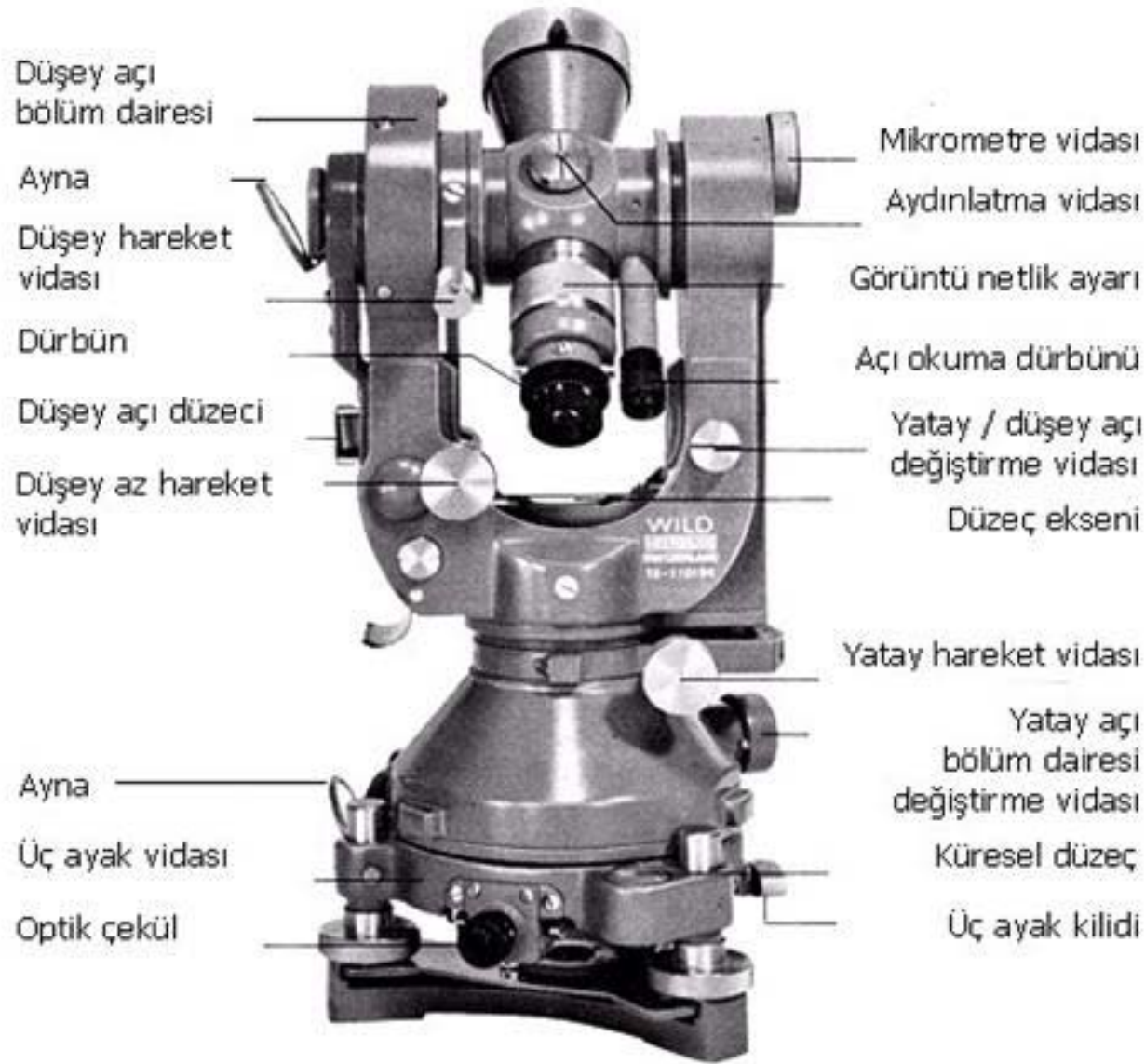


Teodolit



Yatay Eksen: Dürbünün etrafında döndüğü eksenidir.

Asal Eksen: Çekül doğrultusundaki eksen
Düzeç Eksen: Düzeğin üzerinde bulunduğu eksen

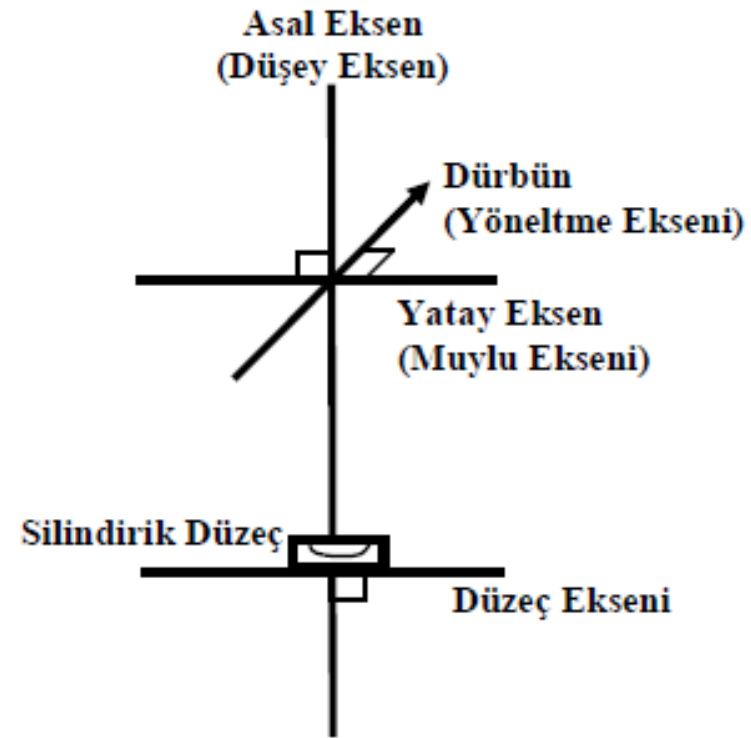
Yöneltme Eksen: Kılar şebekesinin kesim noktası ile objektifin merkezinden geçen doğru

Dürbün: Teodoliti hedefe yöneltir.

