalar için, sabitlik şartı önemli olmadığından, bu gibi noktalar, tavanda, tabanda, kolaylıkla tesis edilebilecekleri en uygun yerlerde alınabilir.
- Galerilerin kavşak noktalarına muhakkak bir poligon noktası işaretlenmelidir. Galerilerin kesişme noktalarında alınacak noktalar, kol galeriler içine doğru rahat bir gözleme sağlamalıdır.



Şekil 1.4: Kavşak noktasında istasyon noktası seçme

Şekil 1.4 de ana galeri üzerindeki 8 kavşak noktasından, kol galeriler içindeki δ_a ve δ_b noktaları, bir engelle karşılaşmadan, rahatlıkla gözlenebilmelidir.

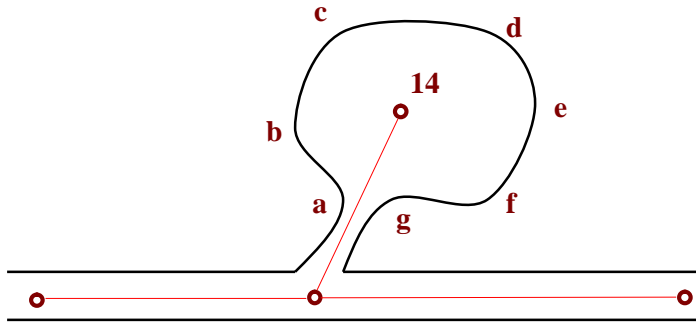
- Noktalar arasındaki uzunluk olabildiğince büyük olmalıdır. Aynı doğrultuda uzayıp giden düzgün bir galeride, ara noktalar, uzun gözlemler sağlanacak şekilde alınabilir. Bu ölçme ve hesaplama işlerinde zaman kazandırır. Bununla beraber, damar içinde açılmış galeriler, damarın düzgün bir doğrultu ve eğim takip etmemesi nedeniyle, kıvrımlı bir şekilde açılmış olacağından, bu kurala uymak mümkün olamaz ve noktalar ister istemez birbirine yakın alınır.
- Ana galerilerde poligon noktaları mümkünse bir doğrultu üzerinde olmalıdır. Bu durum yine ölçme ve hesaplama işlerinde zamandan kazandırır.



Şekil 1.5: Düzgün bir galeride noktaların aynı doğrultu üzerinde alınması

Şekil 1.5 teki gibi ana galeri üzerinde, birbirinden bağımsız olarak ölçülmesi gereken birçok bacalar bulunuyorsa, bu bacaların diplerinde alınacak noktaların aynı doğrultu üzerinde alınması yerinde olur.

- Detay alınacak noktalardan, detay noktalarının kolaylıkla gözlenebilmesi gerekir.



Şekil 1.6: Detay gözlemleri için nokta yeri seçme

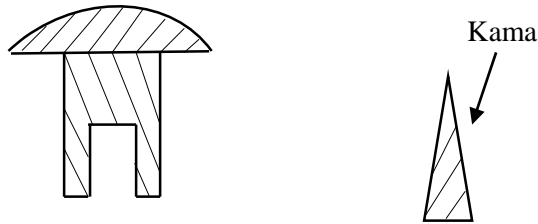
Şekil 1.6 de 14 noktasından 14_a , 14_b , 14_c ... detay noktaları, bir engelle karşılaşmadan kolaylıkla gözlenebilmelidir.

- Poligon noktaları galerinin ortasına değil, trafiği aksatmayacak şekilde yan duvara yakın işaretlenmelidir.

1.2.2. Taban ve Tavan Noktaları

- **Taban Noktaları**

Taban noktaları, galerilerin tabanında işaretlenen noktalardır. Geçici noktalar galerilerin tabanına inşa edilirler. Gerekliğinde, özellikle tavanın fazla yüksek olduğu yerlerde, tabanda da sabit daimi noktalar tesis edilebilir. Galerideki yoğun trafik nedeniyle tavadan dökülen toz ve topraklarla bu noktalar kapanabilir. Bu nedenle poligon noktası, nivelman röperi gibi önemli noktalar zorunlu olmadıkça tabanda alınmazlar.

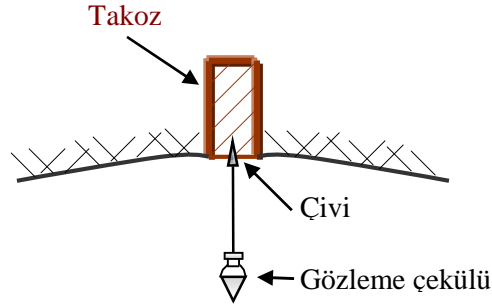


Şekil 1.7: Yarıklı perçin çivisi ve kaması

Sabit nokta tesisi için, taban taşında perçin çivisine uygun bir delik açılır, kama yarığın içinde olarak çivi deliğe sokulur. Bir tokmak veya benzeri aletle vurmak suretiyle çivi deliğe sıkıca yerleştirilir. Kama, çivi deliğe yerleştikçe yarık yanaklarını yanlara doğru açmak suretiyle çivinin deliğe sıkıca yerleşmesini sağlar. Gerekli işaret çivi başına işaretlenir. Bir ölçme süresince yararlanılacak geçici taban noktaları, tabana bir kazık çakmak, kazığa da bir çivi çakmak veya kazığa lüzum kalmadan çiviye doğrudan transverslere çakmak suretiyle de tesis edilebilir. Taban kazık çakılmayacak kadar sertse, kazık, etrafına konulan taşlarla da tutturulabilir. Gözlemeler kazık veya çivilerin tabanına yapılmalıdır.

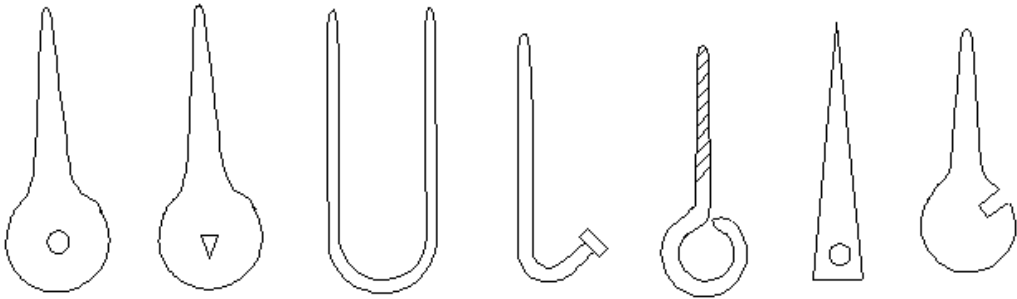
➤ Tavan Noktaları

Poligon noktaları genellikle tavan noktası şeklinde inşa edilirler. Noktaların tesisi için tavadan açılan deliğe bir ağaç takoz yerleştirilir. Kullanılan ağaçlar sağlam, kuru ve fırınlanmış olmalıdır. Tavanda işaretlenen bir nokta düşey doğrultuda kolayca yer değiştirebilir. Buna karşılık yatay yer değiştirme olasılığı çok azdır. Takoz tavana çakıldıktan sonra takoza gözleme çekülü asmak için özel bir çivi çakılır (şekil 1.8). Takozun başı delikle aynı düzeyde yerleştirilmelidir.



Şekil 1.8: Tavanda sabit bir nokta tesisi

Kullanılan çivi ve pitonlar pası, asitli sulara dayanıklı olmalıdır. Büyük maden işletmelerinde bakır, bronz, çinko, pirinç, kromlu çelikten yapılmış özel çiviler kullanılır.



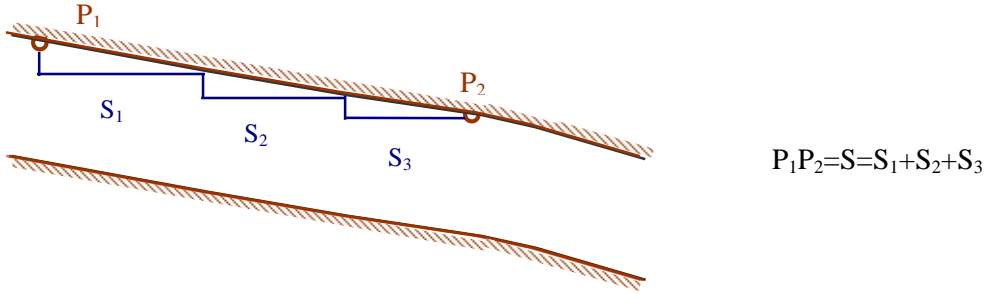
Şekil 1.9: Tavan noktaları için çeşitli çivi tipleri

1.3. Yeraltında Uzunlukların Ölçülmesi

Yeraltında çalışma koşulları yerüstüne nazaran çok farklıdır. Modern elektronik aletlerde uzunluk ölçümü, aletin kendi içinde mm hassasiyetinde yapılır. Fakat yeraltında fazla uzun ölçmeler yapmak mümkün olamamaktadır. Dolayısıyla bu modern aletlerden yararlanma olanağı kısıtlıdır. Bununla beraber, ileri bir aşamada, aynı doğrultuda uzayıp giden uzun bir tünel ve galeri ölçmelerinde bu modern aletlerden daha çabuk ve presizyonlu olarak yararlanılabilir. Galerilerin eğim durumuna göre uzunluklar şerit metre ile yatay olarak veya eğik olarak ölçülürler.

➤ Yatay Uzunluk Ölçümü

Yatay uzunluk ölçümü, yerüstündekine benzer şekilde yapılır. Şerit, P_1 P_2 poligon kenarı üzerinde yatay olarak tutulur. Parça parça ölçülerek uzunluk elde edilir. (Şekil 1.10)



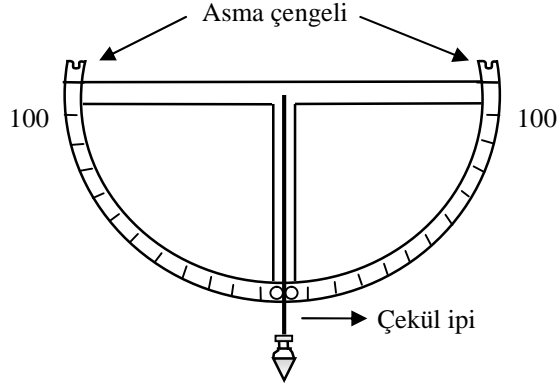
Şekil 1.10: Uzunlukların yatay olarak ölçülmesi

➤ Eğik Uzunluk Ölçümü

Eğik uzunluk ölçümünde, uzunluklar eğik olarak ölçüldüğünde bunların yataya indirgenmesi gerekir. Bu nedenle poligon kenarının eğim açısı ölçülmelidir. Bunun için asma daire veya teodolit kullanılır.

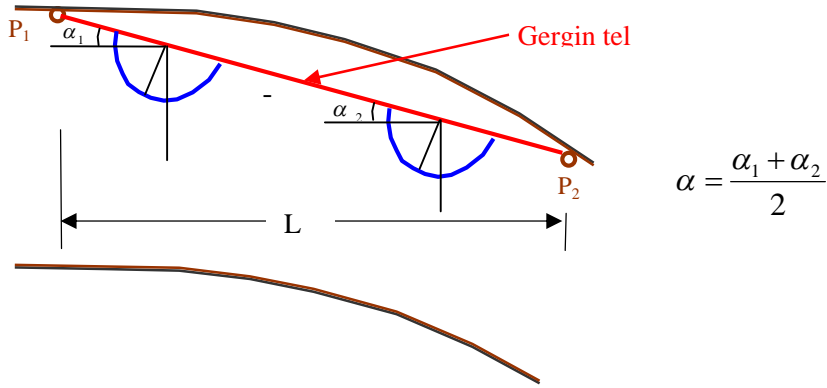
➤ Asma Daire Kullanılması

Asma daire, yeraltı çalışmalarında kullanılan, doğruların yatayla teşkil ettiği eğim açılarını ölçmeye yarayan bir açı ölçme aletidir (Şekil 1.11). Asma daire ile ilgili daha fazla bilgi bir sonraki öğrenme faaliyetinde verilmiştir.



Şekil 1.11: Asma daire

Bu yöntemde poligon noktaları arasına teller gerilir. Eğik tel uzunlukları ölçülür. Asma dairenin iki konumunda telin eğim açısı ölçülür ve ortalaması alınır. (Şekil 1.12)



Şekil 1.12: Asma daire ile uzunluk ölçümü

ℓ — Eğik uzunluk

L-Yatay uzunluk $L = \ell \cdot \cos \alpha$ eşitliğinden bulunur.

