

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ORTAÖĞRETİM PROJESİ

HARİTA-TAPU-KADASTRO

**YOL APLİKASYONU
581MSP107**

Ankara, 2011

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

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	2
GİRİŞ	3
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	5
1. APLİKASYON HAZIRLIĞI	5
1.1. Noktaların Aplikasyonu	5
1.2. Açıların Aplikasyonu	6
1.3. Doğruların ve Somelerin Tespiti	8
1.3.1. Some Noktalarının Arazide Tespiti	9
UYGULAMA FAALİYETİ.....	11
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	12
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	13
2. YATAY KURPLARIN APLİKASYONU VE HESABI.....	13
2.1. Kurp Ana Noktalarının Aplikasyonu	13
2.1.1 Yatay Kurpların Hesabı.....	13
2.1.2. Yatay Kurpların Aplikasyonu	16
2.2. Kurp Ara Noktalarının Aplikasyonu	18
2.2.1. Dik Koordinat Metodu ile Ara Noktaların Aplikasyonu.....	18
2.2.2. Işınsal Metotla Ara Noktaların Aplikasyonu	22
2.3. Kurp Aplikasyonunda Özel Durumlar	26
2.4. Aplikasyon Hattının Sigortalanması	30
2.5. Aplikasyon Defterinin Tutulması.....	30
UYGULAMA FAALİYETİ.....	32
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	33
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	35
3. NİVELMAN.....	35
3.1. Boy Kesit Nivelmanı	36
3.1.1. Güzergâh Aplikasyonu ve Uzunluk Ölçümü	37
3.1.2. Boy Kesit Nivelmanı	38
3.2. En Kesit Nivelmanı	40
3.2.1. Nivelman Yolu ile En Kesit Alımı	40
3.2.2. Teodolit ile En Kesit Alımı	43
UYGULAMA FAALİYETİ.....	45
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	47
MODÜL DEĞERLENDİRME	49
CEVAP ANAHTARLARI.....	52
KAYNAKÇA	54

AÇIKLAMALAR

KOD	581MSP107
ALAN	Harita Tapu Kadastro
DAL/MESLEK	Haritacılık
MODÜLÜN ADI	Yol Aplikasyonu
MODÜLÜN TANIMI	Yol aplikasyonu ile ilgili işlemleri yapabilme becerisinin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Aplikasyon yapabilmek
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Arazi ortamında, gerekli araç gereç sağlandığında tekniğine uygun olarak aplikasyon ile ilgili işlemleri yapabileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Tekniğine uygun olarak aplikasyon hazırlığı yapabileceksiniz.2. Tekniğine uygun olarak yatay kurpların aplikasyonu ve hesabını yapabileceksiniz.3. Tekniğine uygun olarak nivelman yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Sınıf, arazi Donanım: Gönye, tribli desimetre, cetvel, gönye, çizim kalemleri, minkale, teodolit, jalon, işaret fişi, total station, hesap makinesi, nivo, mira, çelik şerit metre, nivelman klişesi
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Ülkelerin kalkınmasında kara yollarının çok büyük bir önemi vardır. Kara yollarının uzunluğu göz önünde bulundurulduğunda aplikasyonların ekonomik açıdan çok büyük katkıları görülecektir. Yol standartlarından ödün verilmeden aplikasyonların uygulanmalı ve yolların yapımına özen gösterilmelidir. Sizlerin de ileride çalışacağınız yol aplikasyonlarında teknik kurallara göre aplikasyon işlerini yapmanız büyük bir önem arz etmektedir.

Hazırlanan yol projesinin, yatay ve düşey güzergâhları ile kurp aplikasyonlarının kusursuz olarak aplikesi, kara yolunu kullanan sürücülerin can ve mal kaybını önlemede büyük önem arz etmektedir. Yol yapımındaki teknik kurallara göre aplikasyonu yapılmış olan güzergâh ve kurpların yol standartlarını sağlaması, yolu kullanan kişilere ayrıca konfor sunacaktır.

Bu modül sonunda edineceğiniz bilgi ve beceriler, harita alanında etüt paftası üzerinde hazırlanan yol projelerinin aplikasyon çalışması ve güzergâh araştırması işlerinin yapımında sizlere yardımcı olacaktır. Gelişen teknoloji ile birlikte yol projeleri, bilgisayar ortamında hazırlanmaktadır. Alacağınız bu modül hazırlanan yol projelerinin teknik kurallara uygun olarak aplikasyonunun yapılmasında size büyük kolaylıklar sağlayacaktır.



ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Tekniğine uygun olarak aplikasyon hazırlık çalışması yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Yol aplikasyonunun nasıl yapıldığını ana hatları ile araştırarak edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. APLİKASYON HAZIRLIĞI

Genel anlamda **aplikasyon**, koordinat, kot ve diğer gerekli tüm verileri belirli olan plan ve projelerin zemine uygulama ve işaretleme işlemidir. Bu işlem gerek klasik teodolitler kullanılarak gerekse elektronik teodolitler kullanılarak gerçekleştirilir.

Yol bilgisinde aplikasyon kavramı ise yapılması düşünülen yol ekseninin araziye uygulanması işidir.

Aplikasyon, some noktalarının tespiti, piketaj, nivelman ve en kesit alımı işlemlerinden oluşur.

Yol ekseninin aplikasyonu iki şekilde yapılır:

Etüt aplikasyonu:

Yapılan etüt haritası üzerinde kesin yol ekseni tespit edildikten sonra yapılan aplikasyona denir.

Doğrudan aplikasyon:

Bir yola ait etüt haritası alınmadan yapılan ve önemi az olan yollarda uygulanan aplikasyona denir. Klizimetre ile eğim götürülerek aliyman doğrultuları ve bu aliymanların kesişme noktaları (someler) tespit edilir. Arazinin topoğrafik durumuna uygun ve minimum kurp yarıçapından daha büyük olacak şekilde kurp yarıçapları seçilerek yol ekseni arazide işaret ve tesis edilir.

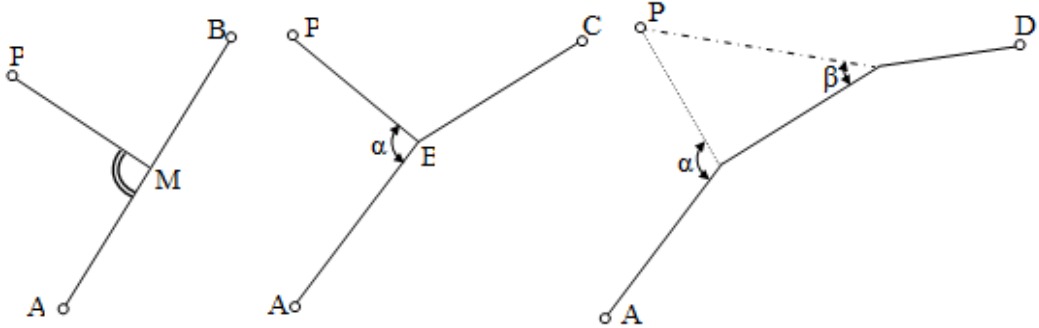
1.1. Noktaların Aplikasyonu

Noktaların aplikasyonu, şayet nokta haritada ve zeminde belli bir doğru üzerinde ise doğrudan doğruya uzunluk ölçülmesi ile aksi durumda dik koordinat veya polar koordinat sistemleriyle yapılır. Haritada ve zeminde belli bir doğru deyimi ile iki noktanın koordinatları belli bir doğru (Örneğin, bir poligon kenarı) kastedilmektedir. Ayrıca bu noktaları zeminde betonla veya diğer bir biçimde tespit edilmiş olmaları gerekir.

Zemine geçirilmesi istenen nokta böyle bir doğru üzerinde bulunuyor ise bu doğrunun bilinen bir noktasında, aplikasyonu yapılmak istenen noktaya kadar olan uzunluk plan üzerinden dikkatli olarak ölçülür. Kontrol amacıyla doğrunun diğer ucundan da aynı noktaya olan uzunluk ölçülüp bu iki ölçü, toplamı doğrunun belli olan uzunluğu ile karşılaştırılır. İki uzunluk arasındaki fark hata sınırı içinde kaldığı takdirde, her iki noktadan ölçülen uzunluklara bu farkın yarısı kadar düzeltme getirilir. Sonra arazi üzerinde, haritada ölçülen miktar kadar bir uzunluk ölçülerek noktanın yeri bulunur.

Nokta belli bir doğru üzerinde değil ise dik veya polar koordinat sistemleri yardımı ile zemine geçirilebilir. Dik koordinat sistemi uygulanacaksa projenin, araziye geçirilmek istenen P noktasından belli olan bir AB doğrusuna PM diki çizilir. MA ve PM uzunlukları proje üzerinden (yani haritadan) ölçülür. Arazide A'dan itibaren MA uzunluğu ölçülerek M noktasının yeri tespit edilir. Bu noktadan, istenen hassasiyete ve PM kenarının kısıklık ve uzunluğuna göre prizma ya da teodolit ile bir dik çıkılıp bu dik üzerinde PM uzunluğu ölçülerek P noktasının yeri belirtilir.

P noktasının yeri, polar koordinat sistemi yardımı ile belirtilmek isteniyorsa P noktasının koordinatları harita üzerinden mümkün olan hassasiyette okunur. Bu suretle elde edilen P noktasının koordinatları ve belli olan B noktasının koordinatları yardımı ile ikinci temel ödeve göre BP kenarı ve semti hesaplanır.



Şekil 1.1: Bir noktanın dik koordinatlarla aplikasyonu

Şekil 1.2: Bir noktanın polar koordinat yardımı ile aplikasyonu

Şekil 1.3: Bir noktanın polar koordinat yardımı ile kontrollü olarak aplikasyonu

Bulunan (BP) ve bilinen (BA) semt açıları farkından α açısı hesaplanır. (BA) semt açısı doğrudan doğruya verilmemiş ise A ve B noktalarının koordinatlar yardımı ile ve yine ikinci temel ödeve göre hesaplanabilir.

P noktasının yeri kontrollü olarak bulunmak istenirse C gibi başka bir noktadan da β açısı ve PC kenarları hesaplanarak B ve C noktalarına ayrı ayrı iki kere aplikasyon yapılır.

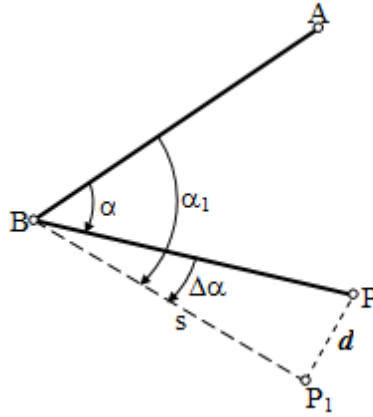
1.2. Açıların Aplikasyonu

Herhangi bir AB doğrusunun B noktasından AB doğrusu ile α gibi bir açı oluşturan BP doğrusunun aplikasyonu isteniyor ise (Şekil 1.4) teodolit önce B noktası üzerine kurulup A noktasına bakılır ve dürbün α açısı kadar döndürüldükten sonra P_1 noktası belirlenir. Bu

şekilde applike edilen $ABP_1 = \alpha_1$ açısı, kontrol için dikkatli olarak yeniden iki silsile şeklinde ölçülür. Ölçülen α_1 açısı verilen α açısına eşit değilse aradaki fark, aplikasyonda yapılmış olan hata,

$$\alpha_1 - \alpha = \Delta\alpha \quad \text{dır.}$$

Hata, kabul edilebilen sınırlar içinde ise düzeltilir. Daha fazla ise aplikasyon tekrarlanır.



Şekil 1.4: Bir açının aplikasyonu

Aplikasyonu yapılmış α_1 açısını $\Delta\alpha$ kadar düzeltmek için P_1 noktası $\Delta\alpha$ açısı yardımıyla hesaplanan d düzeltme miktarı kadar BP_1 doğrusuna dik olarak kaydırılır. Sinüs teoremi yardımıyla,

$$\frac{\sin \Delta\alpha}{d} = \frac{\sin 100^g}{BP} \quad \text{yazılabilir.}$$

BPP_1 üçgeni çok küçük açılı dar bir üçgen olduğundan $BP \cong BP_1 = s$ alınabilir, $\sin 100^g = 1$ 'dir. Bunları yukarıdaki formülde yerine koyarsak

$$d = s \cdot \sin \Delta\alpha \quad \text{olur.}$$

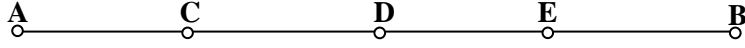
$\Delta\alpha$ açısı küçük bir açı olduğundan

$$\sin \Delta\alpha = \frac{\Delta\alpha}{p} \quad \text{yazılabilir.}$$

Bu değeri $d = s \cdot \sin \Delta\alpha$ formülünde yerine koyarsak

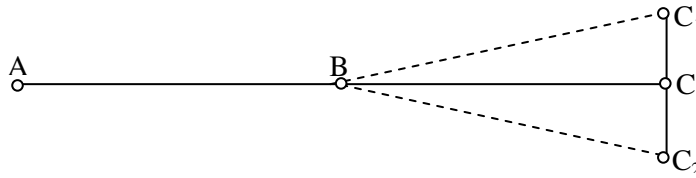
$$d = \frac{\Delta\alpha}{p} \cdot s \quad \text{kesin formülü bulunur.}$$

B ve P_1 noktaları arasındaki s uzunluğu çelik şerit metre veya optik olarak arazide ölçülebilir. Düzeltme miktarı d hesaplandıktan sonra arazide P_1 noktasından BP_1 doğrusuna



Şekil 1.6: Aliyman ara noktalarının teodolit yardımı ile aplikasyonu

Bir doğrunun uzantısının aplikasyonu Şekil 1.7’de görüldüğü gibi A noktasına alet kurularak tespit edilecekse bu durumda dürbün B noktasına yöneltilir. Düşey genel hareket vidası çözülüp düşey kıldan yararlanarak işaret verilmek sureti ile istenen uzaklıktaki C noktası aplik edilir.



