

ÖLÇME BİLGİSİ

1.Bölüm

1.1. Tanım

Ölçme Bilgisi: Yeryüzü üzerindeki doğal ve insan yapımı cisimlerin boyutlarının, konumlarının belirlenmesi ve elde edilen bilgilerin grafiksel ve sayısal olarak sunulmasıdır.

Ölçme jeodezik ve düzlem ölçmeleri olarak iki gruba ayrılır. Jeodezik ölçmeler yeryüzü üzerindeki geniş alanları kapsadığı için dünyanın eğriselliği önem kazanmaktadır.

Ölçme işlemlerinde, özel topoğrafya aletleri ve metodları kullanılır. Hesap işlemi , genel matematik kurallara uygun olarak kolaylaştırılmış ve basitleştirilmiş özel formüller ve çizelgeler kullanılarak yapılır. Çizim işlemleri, boyut değiştirmeyen çizim altlıkları üzerine özel işaretler kullanılarak ölçeğine göre yapılır. Buna harita veya plan denir. Harita ve planın doğruluğunu (hassasiyetini), uygulanan ölçü metodu ve kullanılan aletlerin hassasiyeti kadar çizim işlemi de etkiler.

Ölçme amaca göre sınıflara ayrılmaktadır:

Topoğrafik ölçmeler

Topoğrafik ölçmeler sonucunda coğrafik, jeolojik, siyasi ve askeri amaçlı küçük ölçekli haritalar hazırlanmaktadır. Bu haritaların ölçekleri 1:25.000 ile 1:1.000.000 arasında değişmektedir.

Mühendislik ölçmeleri

Mühendislik ölçmeleri, karayolu, demiryolu, baraj vb. birçok inşaat amaçlı uygulamalar için hazırlanan haritaların hazırlanmasında kullanılır.

Inşaat türüne göre haritalarda kullanılan ölçekler aşağıda verilmiştir:

Sanatsal yapılar, binalar için: 1/50,1/100,1/200

Saha çalışmaları ve Büyük mühendislik yapıları (Barajlar, köprüler, viyadükler, havaalanları, limanlar vb.) için : 1/500, 1/1000, 1/1250/, 1/2000, 1/2500

Şehir yerleşim planı için, otoyollar için: 1/1250/, 1/2000, 1/2500, 1/5000, 1/10000, 1/20000, 1/50000

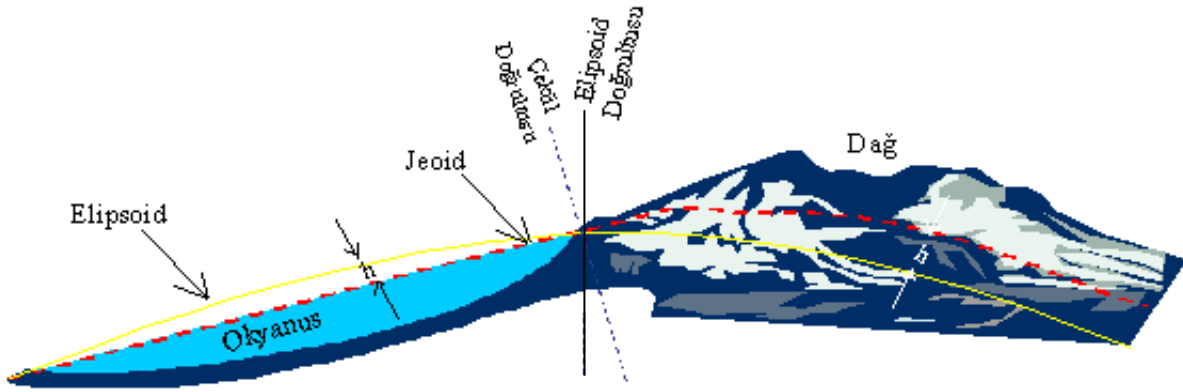
1.2. Yeryüzünün Şekli



şekli

Yeryüzü kompleks bir geometrik şekildir. Uzay boşluğunda, eksenini etrafında dönen yeryüzünün şekli, yerçekimi ve dönme ile meydana gelen merkezkaç kuvveti ve içerdiği formasyonların farklı yoğunlukta oluşu gibi iç ve dış kuvvetlerin birbirlerine etki yapmaları sonucunda meydana gelmiştir. İlk başlarda yeryüzünün

düz bir yüzeye benzetilirken, daha sonraları çeşitli ölçümlerle kutuplardan basık, ekvatorlardan genişmiş bir şekle sahip bir gezegen olarak tanımlanmıştır.



Günümüzde ise, yeryüzünün şekli deniz seviyesinden geçen "jeoid" diye adlandırılan teorik bir yüzeye tanımlanmaktadır. Çekül doğrultusu her zaman jeoid yüzeyine diktir.

1.3. Ölçü Birimleri

Topoğrafya da cisimlerin bir noktaya olan uzaklıklarını, konumlarını ve kapladıkları alanları belirtmek için ölçü birimlerinden faydalanılmaktadır.

Uzunluk Birimleri

Uzunluk birimi olarak dünya genelinde metre kullanılmaktadır. Metrenin askatları ve katları aşağıda verilmiştir.

1 kilometre (km)	=	1000 m
1 hektometre (hm)	=	100 m
1 dekametre (dam)	=	10 m
1 metre (m)	=	1 m
1 desimetre (dm)	=	0.1 m
1 santimetre (cm)	=	0.01 m
1 milimetre (mm)	=	0.001 m

Alan Birimleri

Alan birimi metrekaredir. Bir kenarı 1 metre olan karenin alanının büyüklüğünün 1 metrekaredir (m^2).

Alan birimi katları ve askatları aşağıda verilmiştir.

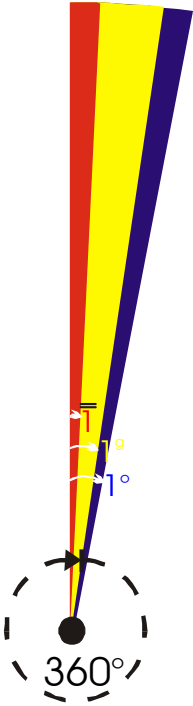
1 kilometrekare (km^2)	=	$10^6 m^2$
1 hektometrekare hektar (hm^2)	=	$10^4 m^2$
1 dekametrekare, ar (dkm^2)	=	$10^2 m^2$
1 metrekare (m^2)	=	$1 m^2$
1 desimetrekare (dm^2)	=	$10^{-2} m^2$
1 santimetrekare (cm^2)	=	$10^{-4} m^2$
1 milimetrekare (mm^2)	=	$10^{-6} m^2$

1000 m^2 dekar veya dönüm olarak adlandırılmaktadır.

Açı Birimi

Topoğrafik ölçme de genelde üç farklı açı birimi kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla;

Derece ($^\circ$), gradyan (g) ve milyem (=) dir.



$$360^\circ = 400^g = 6400''$$

Derece (°):

Derecenin ast katları dakika ve saniye ile ifade edilmektedir.

$$1 \text{ Dakika (')} = 1^\circ / 60$$

$$1 \text{ Saniye (')} = 1^\circ / 3600$$

Grad (ᵍ):

Çemberin 400 de biridir.

Topoğrafik ölçme de kullanılan Grad'ın ast katları aşağıda verilmiştir.

Santigrad (ᶜ)	=	0.01ᵍ
Desimiligrad (ᶜᶜ)	=	0.0001ᵍ

$$1^g = 0.9^\circ; 1^c = 0.54', 1^{cc} = 0.324''$$

$$1^\circ = 1.111111111^g; 1' = 1.85185185^c; 1'' = 3.08641975^{cc}$$

Yay Birimi

Yay birimi radyandır (ρ). Bir radyanlık açı, yay uzunluğu yarıçapa eşit olan ve bu yayı gören açıdır.

Grad cinsinden:

$$1 \text{ Radyan} = 400^g / 2\pi = 200^g / \pi = 63.661977234$$

Derece cinsinden:

$$1 \text{ Radyan} = 180 / \pi = 57.2957795^\circ$$

$$L = r * \frac{\alpha^g}{\rho^g}$$

L: Yay uzunluğu

α: Grad cinsinden yayın gördüğü açı

ρ : Grad cinsinden radyan açısı (63.661977234)

Soru:

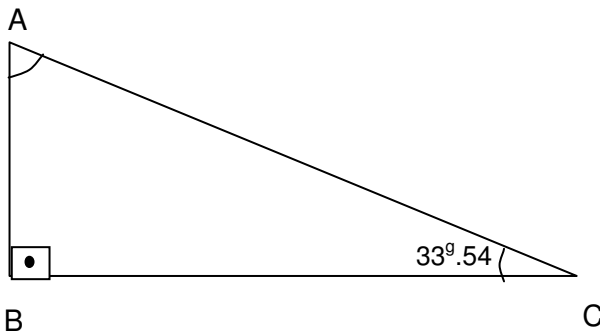
30° 43' 20" lik dereceyi radyan cinsinden yazınız.

Cevap:

$$20'' / 3600 = 0.0056; 43' / 60 = 0.717 \Rightarrow 0.0056 + 0.717 = 0.7226$$

$$0.7226 + 30^\circ = 30.7226^\circ$$

$$30.7226^\circ / 57.2957795 = 0.536 \text{ Radyan dır.}$$

Soru: A açısını grad ve derece cinsinden hesaplayınız.**Cevap:**

$$B = 1.57 \text{ Radyan} = 1.57 * 63.6619777234 = 100^\circ$$

$$B + C = 100^\circ + 33^\circ.54 = 133^\circ.54$$

$$A = 200^\circ - 133.54^\circ = 66.46^\circ$$

$$A = 66.46^\circ = 66.46 * 0.9 = 59.814^\circ = 59^\circ 48' 50''$$

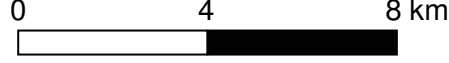
1.4. Ölçekler

Haritadaki mesafenin arazideki mesafeye oranına ölçek denir.

Harita ölçeği farklı şekillerde ifade edilebilir. Bunlar; sayısal, çizgisel ve alansal ölçeklerdir.

Harita da sayısal ölçek basit bir bölme veya orantı şeklinde verilir. Örneğin; 1/500, 1/1000, 1/5000

Çizgisel ölçekde harita üzerindeki mesafe aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi sunulur. Bu ölçeğin cetvelle ölçülmesiyle kaç cm' in kaç km' ye karşılık geldiği belirlenir.



Yukarıda verilen ölçekte, harita üzerinde 2.5 cm 4 km yi ifade etmektedir.

Alansal ölçek doğrusal ölçeğin karesidir. Örneğin sayısal ölçeği 1:500 olan bir haritanın alansal ölçeği 1:500² dür.

1.5. Bir Haritanın Ölçeğinin Belirlenmesi

Bazı haritalarda ölçek verilmez veya ölçek verilmesi unutulmuş olabilir. Haritanın ölçeğini bulabilmek için, aralarındaki uzaklık bizce bilinen iki noktanın arası haritada ölçülür ve buna göre ölçeği hesaplanır. Bu amaçla, yeryüzü karelajına ait, bizce bilinen ölçülerden de faydalanılabilir. Örneğin paraleller arasındaki uzaklık, eşyüksekti eğrileri arasında uzaklık ve meridyenler arasındaki uzaklık gibi.

Soru:

350 m lik bir mesafe 1/5000 lik bir harita da kaç cm olarak gösterilir.