Bu yöntemde teller iyice gergin olmalıdır. Bunun için tel uzunlukları 10 m yi geçmemelidir.

➤ Teodolit Kullanılması

Eğim açıları teodolitle ölçülürken aynı zamanda eğik uzunluklar da ölçülür. Burada da değişik yöntemler uygulanır:

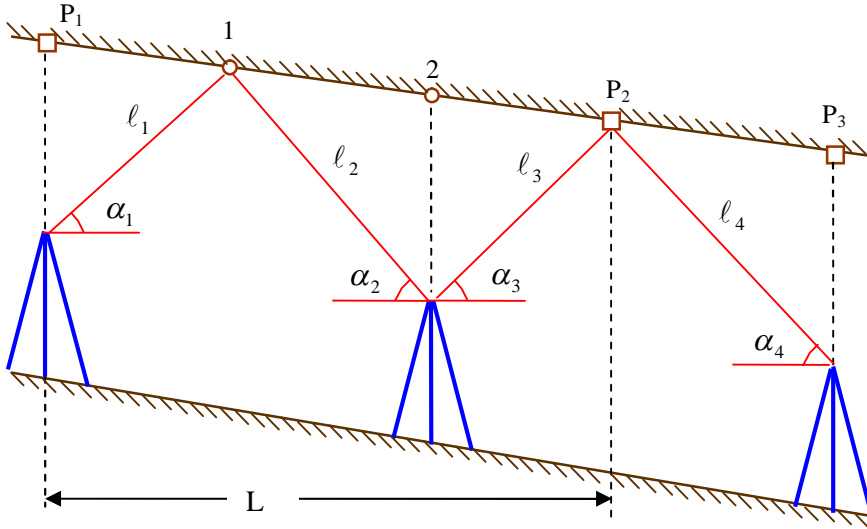
- **Nokta Atlama Yöntemi**

Teodolit dürbünü bir sonraki noktaya yöneltir. Şerit dürbünün gözlem doğrultusunda gerilerek $l_1, l_2 \dots l_n$ eğik uzunlukları ölçülür. Şerit, aletin muylu eksenini ile gözlenen nokta arasında havada gerilir. Gerçekte alet merkezi elin ulaşabileceği bir nokta değildir fakat oluşan hata önemsizdir. Eğim açıları da okunur. İki nokta arasındaki uzunluk, şerit boyundan fazla olmamalıdır. Aksi halde uygulama zorlaşır. Bu gibi durumlarda ara nokta alınmalıdır. Ölçü gidiş dönüş olarak yapılır. Ara noktalar işaretlendikten sonra birer nokta atlanarak teodolit kurulur. Bir önceki ve bir sonraki noktalar gözlenerek l_i ve α_i değerleri ölçülür. Ölçüler bir yönde bu şekilde tamamlandıktan sonra dönüş doğrultusunda tekrarlanır. Dönüş ölçmelerinde teodolit, gidişte alet kurulmayan noktalara kurulur. Böylece bir boy iki kez ölçülmüş olur. (Şekil 1.13) Şeridin tam olarak gerdirilememesi, okumaların şeridin tam doğrulukla tutularak yapılamamasından ileri gelen kayma hatası gibi hatalarla karşılaşılabilir. Bu hataları minimumda tutabilmek tecrübe ve dikkat ister.

$$L_g = l_g \cos \alpha$$

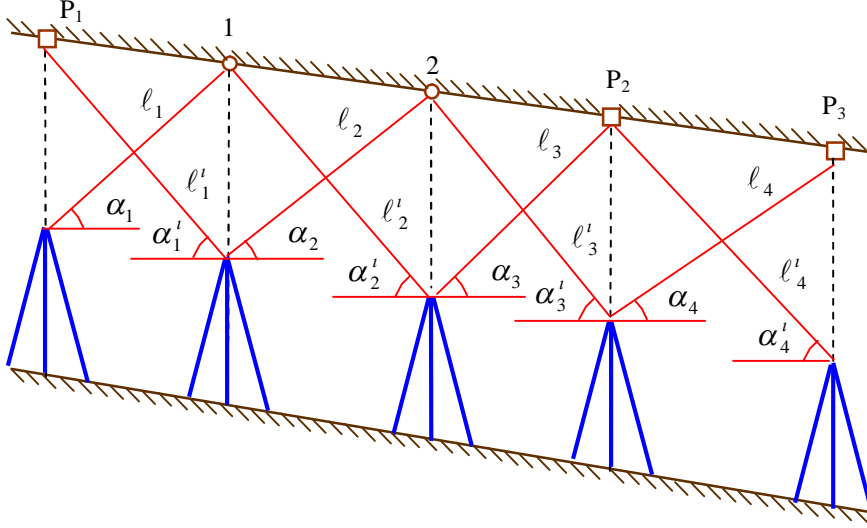
$$L_d = l_d \cos \alpha$$

$$L = \frac{L_g + L_d}{2}$$



Şekil 1.13: Nokta atlama yöntemi

- **Kesişen Doğrular Yöntemi**



Şekil 1.14: Kesişen doğrular yöntemi

Bir önceki yöntemdeki gibi ara noktalar işaretlenir. Teodolit her noktaya kurularak bir önceki ve bir sonraki noktalar gözlenir. (Şekil 1.14) Tel uzunlukları ve eğim açıları ölçülür. Her parça için iki değer elde edilir.

$$L = \ell \cos \alpha$$

$$L' = \ell' \cos \alpha'$$

$$L_{\text{ort}} = \frac{L + L'}{2}$$

Bu iki yöntem yeraltında uzunlukların ölçülmesinde çok kullanılır. Kesişen doğrular yöntemi hem çalışma hızı bakımından hem de kaba hataların bulunması yönünden daha faydalı bir yöntemdir. Nokta atlama yönteminde ise gözlemler birbirinden bağımsız olarak yapılmaktadır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Çalışma alanının uzunluğunu ölçmek üzere, okul alanı içinde (bahçe, koridor, merdiven) tavandan da nokta oluşturabileceğiniz uygun bir çalışma alanı (galeri) oluşturunuz. Konuyla ilgili teknik çalışmaları yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Çalışma alanının (galeri) içinde istasyon noktalarını oluşturunuz.	➤ İstasyon noktalarını üzerinde rahatça çalışabileceğiniz konumda seçiniz.
➤ Nokta işaretlerini tesis ediniz.	➤ Noktanın yeri tespit edilirken de ölçüye olanak sağlayacak şekilde yerini belirleyiniz.
➤ Uzunluk ölçmek için gerekli yöntemi belirleyiniz.	➤ Uzunluk ölçme yöntemlerinden faydalanınız.
➤ Uygulama için gerekli aletleri hazırlayınız.	➤ Uzunluk ölçümünde kullanacağınız araç gereçleri belirleyiniz.
➤ Belirlediğiniz yönteme göre uzunluk ölçmesini yapınız.	➤ Uzunluk ölçmesi yaparken güvenlik tedbirlerini alınız.

KONTROL LİSTESİ

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre, Uygulama Faaliyeti 1’de verilen uygulamayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “ **Evet-Hayır**” seçeneklerinden uygun olanı işaretleyiniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1.Çalışma alanının (galeri) içinde istasyon noktalarını oluşturduunuz mu?		
2.Nokta işaretlerini tesis ettiniz mi?		
3.Uzunluk ölçmek için gerekli yöntemi belirlediniz mi?		
4.Uygulama için gerekli aletleri hazırladınız mı?		
5.Belirlediğiniz yöntemle göre uzunluk ölçmesini yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz. Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksisiniz varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki verilen cümlelerden doğru olanları (D), yanlış olanları (Y) olarak işaretleyiniz.

1. ()Karanlıkta çalışma zorunluluğu, yeraltı çalışmalarını yerüstü çalışmalarından ayıran özelliklerden biridir.
2. ()Yeraltı ile yeryüzünü birbirine bağlayan düşey ya da çok eğik kazı şekillerine galeri denir.
3. ()Yeraltı çalışma ortamları ile ilgili planların hazırlanmasında ve çeşitli amaçlı topoğrafik ölçmelerin yapılmasında, yeraltı çalışma alanlarında oluşturulan poligon ve nivelman röper noktalarından yararlanır.
4. ()Yeraltında noktalar, ölçülerin kolaylıkla yapılabileceği yerlere inşa edilmelidir.
5. ()Yeraltında tesis edilen noktalar arasındaki uzunluk olabildiğince küçük olmalıdır.
6. ()Poligon noktası, nivelman röperi gibi önemli noktalar zorunlu olmadıkça tabanda alınmazlar.
7. ()Eğik uzunluk ölçümünde sadece çelik şerit metre kullanılır.
8. ()Nokta atlama yöntemiyle uzunluk ölçümünde teodolit birer nokta atlayarak kurulur.

DEĞERLENDİRME

Objektif testteki sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarınızı karşılaştırınız, cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kuralına uygun olarak yeraltında açığı ölçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Yeraltında açığı ölçmelerini ve kullanılan aletleri araştırınız.
- Bulduğunuz bölgede varsa maden ile ilgili kuruluşlara, üniversitelerin maden ile ilgili bölümlerine giderek yeraltında açığı ölçümünün nasıl yapıldığını ve açığı ölçme aletlerini öğreniniz.
- Öğrendiğiniz bilgileri arkadaş grubunuz ile paylaşınız.

2. YERALTINDA AÇI ÖLÇMELERİ

2.1. Açığı Ölçme Aletleri

Yeraltında çalışma koşulları zor olduğundan kullanışlı ve uygun çalışma olanağı sağlayan aletlere gereksinim vardır. Galeriler dar ve girintili, çıkıntılıdır. Yeraltı ölçme işlerinde kullanılacak ölçme alet ve araçlarının, buraların fiziki koşullarına uygun olması istenir. Yeraltı topoğrafik ölçmelerde kullanılan alet ve araçların seçiminde dikkat edilecek noktalar:

- Kolay kullanımlı, basit ve sağlam yapıda olması
- Yeraltı çevresel koşullara uygun olması (kapalı ve iyi korunmalı, hafif bir (mekanik-elektronik) yapıya sahip olma v.b.)
- Modüller (birbirini tamamlar) bir sistem oluşturmaya imkân vermesi, (örneğin, teodolitlerin gözlem plakaları ve optik şakülleri ile yer değiştirerek kullanılabilir olması, üzerinde elektronik alet tutturulabilmesi v.b.)
- Kullanıcıdan kaynaklanan hatalara karşı ikaz ve kontrol sistemlerine sahip olması,
- Kolay sağlanabilir ve servis imkânlarının iyi olması

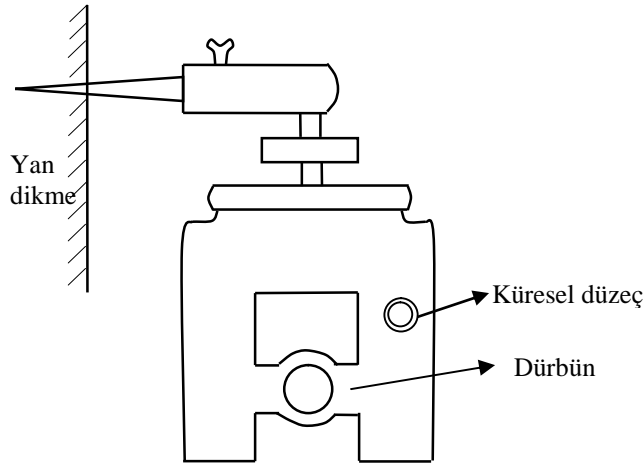
gibi hususlar göz önünde bulundurulur.

Yeraltında açıların ölçülmesi için kullanılan aletler şunlardır:

➤ Teodolitler

Yeraltı ölçmelerinde, doğrultuların belirlenmesinde, açıların ölçülmesinde, bilinen açı ve doğrultuların zemine uygulanmasında teodolitlerden yararlanır. Günümüzde çok sayıda firma tarafından üretilmekte olan optik ve elektronik aletler mevcut olup bu aletlerden, gözlem çizgilerinin ve açı okuma düzenlerinin aydınlatılabilir olanlarından yeraltı ölçmelerinde de yararlanması mümkündür. Yerüstünde kullanılan teodolitler, yeraltına özgü koşullara uyacak şekilde düzenlenerek madenci teodolitleri geliştirilmiştir. Bu teodolitlerin açı daireleri ve gözlem çizgileri aydınlatılabilir. Tavan noktaları altına merkezlendirmeyi sağlayacak, dürbün üzerinde bir merkezlendirme işareti vardır. Sehpaları sürgülüdür.

