

TYS102 ÖLÇME BİLGİSİ

Yrd. Doç. Dr. N. Yasemin EMEKLİ

***Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü***

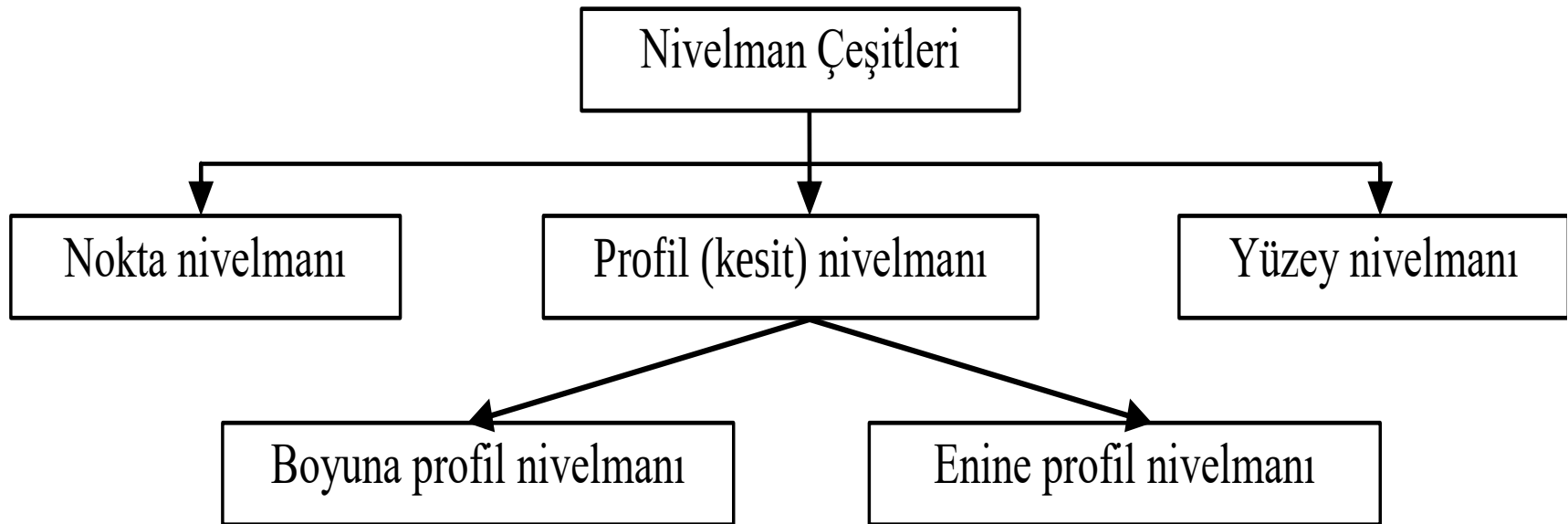
Antalya, 2016

9. BÖLÜM

NİVELMAN ÇEŞİTLERİ

9.1. NİVELMANIN AMAÇLARI VE ÇEŞİTLERİ

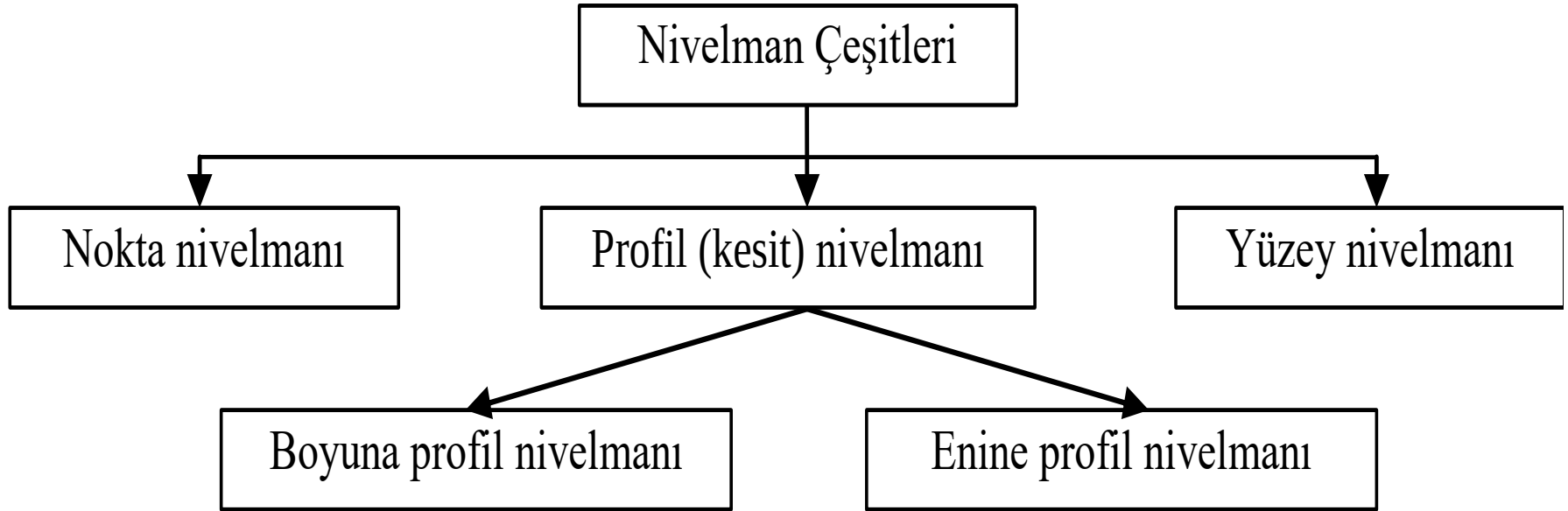
Yükseklik ölçmelerinde temel amaç; yükseklik farklarının bulunması olmakla birlikte yapılan işin niteliğine göre nivelman işlemlerinin ayrıntılarında farklılıklar görülür ve buna bağlı olarak yapılan nivelman işleri değişik adlarla anılır. (Şekil 9.1).



Şekil 9.1. Nivelman çeşitleri

Nivelman çalışması:

- İki nokta arasındaki yükseklik farkının bulunması amacıyla yapılıyorsa **nokta nivelmanı**,
- Seçilmiş bir hat üzerindeki noktaların yüksekliklerini belirlemek amacıyla yapılıyorsa **profil (kesit) nivelmanı**,
- Bir alan üzerindeki noktaların yüksekliklerini bulmak amacıyla yapılıyorsa **yüzey nivelmanı** olarak adlandırılır.



Şekil 9.1. Nivelman çeşitleri

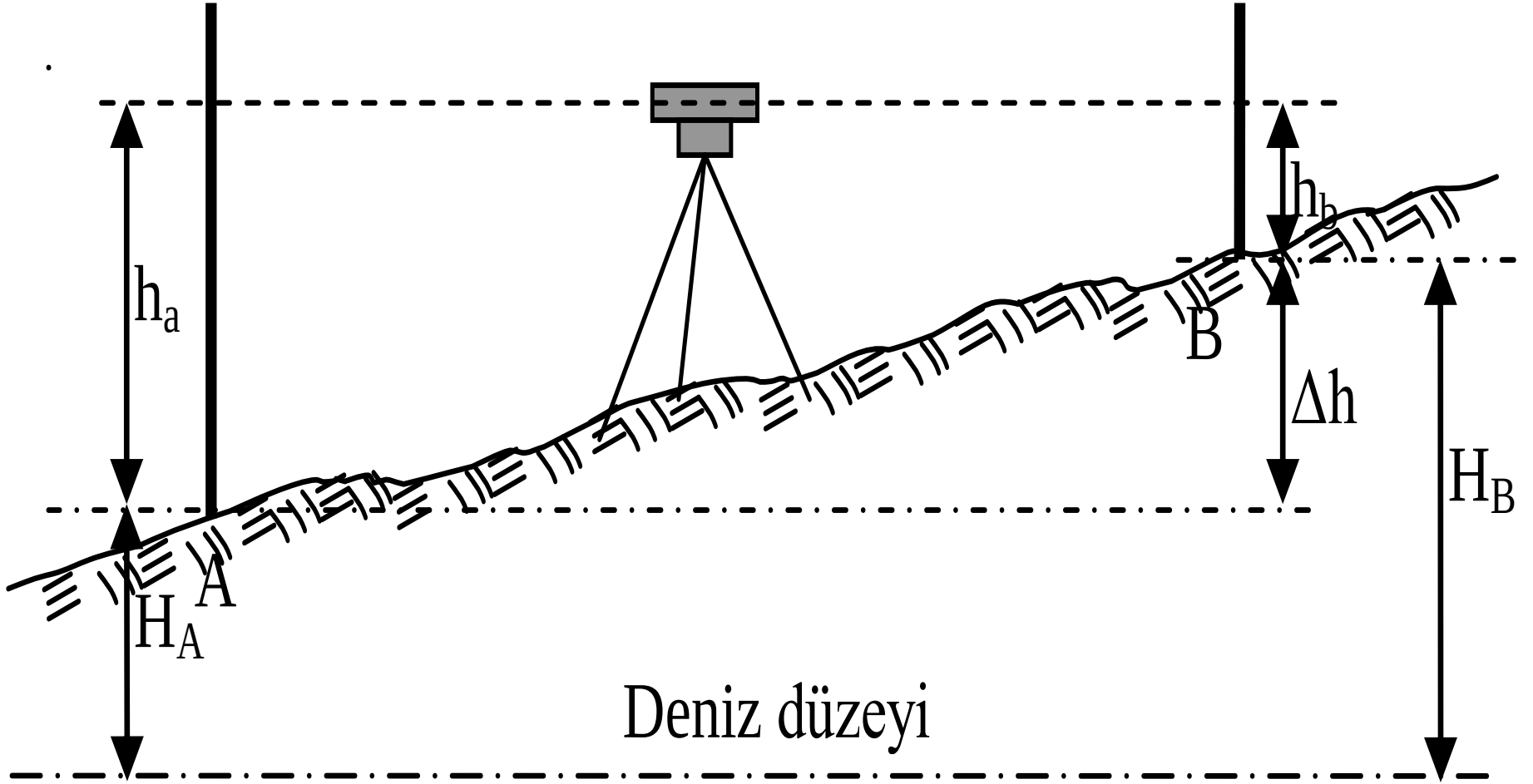
9.2. NOKTA NİVELMANI

Yüksekliği veya kotu bilinen bir noktadan yararlanarak diğer bir noktanın yüksekliğini veya kotunu bulmak veya verilen iki nokta arasındaki yükseklik farkını belirlemek için yapılan nivelmana **nokta nivelmanı** denir.

Nokta nivelmanı, nivelman aletleriyle yapılan **en basit nivelman işlemidir.**

Bu nivelman çeşidinde **genel olarak yapılan iş**, verilen iki nokta üzerinde sıra ile tutulan bir mirada okuma yaparak bu iki noktanın yükseklik farkının belirlenmesi veya bu noktalardan birinin yüksekliğinin bilinmesi durumunda diğerinin yüksekliğinin bulunmasıdır.

Arazi üzerinde belirlenerek işaretlenmiş herhangi iki nokta (**A** ve **B**) arasındaki yükseklik farkının bulunması için denetlenmiş ve düzeltilmiş olan nivelman aleti bu iki nokta arasında sağlam ve güvenli bir yere kurulur. (Şekil 9.2).



Şekil 9.2. Nokta nivelmanı

Aletin kurulduğu yerin AB doğrusu üzerinde bulunması gerekli değildir.

Ancak, bu tür çalışmalarda ilke olarak, nivonun iki nokta arasındaki uzaklığın yaklaşık ortasına ya da noktalardan yaklaşık olarak eşit uzaklıkta bir yere kurulması yeğlenir.

Çünkü bu durumda, alette optik eksenin düzeç eksenine paralel olmaması hatası olsa bile bu hatanın etkisi giderilmiş olur.

Alette bu eksen hatasının olmaması durumunda aletin kurulduğu yer önemli değildir.

Alet tesviye edilir ve dürbün, noktalardan birinin (örneğin A noktası) üzerinde miracı tarafından düşey olarak tutulan miraya yöneltilir.

Görüntü netleştirilerek göze uydurulur.

Borulu düzeç kabarcığında bir sapma varsa, alet elevasyon vidasız tip ise dürbün doğrultusuna en yakın tesviye vidasıyla, alet elevasyon vidalı tip ise elevasyon vidası yardımıyla, kabarcık duyarlı olarak ortalandıktan sonra mira üzerinde **h_a okuması yapılır** ve kaydedilir.