Cevap:

5000 cm	1 cm
35000 cm	? cm

$$35000/5000 = 7\text{cm}$$

Soru:

1/2500 ve 1/10000 ölçekli iki harita üzerinde cetvelle yapılan gözle ölçüm sonucu, ölçülen uzaklıkta yapılan hata payı nedir?

Cevap:

İnsan gözünün belirleyebildiği en küçük uzunluk birimi 0.2 mm dir. Bu nedenle cetvelle harita üzerinde yapılan ölçümlerde her zaman 0.2 mm kadar bir hata meydana gelmektedir.

1/2500 ölçekli bir haritada 0.2 mm'lik ölçüm hatası, ölçülen uzunlukta 50 cm lik bir hataya, 1/10000 ölçekli bir haritada ise ölçülen uzunlukta hata payı 2 m ye ulaşmaktadır.

2. Ölçü Hataları

Yapılan uzaklık ve açı ölçümleri her zaman bir hata payı içermektedir. Bu hata payları, ölçü aletlerinde, ölçüm yapılan yerin atmosferik koşullarından veya ölçümü yapan kişinin dikkatsizliğinden kaynaklanmaktadır. Bir haritanın oluşturulmasında, bir taş ocağının sınırlarının belirlenmesinde vb. amaçlar için yapılan ölçümlerde hata payları önem kazanmaktadır.

Ölçme de hatalar üç sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar:

- a) Kaba Hatalar
- b) Düzenli (Sistemik) Hatalar
- c) Düzensiz Hatalar

2.1. Kaba Hatalar

Ölçüm yapan kişinin dikkatsizliğinden kaynaklanan hatalardır. Örneğin açı ölçümü yaparken açının 68^g yerine 88g okunması veya uzaklık ölçümünde kullanılan şerit boyunun yanlış hatırlanması gibi. BU gibi hatalar ölçümün yenilenmesiyle giderilebilmektedir.

2.2. Düzenli Hatalar

Ölçü aletlerinden kaynaklanan hatalardır. Örneğin çelik şerit metreyle yapılan uzaklık ölçümlerinde ortamın sıcaklığı nedeniyle çeliğin boyca uzaması veya kısalması sonucu sistematik hatalar meydana gelebilmektedir. Düzenli hatalar kaba hatalarda olduğu ölçümlerin yenilenmesiyle giderilemez. Ancak ölçüm cihazının neden olduğu hata miktarının belirlenmesi ile giderilebilir.

2.3. Düzensiz Hatalar

Ölçüm yapan kişiden veya ölçüm cihazlarının ayarlarından kaynaklanan küçük miktarlardaki hatalardır. Bu hatalar hiç bir şekilde düzeltilemezler. Bu hatalar ancak ölçümlerde \pm olarak ifade edilebilir.

2.4. Hata, Gerçek Hata, Görünen Hata

Hata (ϵ) = Ölçülen Değer (X) – Gerçek Değer (L)

Gerçek değer önceden biliniyorsa hesaplanan hataya gerçek hata, gerçek değer bilinmeden hesaplanan hataya görünen hata denir.

Görünen hata da, gerçek değer yapılan çok sayıda ölçümlerin ortalaması alınarak bulunur.

Örnek:

İki ölçüm istasyonu arasındaki mesafe 5 kez ölçülmüş ve ölçülen değerler aşağıda verilmiştir. Ölçülen her bir değer için görünen hata değerini hesaplayınız.

Ölçülen değer (m)
240.58
240.62
240.55
240.61
240.60

Gerçek Değer (L) = (240.58+240.62+240.55+240.61+240.60)/5

Gerçek Değer (L) = 240,59 m

Ölçümlerin Görünür Hatası

Ölçülen Değer (m)	Gerçek Değer (m)	Hata (ε)
240.58	240,59	-1
240.62	240,59	3
240.55	240,59	-4
240.61	240,59	2
240.60	240,59	1

2.5. Düzeltme, Tolerans

Düzeltme ile hata ters işaretlidir. Örneğin yukarıda verilen soruda Hata –1 belirlendiyse düzeltme 1 ifade edilir. Düzeltmenin ters işaret almasının nedeni, düzeltme değerinin ölçülen değerden çıkarılmasıyla gerçek değer bulunmak istenmesidir.

Hatanın belirli bir değeri aşmaması istenir. Bu belirli değer *tolerans* olarak adlandırılmaktadır. Tolerans değeri ölçülen uzunluğun büyüklüğüne ve ölçme de aranan hassasiyette göre değişiklik gösterir. Arazide yapılan ölçümlerde tolerans değeri aşıldığında ölçüm tekrarlanır.

2.6. Ölçümlerin Doğruluk Derecesi

İki farklı ölçüm ekibi tarafından yapılan ölçümlerin doğruluklarının belirlenmesi için ölçüm hataların karşılaştırılması gerekir. Bunun içinde çeşitli hata hesapları kullanılır. Hata hesaplarının çeşitleri aşağıda verilmiştir.

- Mutlak Hatalar Ortalaması
- Karesel Ortalama Hata
- Olası Hata
- Bağıl Hata

2.6.1. Mutlak Hatalar Ortalaması (t)

“n” sayıda yapılan ölçümlerin hatalarının ölçüm sayısına bölünmesiyle elde edilen değer mutlak değeridir.

$$t = \pm \frac{[\epsilon]}{n}$$

Mutlak hatalar ortalaması, küçük hatalarla büyük hataları birlikte değerlendirdiği için, ölçüm için büyük hatalar yeteri kadar belirtilememektedir.

2.6.2. Karesel Ortalama Hata (m)

Ortalama hata olarak ta adlandırılmaktadır. Ölçülerin doğruluk derecesi hakkında en doğru yaklaşımı yapmaktadır. Bu hesaplamada hataların kareleri alındığı için ölçüm içindeki büyük hataların ortalama üzerindeki etkisi daha büyük olmakta ve bu sayede büyük hataların tüm ölçüm üzerindeki etkisi belirlenebilmektedir.

$$m = \pm \sqrt{\frac{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \epsilon_3^2 + \dots + \epsilon_n^2}{n - 1}}$$

n: ölçüm sayısı

Örnek:

İki farklı kişinin ölçüm hataları ve hataların karesi aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Çizelgede verilen verilerden yapılan ölçümlerin mutlak hatalar ortalamasını ve karesel ortalama hatayı belirleyiniz. Hangi hata hesabının ölçüm sırasında yapılan büyük hatayı yansıttığını belirtiniz?

Ölçüm No	1. Kişi		2. Kişi	
	ϵ	ϵ^2	ϵ	ϵ^2
1	-2	4	-1	1
2	3	9	3	9
3	-3	9	11	121
4	1	1	3	9
5	-4	16	0	0
6	3	9	-2	4
7	-3	9	0	0
8	2	4	-2	4
9	3	9	-1	1
10	1	1	2	4
	$[\epsilon]=25$	$[\epsilon^2]=71$	$[\epsilon]=25$	$[\epsilon^2]=123$

1. ve 2. Kişinin yaptığı ölçümlerin mutlak hata ortalaması $25/10 = \pm 2.5$ dur.

1. Kişinin yaptığı ölçümlerin karesel ortalaması $\sqrt{\frac{71}{10-1}} = \pm 2.81$ dir.

2. Kişinin yaptığı ölçümlerin karesel ortalaması ise $\sqrt{\frac{123}{10-1}} = \pm 3.69$ dır.

Yukarıdaki hesaplamalarda da görüldüğü gibi mutlak hata ortalaması hangi ölçümün daha hatalı olduğu konusunda bir bilgi vermemektedir. Fakat karesel ortalama hata hesaplamalarına göre 2.kişinin yaptığı ölçümler 1. kişiye göre daha hatalı olduğu, 1.kişinin daha doğru ölçüm aldığı görülmektedir.

2.6.3. Olası Hata (r)

Mutlak değerleri alınmış hatalar küçükten büyüğe doğru sıralanır. Ölçüm sayısı tek sayı ise hata serisinin ortasındaki değer, ölçüm sayısı çift ise hata serisinin ortasındaki iki sayının ortalaması alınarak olası hata hesaplanmaktadır.

Örnek:

1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	6	Ölçüm Sayısı:15	r = 4
1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	Ölçüm Sayısı:14	r = 3.5	

2.6.4. Bağlı (Rölatif) Hata

Karesel ortalama hatasının gerçek değere oranı rölatif hata olarak adlandırılmaktadır. Paydaki değer 1 olacak şekilde bağlı hata belirtilir.

Örnek:

200m lik uzaklık ölçümünde ölçüm hassasiyeti ± 4 cm ise bağlı hata

$$\frac{4\text{cm}}{20000\text{cm}} = \frac{1}{5000}$$

olarak hesaplanır.

Ödev:

İki nokta arasında yapılan 10 uzaklık ölçümünün değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Verilen değerlerden gerçek değeri, mutlak hatalar ortalamasını, karesel ortalamayı, olası hatayı ve bağıl hatayı hesaplayınız. %0.15 Tolerans değerine göre hangi ölçümlerin veya ölçümün yeniden yapılması gerektiğini belirtiniz.

Ölçüm No.	Ölçüm (m)
1	120,00
2	120,20
3	120,12
4	120,15
5	120,10
6	120,17
7	120,11
8	120,14
9	120,18
10	120,16
11	120,05

3. Basit Ölçme Aletleri ve Basit Uzaklık Ölçümleri

3.1. Basit Ölçme Aletleri

Arazide yapılan ölçümün büyüklüğüne göre kullanılan ölçme aletlerinin çeşidinde değişmektedir. Parsel gibi küçük alanların ölçülmesinde basit ölçme aletleri kullanılmaktadır. Bunlar jalon, jalon sephası, çekül, sayma çubukları, çelik şerit metre, dik inme ve dik çıkmaya yarayan aynalı gönye ve prizmalardır.

3.1.1. Jalon:

Jalon 2 metre uzunluğunda 3-4 cm çapında ucunda sivri bir demir (çarık) bulunan fırınlanmış tahta veya demir borudan oluşmaktadır. Jalon her 50 santimetresi siyah veya beyaz renkle boyanmıştır.

Jalon, arazide zemine sabitlenmiş ölçü noktalarının uzaktan görülmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

3.1.2. Jalon sephası:

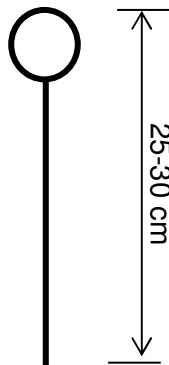
Jalonun sert zeminlerde dik durmasını sağlayan üç ayaklı demir sehpaye denir.

3.1.3. Çekül (Şakül)

Koni şekilli bir demir başlıkla bu başlığın oratsaından geçen bir ipten oluşur. Ölçü aletlerinin yeryüzüne dikliğinin sağlamasında veya ölçüm noktasında düşey izdüşümün bulunmasında kullanılır.

3.1.4. Ölçü Fişi ve Çelik Şerit Metreler

4-5 mm kalınlıkta ucu halka haline getirilmiş 25-30 cm boyundaki çelik çubuklara ölçü fişi veya sayma çubuğu denilmektedir. Ölçü fişi, izdüşüm noktalarının belirlenmesinde ve ölçüde kullanılan çelik şerit metre sayısının saptanmasında kullanılmaktadır (Şekil 3.2) .