Düzeç (küresel, silindirik): Asal eksen düşeylemeye yarar.

Yatay daire: Merkezi asal eksen üzerindedir. 400g ye bölünmüştür. Yatay doğrultuların ölçülmesini sağlar.

Düşey Daire: Merkezi yatay eksen üzerindedir. Düşey açıların ölçülmesini sağlar.



Şekil 24. Teodolit yapısı ve Eksen şartları

Eksen Şartları ve Eksenler

Yöneltme Eksen	$\perp$	Yatay Eksen
Düzeç Eksen	$\perp$	Asal Eksen
Yatay Eksen	$\perp$	Asal Eksen

Eğer diklik şartları sağlanmaz ise hatalı ölçü yapılmış olur!

Teodolitin Nokta Üzerine Kurulması

Arazideki bir noktaya aletin kurulması demek, düşeylenmiş asal eksenin zemin işaretinin merkezinden geçmesini sağlamak demektir.

1. Bunun için alet, sehpa ile beraber kabaca nokta üzerine yerleştirilir.
2. Sehpanın iki ayağı elle tutularak ve göz optik çekülde olmak üzere, sehpa ileri-geri ve sağa-sola hareket ettirilerek, optik çekül kollarının kesişme noktası ile zemin işaretinin merkezi çakıştırılır.
3. Bu arada sehpa üst tablasının olabildiğince yatay olmasına dikkat edilir.
4. Daha sonra sehpa ayakları üzerine basılarak toprağa sabitlenir.
5. Optik çekülde kayma olup olmadığına bakılır.
6. Kayma varsa, sehpayı alete bağlayan vida gevşetilerek alet sehpa üzerinde bir miktar hareket ettirilerek sapmalar giderilir.
7. Küresel düzecen kabarcığı hangi tarafa kaymışsa, o taraftaki sehpa ayağı kısaltılarak kabarcık ortalanır.
8. Silindirik düzeçle alet düzeçlenir. Bunun için silindirik düzeç iki düzeçleme ayağına paralel duruma getirilir. İki düzeçleme vidası da içe ve ya dışa çevirtilerek, silindirik düzeç kabarcığı ortalanır.
9. Alet asal eksen etrafında 100g çevirtilerek, üçüncü ayağı ile kabarcık bir kez daha ortalanır.
10. Alet asal eksen etrafında tekrar çevirtilir. Silindirik düzeçte kaymalar varsa düzeçleme işlemi tekrar edilir.
11. Optik çekülün durumu kontrol edilir.
12. Küçük kaymalar varsa sehpa bağlama vidası gevşetilerek, alet tabla üzerinde hafifçe uygun yönde hareket ettirilerek çakışma sağlanır.
13. Düzeç yeniden kontrol edilir.
14. Şayet küçük hareketlerle bu çakışma sağlanamıyorsa ve çakışma sağlandığında düzeçte kayma varsa işlem yeniden tekrarlanır.

Teodolitin Doğrultu ve Açı Okuma Düzeni

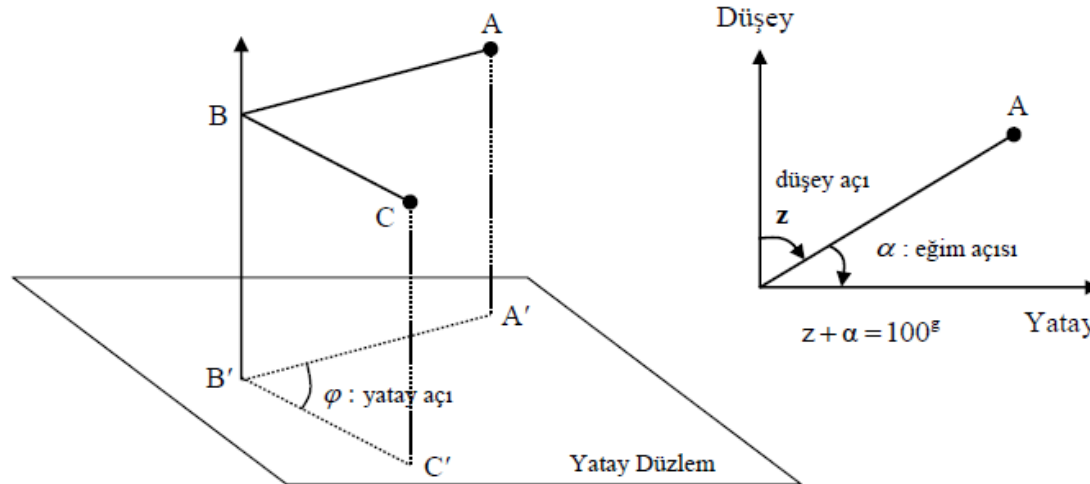
Teodolitlerde, açı bölümlerinin üzerine çizildiği daireye açı bölüm dairesi denilir. Yatay açıların üzerine çizildiği daireye yatay açı bölüm dairesi ya da kısaca yatay daire; düşey açıların üzerine çizildiği daireye de düşey açı bölüm dairesi ya da kısaca düşey daire denir. Açılar bu iki açı dairesinden okunur.

Teodolit yardımıyla doğrultular ve düşey açılar direk ölçülür. Yatay doğrultular ve düşey açılar açı okuma dürbünü yardımıyla aynı yerden okunur. Hangisini okuyacağımıza yatay/düşey açı değiştirme vidası yardımı ile karar veririz.