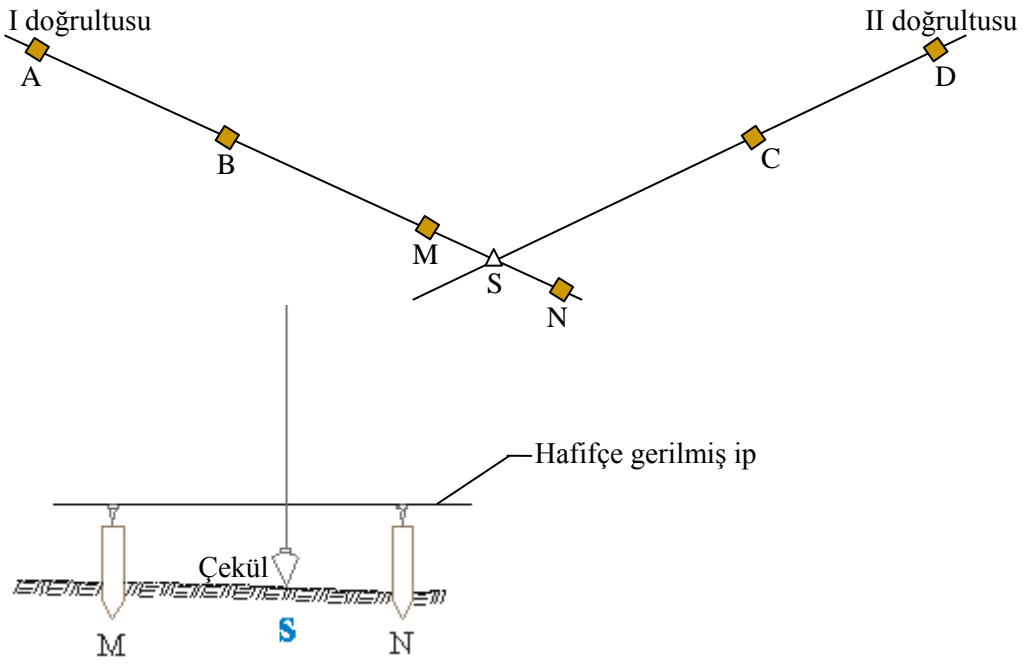
Şekil 1.7: Bir doğrunun uzantısının aplikasyonu

Uzantının B noktasına alet kurularak tespiti gerekiyorsa bu durumda dürbün A noktasına yöneltilir ve yatay hareket vidası sıkıştırılır. Dürbüne takla atırılıp C₁ noktası işaretlenir. Alette olabilecek optik eksen hatasını (*kolimasyon hatası*) önlemek amacı ile ikinci dürbün durumunda da A noktasına bakılır. Yatay hareket vidası sıkıştırılarak dürbüne takla atırılır ve C₂ noktası işaretlenir. C₁ ve C₂ noktaları birbirleri üzerinde çakışmazsa AB doğrusunun uzantısı C₁ ve C₂ noktalarını birleştiren doğrunun ortasıdır.

Aliyman doğrultularının aplikasyonu yapıldıktan sonra bu doğruların kesişme noktası olan some noktalarının aplikasyonu yapılır.

1.3.1. Some Noktalarının Arazide Tespiti

Aliyman doğrultularına ait noktalar A, B, C ve D olsun. Aletimizi A noktasına kurarak B noktasına tutulan çeküle düşey kıl tatbik edilir. Jalon yardımı ile AB ve CD doğrularının kesişme noktası bulunur. AB doğrultusunda olmak üzere, A noktasındaki aletle doğrultu verilerek somenin yaklaşık yerinden 50 cm geriye ve 50 cm ileriye M ve N noktalarına uçları yerden 15-20 cm yukarıda kalacak şekilde 2 kazık çakılır. Bu kazıklar üzerine aletle yön verilerek iki tane çivi çakılır. Bu iki çivi arasına ince bir ip gerilir. D noktasına kurulmuş olan aletle doğrultu verilerek MN arasındaki ipe hafifçe degecek şekilde tutulan çekül sağa veya sola hareket ettirilir. Çekülün ipi teodolitin düşey kılına gelince some noktası tespit edilmiş olur. Bu noktaya kazık ve onun üzerine de çivi çakılmak sureti ile nokta tespit edilmiş olur.



Şekil 1.8: Some noktasının aplikasyonu

UYGULAMA FAALİYETİ

- Yol güzergâh haritası üzerinde ve arazide yola ait aplikasyon çalışmaları yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Poligonlardan yararlanarak aliyman doğrultusunu tespit ediniz.	➤ Büroda harita üzerindeki poligonlardan yararlanarak gönyeler yardımı ile diklerin çıkıldığını hatırlayınız.
➤ Poligonlardan yararlanarak proje üzerindeki aliymanların araziye aplikasyonunu yapınız.	➤ Noktalar arası mesafe uzak ise bunların arasına 300 m aralıklarla kazıkların çakılarak noktaların sıklaştırıldığını unutmayınız.
➤ Kesişen aliyman noktalarını arazide işaretleyiniz.	➤ Some noktalarının arazide tespiti konusunda yararlanınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Poligonlardan yararlanarak aliyman doğrultusunu tespit ettiniz mi?		
2. Poligonlardan yararlanarak proje üzerindeki aliymanların araziye aplikasyonunu yaptınız mı?		
3. Kesişen aliyman noktalarını arazide işaretlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Koordinat, kot ve diğer gerekli tüm verileri belirli olan plan ve projelerin zemine uygulama ve işaretleme işleminedenir.
A) Etüt
B) Aplikasyon
C) İstikşaf
D) Proje
2. Yapılan etüt haritası üzerinde kesin yol eksenini tespit edildikten sonra yapılan aplikasyona aplikasyonu denir.
A) Etüt
B) Doğrudan
C) Açılar
D) Noktaların
3. Bir yola ait etüt haritası alınmadan yapılan ve önemi az olan yollarda uygulanan aplikasyona..... aplikasyon denir.
A) Etüt
B) Doğrudan
C) Açılar
D) Noktaların
4. Nokta haritada ve zeminde belli bir doğru üzerinde değil ise koordinat veya koordinat sistemleri yardımı ile zemine geçirilebilir.
A) Polar, dik
B) Doğrudan, dolaylı
C) Dik, polar
D) Yatay, dik
5. Doğruların ve somelerin tespitinde her aliyman doğrultusunun tespit edilmesi ve kontrolünün yapılabilmesi için en az poligondan dik çıkarılır.
A) Üç
B) Dört
C) İki
D) Beş
6. Aliymanlara ait ana noktalar üzerine arazide kazık çakılarak tespit edilen bu noktalara denir.
A) Kurp üstü noktalar
B) Aliyman altı noktalar
C) Kurp altı noktalar
D) Aliyman üstü noktalar

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Tekniğine uygun olarak yatay kurpların aplikasyonunu ve hesabını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Yatay kurpların aplikasyonunun ve hesabının nasıl yapıldığını araştırınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

2. YATAY KURPLARIN APLİKASYONU VE HESABI

Bir kurbun aplikasyonu, o kurbun üzerindeki ardışık iki nokta arasındaki yay parçasını bir doğru olarak kabul edilebilecek sıklıkta, eğri noktalarının zeminde belirlenmesi ve tesisi demektir.

2.1. Kurp Ana Noktalarının Aplikasyonu

Kurp ana noktaları şu birimlerden oluşmaktadır:

- Teğet doğrularının kesiştiği some noktası (S),
- Kurbun merkezi (O),
- Teğet uzunluğu (T),
- Φ ve T noktaları arasındaki yay uzunluğu (developman boyu),
- Teğetlerin daire yayına değdiği ve gidiş yönüne göre kurbun başladığı tanjant orijin noktası (Φ),
- Kurbun bittiği tanjant final noktası (T),
- Φ ve T noktaları arasındaki daire yayının orta noktası olan bisektris noktası (B_s) dir.

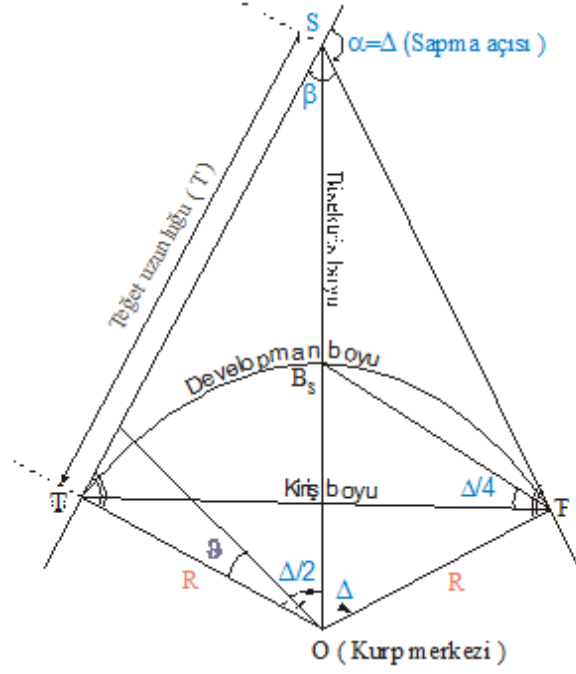
2.1.1 Yatay Kurpların Hesabı

Kurp ana noktalarının aplikasyonunun yapılabilmesi için kurp elemanlarının tespiti ve hesabı gerekir. **Kurp elemanları** şunlardır:

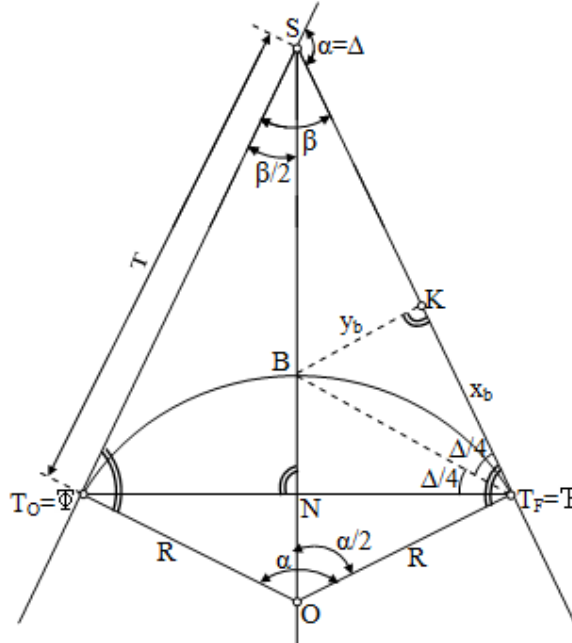
Kurp yarıçapı (R), sapma açısı (Δ), teğet boyu (T), developman boyu (D), bisektris boyu (BS), giriş boyu (ΦT).

Kurp yarıçapı kesin güzergâhın tayini sırasında tespit edilmiş ve sapma açısı da some noktasının tespitinden sonra ölçülmüş olduğundan bunlar yardımcı ile diğer kurp elemanları hesaplanır.

Kurp ana noktaları aplikasyon değerlerinin hesabı, R yarıçapı ve Δ sapma açısı yardımı ile yapılır (Şekil 2.2).



Şekil 2.1: Kurp ana noktaları



Şekil 2.2: Kurp ana noktaları hesabında kullanılacak değerler

Yukarıdaki şekle göre karp ana elemanları hesabında kullanılacak bağıntılar şu şekilde çıkarılabilir:

$$\text{Teğet uzunlukları : } T = R.tg \frac{\Delta}{2} \quad (1)$$

Developman boyu (\mathbb{T} ve \mathbb{F} noktaları arasındaki yay uzunluğu)

$$D = \Delta. \frac{2.\pi.R}{360^\circ} = \Delta. \frac{2.\pi.R}{400^s} \quad (2)$$

olarak düşünülür ve bu değer sadeleştirilirse grad cinsinden developman boyu

$$D = \Delta. \frac{R.\pi}{200} \quad \text{elde edilir.} \quad (3)$$

Bisektris uzunluğu (BS uzunluğu):

$$\overline{BS} = \overline{OS} - R \quad (4)$$

\overline{OS} uzunluğunu elde etmek için $OS\mathbb{F}$ üçgeninde O karp merkezindeki $\frac{\Delta}{2}$ açısının cosinüs fonksiyonunu yazarsak

$$\text{Cos} \frac{\Delta}{2} = \frac{R}{OS} \quad \text{ve}$$

$$OS = \frac{R}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} = R. \frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} \quad \text{olduğundan} \quad (5)$$

$$BS = R. \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) \quad \text{veya} \quad BS = R. \left(\text{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \quad (6)$$

formülleri ile hesaplanır.

Daha önce de bahsedildiği üzere bir noktanın yol güzergâhının başlangıcından itibaren olan mesafesine o **noktanın kilometresi** denir ve S_{km} , B_{km} şeklinde yazılır. Bu bilgiler ışığında kilometresi bilinen bir noktadan faydalanarak diğer noktaların kilometresi hesaplanacaksa aşağıdaki yollar takip edilebilir.

$$\mathbb{T}_{km} = S_{km} - T \quad (7)$$

$$B_{km} = \frac{D}{2} + \mathbb{T}_{km} \quad (8)$$

$$\mathbb{T}_{km} = D + \mathbb{T}_{km} \quad (9)$$

2.1.2. Yatay Kurpların Aplikasyonu

S (some) noktasına kurulan teodolit veya elektronik teodolit \mathbb{T} noktasına yöneltilir ve yatay açı tablası 0° a bağlanır.

Bu doğrultu üzerinde T uzunluğu kadar alınıp \mathbb{T} noktası işaretlenir. Bu işaret genellikle 5x5x20 cm boyutundaki kazıktır.

Bu kazığın aplikasyon doğrultusuna göre sol tarafta 20-30 cm uzağına \mathbb{T} noktasının kilometresi yazılı olan ve eğik şekilde bir yazı kazığı çakılır (Şekil 2.3).

Daha sonra alet \mathbb{T} doğrultusuna yöneltilir, T teğet uzunluğu kadar alınarak \mathbb{T} noktası bulunur ve bu noktaya kazık çakılır.

Bu yöneltme işlemi some noktasında \mathbb{T} 'dan itibaren $200^\circ + \Delta$ açısı kadardır. Buradaki Δ açısı proje aşamasında belirlenmiş kurp sapma açısıdır.

Kurp orta noktası olan B_s (bisektris) noktası ise kutupsal veya dik koordinat yöntemlerine göre applike edilebilir.

B noktasının kutupsal (açı ve mesafe ile) koordinat yöntemine göre aplikasyonu some noktasına kurulmuş olan aletin \mathbb{T} teğetine göre $\beta/2$ kadar çevrilmesi ve $BS = OS - R$ formülü yardımı ile bulunan BS uzunluğu kadar alınması ile yapılır.