Şekil 3.2. Ölçü Fişi

3.1.5. Çelik Şerit Metreyle Yatay Uzunluk Ölçümü

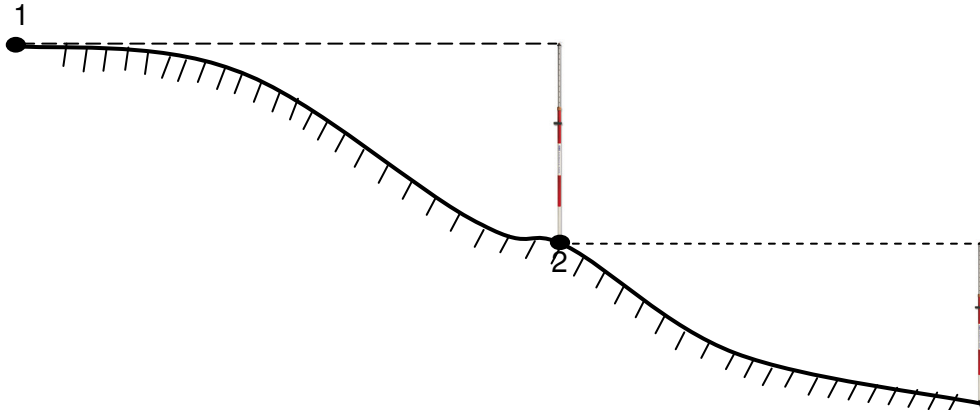
Yatay uzunluk ölçümleri genellikle çelik şerit metre ile yapılmaktadır. Ölçüm üç kişi tarafından yapılır. 1. kişi çelik şerit metrenin başlangıç noktasını tutarak 2. kişiye ölçüm doğrultusunu verir. İkinci kişi çelik metrenin ölçüm esnasında sarkmasını önlemek için çelik şerit metreyi gerer ve çelik şerit metrenin ucunun izdüşümünü bulur. Son kişi ise ölçüm noktalarına jalon yerleştirilmesinde, jalonların dik durmasında ve ölçüm sonrasında ölçü noktasına ölçü fişi yerleştirilmesinden sorumludur.

Yatay uzunluk ölçümü yapılırken uyulması gereken kurallar aşağıda verilmiştir:

- 1) Ölçü tam olarak ölçülecek kenar üzerinde yapılmalıdır. Yardımcı olarak sicin kullanılabilir.
- 2) Ölçü sırasında çelik şerit metre en az üzerinde belirtilen ağırlıkla gerilmelidir.
- 3) Ölçü sırasında çelik şerit metre yatay tutulmalıdır.
- 4) Ölçü sırasında çelik şerit metre omuz hizasından yukarıya kaldırılmamalıdır.
- 5) Rüzgarlı havalarda rüzgarın etkisini azaltmak için daha ağır çekül kullanılmalıdır. Asılan ağırlık yerden fazla yüksek olmamalıdır.
- 6) Ölçülecek kenar tepe noktasından aşağı noktasına doğru ölçülmelidir. Tepe noktasındaki uca çekül takılmamalı sadece yere sabitlenmelidir.

Çelik şeritmenin uzunluğundan daha fazla olan mesafeler Şekil ... gösterildiği gibi yapılmalıdır. Her noktada ölçüm sonu ölçü fişi yerleştirilir. Tüm ölçümler yapıldıktan sonra ölçü fişlerinin sayılmasıyla ölçülmek istenen mesafenin uzunluğu belirlenmiş olur.

Örnek: Çelik şerit metre uzunluğu 20 m., ölçüm sonunda toplanan ölçü fişi sayısı 5 dir. Ölçülen mesafe ne kadardır. **Cevap** = $20m * 2 = 40m$



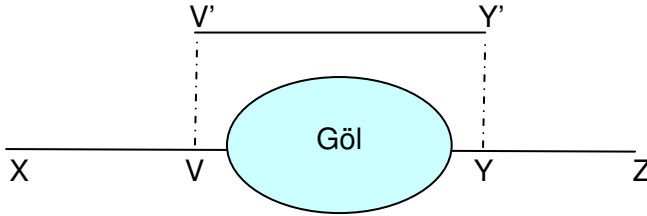
3.1.6. Üzerinde Engel Bulunan Doğruların Dolaylı Yollardan Ölçülmesi

İki nokta arasında ölçüm yaparken bazen coğrafyadan kaynaklanan engeller ortaya çıkabilir. Bu gibi durumlarda ölçülmek istenilen uzunluk başka doğrular yardımıyla da ölçülebilmektedir.

Örnek :

İki ölçüm noktası arasında bir küçük bir göl mevcut ise,

- Gölün başlangıç noktası ile bitiş noktası arasında dik çıkılır.
- Ölçüm doğrultusuna paralel olacak şekilde çıkılan dikler üzerindeki iki nokta arasındaki mesafe ölçülür.



3.1.7. Çelik Şerit Metre ile Uzunluk Ölçülerinde Yapılan Hatalar

Çelik şerit metre ile yapılan ölçümlerde düzenli hataların nedenleri maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır:

- Sıcaklık değişimi
- Çelik şerit metre ucuna ağırlık asılması
- Deniz seviyesinden yükseklik
- Ölçüm noktaları arasındaki yükseklik farkı
- Çelik şerit metrenin iki ucundan gerdirilmesi

Sıcaklık değişimi:

Çelik şerit metrenin üzerinde belirtilen sıcaklık değerinden daha yüksek veya daha düşük sıcaklık değerlerinde ölçüm düzeltme yapılması gerekmektedir (Şekil 3.3). Bu düzeltme aşağıda verilmiştir.

- l** : Çelik şerit metrenin 20 °C deki uzunluğu
t₁ : 20 °C sıcaklık
t₂ : Ölçüm anındaki sıcaklık
α : Çelik şerit metrenin uzama katsayısı (0.000015 m/1 °C)
X : 20 °C den farklı sıcaklıkta 20 m lik şerit metrenin uzunluğu

$$X = l + l (t_2 - t_1) * \alpha$$

Ölçülen uzunluk L' düzeltilmiş uzunluk ise;

$$L = L' + [(X - 20) / 20] * L'$$

Örnek:

20°C de çelik şerit metrenin uzunluğu 20 m dir. 32°C de ortam sıcaklığında iki nokta arasındaki uzaklık L' = 195 m olarak ölçülmüştür. Gerçek uzunluğu belirleyiniz.

$$X = l + l (32^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) * 0,0000115$$

$$X = 20 + 20 * 12 * 0,0000115 = 20,00276$$

$$L = 195 + [(20,00276 - 20) / 20] * 195$$

$$L = 195 + 0,02691 = 195,02691$$

Çelik şerit metre ucuna ağırlık asılması:

Çelik şerit meteri ölçüm esnasında germek amacıyla metrenin ucuna ağırlık asılmaktadır. Asılan ağırlık belirli oranda çelik şerit metrenin uzamasına neden olmaktadır. Asılan ağırlık nedeniyle ölçümlerde yapılması gereken düzeltme aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$\text{Düzeltilme} = \frac{(P - P_s)}{A * E} * L$$

P: Asılan ağırlık (N)

P_s: Çelik şerit metre üzerinde yazan standart ağırlık (N)

A: Çelik şerit metrenin kesit alanı(mm²)

E: Elastisite modülü (MPa)

L: Ölçüm uzunluğu (m)

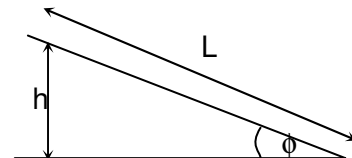
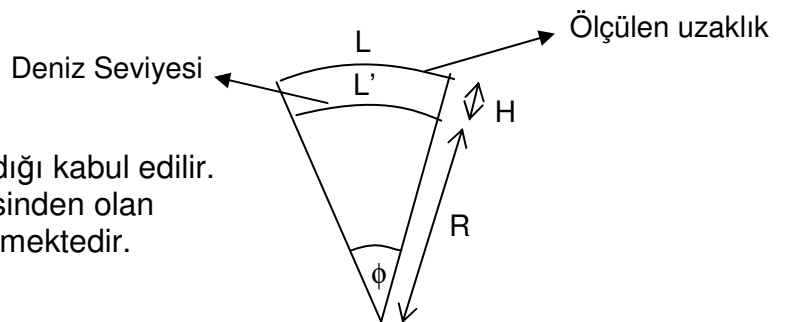
Deniz seviyesinden yükseklik:

Uzaklık ölçümleri deniz seviyesinde yapıldığı kabul edilir. Bunun için uzaklık ölçümleri deniz seviyesinden olan yüksekliğe bağlı olarak düzeltilmesi gerekmektedir.

$$\text{Deniz seviyesinden yükseklik düzeltmesi} = L * (H / R)$$

Ölçüm noktaları arasındaki yükseklik farkı:

$$\text{Yükseklik farkı düzeltmesi} = - h^2 / 2L$$

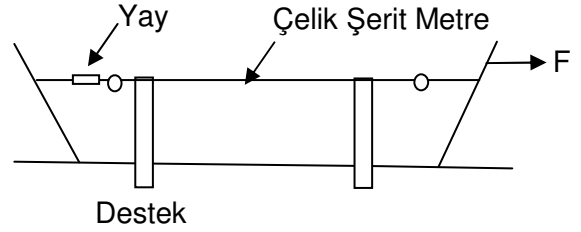


Çelik şerit metrenin iki ucundan gerdirilmesi:

$$\text{Düzeltilme} = - \frac{w^2 l^3}{24P^2}$$

w: Çelik şerit metrenin ağırlığı (kg/m)

P : Gerdirme kuvveti (N)



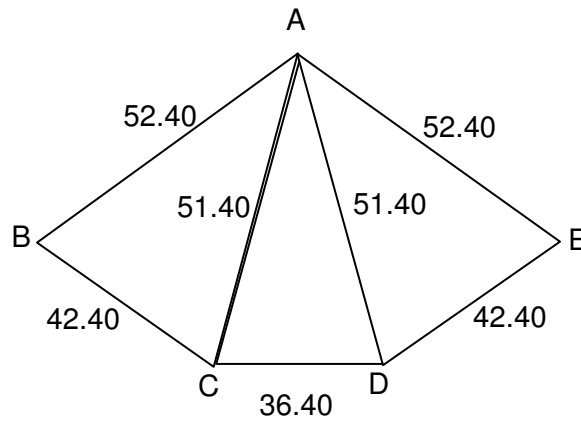
4. Basit Ölçme Aletleri Kullanılarak Haritalama

Arazide ölçme yapılırken, ölçümün hassasiyetine ve ölçülecek alanın büyüklüğüne göre haritalama yöntemi seçilmektedir. Bu yöntemler genel olarak ikiye ayrılmaktadır:

- Bağlama Yöntemi
- Dik Koordinat Yöntemi

4.1. Bağlama Yöntemi

Bu yöntemde ölçüm esnasında basit ölçme aletleri kullanılmaktadır. Ölçülecek alanlar üç kenarı biline üçgenler ile hesaplanır.



Şekil 4.1. Üçgen yöntemi

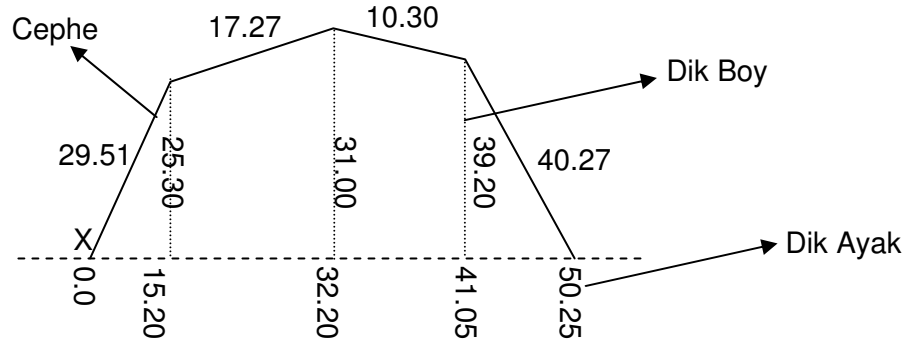
Bu yöntemle birkaç parselin ölçümü yapılabilir, çok büyük alanların ölçülmesi için uygun değildir.