Ölçmelerde sehpanın kullanılmadığı durumlarda vardır. Bu gibi durumlarda teodolitler ya yan dikmeye monte edilmiş bir konsol tabla üzerine kurularak kullanılır ya da asma teodolitler kullanılır.

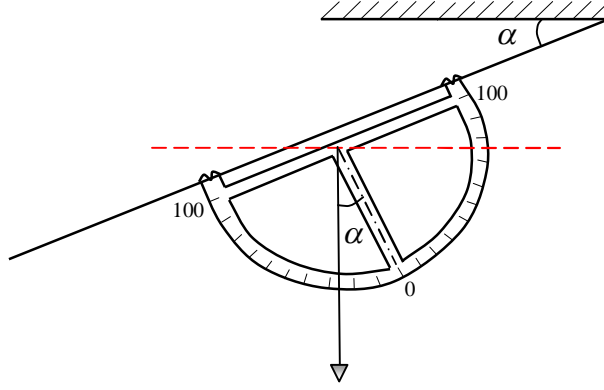


Şekil 2.1: Asma teodolit

Asma teodolitin yapısı ve kullanılması yerüstü teodolitlerinin aynısıdır.

➤ Asma Daire

Asma daire 20–25 cm çapında bir yarım daire olup, bu araç ile asıldığı telin eğim açısının $\pm 15^\circ$ - 20° doğrulukta ölçülmesi mümkündür. Hafif metalden yapılmıştır. Tam ortada sıfır bölümü ve iki yana doğru 100° 'a kadar sürekli bölümler vardır. Daire yayının merkezine ipli ya da baston çekül asılmıştır. Bu çekül daire bölümleri için gösterge görevi yapar. Asma dairenin iki ucunda asma çengelleri vardır. Asma çengelleri yardımıyla, tele asılan aletten sarkan çekülün gösterdiği bölüm okunur. Bu değer tel doğrusunun eğim açısıdır.



Şekil 2.2: Asma daire ile açı ölçümü

➤ **Asma Pusula**

Genelde yön belirleme aracı olarak kullanılır. Bazı galeriler çok basık ve dardır. Böyle yerlerde sehpanın kurulması zordur. Bu durumda gerili tellere asılabilen ve magnetik açıklık açısını gösteren asma pusula (madenci pusulası) kullanılır. Bir noktadaki magnetik kuzey doğrultusunun belirlenmesinde, bir doğrultunun magnetik semt açısının ölçülmesinde, magnetik semt açıları ölçülerek bir noktada kesişen iki doğrultu arasındaki yatay açının belirlenmesinde, magnetik semt açısı bilinen bir doğrultunun zeminde işaretlenmesinde kullanılabilir.



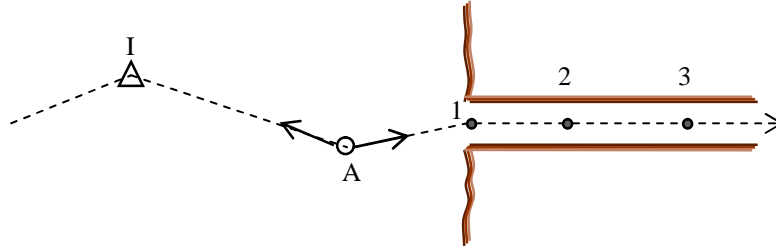
Resim 2.1: Asma pusula

Pusula gerili tele asılarak kullanılır. Asıldığı telin eğimi ne olursa olsun, kendiliğinden yatay duruma gelir. 0-400^g arasında bölümlendirilmiştir. Kadranın merkezine serbestçe dönebilen bir mıknatıs iğnesi yerleştirilmiştir. Asma doğrultusu ile kadranın 0-200^g bölümlerini birleştiren doğru birbirine paralel olmalıdır.

2.2. Açıların Ölçülmesi

Yeraltı poligasyonunda, tüm ölçme işlemleri genellikle bir seferde yapılmakta ve birlikte değerlendirilmektedir. Yani, bir noktaya alet kurulduğunda, o noktadaki poligon açısı, gözlenen noktalara olan eğik veya yatay mesafeler, düşey açılar, aletin ve işaretin tavana ve tabana; galeri yan duvarlarına olan mesafeleri ile alet kurulan noktadan ölçülebilecek detay noktaları, aynı anda ölçülmektedir. Aynı zamanda bu ölçmeler, hazırlanan deftere yazılarak krokilerde de gösterilir.

Yerüstünden yeraltına koordinat, yön, yükseklik taşınması için bağlantı ölçmeleri yapılır. Yeraltı çalışma alanlarının, yerüstü ile bağlantısı yatay veya eğimli galeri ve tünellerle sağlanmakta ise, yeraltındaki noktalara koordinat taşınması gerekir. Bunun için şekil 2.3 de görüldüğü gibi çalışma öncesinde galeri girişi yakınlarına getirilen yerüstü ölçme ağına bağlı noktalardan çıkış alınır.



Şekil 2.3: Bağlantı ölçmeleri

Çeşitli açı ölçme yöntemleri aşağıda verilmiştir:

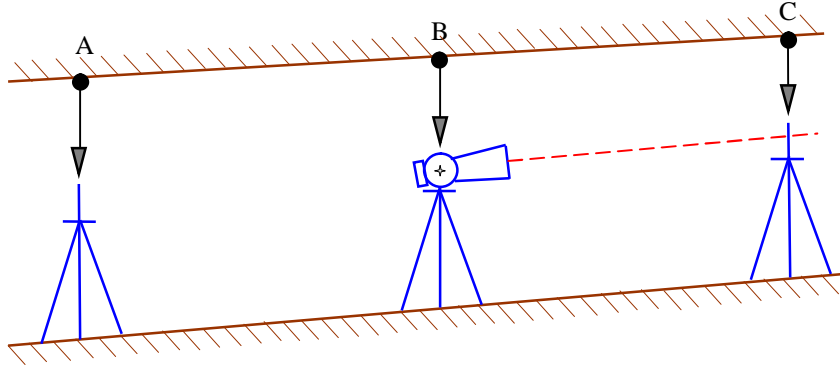
➤ 3 Sehpa Metodu

Yeraltında en çok uygulanan metottur. Kullanılan aletler şunlardır:

- 1 adet ölçme aleti
- 2 adet gözleme plakası
- 3 adet sehpa

Şekil 2.4 deki gibi gerideki ve öndeki gözleme plakalarına gözlemeler yapılarak, B noktasındaki topoğrafya açısı ölçülür. Alet ve öndeki gözleme plakası sehpaları üzerinde yer değiştirilir. Arkadaki gözleme plakası da, sehпасıyla birlikte öndeki yeni D noktasına taşınarak, bu noktaya merkezlenir. C noktasındaki açıda ölçülür. Ve böylece poligona devam edilir.

Yeraltı ölçmeleri için özellikle düzgün anayol galerilerinde, en uygun metottur.



Şekil 2.4: 3 sehpa metodu

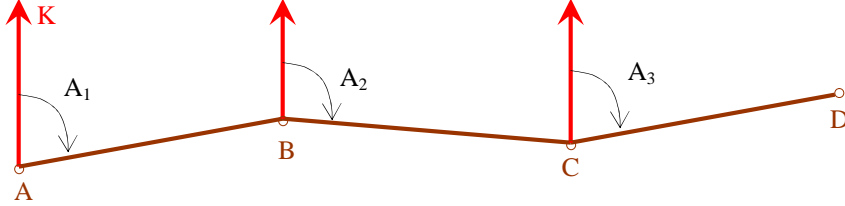
- **Yararları**
 - Tavan noktalarının kolaylıkla tesis edilemeyeceği yüksek tavanlı yerlerde de uygulanabilir.
 - Kurma ve merkezleirmede, alet operatörüne zaman kazandırır.
 - Alet operatörü okumaları yaparken yardımcılar serbest kalır, diğer gerekli işleri yaparlar.
 - Alet bir sonraki noktaya taşındığında, bir önceki noktada bir hata (düşey açı, mesafe, alet ve nokta yüksekliği) yapılmışsa, bu hataları kontrol etme olanağı vardır. Çünkü sehpalara göre, alet merkeziyle gözlenen nokta yükseklikleri aynı olduğundan, aletle öndeki plaka yer değiştirdiği zaman, noktalarda bir değişiklik olmaz.
 - Tekrarlama metodu uygulanabildiği için, ölçmeler presizyonlu (hassas) olarak yapılır.
- **Sakıncaları**
 - Malzemenin nispeten pahalı oluşu
 - Ölçme ve hesaplama işinin nispeten fazla oluşu

➤ **Açıklık Açısı (azimut) Metodu**

Doğrultuların kuzeyle (meridyen düzlemiyle) yaptıkları $A_1, A_2 \dots$ açıları ölçülür. Çabuk ve basit bir metot olması yanı sıra fazla presizyon gerektirmeyen ölçmeler için uygulanmalıdır. Aletin tam düzenli olması şarttır.

- **Yararları**
 - Uygulanan metotlar içinde en çabuk olanıdır.
 - Ölçme, hesaplama ve çizim işleri basittir.
 - Kapalı poligonda kapanma hatası hemen anlaşılır.
- **Sakıncaları**
 - Tekrarlama yapılamadığı için, presizyonlu bir metot değildir. Alet hataları birikir ve giderilemez.

- Kapanma hatası varsa, bunun, bir noktada yapılan hatadan mı yoksa hataların birikmesinden mi oluştuğu ve bu noktanın hangi nokta olabileceği kestirilemez.
- Dik gözlemeli yerlerde metodun uygulanması zorlaşır.



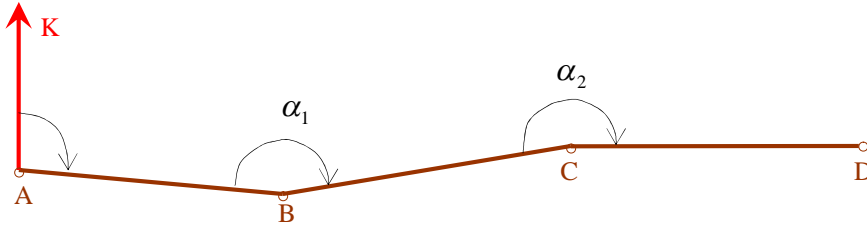
Şekil 2.5: Açıklık açısı metodu

➤ Topoğrafya Açısı Metodu

Doğrultuların arasındaki açılar, $\alpha_1, \alpha_2 \dots$ açıları ölçülür. İlk doğrultunun azimutu bilindiğine göre, ikinci doğrultunun azimutu şöyle hesaplanır;

$$\vec{Az\ BC} = \vec{Az\ AB} + \alpha_1 \mp 180$$

Böylece bir önceki azimuta göre, bir sonraki azimut hesaplanır. Özellikle presizyon gerektiren ölçmeler için bu metod uygulanır.



Şekil 2.6: Topoğrafya açısı metodu

- **Yararları**
 - Tekrarlama (repetisyon) metodu uygulanabilir. Genellikle açı, bir kez dürbünün 1. bir kez de 2. durumuyla ölçülerek, ikinci okumanın yarısı topoğrafya açısı olarak alınır.
 - Okuma hatası, tekrarlama oranında azaltılmış olur.
 - Dik gözlemeli yerlerde açılar yine tekrarlamalı ve alet hataları giderilmiş olarak ölçülebilir.
- **Sakıncaları**
 - Ölçme ve hesaplama yükü fazladır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Açı ölçümü yapmak üzere okul sahası içinde (bahçe, koridor, merdiven) uygun bir çalışma alanı (galeri) oluşturunuz. Bu uygulama ile ilgili teknik çalışmaları yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Açı ölçmek için gerekli yöntemi belirleyiniz.	➤ Açı ölçme yöntemini belirlerken “2.2.Açıların Ölçülmesi” konu başlığı altında verilen bilgilerden yararlanınız.
➤ Uygulama için gerekli aletleri hazırlayınız.	➤ Belirlediğiniz açı ölçme yöntemine göre gerekli aletleri hazırlayınız.
➤ Çalışma alanının (galeri) başlangıcından itibaren istasyon noktalarını oluşturunuz.	➤ İstasyon noktalarını oluştururken rahat çalışabileceğiniz alan olmasına dikkat ediniz.
➤ Nokta işaretlerini tesis ediniz.	➤ Noktalar ya geçici olarak ya da işaretlendiği yerde devamlı olarak kalacak şekilde inşa edilirler.
➤ Çalışma alanının dışında önceden koordinatları bilinen bir noktadan galerinin başlangıcındaki noktaya koordinat taşıyınız.	➤ Koordinat taşımak için önceden bilinen poligon veya nirengi noktasından yararlanınız.
➤ Belirlediğiniz yönteme göre istasyon noktalarında açı ölçmesini yapınız.	➤ Teodolit ya da elektronik ölçü aleti kullanınız.

