

47005.



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BARAJLARIN APLİKASYONU VE  
ATATÜRK BARAJI ÜZERİNDE  
BİR UYGULAMA**

Harita Kadastro Müh. Mahmut GÜLTEKİN

F.B.E. Jeodezi-Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında  
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ömer AYDIN

İstanbul - 1995

YÜKSEKÖĞRETİM TAYAN  
KÜLTÜR BAKANLIĞI  
TEZ KÜTÜPHANESİ

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa no</u>
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vii
SUMMARY.....	ix
1.0. GİRİŞ.....	1
2.0. SU KAYNAKLARI VE SU YAPILARININ GELİŞTİRİLMESİ.....	2
3.0. TÜRKİYE NÜFUSU VE DAĞILIMI.....	8
4.0. TÜRKİYE'NİN SU VE TOPRAK KAYNAKLARI POTANSİYELİ.....	11
5.0. BARAJLAR VE ÖNEMİ.....	14
6.0. BARAJ YAPIMI VE ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ İLE İLİŞKİLERİ.....	22
6.1. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED).....	22
6.1.1 ÇED'in Aşamaları.....	23
6.1.2. ÇED'de Aranılan Özellikler.....	26
6.2. Barajlar ve ÇED.....	27
7.0. BARAJLARIN TANITILMASI.....	32
7.1. Barajların Sınıflandırılması.....	32
7.1.1. Amacına göre barajlar.....	32
7.1.2. Gövde yapısına göre barajlar.....	32
7.2. Baraj Tesisleri.....	36
7.3. Baraj Tipinin Seçiminde Gözönüne Alınacak Fiziki Faktörler.....	41
7.4 Baraj Rezervuar Tayini.....	41
8.0. DOLUSAVAKLAR.....	46
8.1. Dolusavakların Görevleri.....	46
8.2. Dolusavakların Sınıflandırılması.....	49
8.2.1. Şekillerine göre dolusavaklar.....	49
8.2.2. Çalışma sistemlerine göre dolusavaklar.....	49
8.3. Dolusavağın Kısımları.....	50
9.0. BARAJ PROJELERİNİN EKONOMİK ANALİZ ESASLARI.....	51
9.1. Ekonomik Analizin Amacı.....	51
9.2. Ekonomik Analiz Metodları.....	51
9.3. Maliyet Tayini.....	51

9.3.1. İlk Yatırımın miktarı ve nasıl yatırım yapıldığı .....	52
9.3.2. Amortisman .....	52
9.3.3. İnşaat süresi .....	52
9.3.4. İşletme ve bakım masrafları .....	52
9.3.5. Su ekonomisi .....	53
9.3.6. Döviz ihtiyacı .....	53
9.4. Projenin Sağlayacağı Faydanın Tayini .....	53
10.0. BARAJLAR VE HARİTA MÜHENDİSİNİN GÖREVLERİ .....	54
10.1. Baraj Yeri Haritası .....	54
10.2. Baraj Projesinin Aplikasyonu .....	54
10.3. Baraj Rezervuarında Kadastral-Topoğrafik Haritaların Yapılması .....	55
10.4. Rezervuarda Kamulaştırma İşlemleri .....	55
10.5. Barajın Deformasyon Ölçmeleri .....	56
10.6. Baraj Gölünde Hidrografik Harita Yapımı .....	56
11.0. BARAJLARDA APLİKASYON .....	58
11.1 Baraj Aplikasyonunda Yapılacak Çalışmalar .....	58
11.1.1. Baraj nirengi ağının kurulması .....	58
11.1.2. Baraj poligon ağının kurulması .....	60
11.1.3. Baraj nivelman ağının kurulması .....	60
11.1.4. Poligon ve nivelman ağlarının dengelenmesi .....	61
11.2. Hafriyat Sistemi ve Doğal Zeminin Çıkarılması .....	61
11.3. Tünel ve Galerilerde Aplikasyon .....	62
11.3.1. Tünel güzergahının aplikasyonu .....	63
11.4 Donatısız Beton Kalıpları Aplikasyonu .....	64
11.4.1. Donatılı beton kalıpları aplikasyonu .....	66
11.5. Montaj .....	66
11.5.1. Cebri boru montajı .....	66
11.5.2. Draft Tube (Emme Borusu ) ve Salyangoz Montajı .....	71
11.5.3. Draft Tube Kapaklarının Montajı .....	72
11.5.3.1. Enerji nakil direkleri montajı .....	73
11.6. Kalıp Kontrollerinin Yapılması .....	75
12.0. APLİKASYON YÖNTEMLERİ .....	76
12.1. Yatay Aplikasyon .....	76
12.1.1. Noktaların aplikasyonu .....	76
12.1.1.1. Bağlama yöntemi .....	76

12.1.1.1.1. Bağlama yönteminin hassasiyeti.....	77
12.1.1.2. Dik koordinat yöntemi .....	80
12.1.1.2.1. Dik koordinat yönteminin hassasiyeti.....	81
12.1.1.3. Kutupsal koordinat yöntemi .....	82
12.1.1.3.1. Kutupsal koordinat yönteminin hassasiyeti .....	83
12.1.1.4. Kestirme yöntemi .....	84
12.1.1.4.1. Kestirme yönteminin hassasiyeti.....	84
12.2. Düşey Aplikasyon .....	85
12.2.1. Geometrik nivelman .....	86
12.2.1.1. Geometrik nivelmanda hassasiyet.....	87
12.2.2. Trigonometrik nivelman.....	88
12.2.2.1. Trigonometrik nivelmanda hassasiyet.....	89
12.3. Açık Aplikasyonu .....	89
12.3.1. Dik açıların aplikasyonu .....	90
12.3.2. Herhangi bir açının aplikasyonu.....	90
12.4. Bir Doğrultunun Aplikasyonu.....	91
12.5. Doğruların Aplikasyonu.....	93
12.5.1. Bir doğru uzantısının aplikasyonu.....	93
12.5.2. Birbirini görmeyen iki noktayı birleştiren bir doğrunun aplikasyonu.....	94
12.6. Daire Yaylarının (Kurbaların) Aplikasyonu .....	96
12.6.1. Kurb elemanlarının tayini ve aplikasyonu.....	96
<b>13.0. ATATÜRK BARAJI GÖVDE DOLGUSUNDA APLİKASYON ÇALIŞMALARI .....</b>	<b>100</b>
13.1. Gövde mansap bazalt (Riprap) şevi aplikasyonu.....	105
13.2. Gövde Kil Sınır Aplikasyonu.....	110
13.3. Gövde Filtre Sınırının Aplikasyonu.....	112
13.3.1. (2a) filtre sınırının aplikasyonu.....	112
13.3.2. 2b filtre sınırının aplikasyonu (Memba) .....	114
13.4. Gövde Yol Aplikasyonu (Mansap).....	115
<b>14.0 SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>119</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>123</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>125</b>

## ÖNSÖZ

İnsanın aklını kullanarak daha az çalışıp, daha rahat ve güzel bir biçimde yaşamak amacıyla geliştirdiği teknoloji ile ulaştığı günümüz medeniyeti içinde amacına ulaşmak için su ve enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Bu su ve enerji ihtiyacı insan amacına yaklaştıkça daha da artmaktadır.

Önceleri kendi gücü ile gördüğü işlerini başka enerji kaynaklarına yaptıran insan, içinde yaşadığı çevre şartlarını bile değiştirip kendisinin rahat edebileceği şartlara getirmek üzere enerji kullanarak çevresini kaplayan havayı ısıtmış veya soğutmuş, rutubetini azaltmış veya artırmıştır. Su ve enerji böylece insanın giydiği, yediği, içtiği, kullandığı ve işini gördüğü madde, alet, cihaz ve eşyanın meydana gelmesinde veya çalışarak iş görmesinde gerekli olmuştur.

Görülüyor ki teknolojiye atılan her yeni adım insanı, gelişmekte olan medeniyet yaşantısı içinde, daha çok enerji kullanmaya zorlamaktadır. Bu durum ise dünyada bilinen konvensiyonel enerji kaynaklarını hızlı bir şekilde tüketmektedir. Hahihazırda bitmeyen devamlı enerji sağlayabilen hidroelektrik kaynaklarının hemen hemen tamamına yakınından dünyamızda faydaniılmaktadır. Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artmasına ve buna paralel olarak su ve enerji kullanımındaki artış hızına ilaveten bir de çevre sorunlarına uyulması gereken şartlar gözönüne alınırsa, zaman kaybetmeden bitmeyecek veya uzun süre faydalanılabilecek, çevre sorunları yönünden temiz yeni enerji ve su kaynaklarının araştırılıp bulunmasına ve bunların istifademize sunulması için gerekli teknolojinin geliştirilmesine büyük bir hızla başlanılmalıdır.

Bundan böyle daha büyük hızla gösterilmek zorunluluğunda olan çabalar, ülkenin, hakkı olan özgürlük içinde haysiyetli, varlıklı, güvenli düzeye ulaştırılmasından doğmakta olduğu kadar, tüm dünyanın ve içinde olduğumuz uygar toplumların geliştirip uyguladığı bilim ve tekniğin ortaya koyduğu zorluklardan da doğmaktadır.

Yüzyılımızda hızla gelişen sulama, taşkın kontrolü, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacı ile sanayi ve büyük şehirlerin su, elektrik enerji ihtiyacı, yüksek barajların yapımı ve büyük hidroelektrik santrallerinin kurulması gereğini ortaya çıkarmıştır.

Bu tezin, su ve toprak kaynaklarından yararlanılarak genelde insanlara, özelde meslektaşlarımıza barajlar ve barajların aplikasyonundaki çalışmalarda yardımcı olacağını ümit ediyorum.

Bu çalışmaya beni özendiren ve çalışmalarım süresince de destek ve önerilerini esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Ömer AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım.

**Mahmut GÜLTEKİN**  
Harita Kadastro Mühendisi



## ÖZET

Türkiye, önemli su ve toprak kaynakları bulunan, bunların belli bir bölümünü geliştirmiş ve kalan büyük kısmını geliştirme çabalarını sürdüren bir ülkedir. Günümüzün çok hızlı nüfus artışının yanısıra, ekonomik yönden gelişmiş ülkelere nazaran görülen farklar, bu çabaların çok daha hızlı bir tempoya sahip olmasını zorunlu kılmaktadır.

İnsan yaşamıyla ilgili uygarlık eserlerinin kalıntıları onbin yıl öncesine kadar izlenmekte, insan varlığının başlangıcından çok daha eski olduğu bilinmektedir.

Anadolu'da yaşayan ilk kavimler dahi su biriktirme tesisleri kurmuşlardır. Çok eski devirlerden kalma gölet ve depolama tesislerine rastlanmaktadır. Genellikle içme suyu ihtiyacı için yapılmış iki tarafı taş duvar ve arası geçirimsiz toprakla doldurulmuş tarihi bentler halen görev yapmaktadır. Romalı'lar devrinden kalma, yükseklikleri 8-10 m'yi bulan ve genellikle feyezanlar sebebiyle yıkılmış gölet kalıntılarına Anadolu'nun birçok yerlerinde rastlanılmaktadır.

Osmanlı İmparatorluğu döneminde İstanbul içme suyu ihtiyacı için yapılmış olan bentler halen görevlerini sürdürmektedirler.

Yüzyılımızda ve özellikle Birinci Dünya Savaşından sonra hızla gelişen sulama, taşkın kontrolü ve kullanma suyu ihtiyacı ile sanayinin ve büyük şehirlerin elektrik enerjisi ihtiyacı, yüksek baraj ve hidroelektrik santrallerin kurulması gereğini ortaya çıkarmıştır.

Büyük kapasiteli inşaat makinalarının yapılabilmesi ve gelişen teknoloji, inşaat maliyetlerini düşürerek kitle halinde iş yapılmasını mümkün hale getirmiştir.

Türkiye'de Cumhuriyet dönemindeki ilk baraj Ankara ilinin içme suyu için yapılmış olan Çubuk I barajıdır. Bunun dışında İkinci Dünya Savaşı sonuna kadar yapılmış olan birkaç sulama amaçlı küçük barajın dışında bir faaliyet söz konusu değildir. Bu tarihen sonra baraj ve hidroelektrik santral inşaatında hızlanma görülür.

Sunulan tezde; bir baraj projesinin amacının, ondan faydalanacak olan insanların refah düzeylerini arttırmak olduğu, onlara hizmet götürmek

ve baraj inşaatının çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesinin gerektiği, barajların ve hidroelektrik santrallerinin daha fazla geliştirilmesini kolaylaştırmak için ne gibi çalışmalar yapılması gerektiği üzerinde durulmuştur.

Yaşam için suya, yaşam koşullarını iyileştirmek için de enerjiye ihtiyaç vardır. Tezde ayrıca can ve mal güvenliğinin sağlanmasının taşkın kontrolleri sayesinde olacağı, bütün bunların depolama gerektirdiği için barajlara ihtiyaç duyulduğu ve dengeli baraj projelerinin sağladığı hayati faydaların toplumun barajlar konusunda ikna edilmesine bağlı olduğu vurgulanmıştır. Bütün bunları düşündüğümüzde, baraj projelerinin planlanması, uygulaması ve güvenliğinin önemi daha iyi ortaya çıktığından bu gibi mühendislik çalışmalarında, gelişen teknolojiye maksimum düzeyde yararlanmanın gerekliliğine değinilmiştir. Nihayet bu konudaki sonuç ve öneriler işlenmiştir.



## SUMMARY

Turkey has important source of water and soil, but only some part of it has already been made for use and the great part of it will be able to be useful for country. That working has to be more fast because of the speed of the population and the differences of economy between the Turkey and the advanced countries.

The remains of the civilization tracements about human life is watched ten thousand years ago and it is known that, the tracements remains is older than the human-being life.

Even the first tribes living in Anatolia have been successful in building water storage installations. It is possible to find small dams and water storage installations dating from ancient periods. Built for the use of drinking water, old historic embankments were generally constructed by building stone walls on both sides of an impervious earth core. Such installations still exist and they are functioning. In many locations of Anatolia, it is possible to find ruins of small dams as big as 8 to 10 meters high, dated from Roman era, which were destroyed by heavy floods.

Some of the small dams built during the Ottoman Empire for drinking water requirements of Istanbul are still in use.

During our century and especially after World War I. the rapid development of irrigation, flood control and domestic water requirements and the large demand of electricity for the industry and large cities have necessitated the construction of large dams and hydroelectric power plants.

The progress in technology and in the manufacturing of large capacity construction equipment have decreased the construction cost and made possible the execution of mass production works.

The first dam built in Turkey during the Republic era is the Çubuk I dam, built for the domestic water requirement of the city of Ankara. No serious activities in dam construction can be observed until the end of second World War other than Çubuk I dam mentioned above and some other small dams built for irrigation purposes. After this date, however, an

increase in construction of dams and hydroelectric power plants can be observed.

In this thesis it was explained that the aim of a dam project is to increase humans, who will make use of them, living condition and to serve them, moreover it was told how it can be decrease to minimum, negative effects of dam building and what it should be done to more develop dams and hydroelectric power plants.

For life, water is essential and energy is necessary for improving it. In this thesis, it is stated security for life end property is enhanced by building, means of corralling flood, which is creating a reservoir of water by building dams and his requires convincing the habitats of the area by educating the about the benefits of dams. When all the above items are concerned, planning, application and reliability of such projects become more important, and in this thesis it is stated that using high technology in such applications is a necessity. Furthermore the results and proposals are evaluated on this subject in the contest of this thesis.

## 1.0.GİRİŞ

Kalkınmanın ana öğelerinden birini belki de en önemlisini teşkil eden enerji konusu gerek dünyada ve gerekse buna paralel olarak Türkiye'de her geçen gün önemini hissettirmektedir. Enerjinin istenen yerde, istenildiği zaman, sürekli, emin ve ucuz olarak sağlanması esastır. Son yıllarda, bütün dünyada ortaya çıkan enerji krizi, ülkelerin mümkün olduğu kadar kendi öz kaynaklarına dayanmaları ve onları geliştirmeleri gereğini ortaya koymuştur.

Yaşadığımız yüzyılda hızla gelişen sulama, taşkın kontrolü, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacı ile sanayi ve büyük şehirlerin elektrik-enerji ihtiyacı, yüksek barajların yapımı ve büyük Hidroelektrik santrallerinin kurulması gereğini ortaya çıkarmıştır.

İşletmeye açılmış tesislerde kolay ve düzenli bir işletme çalışmasının sürdürülmesi yanında tesislerin hizmete hazır bir durumda bulundurulması ve ekonomik ömürlerinin uzatılması için, bu tesislerin bakım ve onarımlarına özellikle önem verilmelidir.

Mühendisin hassasiyetle üzerinde durması gereken konu, herhangi bir çalışmada maksimum faydayı temin ederken, minimum maliyeti verecek çözümü elde edebilmesidir. Baraj Mühendisliğinde ise sorun daha karmaşıktır. Planlamacının son kaynak tahsisinden sonra, proje formülasyonunu değiştirebilmesi, hele düşünülen mühendislik yapılarının inşası bitmiş ise, zor belki de olanaksızdır. Seçilen tesisin büyüklüğü veya küçüklüğü, atıl kapasite yaratma veya yetersiz kalma gibi fiziksel esnekliklere sebep olduğu gibi, sosyoekonomik bakımdan da çok daha önemli zararlara da neden olabilmektedir.

## 2.0. SU KAYNAKLARI VE SU YAPILARININ GELİŞTİRİLMESİ

Türkiye, önemli su ve toprak kaynakları bulunan, bunların belli bir bölümünü geliştirmiş ve kalan daha büyük kısmını geliştirme çabalarını sürdüren bir ülkedir. Günümüzün çok hızlı nüfus artışının yanısıra, ekonomik yönden gelişmiş ülkelere kıyasla görülen farklar, bu çabaların çok daha hızlı bir tempoya sahip olmasını zorunlu kılmaktadır.

İnsan yaşamıyla ilgili uygarlık eserlerinin kalıntıları onbin yıl öncesine kadar izlenmekte, insan varlığının başlangıcından çok daha eski olduğu bilinmektedir. Dünya yüzünde izlenebilmiş en eski su yapıları olarak, Nil havzasında Fırat ve Dicle nehirlerinin Mezopotamya'da, İndus Havzasında, Huang-Ho Havzasında İ.Ö 3. ve 2. bin yıllarda özellikle akarsuların kontrolü ve sulama amacıyla ilginç su yapıları gerçekleştirildiğini gösteren kalıntılar ve belgeler bulunmaktadır. Yağış yönünden nispeten kurak belgelerde, ama büyük akarsular yakınında bu tür uygarlıkların yeşermesinin, akarsulardan yararlanmayı sağlayacak su yapıları sistemlerinin geliştirilmesiyle mümkün olabileceği doğaldır.

Diğer taraftan, yağış yönünden daha elverişli, iklimi uygun ama bu boyutlarda akarsuları olmayan yörelerde, büyük su yapılarına ihtiyacın daha geç gelişmesi de doğaldır. Bu kıyaslamaların izlerini İ.Ö.V. Yüzyılda, Herodot döneminde dahi bulmak mümkündür. Anadolu'da ilk güçlü devlet olan Hititlerin İ.Ö. II. binlerde ortaya çıkmasına karşı, Mısır, Mezopotamya, İndus ve Çin'de çok daha eski olmalarını da, buralardaki büyük su sistemlerinin tek elden yönetilme zorunluluğuna geniş ölçüde bağlamak ve bunları hidrolik uygarlık olarak adlandırmak yoluna dahi gidilebilmektedir.

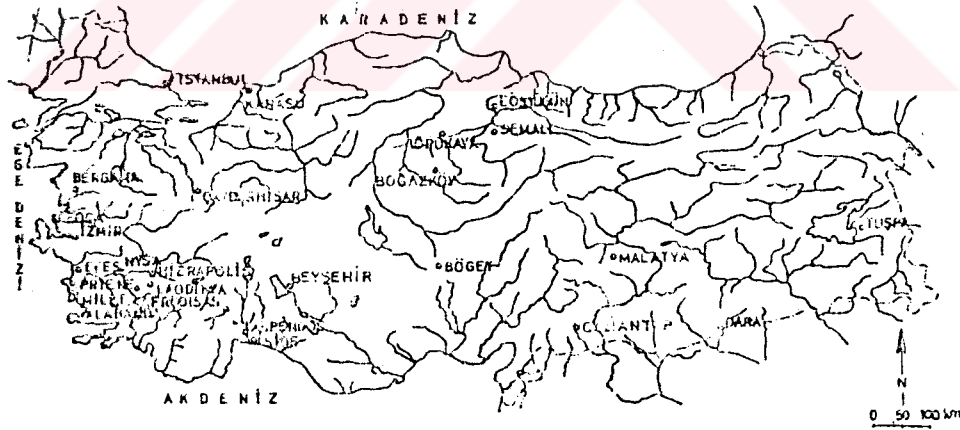
Anadolu'daki çağdaş su yapıları da uluslararası ortamda en az eski su yapıları kadar ilgi çekici niteliktedir. İlk kez Çeçenler tarafından geliştirilen ve İkizdere'de uygulanmaya başlanılan karşidan su alma ağızları, Akmandor tarafından geliştirilen ve Sızır'da uygulanan dairesel çökertme havuzları gibi yeniliklerin yanında, Kemer Barajı beton döküm sürati, Devegeçidi Barajı kret uzunluğu, Keban Barajı yüksekliği, Atatürk Barajı gövde dolgusu ve göl hacmi, Karakaya ve Atatürk santralleri kurulu güç ve enerji üretimi açılarından dünyanın sözü edilir tesisleri arasında yer almaktadır.

Türkiye'nin su kaynaklarının 180 milyar m<sup>3</sup>/yıl mertebesinde bulunduğu, bu potansiyelin yaklaşık yarısını ekonomik olarak değerlendirecek 500 kadar

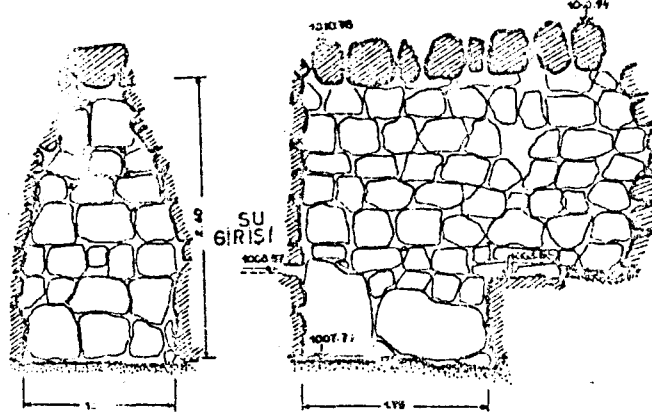
baraj ve 300'ü aşkın su kuvveti tesisi kurularak, 100 milyar kwh/yıl elektrik enerjisi üretilbileceği, 8,5 milyon hektara yakın arazinin sulanabileceği, 500 bin hektar arazinin taşkından korunabileceği, 2 milyar m<sup>3</sup>'ü aşkın suyun kentlere verilebileceği hesaplanmaktadır. Bugün için bu tesislerin % 10-15 kadarı çalışmakta, bir o kadarı da inşa halinde olup, üretilen enerji 10 milyar kwh/yılı, sulanan arazi 2 milyon hektarı aşmaktadır. 2000 yıllarına doğru Türkiye'nin elektrik enerji ihtiyacı 200 milyar kwh/yıl mertebesini bulacaktır. Artan nüfusun ve gelişen endüstrinin su ihtiyacının yeterince sağlanması gerekeceği gibi, kullanılmış suların çevreye zarar vermemesi, bugüne kadar verilmiş zararların giderilmesi yolunda da büyük çalışma ve yatırımlar gerekecektir.

Son yıllarda dünyanın su kaynakları üzerindeki baskılar önemli ölçüde artmıştır. Bunlardan bazıları;

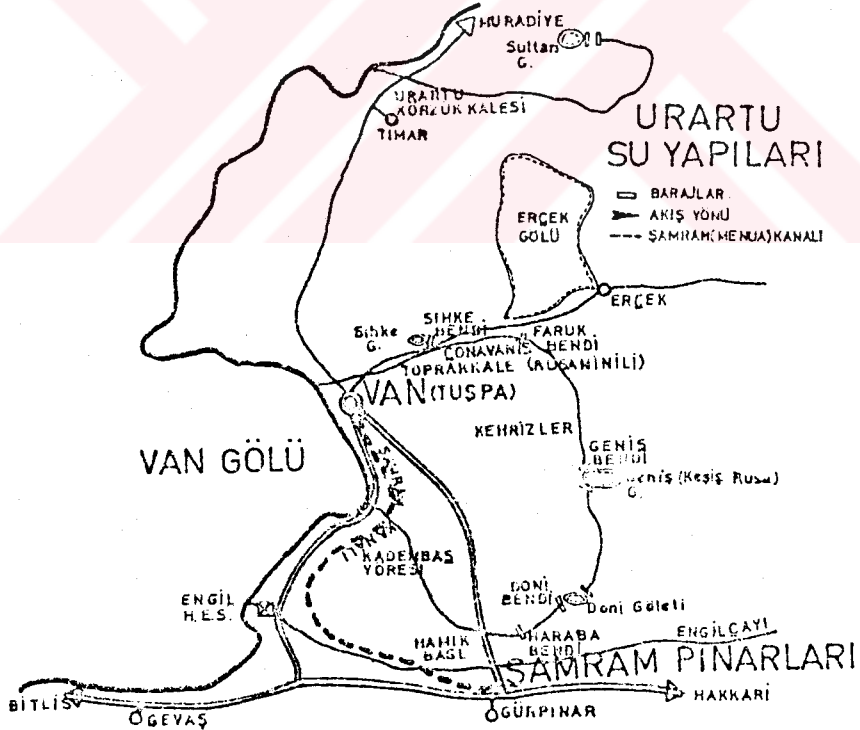
- Hızlı nüfus çoğalması ve şehirleşmedeki büyük artış,
- Ekonomik kalkınma için artan beklentiler,
- Yaşam koşullarının iyileştirilmesi, yani güvenilir su temini,
- Tarım sulamalarındaki büyük yayılma ve sulama sisteminin yetersizliği,
- Artan doğal kaynakların kullanımınıdır.



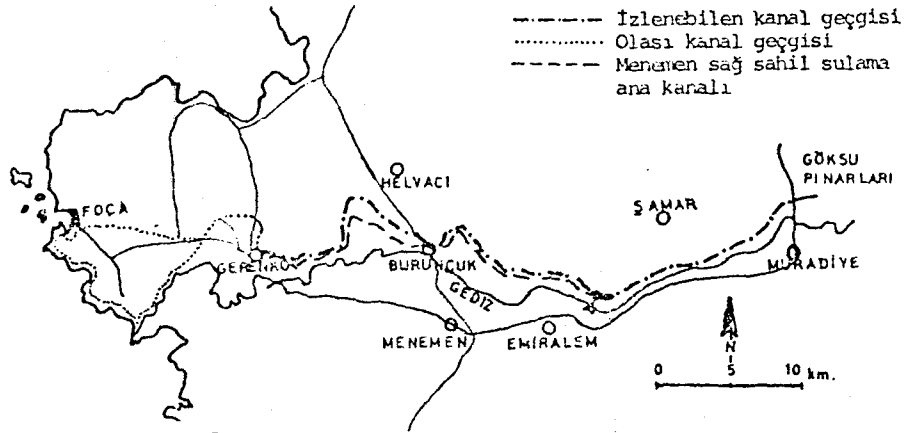
Şekil 1. Anadolu'daki başlıca tarihi su yapılarının yerleri



Şekil 2. Boğazköy yakınında Hitit dönemi pınar derleme yapısı

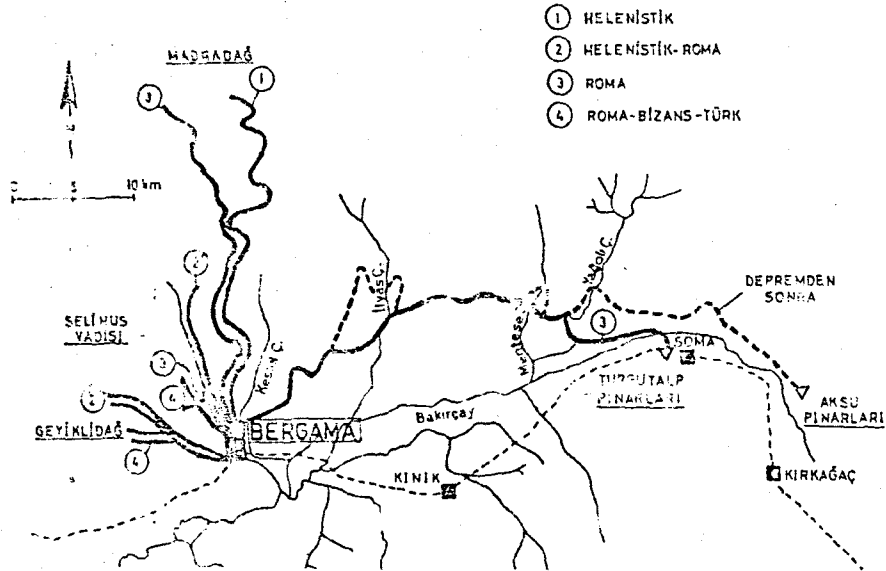
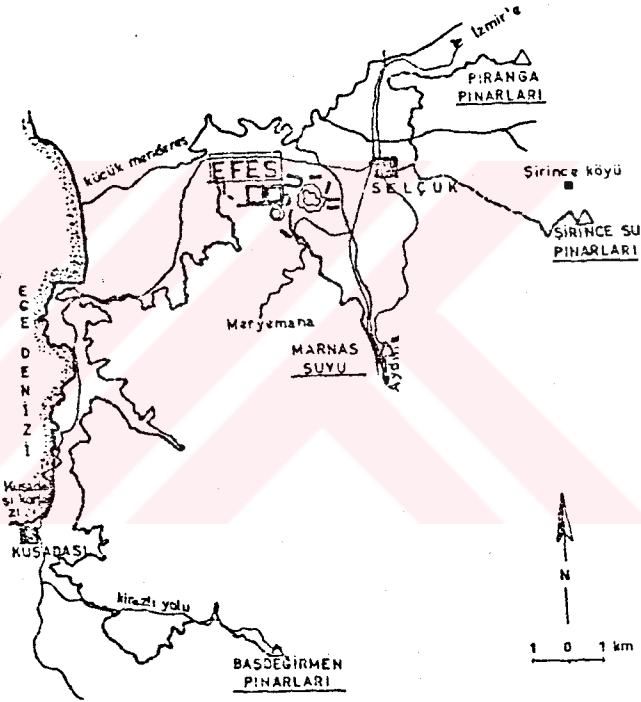


Şekil 3. Van yöresinde Urartu dönemi su yapıları

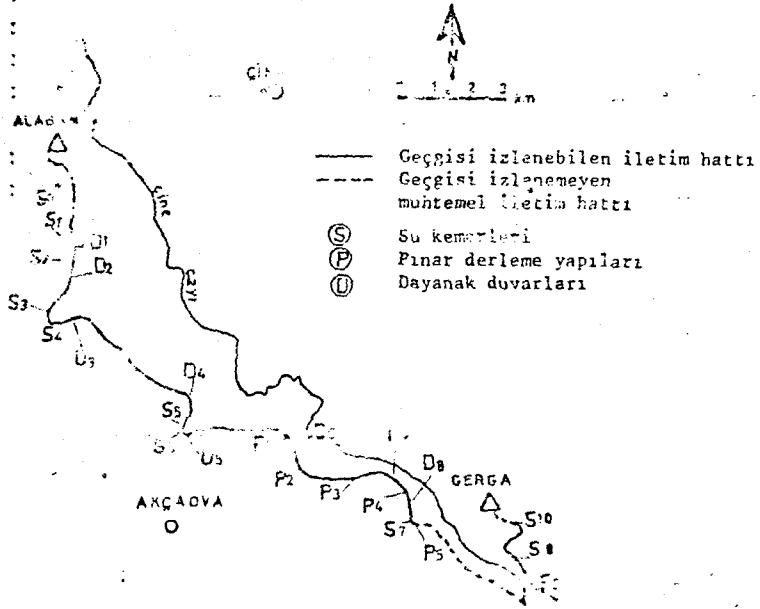


Şekil 4. Foça tarihi su iletim sistemi

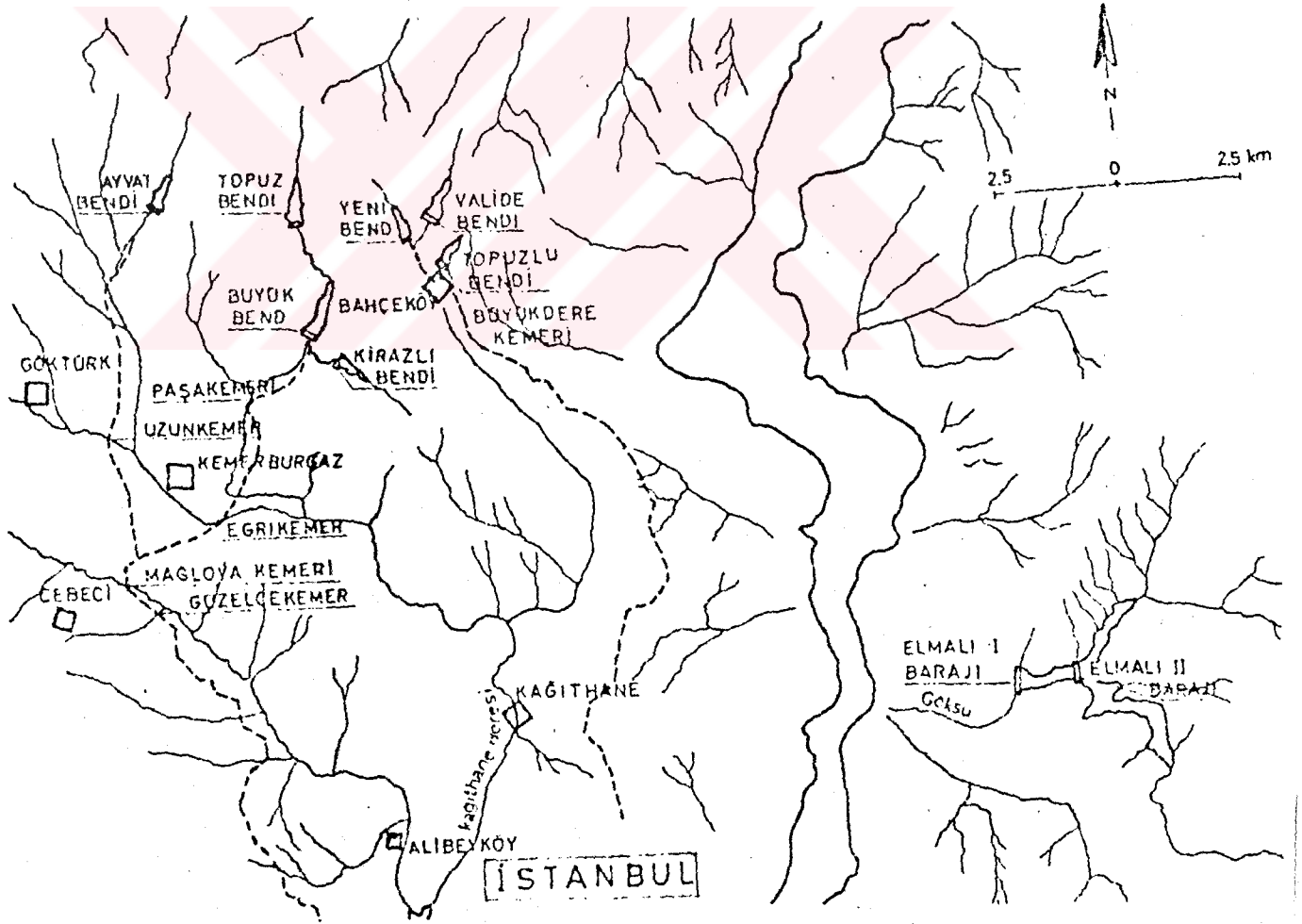
Şekil 5 Efes tarihi su iletim sistemleri



Şekil 6. Bergama tarihi su iletim sistemleri



Şekil 7. Alabanda ve Gerga tarihi su iletim sistemi



Şekil 8. İstanbul ve tarihi bentleri, Kırıkçeşme ve Taksim su iletim sistemleri



Çizelge 1.