4.2. Dik Koordinat Yöntemi (Ortogonal Yöntem)

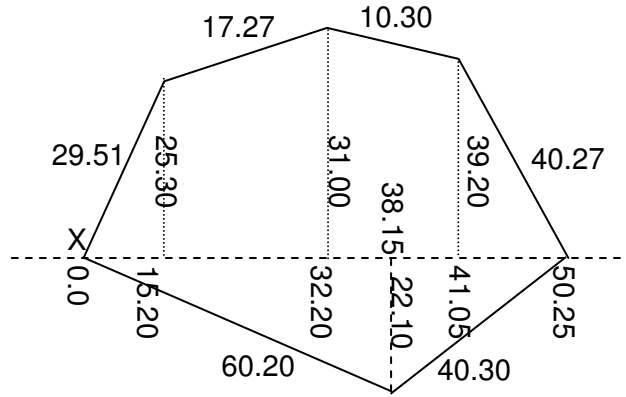
Bu yöntemde ölçüm alanı içinden geçtiği kabul edilen bir doğru koordinat eksenini olarak kabul edilir. Ölçüm alanının köşe noktalarından bu eksene dikler inilmek suretiyle ölçüm yapılır.

Dik koordinat yönteminin çeşitleri aşağıda anlatılmıştır.

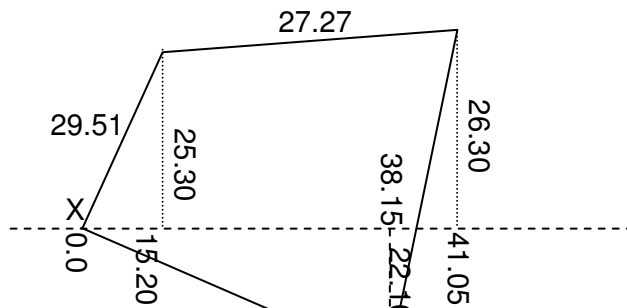
- Ölçüm alanının bir kenarının ölçü doğrusu olarak kullanılması



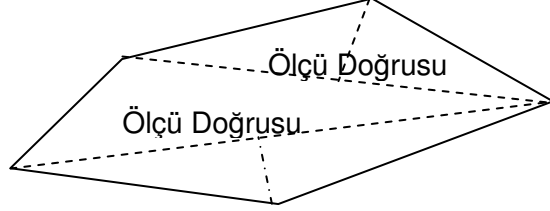
- Ölçüm alanının köşegeninin ölçü doğrusu olarak alınması



- Herhangi bir doğrunun ölçü doğrusu olarak alınması



- Birden fazla ölçü doğrusunun kullanılması



4.3. Alan Hesapları

Bir parselin veya bir arazinin alan hesabı yapılırken çeşitli hesap yöntemleri kullanılır. Bunlar;

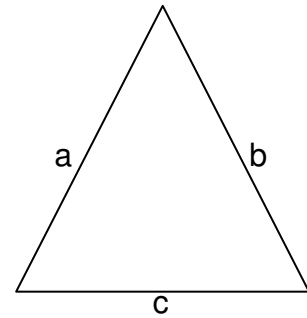
- 1) Ölçü değerlerine göre
- 2) Koordinat değerlerine göre
- 3) Ölçü ve plan değerlerine göre
- 4) Diyagramlarla
- 5) Planimetrelerle

4.3.1. Ölçü değerlerine göre alan hesabı:

Bağlama Yöntemi ile

Parsel üçgenlere ayrılır ve üçgenlerin kenarları ölçülür. Üç kenarı ölçülmüş bir üçgenin alanı aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$p = \frac{a + b + c}{2} \Rightarrow \text{Üçgenin alanı} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

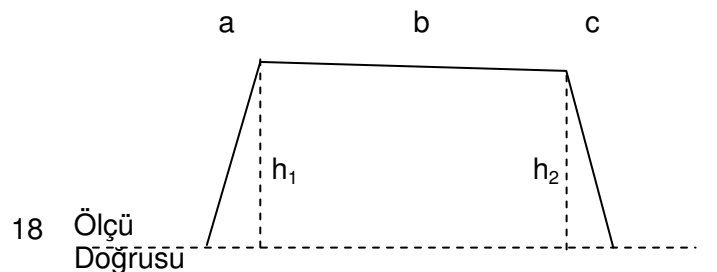


Dik koordinat yöntemi ile

Parsel alanı, üçgen veya yamuk alanlarından faydalanarak hesaplanır.

$$\text{Alan} = (a \cdot h_1 + b \cdot (h_1 + h_2) + c \cdot h_2) / 2$$

Thomson Alan Bağıntısına göre



$$\text{Alan} = (h_1 * (a + b) + h_2 * (b + c)) / 2$$

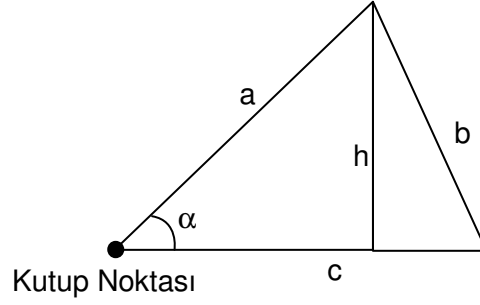
Kutup noktası yöntemi ile

Alan hesabında uzunluğu bilinen iki kenar ve bu iki kenar arasındaki açıdan faydalanılarak hesaplanır.

$$h = a * \sin \alpha$$

$$\text{Alan} = \frac{1}{2} * c * h$$

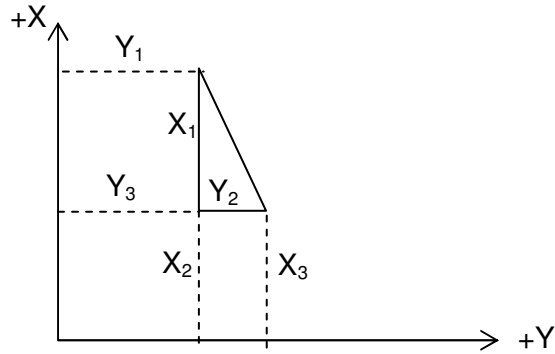
$$\text{Alan} = \frac{1}{2} * c * a * \sin \alpha$$



4.3.2. Koordinatları değerlerine göre alan hesabı

Üçgenin köşe koordinatları kullanarak alan hesabı yapılabilir.

$$\text{Alan} = ((X_1 - X_2) (Y_2 - Y_3)) / 2$$



Gauss Alan Bağıntısı

$$2 * \text{Alan} = \sum X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1})$$

$$2 * \text{Alan} = \sum Y_i (X_{i-1} - X_{i+1})$$

4.3.3. Ölçü ve plan değerlerine göre alan hesabı

Ölçü ve plan değerlerinden alan hesabında kısa kenarlar arazide ölçülür, uzun kenarlar plan üzerinden okunur. Bunun nedeni ise kısa kenarlarda yapılan ölçüm hatası alan hesabında daha etkilidir.

4.3.4. Diyagramlarla alan hesabı

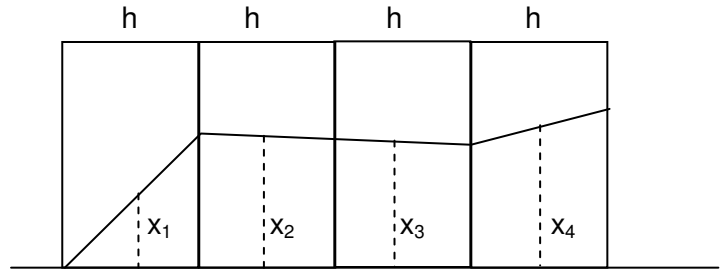
Plan üzerinde boyutları belli bir alan diyagramları yardımı ile hesaplanabilmektedir.

Diyagramlarla alan hesabı için üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar;

- 1) Paralel çizgili diyagramlar yöntemi
- 2) Hiperbol diyagram yöntemi
- 3) Karelej

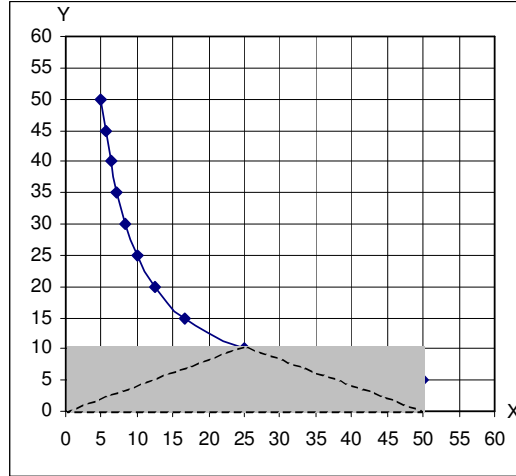
Paralel çizgili diyagramlar yöntemi

$$\text{Alan} = h (x_1 + x_2 + x_3 + \dots)$$

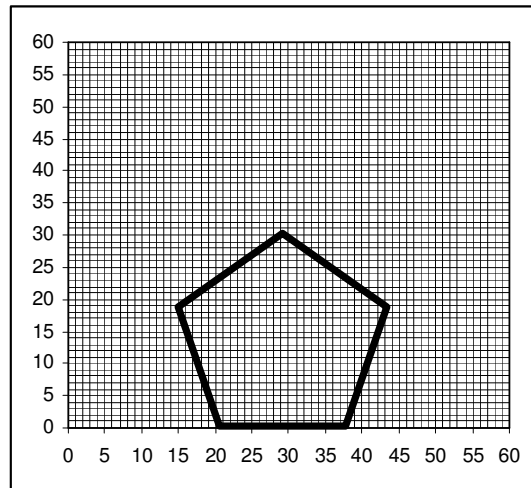


Hiperbol diyagram yöntemi

$$\text{Alan} = (Y * X)$$

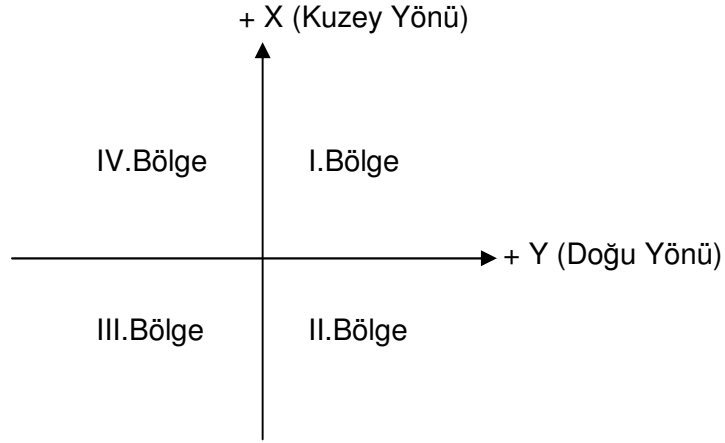


Karelej

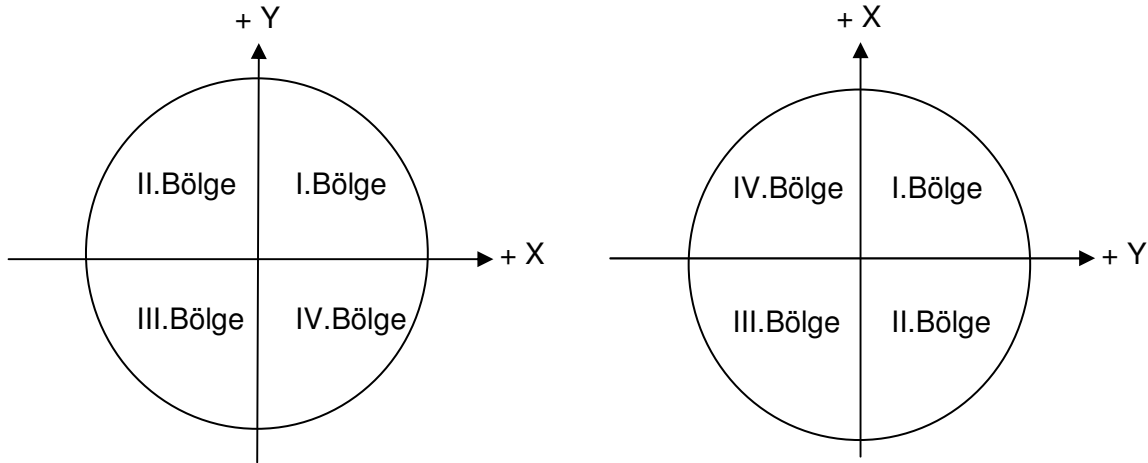


5. Koordinat Sistemi ve Temel Ödevler

Noktaların bir düzlem üzerindeki konumlarını belirlemek için koordinat sistemi kullanılmaktadır.