KONTROL LİSTESİ

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre, Uygulama Faaliyeti 2’de verilen uygulamayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “ **Evet-Hayır**” seçeneklerinden uygun olanı işaretleyiniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Açık ölçmek için gerekli yöntemi belirlediniz mi?		
2. Arazide uygulama için gerekli aletleri hazırladınız mı?		
3. Çalışma alanının (galeri) başlangıcından itibaren istasyon noktalarını oluşturduğunuz mu?		
4. Nokta işaretlerini tesis ettiniz mi?		
5. Çalışma alanının dışında önceden koordinatları bilinen bir noktadan galerinin başlangıcındaki noktaya koordinat taşıdınız mı?		
6. İstasyon noktalarında açık ölçmesini yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz. Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksiğiniz varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki verilen cümlelerden doğru olanları (D), yanlış olanları (Y) olarak işaretleyiniz.

1. () Asma daire ile yeraltında iki nokta arasındaki uzunluk ölçülür.
2. () Yeraltında kullanılan aletlerin kolay kullanımlı, basit ve sağlam yapıda olması tercih edilir.
3. () Yeraltı çalışma alanlarının, yerüstü ile bağlantısı ve yeraltındaki noktalara koordinat taşınması için galeri girişi yakınlarındaki yerüstü ölçme ağına bağlı noktalardan çıkış alınır.
4. () Yeraltı poligasyonunda, tüm ölçme işlemleri mutlaka ayrı ayrı zamanlarda yapılır ve farklı zamanlarda değerlendirilir.
5. () Üç sehpa metodu, kurma ve merkezlemede, alet operatörüne zaman kaybettirir ancak ölçme ve hesaplama işi oldukça azdır.
6. () Açıklık açısı metodu çabuk ve basit bir metot olması yanı sıra fazla presizyon gerektirmeyen ölçmeler için uygulanır.
7. () Açıklık açısı metodu çok presizyonlu bir metot olup hata birikimi olmaz.
8. () Topografya açısı metodunda doğrultuların arasındaki açılar, ($\alpha_1, \alpha_2, \dots$) ölçülür.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı modül sonundaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kuralına uygun olarak yeraltında yönelme (oryantasyon) yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

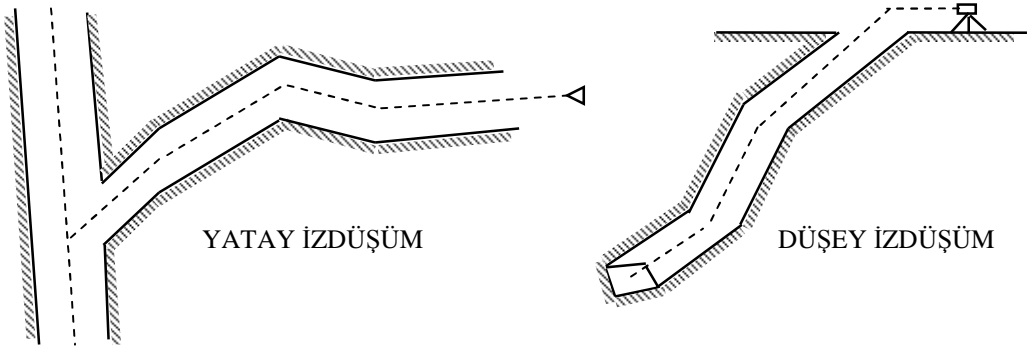
- Yeraltında yönelme nasıl yapılır araştırınız.
- Bulduğunuz bölgede varsa maden ile ilgili kuruluşlara, üniversitelerin maden ile ilgili bölümlerine giderek yeraltında yönelmenin nasıl yapıldığını öğreniniz.
- Öğrendiğiniz bilgileri arkadaş grubunuz ile paylaşınız.

3. YERALTINDA YÖNELME (ORYANTASYON)

Yeraltına yapılan ölçülerin ve buna bağlı olarak çıkarılan planların yerüstü ölçme ve planlarına göre doğrultu, yükseklik ve konum bakımından bağlanması işlemine **yönelme** ya da **oryantasyon** denir. Bu sayede yerüstü ve yeraltı ölçmelerinde ve planlarında koordinat ve yükseklik birliği sağlanmış olur.

Yerüstü ölçmeleri sonucu noktalar, konum ve yükseklik bakımından memleket koordinat sistemine kolayca bağlanabilir. Yeraltında böyle bağlantı imkânı olmadığından özel yöntemlere başvurulur.

3.1. Eğik Galeriler İle Yönelme



Şekil 3.1: Eğik galeriler ile yönelme

Yeraltı galerileri yerüstüne eğik bir galeri ile bağlanıyorsa, yerüstü poligonları eğik galeride devam ettirilerek yeraltı poligon dizisi oluşturulur. Bu yöntemde basit bir açık poligonun ölçüsü ve hesabı söz konusudur ve 60^{e} 'a kadar eğimli galerilerde uygulanır. Bu ölçmeler sırasında yardımcı dürbünler kullanılabilir.

3.2. Kuyularla Yönelme

Yeryüzü noktalarının düşey bir kuyudan yeraltına veya kuyu dibine indirilmesi için yapılan çalışmalardır. Yatay ve eğik galerilerdeki gibi bir poligonasyon ölçmesi yoktur. Yeraltı ölçmelerini yerüstüne bağlayabilmek için bir doğrultunun düşey doğrultuda yeraltına indirilmesi gerekir. Bu da iki noktanın izdüşümü anlamındadır. Yerüstündeki bir noktanın düşey doğrultuda yeraltına indirilmesi işlemine nokta çekülmesi denir.

3.3. Kuyu Çekülleme Yöntemleri

Yeryüzü sisteminde açıklık açısı bilinen bir doğrultuyu, yeraltına indirmek için, bu doğrultunun en az 2 noktasının yeraltına indirilmesi gerekir. Bunun için değişik yöntemler vardır:

3.3.1. Mekanik Yöntemlerle

Mekanik yöntemlerle yeraltına koordinat ve kot taşınmasının esası, kuyu ağızları üzerinde belirlenen ve yerüstü ölçme ağına bağlı olarak koordinatları hesaplanmış noktalardan sarkıtılan özel çeküller ile, bağlantısı yapılacak katlara indirilmesidir. İşletmenin durumuna göre, iki yeryüzü noktası iki ayrı kuyudan tek çekülleme ile veya bir kuyudan çift çekülleme ile yeraltına indirilir.

3.3.1.1. Tek Kuyudan Mekanik Çekülleme


Öncelikle kuyu ağızı üzerinde, kuyu çapının ve görüş imkânının elverdiği ölçüde birbirinden uzak, A ve B gibi iki nokta belirlenir. (şekil 3.2)

Bu noktaların koordinatları yerüstü ölçme noktalarından yararlanılarak, kontrollü olarak hesaplanır. Teodolit 1 noktasına kurulur ve β , β_1 açıları ile a, b uzunlukları ölçülür. (1B) semt açısı hesaplanır.

$$(1B) = (21) + (\beta_1 + \beta) \mp 200 \quad \text{Buradan;}$$

$$Y_B = Y_1 + b \cdot \sin(1B)$$

$$X_B = X_1 + b \cdot \cos(1B)$$

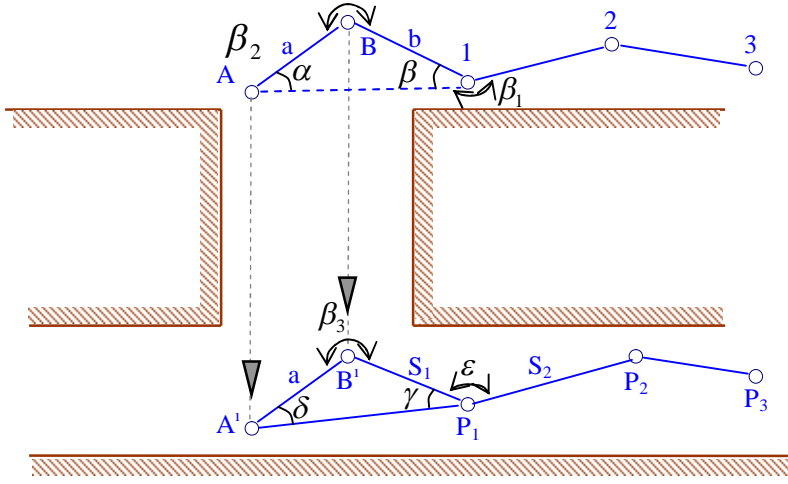
 ABİ üçgeninde sinüs teoreminden;

$$\sin \alpha = \frac{b}{a} \cdot \sin \beta \quad \rightarrow \quad \beta_2 = 400 - [200 - (\alpha + \beta)] \text{ dir.}$$

$$(BA) = (1B) + (400 - \beta_2) \mp 200$$

$$Y_A = Y_B + a \cdot \sin(BA)$$

$$X_A = X_B + a \cdot \cos(BA)$$



Şekil 3.2: Tek kuyudan çift nokta çekülmesi

A, B noktalarından, bir makara düzeni ile önce, 1–2 mm çaplı özel çelik teller sarkıtılır. Kuyu dişi seviyesinde, tellerin çekme dayanımlarına göre 100–300 kg.lık demir, kurşun veya betondan yapılmış özel şaküller asılır. Yeraltı poligonunun ilk noktası olan P_1 , A^1 ve B^1 noktalarına görüş imkânı olan bir yerde ve bu noktalara yakın olarak tesis edilir. Çekülleme noktaları olan A^1 ve B^1 noktalarına hiçbir şekilde alet kurulmaz. P_1 noktasına teodolit kurulur. γ ve ε açıları ve S_1 uzunluğu ölçülür.

$$Y_A = Y_{A^1}, \quad X_A = X_{A^1}, \quad Y_B = Y_{B^1}, \quad X_B = X_{B^1} \quad (AB) = (A^1B^1) \text{ dür.}$$

$\triangle A^1B^1P_1$ üçgeninden;

$$\sin \delta = \frac{S_1}{a} \cdot \sin \gamma \quad \rightarrow \quad \beta_3 = 400 - [200 - (\delta + \gamma)]$$

$$(B^1P_1) = (A^1B^1) + \beta_3 \mp 200 \quad \rightarrow \quad Y_{P_1} = Y_{B^1} + S_1 \cdot \sin (B^1P_1) \\ X_{P_1} = X_{B^1} + S_1 \cdot \cos (B^1P_1)$$

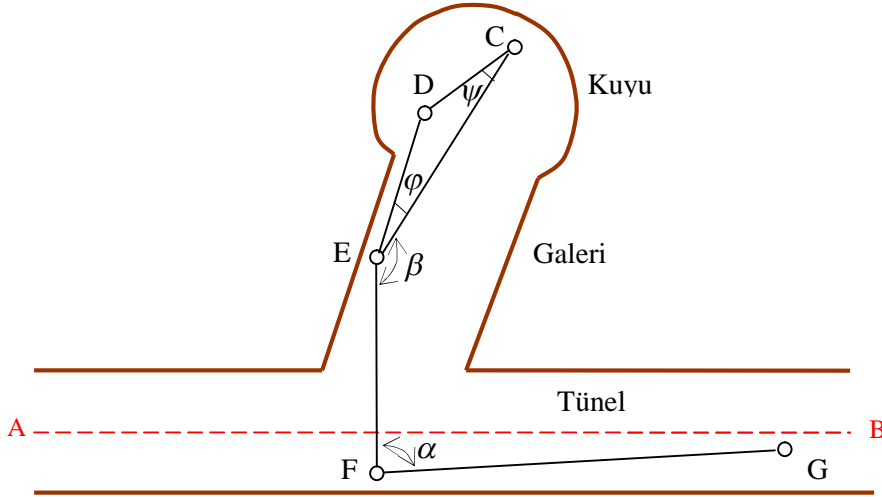
$$(P_1P_2) = (B^1P_1) + \varepsilon \mp 200 \quad \rightarrow \quad Y_{P_2} = Y_{P_1} + S_2 \cdot \sin (P_1P_2) \\ X_{P_2} = X_{P_1} + S_2 \cdot \cos (P_1P_2)$$

Böylece yeraltında koordinatları bilinen iki poligon noktası elde edilmiş olur. Bu noktalardan yararlanarak da buradan çıkış alan başka noktalara koordinat taşınması, kazı tahkimat çalışmalarının yönlendirilmesi gibi işlemlerin gerçekleştirilmesi mümkün olur.

