

Kesit Nivelmanı

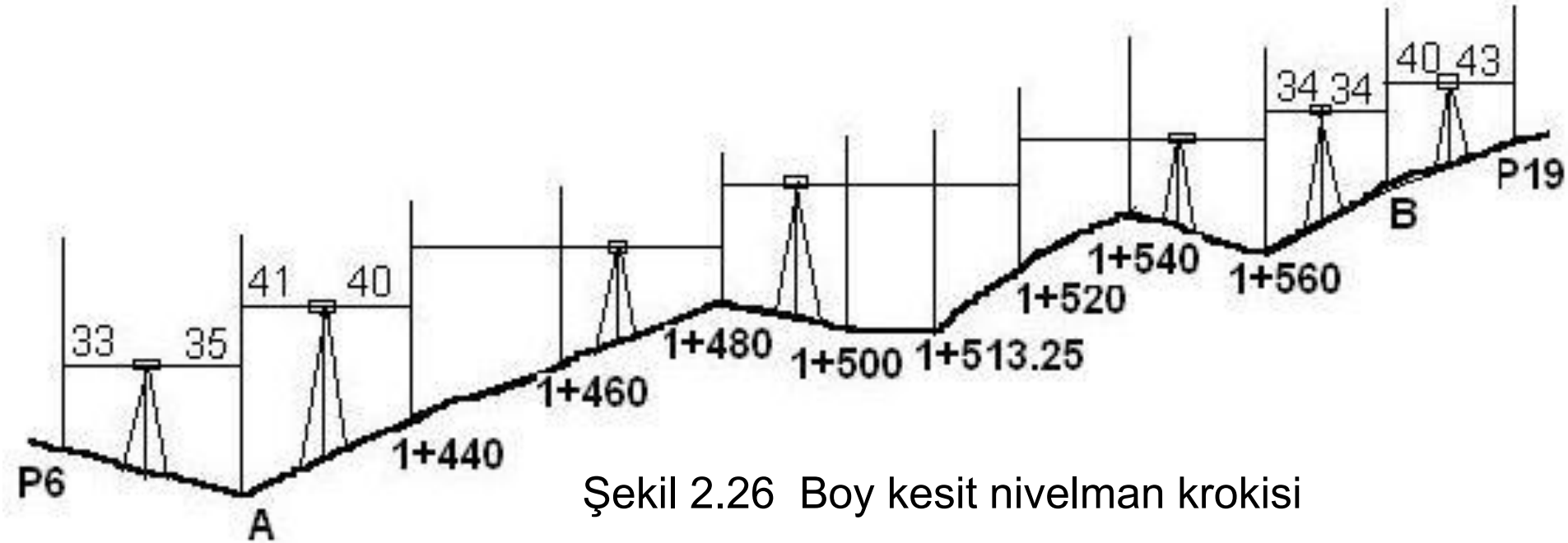
- Karayolu, demiryolu, kanal, kanalizasyon gibi bir hat boyunca uzanan inşaat işlerinde, arazinin topografik yapısını daha iyi görmek ve böylece bu topografik yapıya en uygun projenin hazırlanmasını sağlamak, ayrıca kazı dolgu gibi toprak işlerinin hesaplarını kolayca yapabilmek için boyuna ve enine kesitlerden faydalanılır.
- Yol, kanal, yüksek gerilim hattı vb. tesislerin yapımında arazinin boyuna ve enine kesitleri çıkarılır.
- Boy kesitler güzergâh yönünde, en kesitler de bu yöne dik doğrultuda çıkarılırlar. İşin amacına ve arazinin topografik yapısına göre, boy kesit için okumalar 20, 50 ya da 100 m de bir ve ayrıca eğimin değiştiği noktalarda yapılır.
- En kesitlerde ise projenin uygulanacağı ana eksen üzerinde, ana eksene dik ve sağa-sola 10, 15, 25 m gibi belirli mesafelerde ve ayrıca eğimin değiştiği noktalarda alınan kesitlerdir.

Boyuna kesit

Enine kesit

olmak üzere 2 cesit kesit nivelmanı yapılır.

Boy Kesit

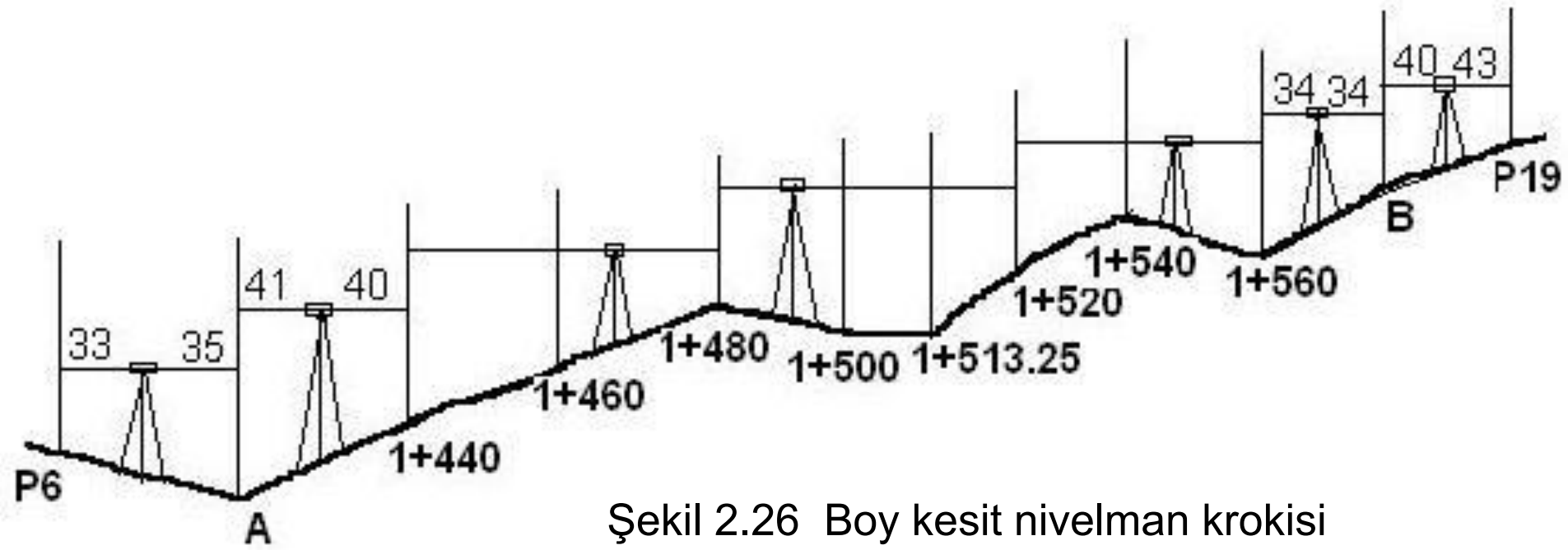


Şekil 2.26 Boy kesit nivelman krokisi

Eksen boyunca geçen düşey düzlem ile doğal zeminin ara kesitine **"boykesit"** veya **"boyuna kesit"** denir.

Bu arakesitin çıkartılması için eksen boyunca belirlenen noktaların yüksekliklerinin belirlenmesi için yapılan nivelmana **"boykesit nivelmanı"** denir.

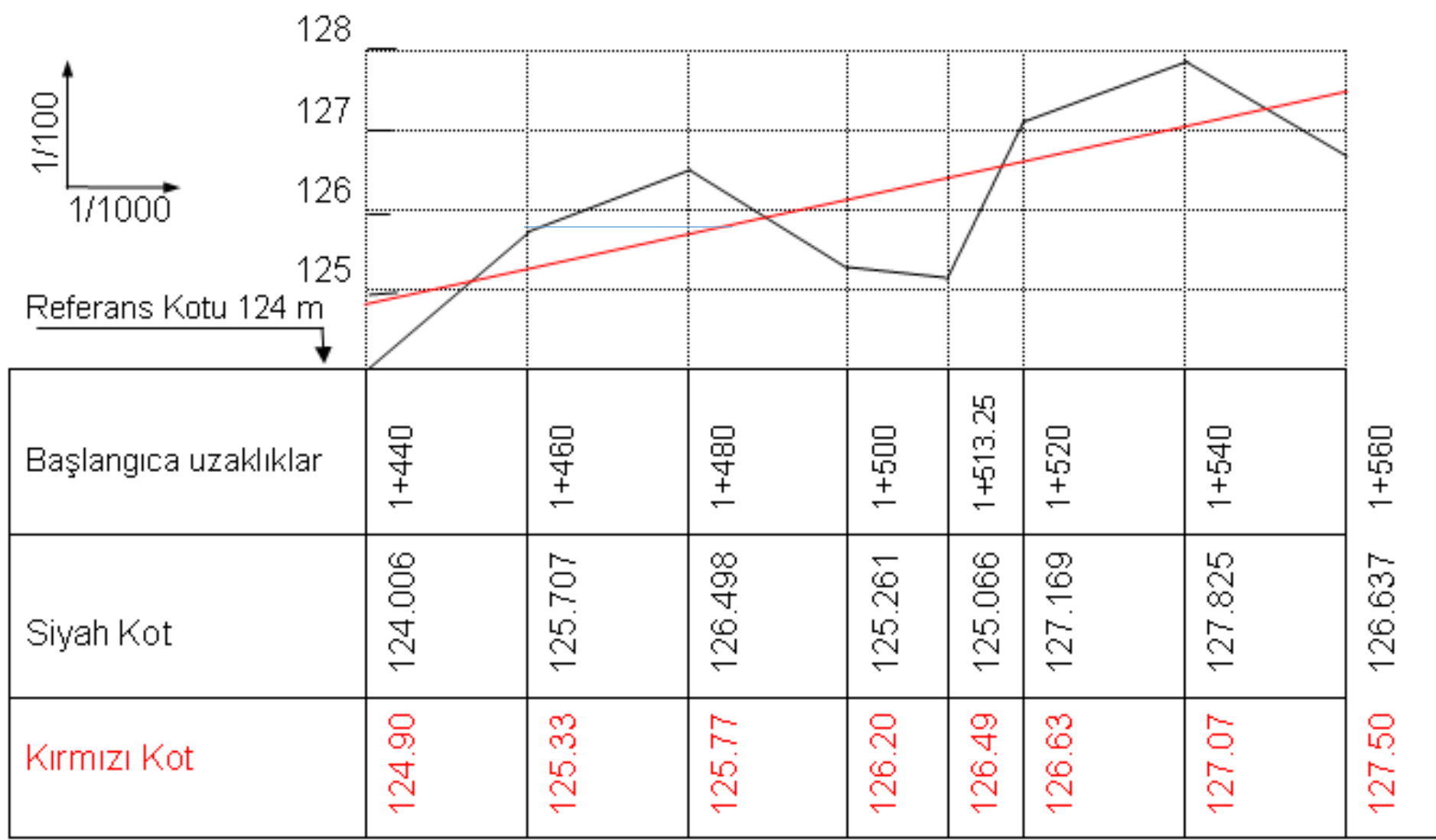
- Boyuna kesit nivelmanlarının asıl amacı, proje hattı boyunca yeryüzünün düşeyle yaptığı ara kesidi bir çizim üzerinde net bir şekilde görebilmek ve hesaplamaları bu çizim üzerinde yapabilmektir.