ÇEŞİTLİ ÜLKELERDE SU KAYNAKLARI VE KULLANIM ORANLARI

ÜLKELER	Nüfus milyon kişi	Alan 1000 km <sup>2</sup>	Nüfus Yoğunluğu (kişi/km <sup>2</sup> )	SU KAYNAKLARI POTANSİYELİ				SU KAYNAKLARI KULLANIM ORANI %		
				Yeraltı su kaynağı (km <sup>3</sup> /yıl)	Yeraltı su kaynağı (km <sup>3</sup> /yıl)	Toplam su kaynağı (km <sup>3</sup> /yıl)	Birim alandaki toplam su kaynağı (km <sup>3</sup> /yıl/km <sup>2</sup> )	Yerüstü suyu	Yeraltı suyu	Toplam
Almanya	61,2	249	246	171	37,0	275	1,13	14,0	23,0	55
ABD	234,3	9 373	25	2 345	106,0	6 398	0,68	14,0	109,0	29
Belçika	10,1	31	326	18	0,9	33	1,00	42,0	75,0	98
Bulgaristan	9,0	111	81	197	3,0	254	2,29			89
Danimarka	5,1	43	119	15		30	0,70			5
Fransa	54,6	547	100	271		576	1,05	6,8		14
Hollanda	14,6	41	356	90		108	2,90	4,8		
Irak	16,5	435	38	26 (x)						
İngiltere	55,4	241	230	152	9,8	259	1,07	6,7	18,0	
İspanya	38,8	505	77	129		321	0,64			32
İtalya	57,2	301	190	160		330	1,10	28,3		
İran	46,1	1 648	28	85	22,7	368	0,22	31,0	82,0	
Portekiz	13,8	92	150	44	5,1	103	1,12	19,0	39,0	31
Suriye	10,5	185	57	26 (x)		47				
Türkiye	56,5	779	73	95	11,6	186	0,24	13,0	66,0	15
Yunanistan	10,0	132	76	89	2,5	166	1,26	5,3	75,0	11

(x) : Fırat ve Dicle nehirleri haric

### 3.0. TÜRKİYE NÜFUSU VE DAĞILIMI

Avrupa ve Asya kıtaları üzerinde bulunan Türkiye yüzölçümü, Trakya 23764 km<sup>2</sup> ve Anadolu 755.688 km<sup>2</sup> olmak üzere göller dahil 779.452 km<sup>2</sup>'dir. Bu alan üzerinde yaşayan nüfus ise 1985 yılında 50.644.458 iken 1990 yılında yapılan nüfus sayımına göre 56.473.035 kişi olmuştur. 1985 nüfus sayımına göre 65 kişi/km<sup>2</sup> olan nüfus yoğunluğu ise 1990 yılı esas alındığında 73 kişi/km<sup>2</sup>'ye ulaşmıştır. Genel nüfusun yıllık artışı %022 dolayındadır.

1990 yılı nüfus sayımına göre ve şehirleşmede sınır kabul edilen 10000 kişi birimi dikkate alındığında Türkiye nüfusunun 23.146.684'ünün kırsal alanda, 33.326.351'inin kentlerde bulunduğu çıkmaktadır. 1960 ve daha sonraki sayım yıllarında kent ve kırsal alan nüfuslarının, toplam nüfusa oranları ve artış oranları aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 1. 1960-1990 Yıllarında Kent ve Kırsal Nüfus Dağılımı

Yıllar	Kent Nüfusu		Kırsal Nüfus		Toplam
	Kişi	%	Kişi	%	
1960	8.859.731	31.9	18.895.089	68.1	27.754.820
1965	10.805.817	34.4	20.585.604	65.6	31.391.421
1970	13.691.101	38.5	21.914.075	61.5	35.605.176
1975	16.869.068	41.8	23.478.651	58.2	40.347.719
1980	19.645.007	43.9	25.091.950	56.1	44.736.957
1985	26.865.757	53.0	23.798.701	47.0	50.664.458
1990	33.326.351	59.0	23.146.684	41.0	56.473.035

Tablo 1'de görüldüğü gibi son 30 yıldır kırsal alan nüfusu doğal artışına rağmen hızla düşmekte, kent nüfusu ise artmaktadır.

Türkiye'de nüfusun kent ve kırsal alandaki dağılımı ve yapısı incelendiğinde su ve sulama çok önemlidir. Tarımsal sulama, içme, kullanma ve endüstri suyu sorunu, nüfustaki değişim ve dağılımı ile yakından ilgilidir. (Çizelge: 2,3).

Çizelge 2

DSİ BÖLGELERİ		VE İLLERE GÖRE ŞEHİR - KÖY NÜFUSLARI VE NÜFUS YÜZLÜĞÜ (1990 NÜFUS SAYIMINA GÖRE)				
DSİ BÖLGELERİ VE İLLERİ	TOPLAM NÜFUS	ŞEHİR NÜFUSLARI	KÖY NÜFUSLARI	YÜZLÜĞÜ	İNÜFUS İYÜĞÜ	
<b>I - B Ö L G E</b>						
BURSA	1 603 137	1 157 805	445 332	11 043	145	
KOCAELİ	936 163	582 559	353 604	3 626	258	
İSTANBUL	7 309 190	6 753 929	555 261	5 712	1 280	
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>9 848 490</b>	<b>8 494 293</b>	<b>1 354 197</b>	<b>20 381</b>	<b>483</b>	
<b>II - B Ö L G E</b>						
İZMİR	2 694 770	2 134 816	559 954	11 973	225	
MANİSA	1 154 418	590 374	564 044	13 810	54	
UŞAK	290 283	146 809	143 474	5 341	54	
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>4 139 471</b>	<b>2 871 999</b>	<b>1 267 472</b>	<b>31 124</b>	<b>133</b>	
<b>III - B Ö L G E</b>						
BİLECİK	175 526	90 373	85 153	4 307	41	
ESKİŞEHİR	641 057	477 436	163 621	13 652	47	
KUTAHYA	578 020	241 999	336 021	11 875	49	
SAKARYA	683 061	297 759	385 302	4 817	142	
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>2 077 664</b>	<b>1 107 567</b>	<b>970 097</b>	<b>34 651</b>	<b>60</b>	
<b>IV - B Ö L G E</b>						
KONYA (1)	1 855 692	911 382	744 310	36 815	45	
NİĞDE	305 861	97 286	208 575	7 312	42	
AKSARAY	326 399	144 217	182 182	7 826	43	
KARAMAN	217 536	106 051	111 485	9 163	24	
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>2 505 488</b>	<b>1 258 936</b>	<b>1 246 532</b>	<b>80 916</b>	<b>41</b>	
<b>V - B Ö L G E</b>						
ANKARA	3 236 626	2 836 719	399 907	25 706	126	
BOLU	536 889	203 122	333 747	11 051	49	
ÇANKIRI	279 129	113 855	165 274	8 454	33	
ÇORUM	609 863	253 804	356 059	12 820	48	
KIRIKKALE	349 396	243 378	106 018	4 385	80	
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>5 011 883</b>	<b>3 650 878</b>	<b>1 361 005</b>	<b>62 396</b>	<b>80</b>	
<b>VI - B Ö L G E</b>						
ADANA	1 934 907	1 350 339	584 568	17 253	112	
HATAY	1 109 754	531 707	578 047	5 403	205	
İCEL	1 266 995	787 284	479 711	15 853	80	
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>4 311 656</b>	<b>2 669 330</b>	<b>1 642 326</b>	<b>38 509</b>	<b>112</b>	
<b>VII - B Ö L G E</b>						
AMASYA	357 191	182 544	194 647	5 520	65	
ORDU	830 105	336 820	493 285	6 001	138	
SAMSUN	1 158 400	525 305	633 095	9 579	121	
SİNOP	265 153	86 314	178 839	5 862	45	
TOKAT	719 251	308 304	410 947	9 958	72	
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>3 330 100</b>	<b>1 419 287</b>	<b>1 910 813</b>	<b>36 920</b>	<b>90</b>	
<b>VIII - B Ö L G E</b>						
AGRI	437 093	158 758	278 335	11 376	38	
ERZİNCAN (2)	290 226	142 100	148 126	10 735	27	
ERZURUM	848 201	400 348	447 853	25 066	34	
KARS	662 155	209 463	452 692	18 557	36	
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>2 237 675</b>	<b>910 669</b>	<b>1 327 006</b>	<b>65 734</b>	<b>34</b>	
<b>IX - B Ö L G E</b>						
BİNGÖL	250 966	86 648	164 318	8 125	31	
ELAZIĞ	498 225	272 790	225 435	9 153	54	
MALATYA	702 055	379 188	322 867	12 313	57	
TUNCELİ	133 143	50 799	82 344	7 774	17	
ERZİNCAN (2)	9 025	2 044	6 981	1 168	8	
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>1 593 414</b>	<b>791 469</b>	<b>801 945</b>	<b>38 533</b>	<b>41</b>	
<b>X - B Ö L G E</b>						
DIYARBAKIR	1 094 996	600 640	494 356	15 355	71	
MARDİN	557 727	249 032	308 695	8 891	83	
SİİRT	243 435	110 139	133 296	5 406	45	
BATMAN	344 669	193 621	151 048	4 694	73	
SİRNAK	262 006	125 264	136 742	7 172	37	
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>2 502 833</b>	<b>1 278 696</b>	<b>1 224 137</b>	<b>41 518</b>	<b>60</b>	

## Çizelge 3

DSİ BÖLGELERİ VE İLLERE GÖRE ŞEHİR - KÖY NÜFUSLARI VE NÜFUS YOĞUNLUĞU  
(1990 NÜFUS SAYIMINA GÖRE)

DSİ BÖLGELERİ VE İLLERİ	TOPLAM NÜFUS	ŞEHİR NÜFUSLARI	KÖY NÜFUSLARI	YÜZLÜCÜMÜ	NÜFUS YOĞUNLUĞU
<b>XI - B Ö L G E</b>					
EDİRNE	404 599	210 421	194 178	6 276	64
KIRKLARELİ	309 512	149 532	159 980	6 550	47
TEKİRDAĞ	468 842	258 940	209 902	6 218	75
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>1 182 953</b>	<b>618 893</b>	<b>564 060</b>	<b>19 044</b>	<b>62</b>
<b>XII - B Ö L G E</b>					
KAYSERİ	943 484	604 072	339 412	16 917	56
KIRŞEHİR	256 862	126 406	130 456	6 570	39
NEVŞEHİR	289 509	112 955	176 554	5 467	53
YOZGAT	579 150	208 183	370 967	14 123	41
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>2 069 005</b>	<b>1 051 616</b>	<b>1 017 389</b>	<b>43 077</b>	<b>48</b>
<b>XIII - B Ö L G E</b>					
ANTALYA	1 132 211	602 194	530 017	20 591	55
<b>XV - B Ö L G E</b>					
SANLIURFA	1 001 455	551 124	450 331	18 584	54
<b>XVII - B Ö L G E</b>					
BITLİS	330 115	142 947	187 168	6 707	49
HAKKARİ	172 479	71 099	101 380	7 121	24
MÜŞ	376 543	101 154	275 389	8 196	46
VAN	637 433	258 967	378 466	19 069	33
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>1 516 570</b>	<b>574 167</b>	<b>942 403</b>	<b>41 093</b>	<b>37</b>
<b>XVIII - B Ö L G E</b>					
KONYA (1)	94 611	51 746	42 865	1 442	66
AFYONKARAHİSAR	739 223	306 209	433 014	14 230	52
BURDUR	254 899	129 112	125 787	6 887	37
ISPARTA	434 771	229 574	205 197	6 933	48
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>1 523 504</b>	<b>716 641</b>	<b>806 863</b>	<b>31 492</b>	<b>48</b>
<b>XIX - B Ö L G E</b>					
SİVAS	767 481	381 947	385 534	28 488	27
<b>XX - B Ö L G E</b>					
K.MARAS	892 952	407 215	485 737	14 327	62
GAZİANTEP	1 140 594	621 127	519 467	7 642	149
ADİYAMAN	513 131	219 304	293 827	7 814	67
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>2 546 677</b>	<b>1 447 646</b>	<b>1 099 031</b>	<b>29 583</b>	<b>66</b>
<b>XXI - B Ö L G E</b>					
AYDIN	824 816	384 711	440 105	8 007	103
MUĞLA	562 809	186 397	376 412	13 338	42
DENİZLİ	750 882	337 793	413 089	11 868	63
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>2 138 507</b>	<b>908 901</b>	<b>1 229 606</b>	<b>33 213</b>	<b>64</b>
<b>XXII - B Ö L G E</b>					
ARTVİN	212 833	66 097	146 736	7 436	29
QİRESUN	499 087	219 114	279 973	6 934	72
GÜMÜŞHANE	169 375	58 996	110 379	6 575	26
TRABZON	795 849	303 612	492 237	4 685	170
RİZE	348 776	133 370	215 406	3 920	88
BAYBURT	107 330	41 295	66 035	3 652	29
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>2 133 250</b>	<b>822 484</b>	<b>1 310 766</b>	<b>33 202</b>	<b>64</b>
<b>XXIII - B Ö L G E</b>					
KASTAMONU	423 811	148 710	274 901	13 108	32
ZONGULDAK	1 073 560	411 617	661 943	8 629	124
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>1 497 371</b>	<b>560 327</b>	<b>936 844</b>	<b>21 737</b>	<b>68</b>
<b>XXV - B Ö L G E</b>					
BALIKESİR	973 314	468 758	504 556	14 292	68
CANAKKALE	432 263	168 529	263 734	9 737	44
<b>BÖLGE TOPLAMI</b>	<b>1 405 577</b>	<b>637 287</b>	<b>768 290</b>	<b>24 029</b>	<b>58</b>
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>56 473 035</b>	<b>33 326 351</b>	<b>23 146 684</b>	<b>774 815</b>	<b>73</b>

(1) IV. BÖLGEDE AKŞEHİR NÜFUSU DIŞINDA KONYA İLİ NÜFUSU, XVIII. BÖLGEDE AKŞEHİR NÜFUSU GÖSTERİLMİŞTİR.

(2) VIII. BÖLGEDE KEHALİYE NÜFUSU DIŞINDA ERZİNCAN İLİ NÜFUSU, IX BÖLGEDE KEHALİYE NÜFUSU GÖSTERİLMİŞTİR.

#### 4.0. TÜRKİYE'NİN SU VE TOPRAK KAYNAKLARI POTANSİYELİ

Su kaynaklarının gelişmesi ile ilgili sorunları geniş çapta etüd etmek üzere. Türkiye, drenaj sahaları itibariyle 26 havzaya ayrılmıştır.

Türkiye'nin su rejimini düzenlemek için 662 baraj inşası düşünülmüştür. İleri düzeyde yapılacak etüdlerde bu barajların sayısı üzerinde etkisi olacaktır.

Söz konusu barajlar vasıtasıyla akarsular düzenlendiğinde;

6.609.382 ha arazinin sulanması,

636.794 ha arazinin taşkından korunması,

135.381 ha arazinin kurutulması

7726,4 hm<sup>3</sup> suyun içme suyu olarak şehir ve kasabalara isalesi,

34.484,3 MW Toplam güçte yapılacak 467 adet hidroelektrik santral vasıtası ile 121.884 GWh enerji üretilmesi mümkün olacaktır. (Çizelge 4,5)



## GİZELGE: 4:

No:	A D I	H A Z İ R A			HAZIRDAKİ ORTALAMA SU			HAZIRDA SU DEĞİŞİMİ			HAZIRDA TOPRAK KAYNAKLARI (ha)			Gelişiminin Gerçekleşmesi İçin Gerçekleştirilen Yatırım (1990 yılı fiyatları milyon TL)			DEVELOPMAN SONU ELDE EDİLECEK FAYDALAR		
		KÜFUSU 1990 YILII	YÜZÖLÇÜMÜ (KRZ)	Yıllık Ortalama Havza Yağış (mm)	Yıllık Yıllık Ortalama Havza Yağış (mm)	Yıllık Toplam Akış (m <sup>3</sup> /s)	Yıllık Toplam Akış (m <sup>3</sup> /s)	BeraJ Depo Edilen Su (m <sup>3</sup> )	Öve Arzıtisi	Sulandabilir Sulandırıyılan Öve Arzıtisi	Öve Arzıtisi	Sulandabilir Sulandırıyılan Öve Arzıtisi	Sulama (ha)	Taahhüt Korunma (ha)	Kurulum (ha)	E M E R J I Kurulu Güç Üret. (KW)	İçmesuyu (m <sup>3</sup> /YILI)		
1	MERIC ERGENE	1 002 635	14 560	804,0	2,9	1,33	20	947,4	1 381 229	1 223 263	157 966	1 651 066	91 645	68 049	9 018	-	69,0		
2	MARMARA	9 392 254	24 100	728,7	11,0	6,33	54	2 191,3	319 020	237 190	81 830	12 993 744	72 962	8 640	-	-	2 658,6		
3	SUSURLUK	1 882 366	22 339	711,6	7,2	5,43	20	3 121,7	529 455	396 073	133 382	3 703 246	176 779	41 528	-	440,4	211,0		
4	KUZZEY EGE	575 234	10 003	824,2	7,4	2,09	13	765,3	904 117	637 364	266 753	1 400 308	91 324	-	16,2	42	154,0		
5	GEDİZ	2 103 941	18 000	603,0	3,6	1,95	13	3 355,6	521 472	386 013	135 459	2 129 055	189 792	50 210	5 475	250,0	425		
6	KÜÇÜK MENDERES	1 672 677	6 907	727,4	5,3	1,19	10	811,4	202 415	174 766	27 649	2 438 143	26 985	22 300	-	48,0	143		
7	BÜYÜK MENDERES	1 809 770	24 976	664,3	3,9	3,03	13	2 403,6	812 000	589 700	222 300	4 810 315	295 893	55 851	-	232,0	907		
8	BATI KARADENİZ	780 244	20 953	875,8	12,4	8,93	18	1 685,9	322 000	211 500	110 500	3 846 839	142 881	7 963	4 723	730,2	2 753		
9	ANTALYA	1 281 999	19 577	1 000,4	24,2	11,06	11	2 780,6	444 260	350 309	93 951	3 951 267	167 311	18 831	15 994	1 158,8	4 073		
10	BURDUR GÖLLER	205 786	6 374	446,3	1,8	0,50	11	196,0	220 025	181 808	38 217	460 421	37 333	-	-	-	-		
11	AKARÇAY	535 478	7 605	451,8	1,9	0,49	3	172,0	323 900	272 100	51 800	589 590	49 767	12 000	-	-	-		
12	SAKARYA	5 189 644	58 180	524,7	3,6	6,40	40	7 089,9	2 075 100	1 671 600	403 500	14 973 261	325 271	68 653	45 239	1 061,3	2 362		
13	BATI KARADENİZ	2 036 569	29 588	811,0	10,6	9,93	23	2 447,8	392 400	227 900	164 500	3 153 504	97 215	10 132	308	585,0	2 114		
14	YEŞİLIRMAK	2 427 117	36 114	496,5	5,1	5,80	41	4 876,5	1 328 046	894 385	431 661	7 487 209	259 100	73 154	-	1 274,1	5 280		
15	KIZILIRMAK	3 833 053	78 180	446,1	2,6	6,48	82	23 089,5	3 528 800	2 393 815	1 134 985	12 593 177	619 176	57 762	12 119	2 086,6	6 715		
16	KONYA KAPALI	2 424 286	53 850	416,8	2,5	4,52	25	2 884,8	2 702 383	2 071 840	630 543	5 411 281	476 280	-	3 300	31,0	104		
17	DOĞU KARADENİZ	1 634 036	22 048	745,0	15,6	11,07	12	9 213,5	212 256	138 493	73 763	6 867 171	88 917	3 270	5 285	1 354,8	4 692		
18	SEYHAN	1 586 821	20 450	824,0	12,3	8,01	18	6 182,9	485 466	314 825	170 641	8 766 834	315 256	42 292	80	1 930,1	8 893		
19	ASTI	1 303 741	7 796	815,6	3,4	1,17	8	850,9	442 280	165 010	277 270	699 259	123 943	13 000	20 000	50,1	120		
20	CEYHAN	859 002	21 982	731,6	10,7	7,18	24	7 658,6	734 472	659 872	74 600	10 095 336	571 272	78 222	11 300	1 416,3	4 875		
21	FIRAT	6 478 772	127 304	540,1	8,3	31,81	80	109 947,7	4 947 840	1 776 575	3 171 065	43 344 578	1 523 752	-	-	9 422,4	37 724		
22	DOĞU KARADENİZ	2 507 257	24 077	1 198,2	19,5	14,90	45	1 517,0	738 996	83 989	653 029	10 242 088	-	1 397	-	3 484,4	11 416		
23	ÇORUH	508 719	19 872	829,4	10,1	6,30	17	7 467,6	157 600	82 400	75 200	7 729 101	14 486	-	-	3 382,8	10 783		
24	ARAS	1 234 532	27 548	432,4	5,3	6,83	18	3 555,3	810 900	463 300	327 600	2 603 869	210 983	3 740	-	600,4	2 202		
25	YAN KAPALI	783 021	19 405	474,3	5,0	2,39	7	587,9	225 000	195 400	33 600	1 512 895	84 789	-	3 000	81,5	257		
26	DICLE	2 438 279	57 614	607,2	13,1	21,33	36	30 330,5	1 950 498	402 852	1 548 046	19 592 866	576 270	-	-	4 924,3	16 884		
	TOPLAM	56 473 035	779 452	642,6	209,3	188,05	882	238 101,4	28 712 132	16 222 122	10 490 010	183 046 247	6 609 382	836 794	135 801	34 484,3	121 084		
			(XX)	(X)													7 726,4		

NOT: (X) Ortalama değer, (XX) Akarsu havzalarının Türkiye dışındaki alanları dahil edilmiştir.  
Ek Çizelge 3-1, 13-1, 14-1, 14-2 ve 15-1'den yararlanılmıştır.

Çizelge 5

## TÜRKİYEDEKİ HİDROLİK POTANSİYELİN HAVZALARA GÖRE DAĞILIMI

Havza No	Havza Adı	Çalışmakta olan		İnşa halinde		Planlaması var olan veya yapılmakta olan		Diğerleri		TOPLAM	
		Kurulu Güç (MW)	Ortalama Enerji (GWh)	Kurulu Güç (MW)	Ortalama Enerji (GWh)	Kurulu Güç (MW)	Ortalama Enerji (GWh)	Kurulu Güç (MW)	Ortalama Enerji (GWh)	Kurulu Güç (MW)	Ortalama Enerji (GWh)
3	Susurluk	3,8	12	—	—	180,1	749	256,5	619	440,4	1 390
4	Kuzey Ege	—	—	—	—	—	—	16,2	42	16,2	42
5	Gediz	69,0	193	—	—	—	—	181,0	232	250,0	425
6	K. Menderes	48,0	143	—	—	—	—	—	—	48,0	143
7	B. Menderes	2,3	13	62,0	280	188,7	568	9,0	46	232,0	907
8	Batı Akdeniz	13,0	36	—	—	56,9	313	660,3	2 404	730,2	2 753
9	Antalya	711,7	2 429	46,4	205	254,4	895	146,3	484	1 158,8	4 013
12	Sakarya	438,4	962	67,5	271	498,3	855	57,1	274	1 061,3	2 362
13	Batı Karadeniz	9,4	40	—	—	43,1	153	532,5	1 921	585,0	2 114
14	Yeşilirmak	793,3	2 520	120,3	423	61,2	216	299,3	2 121	1 274,1	5 280
15	Kızılırmak	964,8	2 507	—	—	896,3	2 944	207,5	1 264	2 068,6	6 715
16	Konya Kapalı	1,0	4	—	—	—	—	20,0	100	31,0	104
17	Doğu Akdeniz	138,3	737	159,3	528	815,0	2 430	242,0	997	1 354,6	4 692
18	Seyhan	60,0	371	176,6	629	590,0	2 198	1 103,5	3 695	1 930,1	6 893
19	Asi	3,0	15	—	—	47,1	105	—	—	50,1	120
20	Ceyhan	141,6	581	917,5	2 908	52,2	212	277,0	974	1 418,3	4 675
21	Fırat	3 197,8	13 660	2 691,9	9 551	1 335,0	4 916	2 227,7	9 589	9 422,4	37 724
22	Doğu Karadeniz	86,0	417	85,0	198	1 611,0	5 053	1 681,5	5 748	3 464,4	11 416
23	Çoruh	30,9	95	—	—	2 547,0	8 373	784,7	2 315	3 362,6	10 793
24	Aras	18,2	73	—	—	67,2	183	515,0	1 946	600,4	2 202
25	Van Kapalı	9,9	29	8,8	44	2,2	14	40,6	170	61,5	257
26	Dicle	1,6	6	402,0	927	1 540,0	5 517	2 980,7	10 494	4 924,3	16 884
	TOPLAM	6 742,9	24 852	4 707,3	15 964	10 785,7	35 694	12 248,4	45 374	34 484,3	121 864

Dünyadaki kayıtlı barajlar listesinde, 1900 yılından önce 1000'den fazla baraj olduğu kaydedilmiştir. (Şekil 9,10)'da gösterildiği gibi 20. Yüzyılın ortalarından sonra dünyadaki barajların sayısında büyük bir artış olmuştur. Mevcut barajların %85'inden fazlası son yıllarda inşa edilmiştir (Çizelge: 6).

Tablo 2'de gösterildiği gibi son yıllarda bitirilen barajların sayısında bir azalma görülmektedir. 1989 yılında %80'i 30 metreden yüksek ve %1'i 100 metreden yüksek 200'den fazla barajın bitirilmiş olması kayda değerdir. Ayrıca bu barajlardan çok büyük 12 adeti ya 150 metreden yüksek veya 150 milyon m<sup>3</sup> den daha fazla gövde hacmine sahiptir. Ya da 25 km<sup>3</sup>'den daha fazla rezervuar kapasitesine sahiptir. Yine bu barajlardan 45'i 1989 yılında, 48'i de 1990 yılında inşa halindeydi (Tablo 2).

Tablo 2. 150 m'den daha yüksek, çok büyük baraj projeleri

Yer	1989 Yılında	1990 Yılında
Kanada	0	1
Latin Amerika	20	17
Çin	6	7
Doğu ve Güneydoğu Asya	6	8
Türkiye	5	1
Hindistan	3	4
Avrupa	2	4
SSCB	2	2
Afrika	1	4
<b>Toplam :</b>	<b>45</b>	<b>48</b>

Hidroelektrik enerjinin geliştirilmesi için gelecekteki imkanlar gerçekten fazladır. Çünkü bugüne kadar teknik olarak kullanılabilir potansiyelin %10'undan azının geliştirildiği kalkınmakta olan ülkelerde hidroelektrik enerji, istifade edilmemiş çok büyük potansiyeli ile tümüyle tecrübe sahibi olduğumuz bir kaynaktır. Tablo 3'de gösterildiği gibi 1988 yılında dünya çapında hidroelektrik üretim potansiyelinin %13,5'u (1989 yılında %14,5) geliştirilmiştir. Şekil 11-12'de Dünyada ve ABD'de hidroelektrik kapasitesinin gelişimini gösterilmektedir.