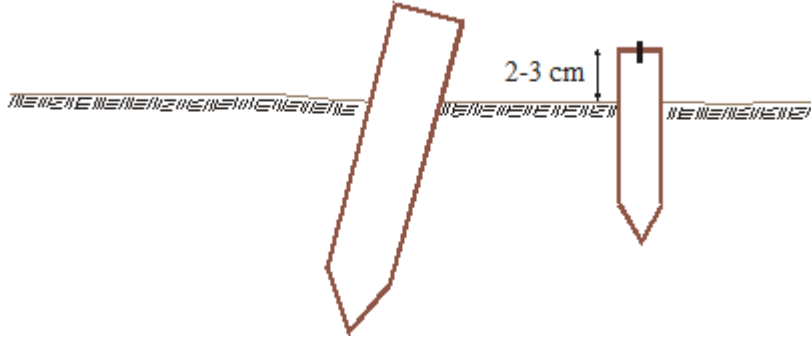
B noktasının dik koordinat yöntemine göre aplikasyonu ise $\mathbb{T}S$ teğeti apsis (x) eksenini kabul edilerek KB ve $\mathbb{T}K$ uzunlukları yardımı ile yapılır. Bu koordinatlar,

$$KB = BN = R - ON \quad (10)$$

$$ON = R \cdot \cos \frac{\Delta}{2} \quad \text{eşitlikleri yardımı ile} \quad (11)$$

$$y_b = KB = BN = R \cdot (1 - \cos \frac{\Delta}{2}) = 2R \cdot \sin^2 \frac{\Delta}{4} \quad (12)$$

$$x_b = \mathbb{T}K = \mathbb{T}N = R \cdot \sin \frac{\Delta}{2} \quad \text{formülleri ile hesaplanabilir.} \quad (13)$$



Şekil 2.3: Kurp noktalarının aplikasyon kazıklarının çakılması

Örnek 2.1:

Some noktasının kilometresi $S_{km} = 0+230,84$ m, sapma açısı $\Delta = 65,1489^g$ ve yarıçapı 250 m olan bir kurbun;

- Kurp ana noktaları aplikasyon değerlerini,
- \mathbb{T} , B ve \mathbb{F} noktalarının kilometrelerini,
- B noktasının dik koordinatlarını hesaplayınız.

Çözüm 2.1:

$$\text{a. Teğet uzunlukları : } T = R \cdot \text{tg} \frac{\Delta}{2} = 250 \cdot \text{tg} \left(\frac{65,1489}{2} \right) = 140,39 \text{ m}$$

$$\text{Developman boyu : } D = \Delta \cdot \frac{R \cdot \pi}{200} = 65,1489 \cdot \frac{250 \cdot 3,14}{200} = 255,84 \text{ m}$$

$$\text{Bisektris uzunluğu (BS uzunluğu) : } BS = R \cdot \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) = 36,72 \text{ m}$$

$$\text{b. } \mathbb{T}_{km} = S_{km} - T = 0+230,84 \text{ m} - 140,39 \text{ m} = (0+ 90,45) \text{ km}$$

$$B_{km} = \frac{D}{2} + \mathbb{T}_{km} = (0+ 90,45 \text{ m}) + \frac{255,84}{2} = (0+ 218,37) \text{ km}$$

$$\mathbb{F}_{km} = D + \mathbb{T}_{km} = (0+ 90,45 \text{ m}) + 255,84 \text{ m} = (0+ 346,29) \text{ km}$$

$$\text{c. } y_b = KB = BN = R \cdot (1 - \text{Cos} \frac{\Delta}{2}) = 2R \cdot \text{Sin}^2 \frac{\Delta}{4} = 32,02 \text{ m}$$

$$x_b = \mathbb{F}K = \mathbb{F}N = R \cdot \text{Cos} \frac{\Delta}{4} = 241,86 \text{ m}$$

2.2. Kurp Ara Noktalarının Aplikasyonu

Kurp ana noktalarının aplikasyonu ile kurbun başı, ortası ve sonu belirlenmiş olur. Ancak bir eğrinin bu üç nokta ile belirli olduğunu söylemek yanlıştır. Bunlar dışında kurp üzerinde başka noktaların da belirlenmesi gerekir. İşte bu noktalara **kurp ara noktaları** denir.

Ara noktaların aplikasyonunda en önemli husus nokta sıklığıdır. Gereğinden az nokta, eğriyi belirlemeye yetmez. Bunun yanı sıra fazla nokta da gereğinden fazla zaman ve emek kaybına neden olur.

Bir kurbu belirlemek için gerekli olan nokta sıklığı yapılan işe göre değişir. Örneğin, bir demir yolu kurbundaki nokta sıklığı ile 2. derecedeki kara yolundaki nokta sıklığı aynı değildir.

Bir kurbun aplikasyonunda normal bir hassasiyet düşünüldüğünde bu sıklık kurp yarıçapına göre genellikle Tablo 1.1’de gösterilen şekliyle alınabilir.

R (Yarıçap) (..... m’ye kadar)	Ara nokta aplikasyonu (.... m ’de bir)
60	5
120	10
180	15
250	20
350	25
450	30
600	40
>600	50

Tablo 2.1: R yarıçapına göre kurp ara noktaları arasındaki mesafe

Kurp ara noktaları iki şekilde applike edilir:

- Dik koordinat metodu
- Kutupsal koordinat metodu

2.2.1. Dik Koordinat Metodu ile Ara Noktaların Aplikasyonu

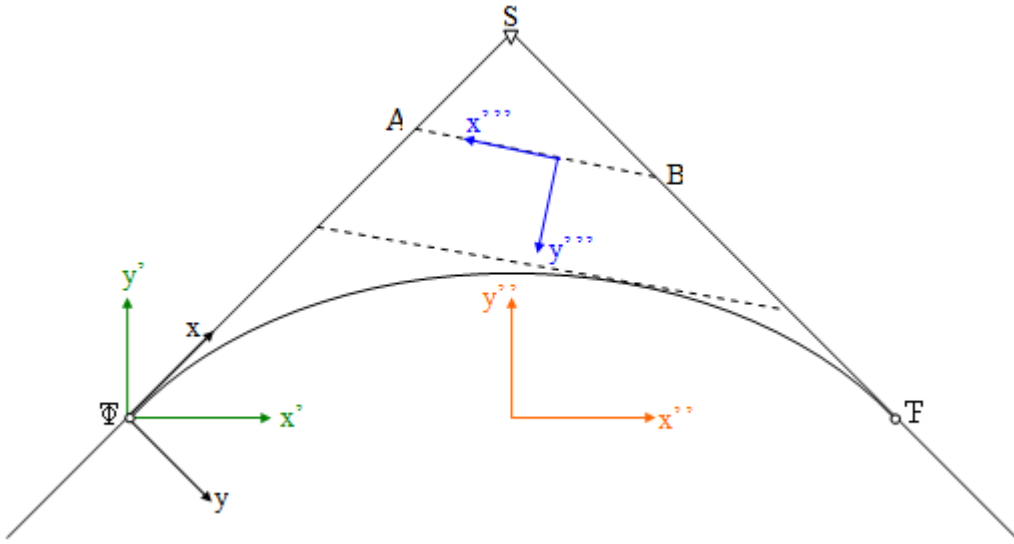
Dik koordinat yönteminde uygulanabilecek koordinat sistemleri (Şekil 2.4) şu şekildedir:

- Ana teğetin x eksenini ve \mathbb{T} veya \mathbb{T} noktasının başlangıç olarak alınması (x, y)
- \mathbb{T} \mathbb{T} kirişinin x eksenini olarak alınması
- \mathbb{T} noktasının başlangıç olarak alınması (x' , y')
- Kiriş orta noktasının başlangıç olarak alınması (x'' , y'')
- AB eksenini veya ona paralel teğetin x eksenini olarak alınması (x''' , y''')

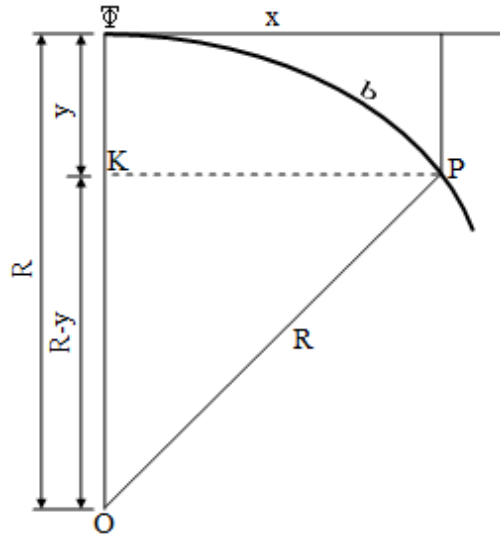
Kurbun aplikasyonu kurbun başlangıcından (Φ) ortaya kadar diğer yarı kısmı da karp finalinden (Γ) geriye doğru yapılır.

Buna göre ana teğetin x eksenini ve Φ noktasının başlangıç olarak alınması metodunun esası Şekil 2.5'te görüldüğü gibi teğet noktasından itibaren alınan bir "x" apsisine karşılık "y" ordinatı OPK üçgenine göre,

$$y = R - (R - y) \text{ dir.}$$



Şekil 2.4: Dik koordinat sistemi olarak kullanılabilir eksenler



Şekil 2.5: Dik koordinat yöntemi ile karp ara noktalarının aplikasyonu

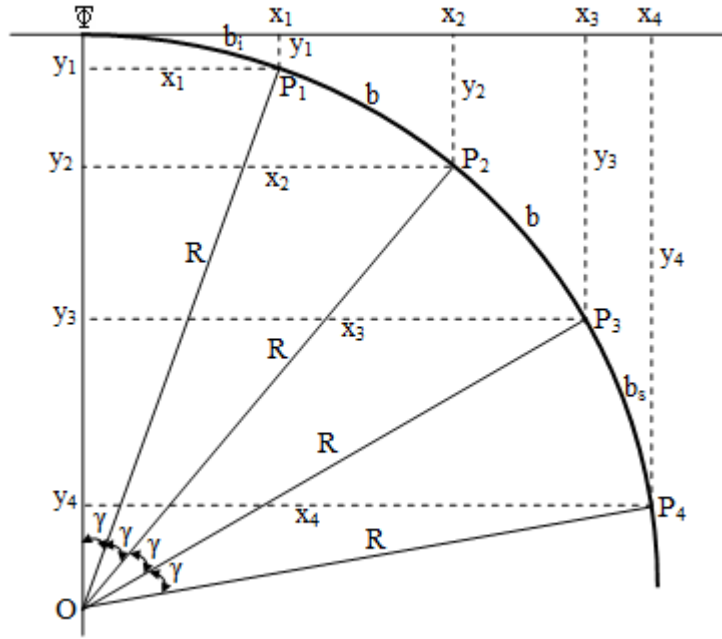
Buradaki $(R-y)$ değeri ise OPK üçgeninde pisagor teoremine göre,

$$(R - y)^2 + x^2 = R^2 \quad \text{olur.} \quad (15)$$

$$(R - y) = \sqrt{R^2 - x^2} \quad \text{değeri elde edilir.} \quad (16)$$

Bu değer $y = R - (R - y)$ formülünde yerine yazılırsa

$$y = R - (R - y) = R - \sqrt{R^2 - x^2} \quad \text{elde edilir.} \quad (17)$$



Şekil 2.6: Ana teğetin x eksenini ve T veya F noktasının başlangıç olarak alınması

Ana teğetin x eksenini ve T veya F noktasının başlangıç olarak alınması dik koordinat yöntemi ile kurp aplikasyonunun önemli bir halkasını oluşturur. Bu bakımdan burada sözü edilen yöntem açıklanacaktır.

Kurbun başlangıcı ve sonunda kesirli yay boylarının bulunması durumu karşılaşılabilecek en genel durumdur (Şekil 2.6). Bu durumda önce 1 m'ye karşılık gelen merkez açısı,

$$\gamma_{1m} = \frac{\rho}{R} \quad \text{formülü ile hesaplanır. Yay uzunlukları,} \quad (18)$$

$$\rho = \frac{200}{\pi}$$

$$T1 = b_1$$

$$T2 = b_1 + b = b_2$$

$$T3 = b_1 + 2b = b_3$$

$$\mathbb{T}_n = b_f + (n - 2) \cdot b + b_s = b_n \quad (19)$$

ile gösterilirse bu yayları gören merkez açıları,

$$\gamma_1 = \gamma_{1m} \cdot b_f$$

$$\gamma_2 = \gamma_{1m} \cdot b_2$$

$$\gamma_n = \gamma_{1m} \cdot b \quad \text{eşitlikleri ile hesaplanır.} \quad (20)$$

Dik koordinatlar bu açıları yardımıyla;

$$x_1 = R \cdot \sin \gamma_1$$

$$x_2 = R \cdot \sin \gamma_2$$

$$x_n = R \cdot \sin \gamma_n \quad (21)$$

$$y_1 = R \cdot (1 - \cos \gamma_1) = 2 \cdot R \cdot \sin^2 \frac{\gamma_1}{2}$$

$$y_2 = R \cdot (1 - \cos \gamma_2) = 2 \cdot R \cdot \sin^2 \frac{\gamma_2}{2}$$

$$y_n = R \cdot (1 - \cos \gamma_n) = 2 \cdot R \cdot \sin^2 \frac{\gamma_n}{2} \quad (22)$$

formülleri ile hesaplanır. Aplikasyon için hesaplanan x değerleri \mathbb{T} S doğrultusunda alınarak işaretlenir. Bu noktalardan hesaplanan y değerleri kadar dikler çıkılarak kurba ait ara noktalar elde edilir. Bisektresten önceki noktalar \mathbb{T} tarafındaki aliymandan, sonraki noktalar da \mathbb{T} tarafındaki aliymandan aplikasyonu yapılacak şekilde hesaplanır.

Örnek 2.2:

Kurp ana noktalarının aplikasyonu kısmında çözülen örneğimizi (Örnek 1.1) ele alırsak bu kurpta 30 m aralıklarla ara noktaların aplikasyonunun (dik koordinat yöntemine göre) yapılması isteniyor. Buna göre verilerin ve istenenlerin aynı anda görülebildiği bir çizelge üzerinde çözümünü yapınız (R=250 m, \mathbb{T} km=0+090,45 m, B km=0+218,37 m, \mathbb{T} km= 0+346,29 m).

Çözüm 2.2:

Öncelikle bu kurpta 1 m'ye karşılık gelen merkez açı değerini bulmamız gerekiyor.

Not: Burada ρ (ro) olarak grad cinsinden $\frac{200}{\pi}$ işleminin sonucunun alındığı unutulmamalıdır.