Şekil 2.26 Boy kesit nivelman krokisi

- Boyuna kesit noktaları, işin amacına uygun şekilde belirlenen 20, 30, 50 veya 100 m gibi sabit aralıklarla projenin orta eksenini boyunca başlangıçtan itibaren arazide belirlenirler.
- Bu noktaların tesisinde genellikle ahşap kazıklar kullanılır. Sabit aralıklarla belirlenen bu noktaların dışında, hat boyunca belirlenmesi gereken karakteristik yerler (boyuna kesit hattının arazideki bir yolu kestiği yerler vb.), ve arazinin eğiminin hat boyunca değiştiği bütün yerler de boyuna kesit noktaları olarak tesis edilirler
- Her boyuna kesit noktası başlangıca olan uzaklığına göre isimlendirilir.
- Bu isimlendirme hattın uzunluğuna göre (kilometre + metre) şeklinde yapılır

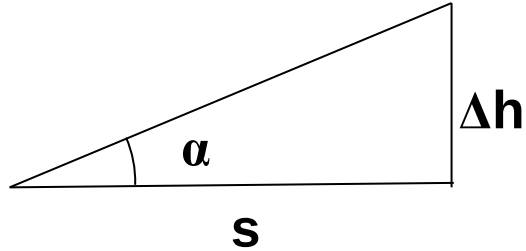
Nokta	Uzaklık	Mira Okumaları			Gözlem Düzlemi Kotu	Yükseklik H	Açıklama
		Geri	Orta	İleri			
P6	33 -	1.806 ⁺¹			124.807 m	123.000 m	
A	41 - 35	3.125 ⁺¹		2.594 ⁻¹	125.340	122.214	
1+440	- 40	3.186 ⁺¹		1.335 ⁻¹	127.193	124.006	
1+460			1.487			125.706	
1+480		1.306 ⁺¹		0.696 ⁻¹	127.805	126.498	
1+500			2.545			125.260	
1+513.25			2.740			125.065	
1+520		1.445 ⁺¹		0.637 ⁻¹	128.615	127.169	
1+540			0.791			127.824	
1+560	34 -	2.865 ⁺¹		1.979 ⁻¹	129.503	126.637	
B	40 - 34	3.203 ⁺¹		0.722 ⁻¹	131.986	128.782	
P19	- 43			1.473 ⁻¹		130.514 m	
		16.936		9436		7.514	
		<u>9.436</u>				<u>7.500</u>	
		7.500		Düzeltilme miktarı : 0.014 m = 14 mm			



Şekil 2.27 Boy kesit çizimi

Boyuna kesit noktalarının arazide belirlenen kotlarına **siyah kot** ve bu noktaları birleştiren çizgiye siyah çizgi denir. Noktaların projede planlanan yüksekliklerine ise **kırmızı kot** ve bu kırmızı kotları birleştiren çizgiye de kırmızı çizgi adı verilir. Siyah çizgi halihazır araziye, kırmızı çizgi ise arazinin inşaattan sonra alacağı halini göstermektedir

Yol, icme suyu, kanalizasyon gibi arazinin topografik yapisi ile ilgili calismalarin projelendirilmesinde arazi egimi onemli bir etkendir



$$Eğim = m = \tan \alpha = \frac{\text{yükseklik farkı}}{\text{yatay uzunluk}} = \frac{\Delta h}{s}$$

Önek :

$$\left. \begin{array}{l} S_{AB} = 120.00 \text{ m} \\ H_A = 124.90 \text{ m} \\ H_B = 127.50 \text{ m} \end{array} \right\} m_{AB} = ?$$

$$m_{AB} = \tan \alpha = \frac{H_B - H_A}{S_{AB}} = \frac{127.50 - 124.90}{120.00} = \frac{2.60}{120.00} = 0.0216667 = \%2.2$$

Aliyman şeklindeki kırmızı çizginin ilk (1+440 m) ve son (1+560) noktalarının yükseklikleri boy kesitten alınır. Yatay uzunlukla kırmızı çizginin eğiminin çarpımı ile iki nokta arasındaki yükseklik farkı hesaplanır. İlk noktaya göre hesaplanan yükseklik farkları, ilk nokta yüksekliğine eklenerek ara noktalardaki kırmızı kotlar elde edilir.

$$\Delta h_i = m \cdot s_i$$

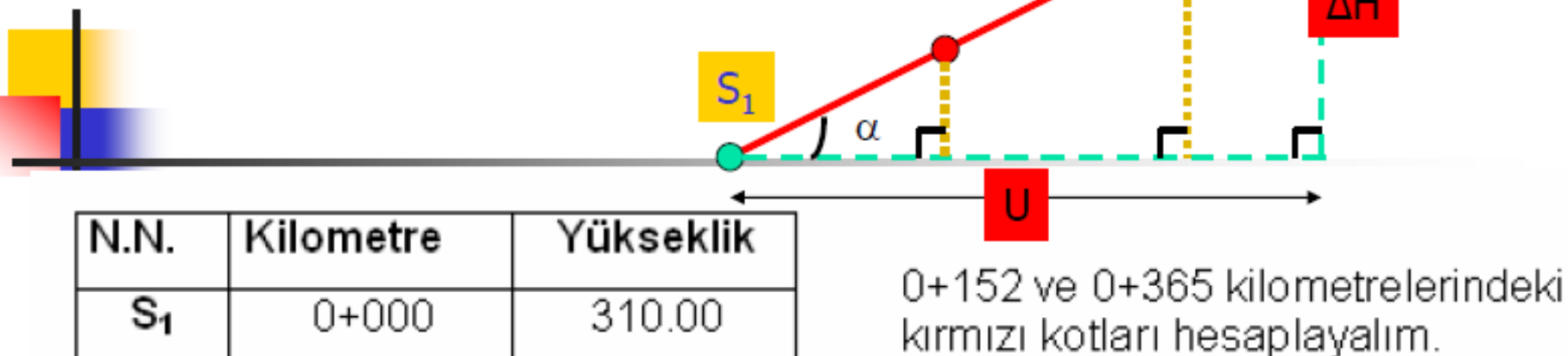
$$\Delta h_1 = 0.0217 \cdot 20 = 0.433 \text{ m}$$

$$H_{1+460} = H_{1+440} + \Delta h_1 = 124.90 + 0.43 = 125.33 \text{ m}$$

$$\Delta h_2 = 0.0217 \cdot 40 = 0.867 \text{ m}$$

$$H_{1+480} = H_{1+440} + \Delta h_2 = 124.90 + 0.87 = 125.77 \text{ m}$$

Örnek 9:

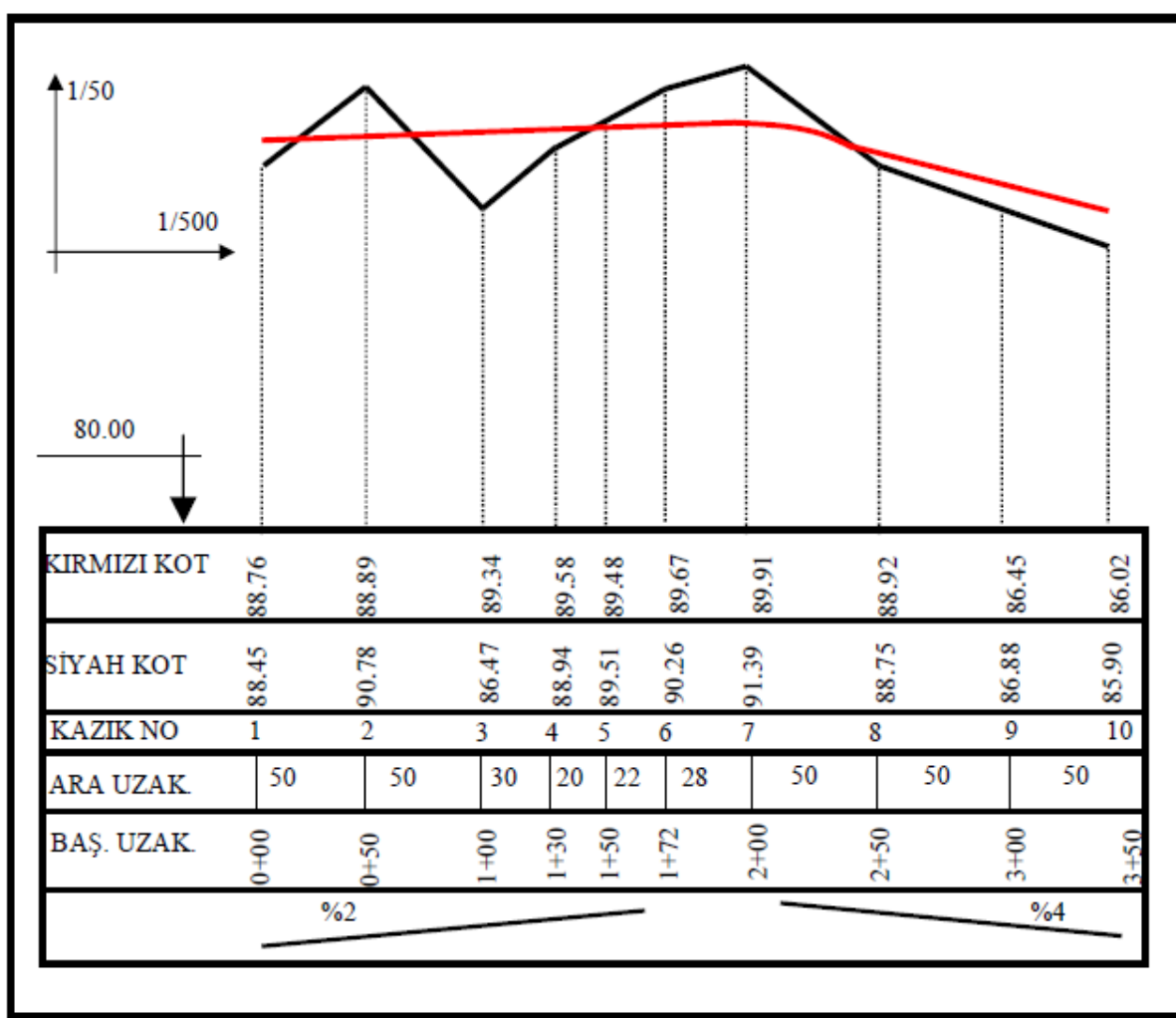


N.N.	Kilometre	Yükseklik
S ₁	0+000	310.00
S ₂	0+528	332.00

$$g = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta H}{U} = \frac{332.00 - 310.00}{528.00 - 0.00} = \frac{+22.00}{528.00} = +0.04167 = \%4.167$$

$$H_1 = 310.00 + 152.00 \cdot g_1 = 310.00 + 6.33 = 316.33 \text{ m.}$$

$$H_2 = 310.00 + 365.00 \cdot g_1 = 310.00 + 15.08 = 325.08 \text{ m.}$$

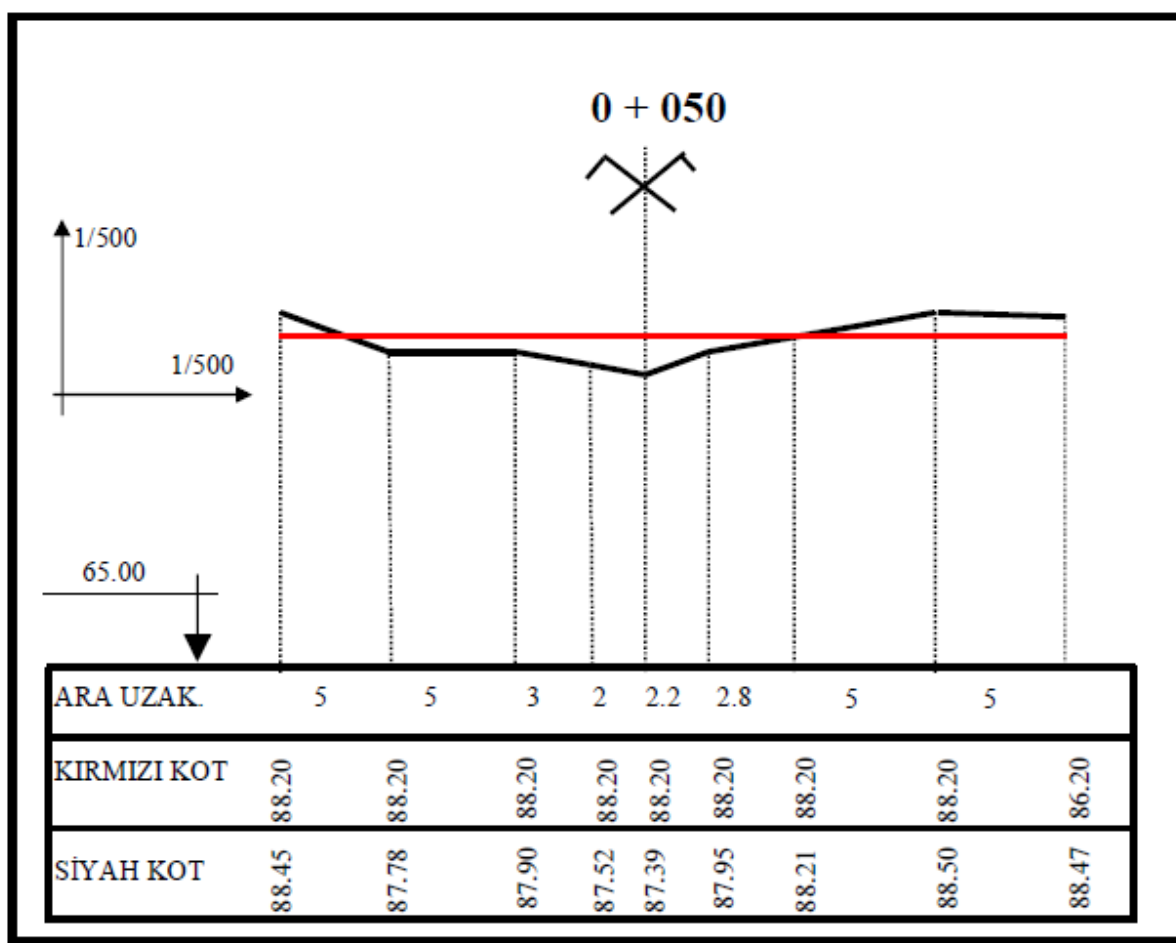


Şekil 28 : Boyuna Kesit Çizimi

- Boy kesit çizimlerinde düşey konumlarının daha iyi bir şekilde belirlenebilmesi için yatay ve düşey ölçekler farklı alınır. Genellikle düşey ölçek yatay ölçekten 10 kat daha büyük seçilir. Örneğin şekilde yatay ölçek 1/500 iken, düşey ölçek 1/50 olarak seçilmiştir. Yükseklikler ölçeğe göre çizilirken bir referansa göre çizilirler. Şekilde bu referans 80 m olarak alınmıştır.