Açı Ölçüsü

Düşey açı: BA doğrultusundan geçen düşey düzlem içerisinde bulunan ve B den geçen düşey doğrultu ile BA arasında kalan açıya düşey açı denir. Düşey açı 0g ile 200g arasında değerler alır.

Yatay açı: AB ve BC doğrularının yatay bir düzlem üzerinde izdüşümleri olan A'B' ve B'C' doğruları arasında kalan açısına yatay açı denir. Yatay açı yatay düzlemde nokta koordinatlarının hesaplanmasında kullanılır.



Silsile Yöntemiyle Doğrultu Ölçüsü

1. Teodolit, ölçmenin yapılacağı O noktasına kurulur. Dürbünün birinci durumunda P ye yöneltilerek ilk doğrultu r_1 değeri okunur. Sonra, saat ibresinin hareketi yönünde bütün noktalara P1, P2, P3, P4 e bakılarak r_2, r_3, r_4, r_5 doğrultuları okunur.
2. Dürbün takla attırılır. Saat ibresi yönünde 200g döndürülür. Dürbün ikinci duruma getirilir.
3. P4 noktasından başlamak üzere saat ibresinin ters yönünde sırasıyla P3, P2, P1 ve P noktalarına bakılarak tekrar r_5, r_4, r_3, r_2 ve r_1 doğrultuları okunur.
4. Bu şekilde bir silsile açısı ölçümü tamamlanmış olur.

Bir noktada n silsile ölçüm yapılacaksa, yatay açı bölüm dairesi, her silsile başlangıcında $200/n$ kadar kaydırılır. Örneğin, $n=4$ ise, silsile başlangıçları 0, 50, 100 ve 150 olacaktır. Silsile yöntemiyle açı ölçümünde sonuçlar, gözlem eksen ve yatay eksen hataları ile sürüklenme hatasının etkilerinden arınmış olur.

Yatay Açı Hesabı

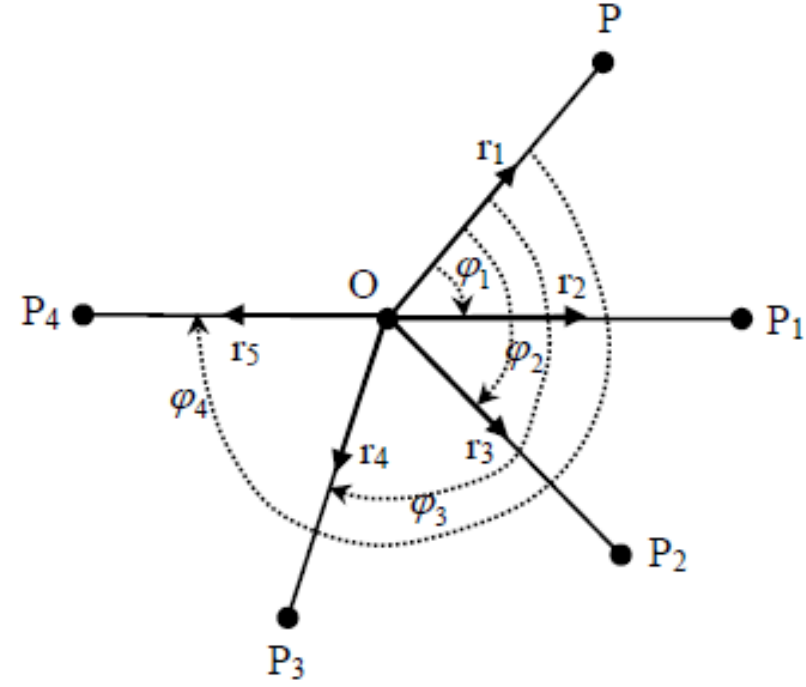
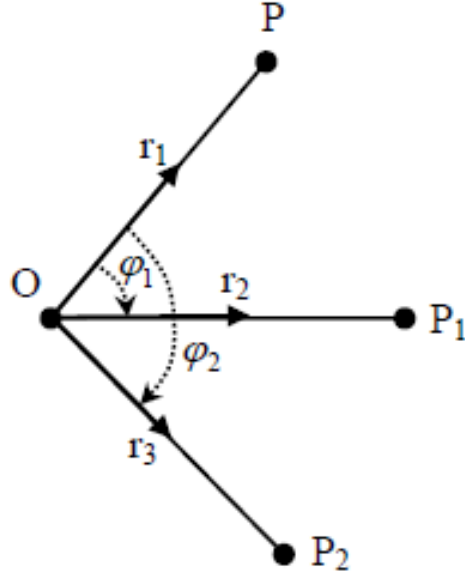
Bir O noktasından çıkan P, P1, P2, P3, P4 ışınları arasındaki yatay açılar herhangi bir başlangıç (P noktası) doğrultusuna göre saat ibresi yönünde ölçülen ve kendilerini sınırlayan doğrultuların farkları olarak hesap edilir.

$$\varphi_1 = r_2 - r_1$$

$$\varphi_2 = r_3 - r_1$$

$$\varphi_3 = r_4 - r_1$$

$$\varphi_4 = r_5 - r_1$$



Şekil 28. Yatay açı hesabı

$$\varphi_1 = r_2 - r_1 = 64.40825 - 0.00000 = 64.40825$$

$$\varphi_2 = r_3 - r_1 = 152.99299 - 0.00000 = 152.99299$$

DN	BN	Ölçülen Doğrultular		Sıfıra İndirgenmiş Doğrultular			Silsileler ortalaması	
		I. Durum	II. Durum	I. Durum	II. Durum	Ortalama		
O	P	0.0070	200.0075	0.0000	0.0000	0.00000	0.00000	r ₁
	P ₁	64.4146	264.4146	64.4076	64.4071	64.40735	64.40825	r ₂
	P ₂	152.9993	352.9987	152.9923	152.9912	152.99175	152.99299	r ₃