Daha sonra mira ikinci noktanın (örneğin B noktası) üzerine getirilir ve miracı tarafından bu nokta üzerinde düşey olarak tutulurken dürbün miraya yöneltilir.

Yine kabarcık denetlersek eğer sapma varsa düzeltildikten sonra bu noktadaki mira üzerinde **h_b okuması yapılır** ve kaydedilir.

İki nokta arasındaki yükseklik farkının (Δh) hesaplanmasında, geri okuma (h_a) ileri okumadan (h_b) çıkarılır.

Bu işlem sonucunda fark pozitif (+) ise ileri nokta geri noktadan daha yüksekte, negatif ise ileri nokta geri okumadan daha alçaktadır.

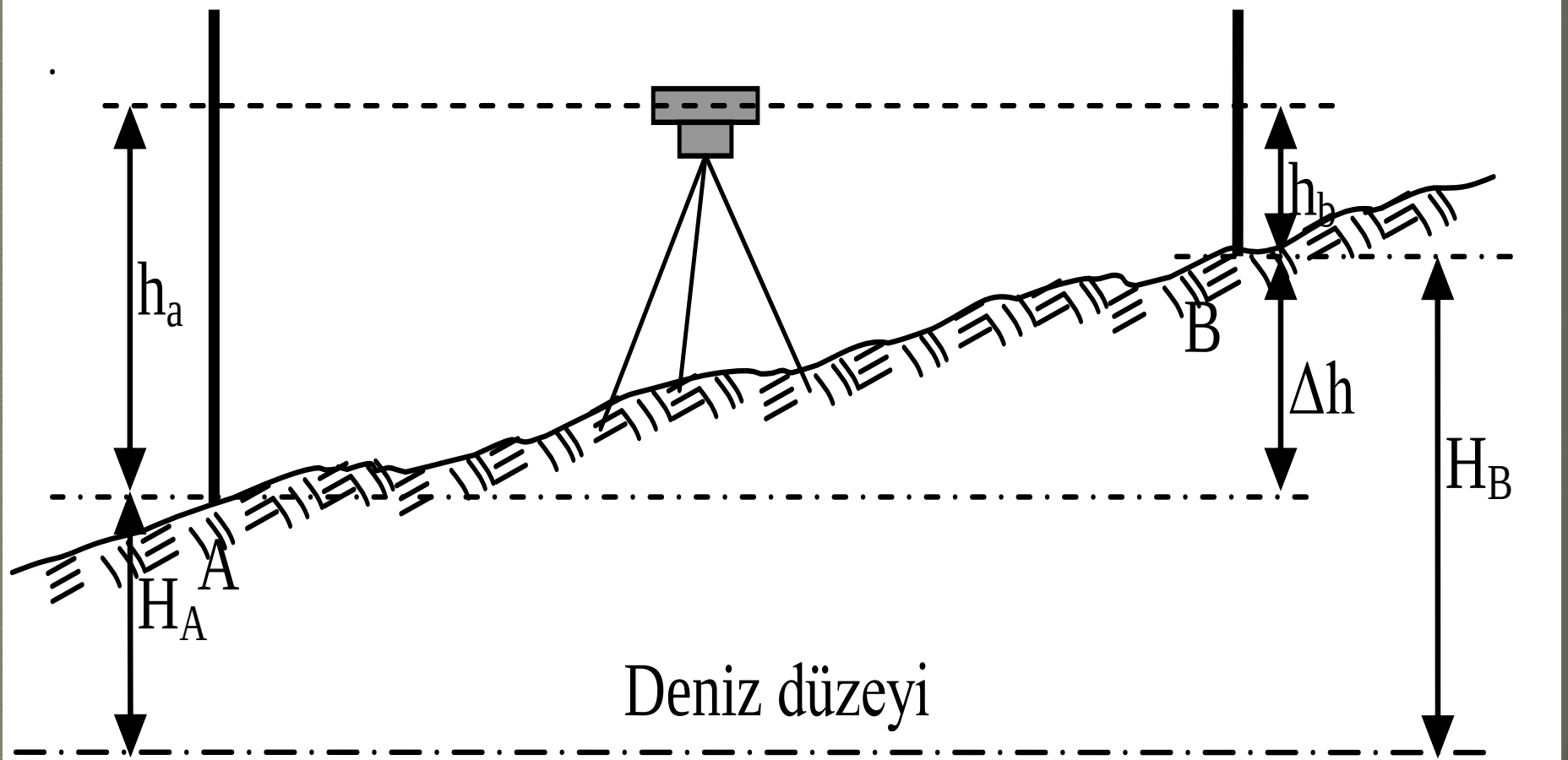
Diğer bir deyişle iki noktada mira okuması yapıldığında, mira okuma değeri daha küçük olan nokta diğerinden daha yüksektir.

$$\Delta h = \text{Geri okuma} - \text{İleri okuma} = h_a - h_b$$

Eğer noktalardan birinin (örneğin A noktası) deniz düzeyinden olan yüksekliği (H_A) biliniyorsa diğer noktanın (B noktası) denizden yüksekliği (H_B) aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunabilir:

$$H_B = H_A \pm \Delta h$$

Örnek 9.1. Şekil 9.2 'de verilen A noktasının denizden yüksekliği $H_A = 458.380$ metredir. Nivo ile A noktasındaki mirada okunan değer $h_a = 1.467$ m ve B noktasındaki mirada okunan değer $h_b = 0.484$ m ise B noktasının denizden yüksekliğini bulunuz.



Şekil 9.2. Nokta nivelmanı

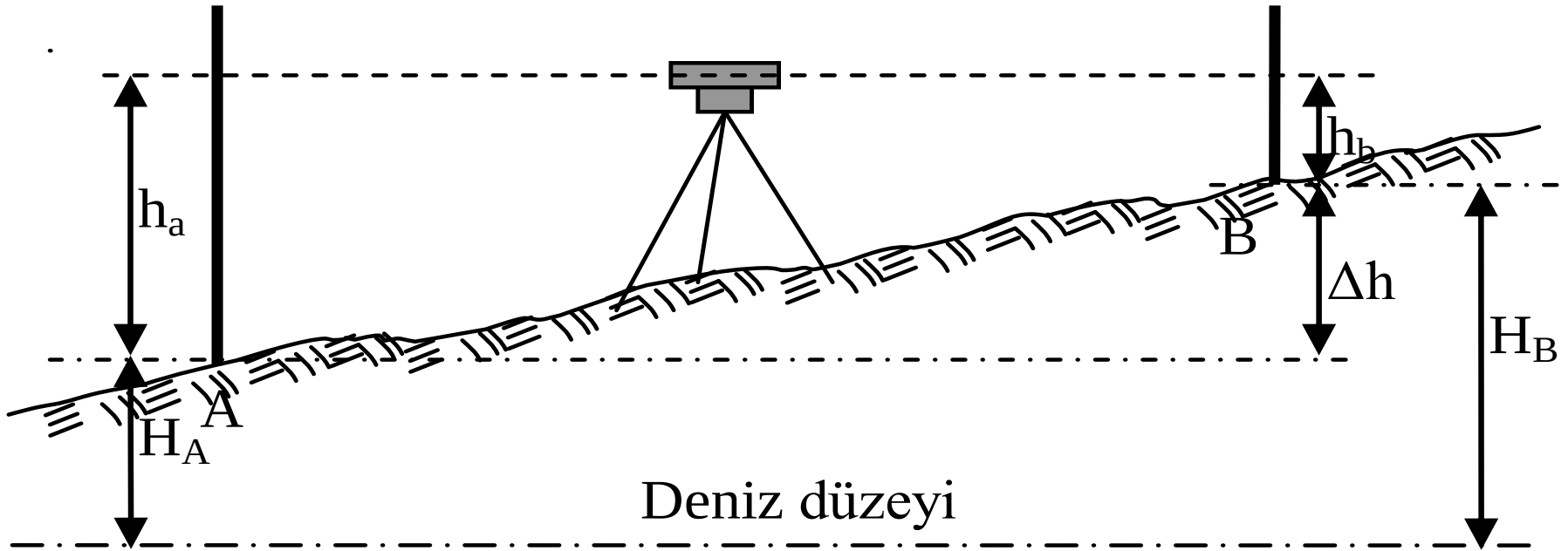
Örnek 9.1. Çözüm

Yukarıda verilen değerlere göre A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı:

$$\Delta h = h_a - h_b \quad \Delta h = 1.467 - 0.484 = 0.983 \text{ m olarak hesaplanır.}$$

B noktasının denizden yüksekliği ise:

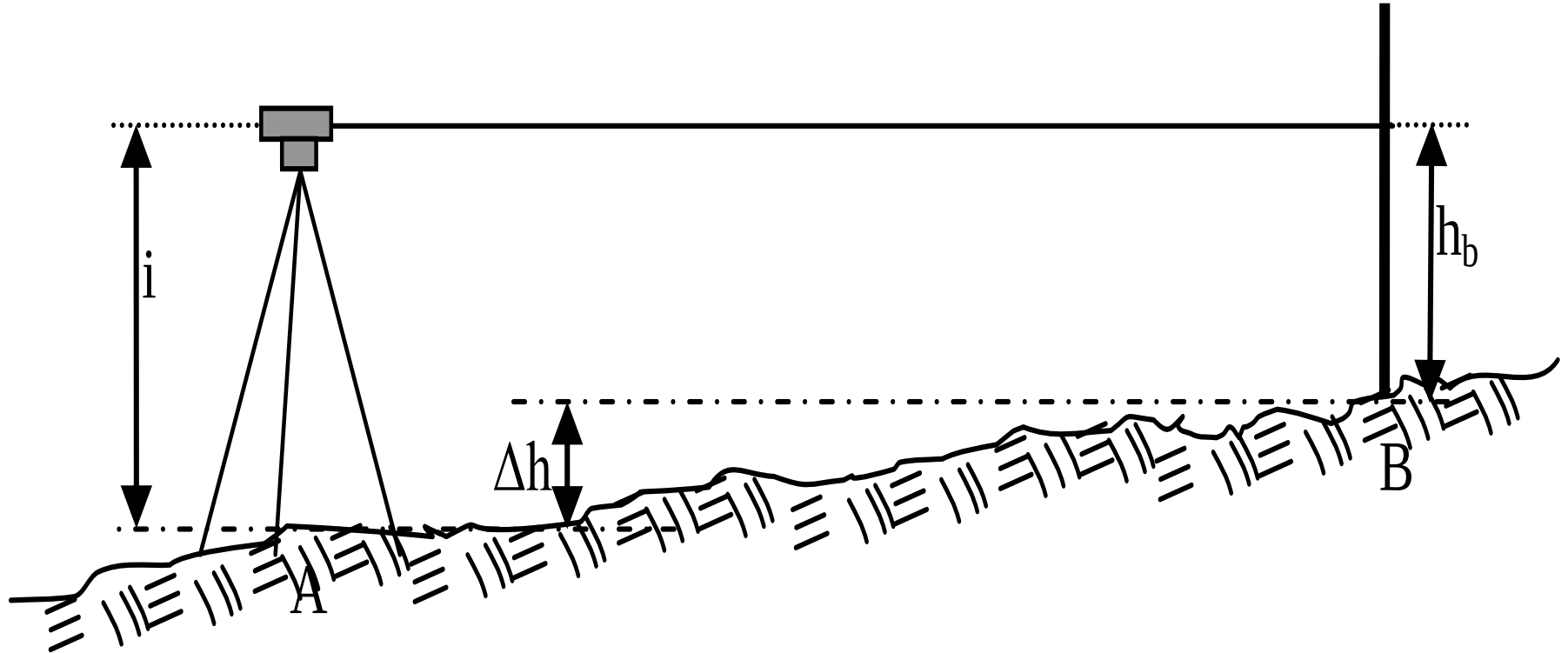
$$H_B = H_A \pm \Delta h \quad H_B = 458.380 + 0.983 = 459.363 \text{ m bulunur.}$$



Şekil 9.2. Nokta nivelmanı

İki nokta arasındaki yükseklik farkı; nivo, bu noktalardan birinin üzerine kurularak da belirlenebilir.

Şekil 9.3'de görüldüğü gibi nivo A noktası üzerine kurularak nokta ile aletin optik eksenini arasındaki yükseklik (i) ölçülür.



Şekil 9.3. Nivonun noktalardan birine kurulması ile nokta nivelmanı

Bu amaçla mira A noktasındaki aletin dürbününe çok yakın tutulur ve dürbünün oküleri yerine objektifinden gözleme yapılır.