($\rho = 63,66197724$ olup $63,6620$ olarak alınabilir.)

$$\gamma_{1m} = \frac{\rho}{R} = \frac{63,6620}{250} = 0,254648$$

Bu değer elde edildikten sonra noktaların adlarının, kilometrelerinin, b yay uzunluklarının, γ_i merkez açıları ile y ve x değerlerinin bulunduğu bir klişe çizilir. Bu klişenin kilometre kısmına istenen aralıktaki ara nokta kilometreleri fazla kısmı yuvarlanarak yazılır. Bu kilometrelerin hepsi baştaki kilometreden çıkartılarak b_i değerleri elde edilir. $\gamma_i = \gamma_{1m} \cdot b_i$ formülünden merkez açıları hesaplanır. Bu açılara göre x ve y değerleri formül gereği hesaplanır.

Nokta adı	Kilometre	b_i	γ_i	$X= R \cdot \sin \gamma_i$	$Y=R \cdot (1-\cos \gamma_i)$
Ⓣ	0+090,45	0,00	0,00	0,00	0,00
	0+120,00	29,55	7,52	29,46	1,74
	0+150,00	59,55	15,16	58,97	7,05
	0+180,00	89,55	22,80	87,63	15,86
	0+210,00	119,55	30,44	115,03	28,04
B	0+218,37	127,92	32,57	122,40	32,01
Ⓣ	0+346,29	0,00	0,00	0,00	0,00
	0+316,00	30,29	7,71	30,20	1,83
	0+286,00	60,29	15,35	59,70	7,23
	0+256,00	90,29	22,99	88,33	16,13
	0+226,00	120,29	30,63	115,70	28,38
B	0+218,37	127,92	32,57	122,40	32,01

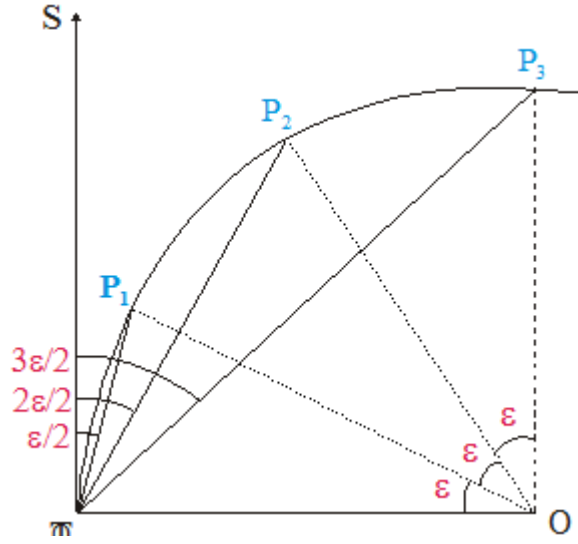
Tablo 2.2: Örnek 2.2'ye ait tablo

2.2.2. Işınsal Metotla Ara Noktaların Aplikasyonu

Kurbun ara noktalarının kutupsal koordinat metodu ile aplikasyonunda, aplikasyon elemanı olarak açılı kullanılacağı için aksi istenmedikçe noktalar eşit aralıklarla kurba yayılır.

Bir çemberde aynı yayı gören çevre açısı, merkez açının yarısına eşittir prensibinden faydalanılarak aplikasyonun açılı elemanı bulunur.

Uzunluk elemanı ise aşağıdaki bağıntıdan elde edilir.



Şekil 2.7: Kutupsal koordinat yöntemi ile ara noktaların aplikasyonu

$$\Phi P_1 = 2.R.\sin \frac{\varepsilon}{2} \quad , \quad \Phi P_2 = 2.R.\sin \frac{2\varepsilon}{2} \quad \Phi P_n = 2.R.\sin \frac{n\varepsilon}{2} \quad (23)$$

Daha önceden tespit edilmiş olan Φ veya Γ noktalarından birine, genellikle de Φ ya takeometre veya teodolit merkezlendirilir. Some noktasına bakılarak yatay açı tablası 0^s (sıfır grad) a bağlanır. Hesaplanan açı kadar çevrilip gerekli mesafe kadar mesafe ölçülerek istenen noktalar işaretlenir.

Kutupsal koordinat yöntemine göre nokta aplikasyonunun temeli **açı** ve **mesafe** sistemine dayalıdır.

Eğer kurbun başlangıç noktasının (Φ) kilometresi yuvarlak bir değer değilse kurbun üzerindeki ilk noktanın kilometresi yuvarlak bir değer olacak şekilde bir yay boyu seçilir. Bundan sonraki yay boyları da yuvarlak değerler olarak alınır. Buna göre kurbun başlangıcı, kurbun ilk ara noktası, son ara noktası ile kurbun bitiş noktası arasında kalan yaylar, diğer ara noktalar arasında kalan yaylardan farklı uzunlukta olur. Bundan dolayı ilk ve son yaylar ile ara yaylardan biri için gerekli hesaplamalar yapılarak merkez açıları bulunur. Aplikasyon elemanı olarak teğet giriş açısı kullanıldığından hesaplamalarda merkez açıların yarı değerleri kullanılır. Ayrıca bu açıların yardımı ile girişler de yukarıdaki bağıntıdan bulunur.

Başlangıç noktasına göre giriş uzunlukları hesaplanmadan aplikasyon yapılıyorsa bisektrise ait aplikasyon elemanlarının hesaplanması zorunluluğu vardır. Çünkü bu durumda bisektrise kadar kontrol yapma imkânı yoktur.

Bu yöntemle noktaların aplikasyonu için öncelikle 1 m'ye karşılık gelen çevre açı değeri olan α_{1m} hesaplanmalıdır.

$$\alpha_{1m} = \frac{\rho}{2R} \quad (24)$$

$l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ yaylarını gören çevre açılar $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n$ ile gösterilirse bu açılar,

$$\varepsilon_1 = \frac{\rho}{2R} \cdot l_1 = \alpha_{1m} \cdot l_1$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 + \alpha = \frac{\rho}{2R} (l_1 + l) = \alpha_{1m} \cdot (l_1 + l)$$

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 + \alpha = \frac{\rho}{2R} (l_1 + 2l) = \alpha_{1m} \cdot (l_1 + 2l)$$

$$\varepsilon_n = \alpha_{1m} \cdot l_n \quad \text{şeklinde hesaplanmaktadır.} \quad (25)$$

Örnek 2.3:

Kurpların dik koordinat yöntemine göre uygulasyonu konusunda çözmüş olduğumuz örneği (Örnek 2.2) bu kez kutupsal koordinat yöntemine göre uygulama elemanları isteniyor.

Çözüm 2.3:

Öncelikle 1 metreye karşılık gelen çevre açısı değeri hesaplanmalıdır.

Buradaki ρ (ro) değerinin grad açı biriminde, $\rho = \frac{200}{\pi}$ şeklinde bulunduğunu hatırlayalım. Buna göre

$$\alpha_{1m} = \frac{\rho}{2R} = \frac{63,66197724}{2 \cdot (250)} = 0,1273239545$$

Bu değer, kullandığımız hesap makinelerimizin hafızasına sürekli kullanılacağı için kaydedilir. Kurp yayı üzerinde 30 m aralıklarla istenen noktaların kutupsal koordinat yöntemine göre uygulama değerleri aşağıdaki gibi bir tablo ile rahatlıkla bulunabilir.

Tablomuzdaki l_i değeri bir sonraki kilometreden bir öncekinin çıkarılması ile elde edilir. ε_i çevre açısı değerleri de bulunan l_i ler ile α_{1m} nin çarpımıdır. Alet kurulan \mathbb{T} noktası ile uygulama noktası arasındaki mesafe olan $\mathbb{T}P_i$, tablodaki formülden de görüleceği üzere $2 \cdot R \cdot \sin \varepsilon_i$ çarpımının sonucudur.

N.N	Kilometre	l_i	$\varepsilon_i = \alpha_{lm} \cdot l_i$	$T_o P_i = 2R \sin \varepsilon_i$
Ⓕ	0+090,45	0,00	0,0000	0,00
	0+120,00	29,55	3,7624	29,53
	0+150,00	59,55	7,5821	59,41
	0+180,00	89,55	11,40	89,07
	0+210,00	119,55	15,2216	118,41
B	0+218,37	127,92	16,2873	126,53
	0+226,00	135,55	17,2588	133,90
	0+256,00	165,55	21,0785	162,54
	0+286,00	195,55	24,8982	190,60
	0+316,00	225,55	28,7179	217,98
F	0+346,29	255,84	32,5746	244,82

Tablo 2.3: Örnek 2.3'e ait tablo

Kontrol : $\varepsilon_n = \Delta / 2 \Rightarrow \Delta = 2 \cdot \varepsilon_n = 2 \cdot (32,5746) = 65,1492$

Verilen $\Delta = 65,1489$ olduğuna göre işlemimiz doğrudur (Örnek 1.1).

Kurp ara noktaları genellikle bu yöntemle aplike edilir. Bu yöntemde çevre açının merkez açının yarısına eşit olması ilkesinden yararlanılır.

Aplikasyon için önce α_{lm} bağıntısından 1 m' lik yayı gören çevre açısı hesaplanır.

Daha sonra kurbun başlangıç kilometresi yuvarlak olmadığından aplike edilecek ilk noktanın kilometresi (kilometraji) yuvarlak bir değer olacak şekilde l_i yay boyu bulunur.

Kurp yarıçapına bağlı olarak daha önce verilen ara nokta sıklığına göre ε_i formülleri kullanılarak some noktasından itibaren tatbik edilecek açılar hesaplanır. Hesap kontrolü için $\varepsilon_n = \Delta / 2$ kullanılabilir.

Teodolit veya elektronik takeometre Ⓕ noktasına kurulur, dürbün some doğrultusuna sıfır grad ile yöneltilir, dürbün hesaplanan ε_1 açısı kadar çevrilir ve ⒻP₁ kadar mesafe ölçülerek P₁ noktası işaretlenir.

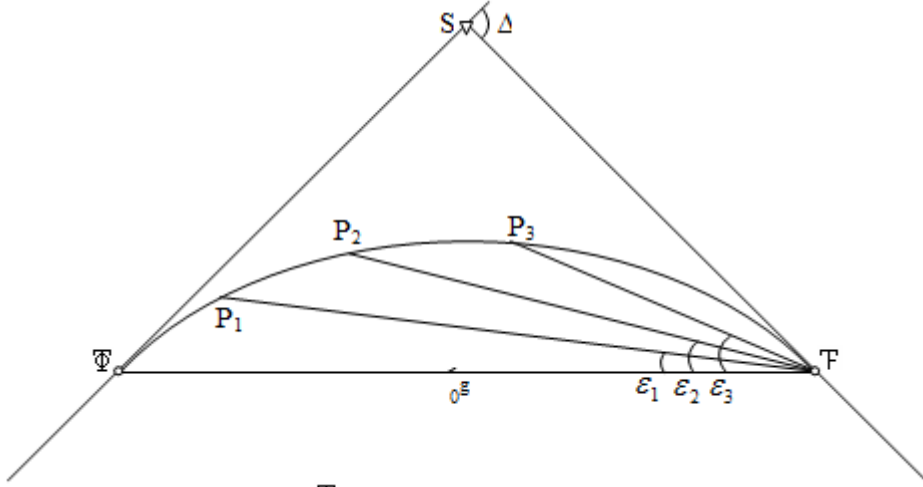
Alet ε_2 kadar çevrilerek ⒻP₂ kadar mesafe çekilmek sureti ile P₂ noktası da işaretlenir. Böylece F noktasına kadar açı doğrultusu ve mesafeler ile kurbun ara noktaları aplike edilmiş olur.

Bu durumda F noktasının açısı $\Delta / 2$ kadar olmalıdır.

2.3. Kurp Aplikasyonunda Özel Durumlar

Çeşitli engeller dolayısıyla kurp ara noktalarının \mathbb{T} noktasından kutupsal açı yöntemi ile aplikasyonu mümkün olmayabilir. Bu durumlarda yapılacak işler şöyledir:

- \mathbb{T} noktasından ara noktaların aplikasyonu (Şekil 2.8)



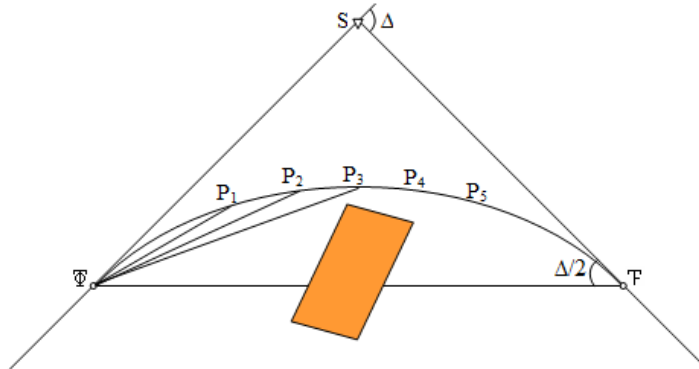
Şekil 2.8 : \mathbb{T} noktasından ara noktaların aplikasyonu

Alet bu defa 0° doğrultusu ile \mathbb{T} 'ya yöneltilerek ε_1 kadar çevrilir. Hesaplanan $\mathbb{T}P_1$ kadar alınmak sureti ile P_1 noktasının yeri belirlenmiş olur.

Alet ε_2 kadar çevrilir, hesaplanan $\mathbb{T}P_2$ kadar alınarak P_2 tespit edilmiş olur. Bu şekilde P_n noktasına kadar devam edilir.

Bu şekilde some noktasına kadar geldiğimizde açımız $\Delta/2$ olmalıdır.

- \mathbb{T} noktası \mathbb{T} noktasını görmüyorsa (Şekil 2.9)



Şekil 2.9 : \mathbb{T} noktası \mathbb{T} noktasını görmüyorsa

Aplikasyon \mathbb{T} dan itibaren görülebilen noktaya kadar yapılır.

Alet \mathbb{T} dan kaldırılır, \mathbb{F} 'e kurulur. Some doğrultusuna $\Delta/2$ açısı ile bağlanır.

Alet \mathbb{F} de iken aplikasyon işleminde açıklandığı gibi diğer noktalar zemine işaretlenir.