Düşey Açı Ölçüsü ve Hesabı

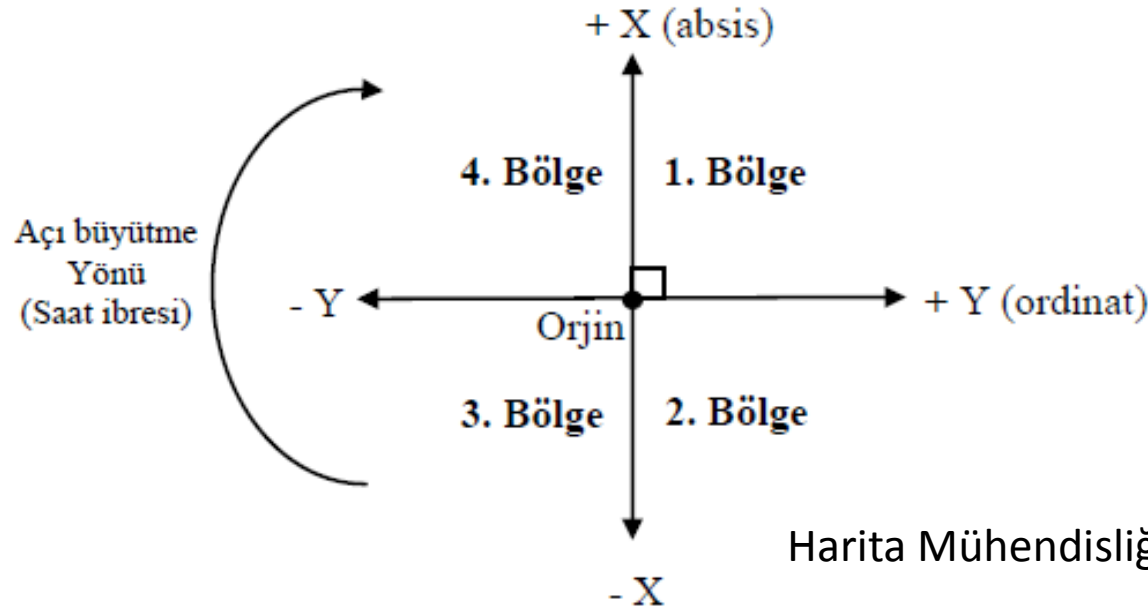
1. Dürbün birinci durumda hedefe tatbik edilir ve z1 okuması yapılır.
2. Dürbün takla attırılır. Saat ibresi yönünde 200g döndürülür. Dürbün ikinci duruma getirilir ve z2 okuması yapılır.
3. $z1 + z2 = 400g$ olmalıdır.

DN	BN	Dürbün Durumu	Okumalar	Düzeltilme	Düşey Açı
O	P ₁	I	79.1862	+11	79.1873
		II	320.8116	+11	320.8127
			399.9978	+22	400.0000

Koordinat sistemleri ve Temel Ödevler

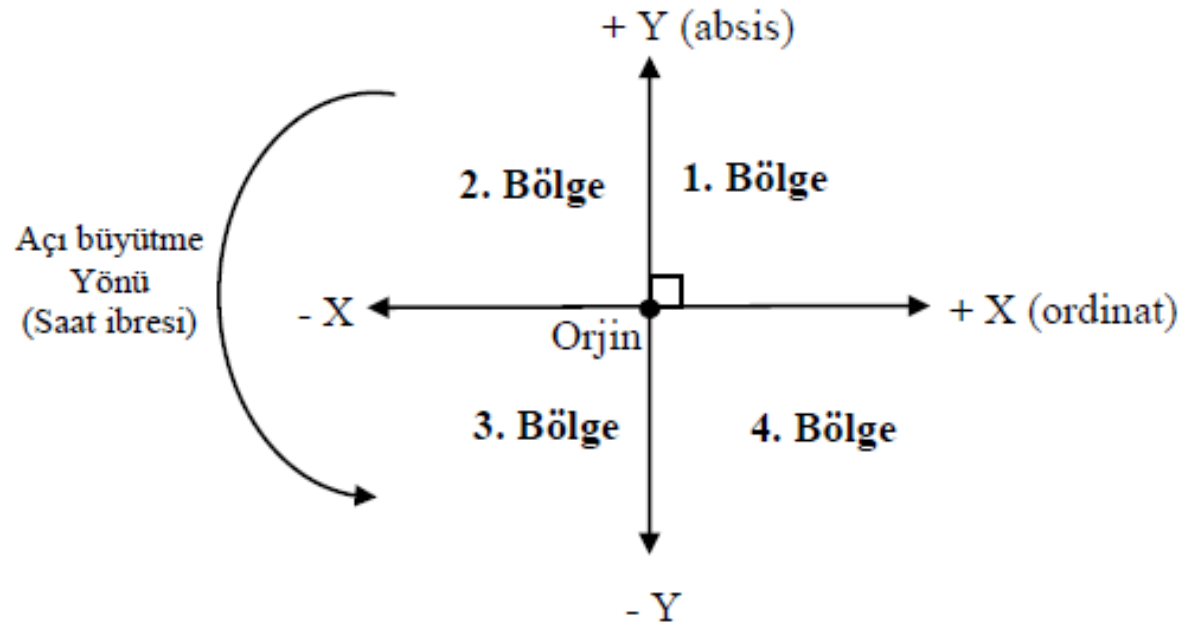
Dik Koordinat Sistemi

Noktaların bir düzlem içinde birbirlerine göre konumlarını belirlemek için, birbirini dik açı altında kesen iki doğru kullanılır. Buna dik koordinat sistemi denir.