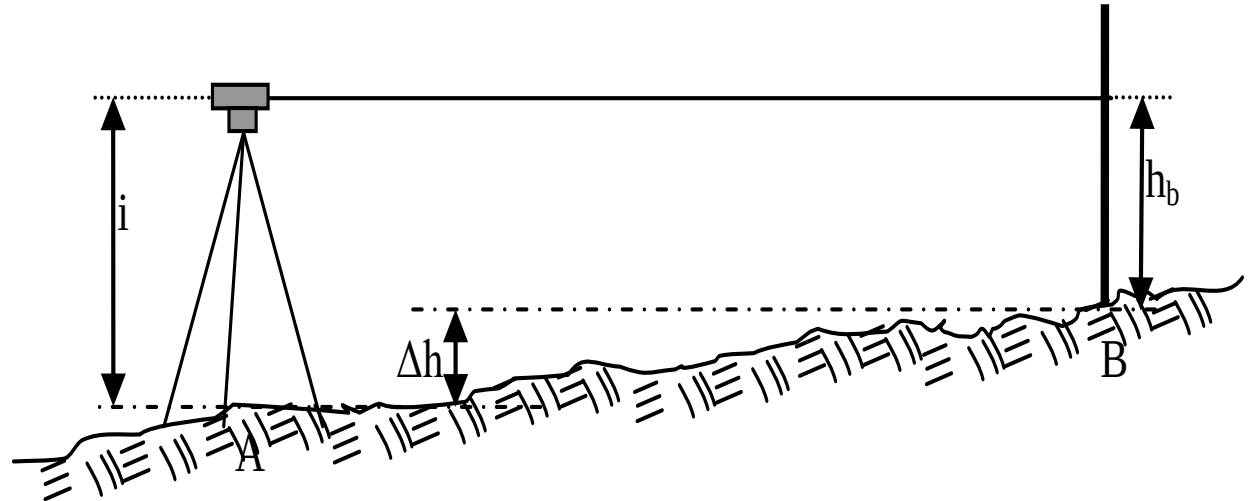
Mira üzerinde hareket ettirilen bir kalemin ucu dürbün görüntü alanı içindeki yatay kıl ile çakıştığında okuma mira üzerinden yapılır.

Bu okumaya *alet boyu okuması* da denir.

Daha sonra miracı B noktasında mirayı düşey olarak tutarken mira okuması (h_b) yapılır.

Bu durumda A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı;

$\Delta h = h_b - i$
eşitliğiyle hesaplanır.



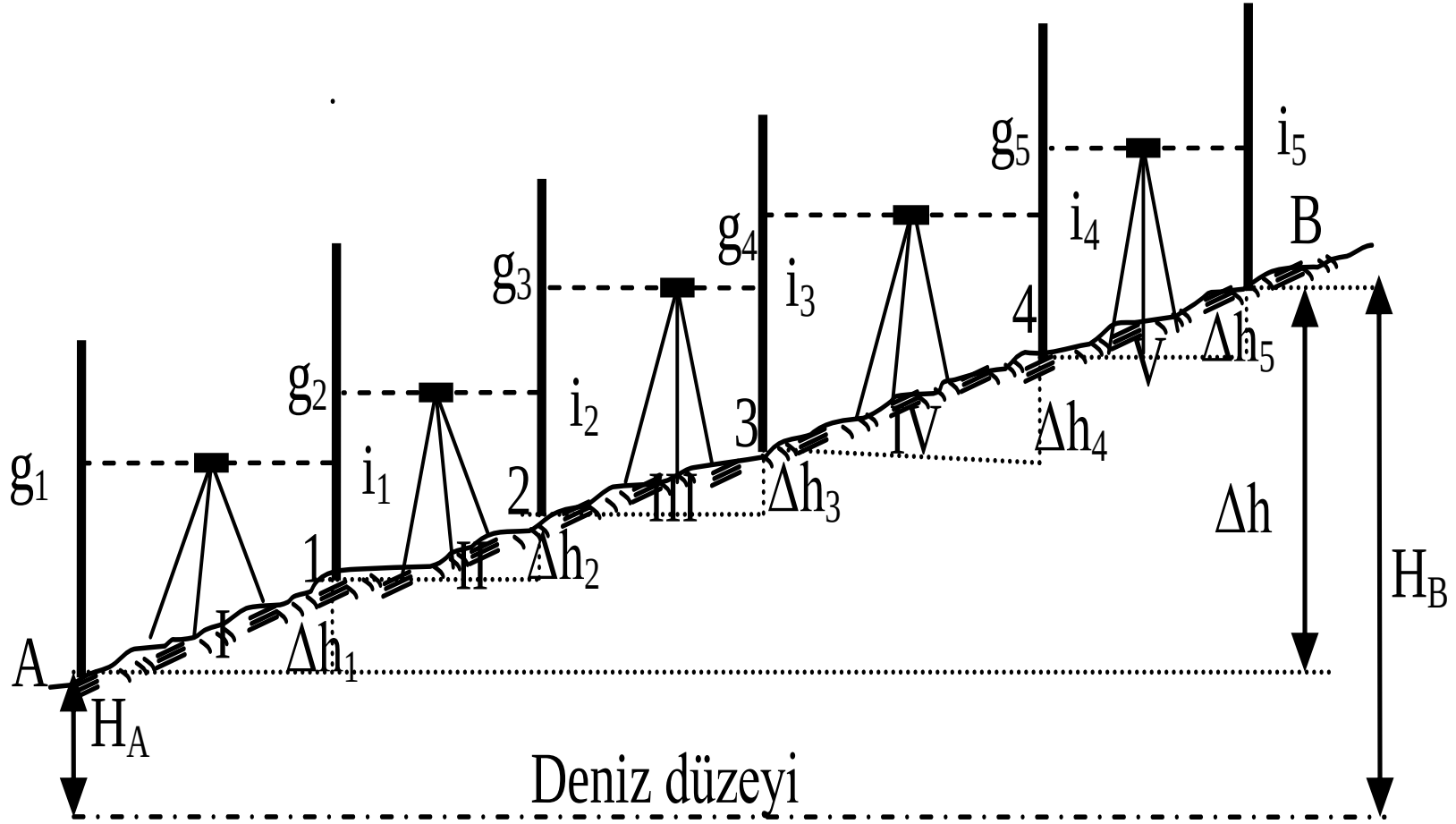
Şekil 9.3. Nivonun noktalardan birine kurulması ile nokta nivelmanı

Nokta nivelmanında,

- yükseklik farkı bulunacak iki nokta arasındaki uzaklık çok fazla veya
 - aralarındaki yükseklik farkı çok büyük ya da
 - aralarında görüş engellerinin bulunması
- gibi durumlarda tek alet durağı ile** yükseklik farklarını belirlemek olanaklı değildir.

Bu gibi durumlarda bu iki noktanın arasında yardımcı noktalar (**ara noktalar**) alınır **ve alet birkaç defa yer değiştirmek** ve her alet durağında, yukarıda açıklanan işlem tekrarlanmak yoluyla ölçme tamamlanır.

Bu durumda; alette bulunması olası gözleme eksenini hatasının etkisini gidermek için, alet her zaman iki noktanın ortasına kurulmalıdır (Şekil 9.4).



Şekil 9.4. Birbirinden uzak iki nokta arasında nokta nivelmanının yapılması

Ara noktalar arasındaki uzaklıklar, dürbünün gözleme uzaklığı ve arazinin durumu dikkate alınarak belirlenir.

Çeşitli nivelman aletlerinin uygun görüş uzaklıkları değişmekle birlikte, **mirada milimetre değerlerine kadar duyarlı okumalar için gözleme uzaklığı en çok 50 – 60 metre olmalıdır.**

Gözleme mesafesinin 150 – 200 metre olması durumunda ise ancak santimetreler okunabilir.

Bu nedenle **sağlıklı bir ölçme işlemi için gözleme uzaklığının 25 – 50 metre arasında olması yeğlenir.**

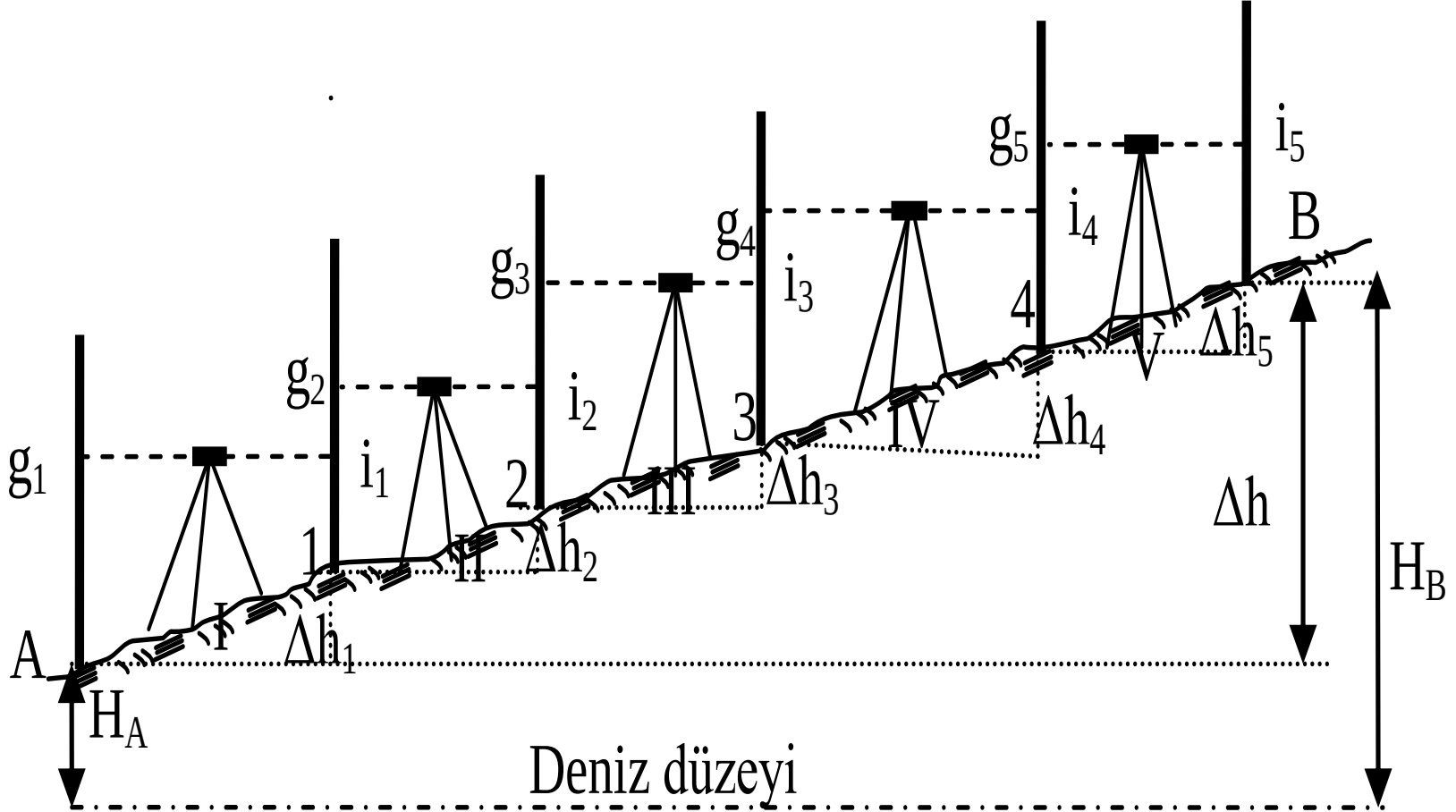
Bu şekilde nokta nivelmanı işlerinde yükseklik farkı bulunacak iki nokta arasında alınan yardımcı noktalara *çifte gözleme veya bağlama noktası* adı verilir.

Bu noktalarda mira yerinde sabit kalırken alet dikildiği I noktasından alınarak II noktasına getirilir.

Alet tesviye edildikten sonra önce 1 no.lu miraya sonra da 2 no.lu miraya bakılarak okuma yapılır.

İşlemlere bu şekilde devam edilerek en son B noktasındaki mirada okuma yapılır.

A ve B noktası arasındaki Δh yükseklik farkının 1, 2, 3 ve 4 no.lu yardımcı noktalar yardımıyla bulunması Şekil 9.4 'de şematik olarak gösterilmiştir.