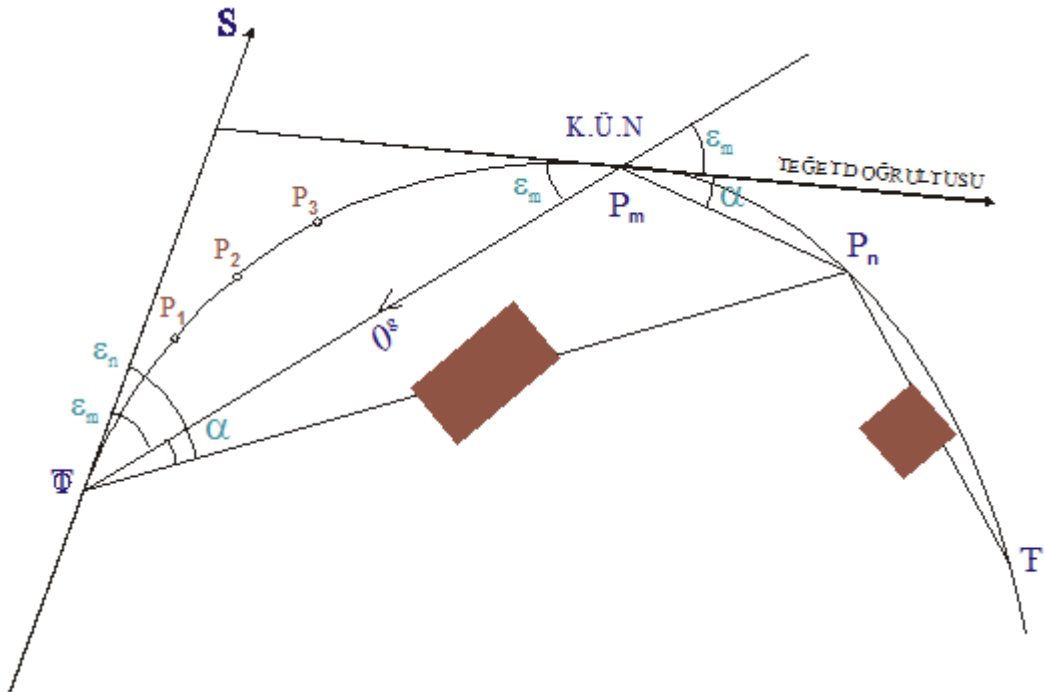
➤ \mathbb{T} ve \mathbb{F} noktalarına teodolit kurulamıyorsa (Şekil 2.10)

Bu durumda kurp üzerindeki bir nokta dikkatli bir şekilde applike edilir.

Bu noktaya **kurp üzeri nokta** denir ve kısaca K.Ü.N ile gösterilir. Alet K.Ü.N'ye kurulur. Dürbünün ikinci durumunda \mathbb{T} noktasına 0° ile bakılır.

Dürbün yatay eksen etrafında 200° döndürülür (takla atılır). Kurp üzeri noktanın açısı kadar çevrilerek kurba teğet doğrultu elde edilir. Bu açiya ilk ara noktanın α açısı eklenerek ilk nokta çakılır.

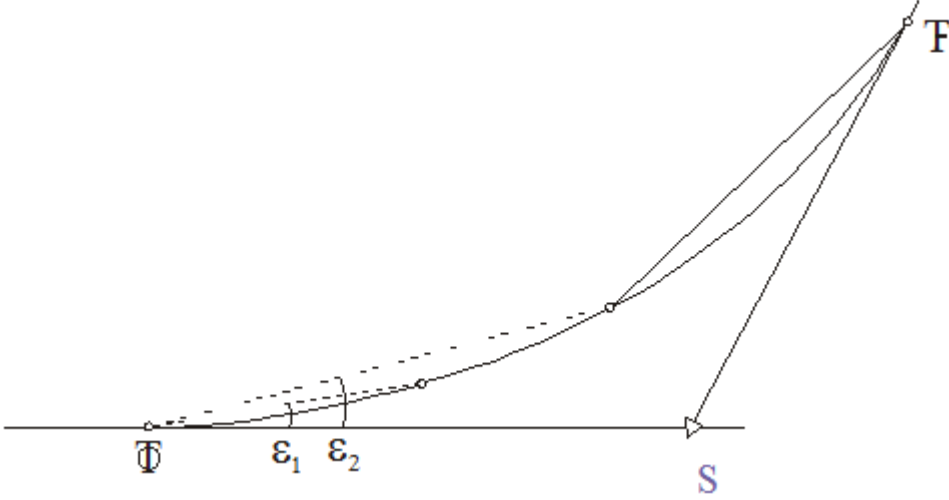
Böylece işleme devam edilerek hesaplanan kendi açıları yardımı ile diğer noktalar da applike edilir ve \mathbb{F} noktasına varılır.



Şekil 2.10 : \mathbb{T} ve \mathbb{F} noktalarına alet kurulamaması durumu

➤ **Kurp sol kurp ise (Şekil 2.11)**

Hesaplanan $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ açıları 400^s dan çıkarılarak elde edilen açılarla aplikasyon yapılır.

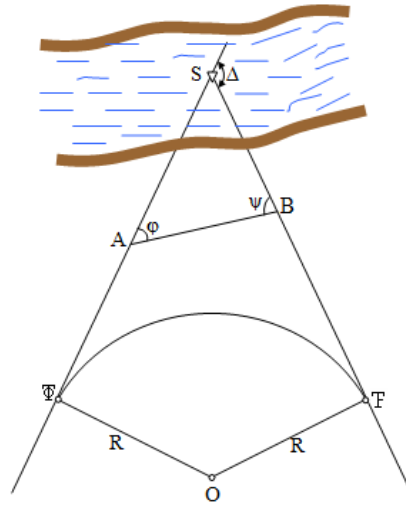


Şekil 2.11: Sol kurp

➤ **Some noktası üzerine alet kurulamıyorsa**

Nehir, göl, deniz, uçurum vb. engeller dolayısıyla some noktasına alet kurulamıyorsa teğetler üzerinde birbirini görecek şekilde alınan A ve B gibi iki noktayı birleştiren doğrunun teğetler ile yaptığı φ ve ψ açıları ölçülür.

Δ some açısı, geometriden bildiğimiz gibi “Bir dış açı kendisine komşu olmayan iki iç açının toplamına eşittir.” kuralına göre hesaplanabilir.



Şekil 2.12: Some noktası üzerine alet kurulamaması hâli

$$\Delta = \varphi + \psi \quad (26)$$

Ancak aplikasyonun yapılabilmesi için AB uzunluğu da ölçülür. Çalışmalar sırasında yeterli hassasiyeti sağlamak amacı ile A ve B noktalarının seçiminde, uzunluk ve açı ölçümlerinin yeterliliğini sağlayacak özelliklere dikkat edilmelidir.

Ölçülen bu açı ve kenarlar yardımı ile SA ve SB kenarları sinüs teoremine göre hesaplanabilir.

$$\frac{AB}{\sin[200 - (\varphi + \psi)]} = \frac{SA}{\sin \psi} = \frac{SB}{\sin \varphi} \quad (27)$$

$$\text{Hatırlatma : } \sin[200 - (\varphi + \psi)] = \sin(\varphi + \psi) = \sin \Delta$$

Bundan sonra formülümüz şu hâli alır.

$$\frac{AB}{\sin \Delta} = \frac{SA}{\sin \psi} = \frac{SB}{\sin \varphi} \quad (28)$$

Örnek 2.4:

Üzerine alet kurulamayan (Şekil 2.12) some noktası olan bir kurbun teğet boyunun bulunabilmesi amacı ile engele yakın seçilen A ve B gibi iki noktadan ölçülen açılar ve ara mesafesi aşağıdaki gibidir. Bu değerlerden faydalanarak SA ve SB mesafelerini hesaplayınız.

$$\varphi = 44^{\circ},3608$$

$$\psi = 89^{\circ},0719$$

$$\overline{AB} = 163,14 \text{ m}$$

Çözüm 2.4:

$$\varphi + \psi = \Delta = 133^{\circ},4327$$

$$\frac{\overline{AB}}{\sin \Delta} = \frac{\overline{SA}}{\sin \psi} = \frac{\overline{SB}}{\sin \varphi}$$

$$\frac{163,14}{\sin(133^{\circ},4327)} = \frac{\overline{SA}}{\sin(89^{\circ},0719)} = \frac{\overline{SB}}{\sin(44^{\circ},3608)}$$

$$\overline{SA} = 163,14 \cdot \frac{\sin(89^{\circ},0719)}{\sin(133^{\circ},4327)} = 185,78 \text{ m}$$

$$\overline{SB} = 163,14 \cdot \frac{\sin(44^{\circ},3608)}{\sin(133^{\circ},4327)} = 121,01 \text{ m}$$

Hesaplanan bu değerler yardımı ile ölçülebilen ΦA ve ΦB değerleri de eklenerek teğet boyu (T) kontrollü olarak hesaplanabilir. Şöyle ki;

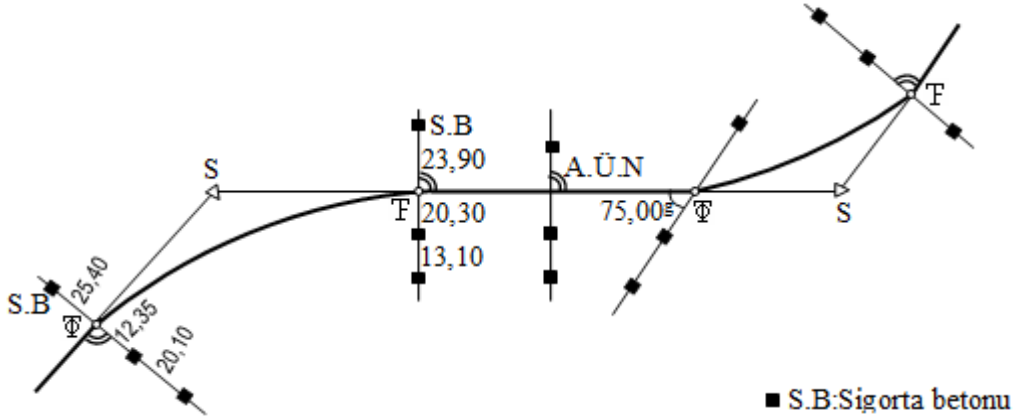
$$T=SA+\Phi A$$

$$T=SB+\Phi B$$

2.4. Aplikasyon Hattının Sigortalanması

Aplikasyon hattının ileride yeniden tesisini mümkün kılmak için her 500 veya 750 m'de aliyman üzeri nokta (A.Ü.N) ile Φ , T ve some (S) noktalarının sigortalanması gerekir.

Sigorta betonları eksen noktalarından aliyman hattına dikler çıkılarak eksenden 30-40 m uzağa (genellikle kamulaştırma sınırının dışına) gömülür.



Şekil 2.13: Aplikasyon hattının sigortalanması

Önceden koordinatlı olarak çalışılmadığı zamanlarda ihtiyaç olan bu sigortalama tekniği, çalışmaların günümüzde tamamen koordinat sistemi üzerinde ve elektronik cihazlar yardımı ile yapıldığından tercih edilmemektedir.

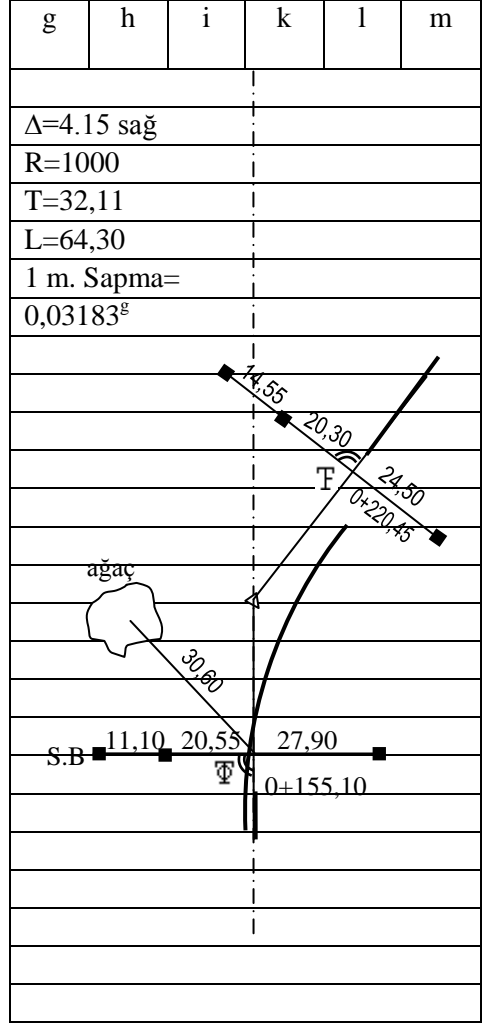
2.5. Aplikasyon Defterinin Tutulması

Aplikasyon defteri olarak etütte kullanılan defter kullanılmaktadır.

Bu deftere aplikasyonu yapılacak noktaların kilometresi, ara mesafeleri, sapma açıları yazılır.