Harita Mühendisliğinde dik koordinat sistemi

Koordinat eksenleri olarak kuzeye giden yön X eksenidir, doğu-batı yönündeki eksen ise Y eksenidir. Eksenler birbirine diktir. Eksenlerin kesişme noktasına orjin (başlangıç) noktası adı verilir. Bu sistemde açı büyütme yönü saat ibresi yönüdür. Bir noktanın X eksenine olan uzaklığına Y koordinatı, Y eksenine olan uzaklığına da X koordinatı denir.



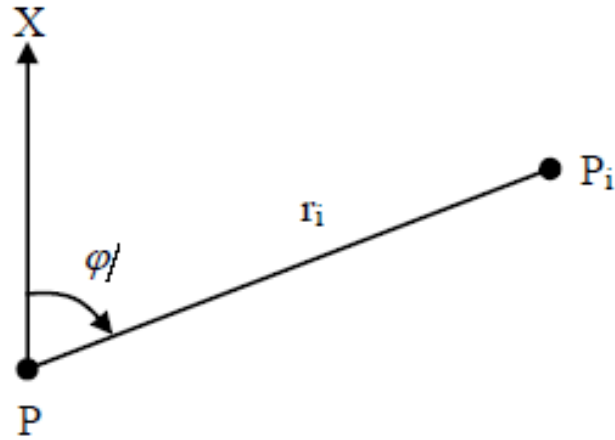
Matematik ve Trigonometride dik koordinat sistemi

şekilden görüldüğü gibi X ve Y koordinat eksenleri matematik ve trigonometridekinden farklı olarak X ve Y yer değiştirmiştir.

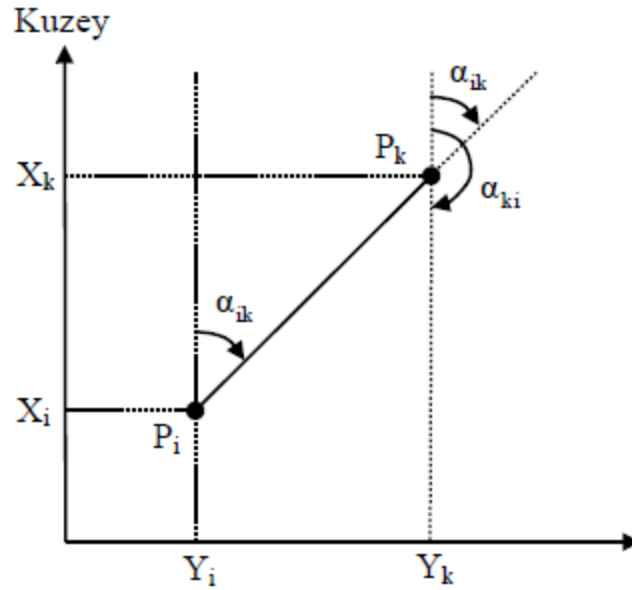
Trigonometride açı büyütme yönü saat ibresinin tersi yönüdür. Bu hareket haritacılıkta kullanılan ölçme aletlerinin açı ölçme bölüm dairelerine ters düşmektedir. Haritacılıkta kullanılan ölçme aletleri ile hesaplamada matematik formüllerin kullanılabilmesi için eksen isimlerinde ve açı büyütme yönünde değişiklik yapılmıştır.

Kutupsal Koordinat Sistemi

Kutupsal koordinatlarda kutup denilen ve ölçüde genelde istasyon noktası olan (P) bir nokta ve bu noktadan geçen bir başlangıç yönü vardır. Bu sistemde bir P_i noktasının yeri; bu noktayı kutup noktasına birleştiren doğrunun başlangıç yönü, yaptığı φ açısı ve noktanın kutba olan uzaklığı (r_i) cinsinden belli olur. φ açısı genellikle kuzeyi gösteren başlangıç yönünden itibaren saat ibresi yönünde okunur.



Semt Açısı



Bir koordinatları X_i , Y_i olan bir P_i noktasından koordinatları X_k , Y_k olan bir P_k noktasına giden doğrunun kuzeye bakan X eksenini ile yaptığı α_{ik} açısına P_iP_k doğrusunun **semti** denir ve (P_iP_k) ifadesiyle gösterilir . Bir semt, X ekseninin kuzey yönünden itibaren saat ibresi yönünde 0° dan 400° a kadar değerler alabilir. Bu doğrunun iki ucundaki semtler arasında aşağıdaki ilişki vardır.

$$\alpha_{ki} = \alpha_{ik} \pm 200^\circ$$
$$(p_k p_i) = (p_i p_k) \pm 200^\circ$$

Temel Ödevler

Temel ödevler koordinat hesabında karşılaşılan durumların çözümlerini içermektedir.

I. Temel Ödev

Bilinenler	İstenenler
Y_a, X_a koordinatları	Y_b, X_b
$AB = s$ uzunluğu	
(AB) semti	