## Çizelge 6

## BAZI KARAKTERLERİNE GÖRE DÜNYADAKİ BAŞLICA BARAJLAR - 1991

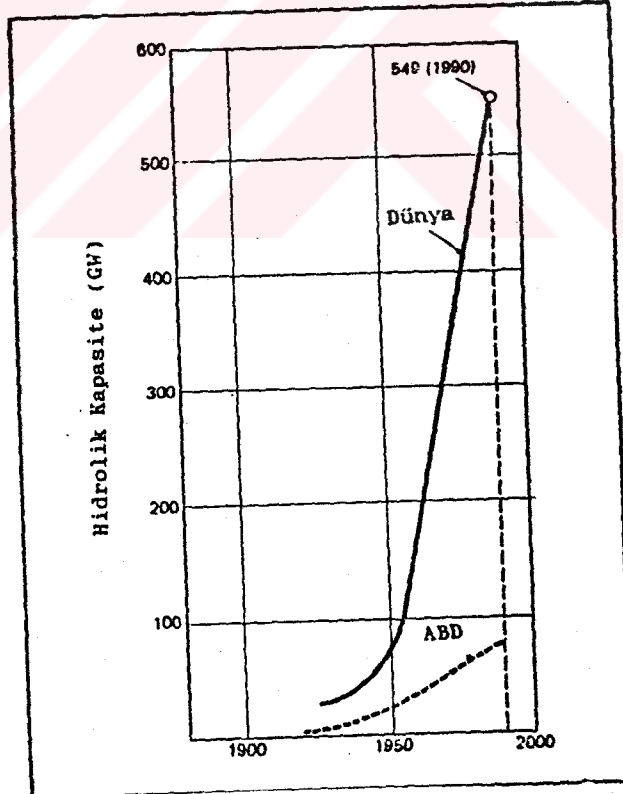
En Yüksek Doğru Barajlar				En Büyük Gövde Doğru Hacimli Barajlar				En Büyük Depolama Kapasiteli Barajlar				
Sıra- lama Adı	Bitiş Yılı	Ülkesi	Yüksekliği Tipi (m)	Sıra- lama Adı	Bitiş Yılı (1932)	Ülkesi	Hacim (m <sup>3</sup> × 10 <sup>6</sup> )	Sıra- lama Adı	Bitiş Yılı	Ülkesi	Tipi	Dep. (hm <sup>3</sup> )
1	Regun (1931)	Rusya	E/R 335	1	Synoude Tailings (1932)	Kanada	E 540 000	1	Owen Falls	Üganda	G	2 700 000
2	Nurek (1930)	Rusya	E 300	2	New Cornelia (1973)	ABD	E 209 500	2	(Gölgeli çehre)	Zimbabve	E/G	192 000
3	Chirotsan (1930)	Meksika	E/R 261	3	Tailings (1976)	Rusya	E/R 112 200	3	Kakhovskaya	Rusya	A	180 600
4	Tehr (1927)	Hindistan	E/R 261	4	Tarbela (1937)	Pakistan	E/R 106 000	4	Kariba	Zambiya	E/G	168 270
5	Kambaratinsk (1925)	Rusya	E/R 255	5	Fort Peck (1930)	ABD	E 93 000	5	Edask	Rusya	E/R	168 900
6	Kishau (1923)	Hindistan	E/R 246	6	Lower Usuma (1934)	Nijerya	E 85 200	6	Aswan High	Mısır	E/R	146 000
7	Guevio (1923)	Kolombiya	E/R 242	7	Tucuru (1930)	Brezilya	E/R 84 500	7	Akosembo	Gana	E/R	141 852
8	Mica (1923)	Kanada	E/R 237	8	Alatürk (1936)	Türkiye	E/R 77 971	8	Daniel Johnson	Kanada	M	138 000
9	Chivor (1923)	Kolombiya	E/R 230	9	Gun (Raul Leon) (1991)	Venezuela	E/R 71 000	9	Guri	Venezuela	E/R	73 303
10	Oroville (1933)	ABD	E 213	10	Regun (1994)	Rusya	E/G 67 700	10	Krasnoyarsk	Rusya	G	70 303
11	Upper Mill Branch (1933)	ABD	E 210	11	Yacirela (1994)	Paraguay	E/G 66 517	11	W.A.C. Bennett	Kanada	E	68 400
12	Campes Novas (1974)	Brezilya	R 207	12	Oahe (1958)	ABD	E 65 470	12	Zeya	Rusya	B	63 000
13	Keban (1974)	Türkiye	E/G/R 204	13	Gardiner (1968)	Kanada	E 65 379	13	Cabora Bassa	Mozambik	A	61 715
14	Bekime (1968)	Irak	E/R 196	14	Mangla (1967)	Pakistan	E 63 430	14	La Grande 2 (1993)	Kanada	R	60 600
15	Itaipu (1988)	Brezilya	E/G/R 196	15	Alstuidijk (1932)	Hollanda	E 61 164	15	Chapeton	Açantın	E/G	60 000
16	Kayraktepe (1978)	Türkiye	E/R 195	16	Oroville (1968)	ABD	E 59 559	16	La Grande 3	Kanada	R	59 300
17	Allenkaya (1979)	Türkiye	E/R 191	17	Nurek (1980)	Rusya	E 50 845	17	Ust-lim	Rusya	R	58 200
18	New Melones (1994)	ABD	R 187	18	Garrison (1956)	ABD	E 50 230	18	Boguchany (1977)	Rusya	R	58 000
19	Acuanipa (1958)	Meksika	R 186	19	Cochiti (1975)	ABD	E 50 000	19	Volga-Volga (1955)	Rusya	E/G	58 000
20	Swit (1957)	ABD	E/R 183	20	Oosterschelde (1975)	Hollanda	E/G 48 000	20	Serra da Mesa (1993)	Brezilya	E/R	54 000
21	Kabun (1979)	Kanada	R 180	21	Tabqua (Thawra) (1970)	Suriye	E 44 300	21	Canipiscou (1991)	Kanada	R	49 800
22	Dartmouth (1978)	Avustralya	R 176	22	Aswan, High (1967)	Mısır	E 43 733	22	3.4 ve 5	Rusya	G	48 700
23	Takase (1981)	Japonya	E/R 175	23	W.A.C. Bennett (1967)	Kanada	E 210	23	Bukharna	Türkiye	E/R	45 800
24	Hasan Uğurlu (1994)	Türkiye	E/G 173	24	Dünyanın en yüksek birleşik (composite) tip barajları			24	Ikusk	Rusya	E/R	45 800
25	Revelecke (1971)	Kanada	E 172	1	Lower Kamskaya (1937)	Rusya	E/G 210	25	Tucuru	Rusya	G	45 800
26	Don Pedro (1993)	ABD	E 171	2	Lower Kamskaya (1934)	Rusya	E/G 210	26	Atatürk (1994)	Brezilya	ERG	45 000
27	Thissavros (1973)	Yunanistan	E 170	3	Keslan (1974)	Türkiye	E/G 176	27	Lower Kamskaya (1987)	Rusya	E/G	45 000
28	Cabora Bassa (1993)	Mozambik	A 169	4	Itaipu (1982)	Brezilya/Paraguay	E/G 175	28				
29	Amaluza (1990)	Ekvador	E/R 169	5	Revelscke (1984)	Kanada	E/G 175	29				
30	Alatürk (1974)	Türkiye	A 169					30				
31	Idukki (1974)	Hindistan	A 169					31				
32								32				

Kaynak : Water Power and Dam Construction 17 th ICOLD Congress Issue (June 1991)

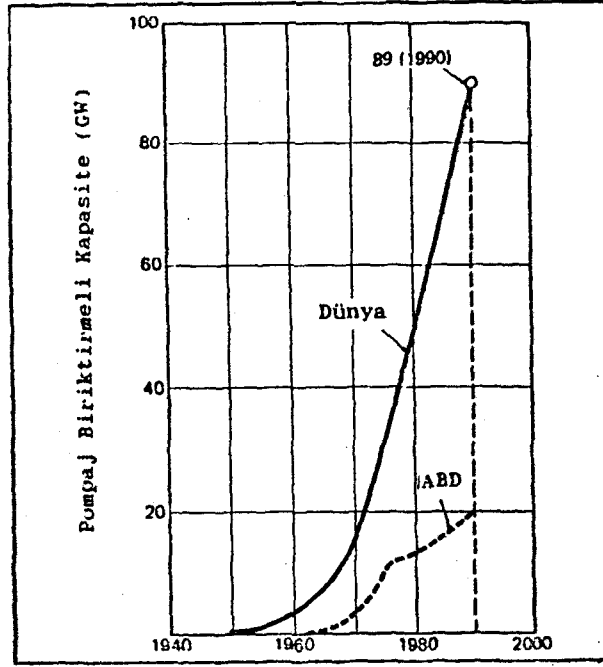
Not : E : Toprak , R : Kaya, G : Ağırlik, A : Kemer, M : Çok kemerli, B : Padanyali, (U/C) : Henüz inşaatına başlanmamış.

Tablo 3. 1988 yılındaki hidroelektrik üretim potansiyeli

Bölge	Potansiyel (GWh/yıl)	1988 Yılı Üretimi (GWh/yıl)	Üretimin Potansiyele Yüzde Oranı
SSCB	3 831 000	219 800	5,74
Güney Amerika	3 189 300	330 558	10,36
G.Asya/Orta Doğu	2 280 700	170 937	7,49
Çin	1 923 304	109 177	5,68
Afrika	1 153 600	35 775	3,10
Kanada ve ABD	968 982	536 177	55,33
Batı Avrupa	910 000	436 269	47,94
Orta Amerika	346 000	32 242	9,32
Avustalya	202 000	36 945	18,29
Doğu Avrupa	163 000	49 107	30,13
Japonya	130 524	57 354	66,95
Dünya Toplamı :	15 099 310	2 044 296	13,54



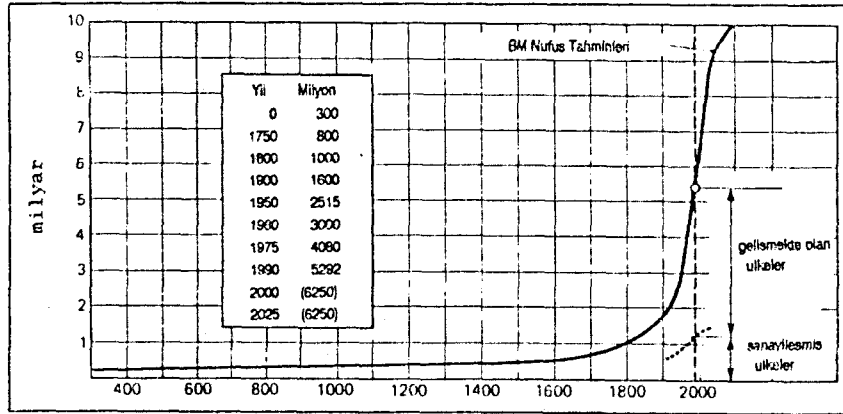
Şekil 11. Kurulu hidroelektrik kapasite



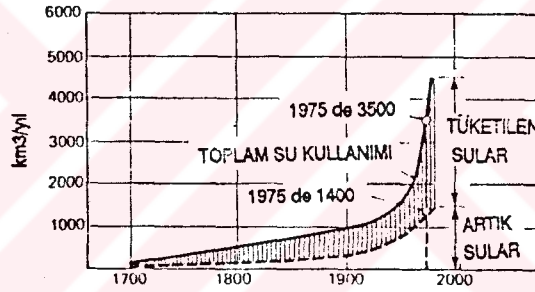
Şekil 12. Pompa biriktirmeli kapasite

Farklı amaçları olan insan grupları arasındaki mücadelelerde artan bir bilinçlenme vardır. Bir çok kimse barajların çevre üzerinde olumsuz etkilerinden endişe duymaktadır. Bunun sonucu, toplumun öncelikleri değişmiştir. Baraj mühendisleri ile sulama için daha fazla su talebinde bulunanlar, projenin faydaları ile çevreye ve topluma olumsuz etkileri arasındaki dengeyi dikkatlice incelemenin gerekli olduğunun bilincine varmışlardır. Projenin çevreye ve topluma karşı olumsuz etkilerinin ölçülebilmesi gerekmektedir; ancak bu takdirde projenin ekonomik değerlendirilmesinde göz önüne alınabilirler.

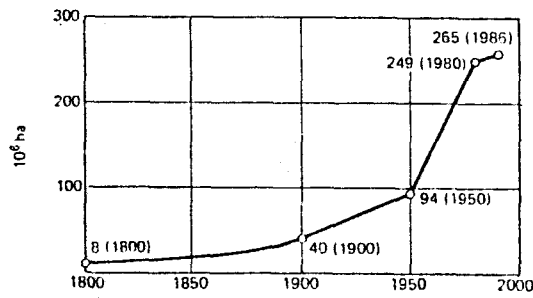
Dünya su kullanımındaki artış, nüfus artışına paralel gerçekleşmektedir. Bu paralellik ekili alanların sulaması, barajların sayısı, hidroelektrik kurulu güç ve pompaj biriktirmeli kapasite içinde geçerlidir.



Şekil 13. Dünya nüfusu



Şekil 14. Su tüketimi ve artık sular



Şekil 15. Dünyadaki sulama alanları

**Çizelge 7.**  
**TÜRKİYE'DE İNŞA EDİLMİŞ VE EDİLMEKTE OLAN BARAJLAR**

Çeşitli Yıllarda İnşa Edilen Barajlar	Baraj Sayısı	Dolgu Hacmi (1000 m <sup>3</sup> )	Toplam Depolama Hacmi (hm <sup>3</sup> )		Sulama (ha)	Taşkın (ha)	Kurulu Güç (MW)	Üretilen Enerji (GYWh)	İçme Kullanma Endüstri Suyu (hm <sup>3</sup> /yıl)
			Dolgu Hacmi	Sulama					
<b>A -- DSİ tarafından Yapılanlar</b>									
a) 1923 - 1990 Yılları Arasında Tamamlananlar	136	260 533	74 596,92	1 170 775	241 557	6 383,0	23 023	1 391,7	
b) İnşaatı 1990 Yılından 1991 Yılına Geçenler	56	232 068	59 370,52	501 258	17 000	3 363,9	11 501	451,2	
c) Yatırım Programında Olup, Henüz İhale Edilmeyenler	62	87 169	17 075,74	209 199	—	1 693,9	4 988	87,6	
<b>TOPLAM :</b>	<b>224</b>	<b>579 770</b>	<b>151 043,18</b>	<b>1 978 232</b>	<b>258 557</b>	<b>11 440,8</b>	<b>39 512</b>	<b>1930,5</b>	
<b>B -- DSİ Dışı Kuruluşlar</b>									
a) 1990 Yılı Sonuna Kadar Tamamlananlar	5	3 690	2 111,93	—	10 000	208,0	620	124,0	
b) İnşaatı 1990 Yılından 1991 Yılına Geçenler	3	1 223	1 547,00	—	—	794,0	2 393	—	
c) Henüz İhale Edilmeyenler	2	1 000	425,00	—	—	—	—	80,0	
<b>TOPLAM :</b>	<b>10</b>	<b>6 113</b>	<b>4 083,93</b>	<b>—</b>	<b>10 000</b>	<b>1 002</b>	<b>3 013</b>	<b>204,0</b>	
<b>GENEL TOPLAM :</b>	<b>234</b>	<b>585 883</b>	<b>155 127,11</b>	<b>1 978 232</b>	<b>268 557</b>	<b>12 442,8</b>	<b>42 525</b>	<b>2 134,5</b>	

Çizelge 8.

## TÜRKİYE'DE İNŞA EDİLMİŞ VE EDİLMEKTE OLAN HİDROELEKTRİK SANTRALLAR

Çeşitli Yıllarda Yapılmış Hidroelektrik Santraller	Santral Türü	Sayısı	Kurulu Güç (MW)	Ortalama Enerji (GWh)
1990 Yılı Sonuna Kadar Tamamlanan HES'ler	Barajlı	22	6 177,40	21 997
	Nehir	38	557,20	2 796
Yapımları 1990 Yılından 1991 Yılına Geçen HES'ler	Barajlı	19	4 600,48	15 560
	Nehir	3	88,20	289
Yatırım Programında Olup, Henüz İhale Edilmeyen HES'ler	Barajlı	8	1 800,60	5 280
	Nehir	1	19,11	148
<b>TOPLAM :</b>		<b>91</b>	<b>13 242,99</b>	<b>46 070</b>

Çizelge 9.

## TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM VE TÜKETİM DEĞERLERİNİN YILLAR İTİBARIYLA GELİŞMESİ (1950 — 1990)

Yıllar	TÜRKİYE ÜRETİMİ		İthal Edilen (GWh)	İhraç Edilen (GWh)	Brüt Arz (GWh)	TOPLAM TÜKETİM		Türkiye Nüfusu (1000 kişi)	Birim Tüketim kWh/kişi
	Kurulu Güç (MW)	Ortalama Enerji (GWh)				Pik Güç (MW)	Enerji (GWh)		
1950	408	790	—	—	790	—	679	20 060	34
1955	512	1 580	—	—	1 580	—	1 347	24 193	56
1960	1 272	2 815	—	—	2 815	—	2 396	27 900	86
1965	1 491	4 953	—	—	4 953	—	4 237	31 580	134
1970	2 235	8 623	—	—	8 623	1 508	7 308	35 800	204
1975	4 187	15 623	96	—	15 719	2 872	13 492	40 560	333
1980	5 119	23 275	1 341	—	24 617	3 592	20 398	44 435	459
1981	5 533	24 672	1 616	—	26 289	3 873	22 030	45 540	484
1982	6 639	26 552	1 773	—	28 325	4 303	23 587	46 688	505
1983	6 935	27 347	2 221	—	29 568	4 419	24 461	47 564	511
1984	8 459	30 613	2 653	—	33 267	5 108	27 635	49 070	563
1985	9 119	34 219	2 142	—	36 361	5 410	29 709	50 308	591
1986	10 113	39 695	777	—	40 471	6 541	32 210	51 546	625
1987	12 493	44 353	572	—	44 925	7 312	36 697	52 845	694
1988	14 518	48 046	381	—	48 429	7 679	39 722	54 176	733
1989	15 805	52 043	559	—	52 602	8 553	43 120	55 541	776
1990	16 315	57 543	176	907	56 812	9 180	46 820	56 098	835

## 6.0. BARAJ YAPIMI VE ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ İLE İLİŞKİLERİ

### 6.1. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)

En genel anlamı ile çevre, fiziksel, kimyasal, biyolojik, kültürel ve sosyo-ekonomik kaynak veya değerlerin oluşturduğu oldukça karmaşık bir sistemdir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik çevreyi oluşturan su, hava, toprak ve canlı kütle gibi bileşenler, insanlığın kültürel, sosyal ve ekonomik çevresine ait bileşenlerle daima bir etkileşim içindedir.

Nüfusun az olduğu eski devirlerde dahi insanların çevreyi keyfi biçimde kullanmaları, salgın hastalıklar, kuraklıklar gibi sorunlar yaratmıştır. Artan nüfus ve gelişen teknoloji, insanların doğal kaynakları daha fazla kullanmasını, bunun sonucunda fiziksel, kimyasal ve biyolojik çevrenin kötü yönde etkilenmesini arttırarak çevre sorunlarını gündeme getirmiştir. İnsanlar yaşayabilmek için doğayı kullanmak zorundadırlar. Ancak günümüzde hızla artan çevresel baskılar yerkürenin bazı bölgelerinde yaşanabilirliği engelleyecek boyutlara dahi ulaşmıştır.

ÇED planlanan bir projenin çevre üzerinde yaratabileceği olumlu veya olumsuz etkilerin önceden tahmin edilebilmesi, değerlendirilmesi ve oluşması muhtemel çevresel zararlara karşı gereken önlemlerin zamanında alınabilmesi için düşünülmüş bir araçtır.

2872 Sayılı Çevre Kanunu'nun 10. maddesinde Çevresel Etki değerlendirmesinin, planlanan faaliyetler sonucu çevre sorunlarına yol açabilecek kurum, kuruluş ve işletmelerce yapılması, çevreye yapılabilecek tüm etkilerin göz önünde bulundurulması, çevre kirlenmesine yol açabilecek atık ve artıkların zararsız hale getirilmesine ilişkin önlemleri içermesi gerektiği belirtilmektedir.

ÇED, faaliyeti öneren kişi/kuruluşun ve karar organının çevresel değerleri de dikkate alarak optimum çözümü bulmasını amaçlar.

Günümüzde ÇED denildiği zaman büyük projeler için proje sahibine ÇED raporu hazırlanmasını ve karar organlarınınca çevreye ilişkin bilgilerin karar süreci içinde dikkate alınması kastedilmektedir.

ÇED'in önemli bir yararı en pratik teknikleri ve eldeki en uygun bilgi kaynaklarını kullanarak sistematik analiz yapılması ve bilgilerin projenin etkilerinin iyice incelenebileceği bir şekilde sunulmasıdır. Böylelikle karar

verilmeden önce planlayıcılar tarafından tahmin edilen etkileri gidermek veya azaltmak için gerekli önlemlerin değerlendirilebilmesi sağlanır.

ÇED karar mekanizmasının geliştirilme gücünü artırır, geliştirme kararlarının, projenin önemli yönlerini dikkate alması durumunda çevresel açıdan gerekli yatırımları azaltır. Böylece ÇED iyileştirme ve bakım masraflarının azaltmasını sağlar, ilk yatırımı azaltabilir.

Potansiyel çevre sorunlarının erken belirlenmesi, gelişmenin çeşitli aşamalarında çevreye verilecek zararı; büyük boyutta fiyat artışlarına yol açabilecek gecikmeleri; kamuoyunun olumsuz tepkisini; proje değişiklikleri veya daha sonraki düzeltici önlemler nedeniyle ortaya çıkabilecek beklenmedik harcamaları, yöneticilerin ileride karşılaşılabilecekleri sosyal problemleri ortadan kaldırabilir veya azaltabilir.

Bunlara ek olarak çevre koruma yönetiminde erken başlama; çıkabilecek anlaşmazlıklarda yardımcı olabilecek verileri sağlar; yöneticiler ve kamuoyunda güvenilirliği pekiştirir, yerel tartışmalarda bilimsel ve teknik savunma dayanakları yaratır.

ÇED, planlanan bir faaliyet için politika ve plan oluşturulması veya projelendirme aşamalarında ele alanabilmekle birlikte, genellikle karayolları, nükleer santraller, su ile ilgili projeler için gerçekleştirilir.

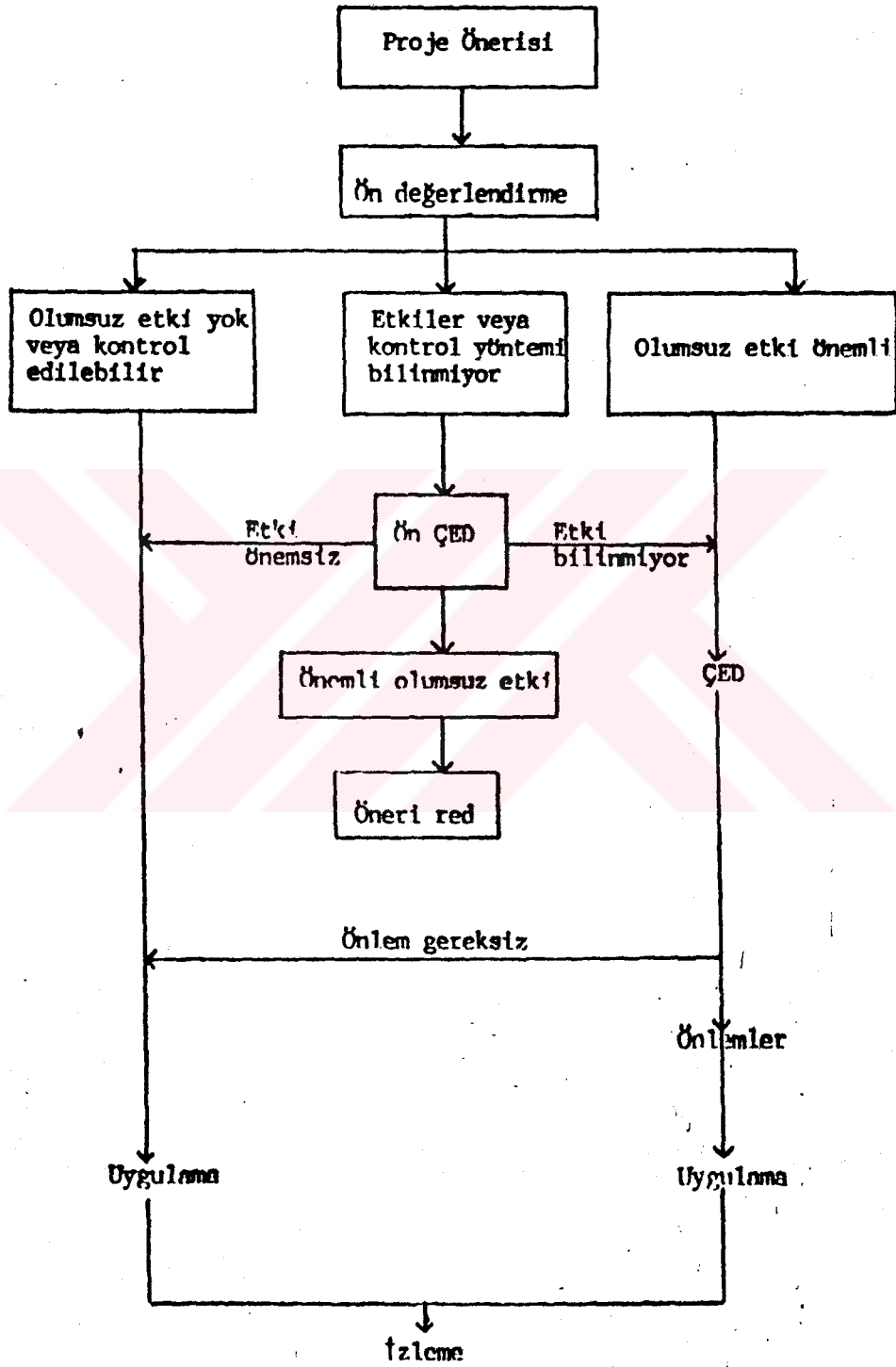
### 6.1.1 ÇED'in Aşamaları

ÇED süreci ana hatları ile Şekil 16'da Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNEP) tarafından hazırlanan ÇED rehberi ise Şekil 17'de verilmektedir.

Ön değerlendirme veya eleme diyebileceğimiz hangi projeler için ÇED uygulanacağını kararlaştırılması aşamasında kullanılan yöntemleri şu şekilde özetleyebiliriz:

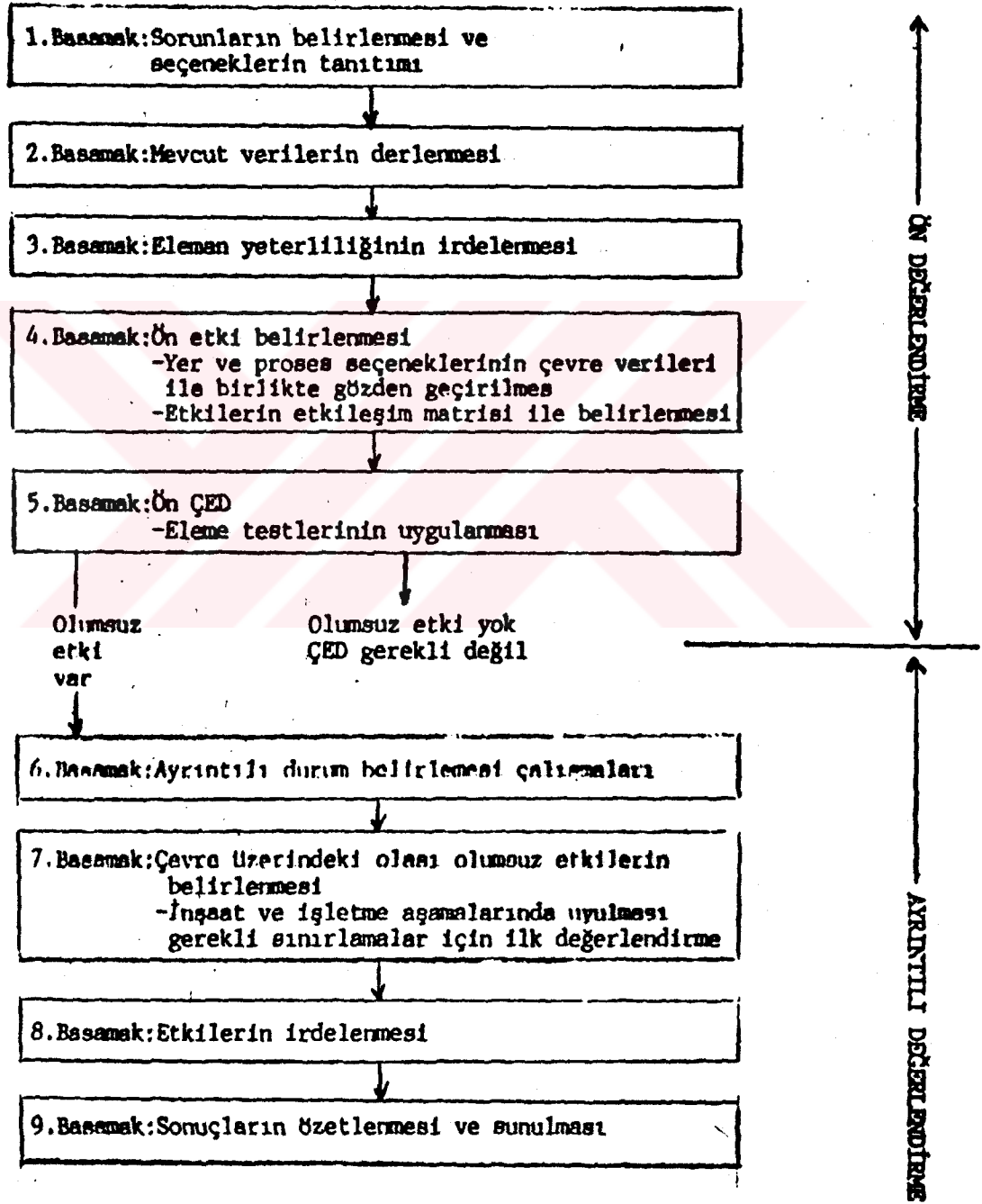
1- Proje Limitleri: Bu yöntem projenin veya çevresinin özelliklerine göre limitlerin saptanmasına dayanır. Bu limitler, etkilenen tarım alanlarının büyüklüğü veya üretilen atık miktarı gibi çevresel faktörlerden proje büyüklüğü, yatırım veya alt yapı gereksinimleri gibi faktörlere kadar geniş bir dağılım gösterirler.





Şekil 16.

Şekil 17. ÇED süreci için unep rehberi



Çevre üzerindeki etkilerin boyutu (Proje alanındaki flora ve fauna üzerindeki etkiler, görünüme ve arazi kullanımına etki, istihdama etki, kirlenme sorunları, ulaşım etki, yerel toplulukların sosyal değerlerindeki değişimler v.b.) projenin büyüklüğüne bağlı olabileceğinden, proje büyüklüğü eleme limiti olarak alınabilir. Benzer şekilde projeden etkilenen insan sayısı veya projenin dikkat çekici bir görünümü olması gibi faktörler de ÇED yapılacak projenin seçiminde kullanılabilir.

2. Duyarlı Alan Kriteri: Diğer eleme kriterleri ile birlikte, alanın kalitesi, nadir bulunuşu veya yörede pek çok benzer alan bulunması, değişikliklere duyarlılığı gibi faktörler de dikkate alınabilirler. Örneğin yeryüzünde tehdit altında bulunan türleri barındıran bir sulak alanda gerçekleştirilecek proje için ÇED istenebilir.

3. ÇED gerekli olan ve durumlarına göre ÇED gerekebilecek faaliyetlerin listeleri, eleme yöntemleri arasında kullanılması kolay olanıdır. Birçok ülkede bu yaklaşım kullanılmaktadır.

4. Ön Çevresel Değerlendirme: Bu eleme yaklaşımında, problemlerin belirlenmesi, alternatiflerin tanıtılması, mevcut verilerin derlenmesi, eleman yetersizliğinin irdelenmesi, ön etki belirlenmesi ve önerilen projenin olumsuz etkileri olup olmadığının saptanmasına yönelik ön çevresel değerlendirme aşamaları bulunur. Buradan elde edilen sonuca göre ayrıntılı ÇED yapılıp yapılmayacağına karar verilir.

### 6.1.2. ÇED'de Aranılan Özellikler

Çevresel etki değerlendirmesinin istenilen amaçlara ulaşabilmesi için;

- Objektif olması: Verilen bilgileri tarafsız bir şekilde değerlendirmesi,
- Eksiksiz olması: Birinci ve ikinci derecedeki tüm etkileri kapsıyor olması

gerekir.