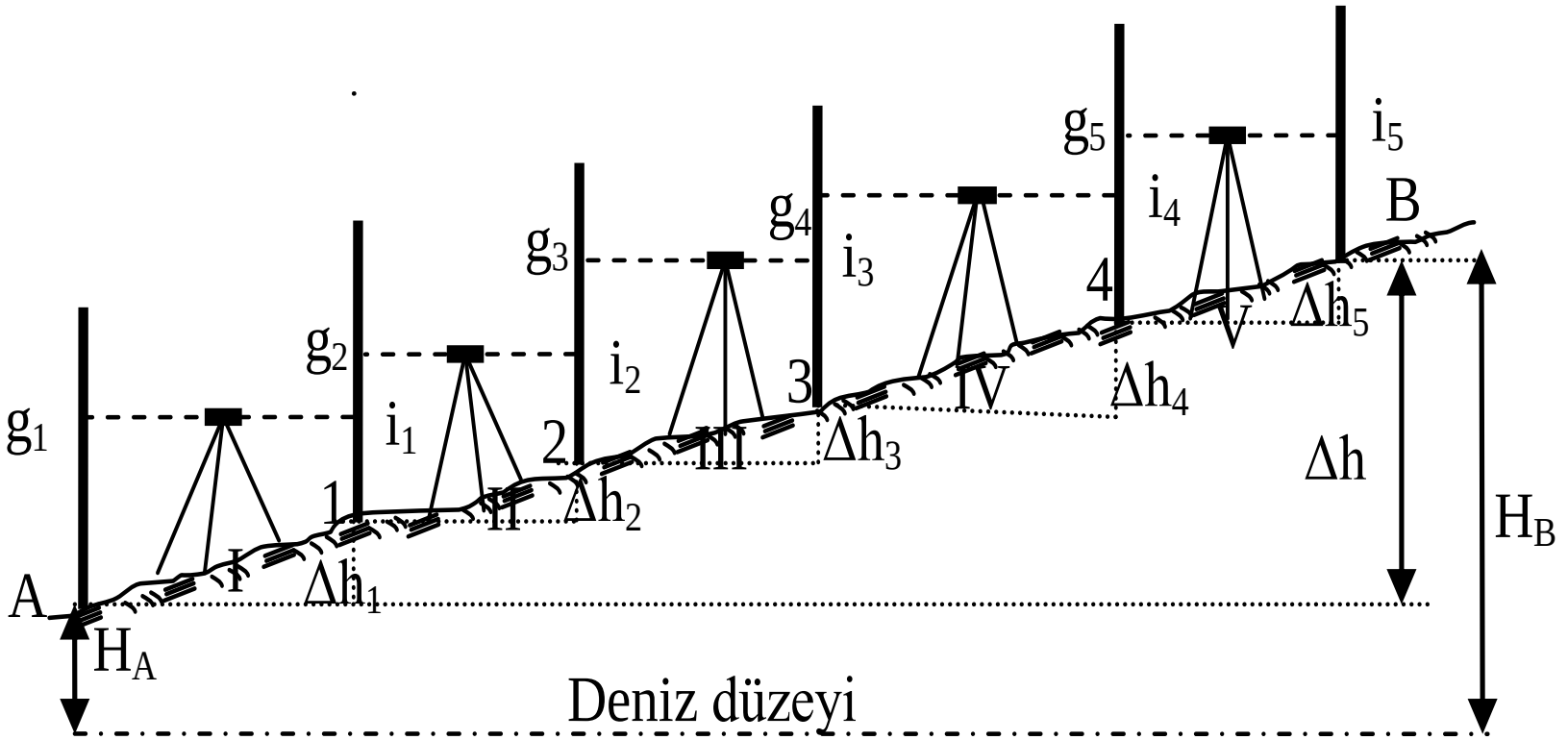
Şekil 9.4. Birbirinden uzak iki nokta arasında nokta nivelmanının yapılması

Buna göre A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı:

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4 + \Delta h_5$$

ve B noktasının yüksekliği de:

$$H_B = H_A \pm \Delta h \text{ olur.}$$

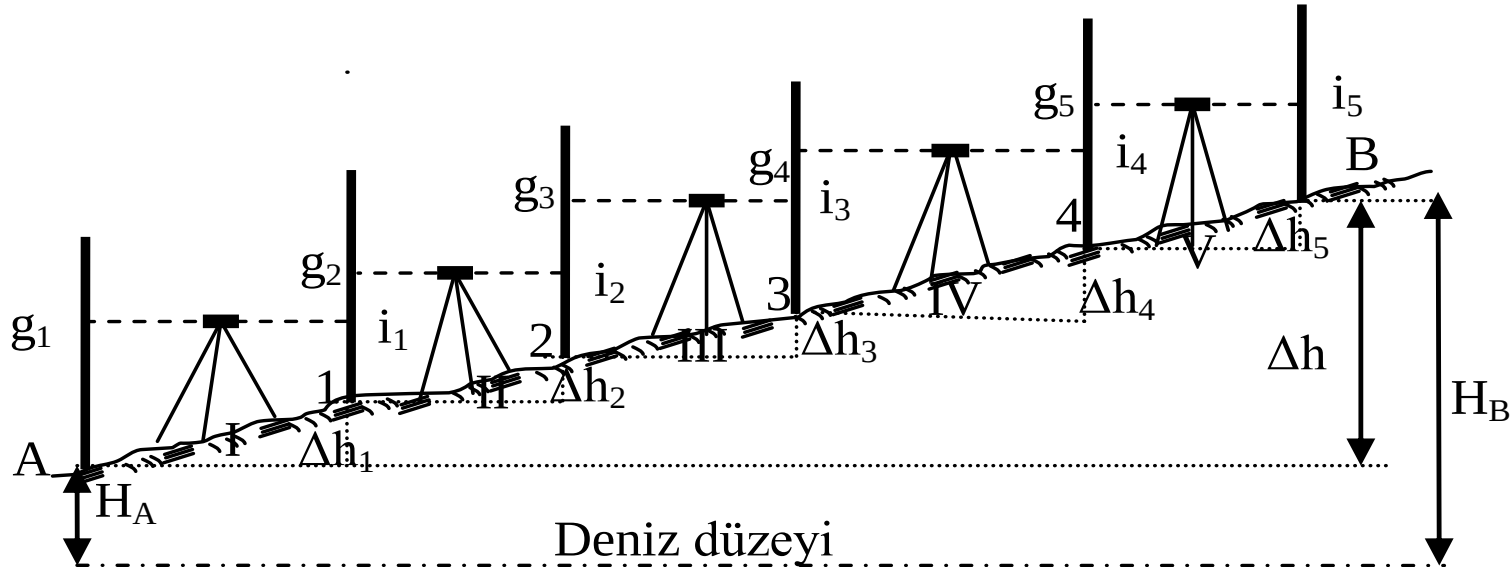


Şekil 9.4. Birbirinden uzak iki nokta arasında nokta nivelmanının yapılması

Bu ölçme şeklinde de her bir alet durağında yapılan ilk mira okuması geri okuma ve aletin yerini değiştirmeden önce yapılmış olan mira okuması da ileri okuma niteliğindedir.

Örneğin Şekil 9.4 'de aletin I durağında A noktasında dikili bulunan mirada yapılan okuma geri, 1 no.lu noktada dikili bulunan mirada yapılan okuma ise ileri okumadır.

Yine alet II no.lu durağında tesviye edildikten sonra 1 no.lu noktada dikili bulunan mirada yapılan okuma geri, 2 no.lu noktada dikili bulunan mirada yapılan okuma ise ileri okumadır.



Şekil 9.4. Birbirinden uzak iki nokta arasında nokta nivelmanının yapılması

Diğer bir deyişle, geri okumalar g , ileri okumalar i harfi ile gösterilirse gidiş yönünün ters tarafındaki okumalar (g_1, g_2, g_3, g_4, g_5) *geri okuma*, gidiş yönü tarafındaki okumalar ise (i_1, i_2, i_3, i_4, i_5) *ileri okuma* olmaktadır.

Bu durumda:

$$\Delta h_1 = g_1 - i_1$$

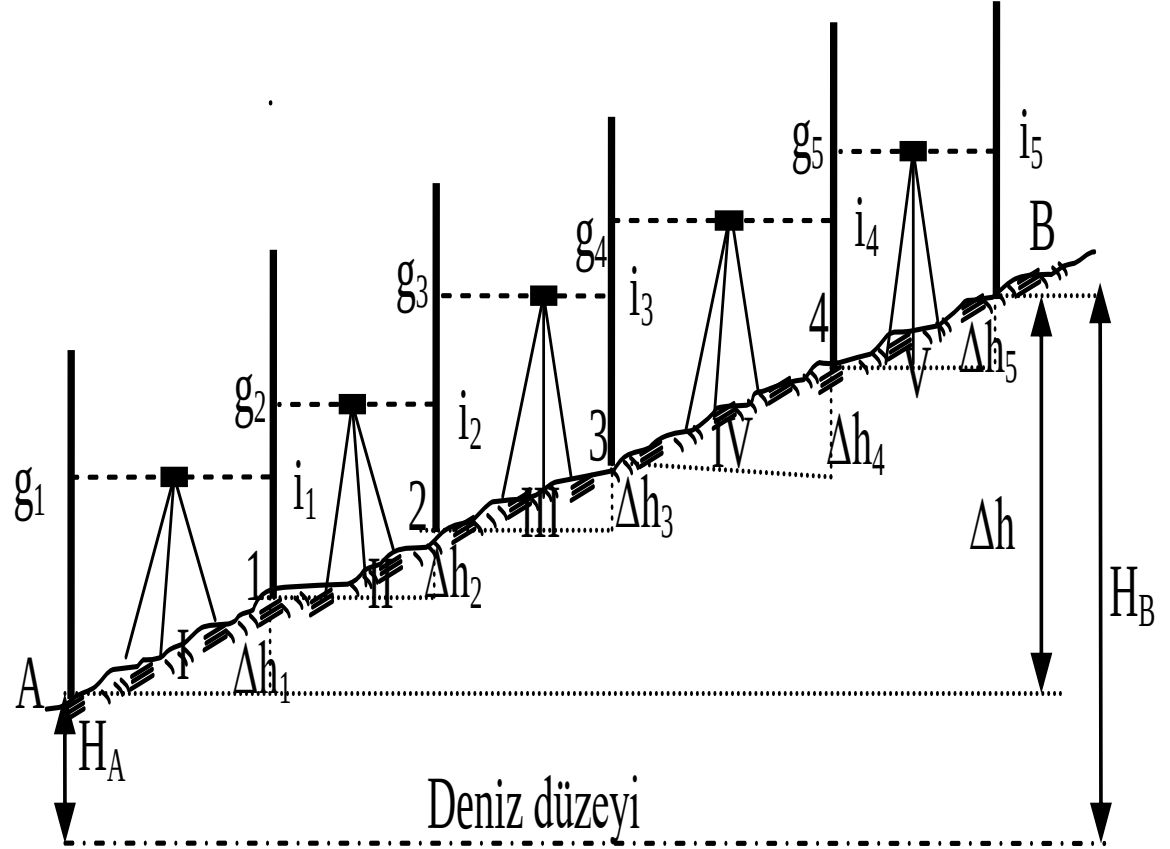
$$\Delta h_2 = g_2 - i_2$$

$$\Delta h_3 = g_3 - i_3$$

$$\Delta h_4 = g_4 - i_4$$

$$\Delta h_5 = g_5 - i_5$$

yazılabilir.