Örnek

Şekil 3.3 te görülen AB tünel eksenini verilen bir açıklıkla aplike edilmiştir. Bir kuyuya açılan kısa bir galeri ile tünele geçiş sağlanmıştır. C ve D noktaları çekül tellerinin sarkıtıldığı noktalardır. E ve F noktalarında teodolit kurularak $DEC = \varphi$, $CEF = \beta$ ve $EFG = \alpha$ yatay açıları ölçülmüştür. F ve G noktalarının koordinatlarını hesaplayınız.

CD = 3.64 m	$\varphi = 0^{\circ},0117$	Nokta	Y	X
DE = 4.46 m	$\beta = 185^{\circ},7469$			
EF = 13.22 m	$\alpha = 97^{\circ},1052$	C	375.78 m	1119.32 m
FG = 57.50 m		D	375.37 m	1115.70 m
CE = 8.10 m				



Şekil 3.3: Çift çekülleme örneği

Çözüm

$$\sin \psi = \frac{DE}{CD} \cdot \sin \varphi = \frac{4.46}{3.64} \cdot \sin 0,0117 = 0.000225184 \rightarrow \psi = 0^{\circ},0143$$

CD çekül bazının açıklık açısı

$$\tan (CD) = \frac{Y_D - Y_C}{X_D - X_C} = \frac{-0.41}{-3.62} = 0.1132596 \rightarrow (CD) = 207^{\circ},1797$$

CE, EF ve FG kenarlarının açıklık açıları ise,

$$(CE) = (CD) - \psi = 207^{\circ},1797 - 0^{\circ},0143 = 207^{\circ},1654$$

$$(EF) = (CE) + \beta \mp 200^{\circ} = 192^{\circ},9123$$

$$(FG) = (EF) + \alpha \mp 200^{\circ} = 90^{\circ},0175 \quad \text{elde edilir.}$$

Koordinat değerleri ise;

$$Y_E = Y_C + CE \cdot \sin (CE) = 375.78 + 8.10 \cdot \sin 207^{\circ},1654 \rightarrow Y_E = 374.87 \text{ m}$$

$$X_E = X_C + CE \cdot \cos (CE) = 1119.32 + 8.10 \cdot \cos 207^{\circ},1654 \rightarrow X_E = 1111.27 \text{ m}$$

$$Y_F = Y_E + EF \cdot \sin (EF) = 374.87 + 13.22 \cdot \sin 192^{\circ},9123 \rightarrow Y_F = 376.34 \text{ m}$$

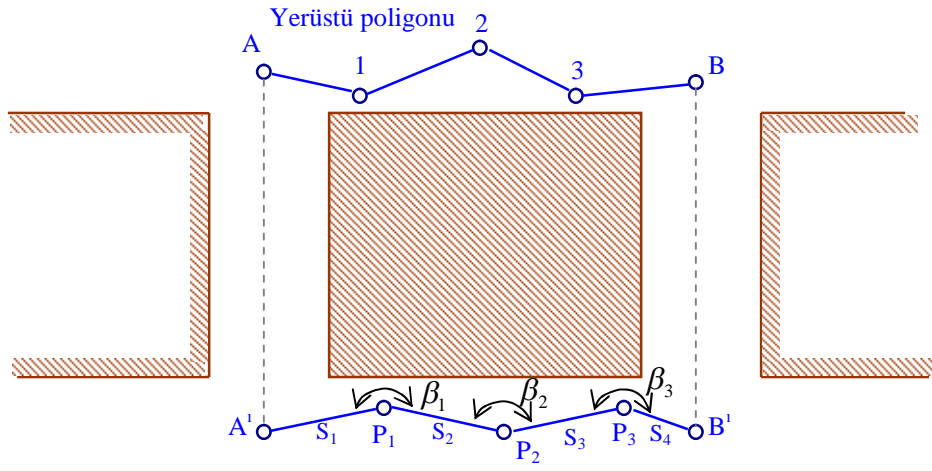
$$X_F = X_E + EF \cdot \cos (EF) = 1111.27 + 13.22 \cdot \cos 192^{\circ},9123 \rightarrow X_F = 1098.13 \text{ m}$$

$$Y_G = Y_F + FG \cdot \sin (FG) = 376.34 + 57.50 \cdot \sin 90^{\circ},0175 \rightarrow Y_G = 433.13 \text{ m}$$

$$X_G = X_F + FG \cdot \cos (FG) = 1098.13 + 57.50 \cdot \cos 90^{\circ},0175 \rightarrow X_G = 1107.11 \text{ m}$$

3.3.1.2. İki Kuyudan Mekanik Çekülleme

Bir işletme bölgesinde yeraltına bağlantı, iki daha fazla düşey kuyu ile sağlanabilir. Mekanik şakülleme işlemi, bu kuyuların ikisinden veya üçünden sarkıtılan birer çekül ile sağlanır. Kuyu ağzında tesis edilen A ve B noktalarının koordinatları yerüstü poligon geçkisine bağlanarak hesaplanır. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4: İki kuyudan tek nokta çeküllemesi

Bu noktaların kuyu dibindeki izdüşümleri A' ve B' dir. Tek kuyuda olduğu gibi, her bir kuyuda alınan şakülleme noktalarından çeküller sarkıtılır. A' ve B' noktaları arasında olabildiğince az noktalı gergin bir yeraltı poligon geçkisi (Şekil 3.4 de A', P₁, P₂, P₃, B') oluşturulur. S_i ve β_i ler ölçülür. Yerüstündeki A, B noktalarının koordinatlarından (AB) açıklık açısı hesaplanır.

$$\tan (AB) = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

Yeraltı poligonunun ilk kenarının açıklık açısı $(A^1P_1) = 0^\circ$ alınarak bir geçici poligon hesabı yapılır. B^1 için geçici Y_{B^1} , X_{B^1} koordinatları hesaplanır. Bu durumda B^1 noktası B'' gibi bir yerde çıkacaktır. Böylece $A^1 B^1$ ile $A'' B''$ arasında Δ kadar bir semt açısı farkı (dönüklüğü) olacaktır. Bu fark, yerüstü gerçek koordinat sistemi ile kabul edilen geçici koordinat sistemi arasındaki semt açısı farkıdır. $A^1 = A$ ve B'' koordinatlarından faydalanarak (A^1B'') geçici açıklığı bulunur.

$$\tan (A^1B'') = \frac{Y_{B''} - Y_{A^1}}{X_{B''} - X_{A^1}}$$

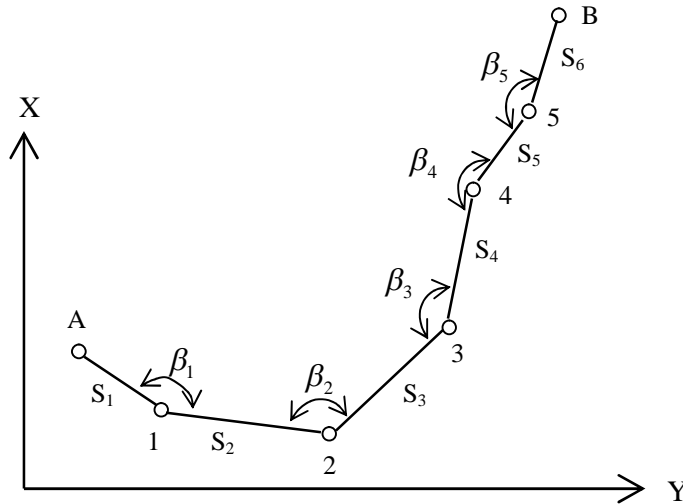
Dönüklük açısı bulunur,

$$\varphi = (ab) - (A^1B'')$$

İlk kenarın açıklık açısı $(A^1P_1) = \varphi$ alınarak esas açıklıklar bulunur. Sonra yeraltı poligon hesabı yapılır. Hesap sonunda bulunacak B^1 nün koordinatları B nin koordinatlarına (tolerans dâhilinde kalmak koşuluyla) eşit çıkmalıdır.

Örnek

İki ayrı kuyudan çekülleme ile yeraltı ölçme ağına yön ve koordinat taşınacaktır. Aşağıda verilenlerin yardımıyla yeraltı poligon noktalarının koordinatlarını hesaplayınız.



Şekil 3.5: İki kuyudan çekülleme örneği

$S_1 = 35.07 \text{ m}$	$\beta_1 = 193^\circ,54$	Nokta	Y	X
$S_2 = 72.46 \text{ m}$	$\beta_2 = 169^\circ,50$	_____	_____	_____
$S_3 = 52.67 \text{ m}$	$\beta_3 = 180^\circ,08$	A	5352.03	5000.96
$S_4 = 69.53 \text{ m}$	$\beta_4 = 208^\circ,71$	B	5610.49	5104.56
$S_5 = 32.08 \text{ m}$	$\beta_5 = 195^\circ,80$			
$S_6 = 34.86 \text{ m}$				

Çözüm

$$\tan (AB) = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{+ 258.46}{+ 103.60} \quad (AB) = 75^\circ,7304$$

Nokta	Kırılma Açısı	Açıklık Açısı	Kenar	ΔY	ΔX	Y	X
A ^I		0.00	35.07	0.00	35.07		
1	193.54	393.54	72.46	-7.34	72.09		
2	169.50	363.04	52.67	-28.89	44.04		
3	180.08	343.12	69.53	-54.18	43.58		
4	208.71	351.83	32.08	-22.08	23.33		
5	195.80	347.63	34.86	-25.55	23.72		
B ^{II}							
				-137.98	241.83		

$$\tan (A'B^{II}) = \frac{-137.98}{+ 241.83} \quad (A'B^{II}) = 366^\circ,9915$$

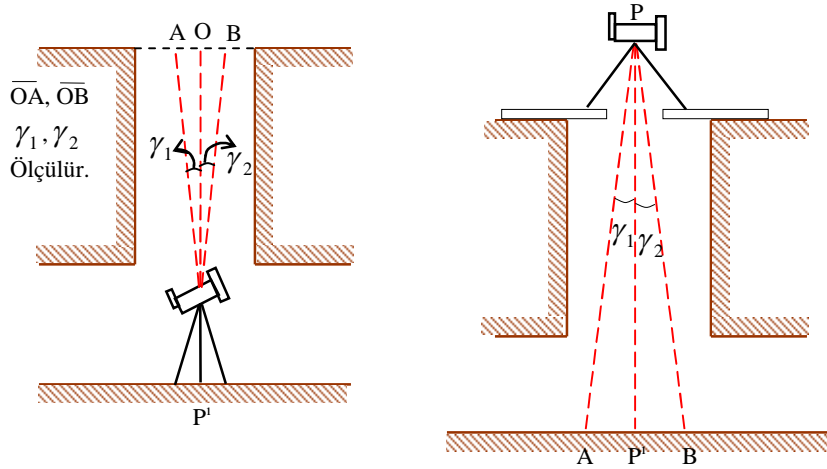
$$\varphi = (AB) - (A'B^{II}) = 75,7304 - 366,9915 = 108^\circ,7389$$

Nokta	Kırılma Açısı	Açıklık Açısı	Kenar	ΔY	ΔX	Y	X
A ^I		108.7389	35.07	34.74 ⁺¹	-4.80	5352.03	5000.96
1	193.54	102.2789	72.46	72.41 ⁺¹	-2.59 ⁺¹	5386.78	4996.16
2	169.50	71.7789	52.67	47.58 ⁺¹	22.59	5459.20	4993.58
3	180.08					5506.79	5016.17

		51.8589	69.53	50.58 ⁺¹	47.71		
4	208.71					5557.38	5063.88
		60.5689	32.08	26.12	18.62		
5	195.80					5583.50	5082.50
		56.3689	34.86	26.99	22.06		
B'						5610.49	5104.56
				258.42	103.59	$\Delta Y=258.46$	$\Delta X=103.60$
				$f_y = 4$	$f_x = 1$		

3.3.2. Optik Yöntemlerle

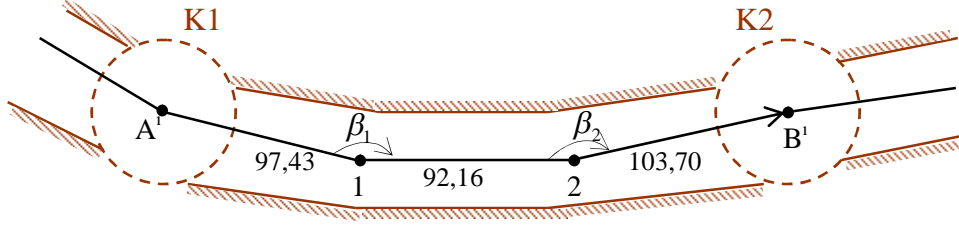
Mekanik şaküllemenin zor ve zaman alıcı olması, buna karşılık ulaşılan doğruluğun pek fazla olmaması gibi nedenlerle, yönelmenin optik yöntemlerle yapılması daha doğrudur. Bunun için, düşey ve dik gözlemlerin yapılmasına imkân veren optik şakül, lazer teodoliti, objektif veya oküler prizmalı teodolitler gibi aletlerin olması gerekir. Aletler yeraltında kuyu dibine ya da yerüstünde kuyu ağzına kurulan platform üzerine kurulurlar (şekil 3.6). Böylece koordinatları bilinen noktalardan yapılacak düşey veya düşeye yakın gözlemlerle, noktaların veya doğrultuların kuyu dibine indirgenmesi veya tam tersi, kuyu dibindeki bir noktanın kuyu ağzı seviyesine çıkarılması mümkündür.