Bir ÇED raporunda bulunması gerekli bölümleri şu şekilde özetleyebiliriz. (NEPA, 1986):

1- Ayrıntılı teknik bilgi içermeyen, tam ve kesin olarak raporu özetleyen, önemli sonuçları vurgulayan, projeden yana ve projeye karşı görüşler ile çözümlenmesi gereken sorunları da kapsayan bir özet,

2- Projenin amacı ve projenin gerçekleştirilme gerekçeleri,

3- Proje seçeneklerinin tanıtımı,

4- Etkilenen alanların tanıtımı,

5- Seçeneklerin karşılaştırılması için bilimsel ve analitik bazı oluşturan projenin doğrudan ve dolaylı etkilerini, söz konusu etkilerin önemlerini enerji ve doğal kaynak kullanımının gereksinmelerini, kentsel yapıyı, tarihi ve kültürel kaynakları, olumsuz çevresel etkileri azaltmak için gerekli önlemleri içeren çevresel sonuçlar bölümü.

Öngörülen projenin işletmeye geçmesinden sonra ortaya çıkabilecek çevresel etkileri izlemeye yönelik çevre izleme ağlarına ilişkin öneriler de ÇED raporunda yer almalıdır.

Disiplinlerarası işbirliği gerektirdiği bilinen bir ÇED çalışmasının karar mekanizmasında etkin olabilecek şekilde gerçekleştirilebilmesi için, bu çalışmalara yeterli süre ve bütçenin ayrılması gerekmektedir.

## 6.2. Barajlar ve ÇED

Daha ilk etüd seviyesinden itibaren barajların çevre ile ilişkileri baraj etüdü ile beraber yürütülmelidir. Çevre problemleri daha işin başında tanımlandığı takdirde, çevreye en az etki yapacak alternatif baraj eksenlerinin etüdüne de imkan tanınmış olacaktır. Projenin çevreye yapacağı olumlu veya olumsuz etkiler kademeli olarak fizibilite, kati proje ve hatta inşaat sırasında değerlendirildiği takdirde, projenin başarısız olma şansı asgariye indirilmiş, hatta ortadan kalkmış olur. Bazı etkiler işletme sırasında yapılacak gözlemlere göre azaltılacağından, ÇED projenin varlığı boyunca devam ettirilmelidir.

Bir baraj projesi, ona karşı olanlar ile onu müdafaa edenlerin kazanacağı bir meydan savaşı gibi algılanmamalıdır; aksine her iki tarafın projenin yeri, boyutu v.s. konularda uzlaşacağı bir yapı olarak algılanmalıdır.

ÇED etüdlerinde en önemli konu, olumlu ve olumsuz etkilerin tanımıdır. Etki konuları baştan iyi belirlenebilirse, olumlular yanında olumsuz olanların hemen hepsinin değerlendirilme şansı artacak; alınacak tedbirlerle olumsuz etkilerin azaltılması veya zararsız hale getirilmesi imkanı yaratılmış olacaktır.

ÇED etüd raporları, telafisi imkansız olumsuz etkiler olmadıkça (yamaçların kayarak baraj gölünün kullanılmaz hale gelmesi gibi) baraj yapımına karşı çıkmamalıdır. ÇED etütleri barajın inşa edileceği varsayımı ile yapılırsa, sonuç hem barajı müdafaa edenler hem de ona karşı olan çevreciler için olumlu olacaktır.

ABD'de barajlar ile ilgili olarak yapılmış olan 55 ÇED çalışmasını değerlendiren Ortolano ve Hill (1972) bu konuda aşağıdaki sistematığı ortaya koymuşlardır.

- Arazi ve verim kaybının tesbiti,
- Mevcut yapıların arkeolojik ve tarihi sit alanlarının kaybı,
- Yaban hayvanlarının yaşam ortamı (habitat) kaybı,
- Estetik kalitedeki değişimleri,
- Doğal akarsu mecralarının yokolmasının getirdiği sonuçları,
- Baraj rezervuarının oluşturacağı etkiler,
- Baraj rezervuarının neden olacağı su kalite değişimlerini,
- Baraj yapısının neden olacağı etkileri,
- Dolu ve dip savaklarla, su alma yapılarının etkilerini,
- Mansaptaki değişimleri,
- Yeraltı suyuna etkileri,
- Baraj su seviyesi değişiminin etkilerini.

Ülkemizde yakın tarihlerde önem kazanmaya başlayan ÇED çalışmalarında karar organlarına öneriler üretilmesi amaçlanmaktadır.

Bu alanda yapılan bir çalışmada proje; baraj gövdesi, isale hattı, baraj gölü, arıtma tesisi, baraj membar ve mansabı şeklinde ele alınmalı ve bunların arazi kullanımı, sosyo-ekonomik faktörler, görünüm, sağlık, yeraltı ve yerüstü su kalitesi, alt yapı, turizm ile tarihi ve kültürel değerlere olabilecek etkileri incelenmeli ve öneriler geliştirilmelidir. Bu öneriler, proje ile ilgili inşaat çalışmaları ve işletme sırasında karşılaşılabilecek olumsuz etkileri en aza indirmeyi ve yapılan çalışmalardan daha fazla fayda sağlamayı amaçlamalıdır.

Herhangi bir projenin çevreye yapabileceği etkileri iki grupta toplayabiliriz.

- 1) Olumlu Etki (Beneficial Effect)
- 2) Olumsuz Etki (Adverse Effect)

Bu etkiler

- Yerel (Local) veya geniş bir alanı etkileyen (Extensive)
- Dolaylı (Indirect) veya doğrudan (Direct)
- Kalıcı (Irreversible) veya eski haline dönebilir (Reversible)
- Kısa süreli (Short term) veya uzun süreli (Long term) olarak nitelendirilebilir.

Yapılan bir baraj projesinde;

- 1- Baraj Gövdesi,
- 2- Su Alma Yapısı,
- 3- İsale Hattı,
- 4- Arıtma Tesisi,
- 5- Göl Alanı,
- 6- Baraj Membaı,
- 7- Baraj Mansabı,

ele alınarak her biri üzerindeki olumlu veya olumsuz etkiler ayrı ayrı irdelenmelidir. Örneğin; baraj gövdesinin görünümüne olan etkisi olumsuz olup, çevrenin doğal ve cazip görüntüsüyle tam uyuşmayan yapay görünümü ile dikkat çekecektir. Ancak bu olumsuz etkiyi azaltıcı önlemleri şu şekilde sıralayabiliriz:

a) Gövde için kullanılacak malzeme çevre ile uyum sağlayacak renk ve yapıda olmalı, gövdenin eğimi ile arazinin eğiminin uygunluğu sağlanabilmelidir.

b) Gövde, çevredeki bitki örtüsü ile uyum sağlayacak, aynı zamanda baraj güvenliğini bozmayacak şekilde yeşillendirilebilir. (Türkiye'de bugüne kadar kaya dolgu barajlarda böyle bir uygulama yapılmamıştır.)

Gövdenin yeşillendirilmesi, uygun bitki türü seçildiğinde görünümüne yapacağı olumlu etkinin yanında erozyon kontrolüne de yardımcı olacaktır. Ancak uygun bitkinin seçilmesinde şunlara dikkat edilmelidir. Seçilecek bitki :

- Araziye uygun,
- Rüzgara dayanıklı,
- Kök yapısı gövdeye zarar vermeyecek nitelikte,
- Gövdenin oluşabilecek kaçakların kontrolünün yapılmasına engel

olmayacak şekilde fazla büyümeyen tipte olmalıdır.

Ayrıca yeşillendirmenin yapılacağı alan da çok önemlidir. Tabanda ve üst kısımda belirli bir alan kontrol amacıyla (kaçak, sızıntı kontrolü) boş bırakılmalı, orta kısma uygun olan bitki türü dikilmelidir.

Bunun dışında eğer baraj; Ağaçlık bir yerde yapılacaksa o zaman, ormanlık arazide inşaat için gerekli yeri kazanmak amacıyla; oluşturulacak ağaçların temizlenmesi işlemi, kesilecek ağaç sayısını minimum düzeyde tutacak şekilde olmalıdır. Barajın yapılacağı alan verimli bir arazi ise veya tarihi ve kültürel değeri olan yapılar varsa, zararı azaltmak için isole hattının

güzergahı seçilirken mühendislik açısından en uygun yol izlenmeli, bu arada mümkün olduğunca verimli topraklara az zarar verilmeli, tarihi ve kültürel değeri olan yapılara zarar vermekten kaçınılmalıdır.

Boruların döşenmesi sırasında zarar verilmesinden kaçınılamayan veya kazı sırasında ortaya çıkabilecek tarihi ve kültürel değeri olan yapıların mümkünse başka bir yere taşınması ve kayıtlara geçirilmesi (fotoğraflarının ve video kasetlerinin çekilmesi, belgelendirilmesi v.s) çok önemlidir. Bu konuda gerek müteahhitlik hizmeti yürüten firma, gerek DSİ elemanlarının (özellikle arazide çalışacakların) bilgilendirilmesi yararlı olur.

Baraj yapımı sosyo-ekonomik yapıyı da olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden olumsuz etkiyi azaltıcı önlemler alınmalıdır. Örneğin; isale hattının inşaatı ile ilgili faaliyetler özellikle yerleşim yerlerinden ve ticari merkezlerden geçerken gerekli tedbirler alınarak yapılmalı ve mümkün olan en kısa sürede tamamlanmalıdır. Ayrıca isale hattının inşaatında çalıştırılacak insanların mümkün olduğunca yöreden istihdam edilmesi faydalı olur.

Yapılacak baraj o yörede yaşayanları zorunlu göçe mecbur edecektir. Yani barajda su tutulması işleminden o yöre halkı kısmen de olsa etkilenecek ve arazileri sular altında kalan aileler zorunlu olarak yeniden iskan edilecektir.

Zorunlu iskanın yaratacağı olumsuz etkileri azaltabilmek için ya mevcut köylerin benzer koşullarını taşıyan yeni yerleşim yerleri gösterilmeli, ya da bağımsız organlarca belirlenen istimlak bedeli ödenerek kişileri mağdur etmeyecek çözümler bulunmalıdır. Bu sorunları ve etkileri azaltabilmek için yeni yerleşim yerleri seçilirken çevreye olabilecek etkiler gözönünde bulundurulmalı, yeniden iskan edilecek köy için eskisine benzer koşullar sağlanmalıdır.

Sonuç olarak; hızla artan ve bununla ters orantılı olarak azalan doğal kaynaklar, insanları gereksinimlerini karşılamak için sürekli bir arayış içine sokmaktadır. Bu arayışlar sonucu geliştirilerek kullanılmaya başlanan kaynaklar, tedbirleri alınmadığı takdirde hızla tükenmekte ve bu arada yine tedbirleri alınmadığı takdirde, kullanılmaları çevrelerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Günümüzde giderek azalan doğal kaynakları en bilinçli şekilde kullanmak ve çevreye en az zarar verecek biçimde hareket etmek sadece bizler için değil, sağlıklı bir ortamda yaşayabilmeleri açısından, gelecek nesiller için de gereklidir.

Yapılan her faaliyetin doğal dengeyi bozucu yanı kaçınılmazdır. Önemli olan neyin ne için yapıldığını bilmek, bu arada da doğal dengeye verilecek zararın en az düzeyde tutulabilmesi için gerekli tedbirleri alabilmektir.

Hızla gelişen dünyamızda "Çevre Bilinci" giderek önem kazanmaktadır. Bu kapsamda herhangi bir faaliyetin çevreye yapabileceği olumlu veya olumsuz etkilerinin değerlendirilmesi giderek yaygınlaşmakta, hatta zorunluluk haline gelmektedir. Ancak "Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)" yeni bir kavram olduğundan, yatırımcılar ve karar vericiler tarafından yanlış, ya da eksik de değerlendirilebilmektedir. ÇED hiç bir zaman herhangi bir faaliyet ya da projeyi sadece olumsuzluklarıyla ortaya koymak, ya da engellemek olarak değerlendirilmemeli, tersine olumsuzluklarını belirledikten sonra bunları gidermek için tedbirler geliştirmek ve projenin olumlu yönlerini ortaya çıkarmak, daha da faydalı hale getirebilmek için yapılabilecek çalışmalar, belirlemek olarak kabul edilmelidir. Ayrıca ÇED, zaten kısıtlı olan kaynakları kullanırken nelerin ne için kaybedilebileceğinin de tespit edilmesidir. Ancak bu çalışmanın etkin ve gerçekten faydalı olabilmesi için projeler daha planlama aşamasındayken yapılması gereklidir. Çünkü değişikliklerin bu aşamada gerçekleştirilmesi her bakımdan daha kolaydır.

Ülkemizin önde gelen yatırımcı kuruluşlarından biri olan DSİ Genel Müdürlüğü su kaynaklarını geliştirmekle görevlidir. İnsanlar için çok önemli bir gereksinim olan suyu yine insanlara sunarken hedefi, en iyiyi yapabilmektir. Ancak bu görevini yerine getirirken zaman zaman haksız suçlamalara bile hedef olmuştur. Projelerden en fazla faydayı sağlamak, çevreye en az zarar verecek tedbirleri almak bir yana, yapılması gereken faaliyetlerle, feda edilmesi gereken değerleri belirlemek ve DSİ Genel Müdürlüğü'nce yapılmakta olan projeleri savunabilmek açısından da ÇED yapılması önem kazanmaktadır.



## 7.0. BARAJLARIN TANITILMASI

Baraj: Düzensiz akışlı suların, düzenli bir debiye dönüştürülmesi, suların yer ve zaman faydasını artırmak için büyük miktarlarda depolanmasını temin etmek üzere vadileri kapatan yapılardan 15 m'den daha yüksek yapay yapılara denir (Şekil 18) .

Barajlar çeşitli amaçlara ayrı ayrı veya birkaçı bir arada hizmet ederler. Bunlar;

- Suyun depolanarak, suyun az olduğu mevsimde kullanılmasını sağlar.
- Feyezanların zararını önler veya azaltırlar.
- Daha düzenli ve daha çok enerji elde etmek için depolamayı sağlar.
- İçme suyu ihtiyacını karşılarlar.
- Buharlaşmayı artırarak bölgenin iklimi üzerinde etkili olurlar.
- Mansap ve akış rejimini düzenleyerek ulaşım yapılmasına olanak sağlarlar.

### 7.1. Barajların sınıflandırılması

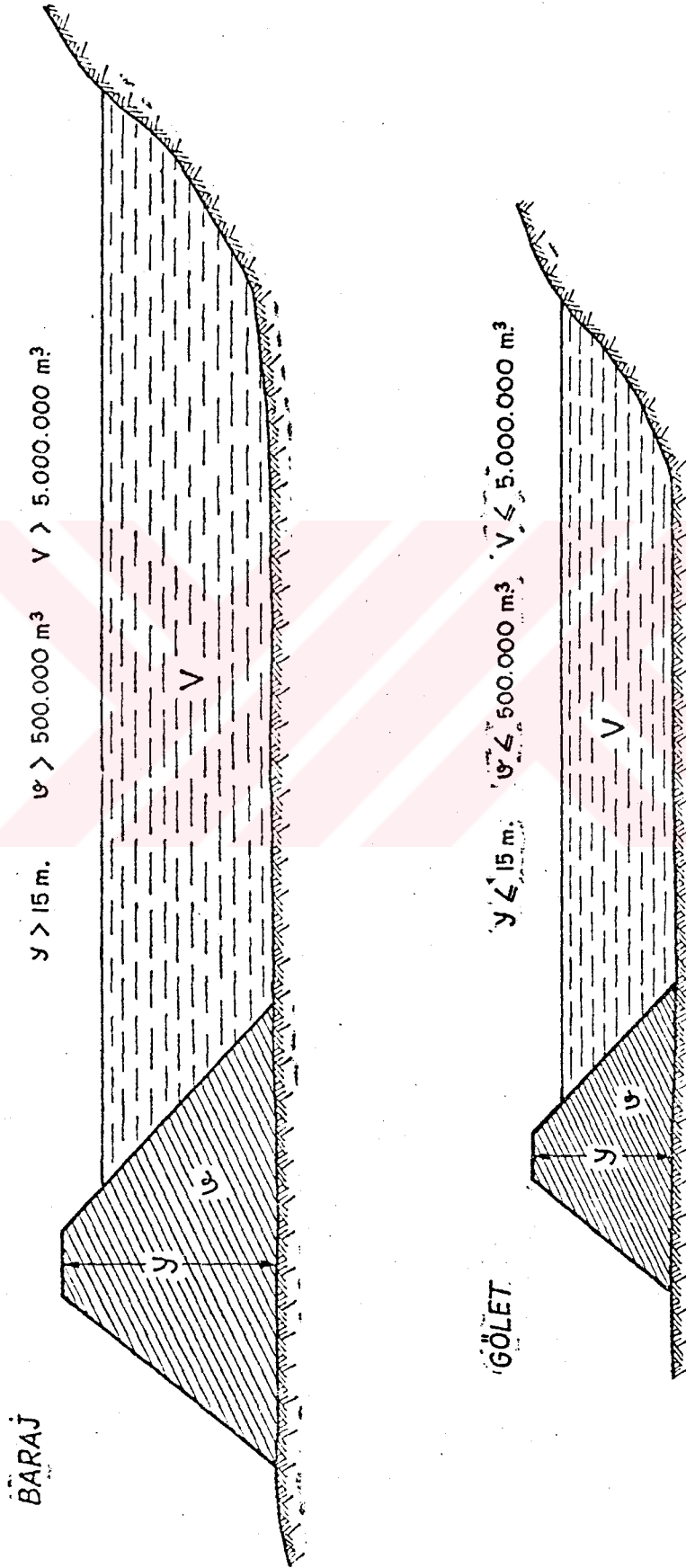
- \* Amacına göre barajlar
- \* Gövde yapısına göre barajlar

#### 7.1.1. Amacına göre barajlar

- Sulama amaçlı
- İçme- kullanma ve endüstri suyu amaçlı
- Feyezan kontrol amaçlı
- Enerji amaçlı barajlar

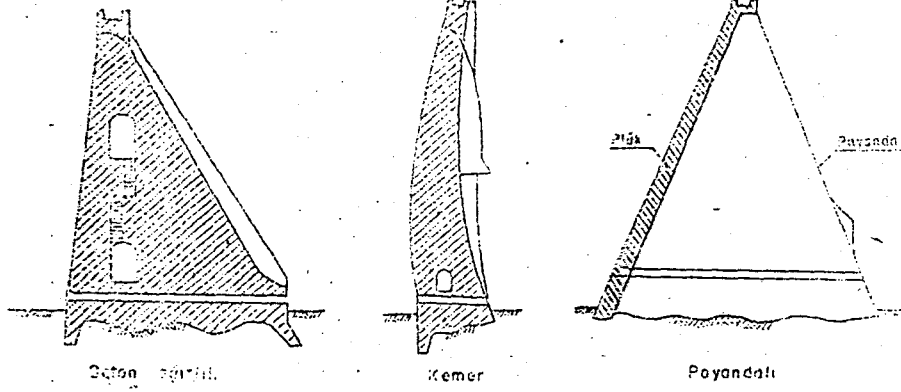
#### 7.1.2. Gövde yapısına göre barajlar

- Beton ağırlık
- Beton kemer
- Payandalı beton
- Kaya dolgu
- Homojen toprak dolgu
- Zonlu toprak dolgu
- Zonlu kaya dolgu barajlar.



Şekil 18. Baraj ve göleti tanımlayan krokiler

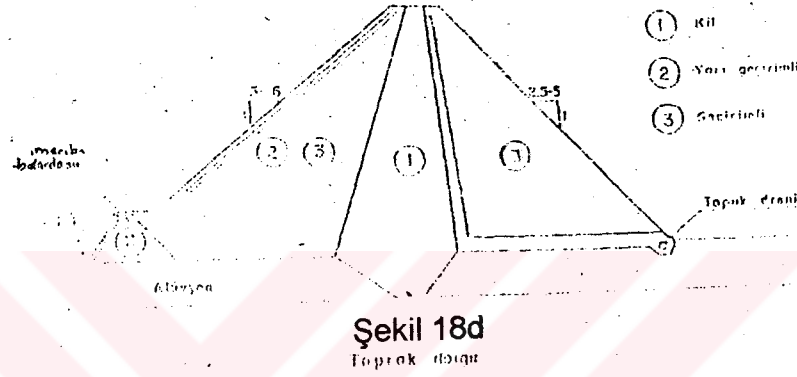
## BARAJ GÖVDE TIPLERİ



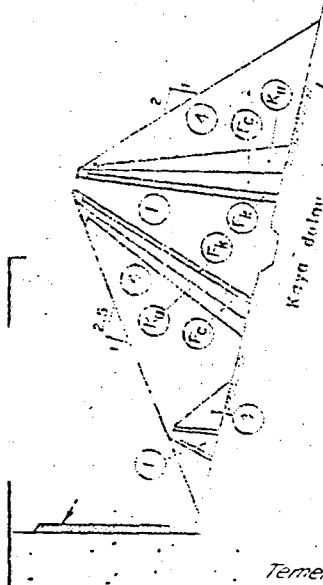
Şekil 18a.

Şekil 18b.

Şekil 18c.

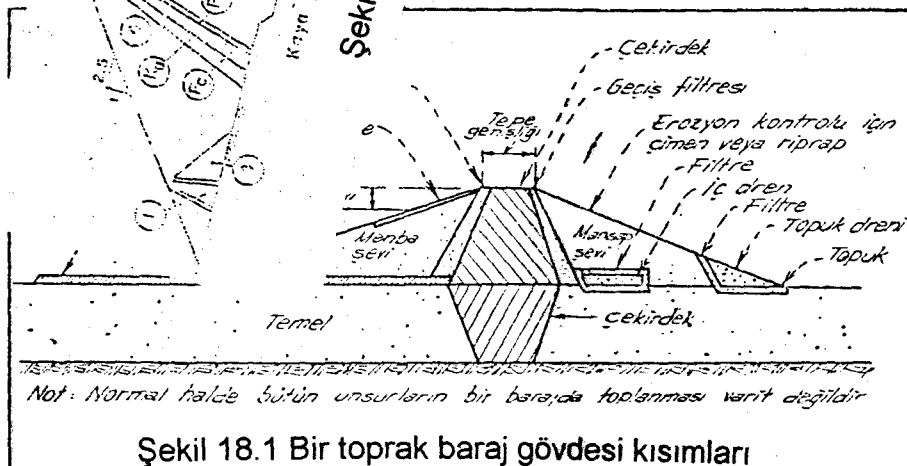


Şekil 18d

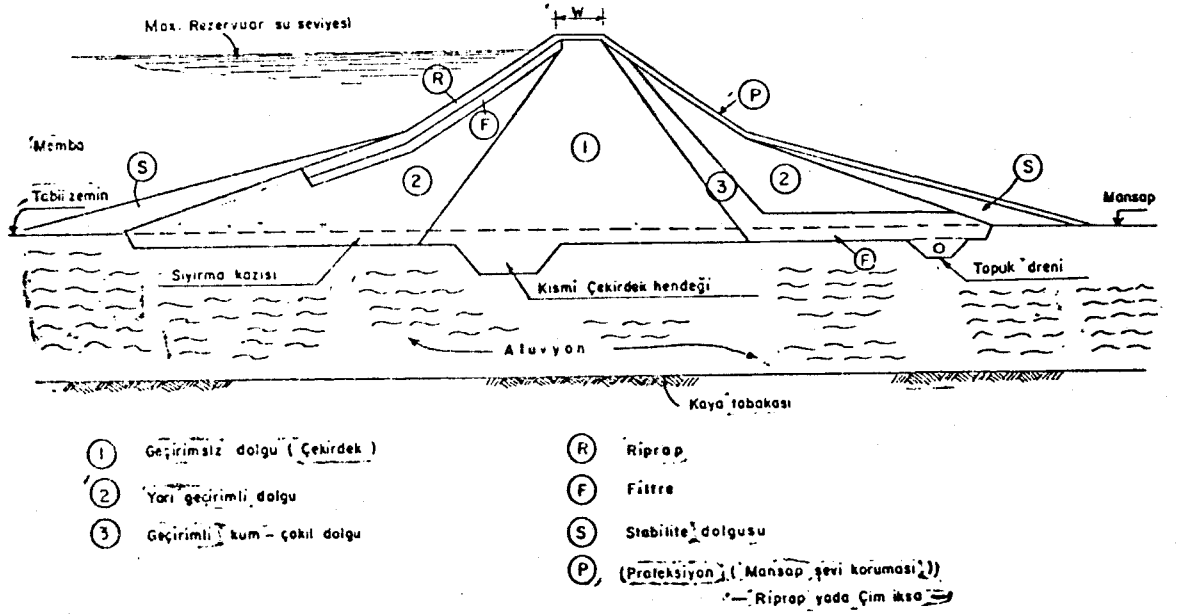


Şekil 18e.

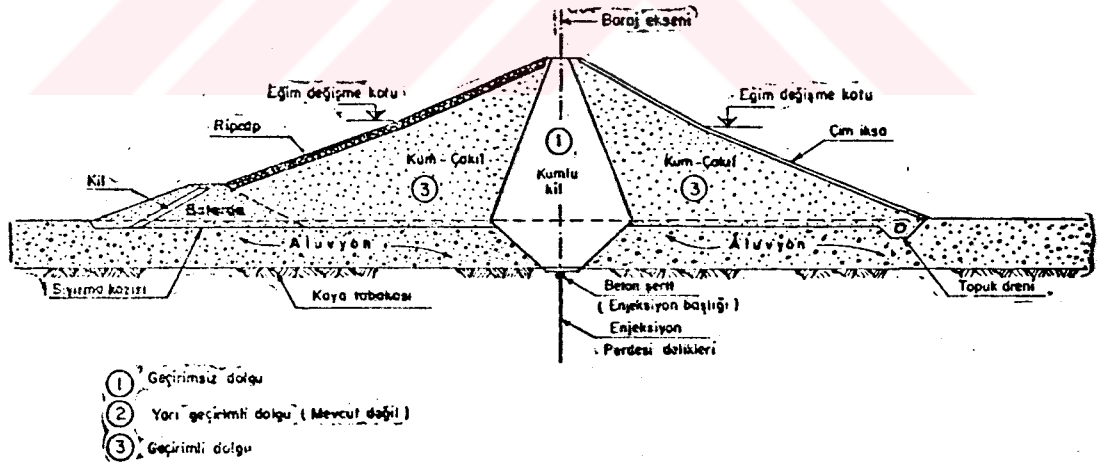
Şekil 18-1



Şekil 18.1 Bir toprak baraj gövdesi kısımları



Şekil 19. Zonlu (bölge) bir toprak baraj gövdesi tip enkesit örneği



Şekil 20 Zonlu Bölge toprak baraj tip enkesiti örneği

## 7.2. Baraj Tesisleri

- Baraj gövdesi
- Dolusavak tesisleri
- Derivasyon tesisleri ve batardolar
- Dipsavak tesisleri
- Santraller

**Baraj Gövdesi:** Vadiyi kapatmak amacıyla mansaba su geçmesini tamamen veya yeterli derecede önleyerek suni bir göl oluşmasını sağlayan yapıdır.

**Dolusavak:** Baraj gölüne gelebilecek büyük feyzazanların tehlikesizce baraj mansabına aktarılabilmesini temin eden emniyet tesisidir.

**Dipsavak:** Barajlarda dipsavak yapısı, derivasyon tüneli mansap kısmına yerleştirilen çelik bir borudan oluşur.

**Gövde Hacmi :** Gövdenin yapıldığı malzemelerin hacimleri toplamıdır.

**Talveg:** Akarsu olsun veya olmasın bir vadinin en derin noktalarının oluşturduğu hat.

**Yükseklik:** Baraj temelinin tabii kayayı bulan en derin yerinden krete olan düşey mesafesine denir. Nehir yatağından krete olan yüksekliğine talveg yüksekliği denir.

**Baraj Tipi:** Baraj gövdesinde kullanılan malzemenin barajın geometrik şekli ve birlikte yorumlanması suretiyle elde edilen baraj sınıflandırmasıdır. Kaya dolgu, Beton kemer, Payandalı gibi.

**Tünel:** Doğal zemin altında yapılan ve iki tarafı da açık olan ve su taşıma, ulaşımı sağlamak gibi amaçlar taşıyan yerlerdir.

**Galeri:** Çıkışı olmayan, enjeksiyon ve yeraltı sularını drene etmek gibi amaçları olan tünellerdir.

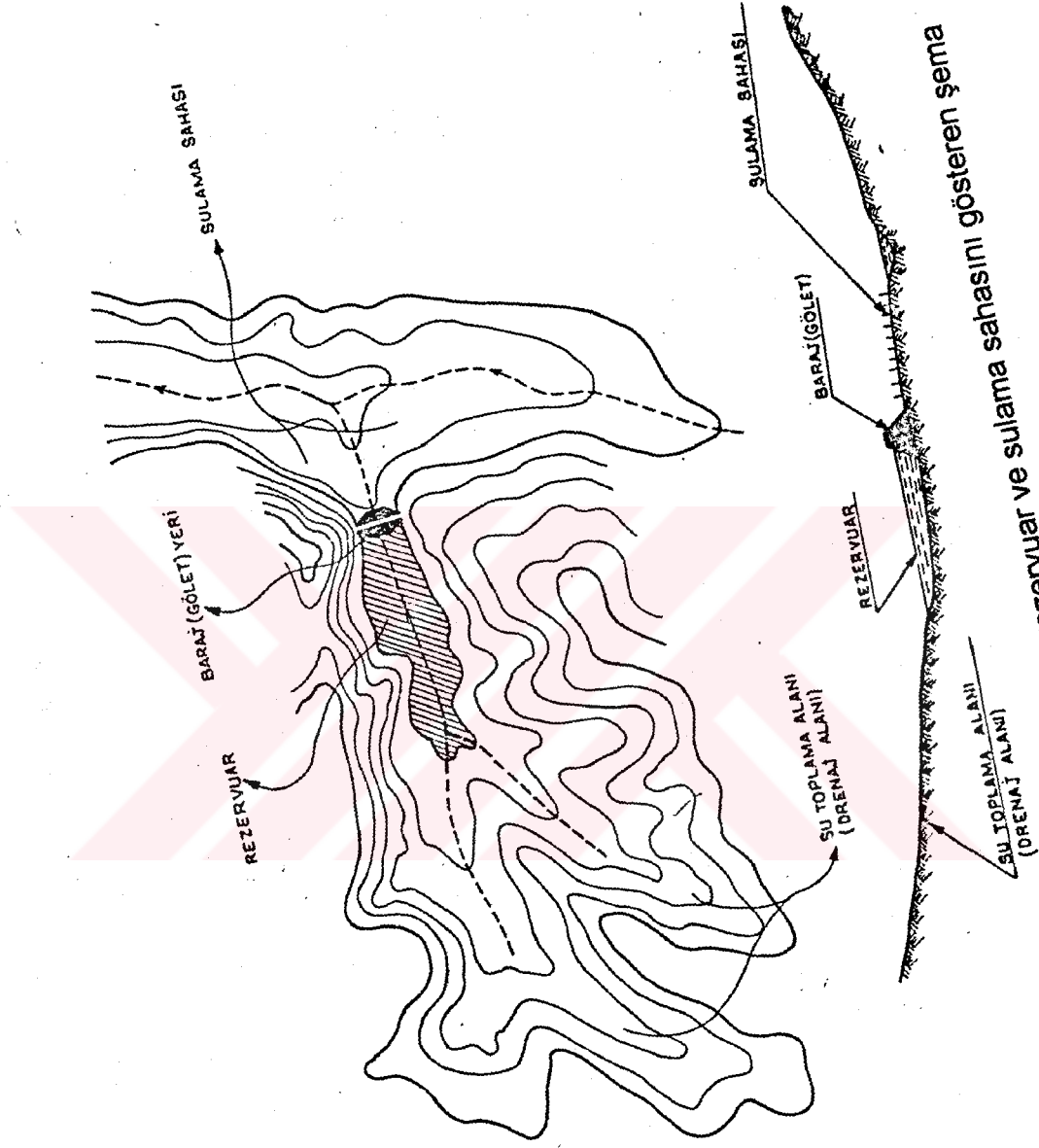
**Derivasyon tüneli:** Nehir yatağının inşaat alanına gelmesini önleyen ve nehir akışını sağlayan tünel veya tünellerdir.