Şekil 9.4. Birbirinden uzak iki nokta arasında nokta nivelmanın yapılması

Şekil 9.4 'den bunların toplamı Δh olduğuna göre:

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4 + \Delta h_5$$

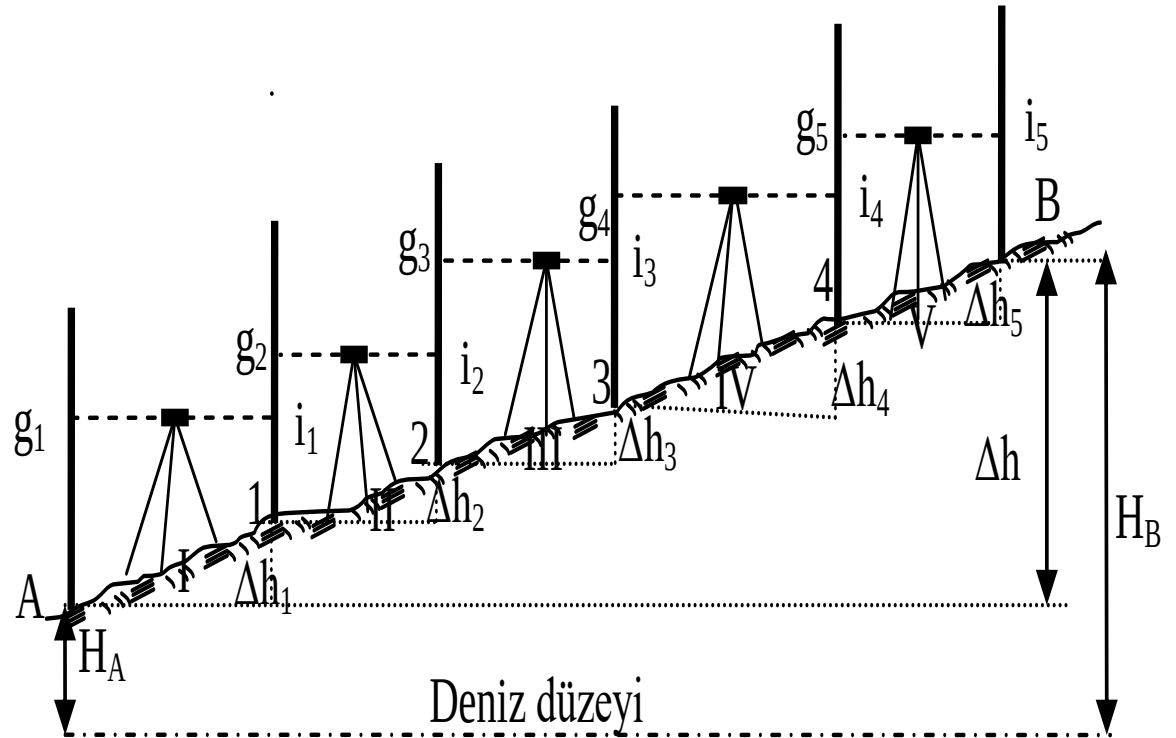
$$\Delta h = (g_1 - i_1) + (g_2 - i_2) + (g_3 - i_3) + (g_4 - i_4) + (g_5 - i_5)$$

$$\Delta h = (g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5) - (i_1 + i_2 + i_3 + i_4 + i_5)$$

veya kısaca:

$$\Delta h = \sum g - \sum i$$

olarak yazılabilir.



Şekil 9.4. Birbirinden uzak iki nokta arasında nokta nivelmanın yapılması

Yükseklik farkı bulunacak A ve B noktaları arasında tepe ve çukur gibi engellerin bulunması durumunda, ölçmeler çıkış ve iniş yolu ile yapılacağından daha önce de belirtildiği gibi çeşitli kısımlara ilişkin Δh 'lerin işareti bazen pozitif (+), bazen de negatif (–) olur.

Buna göre A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı, bu kısımlardaki Δh 'lerin cebirsel toplamına eşit olur.

Nokta nivelmanı yapılırken mira okumalarının yazılması ve nokta yüksekliklerinin hesaplanması için nivelman çizelgeleri kullanılır.

Nokta nivelmanı çizelgeleri:

- *yükseklik farkı yöntemine*
- *gözleme eksen yüksekliğine*

göre olmak üzere **iki yöntemle** düzenlenebilir.

a) Yükseklik farkı yöntemi:

Bu yöntemde noktaların yükseklikleri noktaların yükseklik farkları göz önüne alınarak hesaplanır.

Bu amaçla, A noktasına ilişkin geri okuma değerinden 1 no.lu noktanın ileri okuma değeri çıkarılarak nivonun ilk kurulduğu yere göre A ve 1 no.lu noktaların yükseklik farkları bulunur.

Bulunan değer, işaretine göre yükseklik farkları kolonunun çıkış (+) veya iniş (–) bölümüne yazılır.

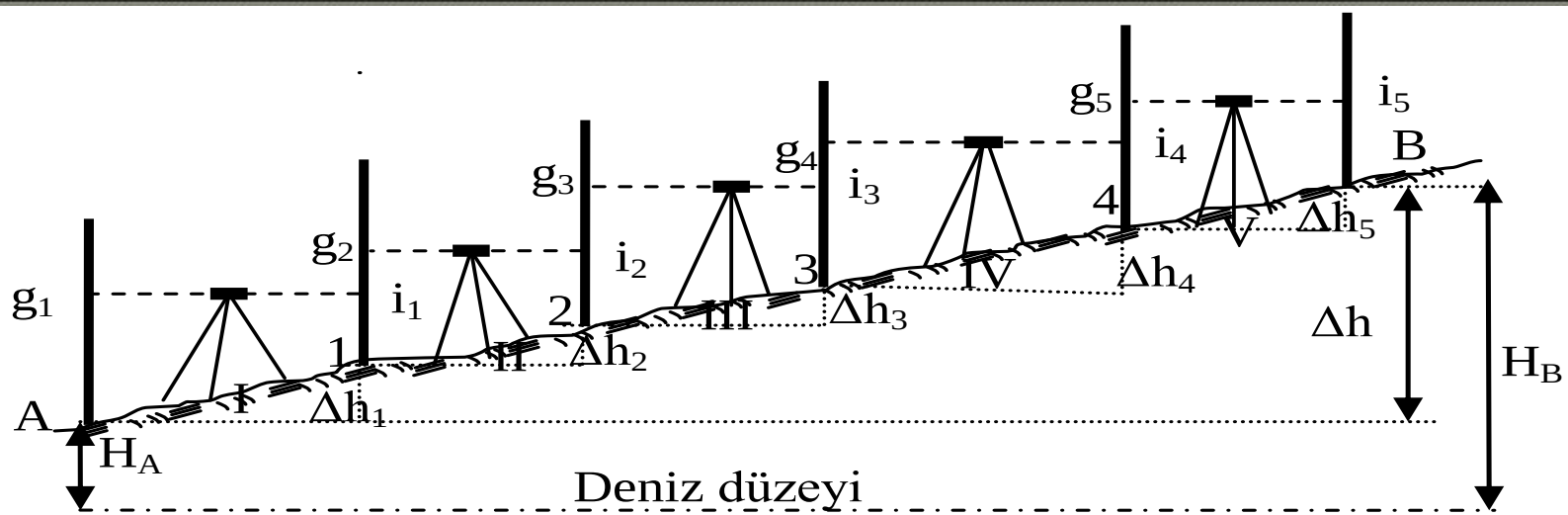
Nivo II no.lu durağa kurulduğunda okunan 1 no.lu noktaya ilişkin geri okuma değerinden 2 no.lu noktanın ileri okuma değeri çıkarılarak 1 ve 2 no.lu noktaların yükseklik farkları bulunur ve bu değer yine işaretine göre yükseklik farkları kolonunun çıkış (+) veya iniş (–) bölümüne yazılır.

Nivo diğer alet duraklarına kurulduğunda noktalara ilişkin geri ve ileri okuma değerleri yardımıyla benzer işlemler yapılarak bütün noktaların yükseklik farkları bulunur.

Hesaplanan yükseklik farkları bir önceki noktanın yüksekliğine cebirsel olarak eklenerek diğer noktaların yükseklikleri hesaplanır.

Genel olarak nivelman çizelgelerinin son kısımda yer alan **not kolonları** ölçmecilerin başlangıç noktası yükseklikleri, alet boyu ölçümleri, ölçüme ilişkin krokiler gibi bilgileri kaydedebildikleri kolonlardır.

Örnek olarak Şekil 9.4 'de gösterilen nokta nivelmanında ölçülen değerlere dayanılarak, yükseklik farkı yöntemine göre düzenlenmiş bir nokta nivelmanı çizelgesi, Çizelge 9.1 'de verilmiştir.



Şekil 9.4. Birbirinden uzak iki nokta arasında nokta nivelmanının yapılması

Çizelge 9.1. Yükseklik farkı yöntemine göre bir nokta nivelmanı çizelgesi

Alet Durağı	Gözleme Noktaları	Mira Okumaları (m)		Yükseklik Farkları (m)		Noktaların Yükseklikleri (m)	Not
		Geri	İleri	Çıkış (+)	İniş (-)		
I	A	1.840				60.000	$H_A = 60.000 \text{ m}$ olarak verilmiştir.
	1		0.990	0.850		60.850	
II	1	1.580				61.310	
	2		1.120	0.460		61.930	
III	2	2.070				61.930	
	3		1.450	0.620		62.710	$H_B = 63.380 \text{ m}$
IV	3	1.750				62.710	
	4		0.970	0.780		63.380	
V	4	1.920				63.380	
	B		1.250	0.670			
Toplam		9.160	5.780	3.380	0.00		
Farklar (Δ)		+3.380		+3.380		$63.380 - 60.000 = +3.380$	

Görüldüğü gibi

$g > i$ ise çıkış,

$g < i$ ise iniş var demektir.

Ayrıca;

$$\Delta H = H_B - H_A = \sum g - \sum i = \sum \text{çıkış} - \sum \text{iniş}$$

olup bu eşitlikler *hesaplamaların denetimi*, diğer bir deyişle *çizelgenin doğru doldurulup doldurulmadığının denetimi* için kullanılır.

b) Gözleme eksenini yüksekliği yöntemi:

Bu yöntemde nokta yükseklikleri, *gözleme ekseninin yüksekliğinden (G.E.Y.)* yararlanılarak hesaplanır.

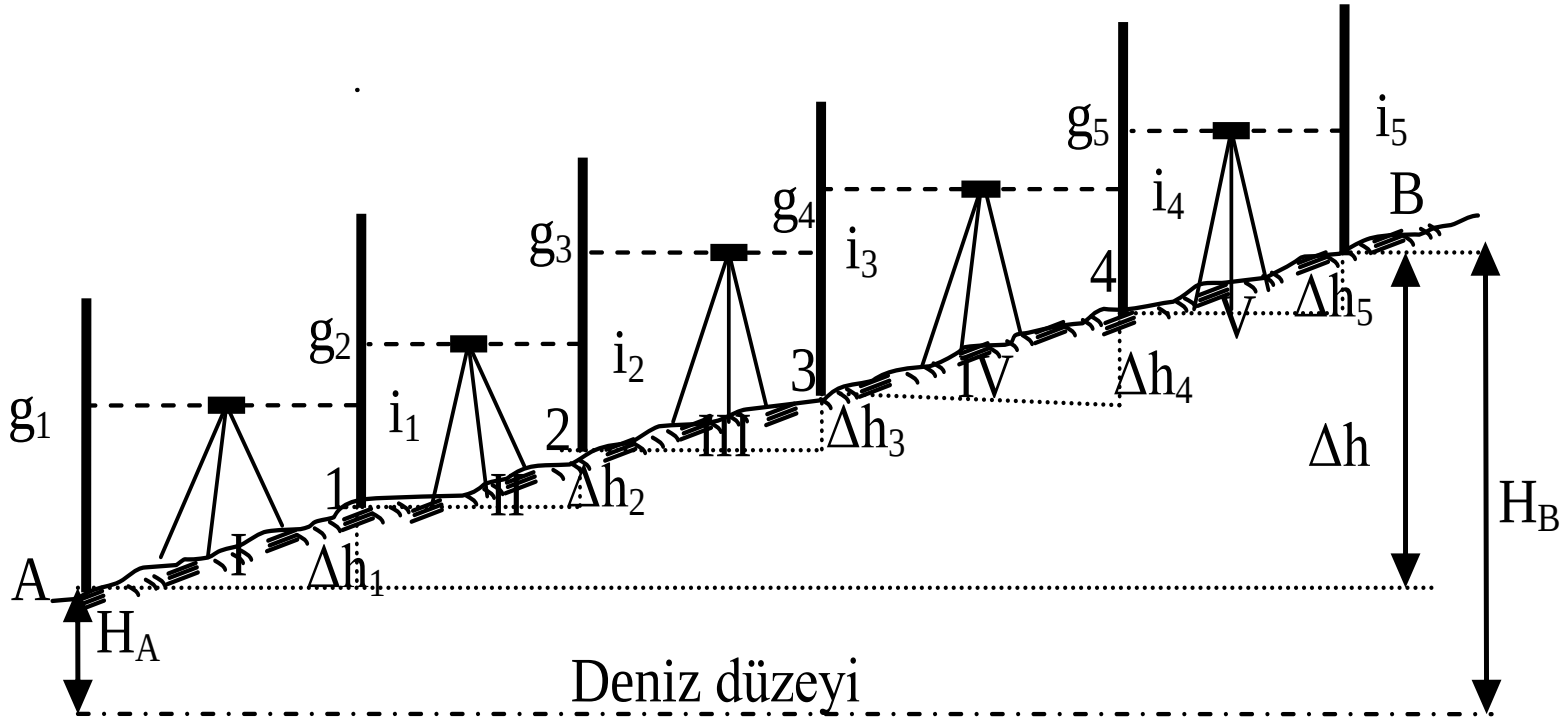
Gözleme ekseninin yüksekliği, başlangıç noktasının bilinen yükseklik değeri ne bu noktaya ilişkin geri gözleme değeri ne eklenmesiyle bulunur.