En Kesit

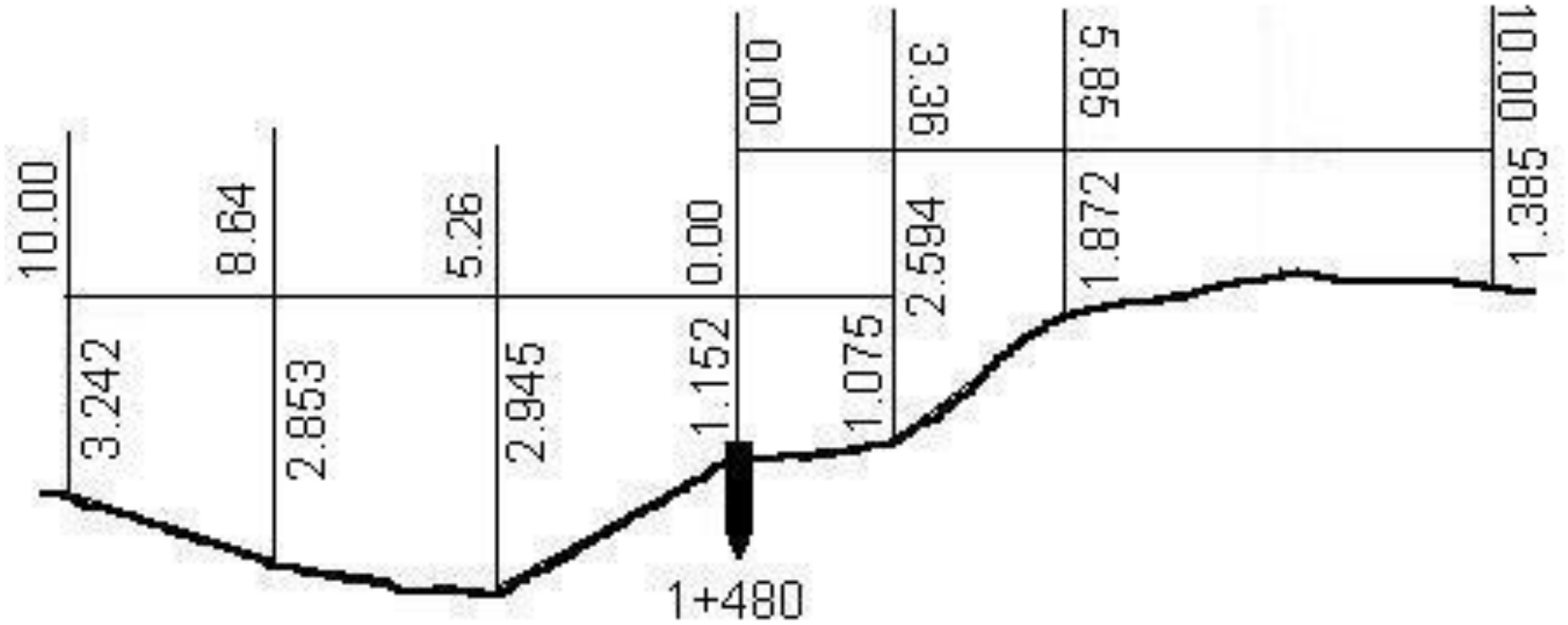
- Boyuna kesit doğrultusuna dik bir düzlem ile yeryüzünün ara kesitine de **enine kesit** adı verilir.
- Enine kesitler ise projenin uygulanacağı ana eksene dik ve sağa-sola 10, 15, 25 m gibi belirli mesafelerde alınan kesitlerdir. Boyuna kesit hattı boyunca arazide belirlenen her ana eksen kazığı için birer enine kesit işlemi yapılır. Ana eksen kazığından sola ve sağa alınacak en kesit mesafeleri uygulanacak projenin genişliğine bağlıdır.
- Bu şekilde belirli aralıklarla en kesit noktaların belirlenmesinin yanı sıra, en kesit hattının detayları kestiği noktalar ile eğimi değişen her nokta da en kesit noktası olarak belirlenir. Belirlenen bu noktaları arazide tesis etmeye genellikle gerek yoktur.
- Enine kesit ölçmeleri her zaman boyuna kesitin gidiş yönüne göre en soldaki en kesit noktasından başlanarak, en sağdaki en kesit noktasında son bulacak şekilde yapılırlar. Bu ölçme sırasında mutlaka ana eksen kazığı üzerinde de mira okuması yapılmalıdır. Çünkü enine kesit nivelmanı bir açık poligon nivelmanı şeklinde nitelendirilebilir ve yüksekliği belli tek nokta ise ana eksen kazığıdır.



Enine kesitlerin çizimleri yapılırken, boyuna kesit çiziminden farklı olarak yatay ve düşey ölçek birbirine eşit alınır. Bu ölçek, genellikle boy kesit çiziminin yatay ölçeğine eşittir. Ana eksen kazığı, enine kesit çiziminin ortasında yer alır ve numarası Şekilde görüldüğü gibi üste yazılır. Böylece enine kesit çizimlerinin hangi eksen kazığına ait oldukları belirtilmiş olur. Çizime, ölçmelerin yapılışındaki gibi boyuna kesitin gidiş yönüne göre en soldaki enine kesit noktasından başlanarak, en sağdaki enine kesit noktasında bitirilir.

En Kesit Olcumu

En kesitler genellikle hacim hesapları için kullanılır. En kesit için yapılan yükseklik ve uzunluk ölçümleri genellikle bir kroki üzerine yazılır. Eğer nivonun bir kez kurulmasıyla tüm kesit noktaları ölçülemez ve alet ikinci bir kez daha kurulmuşsa, kroki buna göre düzenlenir. En kesitlerde yatay ve düşey ölçekler aynı ve genellikle de 1/100 ya da 1/200 alınır.



Şekil 2.28 En kesit nivelman krokisi

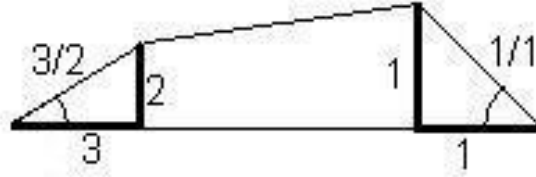
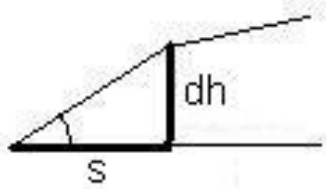
En Kesit Nivelmanı Ölçüm ve Hesap Çizelgesi

Eksenden Uzaklık	Mira Okumaları			Gözlem Düzlemi Yüksekliği	Yükseklik H	Açıklama
	Geri	Orta	İleri			
10.00			3.242		124.408	
8.64		2.853			124.797	Sol
5.26		2.945			124.705	
0.00	1.152			127.650	126.498	
3.36	2.594		1.075	129.169	126.575	
5.85		1.872			127.297	Sağ
10.00			1.385		127.784	

En kesitler, **tip en kesite** uygun olarak ölçü değerlerine göre çizilir. Aşağıdaki şekilde bir tip en kesit örneği görülmektedir.



Dolgu şevlerinde 3/2, 3/1, 4/1, yarma şevlerinde 1/2, 1/1, 2/1, 3/2 sıkça kullanılan eğimlerdir. 3/2 şev yatayda 3, düşeyde 2 birim demektir.



$$\text{Şev eğimi} = \frac{s}{dh} = \cot \alpha$$

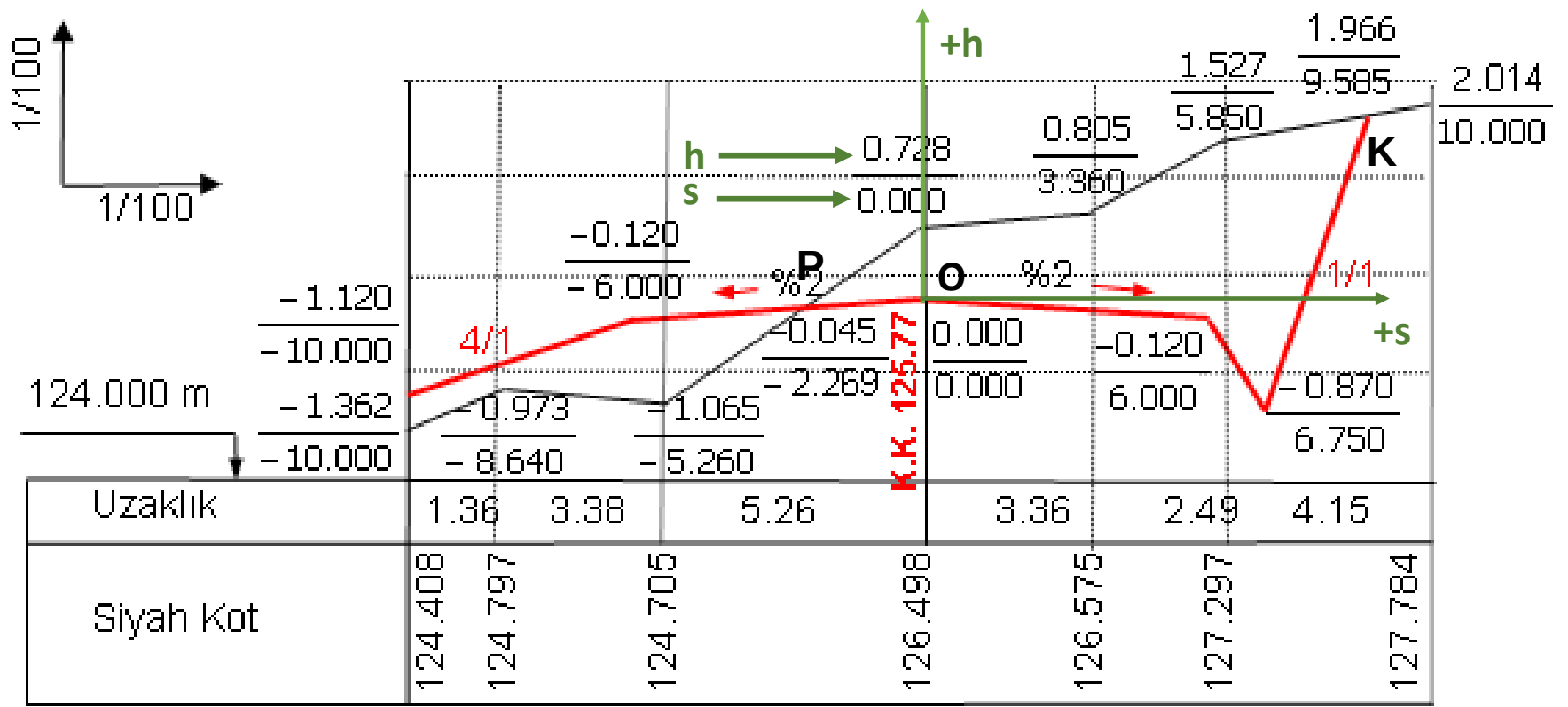
Yarmada şev eğimi, zeminin cinsine göre değişik değerler alır. Dolguda şev eğimi, dolgunun h yüksekliğine göre değişir. Karayollarının kabul ettiği değerler:

$h < 1.5 \text{ m}$ için 4/1

$1.5 \leq h < 3.0 \text{ m}$ için 3/1

$3.0 \leq h < 5.0 \text{ m}$ için 2/1

$h \geq 5.0 \text{ m}$ için 3/2



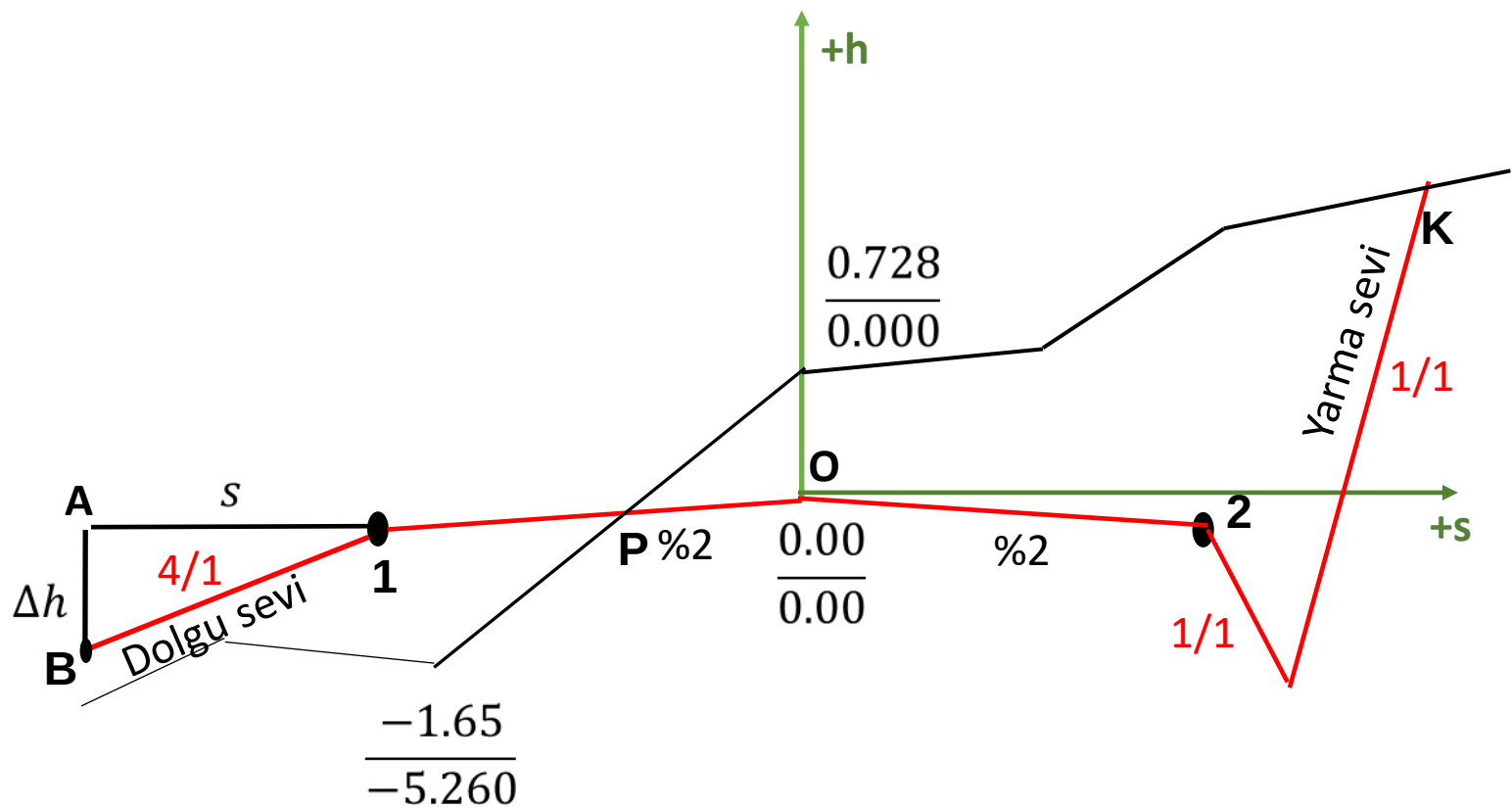
Şekil 2.29 En kesit çizimi

4/1 şev yatayda 4, düşeyde 1 birim demektir.