**Kret :** Baraj gövdesinin en üst noktalarının geometrik yeridir.

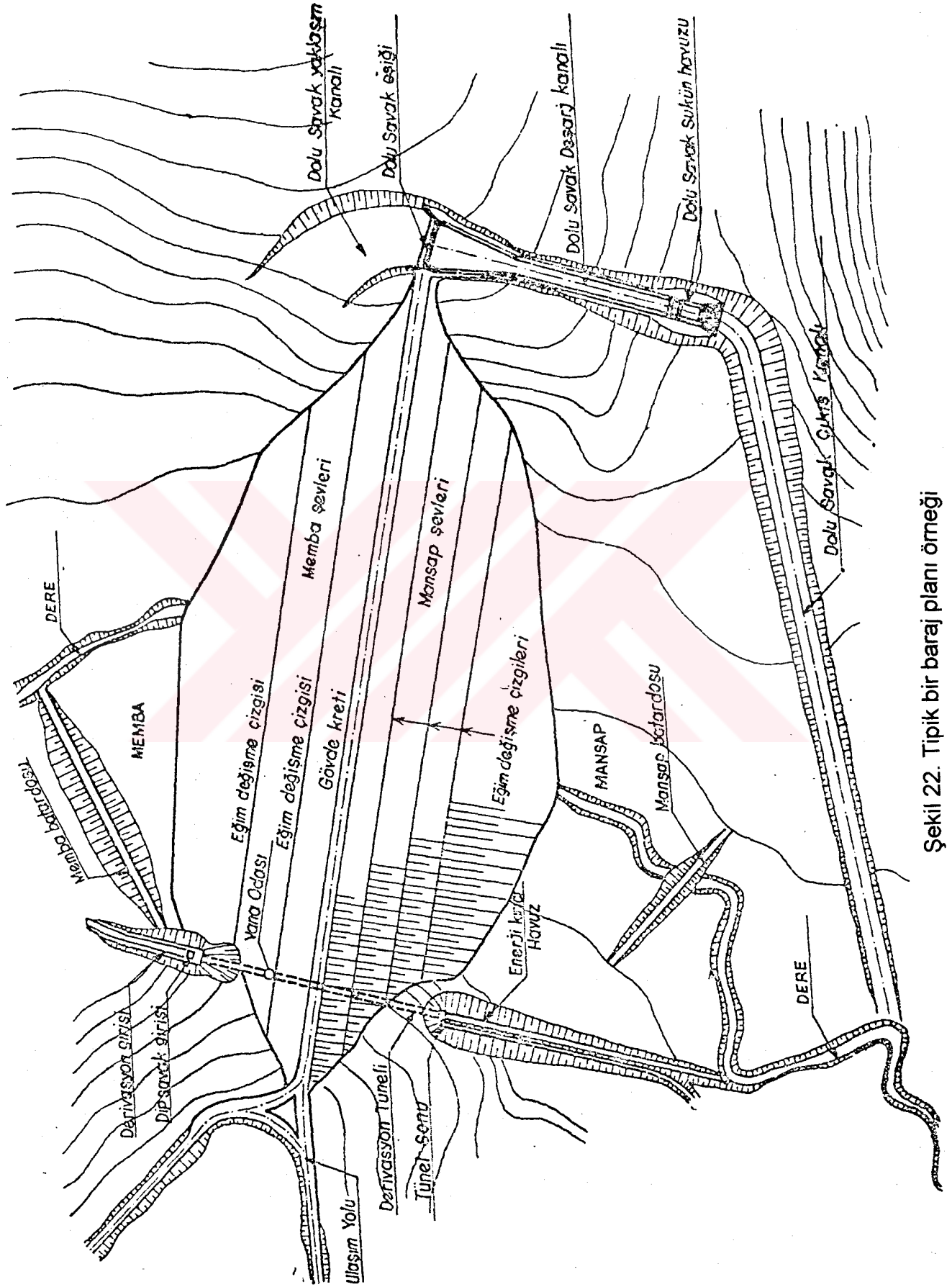
**Memba :** Akarsuyun akış yönüne göre kaynağa yakın olan noktadır.

**Mansap :** Akarsuyun akış yönüne göre kaynağa uzak olan noktadır.

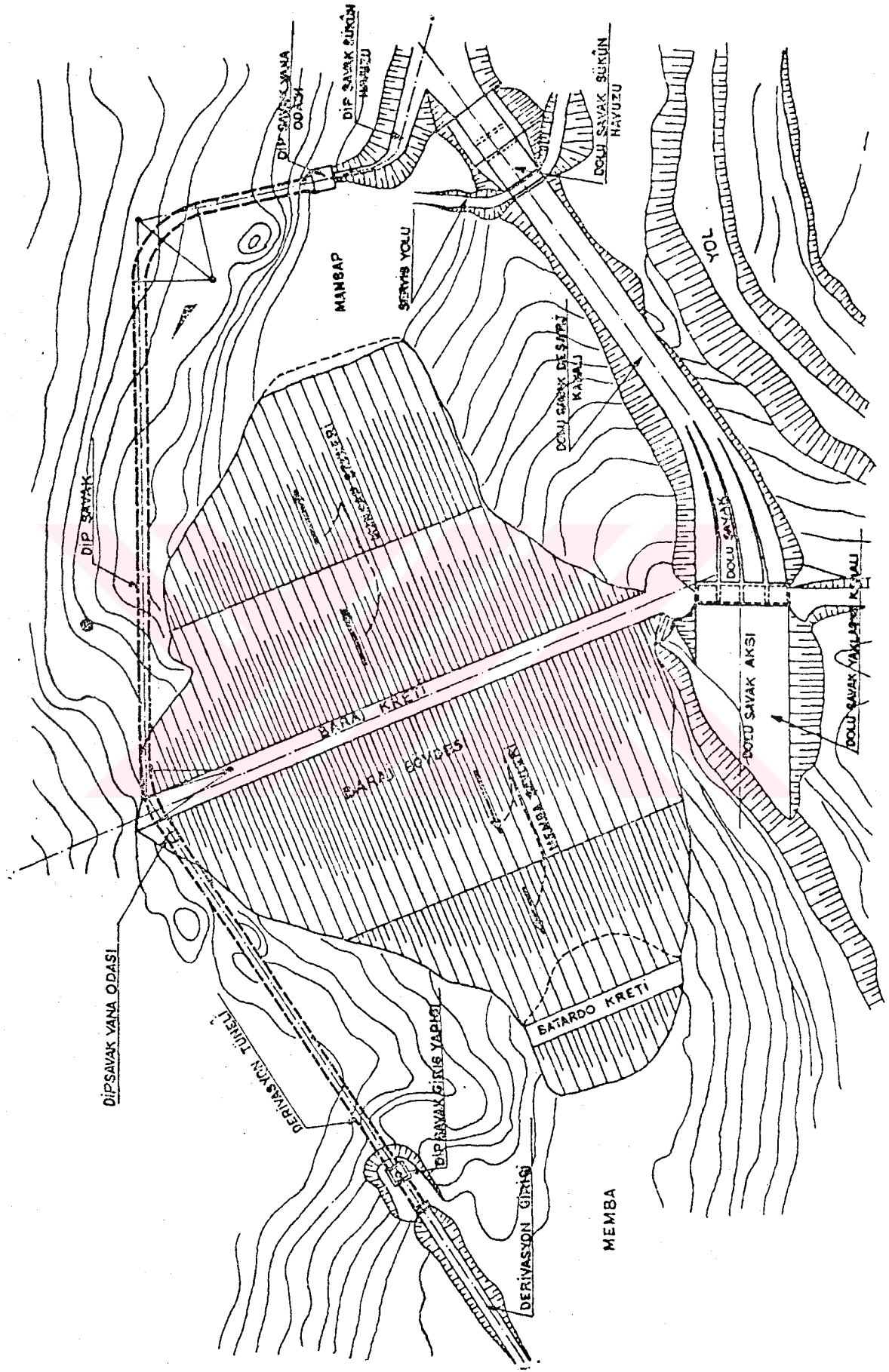
**Batardo:** Nehir suyunun inşaat alanına gelmesini engelleyen geçici dolgudur.



Şekil 21. Drenaj alanı, rezervuar ve sulama sahasını gösteren şema

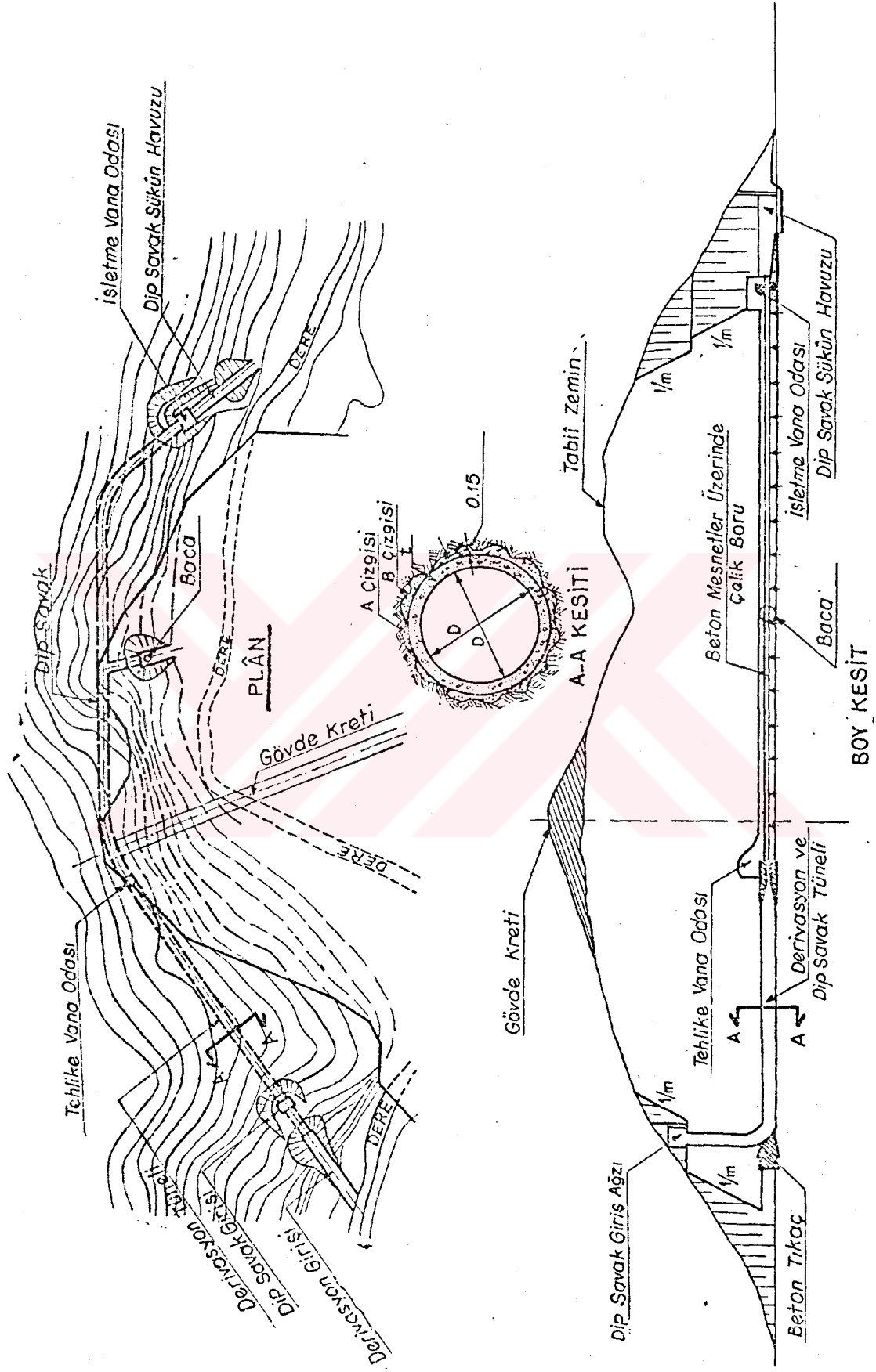


Şekil 22. Tipik bir baraj planı örneği



Şekil 23. Tipik bir baraj planı örneği





Şekil 24. Derivasyon ve dip savak plan ve de profili için örnek

### 7.3. Baraj Tipinin Seçiminde Gözönüne Alınacak Fiziki Faktörler

En uygun baraj tipinin seçimi, çeşitli baraj tiplerinin karakteristiklerinin araziye uygunluk, barajın amacına hizmet etmeye elverişlilik, ekonomik gibi etkenlerden ayrı ayrı incelenmesi sonunda yapılmalıdır. Baraj tipinin seçiminde gözönüne alınacak en önemli fiziki faktörler şunlardır;

- A- Topoğrafik Durum
- B- Jeoloji ve Temel şartları
- C- Malzeme Çalışmaları
- D- Hidrolojik Çalışmalar
  - a- Gelen suyun miktarı ve rejimin tayini
  - b- Su ihtiyacının tesbiti
  - c- Göl yüzeyinden buharlaşma
  - d- Rezervuar kapasitesi tayini
  - e- Ölü hacmin tayini
  - f- Feyezanların (Taşkınların) tayini
  - g- Dolusavak kapasitesi tayini
  - h- Baraj kret kotunun tayini
  - ı- Su alma kapasitesi tayini
- E-Dolusavak Kapasitesi ve Yeri
- F-Deprem

### 7.4 Baraj Rezervuar Tayini

#### A- Gelen Su

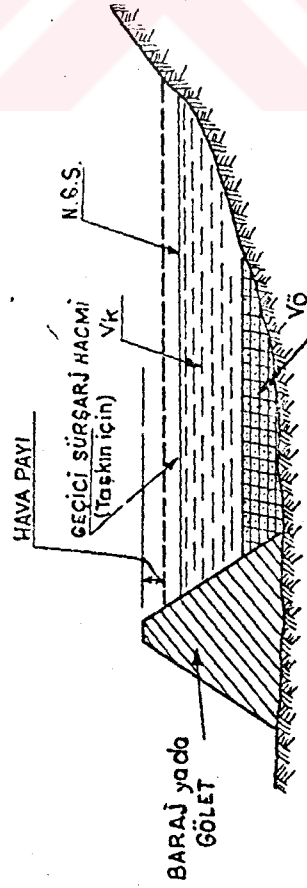
Rezervuara yılda gelebilecek su miktarı yapılan rasatlar, su bütçesi hesapları, benzer havzalarla korelasyonlar yoluyla tahmin edilebilir. Rezervuar kapasitesi tayininde, gelen suyun miktarı olduğu kadar rejimi de önemlidir. Bunun için gelen suyun aylık değerlerine ihtiyaç vardır. Aylık akış rejimleri boyutsuz olarak ifade edilebilirler. Her aya ait akış değeri, yıllık akışa bölünmek suretiyle boyutsuz olarak gösterilebilir.

#### B- Su ihtiyacı

Kullanılacak suyun miktarı ve aylara dağılışı, sulama amacıyla kurulan göletlerde, sulanacak arazinin miktarına, bitki çeşidine, ordaki iklim şartlarına göre değişecektir. Bu miktar çeşitli metodlarla hesaplanabilir. Veya o bölgedeki buharlaşma potansiyeli aylık değerlerinin su ihtiyacında aynı aylık dağılışını göstereceği kabul edilebilir. Buharlaşma hesaplanarak, bunlardan o aya ait ortalama yağış değeri çıkartılır ve su ihtiyacı bulunmuş olur, sonra bu aylık ihtiyaç değerleri yıllık toplama bölünerek, boyutsuz su ihtiyacı dağılışı elde edilir

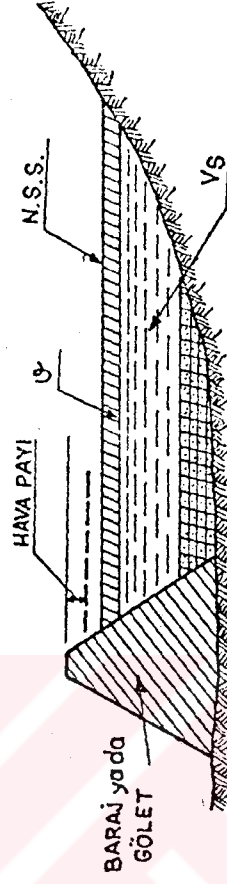
$$V = V_0 + V_k$$

V: DEPO HACMİ  
 V<sub>0</sub>: ÖLÜ HACİM  
 V<sub>k</sub>: AKTİF HACİM



V<sub>s</sub>: SULAMAYA VERİLEN SU

ϕ: SIZMA VE BUHARLAŞMA KAYIPLARI  
 N.S.S.: NORMAL SU SEVİYESİ



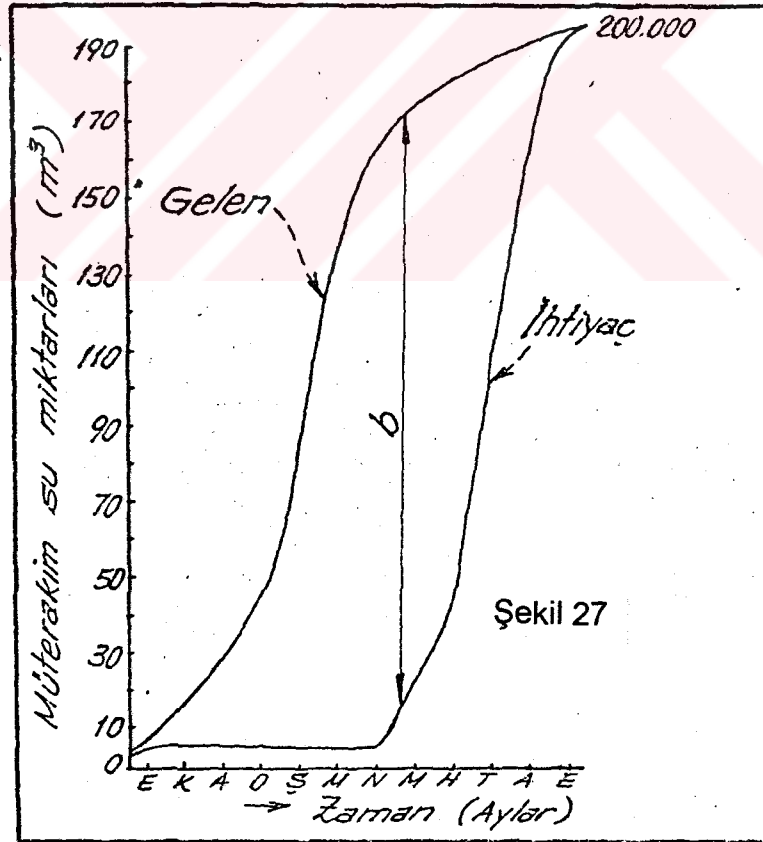
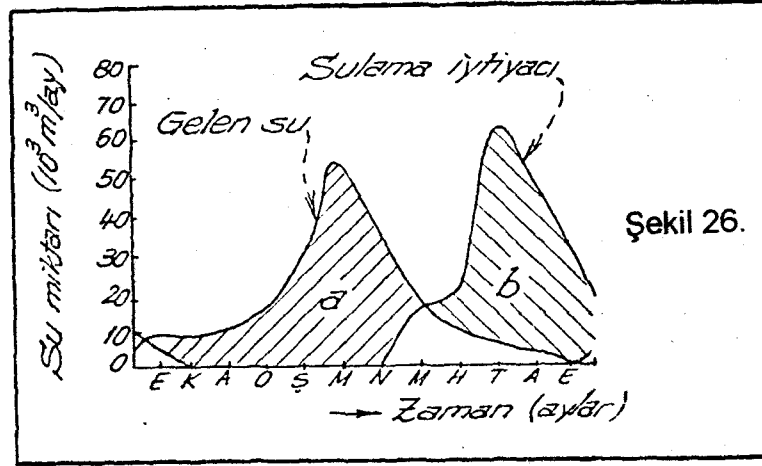
Şekil 25. Baraj (Gölet) için depolama hacimleri

### C- Gelen Su ile İhtiyacın Bağdaştırılması-Depolama İhtiyacının Tayini

Gelen su ile kullanılacak su, miktar ve zaman bakımından değişiklik arz etmektedir. Örneğin ; bir yıllık sürede, sulanabilecek arazinin su ihtiyacı, o bölgeye su temin eden kaynağın yılda verebileceği miktardan fazla veya az olabilir. Bu durumdan dolayı depolama ihtiyacı doğmaktadır.

Gelen su ve ihtiyaç tesbit edildikten sonra gerekli gölet hacmi birikme eğri analizi ile tayin edilebilir. Bu analizde, gelen su ile ihtiyaç miktarları biriktirilerek birbirinden çıkarılır ve en büyük farkla en küçük farkın mutlak değerce toplamı depolama miktarını verir.

Bu işlem grafik veya analitik olarak yapılabilir. Aşağıdaki şekilde gelen suyun ve ihtiyacın hidrografları görülmektedir. Burada bir yıl içinde gelen suyun ve ihtiyacın miktarları eşit olarak alınmıştır. Yani gelen su tamamen sulamada kullanılacaktır. Bir hidrografın sınırladığı alan, su miktarını gösterdiğine göre, şekildeki her iki eğrinin alanları birbirine eşittir. Görülüyor ki, Ekim ile Mayıs ayları arasında gelen su, ihtiyacın üstündedir. "a" ile gösterilen alan kadar bir fazlalık mevcuttur. Buradaki depolama ihtiyacının (a değerinin) kolayca bulunması için şekilde görülen birikim değerleri eğrisi çizilmektedir. Bu eğriler bir aydan başlayarak, müteakip ayların değerlerinin bir öncekilerin üzerine eklenmesiyle çizilmişlerdir. Bu eğriler, bir aydan başlayarak bir yıllık bir süre içinde yerine göre tamamen tahmin edilmesi halinde meydana gelecek durumu göstermektedirler. Diğer taraftan en küçük fark ise sıfıra gelen su ile ihtiyaç arasındaki en büyük fark Mayıs ayı civarında "b" ye eşittir. Demek ki göletin bütün suları regüle edebilmesi için (b) hacmine sahip olması gerekir. (Şekil. 26-27)



Örnek: Bir akarsudan yılda ortalama 200.000 m<sup>3</sup> su geçmekte ve bunun tamamı sulamada kullanılmak istenmektedir. Aylık akış ve ihtiyaç değerleri tabloda verildiğine göre gerekli gölet hacmini bulunuz?

Tablo 4

Gelen Su :

Aylar	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> su	7,2	6,9	9	16,7	31,6	55,8	37,9	17,4	9,8	3,5	2,3	1,9	200

İhtiyaç :

Aylar	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> su	5,6	—	—	—	—	—	—	19,2	19,6	62,6	57,6	35,4	200

Çözüm :

Aylar	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
Gelen su	7,2	6,9	9	16,7	31,6	55,8	37,9	17,4	9,8	3,5	2,3	1,9	200x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
İhtiyaç	5,6	—	—	—	—	—	—	19,2	19,6	62,6	57,6	35,4	200x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
Gelen su Σ	7,2	14,1	23,1	39,8	71,4	127,2	165,1	182,5	192,3	195,8	198,1	200,0	
İhtiyaç Σ	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	24,8	44,4	107,0	164,6	200,0	
Fark +	1,6	8,5	17,5	34,2	65,8	121,6	159,5	157,7	147,9	88,3	33,5	0	
Fark -													

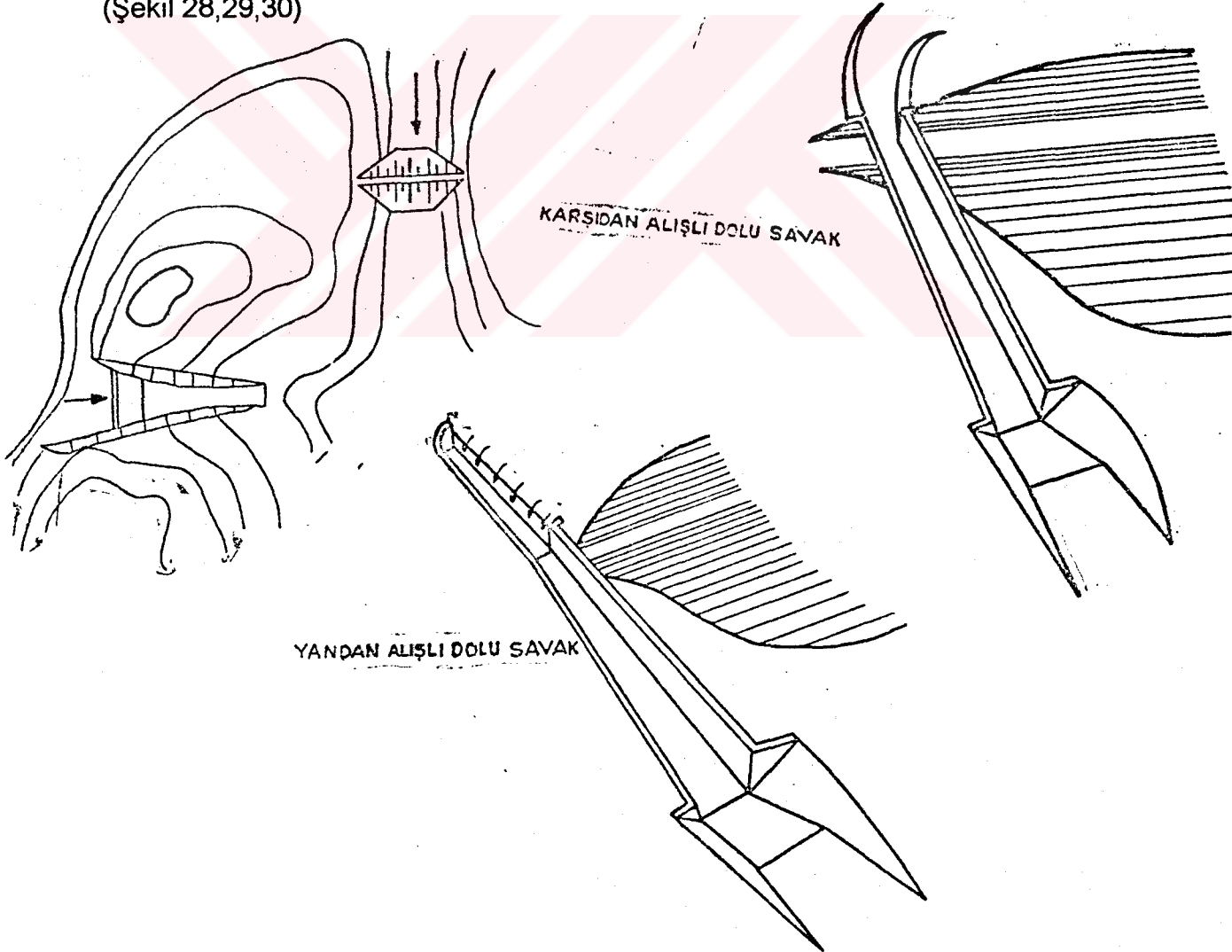
Gerekli gölet hacmi = 159.5 x 10<sup>3</sup> = 159500 m<sup>3</sup>

## 8.0. DOLUSAVAKLAR

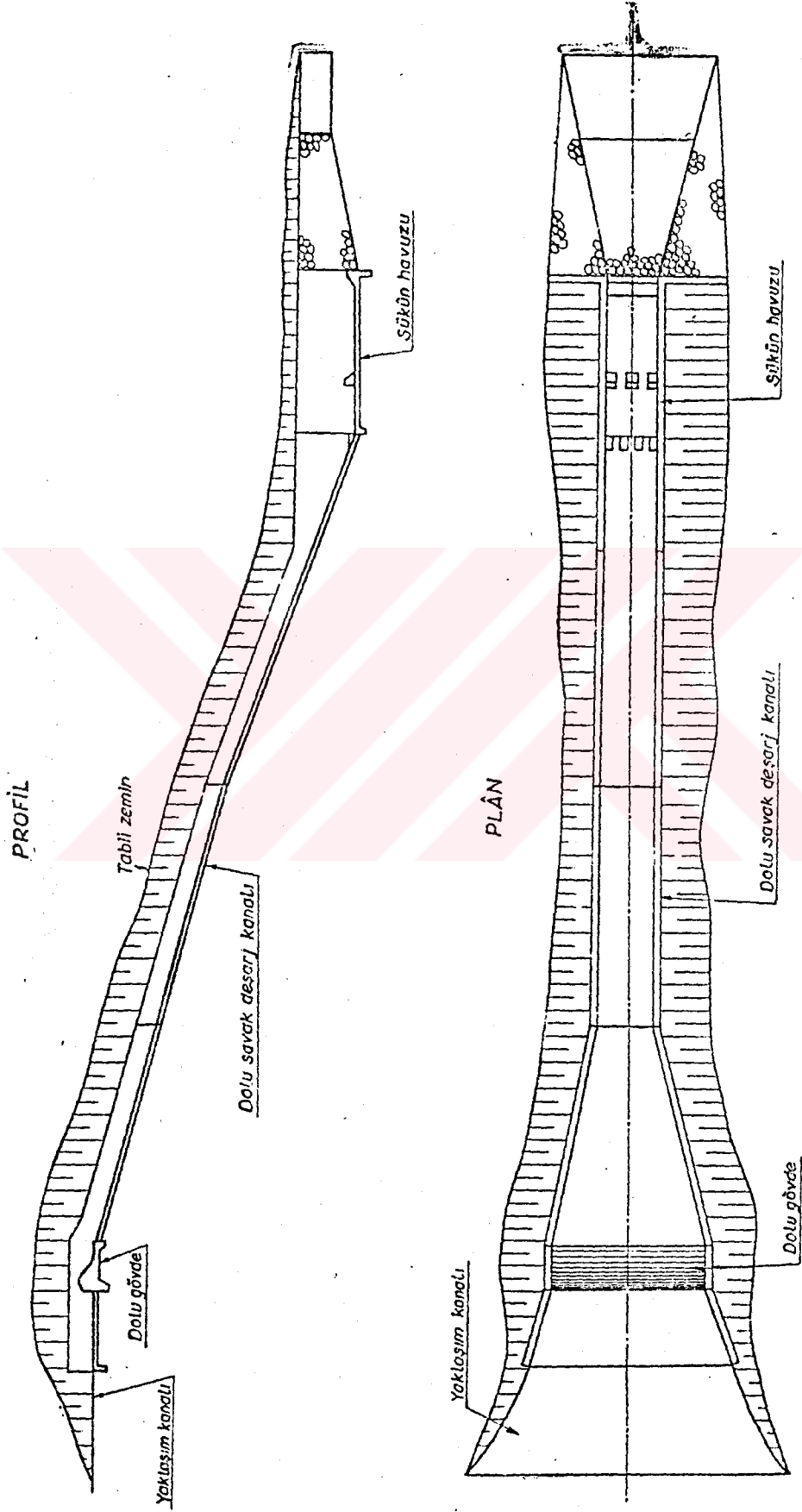
### 8.1. Dolusavakların Görevleri

Dolusavak yapıları, akarsuyun baraj ya da gölet rezervuarına getirdiği suyun barajı doldurduktan sonra azlasını baraj mansabına emniyetle taşımaya yarayan yapılardır. Bu yapılar, gerek barajda gerekse gölette emniyet sūpabı görevi görürler.