5.1. Trigonometrik Daire ve Jeodezik Daire



5.2. Açıklık Açısı ve Semt Açısı

Dik koordinat sisteminin oluşturduğu düzlem üzerindeki herhangi bir doğrunun +X eksenini oluşturduğu açıya o doğrunun **Açıklık Açısı** veya sadece **Açıklığı** denir.

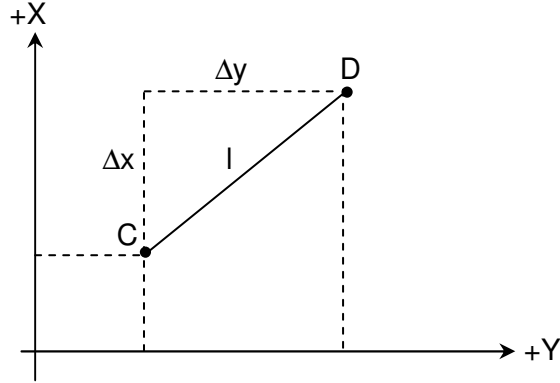
Eğer düzlem dik koordinat sisteminde +X eksenini kuzeye yönelik ise, herhangi bir doğrultunun +X eksenini oluşturduğu açıya o doğrultunun **Semt Açısı** veya sadece **Semti** denir.

5.3. Temel Ödevler

Bir doğrunun koordinatlarının bulunması, kesişen doğruların kesişme noktalarındaki açıların bulunması veya bir noktadaki semt açısının vd. bilinmeyenlerin bulunması temel ödev olarak adlandırılan yöntemlerden faydalanılacaktır. Temel ödevler dört kısım şeklinde incelemek mümkündür.

5.3.1. Birinci Temel Ödev

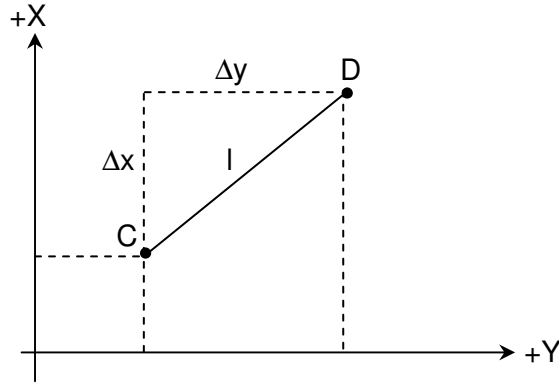
Bilinenler : C noktasının koordinatları, doğrunun uzunluğu ve semt açısı
Bilinmeyenler : D noktasının koordinatları



$$Y_d = Y_c + l \cdot \sin(CD)$$
$$X_d = X_c + l \cdot \cos(CD)$$

5.3.2. İkinci Temel Ödev

Bilinenler : C ve D noktasının koordinatları
Bilinmeyenler : CD doğrusunun uzunluğu ve CD nin açıklığı



$$\tan(CD) = \Delta Y / \Delta X$$

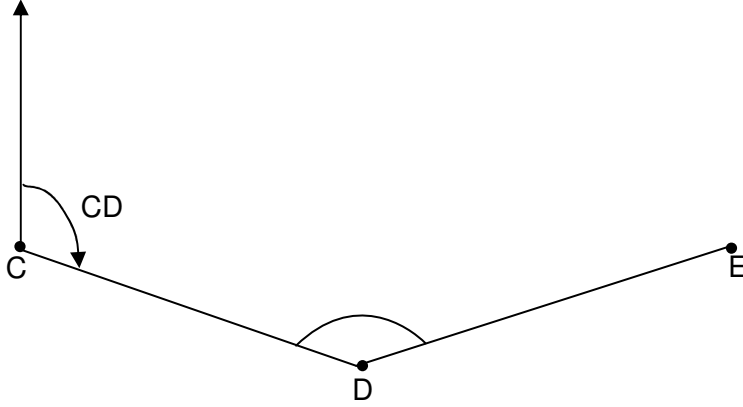
$$l = \sqrt{(Y_d - Y_c)^2 + (X_d - X_c)^2}$$

Bölge	ΔY	ΔX	(CD) açıklık açısı (grad)
I	+	+	α
II	+	-	$200 + \alpha$
III	-	-	$200 + \alpha$
IV	-	+	$400 + \alpha$

5.3.3. Üçüncü Temel Görev

Birinci noktadan ikinci bir noktaya giden açıklık açısı ve ikinci noktadaki kırılma açısı belli iken, ikinci noktadan üçüncü noktaya giden açıklık açısı hesaplanabilir.

Bilinenler : C den B'ye giden açıklık (Semt) açısı
 Bilinmeyenler : β kırılma açısı



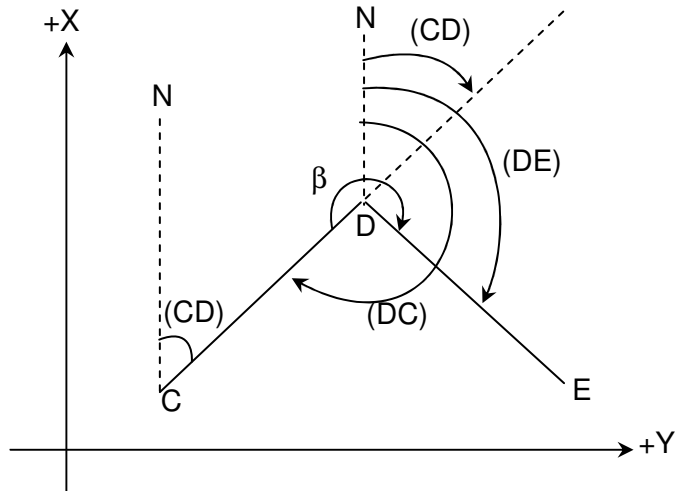
$$DE = CD + \beta \pm 200^g$$

1	$0^g \leq (CD) + \beta \leq 200^g$	+200 ^g
2	$200^g \leq (CD) + \beta \leq 400^g$	-200 ^g
3	$400^g \leq (CD) + \beta \leq 600^g$	-400 ^g
4	$600^g \leq (CD) + \beta \leq 800^g$	-600 ^g

5.3.4. Dördüncü Temel Ödev

C, D, E gibi koordinatları bilinen üç nokta arasındaki β açısı hesaplanır.

Bilinenler : C, D ve E noktalarının koordinatları
 Bilinmeyen : β açısı



6. Yatay Kontrol Noktaları

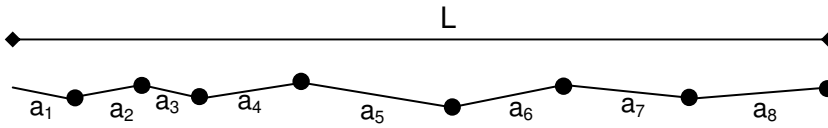
Bir ülkede, haritaların veya planların yapılabilmesi için koordinat değerleri belli sabit noktalara ihtiyaç vardır. Bu noktalara yatay kontrol noktaları denilmektedir. Topoğrafya için kullanılan yatay kontrol noktaları ise **poligon noktaları** adlandırılmaktadır.

6.1. Poligon noktaları

Dünya üzerinde ülkelerin sınırlarını ve kapladıkları alanları belirlemek için nirengi noktalarından faydalanılmaktadır. İki nirengi noktası arasındaki en küçük uzaklık 1 km'den bile daha fazladır. İki nirengi noktası arasındaki mesafe poligon noktalarıyla bölünerek basit ölçme aletleriyle ölçüme uygun hale getirilmektedir. Poligon noktalarının güzergahına **poligon güzergahı (geçkisi)** ve poligon güzergahlarının oluşturduğu şebekeye **poligon ağı** denilmektedir. Poligon noktaları arasında kalan doğru parçalarına **poligon kenarı** ve doğru parçaları arasında kalan açıda kırılma açısı veya **poligon açısı** olarak adlandırılmaktadır.

6.2. Poligon Güzergahları

Poligon güzergahları olabildiğince düz bir doğruya yakın olmalıdır. Poligon kenarlarının toplamı, poligon başlangıç noktası ile bitiş noktası arasında en kısa mesafenin 1.5 katından daha fazla olmamalıdır.



$$a_1 + \dots + a_8 < 1.5 L$$

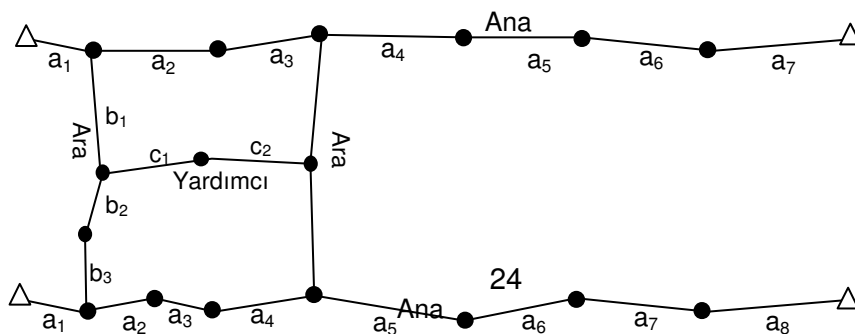
Poligon güzergahları hesaplamalara göre 3 türde sınıflandırılmaktadır.

- a) Ana b) Ara c) Yardımcı

Ana poligon güzergahı: Nirengi noktalarını birbirine bağlayan ve ölçülecek alanı büyük parçalara ayıran poligon dizileridir. Poligon güzergahı 1600 m'den fazla olamaz.

Ara poligon güzergahı: Farklı ana poligon güzergahlarını bağlayan poligon güzergahlarıdır. Güzergah uzunluğu 1000 m yi geçmez.

Yardımcı poligon güzergahı: Detay ölçümlerde kullanılan poligon güzergahıdır. Ara poligon güzergahlarını bağlar. Çıkamaz sokaklar, avlu içleri gibi küçük alanlar yardımcı poligon güzergahları ile ifade edilir. Güzergah uzunluğu 600 m yi geçmez.