Yani; $\text{egim} = 1/4 = 0.25$



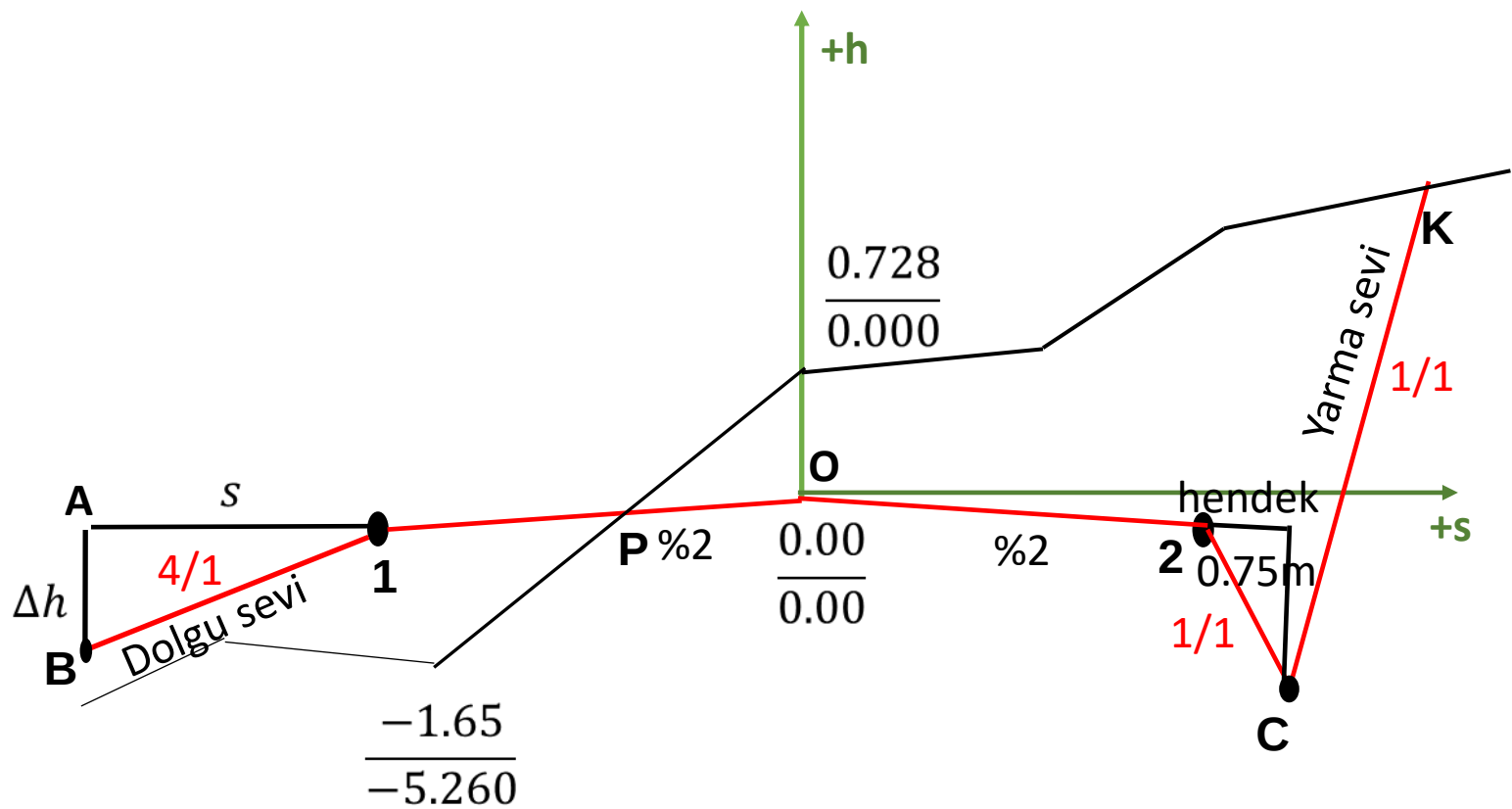
$$H1 = H0 - 0.12 = -0.12 \text{ m}$$



AB1 ucgeninde egim

$$\tan \alpha = \frac{\Delta h}{s} = \frac{\Delta h}{4.00m} = \frac{H1 - HB}{4.00m} = \frac{1}{4} = 0.25 = 1.00m$$

$$HB = H1 - 1.00m = -0.12m - 1.00 = -1.12m$$



$$\tan \alpha = \frac{\Delta h}{s} = \frac{\Delta h}{0.75m} = \frac{H2 - HC}{0.75m} = \frac{1}{1} = 0.75m$$

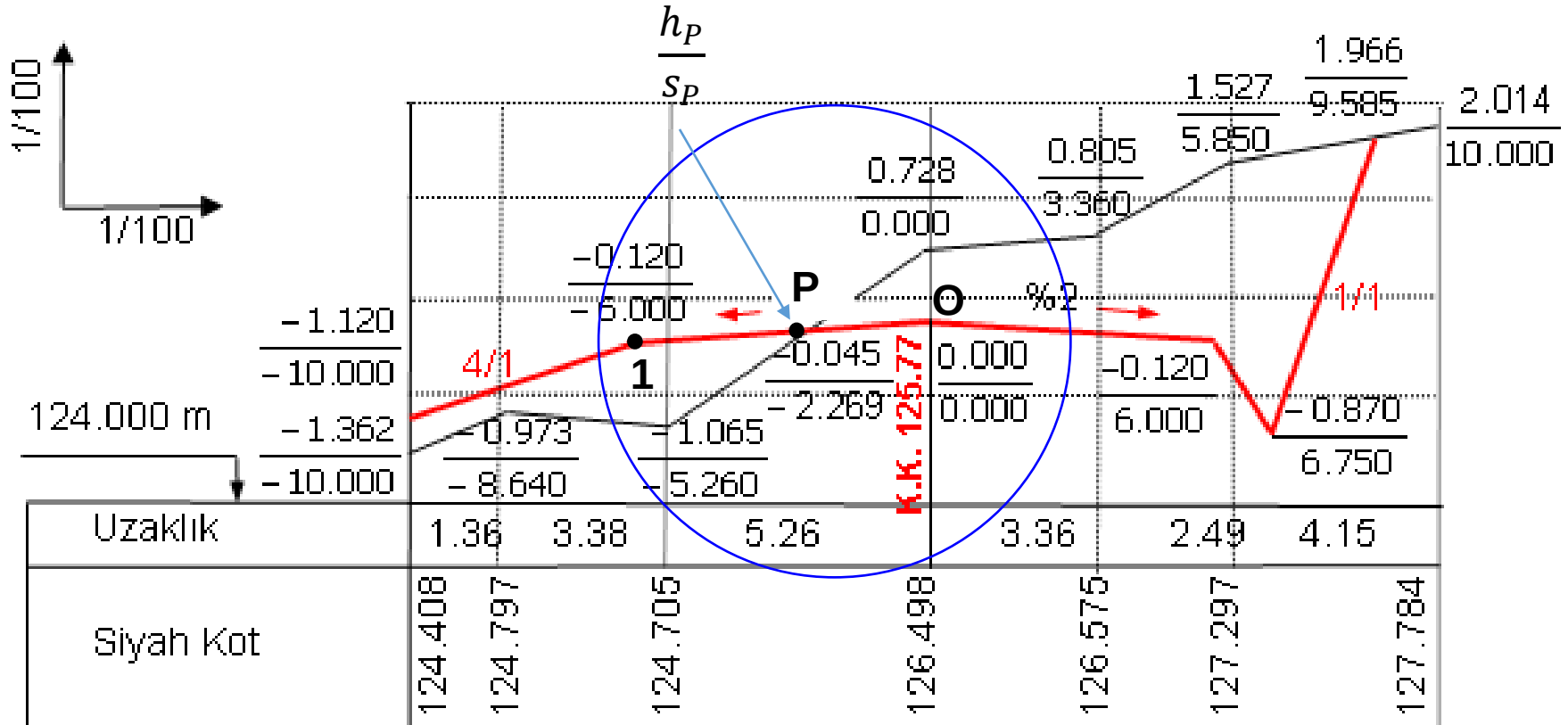
$$HC = H2 - 0.75m = -0.120m - 0.75m = -0.870m$$

$$\text{Arazinin eğimi } m_a = \frac{0.728 - (-1.065)}{0 - (-5.260)} = \frac{1.793}{5.260} = 0.34087$$

Şev eğimi=0.02

P1 doğrusu için eğim

$$\frac{h_P - h_1}{s_P - s_1} = \frac{h_P - (-0.120)}{s_P - (-6.00)} = 0.02 \quad (1) \text{ denklem}$$

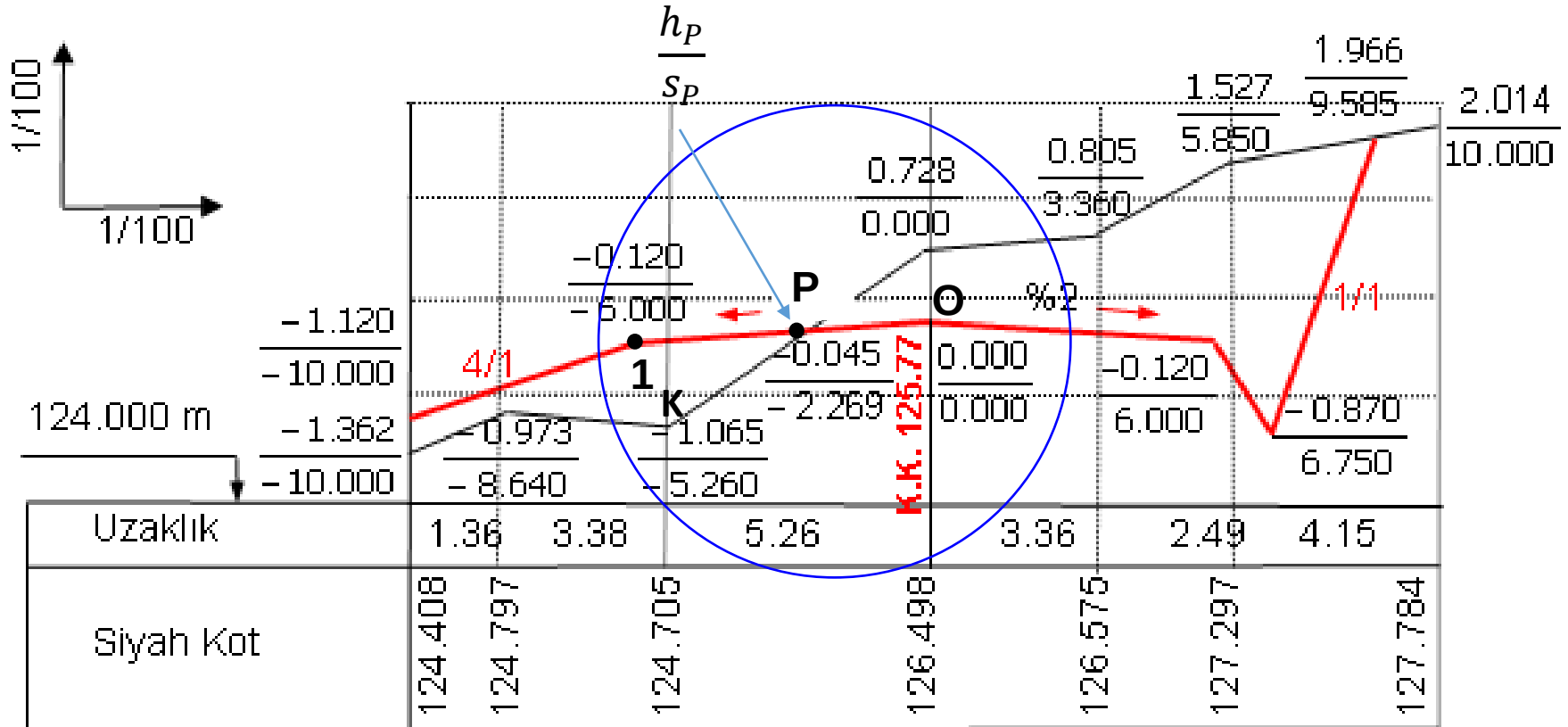


$$\text{Arazinin eğimi } m_a = \frac{0.728 - (-1.065)}{0 - (-5.260)} = \frac{1.793}{5.260} = 0.34087$$