Şekil 3.6: Optik Yöntem

Derin (200 m yi geçen) kuyularda yöntemin uygulanışı zorlaşır. Çünkü kuyu içi ortamda yoğunluk değişmesi, gaz ve toz etkilerinden kaynaklanan ışık kırılması, görüntü güçlüğü gibi etkenler uygulamayı güçleştirir. Optik çeküllemenin lazer bağlantılı teodolitlerle veya lazer teodolitleri ile uygulanması durumunda, hem işlem kolaylığı olmakta hem de doğruluk artmaktadır. Bu durumda, lazer cihazının verdiği görünür kırmızı veya mavi renkli ince ışık demeti, bağlantıyı sağlamaktadır.

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 3.7: Yeraltında çekülleme uygulaması

Şekil 3.7 de görülen iki ayrı kuyudan (K1 ve K2 kuyularından) şakülleme ile yeraltı ölçme ağına yön ve koordinat taşınacaktır. Kuyu ağzlarında alınan A ve B noktalarının koordinatları $Y_A=41441.96$ m , $X_A=26965.47$ m ve $Y_B=41655.11$ m , $X_B=26837.15$ m olarak hesaplanmıştır. 1, 2 poligon noktalarında yapılan açı ölçümleri ise; $\beta_1=146,2316$ ve $\beta_2=167,9664$ dır. Koordinat ve semt taşınması gereken yeraltı çalışma katında, 1 ve 2 yeraltı poligon noktalarının koordinatlarını hesaplayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ A'1-2B' geçici semtlerini hesaplayınız.	➤ Geçici semtler için $Y_A=Y_A'=0.00$ ve $X_A=X_A'=0.00$ kabul ediniz.
➤ Koordinat hesabı için geçici ΔY ve ΔX değerlerini hesaplayınız.	➤ “3.3.1.2.iki kuyudan mekanik çekülleme” konusu altında verilen örneğe bakınız.
➤ (AB) semtini ve (A'B') semtini hesaplayınız.	➤ “3.3.1.2.İki Kuyudan Mekanik Çekülleme” konusu altında verilen örneğe göre yapınız.
➤ Semt açısı farkını bulunuz.	➤ “3.3.1.2.İki Kuyudan Mekanik Çekülleme” konusu altında verilen örneğe göre semt açısını bulunuz.
➤ Yeraltı poligon hesabını yapınız.	➤ “3.3.1.2.İki Kuyudan Mekanik Çekülleme” konusu altında verilen örneğe göre poligon hesabını yapınız.

KONTROL LİSTESİ

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre, Uygulama Faaliyeti 3’de verilen uygulamayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “ **Evet-Hayır**” seçeneklerinden uygun olanı işaretleyiniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1.A ¹ 1-2B ¹ geçici semtlerini hesapladınız mı?		
2.Koordinat hesabı için geçici ΔY ve ΔX değerlerini hesapladınız mı?		
3.(AB) semtini ve (A ¹ B ¹) semtini hesapladınız mı?		
4.Semt açısı farkını buldunuz mu?		
5.Yeraltı poligon hesabını yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz. Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksiğiniz varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki verilen cümlelerden doğru olanları (D), yanlış olanları (Y) olarak işaretleyiniz.

1. () Yerüstü ve yeraltı ölçmelerinde ve planlarında koordinat ve yükseklik birliği sağlanması için yeraltında yönelme yapılır.
2. () Yatay ve eğik galerilerde yerüstündeki poligonasyon ölçmesi yeraltında devam ettirilir.
3. () Kuyularla yönelmede yeraltı ölçmeleri yerüstü ölçmelerinden bağımsız olarak yapılır.
4. () Yerüstündeki bir noktanın eğik galerilerle yeraltına indirilmesi işlemine nokta çeküllemesi denir.
5. () İşletmenin durumuna göre, iki yeryüzü noktası iki ayrı kuyudan tek çekülleme ile veya bir kuyudan çift çekülleme ile yeraltına indirilir.
6. () Tek kuyudan çeküllemeye, kuyu dibinde tespit edilen A^1 ve B^1 noktalarına alet kurularak ölçmeye yeraltında devam edilir.
7. () İki kuyudan mekanik çeküllemeye yeraltı poligonunun ilk kenarının açıklık açısı 0° alınarak bir geçici poligon hesabı yapılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı modül sonundaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kuralına uygun olarak yeraltında yükseklik ölçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Yeraltında yükseklik ölçmesi nasıl yapılır araştırınız.
- Bulduğunuz bölgede varsa maden ile ilgili kuruluşlara, üniversitelerin maden ile ilgili bölümlerine giderek yeraltında yükseklik ölçümünün nasıl yapıldığını ve hangi yöntemlerin kullanıldığını öğreniniz.
- Öğrendiğiniz bilgileri arkadaş grubunuz ile paylaşınız.

4. YERALTINDA YÜKSEKLİK ÖLÇME (NİVELMAN)

Kuyuların gerek açılmaları esnasında gerekse daha sonraki kontrol ölçmeleri için, yeraltına yükseklik taşınması ve derinlik ölçmelerinin yapılmasına ihtiyaç vardır.

4.1. Eğik Kuyularda Derinliklerin Ölçülmesi

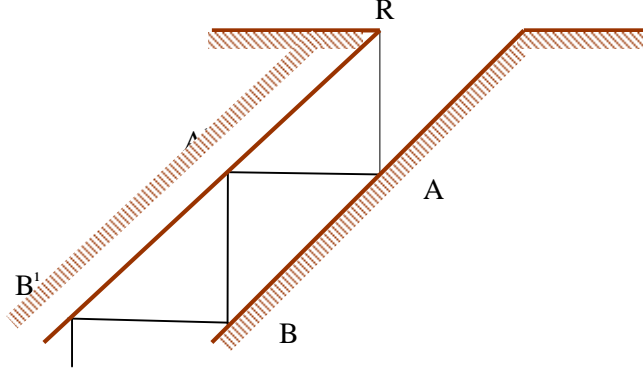
Eğik kuyuların derinliklerinin ölçülmesinde kuyuların eğimlerine göre aşağıdaki yöntemlerden biri uygulanabilir.

4.1.1. Basamaklı Ölçme Yöntemi

Kuyu ağzında tesis edilen R röper noktasından başlanarak çelik şerit metre sarkıtılmak suretiyle kuyu kenarlarında yatay doğrultuda olmak üzere karşılıklı noktalar işaretlenir. (Şekil 4.1)

Bu yöntemde asma daire ve çelik şerit birlikte kullanılır. Kuyu ağzında bir R röperi işaretlenir. Şerit düşey doğrultuda sallandırılır. A noktası işaretlenir. RA ölçülür. Bir ip ve asma daire yardımıyla A noktasının yatay karşılığı A' bulunur. A' den şerit sarkıtılır ve B işaretlenir. A'B ölçülür. Bu şekilde ölçme işlemine kuyu dibinde, en alt seviyedeki noktaya kadar devam edilir. Böylece parça parça derinlikler RA, A'B... toplanmak suretiyle kuyu

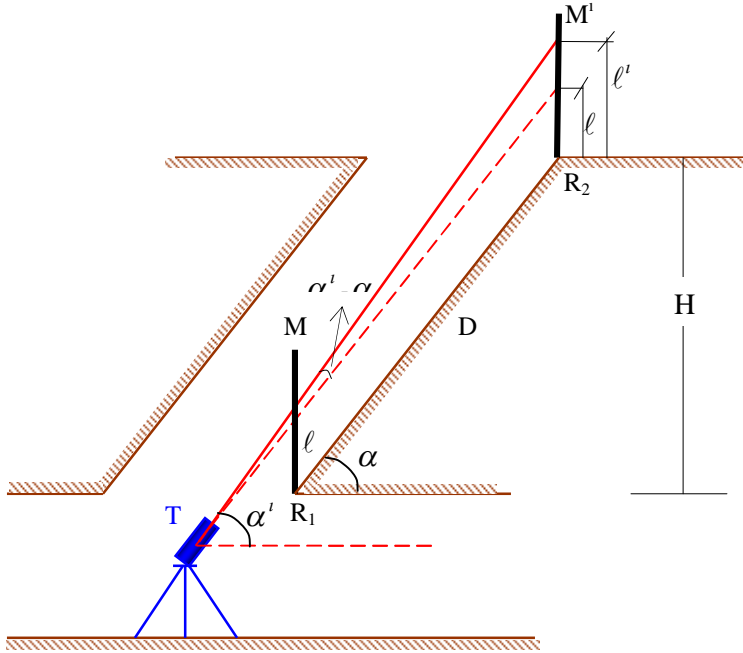
derinliği bulunur. İşlem, mevcut kuyu asansöründe konumlanan bir ölçmeci tarafından yürütölür ve en az iki defa tekrarlanarak kontrol sağlanır.



Şekil 4.1: Eğik kuyularda basamaklı ölçme yöntemi

4.1.2. Trigonometrik Yöntem

Kuyunun eğimi serbest ise, bir teodolit ve iki mira kullanılarak ölçme yapılabilir. Teodolit kuyu dibine kurulur. R_1 ve R_2 röper noktalarına tutulan M ve M' mirasında l ve l' okumaları yapılır. Gözleme doğrultusunun eğim açısı α' ölçölür. Ayrıca kuyunun eğik boyu D ölçölür.



Şekil 4.2: Eğik kuyularda trigonometrik yöntem

α açısının ölçülmesi kolay olmayacağından, α açısı yerine α' açısı ölçülerek, α açısı şu eşitlikten hesaplanabilir:

$$\sin(\alpha - \alpha') = \frac{\ell' - \ell}{D} \cdot \cos \alpha'$$

$\alpha' < \alpha$ ise $\ell' < \ell$ olacağından, $\sin(\alpha - \alpha')$ değeri eksi işaret taşır. Kuyunun eğim açısı hesaplandıktan sonra H derinliği,

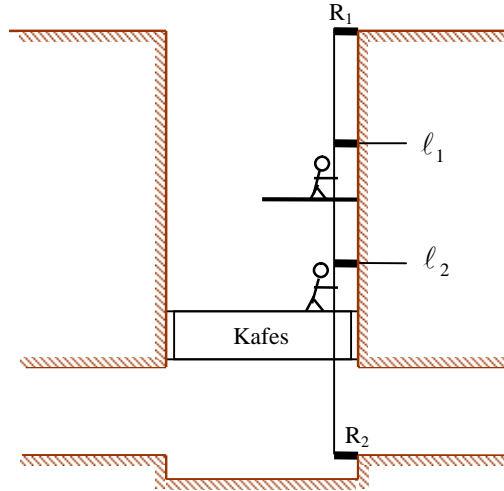
$H = D \cdot \sin \alpha$ bağıntısından elde edilir.

4.2. Düşey Kuyularda Derinliklerin Ölçülmesi

Düşey kuyularda derinliklerin ölçülmesini, derin olmayan ve derin kuyularda ölçme olmak üzere iki kısımda inceleyeceğiz.