Sekillerine göre de poligon güzergahları üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- a) Açık poligon güzergahı: Nirengi noktası ile başlayıp nirengi noktası ile bitmeyen poligon güzergahıdır.
- b) Bağlı poligon güzergahı: İki nirengi noktası arasındaki poligon noktası dizilimidir.
- c) Kapalı poligon güzergahı: Başlangıç noktası ile bitiş noktası aynı olan kapalı bir alanı ifade eden bir poligon noktası dizilimidir.

6.3. Poligon İşleri

Poligon işleri, arazinin keşfinden, zemin işaretlerinin yerleştirilmesinden, poligon noktalarının röperlenmesi, poligon ölçümleri, hesapları ve poligon güzergah çizimlerinden oluşmaktadır.

6.3.1. Arazi Keşfi (İstikşaf)

Poligon güzergahlarının tahmini olarak hangi noktalardan geçeceği büroda yapılan bir ön çalışmayla harita üzerinde belirlendikten sonra arazide keşif yapılır.

Poligon güzergahları arazide belirlenirken aşağıda belirtilen özellikleri taşıması istenir.

- Poligon güzergahları gergin bir ip şeklinde, kırılma açıları 200⁹ civarında olmalıdır.
- Poligon noktasından bakıldığında bir önceki ve sonraki poligon noktası görülebilmelidir.
- İki poligon noktası arasındaki mesafe çelik metreyle ölçüm yapılacaksa 200 m'yi, laser uzaklık ölçerle ölçüm yapılacaksa 350 m'yi geçmemelidir.
- Güzergahların uzunluğu ana poligonlarda 1600 m yi, ara poligonlarda 1000 m'yi ve yardımcı poligonlarda 600 m'yi geçmemelidir.
- Poligon işaretlerinin sürekli kalabilmesi için, poligon noktaları, yerleşik alanlarda bina doğrultuları boyunca, kırsal alanlarda ise arazi sınırları boyunca, yerleştirilmelidir. Poligon güzergahı bir ulaşım yolunu (karayolu, demiryolu vb.) kesmemelidir.

6.3.2. Poligon İşaretlerinin Yerleştirilmesi

Kırsal alanda, yumuşak zeminde poligon noktalarına betondan yapılmış 60 boyunda ve kesik piramit şeklinde poligon işaretleri konur. Poligon betonunun üst kısmı, toprak seviyesinden 10 cm yukarıda olacak şekilde toprağa gömülür. Poligon betonunun tahrip edilmesi veya sökülmesi durumunda, yenilemek amacı ile her poligon betonunun altına birer sigorta betonu konur.

Yerleşim bölgelerinde poligon noktaları, asfalt ve beton yollara başı zımbalı demir çiviler çakılarak; kaldırım ve diğer yollarda galvanizli borular yerleştirilerek işaretlenirler.

6.3.3. Poligon Röperleri

Röperlemek, duvar, bina, yapı gibi sabit unsurlara göre poligon noktasının konumunun belirlenmesi demektir. Bundan amaç, poligon noktası herhangi bir nedenle tahrip olduğunda poligon noktasının röper değerlerine bakılarak bulunabilmesidir.

Röper uzunlukları 20 m den uzun olmamalıdır.

6.3.4. Poligon Ölçümleri

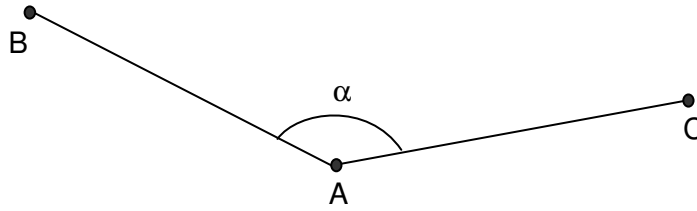
Poligon ölçümleri, poligon kırılma açıları ve poligon kenar uzunluklarının ölçümlerini kapsamaktadır.

İki poligon noktası arasındaki poligon kenar uzunluğu, çelik şerit metre ile ölçülürken biri gidiş biri dönüş olmak üzere iki kere ölçülür. Engembeli arazilerde ise, yokuş aşağı iki kere ölçüm alır. İki ölçüm arasındaki fark, aşağıdaki eşitlikten fazla olamaz.

$$d_s = 0.006\sqrt{S} + 0.02$$

S: Kenar uzunluk

Poligon açı ölçümleri yapılırken iki yarım silsile yöntemi kullanılır. İki yarım silsile yöntemi aşağıda anlatılmıştır:



Teodolit A noktasına konarak merkezlenir ve düzeçlenir. B noktasına bakılarak doğrultu okuması yapılır (B₁). Daha sonra teodolit saat yönünde döndürülerek C noktasına bakılarak doğrultu okuması yapılır (C₁). Bu işlem ilk yarım silsileyi oluşturur.

Dübbün 360° yatay eksen etrafında (takla attırılarak) döndürülerek yukarıda yapılan işlem tekrarlanır ve yeni ölçümler (B₂) ve (C₂) olarak adlandırılır. Bu ikinci yarım silsiliye oluşturur.

$$\alpha_1 = C_1 - B_1 \quad \alpha_2 = C_2 - B_2$$

$$\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2)/2$$

7. Yükseklik Ölçmeleri

Bir noktanın deniz seviyesi veya kabul edilen yatay bir düzleme, çekül doğrultusundaki uzaklığına düşey uzaklık denilmektedir. Bir noktanın düşey uzaklığını bulmak için yapılan işleme yükseklik ölçüsü denir. Yükseklik ölçmeleri 3 ana başlık altında incelenir.

- Geometrik yükseklik ölçüsü (Nivelman)
- Trigonometrik yükseklik ölçüsü
- Barometrik yükseklik ölçüsü

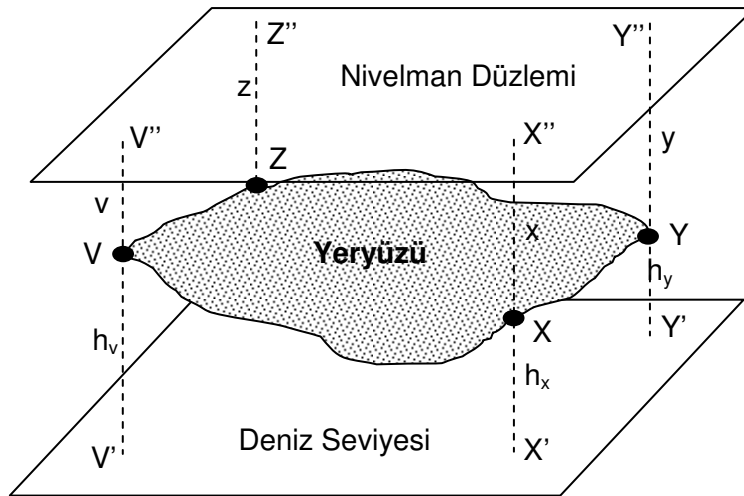
Geometrik Yükseklik Ölçüsü (Nivelman)

Geometrik yükseklik ölçüsü nivelman olarak ta adlandırılabilir. Geometrik yükseklik ölçüsü, kotu bilinen bir noktadan yararlanılarak yapılır. Sahada V noktasının denizden yüksekliği V_a , nivelman düzleme V, X, Y, Z noktalarının uzaklığı v, x, y, z olarak kabul edilirse,

X noktasının kotu $h_x = h_v + v - x$

Y noktasının kotu $h_y = h_v + v - y$

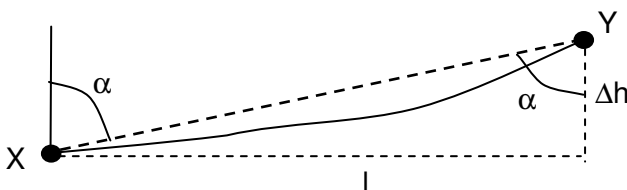
Z noktasının kotu $h_z = h_v + v - z$



Hassasiyet $\pm 1\text{mm} - 10\text{mm/km}$ arasındadır.

Trigonometrik yükseklik ölçmesi:

Bu yükseklik ölçmesinde, eğimli bir yüzeyde, iki nokta arasındaki doğrunun yatay ve düşey izdüşümlerinden faydalanılır. Hassasiyet $\pm 1\text{cm/km}$ ile $\pm 10\text{cm/km}$ arasındadır.



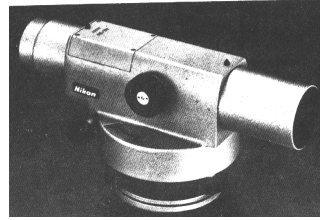
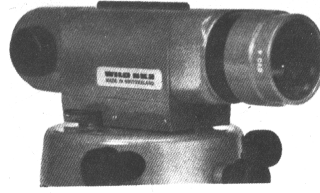
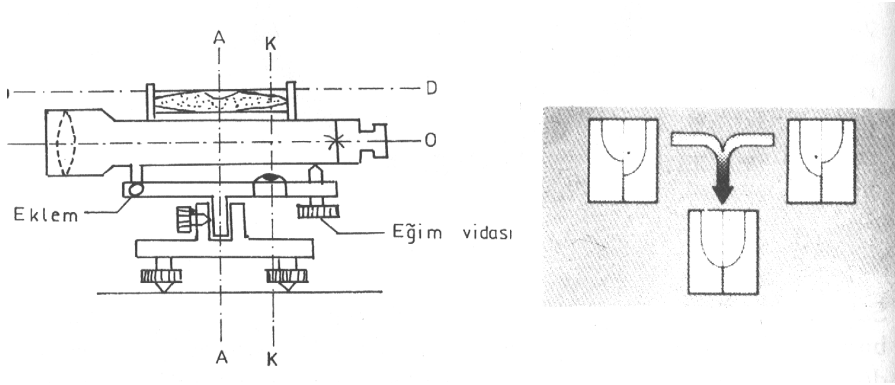
$$h_y - h_x = \Delta h = l * \text{Cot } \alpha$$

Barometrik yükseklik ölçmelerinde ise yükseğe çıkıldıkça oluşan hava basıncının azalmasından faydalanılır. Hassasiyet ± 1 ile ± 3 m arasındadır.

7.1. Nivelmanda Kullanılan Aletler

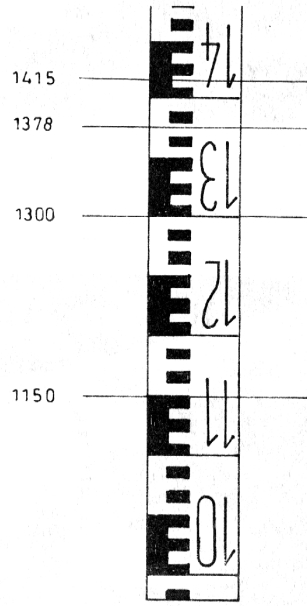
7.1.1. Nivolar

Nivolar bir sıvı yüzeyinin yataylığı prensibinden faydalanarak yapılmış ve bu amaçla hassas bir silindirik düzeç ile donatılmışlardır. Gözlemler bir ölçü dürbünü yardımı ile yapılmaktadır. Nivo düzeçlendiğinde optik eksen bir nivelman düzlemi oluşturmaktadır.