Alet durağı değıştikçe aletin gözleme eksenini yüksekliği de değışeceğinden her alet durağında bu değeri yeniden hesaplanır.

Noktaların yükseklikleri ise, bu gözleme eksenini yüksekliği değeri ne o noktadaki mira okuması değeri ne çıkarılmasıyla bulunur.

Örneğin Şekil 9.4'deki I no.lu alet durağında gözleme ekseninin yüksekliği, A noktasının yüksekliğine bu duraktan A noktasına yapılan geri okuma değeri eklenerek hesaplanır.

Bu durumda I no.lu noktanın yüksekliği ise I no.lu alet durağındaki G.E.Y. değerinden ve bu duraktan yapılan ileri okuma değeri çıkarılarak bulunur.



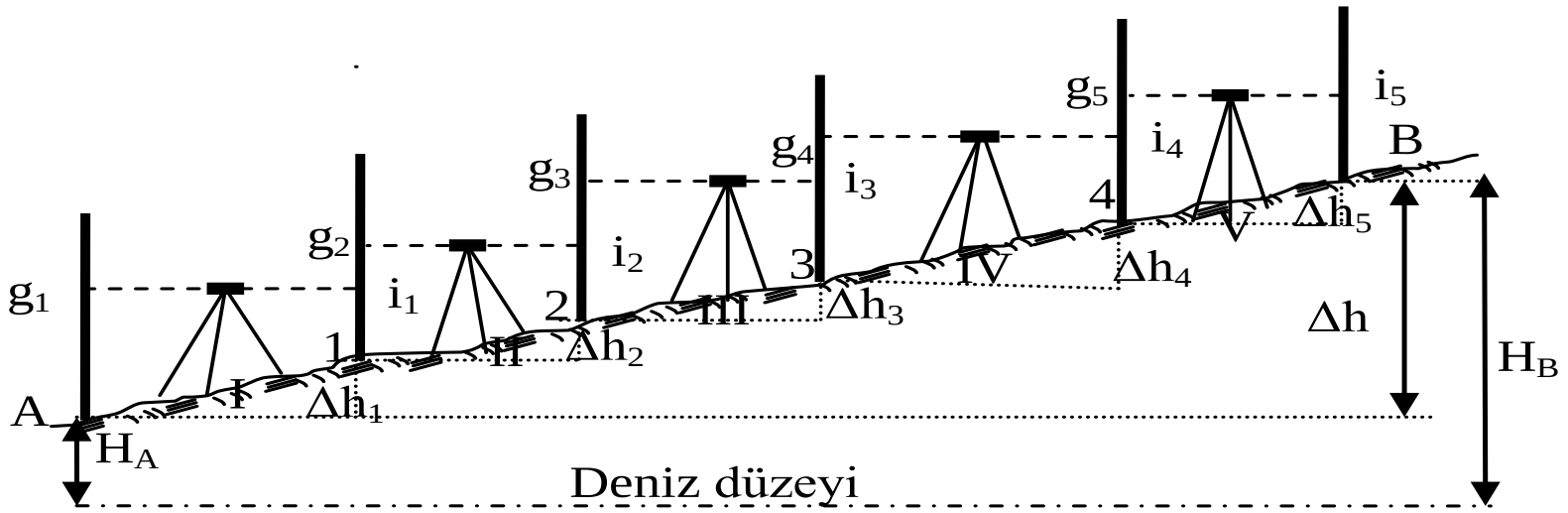
Şekil 9.4. Birbirinden uzak iki nokta arasında nokta nivelmanının yapılması

Benzer biçimde II no.lu alet durağında gözleme ekseninin yüksekliği, 1 no.lu noktanın yüksekliğine II no.lu alet durağından 1 no.lu noktaya yapılan geri okuma değeri eklenerek bulunur.

Bu durumda 2 no.lu noktanın yüksekliği ise II no.lu alet durağındaki G.E.Y. değerinden 2 no.lu noktaya yapılan ileri okuma değeri çıkarılarak bulunur.

Diğer alet duraklarında da benzer işlemler yapılarak G.E.Y. değerleri ve bunlar yardımıyla diğer noktaların yükseklikleri hesaplanır.

Örnek olarak, Şekil 9.4 'de gösterilen ve yukarıda çizelgesi yükseklik farkı yöntemine göre düzenlenmiş nokta nivelmanı işlemi bu kez çizelgesi gözleme ekseninin yüksekliği yöntemine göre düzenlenerek Çizelge 9.2 'de verilmiştir.



Şekil 9.4. Birbirinden uzak iki nokta arasında nokta nivelmanının yapılması

Çizelge 9.2. Gözleme eksen yüksekliği yöntemine göre düzenlenmiş bir nokta nivelmanı çizelgesi

Alet Durağı	Gözleme Noktaları	Mira Okumaları (m)		Gözleme Eksen Yükseklikleri (m)	Noktaların Yükseklikleri (m)	Not
		Geri	İleri			
I	A 1	1.840	0.990	61.840 61.840	60.000 60.850	$H_A = 60.000$ m dir.
II	1 2	1.580	1.120	62.430 62.430	60.850 61.310	
III	2 3	2.070	1.450	63.380 63.380	61.310 61.930	
IV	3 4	1.750	0.970	63.680 63.680	61.930 62.710	
IV	4 B	1.920	1.250	64.630 64.630	62.710 63.380	$H_B = 63.380$ m
Toplam		9.160	5.780			
Farklar (Δ)		+3.380		$63.380 - 60.000 = +3.380$		

Gözleme eksenli yöntemi ile nivelman çizelgesi düzenlemesi, yapılan ölçme hatalarının giderilmesi ve hesaplamalarda kolaylık sağlaması yönünden yükseklik farkı yöntemine göre daha kullanışlıdır.

Öte yandan bu yöntem, profil (kesit) ve yüzey nivelmanı işlerinde de kullanılmaya uygun olduğundan daha çok yeğlenir.

Örnek 9.2. Arazide yapılan bir nokta nivelmanı ölçmesinde elde edilen ölçüm sonuçları aşağıdaki çizelgede verilmiştir. A noktasının kotu 530.000 m olarak verildiğine göre nivelmanı çizelgesini yükseklik farkı yöntemine göre doldurunuz.

Alet Durağı	Gözleme Noktaları	Mira Okumaları (m)		Yükseklik Farkları (m)		Noktaların Kotları (m)	Not
		Geri	İleri	Çıkış (+)	İniş (-)		
I	A 1	2.369	2.555		0.186	530.000 529.814	$H_A = 530.000 \text{ m}$
II	1 2	2.653	2.867		0.214	529.600	
III	2 3	2.527	2.884		0.357	529.243	
Toplam		7.549	8.306	0.000	0.757		
Farkılar (Δ)		-0.757		-0.757		$529.243 - 530.000 = -0.757$	

Örnek 9.3. Bir arazide yapılan nokta nivelmanı ölçüm sonuçları aşağıdaki çizelgeye işlenmiştir. Bu ölçüm değerlerini kullanarak nokta nivelmanı çizelgesini yükseklik farkı yöntemine göre doldurunuz.

Alet Durağı	Gözleme Noktaları	Mira Okumaları (m)		Yükseklik Farkları (m)		Noktaların Yükseklikleri (m)	Not
		Geri	İleri	Çıkış (+)	İniş (-)		
I	A 1	3.323	2.085	1.238		1364.250 1365.488	$H_A = 1364.250\text{m}$
II	1 2	2.104	2.896		0.792	1364.696	
III	2 3	3.405	2.141	1.264		1365.960	
IV	3 4	3.438	2.216	1.222		1367.182	
V	4 B	2.203	2.799		0.596	1366.586	$H_B = 1366.586\text{ m}$
Toplam		14.473	12.137	3.724	1.388		
Farklar (Δ)		+2.336		+2.336		$1366.686 - 1364.250 = +2.336$	

Örnek 9.4. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde yapılan bir nokta nivelman ölçmesinde ölçüm sonuçları aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Bu ölçüm değerlerini kullanarak nokta nivelmanı çizelgesini, gözleme eksen yüksekliği yöntemiyle doldurunuz.

Alet Durağı	Gözleme Noktaları	Mira Okumaları (m)		Gözleme Eksen Yükseklikleri (m)	Noktaların yükseklikleri (m)	Not
		Geri	İleri			
I	A 1	1.554	1.357	24.604	23.050 23.247	$H_A = 23.050 \text{ m}$
II	1 2	1.496	1.648	24.743	23.095	
III	2 3	1.676	1.367	24.771	23.404	
IV	3 4	1.438	1.737	24.842	23.105	
V	3 4	1.636	1.770	24.741	22.971	
VI	5 B	1.788	1.879	24.759	22.880	$H_B = 22.880 \text{ m}$
Toplam		9.588	9.758			
Farklar (Δ)		-0.170		$22.880 - 23.050 = -0.170$		

Örnek 9.5. Arazide kontrol amacıyla gidiş ve dönüş olarak yapılan bir nokta nivelman ölçmesinde ölçüm sonuçları aşağıdaki çizelgede verilmiştir. A noktasının kotu 15.00 m olduğuna göre, nokta nivelmanı çizelgesini, gözleme eksenı yüksekliği yöntemiyle doldurunuz.

Alet Durağı	Gözleme Noktaları	Mira Okumaları (m)		Gözleme Eksenı Yükseklikleri (m)	Noktaların yükseklikleri (m)	Not
		Geri	İleri			
M1	A	1.35	1.46	16.35	15.00	GİDİŞ A 1 2 3 M1 M2 M3
	1			16.35	14.89	
M2	1	1.68	2.10	16.57	14.89	
	2			16.57	14.47	
M3	2	1.86	1.84	16.33	14.47	
	B			16.33	14.49	
Toplam		4.89	5.40			
Farkılar (Δ)		−0.51		14.49 − 15.00 = −0.51		

M3	B	1.95	1.55	16.44	14.49	DÖNÜŞ A 1 B K1 K2
	1			16.44	14.89	
M1	1	2.16	2.05	17.05	14.89	
	A			17.05	15.00	
Toplam		4.11	3.60			
Farkılar (Δ)		0.51		15.00 − 14.49 = 0.51		

9.2.1. Nokta Nivelmanında Hata Sınırları

Yapılan nivelman işlemlerinin doğruluğu genellikle yapılan ikinci bir nivelman ile denetlenir.

İki nivelman arasındaki fark (ΔL), izin verilen hata sınırı (f) içinde ise, ölçme kabul edilir ve fark noktaların yüksekliklerine gözleme uzaklıkları ile orantılı olarak dağıtılır.

Ancak yapılan hata miktarı izin verilen hata miktarından büyük ise yapılan ölçme işlemi tekrarlanır.

Diğer bir deyişle;

$|\Delta L| \leq f$ ise, ölçme işlemi kabul edilir.

$|\Delta L| > f$ ise, ölçme işlemi tekrarlanmalıdır.

Nokta nivelmanı doğruluk derecelerine göre birinci sınıf, ikinci sınıf, üçüncü sınıf, dördüncü sınıf ve beşinci sınıf olmak üzere beş sınıfa ayrılır. Hata sınırı,

- Birinci sınıf nivelmanda; $f_1 = 4 \times \sqrt{L}$
- İkinci sınıf nivelmanda; $f_2 = 8 \times \sqrt{L}$
- Üçüncü sınıf nivelmanda; $f_3 = 12 \times \sqrt{L}$
- Dördüncü sınıf nivelmanda; $f_4 = 20 \times \sqrt{L}$
- Beşinci sınıf nivelmanda; $f_5 = 40 \times \sqrt{L}$

eşitlikleri ile hesaplanır.

Eşitliklerde;

f : İzin verilen hata sınırı (mm)

L : Gözleme mesafesinin uzaklığı (km) dir.