Beton ağırlık veya kemer barajlarda dolusavak yapısı doğrudan doğruya baraj gövdesi üzerinde alınabilir. Çünkü bu tür barajlarda suyun baraj gövdesi üzerinden aşması hiç bir zarara sebep olmaz. Yapı ekonomik olur. Oysa toprak ve kaya dolgu baraj ve göletlerde suyun baraj gövdesi üzerinden aşması barajın yıkılmasına sebep olur. Bu nedenle toprak ve kaya dolgu baraj ve göletlerde bu yapıların emniyetli bir biçimde projelendirilmesi gereklidir (Şekil 28,29,30)



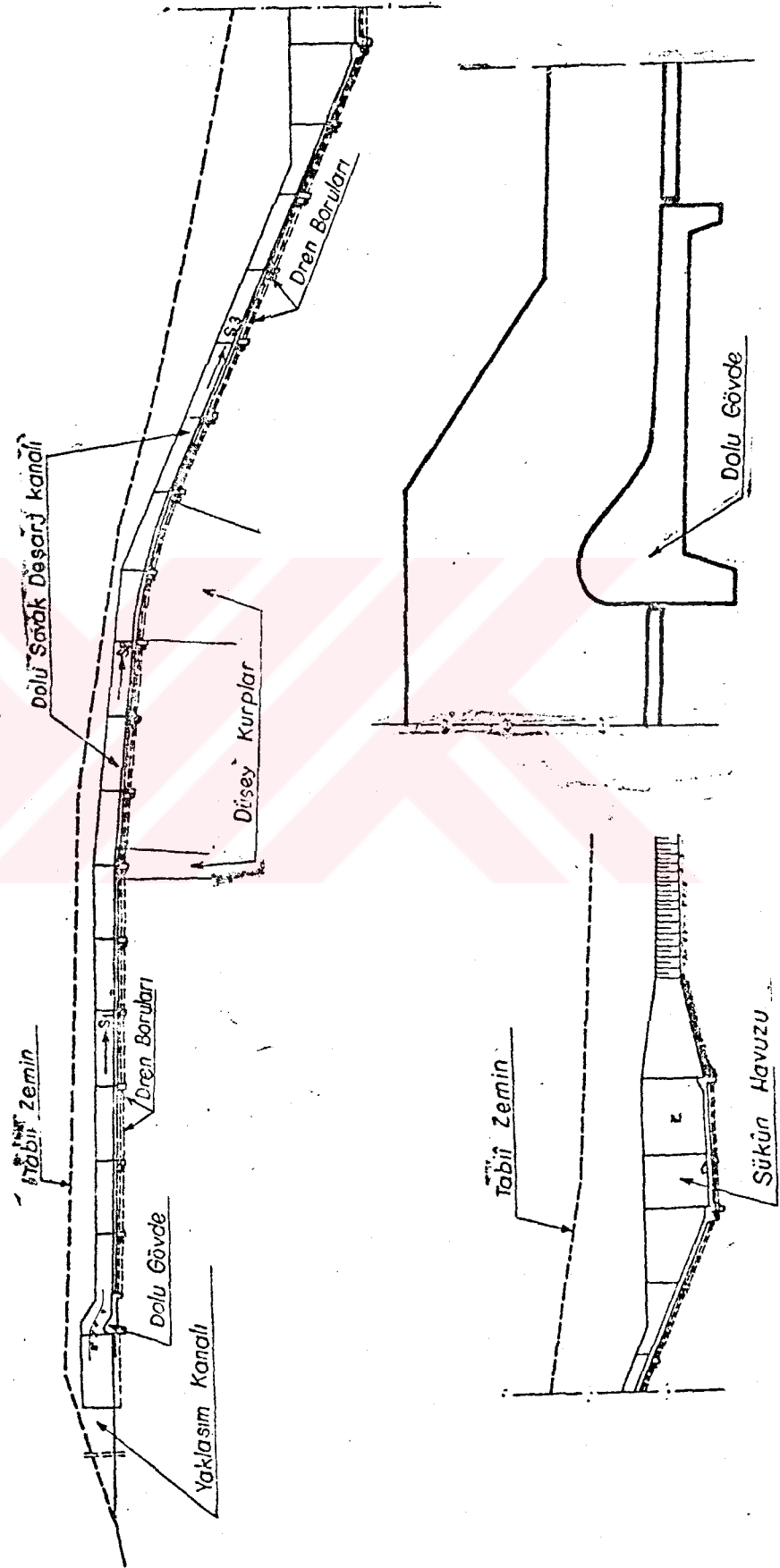
Şekil 28. En çok kullanılan dolusavak türleri



TİPİK BİR DOLUSAVAK ÖRNEĞİ

Şekil 29. Tipik bir dolusavak örneği





Şekil 30. Tipik bir dolu savak profili örneği

## 8.2. Dolusavakların Sınıflandırılması

Dolusavaklar şekillerine ve çalışma sistemlerine göre sınıflandırılırlar.

### 8.2.1. Şekillerine göre dolusavaklar

#### a- Karşıdan Alışlı Dolusavaklar

Karşıdan alışlı dolusavaklarda savak eşiği dolusavak kanalına dik olarak düzenlenir. Dolusavak kanalı genellikle açık kanal olur. Suyun bir tünel ile taşındığı dolusavaklara da rastlanır. Karşıdan alışlı dolusavaklar en çok kullanılan tiplerdir.

#### b- Yandan Alışlı Dolusavaklar

Yandan alışlı dolusavaklarda savak eşiği dolusavak kanalının memba kısmını teşkil eden tekneye paralel olarak teknenin bir yanını oluşturur. Yandan alışlı dolusavakların kanallarını iki kısma ayırmak uygun olur.

Birinci kısım suyun içine savaklandığı tekne kısmıdır. Bu kısım derin ve trapez kesitlidir. Savak eşiği tekne boyunca tekneye paralel yer alır. Tekne içine akan su burada vida hareketi gibi dönerek ilerler.

Yandan alışlı dolusavaklar çoğunlukla V, U şekilli dik yamaçlı vadilerde, karşıdan alışlı savak yapmanın çok büyük kazı gerektirdiği ve elverişli başka dolusavak yeri bulunmadığı hallerde tercih edilirler.

#### c- Kuyulu Dolusavaklar

Kuyulu dolusavaklarda ise su bir kuyu ağzından içeri savaklanır. Düşey olan bu kuyu yatay bir tünelle ulaşır. Bu tünelle su mansaba taşınır. Bunlar küçük debiler için uygun olur.

### 8.2.2. Çalışma sistemlerine göre dolusavaklar

#### A- Esas Dolusavaklar

##### a- Kontrollü Dolusavak

##### b- Kontrolsüz Dolusavak

#### B- Yedek Dolusavaklar

Esas ve yedek dolusavaklar beraberce (gelmesi muhtemel en büyük debi) kadastrofal taşkını geçirmeğe yararlar. Küçük barajlarda sadece esas

dolusavak ile yetinilebildiği halde özellikle büyük barajlarda ikisinin birarada yapıldığı görülür.

KontROLSUZ dolusavaklarda göl seviyesi, dolu savak eşik kotunu geçince gelen su, göl seviyesi tekrar eşik seviyesine ininceye kadar dolusavaktan atılır. Kontrollü dolusavaklarda kontrol kapaklarla temin edilir. Kapaklarla göl seviyesini dolusavak eşik seviyesi üzerinde tutmak mümkün olduğu gibi, kapakları kısmen açarak kapak altından istenilen miktarda deşarj yapmak da mümkündür.

### 8.3. Dolusavağın Kısımları

Baraj ya da göletlerde dolusavaklar genellikle dört kısımdan meydana gelirler.

- a- Yaklaşım kanalı
- b- Dolusavak eşiği (Kontrol kesiti)
- c- Deşarj Kanalı (Boşaltım Kanalı)
- d- Uç yapısı (Enerji kırıcı yapı)

## 9.0. BARAJ PROJELERİNİN EKONOMİK ANALİZ ESASLARI

### 9.1. Ekonomik Analizin Amacı

Bir projenin ekonomik analizinin amacını ;

- Ekonomik özelliklerin araştırılması
- Milli kalkınmaya sağlanacak faydaların incelenmesi diye düşünürsek, en uygun projenin seçilmesini sağlarız. Analiz esasında birçok alternatifler gözönünde bulundurulur. Bunlar arasında ilk olarak ekonomik yönden, ikinci derecede, sosyal, politik ve hukuki faktörleri incelenir. Çoğunluk, ekonomik karar verdirici rolü oynamakla birlikte, bazen diğer faktörler daha önemli olabilirler.

### 9.2. Ekonomik Analiz Metodları

Bir projenin en iyi çözümünün bulunabilmesi için ekonomik analiz yapılırken ;

- Konu ile ilgili olduğu diğer problemler ortaya konulur.
- Mukayese edilecek alternatifler arasında bir ilk seçim yapılır.
- Her bir alternatifin fiziksel tanımı ve sınırlaması yapılır.
- Standart metodları kullanarak, her bir alternatifin portresi tespit edilir. (sağlayacağı faydalar ve maliyeti gibi)
- Alternatiflerin maliyet ve faydaları birçok metodlarla mukayese edilir.
- Alternatifler arasında ekonomik analiz sonuçları ve diğer faktörler gözönüne alınarak seçim yapılır.

### 9.3. Maliyet Tayini

Alternatif plan veya projelerin maliyet tayini yapılırken, şu faktörler gözönüne alınarak araştırılmalıdır.

- İlk yatırım miktarı ve nasıl yatırım yapıldığı
- Amortisman
- İnşaat süresi
- İşletme ve bakım masrafları
- Su ekonomisi
- Döviz ihtiyacı

### 9.3.1. İlk Yatırımın miktarı ve nasıl yatırım yapıldığı

Bir baraj projesi için gerekli ilk yatırımın tahmini değişik seviyelerde yapılır.

- İstikşaf Seviyesi : İstikşaf seviyesinde inşaatın maliyeti, daha önce yapılmış benzer çalışmalar esnasında hazırlanan grafiklere ve neticelere istinaden çıkarılabilir. Buna ayrıca kontrol, faiz ve ilgili diğer masraflar eklenir.

- Planlama Seviyesi : Proje ana hatları ile tayin edilir. Ayrıca bir emniyet payı bırakılır. Esas maliyete ilave olarak etüd, kontrol, kamulaştırma masrafları, faiz ve vergiler hesaplanır.

- Zamanın Önemi : Yatırımın tümünün başlangıçta yapılması veya projenin kademelere bölünerek yatırımın yapılması yoluna gidilebilir.

### 9.3.2. Amortisman

Proje faaliyete geçmesinden belli bir yıl sonra projenin ekonomik ömrü sona erecektir. Dolayısı ile bu süre içerisinde, başlangıçtaki yatırımın geri alınması için her yıl belli bir miktarın ayrılması gerekir.

### 9.3.3. İnşaat süresi

- Yüksek maliyet ve hızlı çalışma temposu
- En ekonomik maliyet ve yavaş çalışma temposu

Bu iki yol, şu yönlerle kıyaslanmalıdır.

- İnşaat süresince biriken faiz,
- Projenin gerçekleştirilmesi ile sağlayacağı fayda ile düşünülmalıdır.

### 9.3.4. İşletme ve bakım masrafları

İşletme ve bakım masrafları tesisin ömrü boyunca devamlı bir gider olduğundan projenin ekonomik olup olmadığında çok etki ederler. Öyleki esas maliyeti oldukça yüksek olan bir proje, yıllık masrafları minimuma indirildiğinden dolayı ekonomik olabilir.

### 9.3.5. Su ekonomisi

Eğer sistem içerisindeki su kayıpları azaltılırsa depolama tesislerinin ve iletim şebekesinin kapasitelerini azaltmakta kullanılabilir veya projenin daha geniş bir sahaya hizmet etmesi sağlanır.

### 9.3.6. Döviz ihtiyacı

Kalkınma evresinde olan ülkelerde döviz olanaklarının sınırlı oluşundan, büyük döviz ihtiyacını gerektiren projelerin tahakkuku zorlukla karşılanır. Genellikle bu ihtiyacı, daha yüksek maliyete sahip olmasına rağmen, iç imkanlarla karşılamak daha ekonomik bir çözüm yolu olabilir.

## 9.4. Projenin Sağlayacağı Faydanın Tayini

Bir projenin sağlayacağı faydalar tesbit edilirken genellikle şu yol izlenmelidir:

- O günkü ekonomik şartlar analiz edilir.
- Halihazır duruma ait maliyet ve faydalar tayin edilir.
- Gelecekteki ekonomik şartlar tahmin edilir.
- Geleceğe ait maliyet ve faydalar tespit edilir.
- Yatırımdan dolayı olan net artış tayin edilir.

Bir projenin alternatiflerini değerlendirirken farklı kriterler kullanılmalıdır. Su kaynaklarını geliştirmeyi hedef alan politika projelerinin değerlendirilmesi için kullanılacak metoda etki edecektir.

## 10.0. BARAJLAR VE HARİTA MÜHENDİSİNİN GÖREVLERİ

Bir barajın planlama, yapım ve işletme aşamalarında harita mühendisinin çok sayıda görevi ve önemli sorumlulukları vardır.

Görevlerinden başlıcaları şunlardır.

- 1- Baraj yeri haritasının yapılması
- 2- Baraj projesinin aplikasyonu,
- 3- Baraj rezervurunda topoğrafik, kadastral haritaların yapılması,
- 4- Rezervuarda kamulaştırma,
- 5- Barajın deformasyon ölçmeleri,
- 6- Baraj gölünde hidrografik haritaların yapılması.

### 10.1- Baraj Yeri Haritası

Bu harita, baraj gövdesinin ve şantiyelerin yapılacağı alanı kapsar. Ülke nirengi ve nivelman ağına bağlı olarak yapılan ve 1/500 ila 1/1000 ölçeklerinde çizilen topoğrafik bir haritadır. Barajda daha sonraki aşamalarda yapılacak jeodezik çalışmalar dikkate alınır ve güvenilir ve presizyonlu bir jeodezik ağın kurulması görev ve sorumluluğu harita mühendisine aittir. Topoğrafik durumun belirlenmesi takeometri yöntemi ile, özel durumlarda yersel fotogrametri ile yapılmaktadır.

Harita mühendisinin baraj projesindeki ilk görevi olan bu çalışmalar, akarsu üzerinde çeşitli yerlerde boyuna ve enine kesitlerin çıkarılması da dahil "planlama" aşamasında bitirilir.

Bir barajın yapım maliyeti ya da ülke ekonomisine sağladığı katkı dikkate alındığında, barajdaki jeodezik çalışmalar için yapılacak harcamalar ihmal edilecek kadar küçüktür. Bu nedenle harita mühendisi sorumluluğu büyük bir baraj projelerinde, çalışmalarını kolaylaştırmak, güvenli ve presizyonlu sonuçlara ulaşmak için çağdaş yöntemlerden ve modern ölçme, değerlendirme (hesap) ve çizim sistemlerinden yararlanılmalıdır.

### 10.2- Baraj Projesinin Aplikasyonu

Bir baraj projesinin aplikasyonu 5 ila 10 yıllık bir sürede tamamlanmaktadır. Bu süre içindeki değişik zamanlarda, derivasyon ve ulaşım

tünellerinin, gövde temelinin, dolu savağın, cebri boru ve türbinlerin, salt sahasının vb. bölümlerin aplikasyon işlemlerinin yapılması harita mühendisinin görevidir.

Baraj projesinde aplikasyon işlemlerini takiben hemen bir yapım (kalıp döşemesi, beton dökülmesi, boru ya da türbin yerleştirilmesi vb. gibi) sözkonusu olduğundan, aplikasyon ölçme ve değerlendirmelerinin hızlı ve doğru yapılmasından harita mühendisi sorumludur.

### **10.3. Baraj Rezervuarında Kadastral-Topoğrafik Haritaların Yapılması**

Planlama aşamasında bir barajın gövde ve rezervuar alanı 1/25000 ölçekli ülke haritasından ve gerekirse hava fotoğraflarından incelenmektedir. Harita mühendisinin buradaki görevi bu altıkları temin etmek ve planlamacı ile ortak çalışmaktır.

Baraj projesinin kesinleşmesinden sonra, göl suları altında kalacak arazinin kamulaştırılabilmesi için rezervuar alanında kadastral harita yapılır. Türkiye'de kadastro çalışmaları tamamlanmadığından, baraj işletmeye açılmadan kamulaştırmanın bitirilebilmesi için, bu bölgelerde kadastro çalışmalarına öncelik verilmesi gerekir.

Bir baraj projesinde, hacim-satıh hesapları, yan dere problemleri, çevre düzenlenmesi... vb. çalışmalar için topoğrafik haritaya da ihtiyaç duyulur. 1/5000 ölçeğinde yapılan ve rezervuar alanını kapsayan bu harita fotoğrametrik olarak yapılmaktadır.

### **10.4- Rezervuarda Kamulaştırma İşlemleri**

Baraj göl suları altında kalacak tüm gayrimenkuller kamulaştırılır. Kamulaştırma planlarının hazırlanması, araziye aplikasyonu ve yasal işlemlerin tamamlanması harita mühendisinin görevidir. Baraj işletmeye açılmadan önce tamamlanan bu görevi harita mühendisi yerine getirirken, gerek vatandaşın gerekse kamunun zarar görmemesi sorumluluğunu taşır.



### 10.5. Barajın Deformasyon Ölçmeleri

Barajlar, zeminin özellikleri, su kütlesinin ve gövdenin ağırlığı, hareketli dış yükler, yerkaşu hareketleri ... vb.faktörlerden etkilenir. Ayrıca proje, yapım ve işletme hataları da baraj gövdesini etkileyen faktörlerdir.

Baraj rezervuarında milyonlarca metreküp suyun depolandığı ve bazı akarsular üzerinde birden çok barajın yapıldığı düşünülürse, herhangi bir tehlike halinde can ve mal kaybının ne denli büyük olacağı kolayca tahmin edilebilir. Örneğin içinde bulunduğumuz yüzyılda 200 barajda önemli hasarlar meydana gelmiş ve onbinlerce insan hayatını kaybetmiştir. Bu nedenle barajların yatay ve düşey hareketlerinin sürekli kontrol edilmesi sosyal, teknik ve ekonomik açıdan zorunludur. Deformasyon araştırması adı verilen bu çalışma harita mühendisinin görevidir. Harita mühendisi bu önemli görevi yerine getirirken;

a- Barajda ortaya çıkabilecek muhtemel bir tehlikenin önceden belirlenmesine ve gerekli önlemlerin zamanında alınmasına,

b- Proje mühendislerinin gövde hesaplarına ilişkin parametreler için yaptıkları varsayımların hangi oranda gerçekleştiğini görmelerine, dolayısıyla deneyimlerinin artmasına,

c- Ülke koşullarında ve 1/1 ölçeğindeki gerçek modellerden elde edilecek güvenilir sonuçlar proje mühendisine güven kazandıracığından, yeni ve daha ekonomik gövde dizaynlarının hazırlanmasına, katkıda bulunur.

Gelişmiş ülkelerde barajların deformasyon araştırmaları yaklaşık 80 yıldan beri yapılırken, Türkiye'de bu konu maalesef yakın zamana kadar ihmal edilmiştir. Türkiye'de baraj yapımına ilişkin teknik şartname de "barajlara deformasyon ölçme araçlarının yerleştirilmesine ve ölçmelerin yapılmasına ilişkin maddeler" bulunmasına karşın, işletmeye açılmış 100 barajın 41 tanesinde deformasyon ölçmeleri için hiç bir ölçme donatımı mevcut değildir. Birkaç baraj dışında diğerlerindeki ölçme donatımı da yetersizdir.

### 10.6. Baraj Gölünde Hidrografik Harita Yapımı

Yapımı planlanan bir barajın belirli bir süre fanksiyonlarını tam yerine getireceği düşünülür. Barajın ömrü olarak adlandırılan bu süre, ülkelere ve bölgeye göre değişir ve minimum 50 yıldır. Baraj rezervuarında su tutulma

olayı ile birlikte, gerek akarsuyun, gerekse yüzey sularının getirdiği birikinti (taş, toprak gibi) maddeleri ile dolma alayı da başlamaktadır. Rezervuarın bu maddelerle dolması kritik bir sınıra ulaştığında, baraj artık ana fonksiyonlarını gereği gibi yerine getiremez. Bu durumu kontrol etmek ve gerekli önlemleri zamanında alabilmek amacı ile baraj gölünde 3 ile 5 yıllık periyotlarda hidrografik harita yapılması harita mühendisinin görevidir. Baraj ve göl işletmeciliği yönünden çok önemli olan hidrografik haritaların doğru ve güvenilir olması zorunludur.



## 11.0. BARAJLARDA APLİKASYON

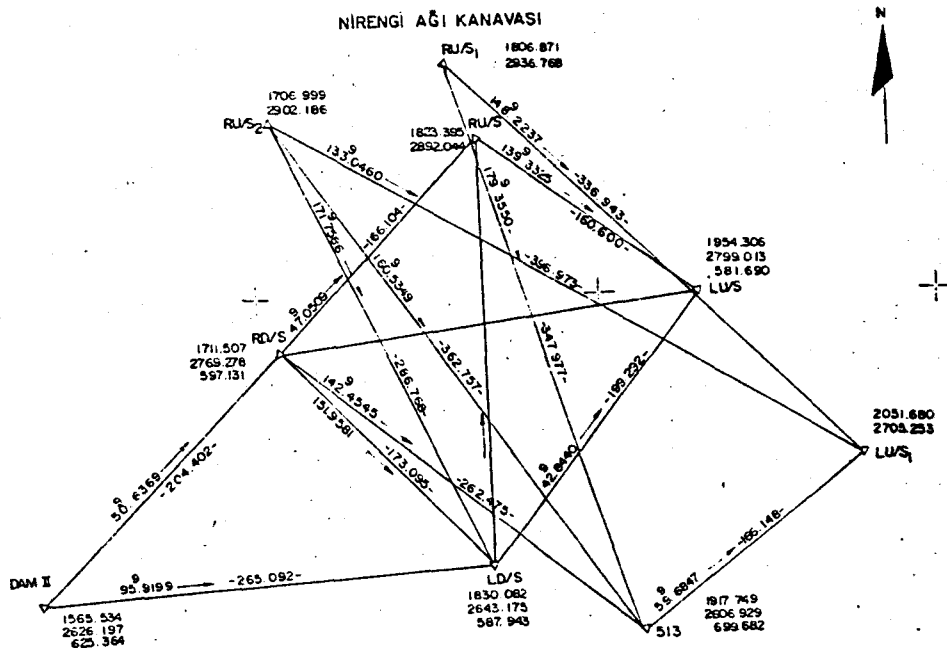
Ele alınan bir aplikasyon projesi için düşünülen ve hangi amaçla olursa olsun aplikasyon çalışmalarına başlamadan önce yapılacak işe ait özel teknik şartnamede belirtilen hata sınırını bilmek gerekir. İstenilen hata sınırlarına göre aplikasyon yöntemleri ve çalışmalarda kullanılacak alet seçimi yapılmalıdır.

### 11.1 Baraj Aplikasyonunda Yapılacak Çalışmalar

- Baraj nirengi ağının kurulması
- Baraj poligon ağının kurulması
- Baraj nivelman ağının kurulması
- Poligon ve nivelman ağlarının dengelenmesi

#### 11.1.1. Baraj nirengi ağının kurulması

İdare tarafından teslim edilen memleket nirengi noktalarına dayalı olarak baraj inşaat alanı düşünülerek ve barajın memba ve mansap arasında nirengi şebekesi tesis edilir. Nirengi ağının bütün kenarları elektronik mesafe ölçerle ölçülür. Nirengi rasatları yapıldıktan sonra şebeke dengelenir. (Şekil : 31 - Çizelge : 10).



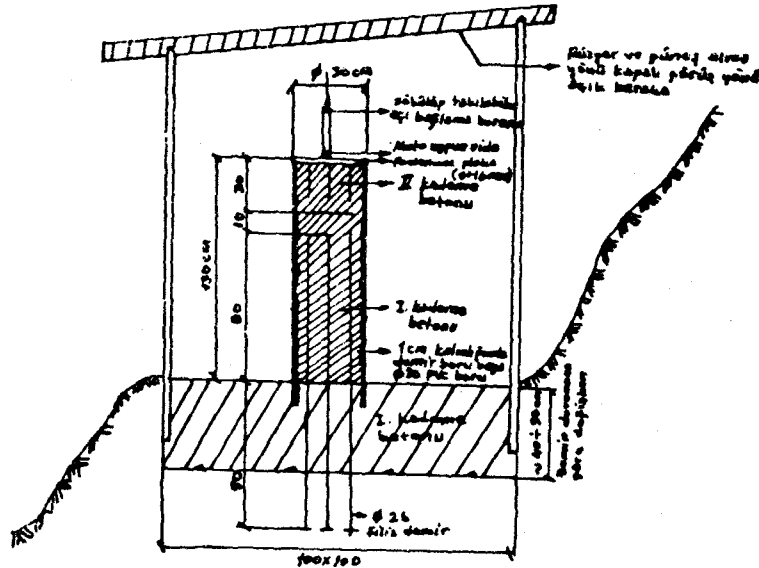
Şekil 31.

	KOORDİNATLAR	DAM 2	RD/S	RU/S	RU/SI	BCN I	513	LD/S	LU/S
DAM 2	X 1565 534 Y 2626 197 Z 625 364	/	50 6369 L 204 402	/	42 0594 L 383 317	168 6056 L 292 563	103 4792 L 332 742	95 9199 L 265 092	73 3711 L 425 452
RD/S	X 1711 507 Y 2769 278 Z 597 131	250 6369 L 204 402	/	47 0508 L 166 104	32 9510 L 192 738	201 1872 L 400 855	142 4543 L 282 475	151 9581 L 173 099	92 2421 L 244 613
RU/S	X 1823 395 Y 2892 044 Z 588 707	/	247 0508 L 166 104	/	/	214 2702 L 538 985	179 6543 L 300 322	198 290 L 248 929	139 3325 L 160 600
RU/SI	X 180 6871 Y 2836 768 Z	242 0554 L 393 317	232 9510 L 182 736	/	/	21 3974 L 577 505	179 3550 L 347 977	194 9774 L 294 509	147 8400 L 201 778
BCN I	X 1704 032 Y 2328 493 Z 667 438	368 6056 L 292 563	11872 L 400 825	14 2702 L 536 985	11 3974 L 577 505	/	/	/	/
513	X 1917 749 Y 2606 929 Z 699 682	308 4792 L 352 7420	342 4543 L 262 475	379 6543 L 300 322	379 3550 L 347 977	/	/	/	11 9728 L 195 532
LD/S	X 1830 082 Y 2643 173 Z 587 943	295 9199 L 265 092	351 9581 L 173 095	388 2998 L 248 929	394 9774 L 294 509	/	/	/	42 8440 L 199 292
LU/S	X 1954 536 Y 2799 013 Z 581 690	273 3711 L 425 452	292 2421 L 244 613	339 3325 L 180 600	347 8400 L 201 778	/	2119728 L 195 532	2428440 L 199 292	/
515	X 2019 938 Y 2782 485 Z 538 475	278 9190 L 480 530	297 2737 L 308 714	332 3740 L 225 016	339 6983 L 263 060	/	233 5591 L 203 132	/	/

Çizelge 10

Nirengi tesisleri baraj hafriyatından ve bununla ilgili olarak baraj sahasında yapılacak patlamalardan etkilenmeyecek şekilde, proje koordinatörü ve jeoloji mühendisleri ile koordineli olarak yapılır. Tesis edilecek ilk nirengi ağı baraj inşaatı süresince kullanılacağı için tesislerin pilye olarak yapılması ve gözlemler dikkate alınarak üzerinin kapatılmasında yani korunmasında büyük yararlar vardır. (Şekil : 32).

PİLYE NİRENGİ ÖRNEĞİ



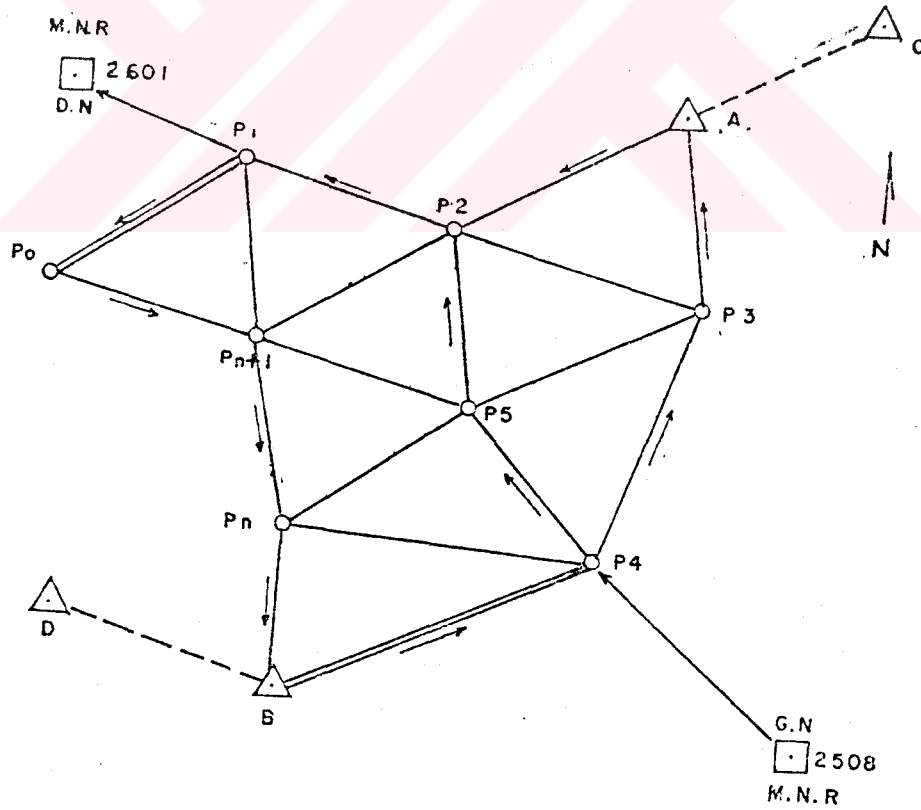
Şekil 32.

### 11.1.2. Baraj poligon ağının kurulması

Baraj yeri aplikasyon çalışmalarında zorunlu olmadıkça poligon noktası tesis edilmemelidir. Tesis edilmesi halinde poligonlar çizili ve koruma altına alınmalıdır. Tesis edilen bütün poligon noktalarının ara mesafeleri elektronik mesafe ölçerle ölçülmelidir. Pligon güzergahları, ana poligon güzergahı olarak tesis edilmeli ve kanavaları hazırlanmalıdır.

### 11.1.3. Baraj nivelman ağının kurulması

Baraj yeri harita yapım işinde kullanılan ve idare tarafından tesis edilen, memleket nivelman röperlerine dayalı olarak ve baraj inşaat sahası dikkate alınarak baraj nivelman ağı kurulmalıdır. Tesis edilen nivelman ağı içine, tüm nirengi ağındaki noktalar, tesis edilmişse poligon noktaları da dahil edilmelidir. (Şekil 33)



Şekil 33. Nivelman ağı

#### 11.1.4. Poligon ve nivelman ağlarının dengelenmesi

Önce tesis edilen nirengi, nivelman ve poligon ağlarının uygun dengeleme yöntemlerine göre dengelendikten sonra inşaatta olan gelişmelere paralel olarak ilave edilecek noktaların dengelenmesi de kesinlikle yapılmalıdır.

#### 11.2. Hafriyat Sistemi ve Doğal Zeminin Çıkarılması

Beton barajlar, ekonomik olması bakımından dar vadilerde inşa edilirler. Bu sebeple seçilecek hafriyat sisteminin iyi seçilmesi gerekmektedir.