$$\Delta X = X_b - X_a \quad X_b = X_a + \Delta X$$

$$\Delta Y = Y_b - Y_a \quad Y_b = Y_a + \Delta Y$$

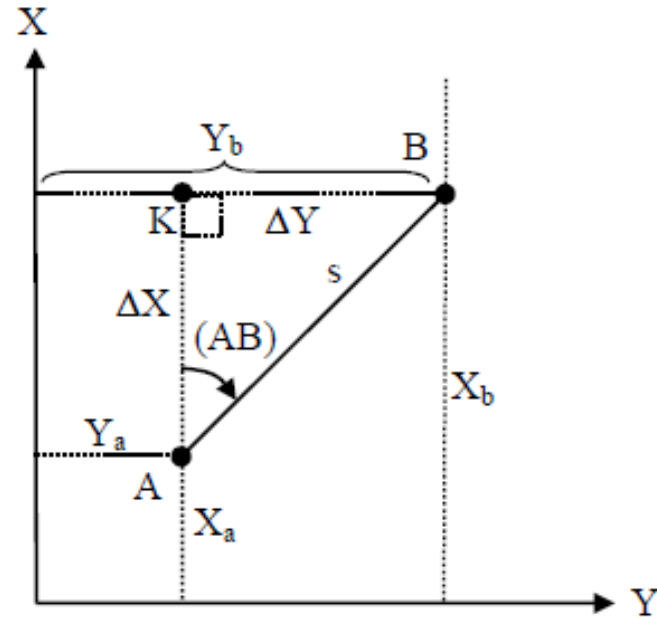
ABK dik üçgeninden

$$\sin(AB) = \frac{\Delta Y}{s} \quad \Delta Y = s \cdot \sin(AB)$$

$$\cos(AB) = \frac{\Delta X}{s} \quad \Delta X = s \cdot \cos(AB)$$

$$Y_b = Y_a + s \cdot \sin(AB)$$

$$X_b = X_a + s \cdot \cos(AB)$$



Şekil 32. 1. Temel Ödev

Bilinenler

$$Y_a = 5325.87 \text{ m}$$

$$X_a = 3410.43 \text{ m}$$

$$AB = s = 197.16 \text{ m}$$

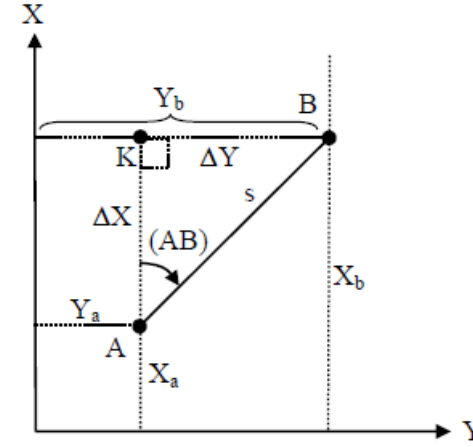
$$(\angle AB) = 77^{\circ}.1690$$

İstenenler

$$Y_b = 5325.87 + 197.16 \cdot \sin(77.1690) = 5510.49$$

$$X_b = 3410.43 + 197.16 \cdot \cos(77.1690) = 3479.63$$

II. Temel Ödev



Bilinenler	İstenenler
Y_a, X_a Y_b, X_b koordinatları	$AB = s = \text{uzunluğu}$ (AB) semti

ABK dik üçgeninden

$$\tan(AB) = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}$$

$$\sin(AB) = \frac{\Delta Y}{s} = \frac{Y_b - Y_a}{s}$$

$$\cos(AB) = \frac{\Delta X}{s} = \frac{X_b - X_a}{s}$$

$$s = \frac{\Delta Y}{\sin(AB)} = \frac{\Delta X}{\cos(AB)}$$

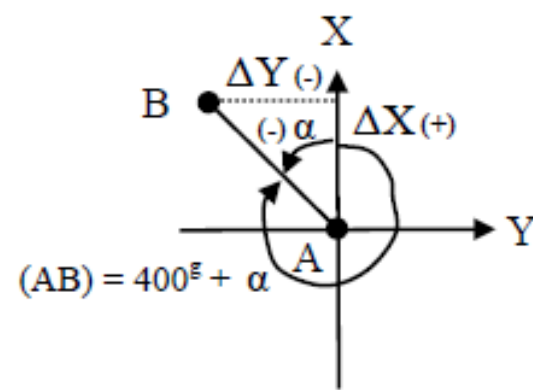
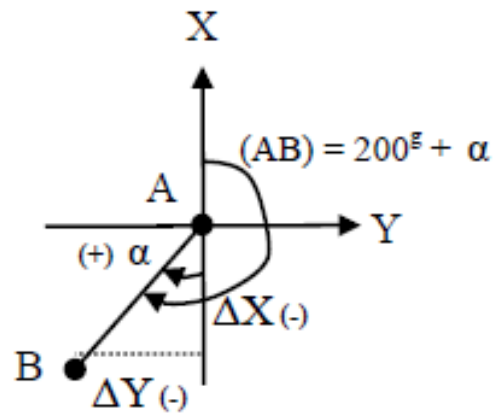
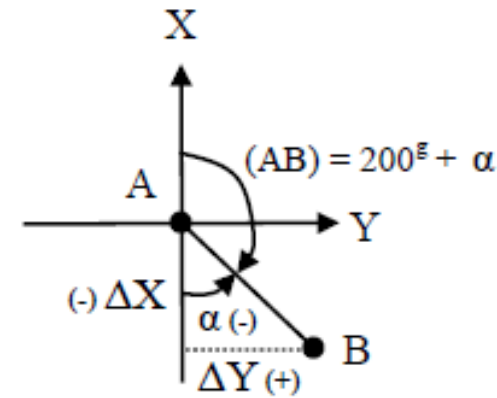
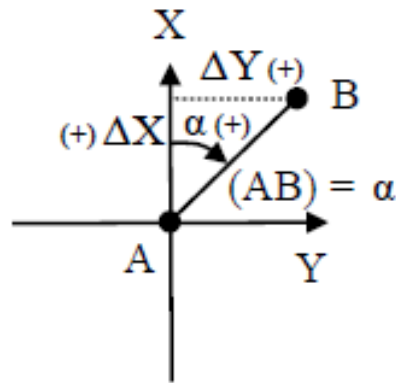
$$(AB) = \arctan\left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right) = \arctan\left(\frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}\right)$$

$$s = \frac{\Delta Y}{\sin(AB)} = \frac{Y_b - Y_a}{\sin(AB)} \quad \text{sinüs teoremi}$$

$$s = \frac{\Delta X}{\cos(AB)} = \frac{X_b - X_a}{\cos(AB)} \quad \text{kosinüs teoremi}$$

$$s = \sqrt{(\Delta Y)^2 + (\Delta X)^2} = \sqrt{(Y_b - Y_a)^2 + (X_b - X_a)^2}$$