Şev eğimi=0.02

PK doğrusu için eğim

$$\frac{h_P - h_K}{s_P - s_K} = \frac{h_P - (-1.065)}{s_P - (-5.260)} = 0.34087 \quad (2) \text{ denklem}$$



Denklem (1) ve (2) den

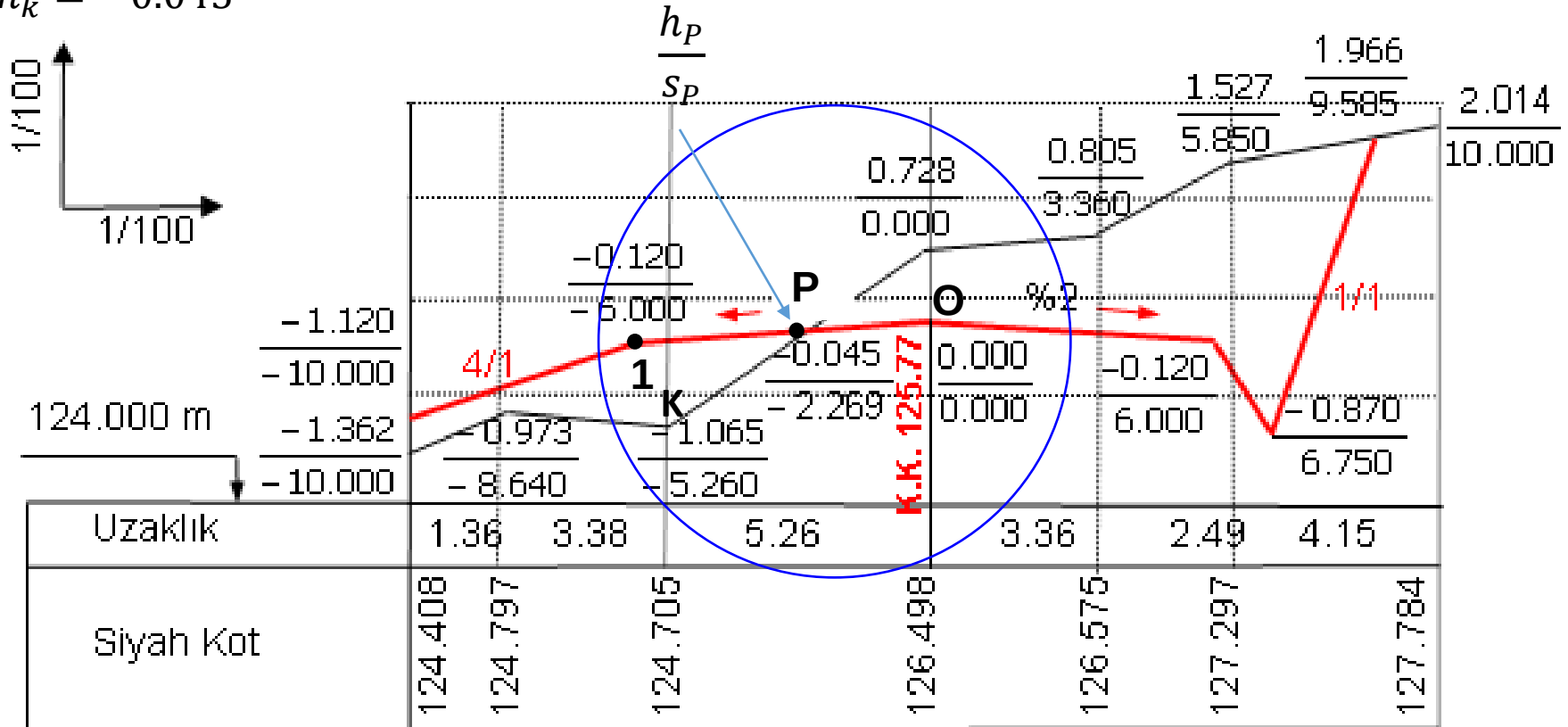
$$\frac{h_P - (-0.120)}{s_P - (-6.00)} = 0.02 \quad (1) \text{ denklem} \quad h_P + 0.120 = 0.02 * (s_P + 6.00)$$

$$\frac{h_P - (-1.065)}{s_P - (-5.260)} = 0.34087 \quad (2) \text{ denklem} \quad h_P + 1.065 = 0.34087 * (s_P + 5.260)$$

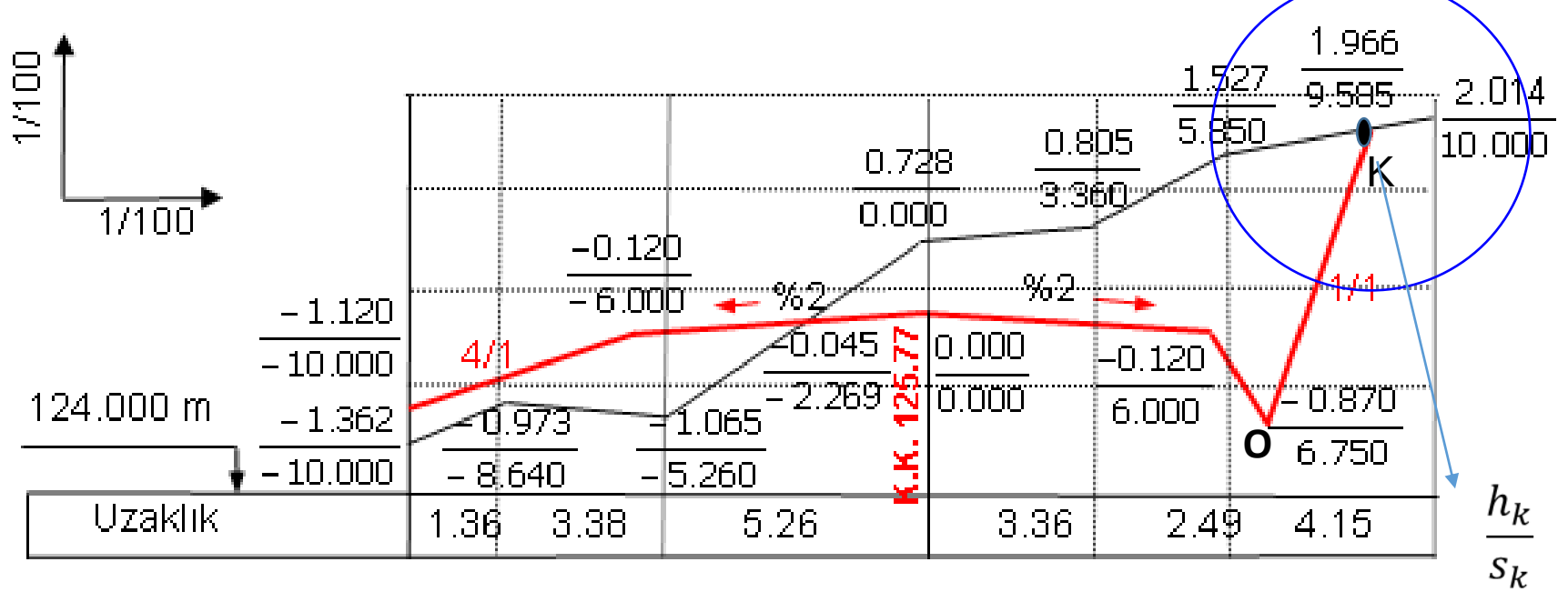
$$0.02 * s_P + 0.02 * 6.00 - 0.34087 * s_P - 0.34087 * 5.260 = 0.120 - 1.065$$

$$s_P = -2.269$$

$$h_K = -0.045$$



$$0.117 = \frac{2.014 - h_k}{10.00 - s_k} \quad (2) \text{ denklem}$$



(1) Denklemden

$$h_k + 0.870 = s_k - 6.750$$

(2) Denklemden

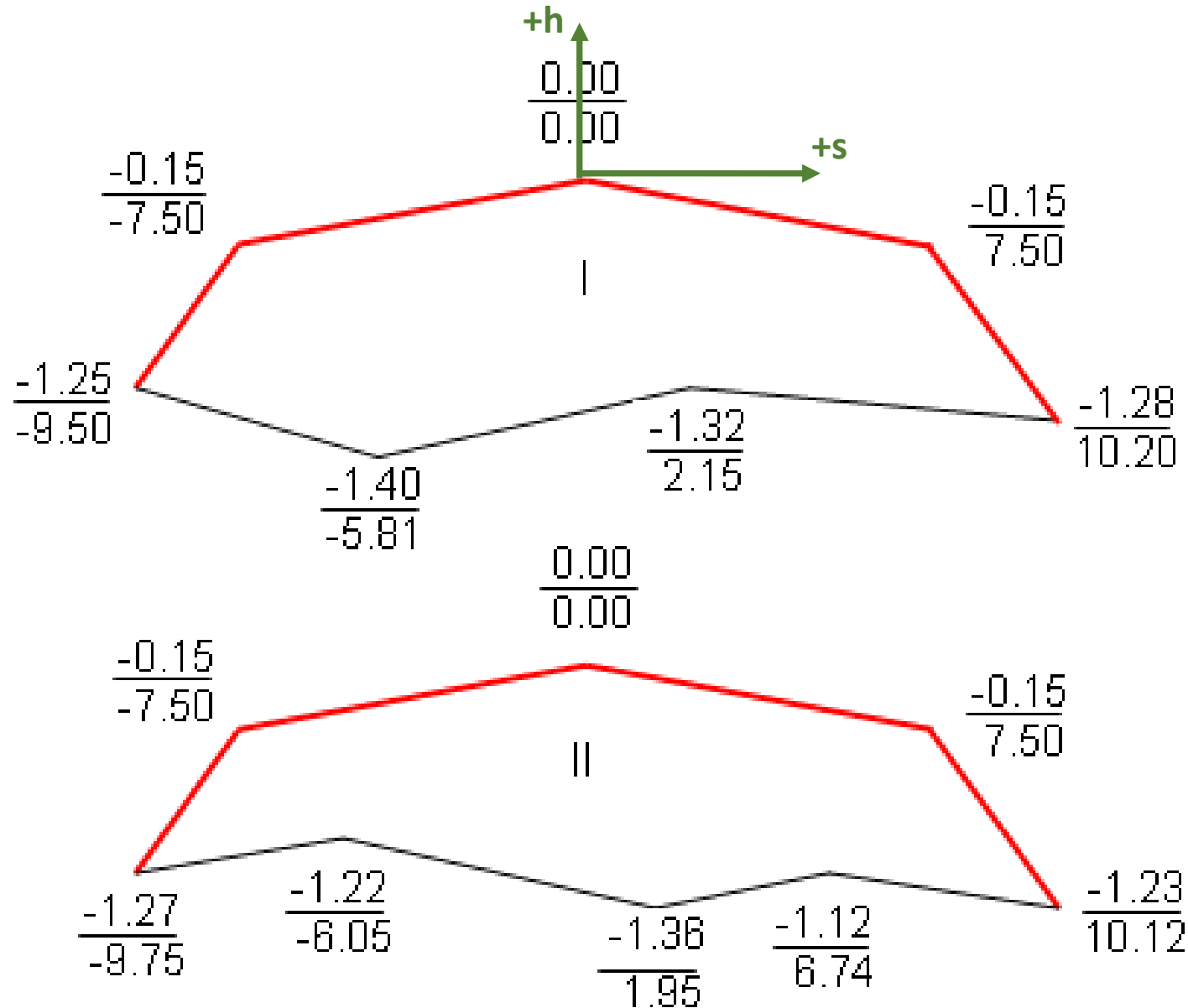
$$1.17 - 0.117s_k = 2.014 - h_k$$

(2) Denklemden h_k yi çekip (1) denkleminde yerine yazarsak

$$s_k = \frac{-8.464}{-0.883} = 9.585$$

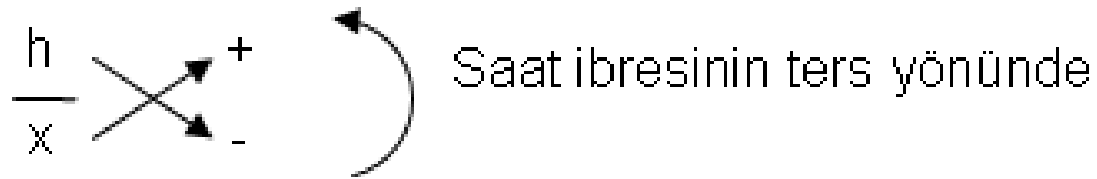
s_k (1) denkleminde yerine yazılırsa $h_k = 1.965$