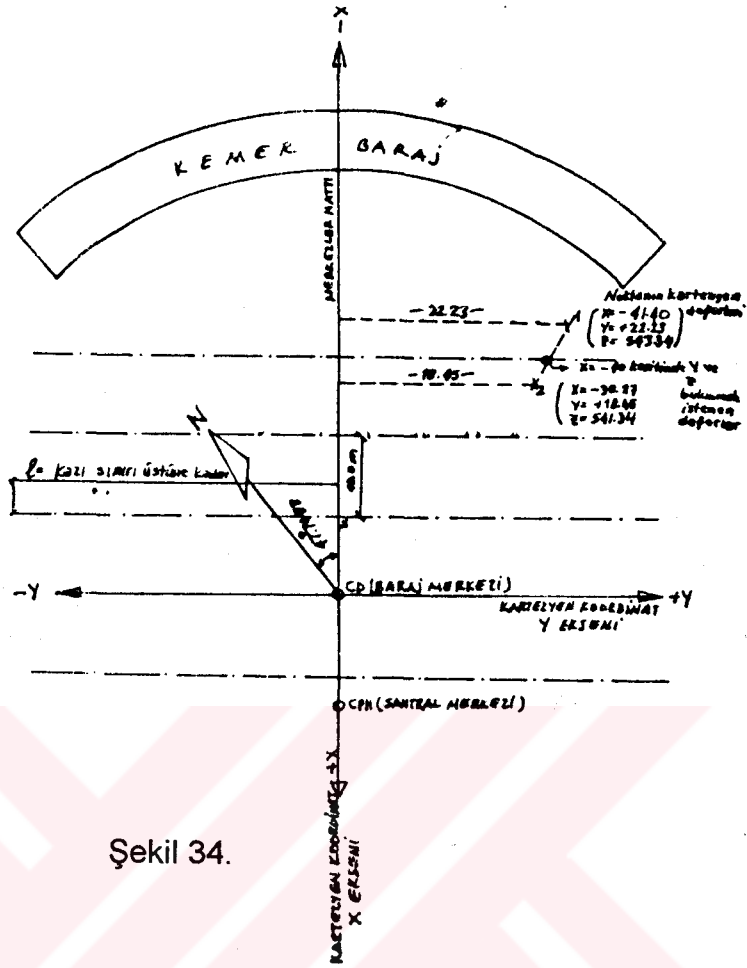
Beton kemer barajlarda, barajın memba ve mansap duvarı bir yay parçasıdır. Aynı merkezli olan bu yay parçalarının orta noktasını merkeze birleştiren doğru kartezyen sistemde aks olarak seçilmelidir. Sağ ve sol sahili birbirinden ayıran çizgi bu hat olmalıdır. Bu hata dik olarak doğal zemin kesitleri zeminin çok eğik olduğu gözönüne alınarak, ara mesafeleri 10 m<sup>2</sup> de bir çıkarılmalıdır.

Kesit uzunlukları, barajın ileride alacağı son durumunu düşünerek belirlenmelidir. Kesitlerin alınması sırasında total station (Elektronik takeometre veya teodolit) veya elektronik mesafe ölçerli teodolit, nirengi noktalarının birinin üzerine kurulmalı, kesit doğrultuları ise diğer bir aletle verilmelidir. Kesit üzerindeki karakteristik noktaların (x, y, z) kartezyen koordinatları belirlenmelidir (Şekil: 34)

Ayrıca kesit km'sinin önünde ve arkasındaki kritik noktalar kesiştirme yöntemiyle değerlendirilerek kesit zenginleştirilmelidir.

Kesit doğrultusu üzerinde; ulaşılması mümkün olmayan karakteristik noktaların ölçülmesi için şartlara göre ve uygun yöntemler geliştirmek mümkündür. (Örneğin, kesit üzerine kurulan lazer ışıklı bir alet yardımıyla ışıklandırılan doğal zemine ilerden kestirme yöntemiyle değer verilmesi gibi) Ölçülen bu doğal zemin değerleri iş bitimine kadar bütün doneler muhafaza edilmelidir.

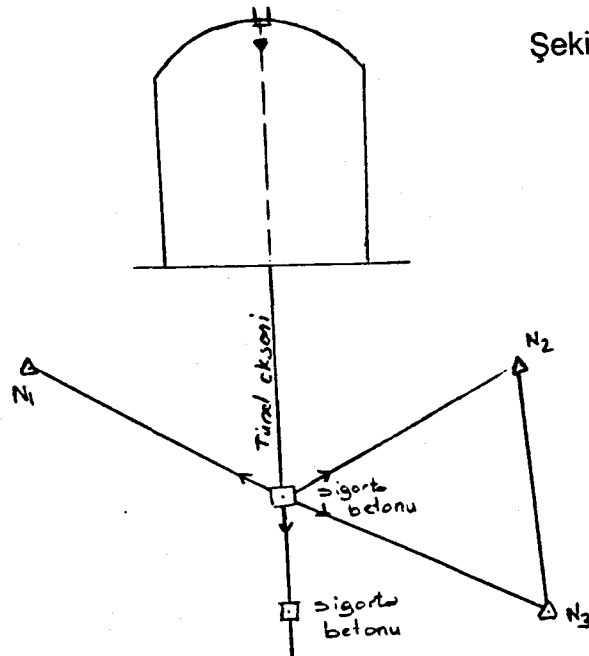
## HAFRIYAT SİSTEMİ VE ENTERPOLER



Şekil 34.

## 11.3. Tünel ve Galerilerde Aplikasyon

Baraj inşaatına başlamadan önce yapılacak ilk iş, nehir suyunu tahliye edecek kapasitede ve sayıda derivasyon tüneli açmak gerekir. Bunun için tünel giriş ve çıkışının yamaç üzerinde işaretlenmesi gerekir. (Şekil : 35)



Şekil 35.

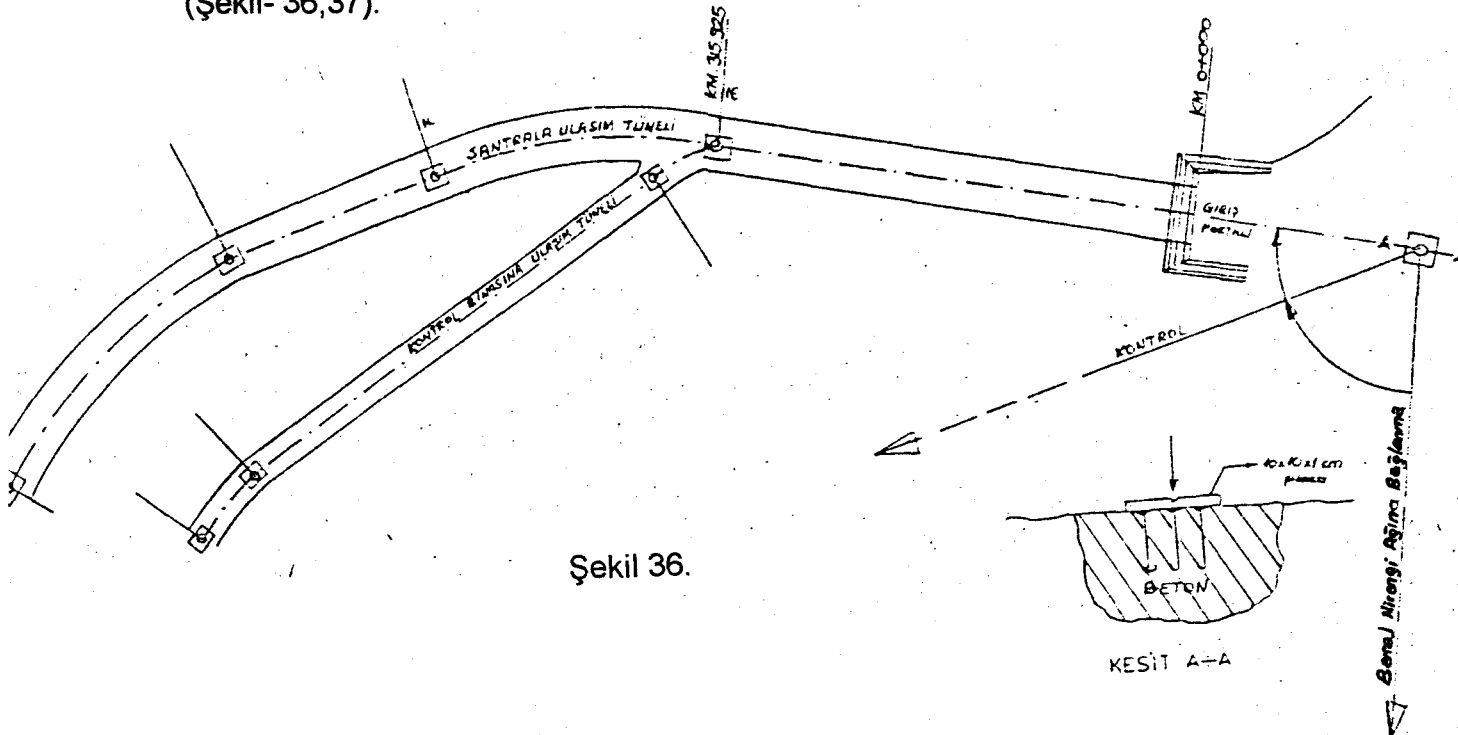
Ayrıca tünel geometrisini meydana getiren aliyman ve kurpların tünel hafriyatı devam ettikçe, aplikasyon için tünel aksı üzerinde tünel giriş ağzının önünde, baraj nirengi şebekesinden istifade ederek kestirme ya da uygun bir yöntemle bir nokta tesis edilmelidir. Bu nokta iyi korunmalı ve en az baraj nirengi noktalarından birini görmelidir. Tünel hafriyatı ilerledikçe bu noktadan doğrultu verilmelidir.

Tünele girildikten sonra aliymanda iş makinasını yönlendirmek için, tünelin sağ ve sol tarafında uygun bir yüksekliğe özel ışık kaynağı yerleştirilmelidir. Hafriyatla ilgili her çalışmadan sonra tünel aynasında, tünel teorik hattının çizilmesi gerekir. Kurpların aplikasyonunda teodolitde açı ve mesafe sistemine göre aplikasyon yöntemi genellikle tercih edilendir. Tünel aynasında teorik kesitin işaretlenmesi durumunda, projede gösterilen eğim ve düşey kurptan oluşacak kot durumunu gözönünde bulundurmak gerekir.

### 11.3.1. Tünel güzergahının aplikasyonu

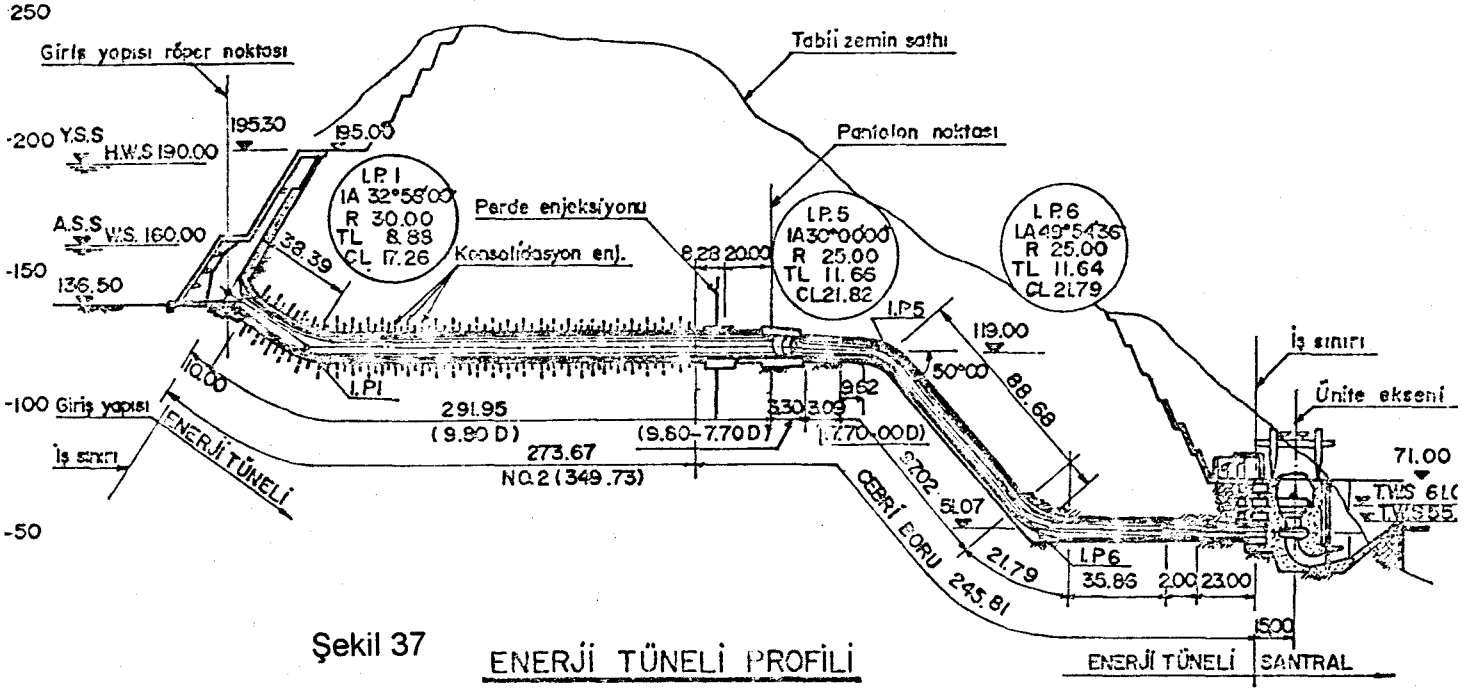
Tünel giriş ve çıkış noktaları zemine applike edildikten sonra tünel ekseninin aplikasyonuna geçilir.

Hafriyat çalışmaları yapılmadan, şayet zemin geçit veriyorsa, tünel güzergahının kontrolü için dışarıdan tespit edilen giriş ve çıkış noktaları üzerine alet kurulur. Nirengi ve poligon noktalarından istikamet alıp, istikamet açısı ile tünel istikameti verilir. Arazide tünel güzergahı aplikasyonu kontrollü yapılır. Bunun için baraj nirengi şebekesinden faydalanılır. Tünelin açılması anında giriş ve çıkış nokta yerlerinin kaybolmaması, tünel eksen istikametinin sağlıklı olarak verilmesi için, eksen üzerinde uygun yerlere yardımcı sigorta betonları atılır (Şekil- 36,37).



Şekil 36.





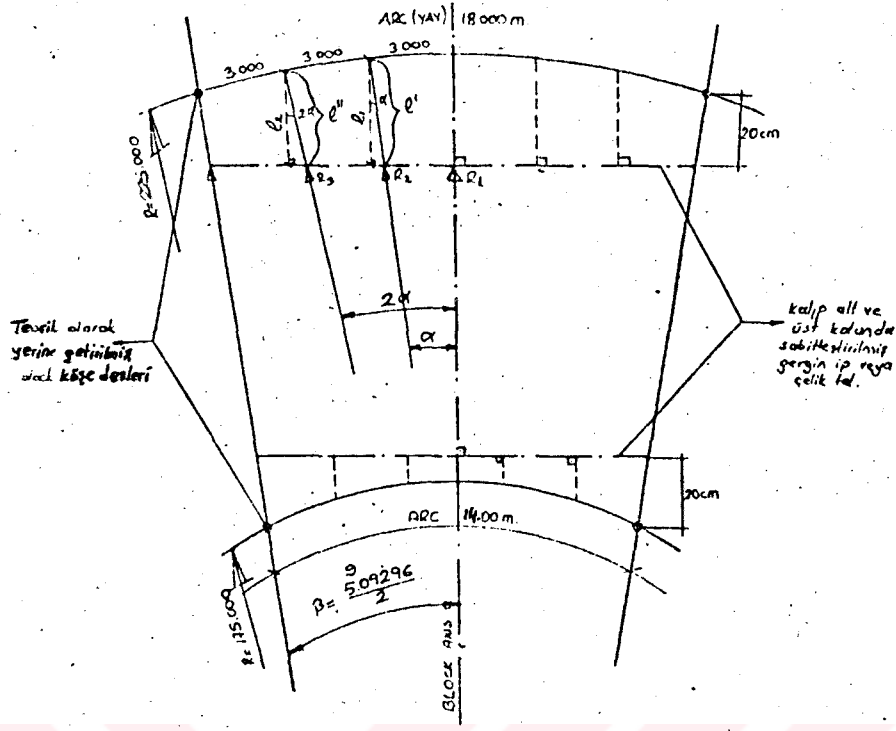
Şekil 37

## ENERJİ TÜNELİ PROFİLİ

## 11.4 Donatısız Beton Kalıpları Aplikasyonu

Beton barajlarda blokların alt kademeleri donatısızdır. Böylesi durumlarda kalıp için yardımcı noktaların aplikasyonu daha kolaydır. Öncelikle projeye ait kalıplar tesis edilmeden blok ortasına baraj nirengi açısından direkt olarak iki nokta yardımıyla kesiştirme yöntemi ile koordinatı ve kotu bilinen noktanın aplikasyonu yapılır. Blok içerisinde diğer bütün sanat yapılarının aplikasyonu (galeri, shaft gibi) alet kurularak yapılır. Diğer yardımcı noktaların aplikasyonu için bu noktaların proje de belirtilen koordinatlarından istifade edilerek, aplikasyon için üzerine alet kurulan noktanın koordinatları arasında analitik bağlantı ile birbirine olan mesafe ve açıklık açıları hesaplanır. Aplikasyon bu değerlerden yararlanılarak yapılır. Memba ve mansapta kalıplara kurp olan yerlerde kurbu meydana getiren kiriş arası teorik boylar hesaplanmalı ve kalıplar bu değerlere göre ileri veya geri açılarak aplikasyon yapılmalıdır. Bunun için öncelikle kurbun iki uç noktası teorik olarak yerine getirilmelidir. Ayrıca, kotu bilinen orta noktadan, proje uygulama aşamasının proje kotları alınıp iç düşey yüzeylerine belli aralıklarla işaretlenmelidir. Blok içerisinde shaft varsa bundan belli mesafede shaft merkezine dik olacak şekilde, en az iki proje noktasının aplikasyonun yapılması gereklidir. Blok içerisinde galeri varsa galerinin tüm kırık noktaları zeminde işaretlenmelidir. (Şekil: 38)

Şekil 38.



## ÇÖZÜM

$$1^\circ \quad \alpha = \frac{400 \times 300}{2\pi R} = 0.84883$$

$$2^\circ \quad \cos\beta = \frac{R_1}{224.800} \Rightarrow R_1 = 224.6202 \text{ m}$$

$$3^\circ \quad \cos\alpha = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow R_2 = 224.6402 \text{ m}$$

$$4^\circ \quad l' = 225.000 - R_2 = 0.3598 \text{ m}$$

$$5^\circ \quad l_1 = \cos\alpha \cdot l' = 0.3598 \text{ m} = 36 \text{ cm}$$

$$6^\circ \quad \cos 2\alpha = \frac{R'_1}{R_3} \Rightarrow R_3 = 224.7001 \text{ m}$$

$$7^\circ \quad l'' = 225.000 - 224.7001 = 0.2999 \text{ m}$$

$$8^\circ \quad l_2 = \cos 2\alpha \cdot l'' = 0.2998 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

Yukarıda  $l_1$  ve  $l_2$  uzunlukları, gergin ip veya çelik tel ile kalıp kırılma noktası arası teorik mesafelerdir.

Aynı yöntemle değişik kalıp boylarına göre mansap kalıbının aplikasyonu yapılır.

### **11.4.1. Donatılı beton kalıpları aplikasyonu**

Donatısız beton kalıpları için gereken çalışmalar aynen yapılmalıdır. İçinde donatı bulunan kalıplarda önce kalıp teorik olarak yerine getirilmeli ve donatı bu kalıp yüzeylerinden alınacak mesafelerle monte edilmelidir. Donatı içinde yardımcı noktaların aplikasyonu şarttır. Çünkü donatı, oluşacak beton yüzeyine çok yakın olacaktır. Kotta yapılacak bir hata donatının istenilen proje statüğünü bize vermeyecektir. Tüm donatının sökölüp bağlanması ise oldukça iş gücü ve zaman kaybına yol açacaktır.

### **11.5. Montaj**

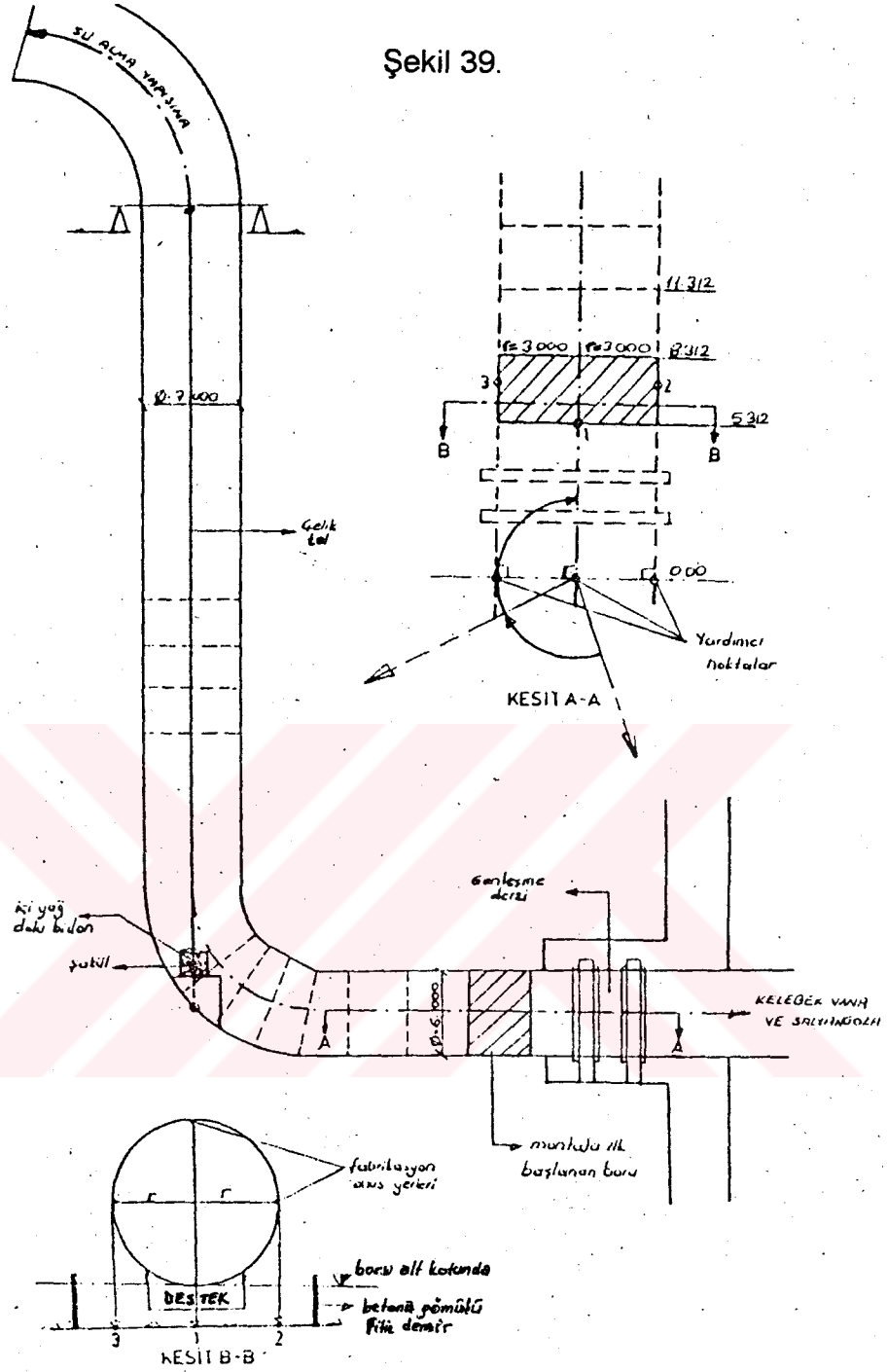
Beton barajlar genellikle dar vadilerde inşa edilirler ve genellikle enerji amaçlı çalışır. Bu sebeple projesine göre baraj gövdesinde veya ayrı inşa edilecek santrallarda aplikasyon çalışmalarının önemli bir konusunu oluşturur.

Montajı yapılacak elamanların öncelikle beton yuvaları ya da birinci aşamada betonları dökölür. Beton dökümü ile ilgili kalıp aplikasyonu, projenin özel teknik şartnamesinde belirtilen erişilebilecek maksimum hata sınırları içinde kontrollü olarak yapılmalıdır.

#### **11.5.1. Cebri boru montajı**

Cebri boruların montajından önce, diğer aplikasyon çalışmalarında kolduğu gibi, aplikasyonu yapılacak proje ünitesi çözümlenir. Aplikasyon elemanları belirlenir. Daha sonra aplikasyon için bazı noktalarına dayalı olarak yardımcı noktaların zeminde aplikasyonuna geçilir (Şekil: 39).

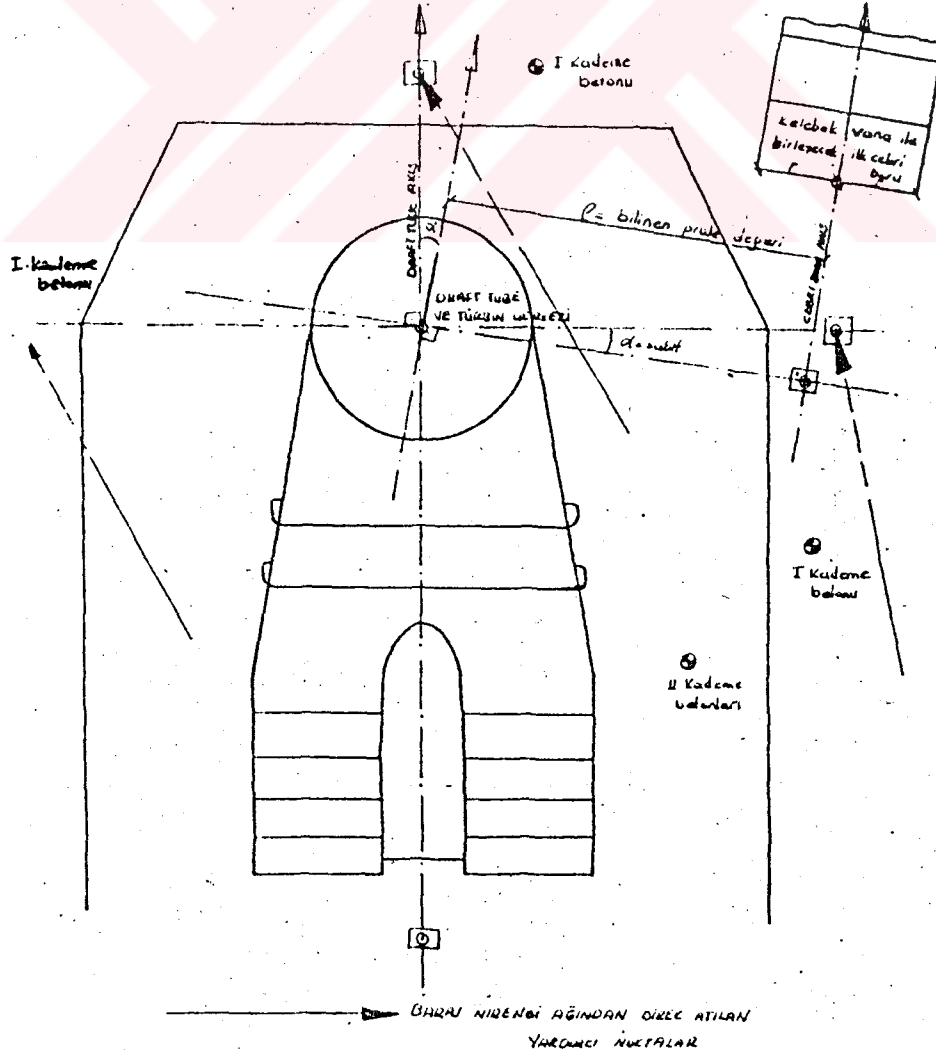
Şekil 39.



Yardımcı noktaların biri aks üzerinde, diğer ikisi cebri boru yarı çaplarının izdüşümüne gelecek şekilde tesis edilmesine özen gösterilmelidir.

Montajı yapacak ekip, cebri borunun başlanıç aksına yanal yüzeylerden düşey olarak sarkıtacağı şakülün yardımcı noktalara düşmesini sağlayarak

çalışmalarını yürütmesi gerekir. Ayrıca cebri borunun kotu; cebri borunun yakınında sağına ve soluna, cebri borunun alt kotunda iki demir direğe kot işaretlenir. Bu kot, montaj çalışmaları sırasında nivo ile montajcı ekibe devamlı verilebileceği gibi bu işaretlerden çekilecek ip vasıtası ile montaj çalışmaları yürütülebilir. Kot verilmesi sırasında cebri borunun yukarı veya aşağıya indirilerek proje kotuna getirilmesi bir vinç yardımıyla yapılabilir. Bu merkezden hareketle poligon yardımıyla cebri borunun kelebek vana ile birleşeceği ilk borunun aksı ve kotu kontrol edilmelidir. Eğer önemli bir fark varsa ve ölçüm tekrarı ile giderilmiyorsa, sistemde cebri boru esas olacağından, emme borusu, salyangoz ile cebri boruya bağlanacağından, emme borusu (draft tube) merkezi ötelenir. Bu husus çok önemlidir. Bu aşamadan sonra yapılacak iş cebri boruya uygun, projede belirtilen draft tube merkezinden ayrı yeni bir merkez koordinatı seçmek gerekir. Montaj çalışmalarını yapan aplikasyon ve montaj ekibi dikkatli ve kontrollü bir şekilde çalışması halinde yukarıda sözü edilen önemli farklılıklarla karşılaşmayacaktır. Draft tubeyi meydana getiren parçaların bu yeni merkeze göre kartezyen koordinat sistemine göre montajı yapılır. ( Şekil : 40)

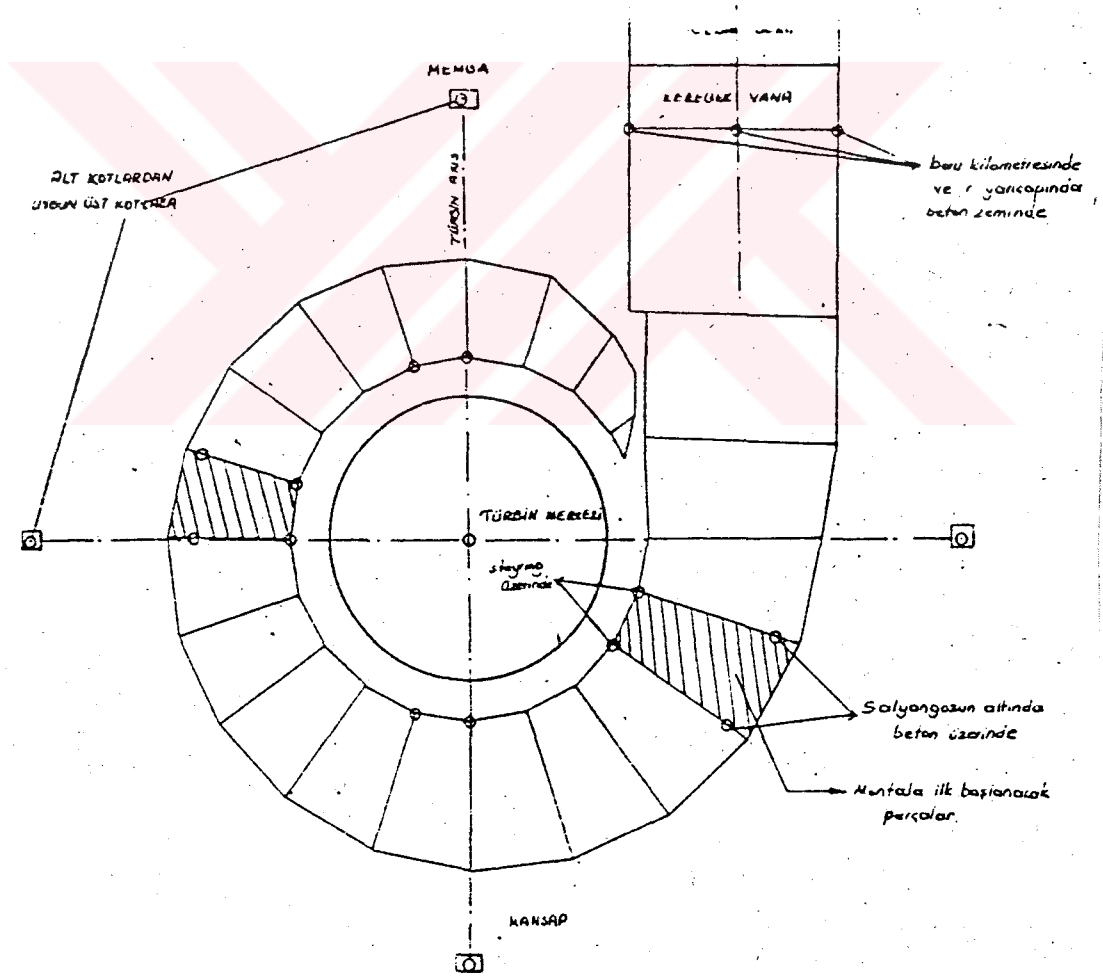


Şekil 40

Draft tubeden stayring (durdurma halkası veya seyretme contası) aşamasına kadar üst üste gelen konik ve diğer parçaların hepsinde merkezden yarıçap ve kot kontrolunun yapılması ve bir tutanak tutulması şarttır. Stayring montajının başlamasıyla salyangoz montajı başlar. Türbin montajına ait belirtilen hata kriterlerine çok dikkat edilmesi gerekir.