Bölge	ΔY	ΔX	(AB) semti hesabı	
I	+	+	α	Makineden hesaplanan değer aynen alınır
II	+	-	$200^{\text{g}} + \alpha$	Makineden hesaplanan değere 200^{g} eklenir
III	-	-	$200^{\text{g}} + \alpha$	
IV	-	+	$400^{\text{g}} + \alpha$	Makineden hesaplanan değere 400^{g} eklenir



Örnek:

Bilinenler (m)

$$Y_a = 5127.45$$

$$X_a = 4851.12$$

$$Y_b = 5321.54$$

$$X_b = 4803.60$$

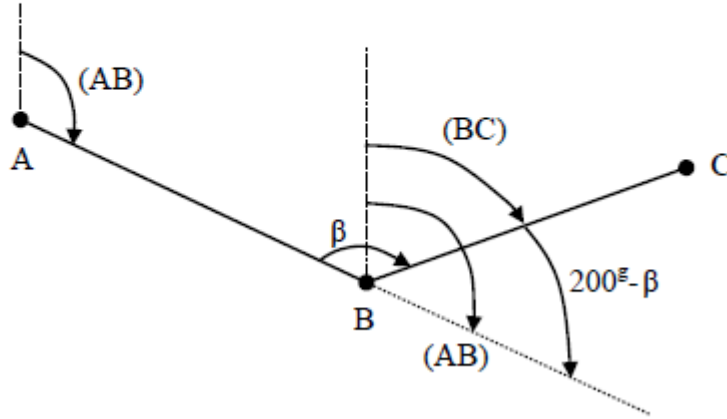
İstenenler

$$(AB) = \arctan\left(\frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}\right) = \frac{194.09}{-47.52} = 115^{\circ}.2860$$

$$s = \sqrt{(Y_b - Y_a)^2 + (X_b - X_a)^2} = 199.82 \text{ m}$$

III. Temel Ödev

Bilinenler	İstenenler
(AB) semti	(BC) semti
β kırılma açısı	



Şekil 33. 3. Temel Ödev

$$(BC) = (AB) - (200^\circ - \beta)$$

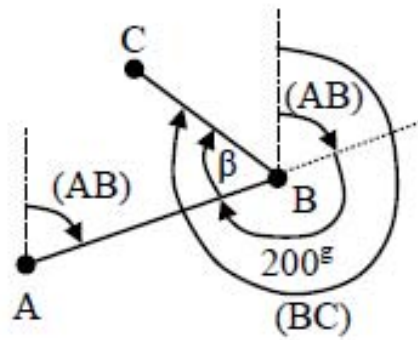
$$(BC) = (AB) + \beta - 200^\circ$$

Bölgelere göre durumu genelleştirirsek

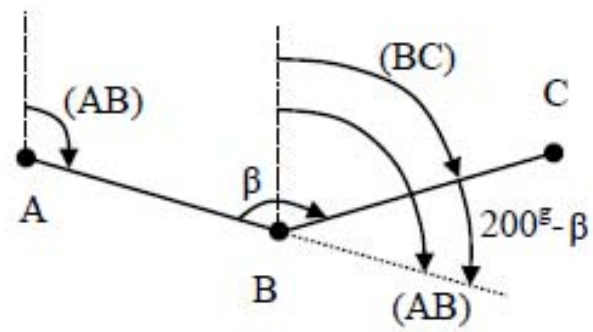
$$(BC) = (AB) + \beta \pm 200^\circ$$

Özel durumlar

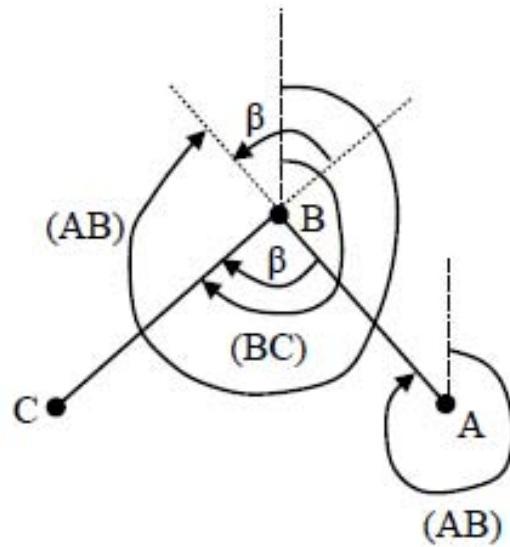
A	$0^\circ \leq (AB) + \beta \leq 200^\circ$	$+ 200^\circ$
B	$200^\circ \leq (AB) + \beta \leq 400^\circ$	$- 200^\circ$
C	$400^\circ \leq (AB) + \beta \leq 600^\circ$	$- 200^\circ$
D	$600^\circ \leq (AB) + \beta \leq 800^\circ$	$- 600^\circ$