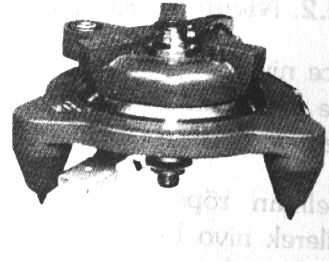
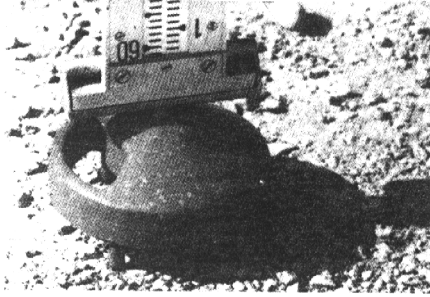
7.1.2. Miralar

Nivelmanın miraları genellikle iyi cins fırınlanmış ağaçtan yapılmış, 3-4 m uzunluğunda, takriben 10 cm genişliğinde cm bölümlü latalardır. Noktaların nivelman düzlemine olan uzaklığını ölçmede kullanılır. Miralarda tabaddndan itibaren dm rakamları yaylıdır. Bazı nivolar ters görüntü verdiğiinden okumaların doğru olabilmesi amacı ile bu yazılar ters yazılmıştır.



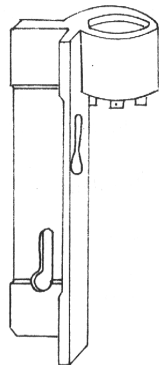
7.1.3. Mira altlıkları

Sağlam olmayan zeminlerde ve hassasiyet aranan nivelman işlerinde miraların çökmesini önlemek üzere kullanılır. Ortasında tek veya çift çıkıntısı ve toğrağa gömülmesini sağlamak amacı ile üç sivri ayağı bulunan pik demirden yapılmış bir araçtır.



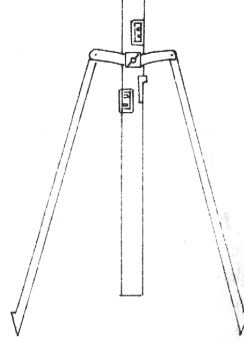
7.1.4. Mira düzeçleri

Miraların düşey şekilde tutulmasına yarayan, yerden yaklaşık 1m yüksekliğe monte edilmiş küresel düzeçlerdir.



7.1.5. Mira destekleri

Miraların rüzgarlı havalarda sallanmasını engellemek ve miraları desteklemek için kullanılır.

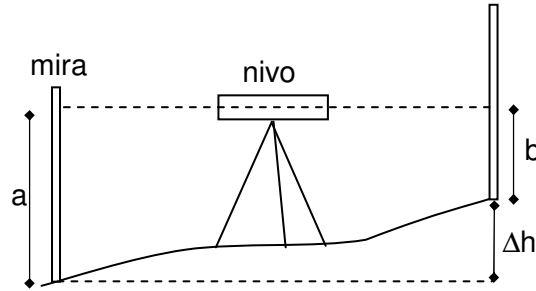


7.2. Niveların Kurulması

Nivonun ayakları yaklaşık eşkenar üçgen oluşturulacak şekilde açılarak zemine nivo yerleştirilir. Buarada nivonun sephası göz kararı yatay olmalıdır. Alet küresel düzeçle, sehpa ayakları oynanarak kabaca düzeçlenir. Oküler uygun yönde çevrilerek oküler kıllar netleştirilir. Dürbün hedefe yöneltilir. Görüntü netleştirilir.

7.3. İki Nokta Arasındaki Yükseklik Farkının Ölçülmesi

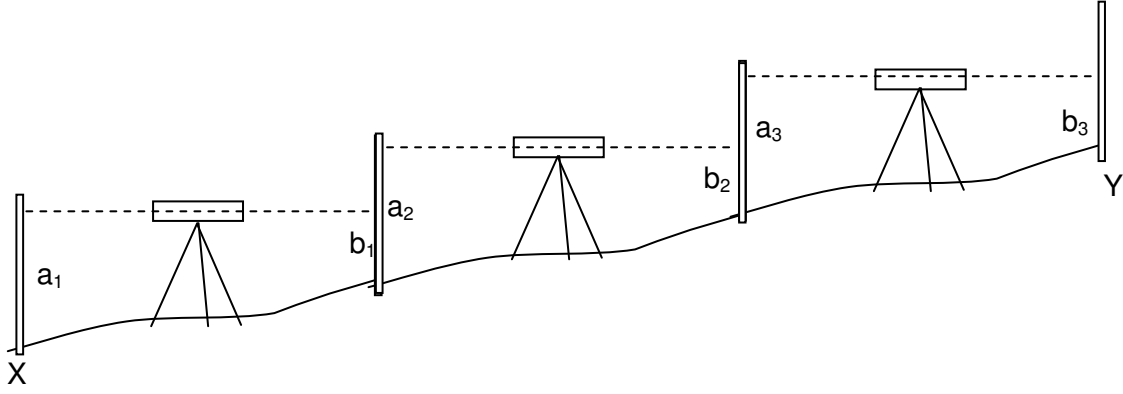
İki nokta arasındaki yükseklik farkı fazla değilse ve iki nokta birbirine yakın ise tek bir alet kurulumuyla yüksekli farkı bulunabilmektedir. Bu işleme nokta nivelmanı denir.



$$h_y - h_x = \Delta h = a - b$$

$$h_y = h_x + \Delta h$$

İki nokta arasındaki yükseklik farkı fazla ise, nivo birkaç kez kurularak ölçüm alınır. Bu işlemde hat nivelmanı olarak adlandırılır.



$$\Delta h = h_y - h_x = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \dots = \Sigma \Delta h = (a_1 - b_1) + (a_2 - b_2) + (a_3 - b_3) = \Sigma (a - b)$$

7.3.1. Nivelman Hesapları

Nivelmanda yükseklik farkları iki yöntemle hesaplanır.

- Yükseklik farklarına göre kot hesabı,
- Alet ufku göre kot hesabı

Okuma noktası sayısı çok fazla ise alet ufku yöntemi kullanılmaktadır.

7.3.2. Açık Nivelman Hesabı

Yüksekliği belli bir noktadan başlamaktadır. Mira okumaları sadece geri (a) ve ileri (b) okumalardan oluşuyorsa, yükseklik farkı (a-b) den bulunur.

7.3.3. Dayalı (Bağlı) Nivelman Hesabı

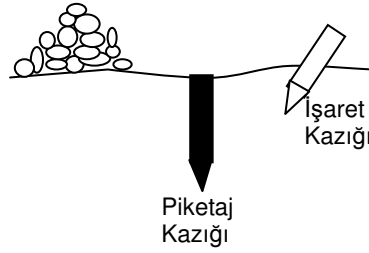
Başlangıç ve bitiş noktalarının yükseklikleri belli ise ve iki nokta arasındaki topoğrafyanın belirlenmesinde kullanılır. Yalnız başlangıç noktasından başlayarak nivelmanla bitiş noktasına kadar yapılan ölçümlerin toplamı genelde bitiş noktasının yüksekliğini vermemektedir. Bitiş noktasının ölçümle bulunan yüksekliğinin, bilinen yükseklikten farkına *nivelmanda kapanma* hatası denir.

$$\text{hata} = \text{ölçülen } \Delta h - \text{bilinen } \Delta h$$

Belirlenen bu toplam hatanın, nivelman noktaları arasında dağıtılmasına, nivelmanda hata dağıtımı denir.

8. Kesitlerin Çıkarılması

Yeryüzünün düşey bir düzlem ile ara kesitine boyuna kesit ya da boykesit, boykesit doğrultusuna dik bir düzlem ile yeryüzünün ara kesitine de enine kesit veya enkesit adı verilmektedir. Mühendislik yapılarında inşaat projelerinin hazırlanması ve herhangi bir nedenle bir yerdeki toprak hacminin bulunması amacı ile kesitler alınır. Kesit alınırken, her 50 m de bir veya eğimin değiştiği noktalara kazık çakılır. Bu kazıklar piketaj kazığı olarak adlandırılmaktadır. Başlangıç noktasından itibaren piketaj kazıkları numaralandırılır. Piketaj kazığının arazide kolay bulunabilmesi için piketaj kazığının yukarısına taştan koni oluşturulur. Piketaj kazığının aşağısına ise piketaj numarasının ve başlangıç noktasından uzaklığının belirtildiği bir işaret kazığı çakılır.



8.1. Boykesit Nivelmanı

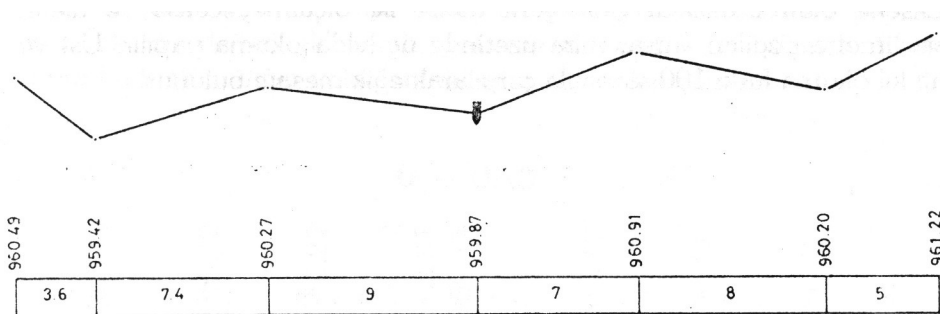
Boykesit boyunca kazık çakılan her noktanın yüksekliğinin bulunması için yapılan nivelmana, boykesit nivelmanı denir. Boykesit kot hesapları yapıldıktan sonra, boykesitlerin çizimine geçilir. Çizimlerin 30-50 cm genişliğindeki saydam milimetrik kağıtlara yapılması tercih edilir. Çizim ölçeği mühendislik yapısının boyutlarına göre 1/1000 ile 1/5000 arasında değişir. Piketaj noktalarının birleştirilmesi ile siyah kot oluşturulur ve kırmızı kot olarak adlandırılan yol güzergahı çizilir.

8.2. Enkesit Nivelmanı

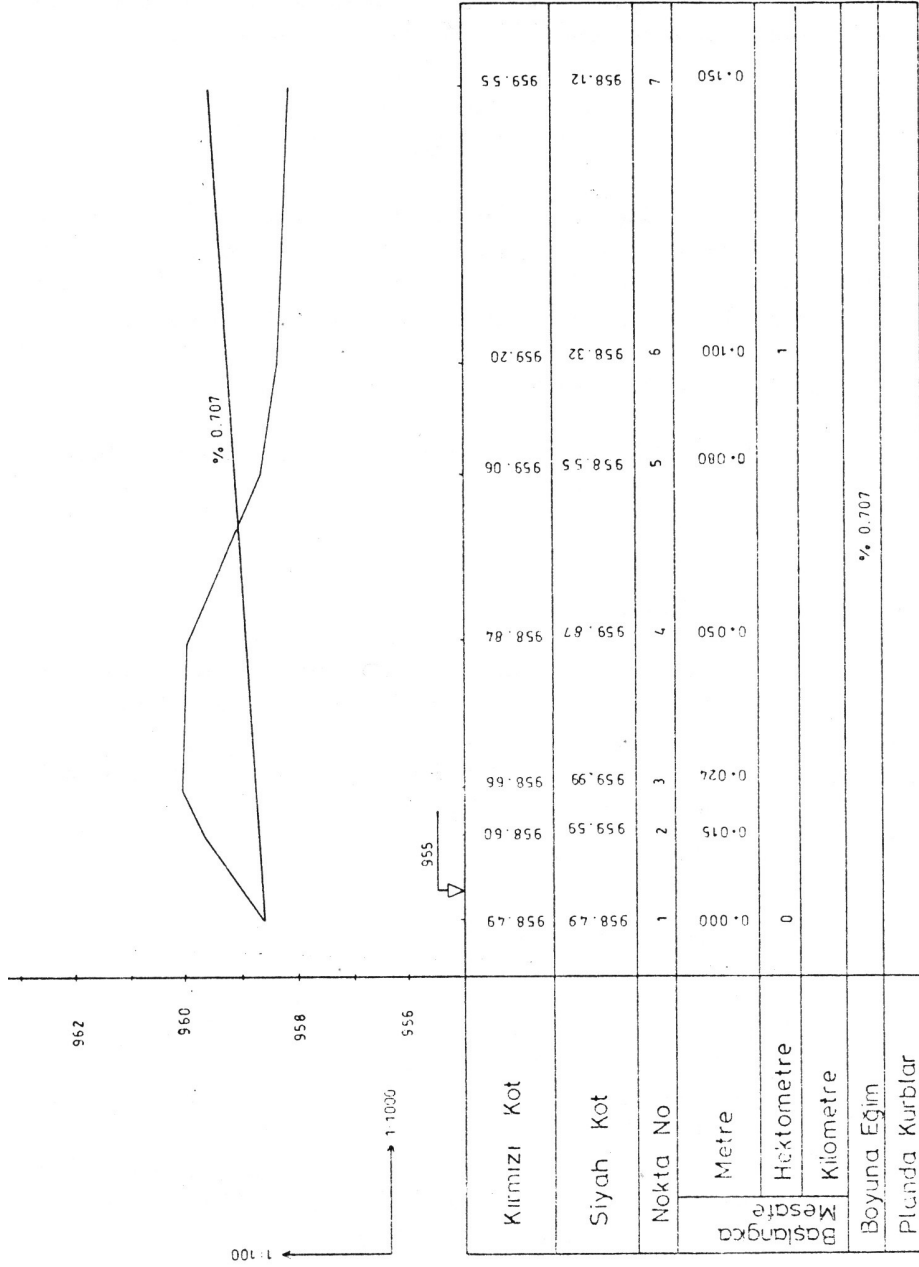
Her piketaj noktasında boykesit hattına dik doğrultuda alınan nivelmandır.