Bunun yanı sıra defterin kroki için ayrılan kısmına kurp elamanları ve şekli çizilir.

a	b km	c ara mes.	d e sapma		f
			sola	sağa	
	0+260				
	60	26,40			
$\bar{T} =$	0+232			2,030	
		21,40			
	0+210			1,214	
		19,00			
	0+190			0,686	
	10	20,80			
$\bar{T} =$	0+168			0,000	
		7,00			
	0+160				
		24,00			
Y.K	0+135				
		4,00			
Y.K	0+130				
		19,00			
	0+110				
		40,00			
	0+0,60				
		40,00			
	0+000				



Tablo 2.4: Aplikasyon defterinin tutulması

UYGULAMA FAALİYETİ

- Yatay kurpların aplikasyonunu ve hesabını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Kurp elemanlarını tespit ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Proje standartlarına göre yatay kurp seçimini yapınız.➤ Kurp elemanlarının, kurp yarıçapı, sapma açısı, teğet boyu, developman boyu, bisektris boyu ve giriş boyundan oluştuğunu unutmayınız.
➤ Kurp elemanlarının hesabını yapınız.	➤ Kurp ana elemanları hesabında kullanılacak bağıntılardan faydalanınız.
➤ Some noktasına aleti kurarak tanjant orjin ve tanjant final noktalarını tespit ediniz.	➤ Yatay Kurpların Aplikasyonu konusundaki açıklamalardan faydalanınız.
➤ Tanjant orjin noktasından başlayarak hesaplanan açı ve koordinat değerlerine göre yay kazıklarını çakınız.	➤ Yatay Kurpların Aplikasyonu konusundaki açıklamalardan faydalanınız.
➤ Kurp ara noktalarının aplikasyonunu yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Nokta sıklığını yarıçapına göre kurp ara noktaları arasındaki mesafe tablosundan yararlanarak bulunuz.➤ Aplike metodunu seçiniz.➤ Kurp aplikasyonunda özel durumları inceleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanmadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kurp elemanlarını tespit ettiniz mi?		
2. Kurp elemanlarının hesabını yaptınız mı?		
3. Some noktasına aleti kurarak tanjant orjin ve tanjant final noktalarını tespit ettiniz mi?		
4. Tanjant orjin noktasından başlayarak hesaplanan açı ve koordinat değerlerine göre yay kazıklarını çaktınız mı?		
5. Kurp ara noktalarının aplikasyonunu yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Some noktasının kilometresi $Sk_m = 0+210,30$ m, sapma açısı $\Delta = 60^s$ ve yarıçapı 300 m olan bir kurbun kurp ana noktaları aplikasyon değerleri (T , D , BS) aşağıdakilerden hangisidir?
A) $T=150,86$ $D=280,55$ $BS=34,30$
B) $T=151,26$ $D=281,55$ $BS=37,70$
C) $T=153,56$ $D=283,70$ $BS=35,55$
D) $T=152,86$ $D=282,60$ $BS=36,70$
2. Some noktasının kilometresi $Sk_m = 0+210,30$ m, sapma açısı $\Delta = 60^s$ ve yarıçapı 300 m olan bir kurbun \mathbb{T} , B ve \mathbb{T} noktalarının kilometreleri aşağıdakilerden hangisidir?
A) $\mathbb{T}=0+57,44$, $B=0+198,74$ $\mathbb{T}=0+340,04$
B) $\mathbb{T}=0+55,44$ $B=0+197,66$ $\mathbb{T}=0+339,15$
C) $\mathbb{T}=0+56,36$ $B=0+196,79$ $\mathbb{T}=0+338,20$
D) $\mathbb{T}=0+58,44$ $B=0+199,80$ $\mathbb{T}=0+341,14$
3. Some noktasının kilometresi $Sk_m = 0+210,30$ m, sapma açısı $\Delta = 60^s$ ve yarıçapı 300 m olan bir kurbun B noktasının (Şekil 2.2) dik koordinatları aşağıdakilerden hangisidir?
A) $Y_b=31,60$ $X_b=290,60$
B) $Y_b=32,70$ $X_b=291,71$
C) $Y_b=33,80$ $X_b=292,71$
D) $Y_b=30,30$ $X_b=289,30$
4. Some noktasının kilometresi $Sk_m = 0+200,10$ m, sapma açısı $\Delta = 70,70^s$ ve yarıçapı 200 m olan bir kurbun kurp ana noktaları aplikasyon değerleri (T , D , BS) aşağıdakilerden hangisidir?
A) $T=124,08$ $D=222,00$ $BS=35,36$
B) $T=124,95$ $D=222,55$ $BS=36,70$
C) $T=123,15$ $D=221,70$ $BS=35,90$
D) $T=125,56$ $D=223,60$ $BS=34,70$

5. Yarıçapı 300 m olan bir kurbun \mathbb{T} km=0+057,44 m, B km=0+198,74 m, \mathbb{F} km=0+340,04 m olarak hesaplanmıştır. Bu kurpta 30 m aralıklarla ara noktaların dik koordinat yöntemine göre aplikasyonu isteniyor. Verilen değerlere göre aşağıdaki tabloda istenenleri hesaplayınız.

Nokta adı	Kilometre	bi	γ_i	X= R.sin γ_i	Y=R.(1-cos γ_i)
\mathbb{T}	0+057,44				
	0+60,00				
	0+90,00				
	0+120,00				
	0+150,00				
	0+180,00				
B	0+198,74				
\mathbb{F}	0+340,04				
	0+310,00				
	0+280,00				
	0+250,00				
	0+220,00				
B	0+198,74				

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Tekniğine uygun olarak nivelman yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Yol güzergâhındaki en ve boy kesit nivelmanlarının nasıl yapıldığını araştırınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

3. NİVELMAN

Belirli noktalar arasındaki yükseklik farkının ya da bu noktaların denizden yüksekliklerinin bulunması için yapılan işleme **nivelman** denir.

Nivelman işlemi genel olarak geometrik, trigonometrik ve barometrik olmak üzere üç şekilde yapılır:

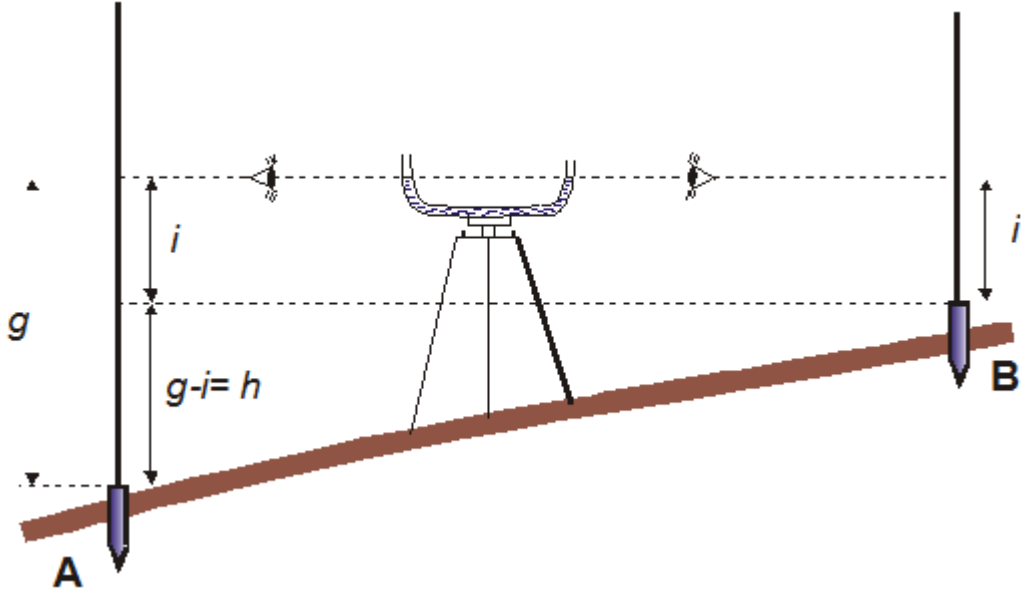
- **Geometrik yükseklik ölçümünde** noktalar arasındaki yükseklik farkları, bu noktaların yatay bir düzleme olan düşey uzaklıkları ölçülerek bunların farkları alınmak suretiyle bulunur.
- **Trigonometrik yükseklik ölçümünde** ise noktalar arasındaki yatay eğik uzunluk ile düşey açı ölçülür, yükseklik farkı bu değerler ve trigonometrik formüller ile hesaplanır.
Bu metot, genellikle nirengi noktaları kotlarının bulunmasında kullanılır. Nirengi noktaları arasındaki yatay uzunluklar, ağların hesabı sırasında ölçülen eğik uzunluklar ile elde edilir.
- **Barometrik yükseklik ölçümünde**, yükseğe çıkıldıkça hava basıncının düşmesi özelliğinden yararlanır. Prensipte olarak her 10 m yukarıya çıkıldıkça hava basıncı 1 mm/Hg (milimetre cıva) düşer.

Ölçülecek olan noktalar arasındaki hava basıncı farklarından yükseklik farkı hesaplanabilir.

Yükseklik en hassas olarak geometrik yükseklik ölçümü (nivelman) yolu ile elde edilir. Kullanılan alet ve metotlara göre elde edilen hassasiyet, bir kilometrede 1 mm ile 1–3 cm arasında değişir. Trigonometrik metotta bu miktar 1–3 dm, barometrik nivelmanda ise 1–3 m arasındadır.

Bu metotlardan hangisinin kullanılacağı istenilen hassasiyet derecesine göre belirlenir.

Harita alımı işlerinde genel olarak geometrik ve trigonometrik nivelman, çok özel (az hassasiyet isteyen işlerde) hâllerde de barometrik nivelman kullanılır.



Şekil 3.1: Nivonun mantığı olan U şeklindeki borulu düzeç

Nivelman metodunun açıklanması için en uygun araç su terazisidir. U şeklinde bir boru alıp içerisine su koyalım ve bunu bir sehpa üzerine yerleştirelim (Şekil 3.1). U şeklindeki borunun kollarındaki su yüzeylerini birleştiren doğru, yatay bir doğrudur. Aralarındaki yükseklik farkı bulunacak A ve B noktalarına, üzerlerinde santimetre bölümleri bulunan birer mirayı düşey olarak tutup su seviyeleri hizasında bir kere A'daki mirada g yüksekliğini, bir kere de B'deki mirada i yüksekliğini okuyarak bunların farkını alırsak A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkını bulmuş oluruz.

g : Nivo ile gerideki noktaya bakılarak miradan okunan değer

i : Nivo ile ilerideki noktaya bakılarak miradan okunan değer

$$h = g - i$$

3.1. Boy Kesit Nivelmanı

Kesit nivelmanı genellikle kara yolu, demir yolu ve enerji nakil hattı inşaatlarında, bunların geçeceği güzergâhın eğim durumunu tespit etmek üzere yapılır.

Kesitler **en kesit** ve **boy kesit** olmak üzere iki kısımdır. Boy kesitler güzergâh yönünde, en kesitler ise güzergâh yönüne dik olarak yapılır.

Boy kesitlerin çıkarılması üç aşamada gerçekleştirilir.

- Güzergâhın aplikasyonu, yükseklikleri ölçülecek noktaların kazıklarla tespiti ve uzunlukların ölçümünü kapsar. Bu aşama piketaj olarak isimlendirilir.
- İkinci aşama, aplikasyon yoluyla tespit edilen noktaların nivelman yolu ile yüksekliklerinin tayini (kesit nivelmanı) dir.

- Üçüncü aşama ise kesitlerin çizimidir.

3.1.1. Güzergâh Aplikasyonu ve Uzunluk Ölçümü

Kesitlerin çıkarılacağı güzergâhlar;

- Enerji nakil hatlarında doğrulardan,
- Yollarda ise doğru ve kurplardan oluşur.

Bunların nasıl applike edilecekleri aplikasyon konusunda incelenmişti. Ancak kesit (profil) çıkarılacak güzergâhlarda, eğimin değiştiği bütün noktalarda yüksekliklerin ölçülmesi ve bu noktaların profile gösterilmesi gerektiğinden aplikasyon sırasında eğimin değiştiği her noktanın belirli duruma getirilmesi gerekir.

Bunun için aplikasyonda genel olarak güzergâh eksenini üzerinde her 20 m'de bir ve eğimin değiştiği noktalarda toprak seviyesine kadar birer kazık çakılır.

Kazıklara başlangıçtan itibaren sıralı numara verilir.

Bunların başlangıç noktasına olan uzaklıkları da ölçülür ve ölçü karnesine yazılır.

Kazıkların nivelman yapılırken kolayca bulunabilmesi için her kazığın sol tarafına bir miktar taş veya toprak yığılır.

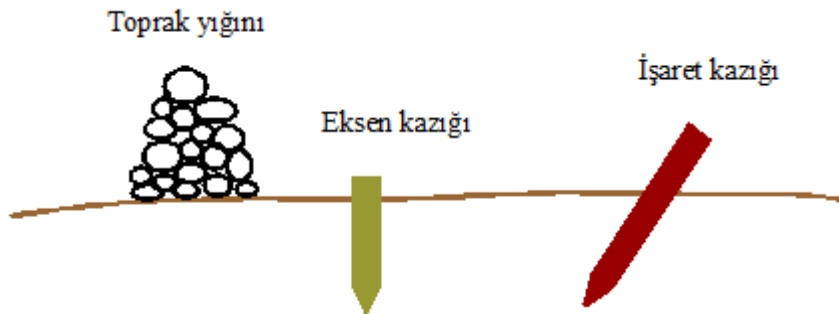
Sağ tarafına da üzerinde kazık numarası ve kazığın başlangıçtan itibaren uzaklığı (kilometresi – kilometrajı) yazılmış olan bir işaret kazığı çakılır (Şekil 3.2).

İşaret kazığının üzerine yazılan uzaklıklar **kilometre + metre** olarak örneğin kazığın başlangıca uzaklığı 720 m ise 0+720 m olarak yazılır.

Uzunluklar elektronik uzaklık ölçer ile santimetre (cm) hassasiyetinde ölçülür.

Kurplarda kiriş değil yay uzunluğu esas alınır. Hendek, dere ve yol kenarı gibi arazi noktaları ölçülerinin desimetre inceliğinde yapılması yeterlidir.

Demir yolu gibi sabit tesislerin uzunlukları cm olarak verilir.



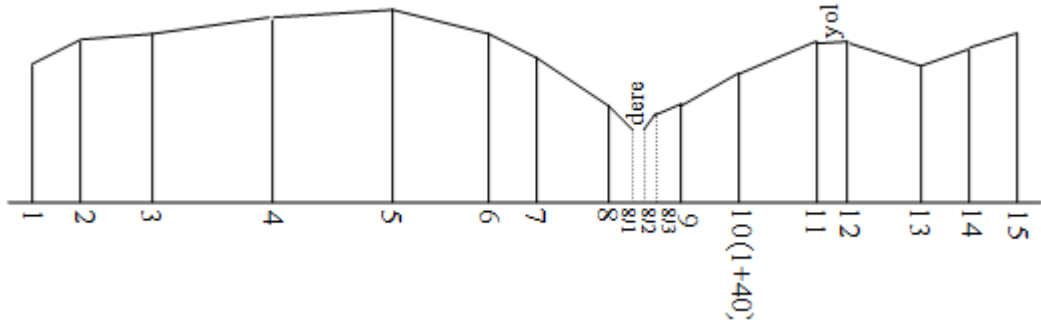
Şekil 3.2: Eksen ve işaret kazığı

Uzunluklar ölçülürken krokinin de çizilmesi çok faydalı olur.

Krokide, kazık çakılmış olan arazi noktaları birer yuvarlak ile kazık çakılmamış olan noktalar da birer nokta ile gösterilir.

Kazık çakılmamış noktalara $8/1$, $8/2$, $8/3$ gibi kesirli numaralar verilebilir (Şekil 3.3).

Bir yanlışlığa meydan vermemek için bazı nokta numaralarının yanına, şekilde 10 numaralı noktada olduğu gibi noktanın uzaklığı da yazılabilir.



Şekil 3.3: Güzergâhın profilden görüntüsü

3.1.2. Boy Kesit Nivelmanı

Kesit nivelmanı, ara noktalı nivelman gibi yapılır. Nivo başlangıç noktasından yaklaşık olarak 50 m uzakta ve mümkün olduğunca fazla noktanın görülebilmesi için arazinin yüksek bir yerine kurulur.