4.2.1. Derin Olmayan Kuyularda Ölçme

Derinliği yaklaşık 40 – 50 m olan kuyularda çelik şerit metre ile derinlik ölçülebilir. 50 m lik madenci şeridi kuyu ağzında kotu veya yükseltisi bilinen bir röper çivisine asılarak sarkıtılır. (Şekil 4.3) Bu çalışmalarda kuyu asansörü veya kafesinden yararlanılır. Kuyu derinliği şerit boyundan fazla ise kuyu iç duvarına çakılan ardışık çiviler arası ölçülmek suretiyle ölçüm tamamlanır.

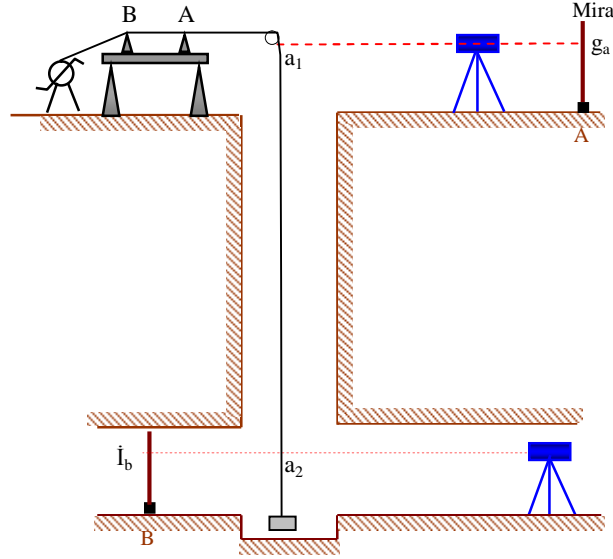


Şekil 4.3: Şerit ile kuyu derinliği ölçme

4.2.2. Derin Kuyularda Ölçme

➤ Kuyu şeridi ile derinlik ölçme

Kuyu ağzında yerleştirilen bir kuyu şeridi kullanılır. Sarkıtılan şerit ile geometrik nivelman yöntemi uygulanarak kuyu ağzında ve kuyu dibinde (veya ölçme yapılan işletme



Şekil 4.5: Çelik tel ile derinlik ölçme

Kuyu başında ve kuyu dibinde, nivo gözlem düzeyi (a_1 , a_2) tel üzerinde işaretlenir. Bu esnada yeraltı ve yerüstü röper noktalarında g_a ve i_b mira okumaları yapılır. Buradan;

$$H_B = H_A + g_a - (a_2 - a_1) - i_b \text{ olur.}$$

➤ **Elektronik aletlerle derinlik ölçme**

Kuyu derinliklerinin elektronik uzunluk ölçerlerle ölçülmesi hem doğruluk hem de uygulama kolaylığı bakımından tercih edilebilir. Ölçmeler yerüstündekinin aynıdır. Tek fark yeraltındaki veya kuyu ağzındaki aletten çıkan ve reflektöre yönlendirilen ışın yolunun 90° döndürülmesi için ek bir yansıtma düzenine ihtiyaç vardır.

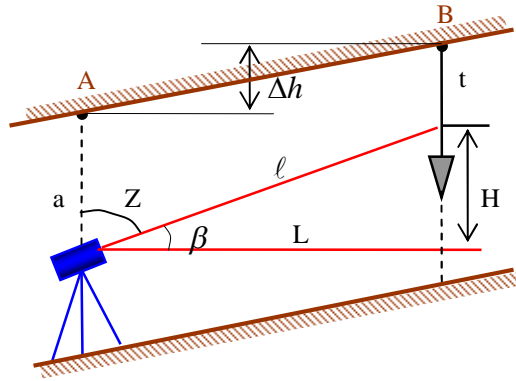
4.3. Yeraltında Nivelman

Bir yerüstü noktasının sadece x, y koordinatlarının bilinmesi ile o noktanın yerinin belirlenmesi mümkündür. Ancak yeraltı ile ilgili konularda, noktaların mutlaka yükseklikleri ile birlikte verilmesi gerekmektedir. Yerüstünde olduğu gibi, yeraltında da bir noktanın kotu, deniz seviyesine göre yüksekliğidir. Deniz yüzeyinden yukarda olan noktaların kotu (+), aşağıda olan noktaların kotu ise (-) işaretiyle gösterilir. Ocak röper noktası en yakın nirengi noktasına bağlanırken, kotu da ölçülür. Bütün diğer noktaların kotu bu kota göre hesaplanır. Yeraltı ölçmelerinde, daha çok trigonometrik nivelman yönteminden yararlanılır. Az eğimli, önemli galerilerde ve boşluklarda, hassasiyetin fazla gerekli olduğu durumlarda ise geometrik nivelman yönteminden de yararlanılır.

4.3.1. Trigonometrik Nivelman

Yeraltı yükseklik ölçmelerinde, birkaç cm lik bir doğruluğun yeterli olması, uygulanma kolaylığının bulunması gibi nedenlerle genellikle trigonometrik nivelman yöntemi uygulanır. Noktalar arasındaki eğik veya yatay mesafe ile düşey açı, alet ve işaret yüksekliği değerlerinin ölçülmesi gerekir.

➤ **A ve B noktaları tavanda ise;**



Şekil 4.6: Trigonometrik nivelman

Şekil 4.6 da görüldüğü gibi tavadaki A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkını bulmak için teodolit A noktasının altına kurulur. Noktadan muylu eksenine kadar olan a uzunluğu ölçülür. B noktasında asılı çekül ipinin B noktasından yüksekliği t ölçülür. Ayrıca ℓ eğik uzunluğu ve Z açısı ölçülür.

$$\Delta h = t + H - a$$

$$H = \ell \cdot \cos Z \quad \text{veya} \quad H = \ell \cdot \sin \beta$$

$$\Delta h = t + \ell \cdot \sin \beta - a \rightarrow t = a \text{ ise}$$

$$\Delta h = \ell \cdot \sin \beta \quad \text{veya} \quad \Delta h = \ell \cdot \cos Z$$

$$H_B = H_A - a + H + t \text{ Örnek}$$

$$a = -1.00 \text{ m} \quad \beta = 30^{\circ} 00'$$

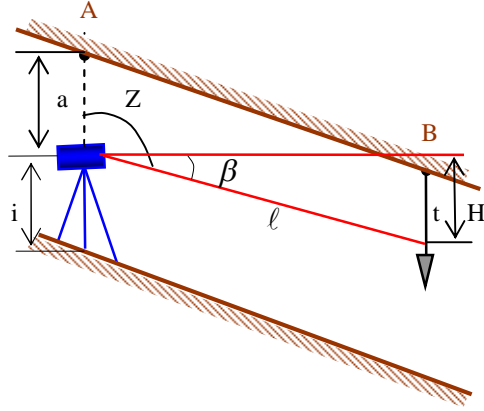
$$b = -0.90 \text{ m} \quad H_A = -300 \text{ m}$$

$$\ell = 20.00 \text{ m} \quad H_B = ?$$

Çözüm

Bu verilere göre A ve B noktaları tavadadır.

$$H_B = -300 - 1.00 + 20.00 \times 0.5 + 0.90 \rightarrow H_B = -290.00 \text{ m}$$



Şekil 4.7: Trigonometrik nivelman

Örnek

Şekil 4.7 deki galeride yapılan ölçümlerin değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} a &= -0.85 \text{ m} & \beta &= -30^{\circ} 00' \\ b &= -0.75 \text{ m} & H_A &= 450 \text{ m} \\ \ell &= 24.00 \text{ m} & H_B &= ? \end{aligned}$$

Çözüm

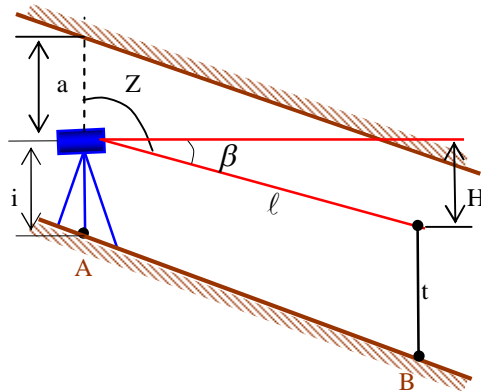
$$H_B = 450 - 0.85 - 24.00 \times 0.5 + 0.75$$

$$H_B = 437.90 \text{ m}$$

$$H_B = H_A - a - H + t$$

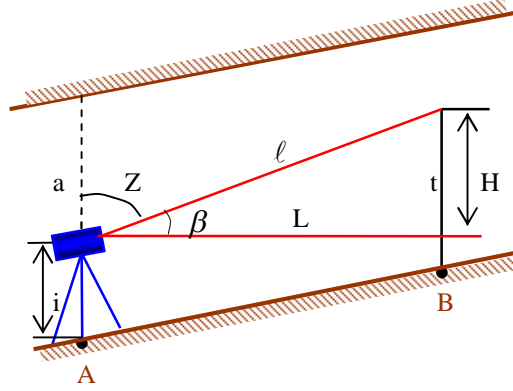
Not: Alet merkezi ve gözlenen nokta yüksekliği, noktalar tavanda ise (-), tabanda ise (+) işaretiyle gösterilir. Düşey açıda yukarıya doğru (+), aşağıya doğru (-) işaretiyle gösterilir.

➤ **A ve B noktaları tabanda ise;**



Şekil 4.8: A ve B noktaları tabanda

$$H_B = H_A + i - H - t$$

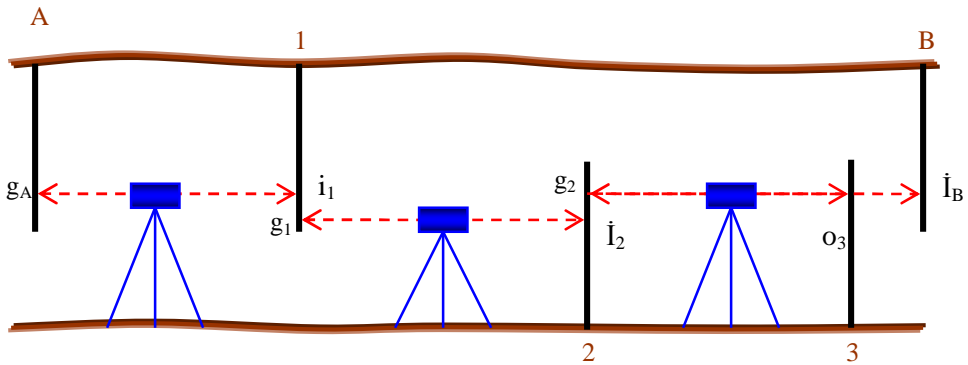


Şekil 4.9: A ve B noktaları tabanda

$$H_B = H_A + i + H - t$$

4.3.2. Geometrik Nivelman

Tabanda alınan noktalarda geometrik nivelmanın yerüstü uygulamalarından farklı bir yönü yoktur. Poligon noktaları çoğunlukla galerilerin tavanında tesis edilir. Bu durumda miranın sıfır ucunun noktayla temas edecek şekilde baş aşağı tutulması veya noktalara asılarak kullanılan miralardan yararlanılması gerekir. Miraların boyları 1-2 m dir. Nivelolar ise yeraltında gözleme yapacak şekilde aydınlatma düzeneği olan, toz ve suya korunaklı, gerektiğinde kısa gözlemeler (1,5 – 2 m) yapılabilecek şekilde olmalıdır. Yeraltında geometrik nivelman, önemli bağlantılar, ana nakliyat galerilerinde eğim kontrolü gibi hassasiyet (presizyon) gerektiren ölçmeler için uygulanır.