Cross Yöntemine Göre Kesitlerle Alan Hesabı



Şekil 2.30 Kesitlerle alan hesabı

Her hangi bir noktadan başlanarak saat ibresinin ters yönünde sırayla tüm koordinat değerleri yazıldıktan sonra, ilk noktanın koordinatları tekrar yazılır. **+** yönündeki okların çarpımlarının toplamından **–** yönündeki okların çarpımlarının toplamı çıkartılır.



$$2F_I = \frac{0.00}{0.00} \quad \frac{-0.15}{-7.50} \quad \frac{-1.25}{-9.50} \quad \frac{-1.40}{-5.81} \quad \frac{-1.32}{2.15} \quad \frac{-1.28}{10.20} \quad \frac{-0.15}{7.50} \quad \frac{0.00}{0.00} = \nearrow - \searrow$$

$$2F_I = 26.0622 - (-17.3865) = 43.4487 \quad \Rightarrow F_I = 21.72435 \, m^2$$

$$2F_{II} = \frac{0.00}{0.00} \quad \frac{-0.15}{-7.50} \quad \frac{-1.27}{-9.75} \quad \frac{-1.22}{-6.05} \quad \frac{-1.36}{1.95} \quad \frac{-1.12}{6.74} \quad \frac{-1.23}{10.12} \quad \frac{-0.15}{7.50} \quad \frac{0.00}{0.00} = \nearrow - \searrow$$

$$2F_{II} = 17.6558 - (-22.9588) = 40.6146 \quad \Rightarrow F_{II} = 20.3073 \, m^2$$

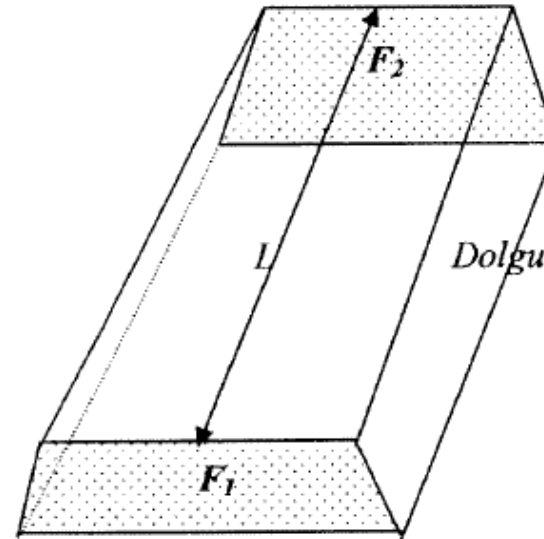
2.8.4. Kesitlerle Hacim Hesabı

Kesitlerin İkisi de Dolgu ya da Yarma

Yukarıda alanları hesaplanan kesitlerin ikisi de dolgudur ve aralarındaki uzaklık $s=20$ m olsun. Bu iki kesit arasındaki hacim (dolgu miktarı),

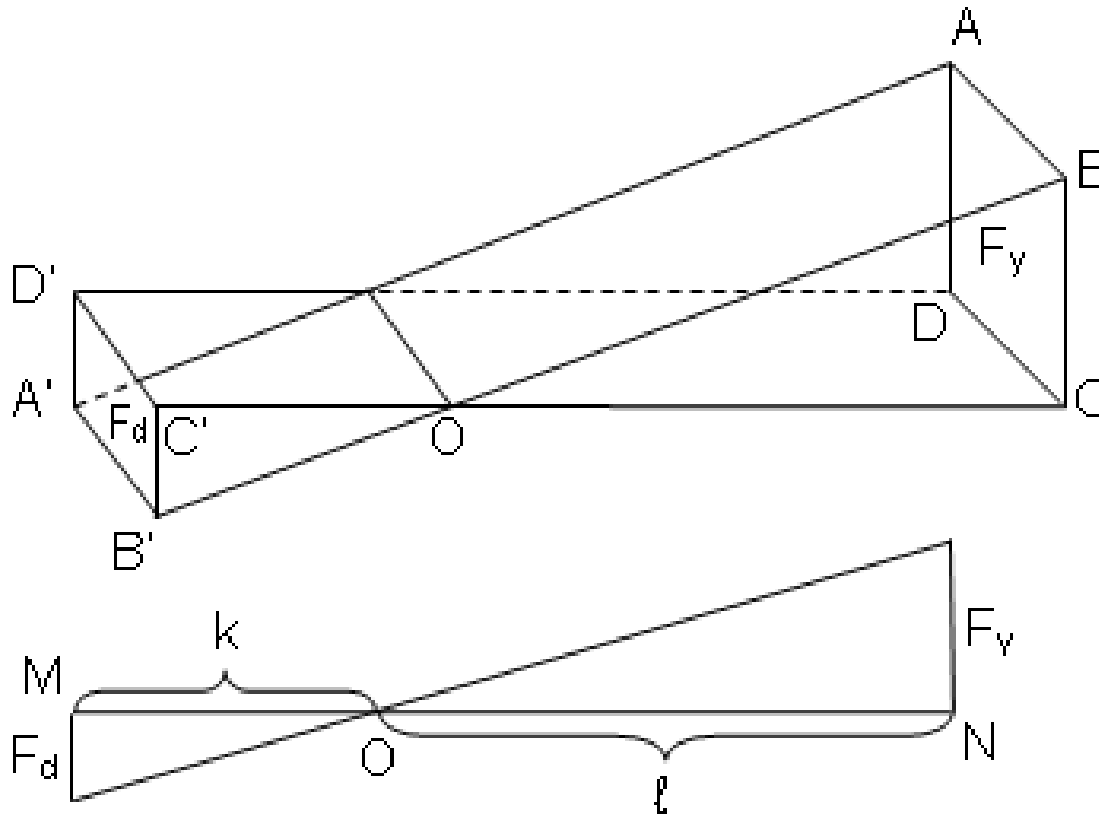
$$V = \frac{F_I + F_{II}}{2} \cdot s = \frac{21.72435 + 20.3073}{2} \cdot 20.00 = 21.015825 \cdot 20.00 = 420.3165 \text{ m}^3$$

olarak hesaplanır.



Kesitlerin Biri Dolgu Diğeri Yarma

Kesitin biri dolgu diğeri yarma ise, dolgudan yarmaya geçilen nokta bulunarak; dolgu ve yarma hacimleri ayrı ayrı hesaplanır.



$MN=s$ =iki kesit arasındaki uzaklık

$$\frac{F_d}{F_y} = \frac{k}{l} = \frac{k}{s-k}$$

$$k \cdot F_y = s \cdot F_d - k \cdot F_d$$

$$k \cdot (F_y + F_d) = s \cdot F_d$$

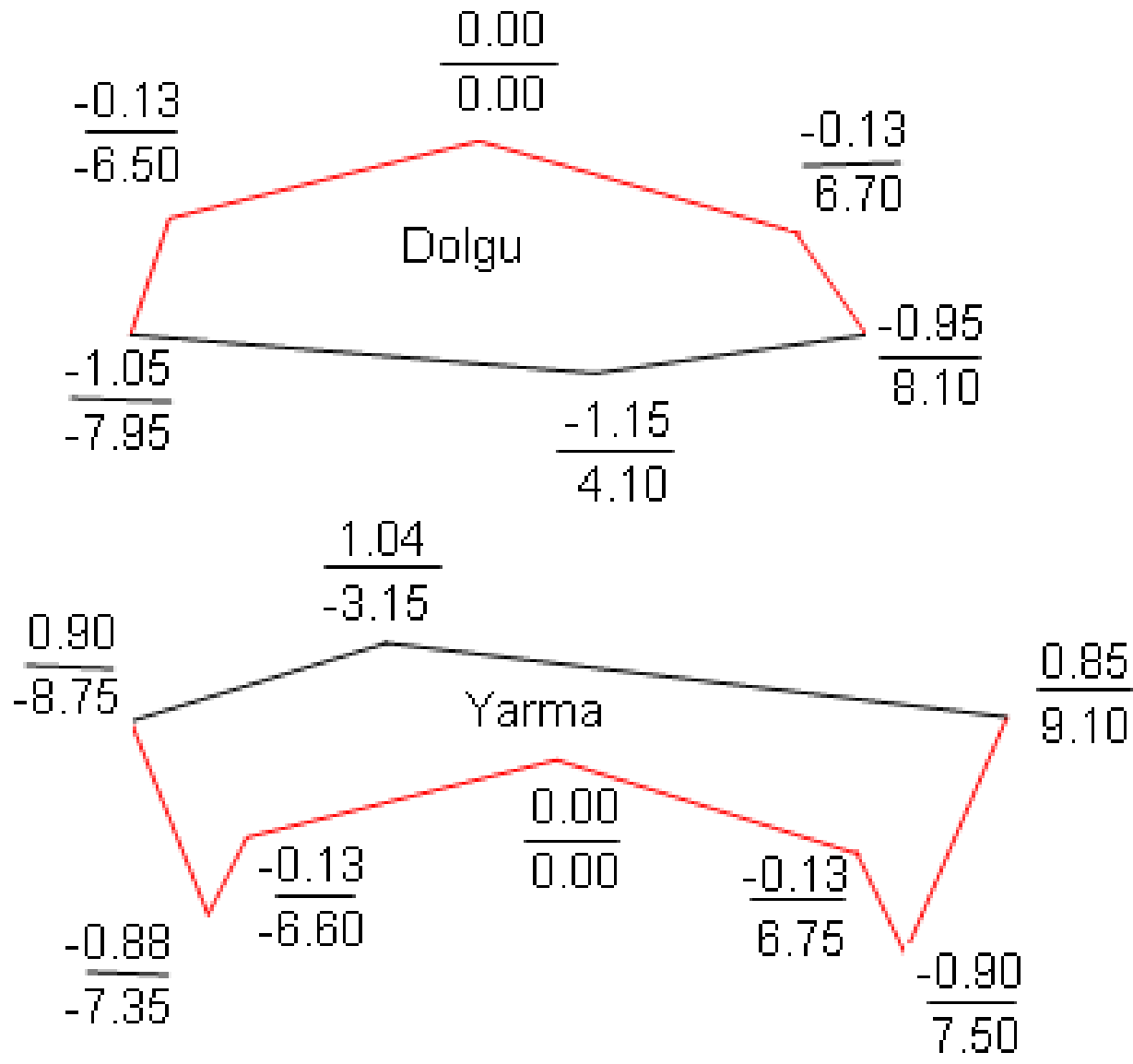
$$k = \frac{s \cdot F_d}{F_y + F_d}$$

$$l = s - k$$

$$\text{Dolgu hacmi} = V_d = \frac{F_d \cdot k}{2}$$

$$\text{Yarma hacmi} = V_y = \frac{F_y \cdot l}{2}$$

Aşağıdaki kesitlerin birisi dolgu diğeri yarmadır ve aralarındaki uzaklık s=20 m olsun. Bu iki kesit arasındaki kazı ve dolgu miktarını hesaplayınız



$$2F_d = \frac{0.00}{0.00} \quad \frac{-0.13}{-6.50} \quad \frac{-1.05}{-7.95} \quad \frac{-1.15}{4.10} \quad \frac{-0.95}{8.10} \quad \frac{-0.13}{6.70} \quad \frac{0.00}{0.00}$$

$$F_d = 11.095 - (-18.9515) = 29.971 \rightarrow F_d = 14.9855 \text{ m}^2$$

$$2F_y = \frac{0.00}{0.00} \quad \frac{-0.13}{6.75} \quad \frac{-0.90}{7.50} \quad \frac{0.85}{9.10} \quad \frac{1.04}{-3.15} \quad \frac{0.90}{-8.75} \quad \frac{-0.88}{-7.35} \quad \frac{-0.13}{-6.60} \quad \frac{0.00}{0.00}$$