Örnek 9.6. Arazide yapılan bir nokta nivelman ölçmesinde ölçüm sonuçları nokta nivelmanı çizelgesinde değerlendirildikten sonra B noktasının yüksekliği 543.861 olarak hesaplanmıştır. Nivelman işleminin doğruluğunu denetlemek için yapılan ikinci nivelmanda ise bu noktanın yüksekliği 543.869 m olarak hesaplanmıştır. A ve B noktaları arasındaki uzaklık 440 m olarak ölçülmüştür. Buna göre birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıf nokta nivelmanı doğruluk dereceleri için yapılan nokta nivelman ölçümlerinin kabul edilip edilmeyeceğini belirleyiniz.

Çözüm

Yapılan hata miktarı (Δh)

$$|\Delta h| = |H_{B1} - H_{B2}| = |543.861 \text{ m} - 543.869 \text{ m}| = 0.008 \text{ m} = 8 \text{ mm}$$

A ve B noktaları arasındaki uzaklık = 440 m = 0.44 km

Birinci sınıf nivelmanda hata sınırı; $f_1 = 4 \times \sqrt{L} = 4 \times \sqrt{0.44} = 2.65 \text{ mm}$

İkinci sınıf nivelmanda hata sınırı; $f_2 = 8 \times \sqrt{L} = 8 \times \sqrt{0.44} = 5.31 \text{ mm}$

Üçüncü sınıf nivelmanda hata sınırı; $f_3 = 12 \times \sqrt{L} = 12 \times \sqrt{0.44} = 7.96 \text{ mm}$

Dördüncü sınıf nivelmanda hata sınırı; $f_4 = 20 \times \sqrt{L} = 20 \times \sqrt{0.44} = 13.27 \text{ mm}$

Beşinci sınıf nivelmanda hata sınırı; $f_5 = 40 \times \sqrt{L} = 40 \times \sqrt{0.44} = 26.53 \text{ mm}$

Sonuç: $f_1 = 2.65 \text{ mm} < f_2 = 5.31 \text{ mm} < f_3 = 7.96 \text{ mm} < |\Delta h| = 8 \text{ mm} < f_4 = 13.27 \text{ mm} < f_5 = 26.53 \text{ mm}$ olduğu için; yapılan nokta nivelmanı ölçmesi birinci, ikinci ve üçüncü sınıf nivelmanlar için kabul edilemez, yani ölçme işlemleri tekrar edilmelidir, ancak dördüncü ve beşinci sınıf nivelmanlar için yapılan ölçme işlemleri kabul edilebilir, yani ölçme işlemlerinin tekrar edilmesine gerek yoktur.

9.3. PROFİL NİVELMANI

Bir doğru üzerindeki arazi noktalarının yükseklik farklarının bulunmasına *profil (kesit) nivelmanı* denir.

Profil nivelmanı ile nokta nivelmanı arasındaki **en önemli fark**, profil nivelmanında noktalar arasındaki yatay uzaklıkların da ölçülmesidir.

Diğer bir fark da profil nivelmanında sadece geri ve ileri değil ara okumalara da gereksinim olmasıdır.

Üçüncü fark ise profil nivelmanında okuma yapılan tüm noktaların aynı doğrultu üzerinde bulunmasıdır.

Mühendislik çalışmalarında çoğunlukla arazinin bir doğrultu boyunca kesitinin çıkarılması gerekir.

Kesit doğrusunun uzunluğu ve amacına göre profil nivelmanı;

- boyuna ve
- enine profil nivelmanı

olmak üzere **ikiye ayrılır.**

Bu nivelman işlemleri arazinin var olan durumu ile yapılacak mühendislik çalışmalarının gerektirdiği özellikler arasındaki farka ilişkin incelemelerin yapılmasına olanak verir.

9.3.1. Boyuna Profil Nivelmanı

Bir doğru üzerindeki arazi noktalarının yatay uzaklıkları ile yükseklik farklarının bulunmasına *boyuna profil nivelmanı* denir.

Boyuna profil nivelmanı *genellikle* sulama ve drenaj kanalları, toprağa döşenecek içme ve sulama suyu boruları veya drenaj boru hatları gibi arazide daha önce belirtilmiş bulunan doğruların üzerinden çıkarılır.

Bu nedenle boyuna profil nivelmanı arazi üzerinde sadece doğru boyunca ve dar bir şerit hakkında bilgi verir.

Boyuna profilin çıkarılması **üç aşamada gerçekleştirilir:**

Birinci aşamada; doğrultu üzerinde, yükseklikleri ölçülecek noktaların yerleri belirlenir ve kazıklarla işaretlenir.

Kazıklar arası yatay uzaklıklar ölçülür ve başlangıç noktasına göre uzaklıkları belirlenir.

Buna **istasyonlama** veya **piketaj** denir.

İkinci aşamada; nivelman işlemi yapılarak nokta yükseklikleri okunur.

Üçüncü aşamada ise; profiller (kesitler) çizilerek kazı ve dolgu miktarları belirlenir, gerekirse kazı-dolgu dengelemesi yapılır.

Projeye ilişkin güzergah ekseni; araziye geçirildikten sonra, çelik ölçme şeritleriyle arazi topografyasına bağlı olarak 20–100 m arasında değişebilen eşit aralıklarla istasyonlara bölünür.

Her bir istasyon noktasına toprakla aynı sevide olacak şekilde bir esas kazık ve bunun hemen yanına da istasyon numarasını ve başlangıç noktasına olan uzaklıkları gösteren bir numara kazığı çakılır.

Kazık çakılamayan sert zeminler tebeşirle işaretlenir.

Mira, esas kazıklar üzerine tutulur.

Numara kazıklarına yazılacak uzaklıklar, hektometre veya kilometre değerini gösterir.

Eğer çıkarılacak profil uzunluğu birkaç kilometreden daha az ise başlangıç noktası numara kazığına 0+00, 100 metrelik noktaya 1+00 gibi bütün kazıklara başlangıçtan olan uzaklıkları hektometre olarak yazılır.

Çıkarılacak profil uzunluğu birkaç kilometreden daha fazla ise başlangıç noktası numara kazığına 0+000, 1000 metrelik noktaya 1+000 gibi bütün kazıklara başlangıçtan olan mesafeleri kilometre olarak belirtilir.

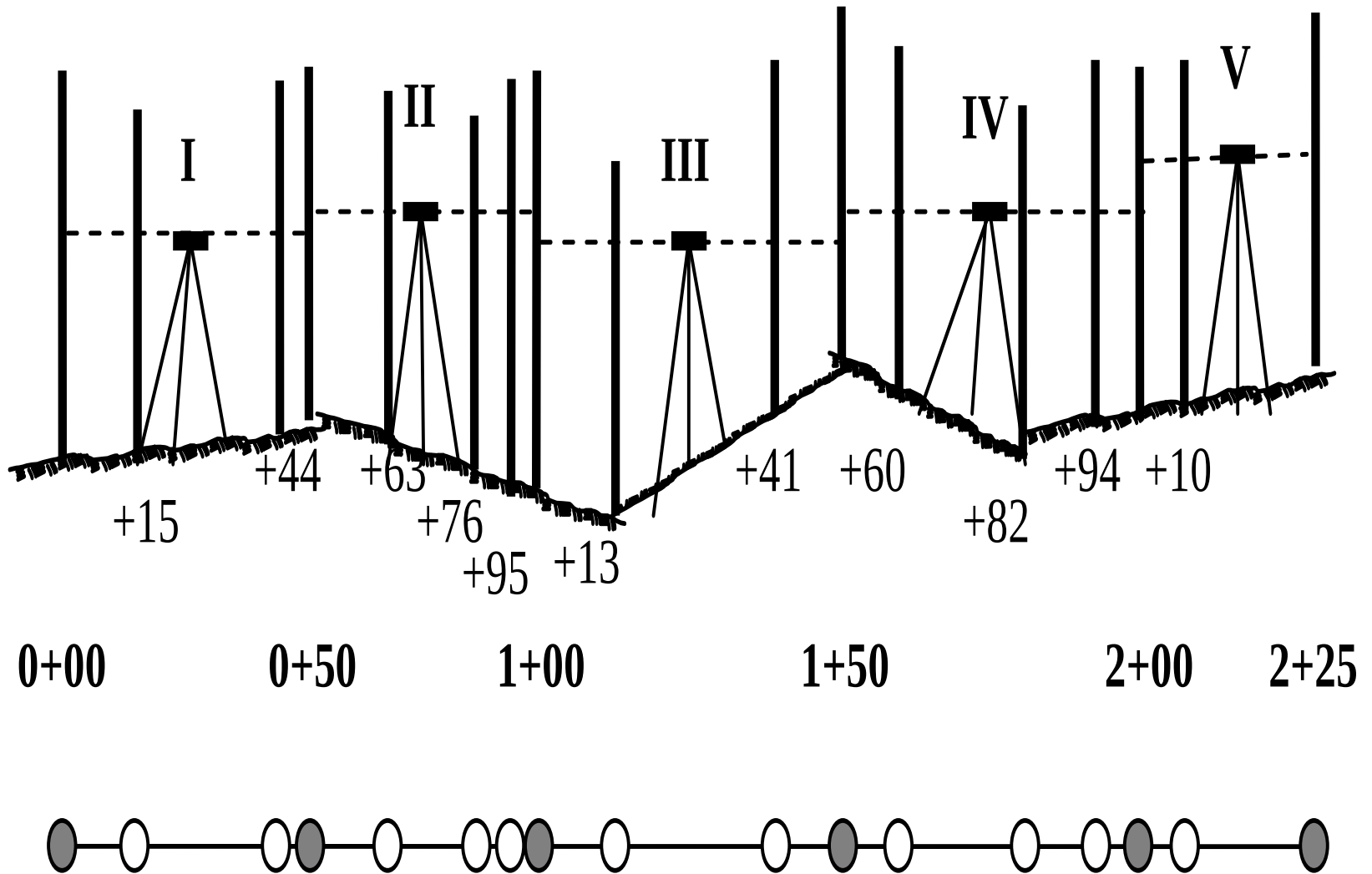
Bunlardan başka, güzergah eksenini üzerinde profili karakterize edecek, eğim değişikliği bulunan noktalara, kırık noktaların bulunduğu yerlere, güzergah eksenini kesen hendek, yol gibi noktalara ve enine profillerin geçirileceği noktalara da ayrıca kazıklar çakılır ve bu noktaların başlangıç noktasına göre uzaklıkları bir önceki istasyon numarasına göre ölçülerek numara kazıklarına yazılır.

Örneğin; eksenini kesen bir yolun olduğu noktadaki numara kazığına yazılan uzaklık değeri 8+23.4 ise bu nokta 8+00 istasyon noktasından 23.4 metre ileride ve başlangıç noktasından 823.4 metre uzaklıktadır.

İstasyonlama işlemi tamamlanıp noktaların başlangıca olan uzaklıkları profil nivelman çizelgesine yazıldıktan sonra güzergaha ilişkin noktalarda yükseklik ölçmelerine başlanır.

Yükseklik ölçmeleri daha önce **nokta nivelmanında açıklanan esaslara göre yapılır.**

Ancak profil nivelmanda yukarıda belirtildiği gibi her alet durağında yalnızca bir geri ve bir ileri gözleme yapılmayıp aynı zamanda çeşitli **ara noktalara** ilişkin mira okumaları da yapılır (Şekil 9.5).



Şekil 9.5. Boyuna profil krokisi

Alet durakları bağlama noktalarına eşit gözleme uzaklığında olacak biçimde diğer bir deyişle **yaklaşık olarak** iki bağlama noktasının ortasına gelecek biçimde seçilir.

Aletin kurulduğu ilk durağa **birinci alet durağı** denir.