Önce başlangıç noktasına mira tutularak geri okuma yapıldıktan sonra güzergâh üzerinde çakılmış olan kazıklara sıra ile mira tutulur ve okumalar yapılır. Bu okumalar ara nokta olarak yazılır.

Aynı zamanda her mira tutulan noktanın numarası ve başlangıç noktasından olan uzaklığı da nivelman defterine yazılır (Tablo 3.1).

Nok. Nu.	Uzaklık	Mira okumaları			Dürbün ufku	Kot	Düşünceler
		g	o	i			
1	0+000	3,619			108,471	104,852	
2	0+007		2,71			105,761	
3	0+020		1,95			106,521	
4	0+040		0,11			108,361	
5	0+060		0,04			108,431	
6	0+075		0,51			107,961	
7	0+080	1,546		1,442	108,575	107,029	
8	0+088		3,04			105,535	
8/1	0+091,6		3,45			105,125	Dere içi
8/2	0+94,2		3,91			104,665	Dere içi
8/3	0+98,4		3,88			104,695	Dere üstü
9	0+100		3,46			105,115	
10	0+110		2,43			106,145	
11	0+123		1,43			107,145	Yol kenarı
12	0+128		1,40			107,175	Yol kenarı
13	0+140		1,74			106,835	
14	0+151		2,10			106,475	
15	0+160			1,667		106,908	
	[g]=	5,165		3,109		106,908	
	[i]=	3,109				104,852	
	[g]-[i]=	2,056			H₁₅-H₁=	2,056	

Tablo 3.1: Boy kesit nivelmanı ve hesabı

Bunu sağlamak için miracı her mira tuttuğu noktanın numarasını ve uzaklığını okuyup alet operatörüne bildirir. Ayrıca kazık, toprak seviyesinden yüksekte ise bunu da ölçerek deftere yazılmak üzere operatöre söyler.

Mira, yol kenarı, hendek, dere gibi belirli noktalara tutulmuş ise bunlar da nivelman defterine yazılmalıdır. Yüksekliği ölçülecek noktanın alete uzaklığı geri okumadaki uzaklığa vardığı zaman ileri okuma yaparak nivo daha ileriye alınır. Buradaki amaç, çeşitli sistematik hataları önlemek için geri ve ileri okuma mesafelerinin eşit alınmasıdır.

Kesit nivelmanında nivo yer değiştirme noktası olarak kullanılacak kazıklar önceden çakılmış olduğundan geri ve ileri okumaların uzaklıkları çoğu zaman eşit olamaz. Bu nedenle nivo hatalarının az olması için kesit nivelmanı yapılacak nivonun ayarı çok iyi yapılmış olmalıdır.

Kot hesabı dürbün ufkuna göre elektronik hesap makinesi veya bilgisayar ile yapılır.

Dürbün ufkuna göre nivelman hesabını hatırlamak amacı ile Tablo 3.1'deki hesabın açıklanması uygun olacaktır. Kodu bilinen noktadaki miraya bakarak elde ettiğimiz geri okuma değerine, o noktanın kodunu ilave edersek dürbün ufku değerini elde ederiz ($104,852+3,619=108,471$).

Elde ettiğimiz dürbün ufku kodundan okuduğumuz orta okumaları ayrı ayrı çıkararak bakılan orta noktaların kot değerlerini buluruz. Nivonun yerini değiştirmek gerektiğinde en son ileri mira okuması, bu defa kodu bilinen bir noktayımış gibi geri okuması olacaktır. Dolayısıyla dürbün ufkundan ileri okumayı çıkararak o noktanın kodunu elde edebiliriz ($108,471-1,442=107,029$). Bu değere geri okumayı ilave ederek ikinci dürbün ufku değerini bulabiliriz ($107,029+1,546=108,575$). Önceki işlemler tekrar edilerek ikinci kurulumdaki nokta kotları rahatlıkla elde edilebilir. Geri ve ileri okuma farkları ile kotları bilinen noktalar arasındaki farkın birbirine eşit olduğu kontrolü mutlaka yapılmalıdır. Önce başlangıç ve son noktaların kotlarına göre $H_B - H_A = [g] - [i]$ kontrolü yapılarak hata sınırı içinde bir fark varsa bu fark ölçülere eşit olarak dağıtılır. Eğer başlangıç ve son noktaların kotları belirli değilse yükseklikleri belli noktalardan bu noktalara nivelman yapılarak kot taşınır. Ara noktaların ölçü ve hesabı kontrolsüz olduğu için bu noktaların okunması ve hesap işlerinde çok dikkatli davranmak gerekmektedir.

3.2. En Kesit Nivelmanı

En kesitler daha çok kazı ve dolgu alanları ve bunlar yardımı ile kesitler arasındaki yarma ve dolgu hacimlerinin hesabı için çıkarılır. Yol ekseninin sağ ve sol tarafında daha önce belirlenmiş, eksene dik yönde ve eksenin her iki tarafında ihtiyaca göre 10-50 m genişlikteki karakteristik noktalar ölçülür.

Eksene dik doğrultuda, enine eğimin değiştiği her noktada mira okuması yapılır ve mira tutulan yerlerin eksene olan uzaklıkları ölçülür. Eksene dik doğrultunun tespiti prizma veya teodolit ile yapılır. Kurplarda en kesit, kurp merkezi yönünde olmalıdır.

En kesitler genellikle iki şekilde çıkarılır:

- Nivelman yolu ile en kesit alımı (nivo ile en kesit alımı)
- Teodolit ile en kesit alımı

Daha önceki tekniklerde **düzeçli lata** kullanılsa da günümüz şartlarında bu yöntem uygulanırlığını yitirmiştir.

3.2.1. Nivelman Yolu ile En Kesit Alımı

Kesit çıkarılacak yön belirlendikten sonra nivo, nivelman kesit noktalarının hepsini görecek bir yere ve genellikle yüksek bir yere kurulur.

Nivonun yataylanması yapıldıktan sonra eksen kazığından başlamak üzere yol eksenine dik olarak sol ve sağ tarafa doğru eğimin değiştiği bütün noktalara mira tutularak okumalar yapılır.

Mira okumalarının nivo değiştirme noktalarında mm ve diğer noktalarda cm hassasiyetle yapılması yeterlidir.

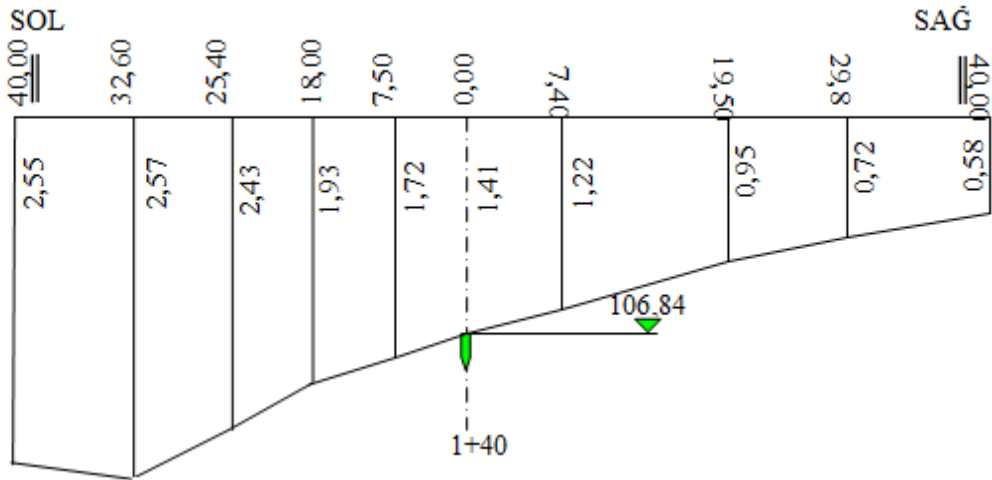
Kesitin sol ve sağ tarafı ölçü karnelerinde belirtilmelidir. Sol ve sağ deyimi boy kesit istikametinin solunda ve sağında kalan anlamına gelmektedir.

Nivelman ölçülerinin kontrollü olarak yapılması istendiğinde ölçü bittikten sonra nivo kaldırılıp tekrar kurularak ikinci bir ölçü yapılır. İkinci ölçüde, miranın birinci ölçüde tutulan yerlere tutulabilmesini sağlamak için mira tutulan noktalar bir taş yığıını ile veya herhangi bir şekilde belirgin hâle getirilir.

Aynı nokta için yapılan her iki ölçü arasındaki hata 2 cm'den fazla olmamalıdır.

Eksen kazığı ile mira tutulan noktalar arasındaki uzunlukların çelik şerit metre ile yatay olarak eğimi çok olan yerlerde dm ve düz olan yerlerde 0,05 m hassasiyetle ölçülmesi yeterlidir.

En kesit için yapılan yükseklik ve uzunluk ölçüleri genellikle bir kroki üzerine yazılır. Aşağıdaki şeklimiz de bir en kesit krokisini ifade etmektedir. Bu şeklimizde yazılan değerler;



Şekil 3.4: Nivelman yolu ile en kesit alımı

0,00: Eksen kazığından itibaren mesafe ölçüldüğü için eksen kazığının bulunduğu düşey eksenin ifade şekli,

7,40–19,50- ... : Eksen kazığından itibaren sağ taraftaki noktaların uzaklıkları,

7,50–18,00- ... : Eksen kazığından itibaren sol taraftaki noktaların uzaklıkları,

1,41: Eksen kazığı üzerindeki miradan okunan değer,

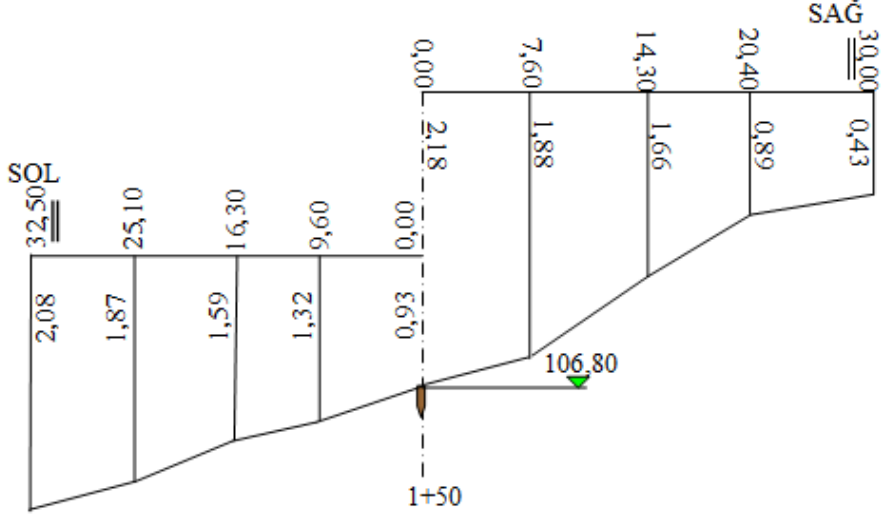
1,22–0,95- ... : Eksen kazığının sağındaki noktaların üzerindeki mira okumaları,

1,72–1,93- ... : Eksen kazığının solundaki noktaların üzerindeki mira okumaları,

106,84: Eksen kazığının kodu (deniz seviyesinden olan yüksekliği),

1+040,00: Güzergâh başlangıcına göre eksen kazığının kilometresi anlamına gelir.

Eğer nivonun bir kez kurulması ile bütün kesit noktalarının ölçülmesi mümkün olmamış ve ikinci bir defa daha kurulmuş ise kroki buna göre düzenlenir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Nivonun iki defa kurulması durumunda nivelman alımı

Eğer ölçüler, nivelman karnesine yazılmış ise kotların hesabı boy kesitlerde olduğu gibi dürbün ufku yöntemine göre yapılır. Aşağıdaki tabloda 1+040,00 eksen kazığında yapılmış olan ölçülerin karneye yazılış şekli gösterilmiştir.

Ölçüler nivelman karnesine veya bir arazi defterinde aynı satıra yazılmak sureti ile iki şekilde kaydedilebilir. Her iki şekilde de yükseklik hesapları dürbün ufku yöntemine göre yapılır.

En kesit değerlerinin bir satırda kayıt edilmesinde, eksen kazığına göre uzaklıklar alta, mira okumaları üste yazılır. Mira okumalarının üstüne, noktaların hesaplanan yükseklik değerleri yazılır.

Nok. Nu.	Uzaklık	Mira okumaları			Dürbün ufku	Kot	Düşünceler
		g	o	i			
13	0,00	1,41			108,25	106,84	Sol eksen
	7,50		1,72			106,53	
	18,00		1,93			106,32	
	25,40		2,45			105,80	
	32,60		2,57			105,68	
	40,00		2,55			105,70	
13	0,00	1,41			108,25	106,84	Sağ eksen
	7,40		1,22			107,03	
	19,50		0,95			107,30	
	29,80		0,72			107,53	
	40,00		0,58			107,67	

105,70	105,68	105,80	106,32	106,53	106,84	107,03	107,30	107,53	107,67
2,55	2,57	2,45	1,93	1,72	0,00	1,22	0,95	0,72	0,58
40,00	32,60	25,40	18,00	7,50	0,00	7,40	19,50	29,80	40,00

107,03	→	Noktanın kodu
1,22	→	Eksene göre yükseklik
7,40	→	Eksenden uzaklığı

Tablo 3.2: Enkesit nivelman karnesi ve hesabı

3.2.2. Teodolit ile En Kesit Alımı

Enine eğimin fazla olduğu yerlerde kolaylık olması bakımından en kesitler teodolit ile alınır. Bu amaçla teodolit eksen kazığı üzerine kurulup yüksekliği ölçülür.

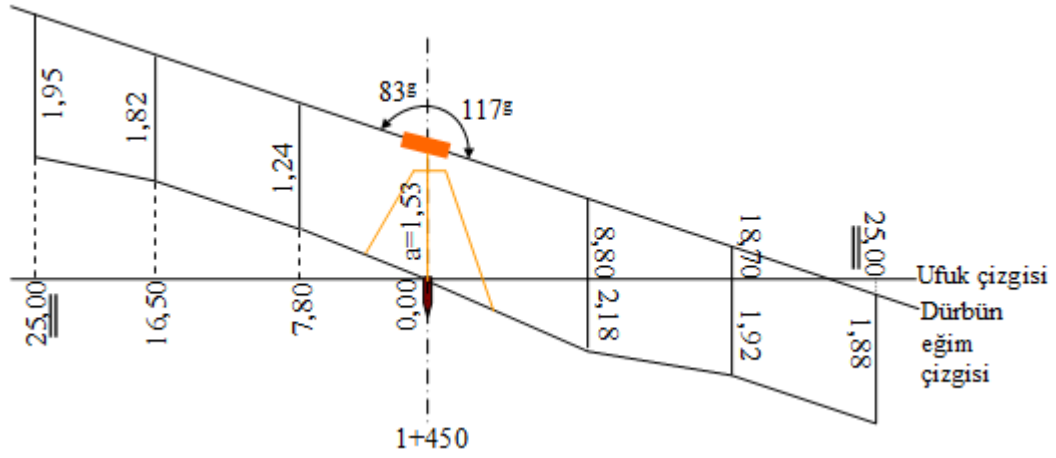
Alım için teodolit, kesit yönünde yaklaşık arazi eğimine paralel olarak ve düşey açı bir tam sayıya (Şekil 3.6'da 117^s) bağlanır. Arazinin eğiminin değiştiği noktalara tutulan miralarda üç kıl (üst – orta – alt) okuması yapılır.