$$2F_y = 15.5845 - (-21.7495) = 37.334 \rightarrow F_y = 18.667 \text{ m}^2$$

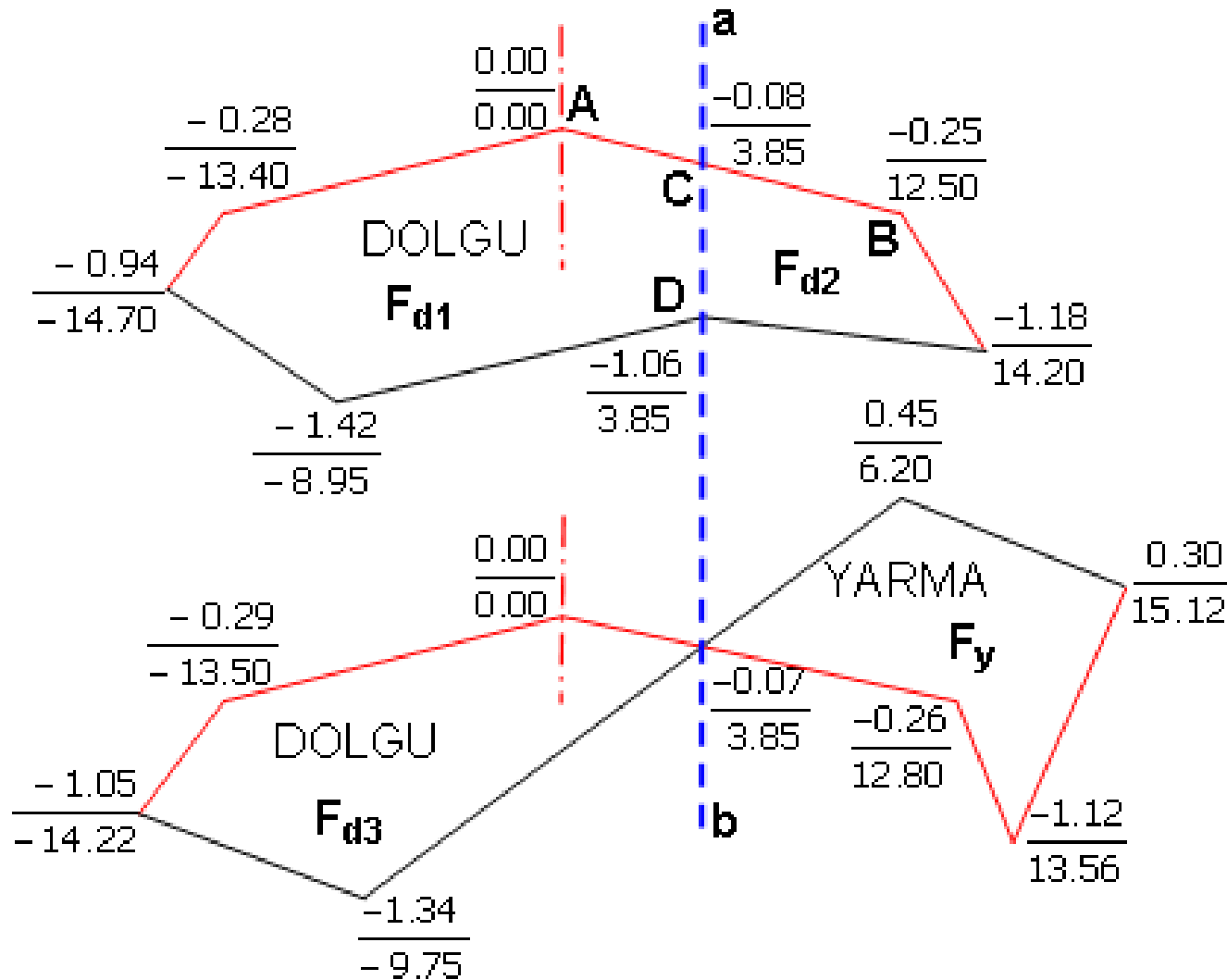
$$k = \frac{F_d \cdot s}{F_d + F_y} = \frac{14.9855 * 20.00}{14.9855 + 18.667} = \frac{299.71}{33.6525} = 8.906 \text{ m}$$

$$\ell = s - k = 20.000 - 8.906 = 11.094 \text{ m}$$

$$V_d = \frac{F_d * k}{2} = \frac{14.9855 * 8.906}{2} = 66.730 \text{ m}^3 \quad \text{dolgu miktarı}$$

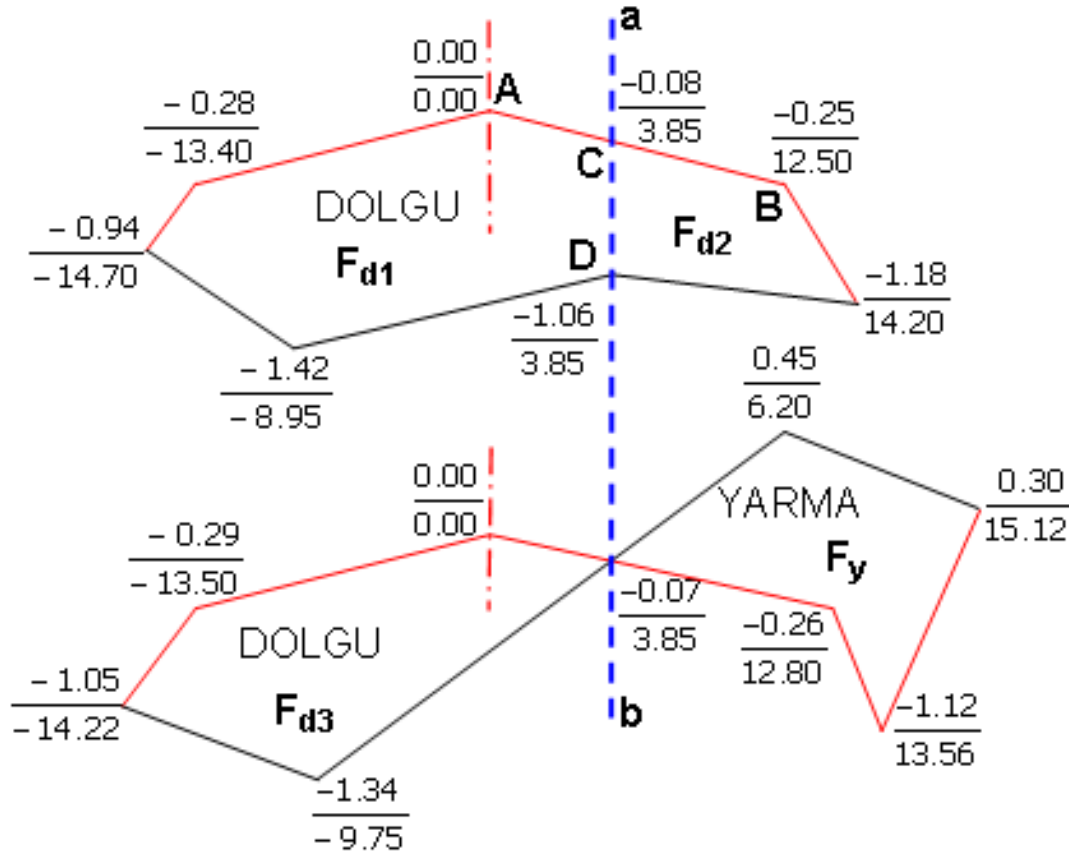
$$V_y = \frac{F_y * \ell}{2} = \frac{18.667 * 11.094}{2} = 103.546 \text{ m}^3 \quad \text{kazı miktarı}$$

Kesitlerin Biri Dolgu ya da Yarma Diğeri Karışık



a-b çizgisinin solunda kalan yerlerdeki hacim hesabı, kesitlerin her ikisinin de aynı olması durumuna göre; sağında kalan yerlerdeki hacim hesabı ise kesitlerden birinin dolgu, diğerinin yarma olması durumuna göre yapılır.

Kesitlerin Biri Dolgu va da Yarma Diğeri Karışık



F_{d1} ve F_{d2} alanlarının hesabı için öncelikle C noktasının koordinat değerlerinin hesaplanması gerekir.

$$m_{AB} = \frac{-0.25 - 0.00}{12.50} = \frac{-0.25}{12.50} = -0.02$$

C noktasının eksene uzaklığı, D noktasının eksene uzaklığı olan 3.85 m değerine eşittir. C noktasının yüksekliği ve koordinat değerleri,

$$H_C = H_A + 3.85 * m_{AB} = 0.00 + 3.85 * (-0.02) = 0.00 - 0.077 = -0.077 \text{ m} \cong -0.08 \text{ m}$$

$$\frac{-0.08}{3.85}$$

şeklinde bulunur.

F_{d1} ve F_{d2} alanlarının hesabı için öncelikle C noktasının koordinat değerlerinin hesaplanması gerekir.

$$m_{AB} = \frac{-0.25 - 0.00}{12.50} = \frac{-0.25}{12.50} = -0.02$$

C noktasının eksene uzaklığı, D noktasının eksene uzaklığı olan 3.85 m değerine eşittir. C noktasının yüksekliği ve koordinat değerleri,

$$H_C = H_A + 3.85 * m_{AB} = 0.00 + 3.85 * (-0.02) = 0.00 - 0.077 = -0.077 \text{ m} \cong -0.08 \text{ m}$$

$$\frac{-0.08}{3.85}$$

şeklinde bulunur.

$$2F_{d1} = \frac{0.00}{0.00} \frac{-0.28}{-13.40} \frac{-0.94}{-14.70} \frac{-1.42}{-8.95} \frac{-1.06}{3.85} \frac{-0.08}{3.85} \frac{0.00}{0.00} = 42.649 - 2.981 = 39.668 \text{ m}^2$$

$$F_{d1} = 19.834 \text{ m}^2$$

$$2F_{d2} = \frac{-0.08}{3.85} \frac{-1.06}{3.85} \frac{-1.18}{14.20} \frac{-0.25}{12.50} \frac{-0.08}{3.85} = -13.174 - (-31.0725) = 17.8985 \text{ m}^2$$

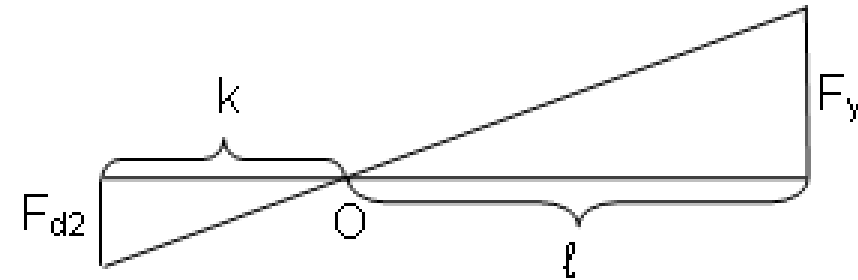
$$F_{d2} = 8.9492 \text{ m}^2$$

$$2F_{d3} = \frac{0.00}{0.00} \frac{-0.29}{-13.50} \frac{-1.05}{-14.22} \frac{-1.34}{-9.75} \frac{-0.07}{3.85} \frac{0.00}{0.00} = 33.9123 - 9.2023 = 24.71 \text{ m}^2$$

$$F_{d3} = 12.355 \text{ m}^2$$

$$2F_y = \frac{-0.07}{3.85} \frac{-0.26}{12.80} \frac{-1.12}{13.56} \frac{0.30}{15.12} \frac{0.45}{6.20} \frac{-0.07}{3.85} = -4.899 - (-17.7635) = 12.8645 \text{ m}^2$$

$$F_y = 6.43225 \text{ m}^2$$



$$k = \frac{20.00 \cdot F_{d2}}{F_{d2} + F_y} = \frac{20.00 \cdot 8.9492}{8.9492 + 6.43225} = 11.64 \text{ m}$$

$$l = 20.00 - k = 20.00 - 11.64 = 8.36 \text{ m}$$

$$V_y = \frac{F_y}{2} \cdot l = \frac{6.43225}{2} \cdot 8.36 = 26.89 \text{ m}^3 \quad \text{Kazı miktarı}$$

$$V_{d1} = \frac{F_{d1} + F_{d3}}{2} \cdot 20.00 = \frac{19.834 + 12.355}{2} \cdot 20.00 = 321.89 \text{ m}^3$$

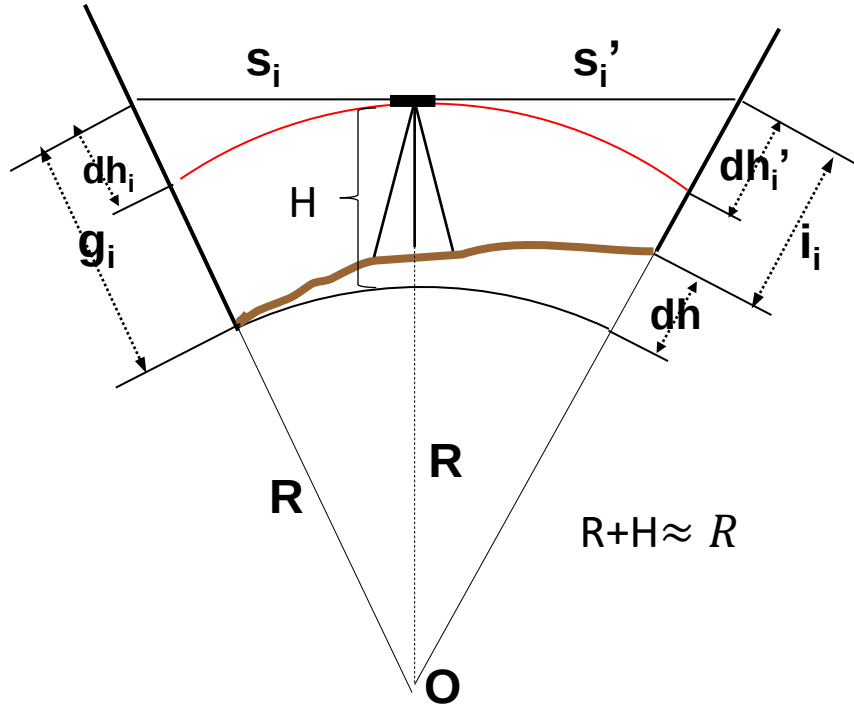
$$V_{d2} = \frac{F_{d2}}{2} \cdot k = \frac{8.9492}{2} \cdot 11.64 = 52.08 \text{ m}^3$$

$$V_d = V_{d1} + V_{d2} = 321.89 + 52.08 = 373.97 \text{ m}^3 \quad \text{Toplam dolgu miktarı}$$

Nivelmana Etki Eden Hatalar

2.9.1. Düzenli (Sistemik) Hatalar

1. Küreselliğin (Yerin Eğriliğinin) Etkisi



g_i = Geri okuma

i_i = İleri okuma

$$R^2 + s^2 = (R + dh_i)^2$$

$$R^2 + s^2 = R^2 + 2 \cdot R \cdot dh_i + dh_i^2$$

Dünyanın yarıçapı R ve s uzaklığına göre, dh_i çok küçük olduğundan dh_i^2 ihmal edilebilir.