8.3. Enkesitlerin Çizimi

Milimetrik kağıtlara 1:100 veya 1:200 ölçeğinde çizilir. Yatay ve düşey ölçek aynıdır. Yatay eksenle noktalar arasındaki uzaklık, düşey eksenle ise yükseklikler belirtilir.



Enkesit Çizimi (İnal, vd., 2002)



Boy kesit nivelmanı (Inal, vd., 2002)

9. Hacim Hesapları

Baraj vb. büyük mühendislik yapılarında temelin yerleşeceği alanlarda veya karayolu inşasında karayolu güzergahı boyunca kesilen topoğrafyanın yerine göre doldurulması veya kazılması gerekmektedir. Hacim hesabı genel olarak;

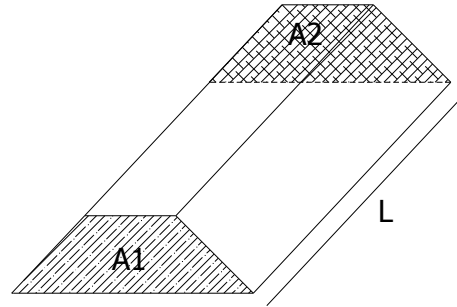
- Enkesitlerden,
- Yüzey nivelmanı ölçülerinden
- Eşyükseklik eğrili planlardan yararlanılarak hesaplanır.

9.1. Enkesitlerden Hacim Hesabı

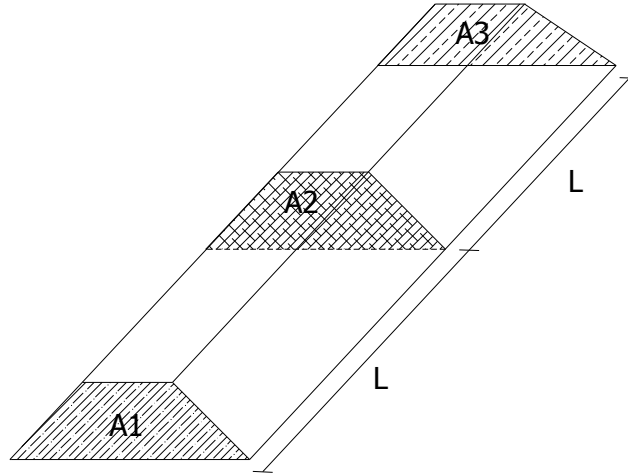
Enkesit alanlarından ve ard arda gelen kesitler arası uzaklıktan faydalanılarak hacim hesapları yapılır.

$$\text{Hacim, } V = (A_1 + A_2) * L / 2$$

A₁, A₂ : Kesit alanları
L: Kesitler arası uzaklık



Aralarında eşit uzaklık bulunan dolgu veya yarma kesitleri arasında kalan toplam hacmin hesaplanması.



$$\text{Hacim, } V = (A_{\text{ilk}} + 2n.A_{\text{ara}} + A_{\text{son}})$$

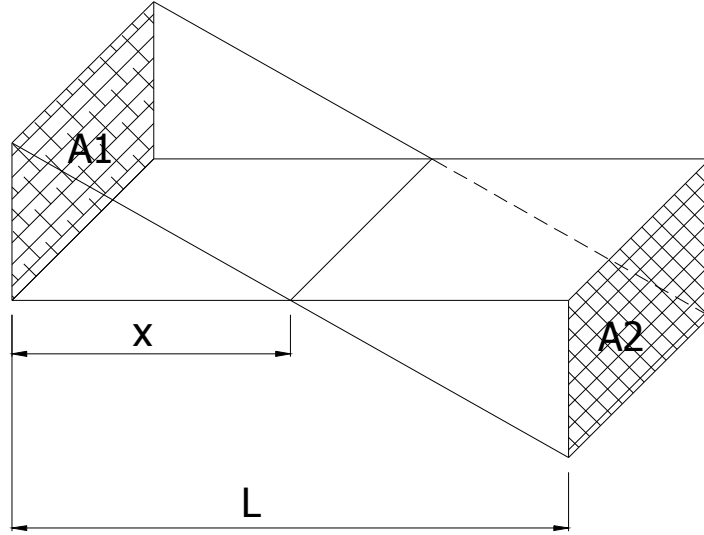
A_{ilk} : İlk kesit alanı

A_{son} : Son kesit alanı

A_{ara} : İlk ve son kesitler arasında kalan kesit alanlarının aritmetik ortalaması

n : İlk ve son kesitler arasında kalan kesit sayısı

Ardışık hacim hesaplarında her zaman arda arda dolgu veya yarma kesiti gelemeyebilir. Bazen ardışık hacim hesaplarında bir dolgu, bir yarma kesit gelebilmektedir.

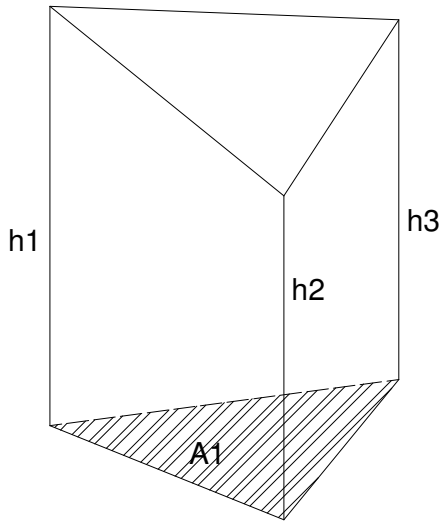


$$\frac{A1}{A2} = \frac{x}{L-x}$$

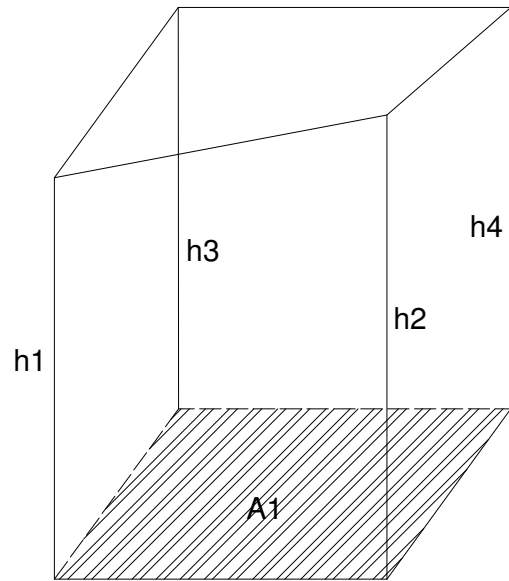
$$x = \frac{A1}{A1+A2} * L$$

9.2 Yüzey Nivelman Ölçülerine Göre Hacim Hesabı

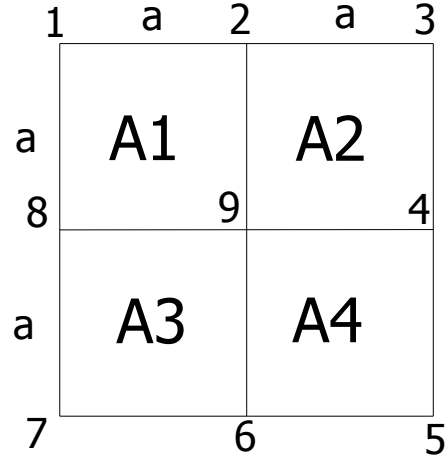
Arazi üçgen, kare veya dikdörtgen kafeslere ayrılır. Kafeslerin köşe noktalarının yükseklikleri bilindiği için, verilen taban kotuna göre kare veya dikdörtgen prizmalardan yararlanarak hacim hesaplanabilmektedir



$$\text{Hacim, } V = A1 * (h1+h2+h3)/3$$



$$\text{Hacim, } V = A1 * (h1+h2+h3+h4)/4$$



$$V_1 = \frac{1}{4} a^2 (h_1 + h_2 + h_8 + h_9)$$

$$V_2 = \frac{1}{4} a^2 (h_2 + h_3 + h_4 + h_9)$$

$$V_3 = \frac{1}{4} a^2 (h_4 + h_5 + h_6 + h_9)$$

$$V_4 = \frac{1}{4} a^2 (h_6 + h_7 + h_8 + h_9)$$

$$V = \frac{1}{4} a^2 (\sum h_E + 2 \sum h_R + 4 \sum h_i)$$

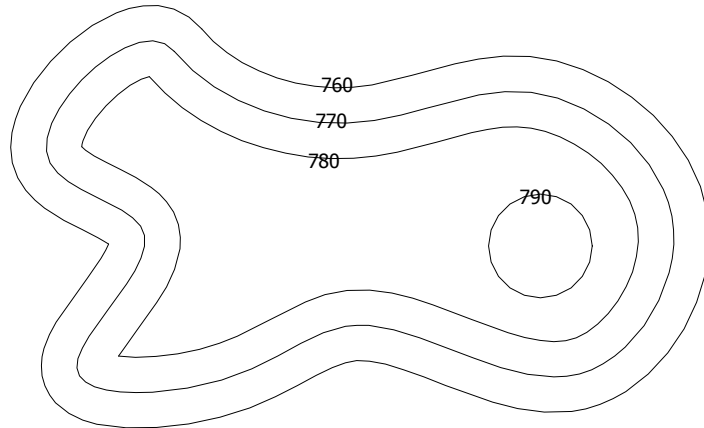
h_E : Dış köşe yükseklikleri

h_R : Dış kenar yükseklikleri

h_i : İç yükseklik

9.3. Eşyükselti Eğrilerinden Faydalanarak Hacim Hesabı

Eşyükselti eğrilerinden hacim hesabı en kesit hesabına benzer şekilde yapılmaktadır. Yalnız eğriler arasında kalan alanlar planimetre ile hesaplanmaktadır. Yükseklik farkı ise iki eşyükselti eğrisi arasındaki farktır.



$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} h$$