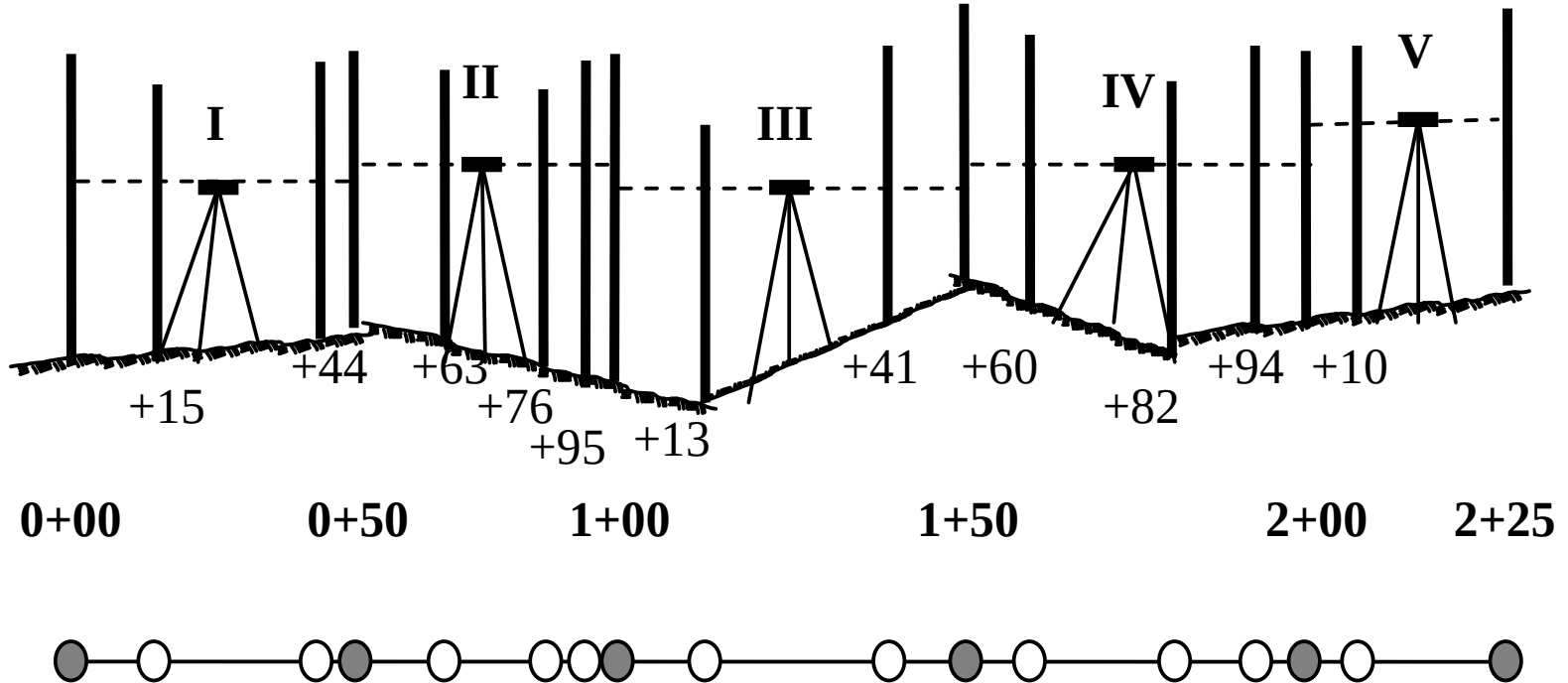
Birinci alet durağında ilk olarak başlangıç noktasına (0+00) geri gözleme yapılarak okunan değer nivelman çizelgesinde geri mira okuması kolonuna yazılır.

Daha sonra nokta nivelmanında olduğu gibi ileri gözleme yapılmayıp, ara noktalara alet yönlendirilerek o noktalarda tutulan miralarda okumalar yapılır.

Örneğin Şekil 9.5'de I no.lu alet durağında 0+00 noktasına geri gözleme yapıldıktan sonra sırasıyla 0+15 ve 0+44 ara noktalarına yükseklik okumaları yapılır.

Bunlara *ara gözlemeler* denir ve okuma değerleri nivelman çizelgesinde *ara okumaları* kolonuna yazılır.

Ara okumalar tamamlandıktan sonra 0+50 bağlama noktasına ileri okuma yapılır ve bu değer nivelman çizelgesinde *ileri okumalar kolonuna* yazılır.

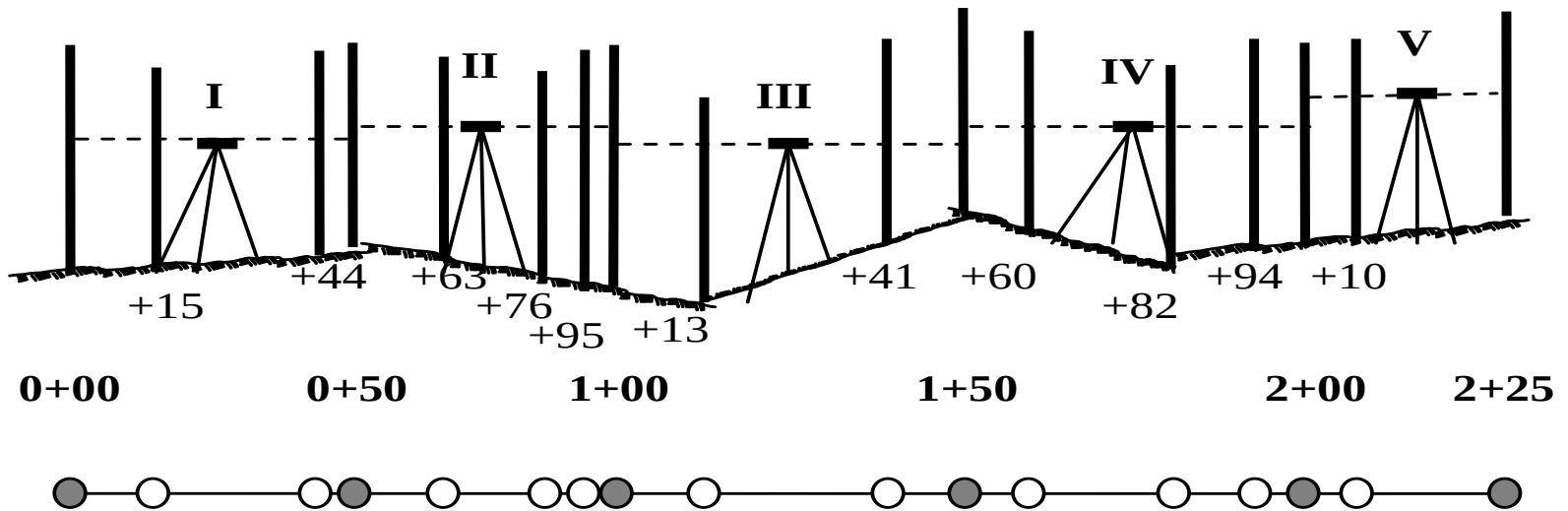


Şekil 9.5. Boyuna profil krokisi

Daha sonra alet II no.lu durağına diğer bir deyişle yaklaşık olarak 0+50 ve 1+00 bağlama noktalarının ortasına kurulur.

Birinci alet durağında olduğu gibi geri (0+50 bağlama noktasına), ara (0+63, 0+76, 0+95 ara noktalarına) ve ileri (1+00 bağlama noktasına) okumalar yapılarak okunan değerler nivelman çizelgesinde ilgili yerlerine kaydedilir.

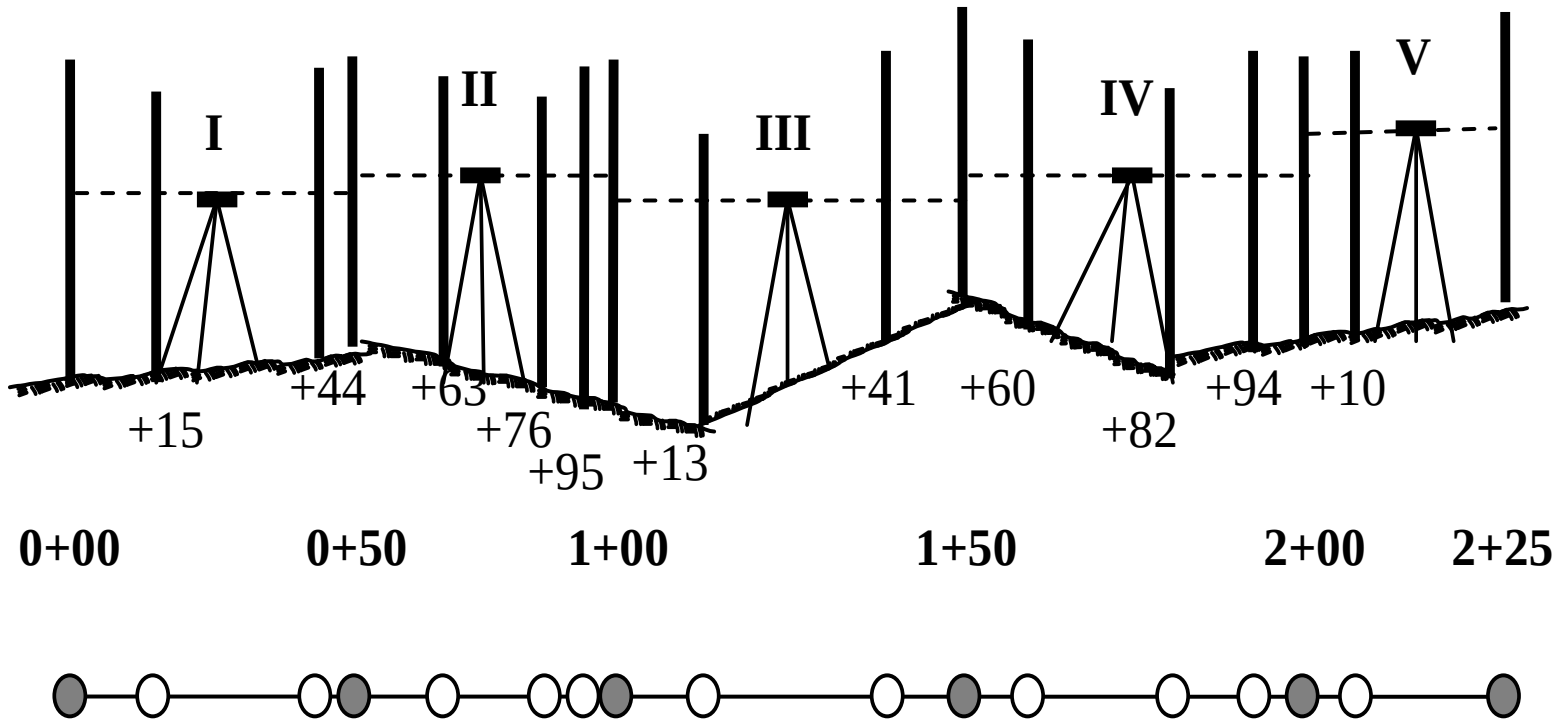
Bu işlemler boyunca profili çıkarılacak güzergah ekseninin son noktasına kadar tekrarlanır.



Şekil 9.5. Boyuna profil krokisi

Örnek olarak Şekil 9.5 'e ilişkin okumalar Çizelge 9.3 'deki boyuna profil nivelmanı çizelgesinde gösterilmiştir.

Çizelgedeki gözleme eksen yükseklikleri ve noktaların yükseklikleri daha önce açıklandığı gibi bulunur.



Şekil 9.5. Boyuna profil krokisi

Çizelge 9.3. Boyuna profil nivelmanı çizelgesi

Alet Durağı	Gözleme Noktaları	Mira Okumaları (m)			Gözleme Eksenî Yükseklikleri (m)	Noktaların Yükseklikleri (m)	Not
		Geri	Ara	İleri			
I	0+00	1.354		0.856	751.354	750.000	0+00 noktasının yüksekliği 750.000 m
	0+15		1.308			750.046	
	0+44		1.125			750.229	
	0+50					750.498	
II	0+50	1.352		1.688	751.850	750.413	
	0+63		1.437			750.264	
	0+76		1.586			750.213	
	0+95		1.637			750.162	
	1+00						
III	1+00	1.748		0.439	751.910	750.157	
	1+13		1.753			751.178	
	1+41		0.732			751.471	
	1+50						
IV	1+50	0.825		1.363	752.296	751.298	
	1+60		0.998			750.720	
	1+82		1.576			750.884	
	1+94		1.452			750.933	
	2+00						
V	2+00	1.835		1.436	752.768	751.425	2+25 noktasının yüksekliği 751.350 m olarak verilmiştir.
	2+10		1.343			751.332	
	2+25						
Toplam		7.114		5.782			
Fark		7.114 – 5.782 = 1.332 m			751.332 – 750.000 = 1.332 m		751.350 – 750.000 = 1.350 m
Gerçek Fark (Δ)		1.332 – 1.350 = –0.018 m = –18 mm					
İzin verilen hata		$f = 40 \times \sqrt{L} = 40 \times \sqrt{0.225} = 18.97 \text{ mm}$					