Bu durumda,

$$dh_i \cong \frac{s^2}{2 \cdot R}$$

olur. eşitliği sağlandığı anda hata giderilmiş olur. Bunun için de alet, miraların ortasına kurulmalıdır ($s_i = s_i'$ olmalıdır).

2. Gözlem Ekseninin Kırılması (Simetrik Kırılma)

Gözlem ışını, geçtiği ortamın etkisiyle küçük bir sapmaya uğrar. Bu nedenle gözlem ışını, bir doğru olmayıp eğri olur. Bu eğrinin yarıçapı R' ,

$$R' = \frac{R}{k}$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada, R dünyanın yarıçapı, k ışığın kırılma katsayısıdır. Türkiye için ortalama kırılma katsayısı $k=0.13$ olarak alınır. Işığın kırılmasının her bir mira okumasına etkisi, küreselliğin etkisine benzer şekilde,

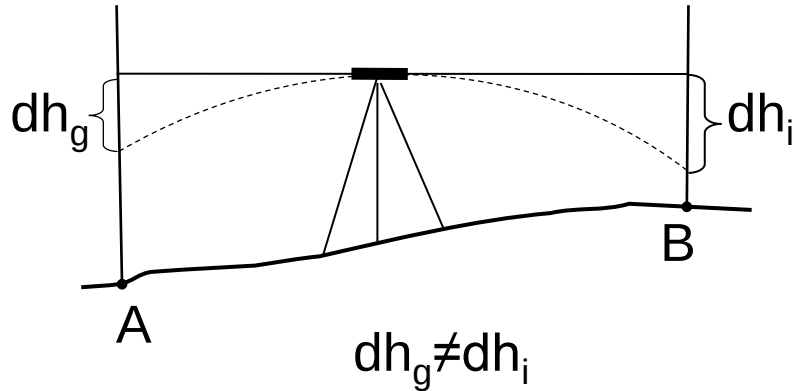
$$dh_k = \frac{s^2}{2 \cdot R'} = \frac{s^2}{2 \cdot \frac{R}{k}} = \frac{s^2}{2R} \cdot k$$

hesaplanır. Alet ortaya kurulmak suretiyle hatanın etkisi ortadan kaldırılabilir. Işığın kırılmasının etkisini azaltmak için gözlem ışınları, yerden en az 70 cm yüksekten geçmelidir.

$R=6373394$ m ve $k=0.13$ alınarak s_i nin bazı değerleri için yerin küreselliğinin ve ışığın kırılmasının etkisi aşağıdaki çizelgede görülmektedir. Küreselliğin etkisi $+$, ışığın kırılmasının etkisi ise $-$ dir.

s_i	50 m	100 m	250 m	500 m	1000 m
dh_i	0.2 mm	0.78 mm	4.90 mm	19.60 mm	78.50 mm
dh_k	0.02 mm	0.10 mm	0.64 mm	2.55 mm	10.20 mm
$dh_i - dh_k$	0.18 mm	0.68 mm	4.26 mm	17.35 mm	68.30 mm

3. Simetrik Olmayan Kırılma



Arazinin eğiminin fazla olduğu durumlarda, ışığın kırılması farklı ortamlarda olmakta ve bu hata ortaya çıkmaktadır.

$$\left. \begin{aligned} dh_g &= \frac{s^2}{2 \cdot R} \cdot k_g \\ dh_i &= \frac{s^2}{2 \cdot R} \cdot k_i \end{aligned} \right\} \rightarrow dh_g \neq dh_i$$

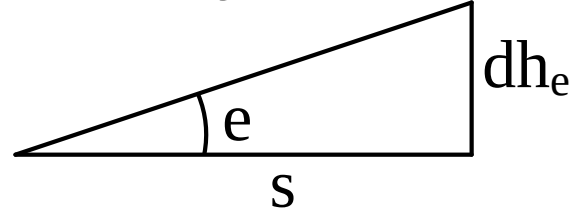
•Bu hatanın etkisini azaltmak için, nivelman yolu, sabit eğimli arazi olarak seçilmemelidir. Bu hatanın etkisini azaltmak için 500 mm altında mira okuması yapılmamalıdır.

4. Artık Eğim Hatası

Bu hata düzeç kabarcığının iyi ortalanmamasından ileri gelir. Bundan dolayı ortaya çıkacak hatayı e ile gösterirsek, bunun geri ve ileri okumalara etkisi,

$$dhe_g = s_g \cdot e$$

$$dhe_i = s_i \cdot e$$



A düzeç duyarlılığı olmak üzere, hata miktarı,

$$dhe_{(mm)} = 10^{-4} \cdot 3 \cdot s_{i(m)} \sqrt{A^{cc}}$$

eşitliği ile verilmektedir. Hatanın giderilmesi için alet, iki miranın ortasına kurulmalıdır.

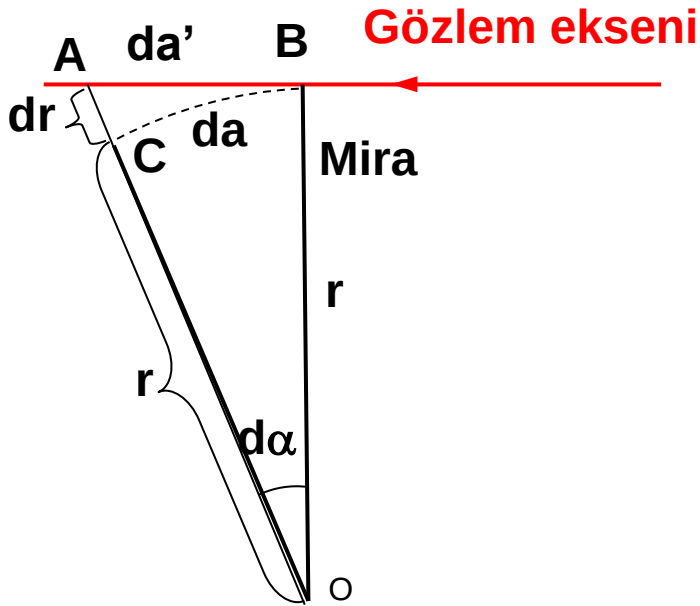
Örnek:

$s = 50 \text{ m}$, $A = 25^{cc}$ olarak verildiğine göre dhe artık eğim hatasını hesaplayalım.

$$dhe = 10^{-4} \cdot 3 \cdot 50 \text{ m} \cdot \sqrt{25} = 0.015 \cdot 5 = 0.075 \text{ mm}$$

6. Miranın Eğik Tutulmasından Doğan Hata

Mira $d\alpha$ kadar eğik tutulursa, okunması gereken değerden dr kadar fazla bir değer okunur.



$$\text{OAB üçgeninde} \rightarrow r^2 + da'^2 = (r + dr)^2$$

$$da'^2 = 2r \cdot dr + dr^2$$

$$\text{ABC üçgeninde} \rightarrow \underline{da'^2 = dr^2 + da^2}$$

$$dr^2 + da^2 = 2r \cdot dr + dr^2$$

$$da^2 = 2r \cdot dr \quad (1)$$

$$\text{OCB üçgeninde} \rightarrow da = r \cdot d\alpha$$

da 'nın bu değeri (1) eşitliğinde yerine konulursa,

$$r^2 \cdot d\alpha^2 = 2r \cdot dr \rightarrow dr = \frac{1}{2} \cdot r \cdot d\alpha^2$$

olur.

Örnek 1: $r=3.5$ m, $d\alpha=1^\circ$ için $dr=?$

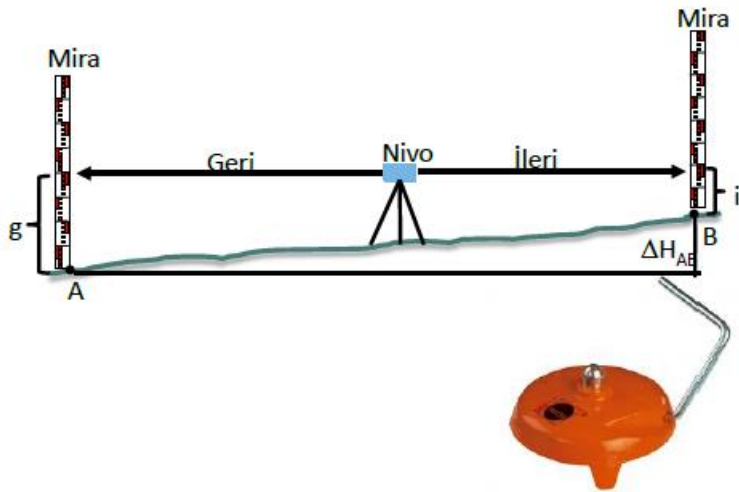
$$dr = \frac{1}{2} \cdot r \cdot d\alpha^2 = \frac{1}{2} \cdot 3.5 \cdot \left(\frac{1^\circ}{\rho^0}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot 3.5 \cdot \left(\frac{1}{57.2958}\right)^2 = 0.000533 \text{ m} = 0.5 \text{ mm}$$

Örnek 2: $r=3.5$ m, $d\alpha=20.5$ için $dr=?$

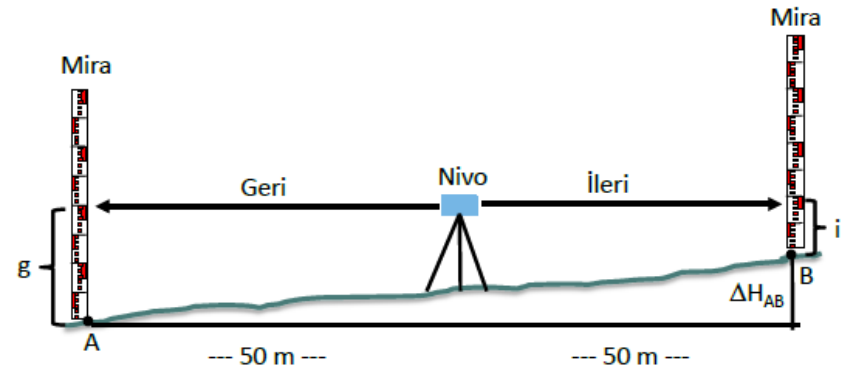
$$dr = \frac{1}{2} \cdot r \cdot d\alpha^2 = \frac{1}{2} \cdot 3.5 \cdot \left(\frac{20.5^\circ}{\rho^0}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot 3.5 \cdot \left(\frac{2.5}{57.2958}\right)^2 = 0.0033 \text{ m} = 3.3 \text{ mm}$$

Nivelman olcusunde dikkat edilmesi gereken hususlar

- Cift mira ve mira altliklari kullanilir

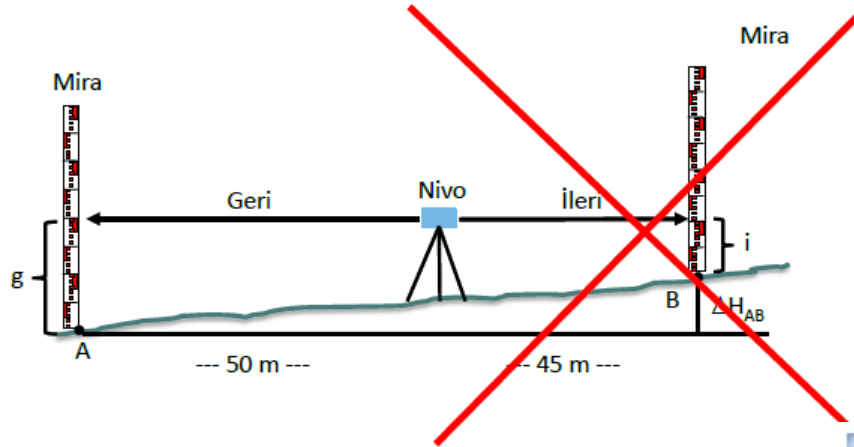


- Alet mira arasi uzaklik en fazla 50 m alinir.



Nivelman olcusunde dikkat edilmesi gereken hususlar

- Geri ve ileri uzakliklar arasindaki fark 0.50m den fazla olmamalidir.



- Gunesli havalarda ve ogle saatlerinde nivelman yapilmamalidir
- Miralar daima mira payandalari ile desteklenmeli ve mira duzeci yardimiyla tam dusey durumda tutulmalidir.
- Mira bolum baslangic hatasinin etkisini onlemek Amaciyla olcmeye hangi mira ile baslanilmis ise o mira ile bitirilmelidir.

(Doc. Dr. Ercenk Ata, Yildiz teknik universitesi,
Olcme bilgisi 2 ders notlari)