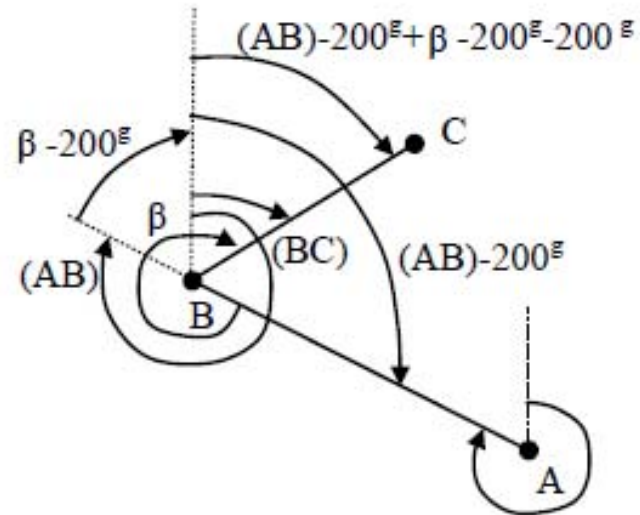
$$(BC) = (AB) + \beta + 200^\circ$$



$$(BC) = (AB) + \beta - 200^\circ$$



$$(BC) = (AB) + \beta - 200^\circ$$

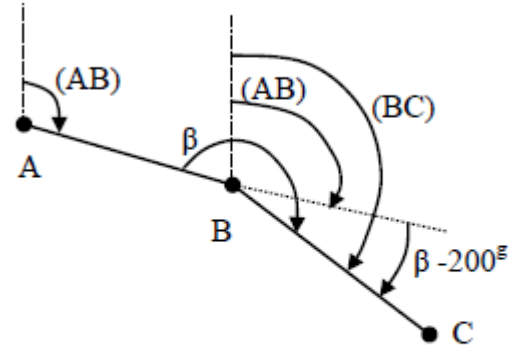


$$(BC) = (AB) + \beta - 600^\circ$$

Örnek:

Bilinenler	İstenenler
$(AB) = 129^{\circ}.1680$	$(BC) ?$
$\beta = 257^{\circ}.1417$	

$$(BC) = (AB) + \beta - 200^{\circ} = 186^{\circ}.3097$$



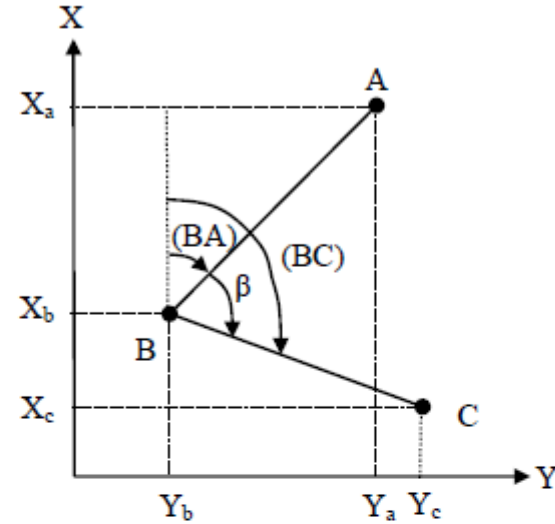
IV. Temel Ödev

Koordinatları bilinen üç nokta arasındaki β aranır. Çözümde semt farkları kullanılır.

$$\beta = (BC) - (BA)$$

$$(BC) = \arctan\left(\frac{Y_c - Y_b}{X_c - X_b}\right)$$

$$(BA) = \arctan\left(\frac{Y_a - Y_b}{X_a - X_b}\right)$$



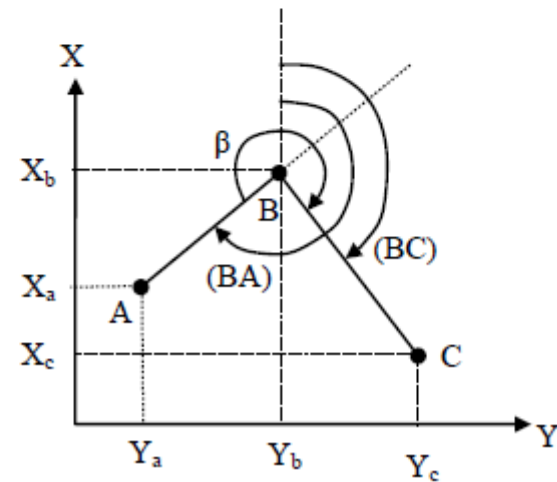
Şekil 34. 4. Temel Ödev

Örnek:

$$\beta = 400^\circ - [(BA) - (BC)]$$

$$(BA) = \arctan\left(\frac{Y_a - Y_b}{X_a - X_b}\right)$$

$$(BC) = \arctan\left(\frac{Y_c - Y_b}{X_c - X_b}\right)$$



Örnek: Tabloda verilen koordinatlara göre A'dan C'ye giden kırılma açısını hesaplayınız.

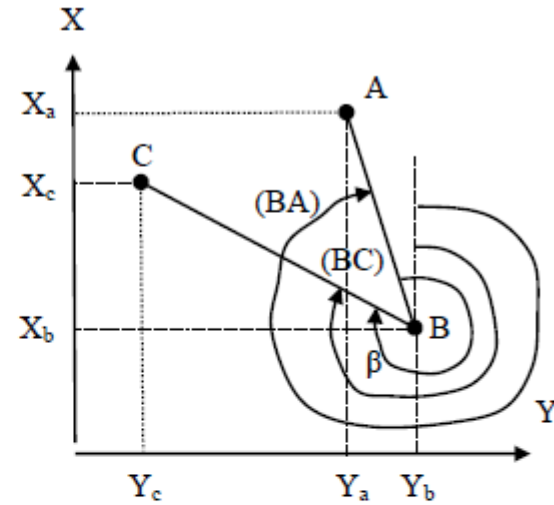
NN	Y	X
A	3808.18	4068.48
B	3821.40	3827.50
C	3500.00	4000.00

$$\beta = 400^g - [(BA) - (BC)]$$

$$(BC) = 331^g.3590$$

$$(BA) = 396^g.5110$$

$$\beta = 334^g.8480$$



Örnek: Köşe noktalarının koordinatları verilen bir düzlem ABC üçgeninin α , β ve γ açılarını hesaplayınız. $\alpha + \beta + \gamma = 200^g$ kontrolünü yapınız.

NN	Y	X
A	1000.00	1000.00
B	1350.00	997.45
C	1442.00	1319.01

Cevap: $\alpha = 40^g.2510$, $\beta = 117^g.3092$, $\gamma = 42^g.4398$