Şekil 4.10: Geometrik nivelman

$$H_1 = H_A - g_A + i_1$$

$$H_2 = H_1 - g_1 - i_2$$

$$H_3 = H_2 + g_2 - O_3$$

$$H_B = H_2 + g_2 + i_B$$

Örnek

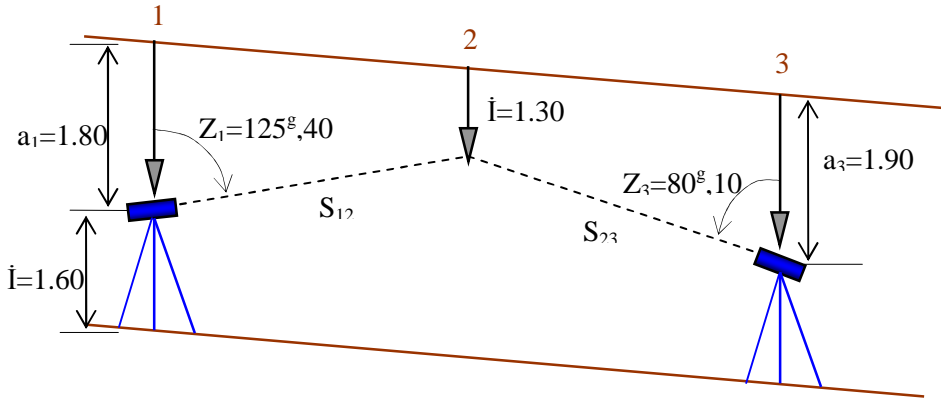
Şekil 4.10 da bir galerideki nivelman işlemi görülmektedir. A noktasının yüksekliği bellidir. Ölçü değerleri aşağıda verilmiştir.

$$H_A = -125.00 \text{ m}$$
$$g_A = 1.10 \quad i_1 = 0.90 \quad g_1 = 1.15 \quad i_2 = 1.05 \quad g_2 = 1.20 \quad O_3 = 1.18 \quad i_B = 1.50$$

Çözüm

$$H_1 = -125.00 - 1.10 + 0.90 = -125.20 \text{ m} \quad H_3 = -127.40 + 1.20 - 1.18 = -127.38 \text{ m}$$
$$H_2 = -125.20 - 1.15 - 1.05 = -127.40 \text{ m} \quad H_B = -127.40 + 1.20 + 1.50 = -124.70 \text{ m}$$

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 4.11:Yeraltında nivelman uygulaması

Şekil 4.11 de görülen 1, 2, 3 noktaları, bir galerinin eksenı üzerinde alınmış tavan noktalarıdır. Gerekli değerler aşağıda verilmiştir. 2 ve 3 noktalarının koordinat ve yüksekliklerini hesaplayınız.

$$\begin{array}{llll}
 Y_1 = 583.40 \text{ m} & (12) = 254^g & S_{12} = 35.16 \text{ m} & H_1 = 90.50 \text{ m} \\
 X_1 = 355.20 \text{ m} & (32) = 72^g & S_{23} = 41.20 \text{ m} &
 \end{array}$$

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ 1-2 ve 2-3 noktaları arasındaki yatay uzunlukları hesaplayınız.	➤ Yatay uzunlukları hesaplariken verilen eğik uzunluk değerlerinden yararlanınız.
➤ 2 ve 3 nu.lı noktaların koordinatlarını hesaplayınız.	➤ 3 nu. lı noktanın koordinatlarını hesaplamak için (23) semtini hesaplayınız.
➤ 1-2 ve 2-3 arasındaki Δh farklarını hesaplayınız.	➤ Yükseklik hesabı yaparken 4.3.Yeraltında Nivelman konu başlığı altındaki formüllere göre hesaplayınız.
➤ 2 ve 3 noktalarının yüksekliklerini hesaplayınız.	➤ Yükseklik hesabı yaparken 4.3.Yeraltında Nivelman konu başlığı altında verilen bilgilerden yararlanınız.

KONTROL LİSTESİ

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre, Uygulama Faaliyeti 4'te verilen uygulamayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “ **Evet-Hayır**” seçeneklerinden uygun olanı işaretleyiniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1.1-2 ve 2-3 noktaları arasındaki yatay uzunlukları hesapladınız mı?		
2.2 ve 3 nu.lı noktaların koordinatlarını hesapladınız mı?		
3.1-2 ve 2-3 arasındaki Δh farklarını hesapladınız mı?		
4.2 ve 3 noktalarının yüksekliklerini hesapladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Uygulama faaliyetinde yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz. Yapmış olduğunuz değerlendirme sonunda eksiğiniz varsa, faaliyete dönerek ilgili konuyu tekrarlayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

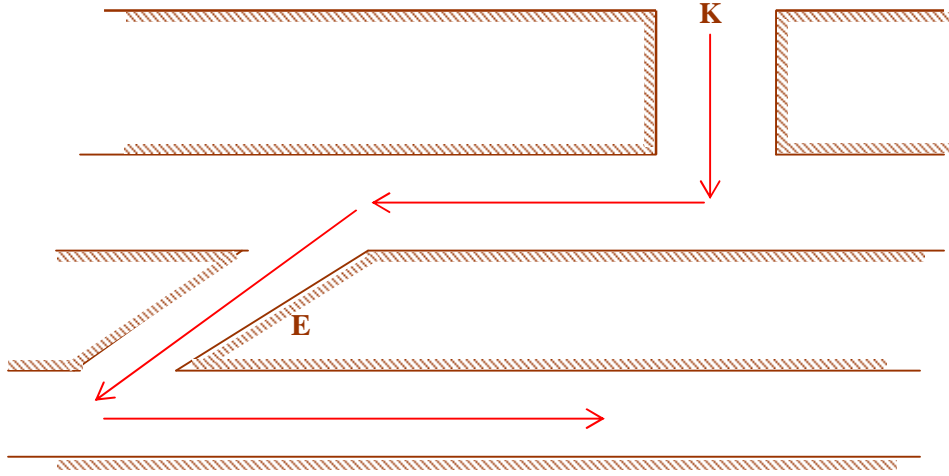
Aşağıdaki verilen cümlelerden doğru olanları (D), yanlış olanları (Y) olarak işaretleyiniz.

1. () Eğik kuyuların derinliklerinin ölçülmesi, basamaklı yöntem veya trigonometrik yöntemle yapılır.
2. () Basamaklı ölçme yöntemiyle derinliklerin ölçülmesinde teodolit kullanılır.
3. () Trigonometrik yöntemle derinlik ölçmede, kuyunun başı ve sonundaki röper noktalarına mira tutulur ve okuma yapılır.
4. () Derinliği 200 m ye kadar olan düşey kuyularda derinlik ölçmede çelik şerit metre kullanılır.
5. () Kuyu şeridi ile derinlik ölçmede, sarkıtılan şerit ile geometrik nivelman yöntemi uygulanarak kuyu ağzında ve kuyu dibinde nivo ile okumalar yapılır
6. () Ölçü teli ile derinlik ölçmede, sarkıtılan telin uzunluğu, telin yukarı çekilmesi esnasında ölçülür.
7. () Az eğimli, önemli galerilerde ve boşluklarda, hassasiyetin fazla gerekli olduğu durumlarda trigonometrik nivelman yönteminden yararlanılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı modül sonundaki cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME



Şekilde görüldüğü gibi, yerüstünden K düşey kuyusu ve E eğik galeri ile yeraltı katlarına bağlantı sağlanmıştır. Okların gösterdiği istikamette uzunluk, açı, yönelme, derinlik ölçme ve nivelman ölçümleri yapılacaktır. Bu uygulama için gerekli teknik çalışmayı yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Yeraltında nokta tesisini yapınız.	➤ Nokta tesisi yaparken rahat çalışma alanı olmasına dikkat ediniz.
➤ Yeraltında uzunluk ölçümü için gerekli yöntemi belirleyiniz ve uzunluk ölçümünü yapınız.	➤ Galerilerin eğim durumuna göre uzunluklar şerit metre ile yatay olarak veya eğik olarak ölçülürler. Göz önünde bulundurunuz.
➤ Yeraltında açı ölçümü için gerekli yöntemi belirleyiniz ve açı ölçümünü yapınız.	➤ Yeraltındaki noktalara koordinat taşıyınız.
➤ Yeraltındaki çalışmaların, yerüstü ölçmelerine bağlanması için K kuyusundan yönelmeyi gerçekleştiriniz.	➤ Yönelmeyi yaparken “3.2. Kuyularla Yönelme” konu başlığı altında verilen bilgilerden yararlanınız.
➤ K düşey kuyusu ve E eğik galerisi için derinlik ölçme yöntemini belirleyiniz.	➤ Kuyu şeridi ile, Ölçü teli ile veya elektronik aletlerle derinlik ölçme yöntemlerinden birini seçiniz.
➤ Yeraltında nivelman ölçmeleri için gerekli yöntemi belirleyiniz.	➤ Trigonometrik ya da geometrik Nivelman metotlarından birini seçiniz.

KONTROL LİSTESİ

Aşağıda hazırlanan değerlendirme ölçeğine göre, Uygulamalı testte verilen uygulamayı değerlendiriniz. Gerçekleşme düzeyine göre “ **Evet-Hayır**” seçeneklerinden uygun olanı işaretleyiniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Yeraltında nokta tesisini yaptınız mı?		
2. Yeraltında uzunluk ölçümü için gerekli yöntemi belirlediniz mi?		
3. Yeraltında uzunluk ölçümünü yaptınız mı?		
4. Yeraltında açı ölçümü için gerekli yöntemi belirlediniz mi?		
5. Yeraltında açı ölçümünü yaptınız mı?		
6. Yönelmeyi gerçekleştirdiniz mi?		
7. Derinlik ölçme yöntemini belirlediniz mi?		
8. Nivelman ölçmek için gerekli yöntemi belirlediniz mi?		
9. Nivelman ölçümünü yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Uygulamalı testte yapmış olduğunuz çalışmayı kontrol listesine göre değerlendiriniz. Yapılan değerlendirme sonunda “**Hayır**” cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz., kendinizi yeterli görmüyorsanız modülü tekrar ediniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi yeraltı ölçmelerini yerüstü ölçmelerinden ayıran başlıca özelliklerden biri değildir?
A) Karanlıkta çalışma yapılabilir
B) Noktalar tavanda alınabilir.
C) Açık ve uzunluk ölçmeleri yapılır.
D) Dik ya da düşey gözlemler yapılabilir.
2. Madenlerin kazılıp zeminden çıkarılması ile ilgili işlemlere verilen isim aşağıdakilerden hangisidir?
A) İmalat
B) Cevher
C) Galeri
D) Kuyu
3. Personelin işletmeye geçişine, malzeme ve cevherin taşınmasına olanak sağlayan bir tarafı kapalı olan yeraltı geçitlerine verilen isim aşağıdakilerden hangisidir?
A) Kuyu
B) Galeri
C) Ayak
D) Etaj
4. Aşağıdakilerden hangisi yeraltında uygulanan açı ölçme yöntemlerinden biri değildir?
A) 3 sehpa metodu
B) Kesişen doğrular metodu
C) Açıklık açısı metodu
D) Topoğrafya açısı metodu
5. Yeraltına yapılan ölçülerin ve buna bağlı olarak çıkarılan planların yerüstü ölçme ve planlarına göre doğrultu, yükseklik ve konum bakımından bağlanması işlemine verilen isim nedir?
A) Poligonasyon
B) Nivelman
C) Şenaj
D) Yönelme
6. Yerüstündeki bir noktanın düşey doğrultuda yeraltına indirilmesi işlemine verilen isim nedir?
A) Nokta çeküllemesi
B) Trigonometrik nivelman
C) Uzunluk ölçümü
D) Topoğrafya açısı metodu
7. Aşağıdakilerden hangisi derin kuyularda derinlik ölçmek için kullanılan yöntemlerden biri değildir?
A) Kuyu şeridi ile ölçme
B) Ölçü teli ile ölçme
C) Asma daire ile ölçme
D) Elektronik aletler ile ölçme

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarınızı karşılaştırınız, cevaplarınız doğru ise bir sonraki modüle geçmek için ilgili kişiler ile iletişim kurunuz. Yanlış cevap verdiyseniz modülün ilgili faaliyetine dönerek konuyu tekrar ediniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Y
3	Doğru
4	Doğru
5	Y
6	Doğru
7	Y
8	Doğru

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Yanlış
2	Doğru
3	Doğru
4	Yanlış
5	Yanlış
6	Doğru
7	Yanlış
8	Doğru

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Doğru
3	Yanlış
4	Yanlış
5	Doğru
6	Yanlış
7	Doğru

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜNCEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Yanlış
5	Doğru
6	Doğru
7	Yanlış

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	B
4	B
5	D
6	A
7	C

KAYNAKÇA

- AYDIN Ömer, **Yeraltı Ölçmeleri**, Yalçın Ofset Matbaası, İstanbul, 1981.
- KULAKSIZ Hüseyin, Metin Beyaz, **Yeraltı Topoğrafyası**, İ.T.Ü.Matbaası, İstanbul, 1975.
- KUŞÇU Şenol, **Madenlerde Ölçme ve Plan (Madencilik Topoğrafyası)**, Filiz Kitabevi, İstanbul, 1997.
- ÖZGEN Gündoğdu, **Topoğrafya (Ölçme Bilgisi)**, Atlas Kitabevi, İ.T.Ü.Matbaası, İstanbul, 1993.