Eğer işlem elektronik teodolit ile yapılıyorsa takeometre işlemi gibi reflektöre yöneltilecek mesafe ve kot doğrudan ölçülebilir. Yol eksene dik olan bir yöndeki okumalar tamamlandıktan sonra dürbün asal eksen etrafında 200^s döndürülerek diğer tarafa yöneltilir.

Bu kez dürbün, birinci taraftaki düşey açıyı 200^a tamamlayacak bir açıya bağlanır (Oküler – objektif eksenini de denilen bakış ekseninin bir doğru oluşturması amacı ile). Bu sağlanamıyorsa düşey açı yine tam sayı olacak şekilde duruma uygun bir açı ile bağlanır.

Yöneltilen ikinci taraftaki arazi eğiminin değiştiği noktalara mira tutularak veya elektronik olarak okuma yapılır. Ölçüler takeometre karnesine yazılır. Mira tutulan noktaların kotları ve yatay uzunlukları takeometri kurallarına göre hesaplanır.

Mira tutulan noktaların kotları hesapla bulunmak istenmiyorsa ve kesitler grafik olarak çizilecekse miradan sadece orta kıl okuması yapılır. Eksen kazığına olan uzaklıkları ise çelik şerit metre ile ölçülür ve takeometre karnesine bu değerler yazılır.



Şekil 3.6: Teodolit ile en kesit alımı

- Takeometre ile alınmış en kesitlerin grafik çizimi için önce eksen noktası işaretlenir.
- Bu noktadan geçen yatay eksen üzerinde, mira tutulan noktaların eksen kazığına dik olan uzaklıkları işaretlenir.
- Eksen noktasından alet yüksekliği kadar alınarak muylu noktası tespit edilir ve bu noktadaki dürbün eğim çizgisinin kesişme noktalarından mira okumaları kadar aşağı doğru alınarak noktalar işaretlenir.
- Bu noktaların araları birleştirilerek kesit tamamlanır.

UYGULAMA FAALİYETİ

- Yol güzergâh haritası üzerinde nivelman çalışması yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Yol ekseninde yükseklikleri ölçülecek noktaları kazıklarla tespit ediniz.	➤ Aplikasyonda güzergâh ekseninde her 20 m'de bir ve bunların arasında gerekli görülen eğimin değiştiği noktalarda toprak seviyesine kadar birer kazık çakınız.
➤ Noktalara numara veriniz.	➤ Kazıklara başlangıçtan itibaren sıralı numara veriniz.
➤ Tespit edilen noktaların yükseklik ölçümünü yapınız.	➤ Yüksekliği ölçülecek noktanın alete uzaklığı geri okumadaki uzaklığa vardığı zaman ileri okuma yaparak nivoyu daha ileriye alınız.
➤ Boy kesit noktalarının kotlarını hesaplayınız.	➤ “3.1.2. Boy Kesit Nivelmanı” başlıklı açıklamalardan faydalanınız.
➤ Yol eksenine dik olarak sol ve sağ tarafa doğru eğimin değiştiği bütün noktalarda mira okuması yapınız.	➤ Her mira tutulan noktanın numarasını ve başlangıç noktasından olan uzaklığını nivelman defterine yazınız.
➤ Mira tutulan yerlerin eksene olan uzaklıklarını ölçünüz.	➤ Çelik şerit metre ile yatay olarak eğimi çok olan yerlerde dm ve düz olan yerlerde 0,05 m hassasiyetle ölçünüz.
➤ En kesit noktalarının yüksekliklerini hesaplayınız.	➤ Nivelmanda yükseklik hesaplarının dürbün ufku yöntemine göre yapıldığını hatırlayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Yol ekseninde yükseklikleri ölçülecek noktaları kazıklarla tespit ettiniz mi?		
2.	Noktalara numara verdiniz mi?		
3.	Tespit edilen noktaların yükseklik ölçümünü yaptınız mı?		
4.	Boy kesit noktalarının kotlarını hesapladınız mı?		
5.	Yol eksenine dik olarak sol ve sağ tarafa doğru eğimin değiştiği bütün noktalarda mira okuması yaptınız mı?		
6.	Mira tutulan yerlerin eksene olan uzaklıklarını ölçtünüz mü?		
7.	En kesit noktalarının yüksekliklerini hesapladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. “Geometrik yükseklik ölçümünde noktalar arasındaki yükseklik farkları, bu noktaların yatay bir düzleme olan ölçülerek bunların farkları alınmak suretiyle bulunur.” Bu cümlede noktalı yere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?
A) Yatay uzaklıkları
B) Düşey uzaklıkları
C) Düşey açı
D) Yatay açı
2. “Trigonometrik yükseklik ölçümünde ise noktalar arasındaki yatay eğik uzunluk ile ölçülür, yükseklik farkı bu değerler ve trigonometrik formüller ile hesaplanır.” Bu cümlede noktalı yere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?
A) Düşey açı
B) Düşey uzaklık
C) Yatay uzaklık
D) Yatay açı
3. “Barometrik yükseklik ölçümünde, yükseğe çıkıldıkça düşmesi özelliğinden yararlanılır.” Bu cümlede noktalı yere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?
A) Nem oranının
B) Oksijen basıncının
C) Oksijen oranının
D) Hava basıncının
4. “Güzergâhın aplikasyonu, yükseklikleri ölçülecek noktaların kazıklarla tespiti ve ölçümünü kapsar.” Bu cümlede noktalı yere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?
A) Aliymanların
B) Somelerin
C) Uzunlukların
D) Açılarının
E)

5. Aşağıdaki Tablo 3.3'te mira okumaları verilen noktaların kotlarını hesaplayınız.

Nok. Nu.	Uzaklık	Mira okumaları			Dürbün ufku	Kot	Düşünceler
		g	o	i			
A	0+000	3,70				103,60	
1	0+010		2,71				
2	0+020		1,95				
3	0+040		0,11				
4	0+060		0,04				
5	0+085		0,51				
6	0+095	1,65		1,55			
7	0+115		3,04				
8	0+130		3,45				
9	0+145		3,46				
10	0+163		2,43				
11	0+183		1,43				
12	0+198		1,40				
13	0+210		1,74				
14	0+225		2,10				
B	0+240			1,76		105,64	
	[g]=						
	[i]=						
	[g]-[i]=				H_B-H_A=		

Tablo 3.3: Boy kesit nivelmanı ve hesabı

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

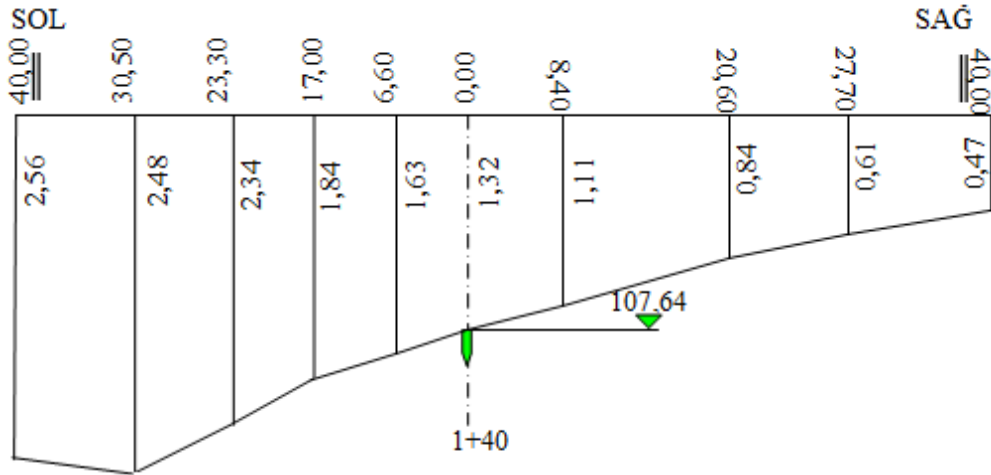
MODÜL DEĞERLENDİRME

A, B ve C bölümlerindeki istenilenleri yaparak kendinizi değerlendiriniz.

A) Yarıçapı 200 m olan bir kurbun Φ km=0+076,02 m, B km=0+187,02 m, F km=0+298,02 m olarak hesaplanmıştır. Bu kurpta 30 m aralıklarla ara noktaların kutupsal koordinat yöntemine göre aplikasyonu isteniyor. Verilen değerlere göre aşağıdaki tabloda istenilenleri hesaplayınız.

N.N	Kilometre	l_i	$\varepsilon_i = \alpha_{lm} \cdot l_i$	$T_o P_i = 2R \sin \varepsilon_i$
Φ	0+076,02			
	0+90,00			
	0+120,00			
	0+150,00			
	0+180,00			
B	0+187,02			
	0+217,00			
	0+247,00			
	0+277,00			
F	0+298,02			

B) Aşağıdaki şekilde nivelman yolu ile en kesit alımı yapılmış olan noktaların kotlarını enkesit nivelman karnesi üzerinde hesaplayınız.



Enkesit nivelman karnesi

Nok. Nu.	Uzaklık	Mira okumaları g o i	Dürbün ufku	Kot	Düşünceler
----------	---------	-------------------------	-------------	-----	------------

15	0,00	1,32				107,64	Sol eksen
	6,60		1,63				
	17,00		1,84				
	23,30		2,34				
	30,50		2,48				
	40,00		2,56				
15	0,00	1,32				107,64	Sağ eksen
	8,40		1,11				
	20,60		0,84				
	27,70		0,61				
	40,00		0,47				

C) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

- Yolun doğru kısımlarınadenir. Bu cümlede boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi getirilmelidir?
 - Güzergâh
 - Aliyman
 - Kurp
 - Some
- İki aliymanı birleştiren parabolik eğrileredenir. Bu cümlede boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi getirilmelidir?
 - Geçiş eğrisi
 - Düşey kurp
 - Yatay kurp
 - Parabol kurp
- Üzerine alet kurulamayan (Şekil 2.12) some noktası olan bir kurbun teğet boyunun bulunabilmesi amacı ile engele yakın seçilen A ve B gibi iki noktadan ölçülen açılar $\varphi = 40^\circ, 2603$ $\psi = 75^\circ, 1739$ ve ara mesafesi $\overline{AB} = 153,26$ m olarak ölçüldüğüne göre SA ve SB mesafeleri aşağıdakilerden hangisidir?
 - SA=148,60 SB=95,60
 - SA=147,70 SB=94,71
 - SA=145,80 SB=96,71
 - SA=146,02 SB=93,32

4. Doğruların kesişme noktasına noktası denir. Bu cümlede boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi getirilmelidir?
- A) Güzergâh
B) Aliyman
C) Kurp
D) Some
5. Some noktasının kilometresi $S_{km} = 0+200,10$ m, sapma açısı $\Delta = 104^g$ ve yarıçapı 200 m olan bir kurbun \mathbb{T} , B ve F noktalarının kilometreleri aşağıdakilerden hangisidir?
- A) $\mathbb{T} = 0+76,99$ B=0+188,74 F=0+297,04
B) $\mathbb{T} = 0+77,44$ B=0+186,66 F=0+296,15
C) $\mathbb{T} = 0+76,02$ B=0+187,02 F=0+298,02
D) $\mathbb{T} = 0+75,44$ B=0+1188,80 F=0+299,14

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	
2	
3	
4	
5	A
6	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	B
4	A

5.

Nokta adı	Kilometre	bi	γ_i	$X= R \cdot \sin\gamma_i$	$Y=R \cdot (1-\cos\gamma_i)$
T	0+057,44	0,00	0,00	0,00	0,00
	0+090,00	32,56	6,91	32,50	1,77
	0+120,00	62,56	13,28	62,13	6,50
	0+150,00	92,56	19,64	91,09	14,16
	0+180,00	122,56	26,01	119,19	24,69
B	0+198,74	141,30	29,98	136,11	32,66
T	0+340,04	0,00	0,00	0,00	0,00
	0+310,00	30,04	6,37	31,51	1,50
	0+280,00	60,04	12,74	59,64	5,99
	0+250,00	90,04	19,11	88,71	13,41
	0+220,00	120,04	25,47	116,85	23,69
B	0+198,74	141,30	29,98	136,11	32,66

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	A
3	D
4	C

5.

Nok. Nu.	Uzaklık	Mira okumaları			Dürbün ufku	Kot	Düşünceler
		g	o	i			
A	0+000	3,70			107,30	103,60	
1	0+010		2,71			104,59	
2	0+020		1,95			105,35	
3	0+040		0,11			107,19	
4	0+060		0,04			107,26	
5	0+085		0,51			106,79	
6	0+095	1,65		1,55	107,40	105,75	
7	0+115		3,04			104,36	
8	0+130		3,45			103,95	
9	0+145		3,46			103,94	
10	0+163		2,43			104,97	
11	0+183		1,43			105,97	
12	0+198		1,40			106,00	
13	0+210		1,74			105,66	
14	0+225		2,10			105,30	
B	0+240			1,76		105,64	
	[g]=	5,35		3,31		105,64	
	[i]=	3,31				103,60	
	[g]-[i]=	2,04			H_B-H_A=	2,04	

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	C
3	D
4	D
5	C

KAYNAKÇA

- KONYALIOĞLU Gürol, **Yol Bilgisi ve Uygulaması**, MEB Devlet Kitapları Müdürlüğü Yayını, İstanbul, 2004.
- SONGU Celal, **Ölçme Bilgisi, Cilt 1**, Birsen Yayın Evi, İstanbul, 1981.
- SONUÇ Turhan, **Kara Yolu Tekniği**, Ör Matbaası Yayını, İstanbul, 2003.
- YAMAN Naim, Fikri KAMAN, MEB Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları Genel Müdürlüğü, Ankara, 1979.