Draft tube için veya cebri boruya göre ötelenen bu noktalar stayring ve salyangoz aşamasında kullanılmak üzere iki dikinde olmak koşuluyla üst kotlara taşınmalıdır.

Stayringin aks ve kot olarak montajı yapıldıktan sonra salyangozu meydana getiren parçaların montajına geçilir. Bu parçaların montajı için stayring ile birleşecek yere ve iki parça derzine yardımcı nokta aplikasyonu yapılmalıdır. (Şekil : 41)

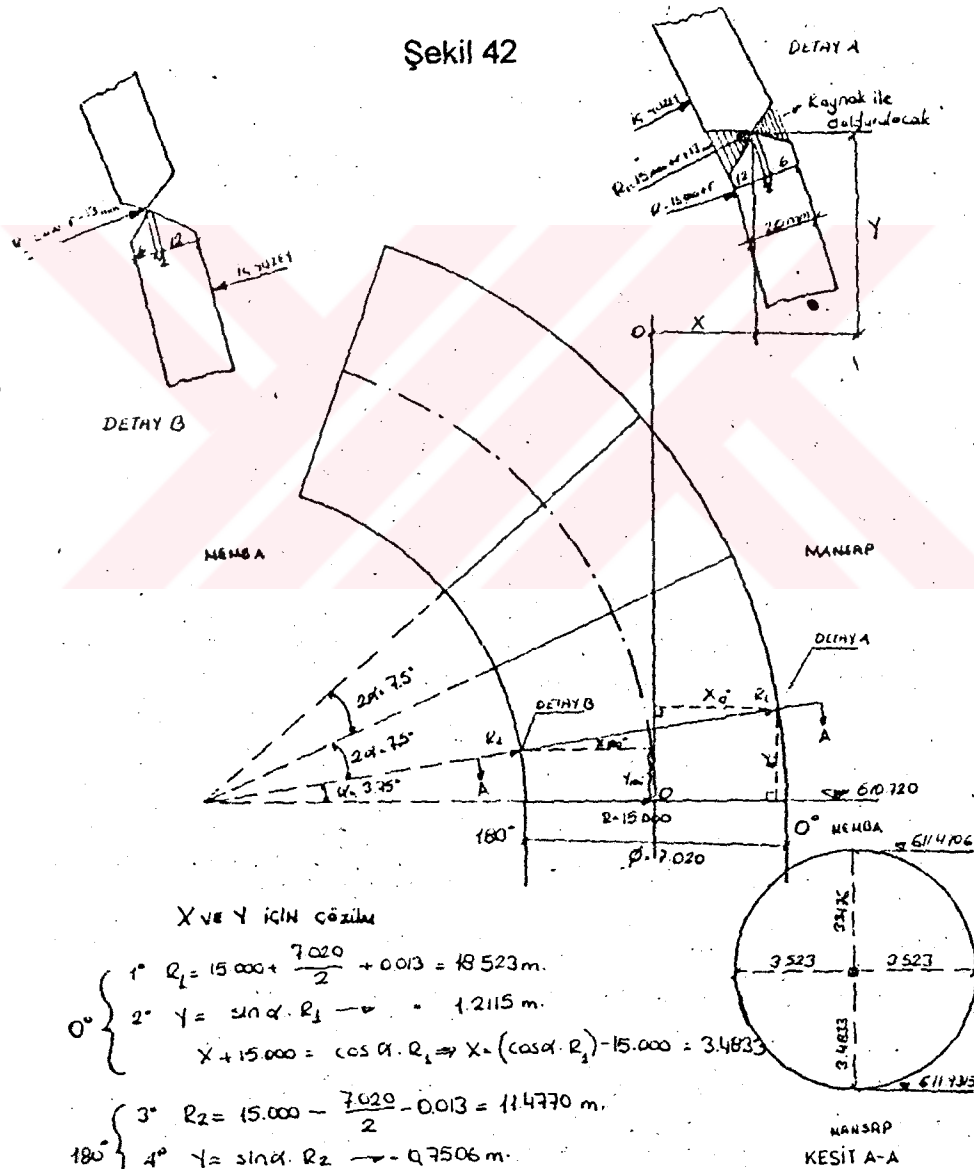


Şekil 41.

Montaja en az iki yerde başlanmalıdır. Bu iki parça projeye göre minimum hata ile montaj edilmeli ve ara parçaların montajına devam edilmelidir. Salyangozun son parçası aks, kot ve mesafe olarak kelebek vana bağlanacak parçaya (Genleşme derzine) uygun olmalıdır.

Barajlarda beton kalıpların aplikasyonu koordinat sistemine göre yapılabilir. Türbin merkezinin aplikasyonu doğru sistemle yapılmalıdır. (Bkz. Aplikasyon yönt.)

Cebri borunun yatay ve düşey dönmelerinin aplikasyonunda; yatay veriler, yatay kurp elemanlarının applike edilmesi ile montajı yapılır.



DüŖey dönmelerde, yani cebri borunun tam düŖey konumlarında, teodolite takılan yardımcı oküler veya optik Ŗakül yardımıyla, fabrikasyon olarak cebri boru üzerine atılan noktalardan karŖılıklı iki dikine çekilen çelik Ŗerit metrenin gözlenmesi ile montaja devam edilir. DüŖey konumunda, kot verilmesinde zorluklarla karŖılaŖılabilir. Pratik olarak, cebri borunun düŖey montajında her iki uç boru üst ağızından boru içine sarkıtılacak metre ile kot kontrolu yapılabilir. Eğer cebri borunun her bir parçası direkt olarak dışarıdan görülebiliyorsa baraj nirengi ağındaki en yakın noktaya alet kurularak koordinatlı aplikasyon montaj yapılmalıdır. (Ŗekil : 42)

### **11.5.2. Draft Tube (Emme Borusu ) ve Salyangoz Montajı**

Türbin montajı, emme borusu aşamasında başlar. Emme borusu montajının başlamasıyla türbinin son parçasının montajına kadar kullanılacak türbin poligon ve nivelman ağı, baz noktalarına dayalı olarak kurulması gerekir. Ŗekil 40'da görüldüğü gibi draft tube merkezi (sonradan türbin merkezi olacaktır) ve diğ er parçaların montajını yapmak için her iki dikte olmak Ŗartıyla yardımcı noktaların aplikasyonu Ŗarttır. Çünkü önceden baraj nirengi ağını gören bu noktalar görüş alamayacaktır. Atılan yardımcı noktalar yardımıyla draft tubenin üzerine kurulan bir platform üzerinde alet kurularak doğ rultuya girmek suretiyle ya da iki dik noktadan iki alet yardımıyla kurulan palatforma merkez aplikasyonu yapılır.

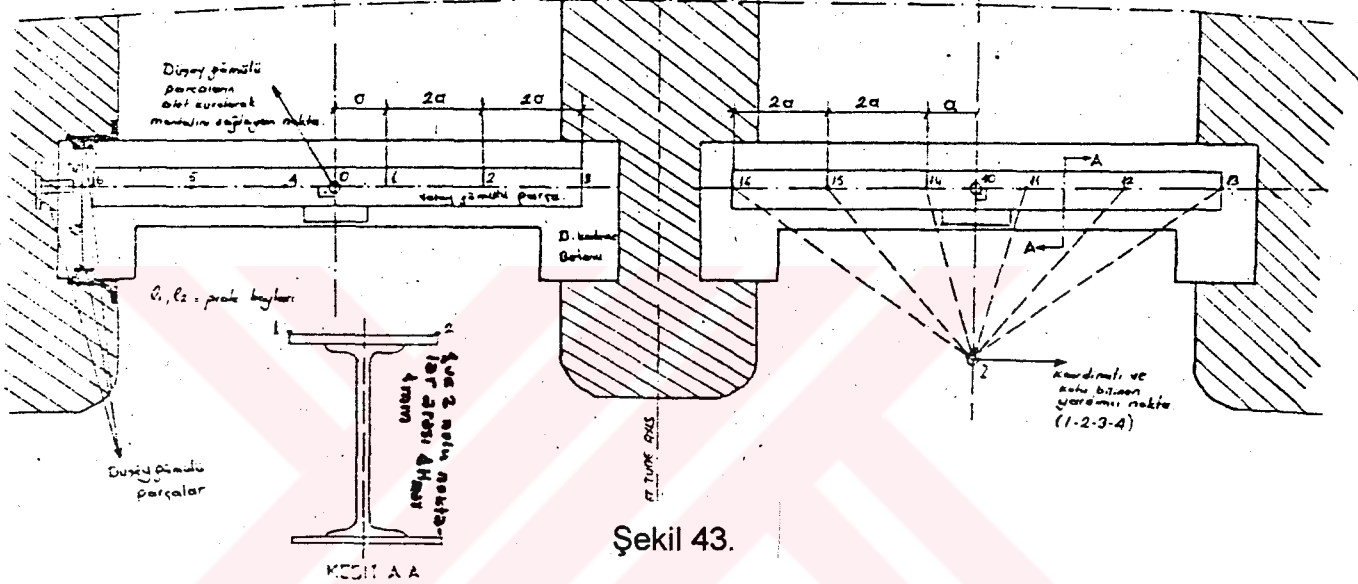
Staying aşamasından başlayarak türbinin diğ er parçaları mevcut staying merkezinin saptanması ve çalışmaların bu merkezden yürütülmesi gerekir. Bunun için staying kotunda oluşturulacak tabloya elektrik devereleri 1/100 mm hassasiyetinde mikrometre yardımı ile merkez taşınır. Bu merkez bir düŖey görüş ayarlayıcısı (colimatör) yardımı ile devamlı üste taşınabilir. Ayrıca üst tabloda oluşturulan bir Ŗakül veya optik Ŗakül yardımıyla merkez devamlı korunabilir. Koornita ve kot olarak staying üzerinden istediğimiz kadar referans noktası elde edebiliriz. Bundan sonraki çalışmalar bu noktalardan yapılabilir.



### 11.5.3. Draft Tube Kapaklarının Montajı

Draft tube kapaklarının montajı için önceden yatay ve düşey gaytların (parçaların) birinci kademe betonları dökülmüştür. Gömülü kalacak parçalarla ikinci kademe betonu dökülecektir.

Baraj nirengi açısından direkt olarak tabandaki gömülü parçaların aksında olacak şekilde (Bir ünite için 2 açıklık kilometresi belli blok aksına dik ikişer noktanın aplikasyonu yapılmalıdır. Bu noktalardan biri gömülü olarak parçaya yakın olmalıdır (Yaklaşık 1 veya 2 m) (Şekil: 43).



Şekil 43.

Gömülü parçaların montajı bu iki noktadan yapılacaktır. Bunun için yatay parça yerine monte edilmeden önce orta noktası ve bu noktadan sağ ve sola doğru 0,5 m'de bir olacak şekilde işaretlenir. Sonra bir ve iki nolu yardımcı noktalardan bu işaretlenen noktalara kot farkından doğan eğimde hesap edilerek eğik mesafe belirlenir. Ayrıca kontrol için iki nolu noktadan da aynı işlem tekrarlanmalıdır. Burada yatay parça üzerindeki noktaların aynı doğrultuda olup olmadığı kontrol üzerindeki noktaların aynı doğrultuda olup olmadığı kontrol edilmelidir. Kot içinse en yakın baraj nivelmanı açısından, tüm kapaklar için yakın yerlere yeni bir ağ kurulmalıdır. Parçanın altında kot olarak ve sağa sola hareket ettirilebilecek vidalı bir sistem mevcuttur. Gereken revizyon buradan yapılabilir.

Yatay parça yerine getirildikten ve ikinci kademe betonu döküldükten sonra barajlardaki düşey parçalar bu yatay parçanın aksına kurulacak alet yardımı ile yerleştirilmelidir.

DüŖey gömülü parçalar karşılıklı iki ve karşı yüzde olmak şartıyla üç adettir. Bu parçalardan öncelikle bir tanesi projede belirtilen hata sınırları içerisinde  $\pm 1\text{mm}$  hassasiyetle monte edilmeli ve kaynakla sağlamlaştırılmalıdır. Diğer parçalar ise bu parça baz alınarak monte edilmelidir.

İlk parçanın montajı Ŗu Ŗekilde yapılır:

Alet, kilometresi belli yatay parçanın orta noktasına kurulur. Yardımcı noktalardan birine bağlanıp 100g çevrilerek her iki yönde yatay parça üzerinde ikinci derecede nokta alınır. Aynı işlem düŖey parçanın ikinci yüzünde de yapılır. Bunun için yatay parçanın aksı bir ve iki nolu yardımcı noktalar doğrultusunda iki numaraya doğru X kadar ötelenir. Alet buruya kurularak düŖey parçanın teorik izdüşümü ile yuvarlak bir sayı kadar öteye ikinci derece yardımcı noktanın aplikasyonu yapılır. Bu iki yardımcı noktaya yukarıdan sarkıtılan iki düŖey Ŗakül yardımıyla düŖey parçanın montajı için bir baz oluşturulur. Diğer iki parça da, bu parça baz alınarak yerleştirilmelidir. Kapak düŖey ve yatay gömülü parçaların en önemli yüzeyleri conta basma yüzeyleridir. Montaj sırasında bu yüzeylerde çalışılmalıdır.

Gömülü parçalar hazır olunca, projesine göre yapılan kapaklar, bu yüzeylerde rahat çalışacaktır. Kapakların ayrıca imal edildikleri sahada kontrolü gerekmektedir. Kapaklarda conta basma yüzeylerine karşılık gelen yuvalarında aynı doğrultuda ve kotta olmalıdır. Bunun için kapak dört köŖesi aynı kotta olacak Ŗekilde askıya alınarak conta basma yüzeyine karşılık gelen yuvalarda sıkça kot kontrolünün mutlaka yapılması gerekir. Su alma yapısı ızgara ve kapak montajları ile dolusavak radyal kapak montajları bu yöntemeye göre yapılır.

#### **11.5.3.1. Enerji nakil direkleri montajı**

Baraj nirengi ağından hareket ederek tüm direk yerlerine yakın olacak Ŗekilde poligonlar tesis edilir. Poligonlar trigonometrik olarak kotlandırılır. Direk ayaklarının gömülü kalacağı ikinci aşama beton dökülmeden, birinci aşama betonlar üzerine direk arasına gelecek Ŗekilde yardımcı noktaların aplikasyonu yapılır. İki dik üzerinde olan bu noktalar yardımı ile direk montajı yapılır. Her direk için mutlak düŖeylikten maksimum açıklık hatası direk üst parça montajı yapılmadan önce parça üzerine boyanmalıdır.

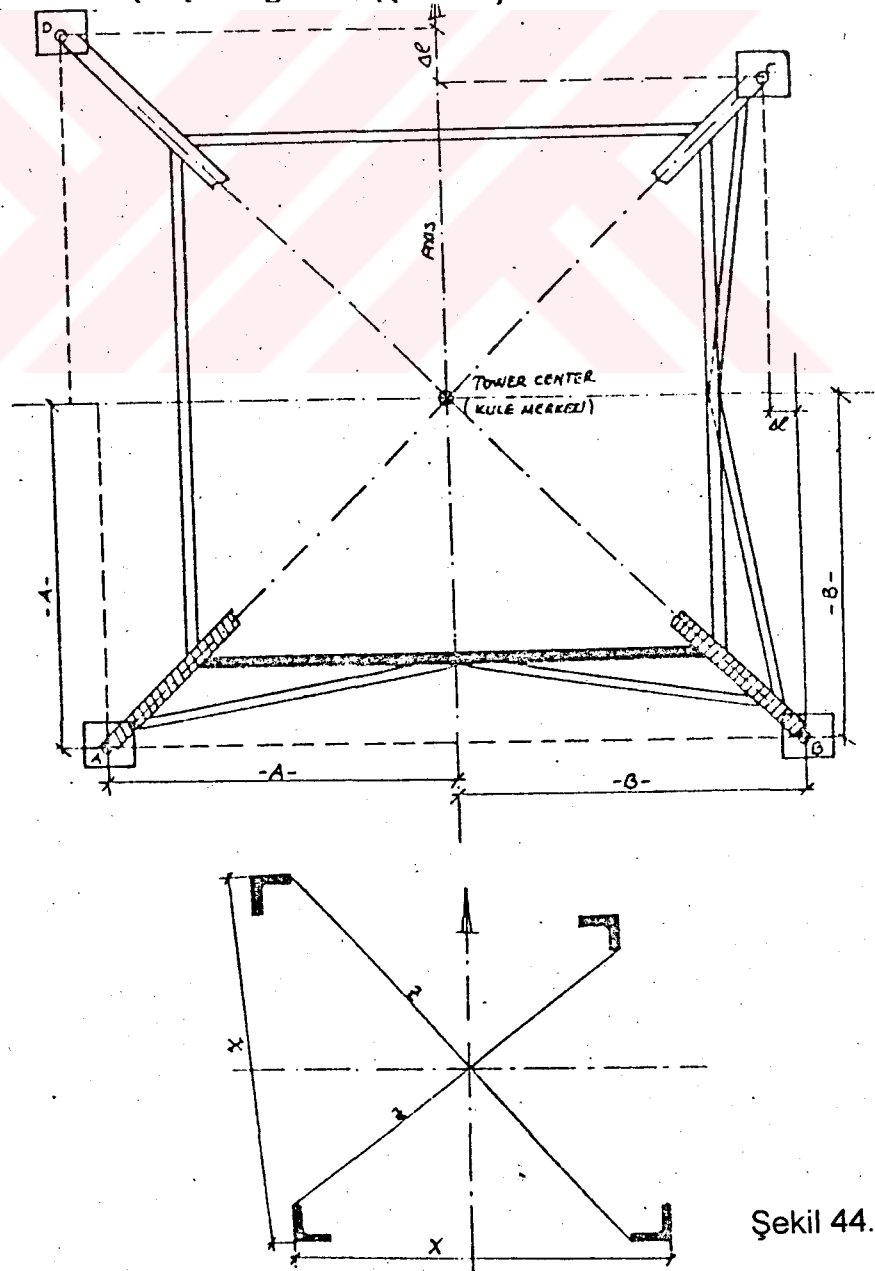
$$(X)\text{Maksimum hata sınırı} = \pm \frac{1}{100\sqrt{h}} h$$

h : direk yüksekliğidir.

Şartnamede belirtilen hata sınırını aşmamalıdır.

Montaj sırasında alet, direğin her iki istikametinde kurularak (direğin dik akslarda ve merkezden belli mesafede) direği geçici olarak tutan halatların gevşetilir veya gerdirilmesi ile dikliği kontrol edilir. Her iki dikten kontrol edildiğinde mutlak düşeylik istenilen hata sınırının altında ise direk montajı tamamlanmış olur. İkinci kademe betonu dökülür.

Enerji nakil hattını oluşturan direkler dört ayak ve bu ayakları birleştiren diğer parçaları ile konsollardan oluşur. Direğin dört ayağı istenilen hata sınırları içerisinde yerine getirilirse üst parçalar ve konsollar otomatikman yerinde olacaktır. Diğer montaj çalışmalarının da olduğu gibi burada da önce işin projeleri üzerinde çalışmak gerekir (Şekil.44).



Şekil 44.

### 11.6. Kalıp Kontrollerinin Yapılması

Baraj projesi ile ilgili tüm kalıp kontrolleri baraj nirengi ağını oluşturan ve pilye olarak tesis edilen koordinatlı kontrol sistemine göre yapılacaktır. (Kalıpların projesinde koordinatları olması gerekir.) Eğer bu mümkün olmuyorsa kalıp içine atılan yardımcı noktalardan en az biri (alet kurulabilecek ve görüşü uygun olan nokta) işi yapan yetki firma ile beraber tesis edilmelidir.

Tüm baraj nirengi, ivelman, poligon noktalarına ait tesis ölçü ve hesapları ayrı ayrı yapıldıktan sonra karşılaştırma ile mutabakata varıldığında işler bir protokolle bağlanır.

Tüm kontrol ölçmeleri, yüklenici firmanın yetkili elemanları yanında bulundurulur. Kalıp kontrolünde kritik noktalar anında değerlendirilmeli ve kalıbın içerisinde bekleyen, kontrol ve firma yetkili elemanına düzeltme miktarı (ileri, geri, sağa, sola, aşağı, yukarı) birimi ile belirtilerek gerekli düzeltmeler yaptırılır. Değişiklik sebebi ile projenin diğer kalıp detaylarında etkilenme varsa bunlar da gerekli değişiklikler yapılır.

Kontrol işleri en kısa sürede ve kararlaştırılan yöntem ile yapılmalıdır.

## 12.0. APLİKASYON YÖNTEMLERİ

Plan ve projeler üzerinden alınan değerlerle (bunlar daha önce yapılmış ölçü değerleri de olabilir) noktaların zemine işaretlenmesine ya da uygulanmasına aplikasyon denir.

Aplikasyonlar ikiye ayrılır,

1. Yatay Aplikasyon
2. Düşey Aplikasyon

### 12.1. Yatay Aplikasyon

Aplikasyon için ilk şart, uygun sayı ve konumdaki noktaların arazi ve proje üzerinde olmasıdır. Çünkü aplikasyon için her yöntem göre nokta sayısı değişebileceği gibi, noktaların konumunda da değişiklik olabilir.

Aplikasyon noktası olarak en iyisi, bu yerde daha önce yapılmış çalışmalarda kullanılmış olan kontrol noktalarıdır. Ancak, gerek bu noktaların böyle bir iş için tesis edilmemiş olması, gerekse bir kısmının bulunmamasından dolayı, yeteri sıklıkta ve konumda olmayabilir. Bu gibi durumlarda yeterli sayıda kontrol noktası, poligon veya kestirme yoluyla sağlanır. Aplikasyon noktası olarak, işin önemine ve hassasiyetine göre bina ve keskin şekilde belli parsel köşeleri, telefon veya elektrik direkleri kullanılabilir.

#### 12.1.1. Noktaların aplikasyonu

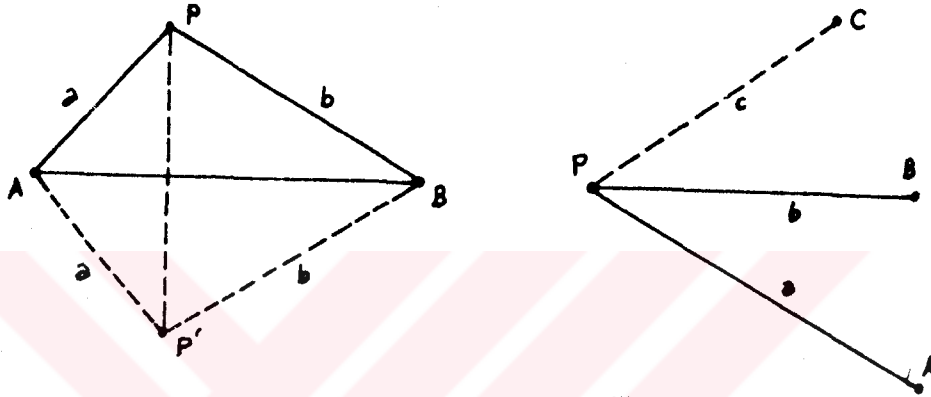
Bir noktanın aplikasyonu için gerekli elemanlar plan üzerinden alınır. Aplikasyonda kullanılan yöntemler şunlardır.

- a- Bağlama yöntemi
- b- Dik koordinat yöntemi
- c- Kutupsal koordinat yöntemi
- d- Kestirme yöntemi
- e- Kombine yöntemi

##### 12.1.1.1. Bağlama yöntemi

Bu yöntemde, aplikasyonu yapılacak P noktasının A ve B gibi bilinen iki noktaya olan uzaklıklarının bilinmesi gerekir. a ve b uzunlukları plan üzerinden

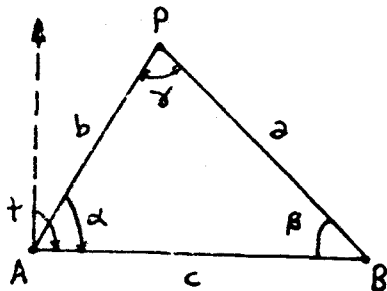
alındıktan sonra arazide A ve B noktalarından aynı anda ölçü alınarak, a ve b'nin kesim noktası bulunur. Buradan sallandırılan çekül P noktasının yerini belirler. Eğer elde a ve b'yi aynı anda tatbik edecek şerit metre yoksa, önce A'dan a uzaklığında ve b'yi tahminen kesecek yerde bir yay çizilir. B'den b uzaklığındaki yayın, bu yayı kestiği nokta P'yi verir. Ancak kontrol için a uzaklığı yeniden ölçülmelidir. Ayrıca A'dan a ve B'den b uzaklığındaki iki çemberin kesim noktası iki tanedir, yani çözüm ikidir. Bu nedenle üçüncü bir C noktasından alınacak ölçü kontrol içindir (Şekil 45).



Şekil 45. Bağlama yöntemi ile aplikasyon

Bu yöntem a ve b'nin şerit boyundan küçük olması halinde verimli olur. Aksi durumda daha fazla ölçü yapmak, gerekir. Ve zaman alıcı bir uygulama olur. Bundan dolayı bu, belirli uygulama alanı olan bir metoddur.

#### 12.1.1.1.1. Bağlama yönteminin hassasiyeti



Şekil 46. Bağlama yöntemi

P noktası A, B noktaları ile a ve b uzunluklarından faydalanılarak aplikasyon edilmektedir (Şekil 46).

$m_r$  : Doğrultunun ortalama hatası

$m_\alpha$  : Açının ortalama hatası

$m_k$  : P noktasının konum ortalama hatası

A noktasına göre koordinat farkları,

$$\Delta y = \overline{AP} \times \sin(t - \alpha)$$

$$\Delta x = \overline{AP} \times \cos(t - \alpha)$$

Sinus teoreminden

$$\frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin(\alpha + \beta)} \Rightarrow b = c \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$\Delta x = c \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \cos(t - \alpha)$$

$\Delta x$ 'in değişme miktarı  $dx$ ,  $\Delta y$ 'nin değişme miktarı  $dy$  olsun.  
 $\alpha$  ve  $\beta$  'ya göre toplam diferansiyeli:

$$dx = \frac{c \cdot \cos \beta \cdot \sin(\alpha + \beta) - c \cdot \sin \beta \cdot \cos(\alpha + \beta)}{\sin^2(\alpha + \beta)} \cos(t - \alpha) d\beta + c \cdot \sin \beta \cdot \frac{\sin(t - \alpha) \cdot \sin(\alpha + \beta) - \cos(\alpha + \beta) \cdot \cos(t - \alpha)}{\sin^2(\alpha + \beta)} d\alpha$$

Buradan

$\sin(\alpha + \beta) \cdot \cos \beta - \cos(\alpha + \beta) \cdot \sin \beta = \sin \alpha$  olduğundan,

$$dx = \frac{c \cdot \sin \alpha}{\sin^2(\alpha + \beta)} \cos(t - \alpha) d\beta - \frac{c \cdot \sin \beta}{\sin^2(\alpha + \beta)} \cos(t + \beta) \cdot d\alpha$$

$$dx = \frac{c}{\sin^2(\alpha + \beta)} [\sin \alpha \cdot \sin(t - \alpha) d\beta - \sin \beta \cdot \cos(t + \beta) d\alpha]$$

Benzer şekilde  $dy$  için uyulanırsa;

$$dy = \frac{c}{\sin^2(\alpha + \beta)} [\sin \alpha \cdot \sin(t - \alpha) d\beta - \sin \beta \cdot \sin(t + \beta) d\alpha]$$

Hata yayılma kuralı uygulanırsa,  $m_x$  ve  $m_y$  şöyle olur.

$dx = f(d\alpha, d\beta)$  ve  $dy = f(d\alpha, d\beta)$  fonksiyonlarından,

$$m_x^2 = \left( \frac{\partial dx}{\partial \alpha} \right)^2 m_\alpha^2 + \left( \frac{\partial dx}{\partial \beta} \right)^2 m_\beta^2 \text{ ve}$$

$$m_y^2 = \left( \frac{\partial dy}{\partial \alpha} \right)^2 m_\alpha^2 + \left( \frac{\partial dy}{\partial \beta} \right)^2 m_\beta^2 \text{ den}$$

$$m_x^2 = \frac{c^2}{\sin^4(\alpha + \beta)} [\sin^2 \alpha \cdot \cos^2(t - \alpha) m_\beta^2 + \sin^2 \beta \cdot \cos^2(t + \beta) \cdot m_\alpha^2]$$

$$m_y^2 = \frac{c^2}{\sin^4(\alpha + \beta)} \left[ \sin^2 \alpha \cdot \sin^2(t - \alpha) m_\beta^2 + \sin^2 \beta \cdot \sin^2(t + \beta) \cdot m_\alpha^2 \right]$$

Konum ortalama hatası

$$m_k^2 = m_x^2 + m_y^2$$

$$m_k^2 = \frac{c^2}{\sin^4(\alpha + \beta)} (\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta) \cdot 2m_r^2$$

$$m_\alpha = m_\beta = m_r$$

$$m_\alpha^2 = m_\beta^2 = 2m_r^2$$

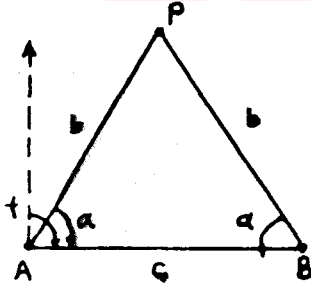
$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c} \text{ orantı özelliğinden}$$

$$\frac{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta}{a^2 + b^2} = \frac{\sin^2 \gamma}{c^2} \Rightarrow c^2 (\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta) = (a^2 + b^2) \cdot \sin^2 \gamma \text{ olur.}$$

Yukarıdaki formülde yerine konulursa,

$$m_k^2 = \frac{2(a^2 + b^2) \sin^2 \gamma}{\sin^4 \gamma} m_r^2 = \frac{2(a^2 + b^2)}{\sin^2 \gamma} m_r^2$$

$$m_k^2 = \frac{2(a^2 + b^2)}{\sin^2 \gamma} \frac{m_r^2}{\rho^2} \text{ veya } m_k^2 = \frac{a^2 + b^2}{\sin^2 \gamma} \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \text{ olur. } (1)$$



Şekil 47. Bağlama yöntemi

P noktasının konum hatasının bulunmasında kolaylık sağlamak için  $a=b$  olarak kabul edilirse (Şekil 47),  $\alpha$  açısı

$$\cos \alpha = \frac{c}{2b} \text{ olur.}$$

P noktasının Y'si (ordinatı)

$$Y_p = Y_a + b \cdot \sin(t - \alpha)$$

Gerekli işlemler yapılırsa, (Hata yayılma kuralı)

$$dY_p = \sin(t - \alpha) db - b \cdot \cos(t - \alpha) d\alpha$$

$$\alpha = \text{Arc cos } \frac{c}{2b}$$



$$d\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{4b^2}}} \frac{c}{2b^2} db = \frac{c}{b\sqrt{4b^2 - c^2}} db \text{ olur.}$$

Ortalama hatası,

$$m_y^2 = \sin^2(t - \alpha)m_b^2 + \cos^2(t - \alpha) \frac{c^2}{4b^2 - c^2} m_b^2 \text{ bulunur.}$$

Aynı işlem  $m_x$  için uygulanırsa,

$$m_x^2 = \cos^2(t - \alpha)m_b^2 + \sin^2(t - \alpha) \frac{c^2}{4b^2 - c^2} m_b^2 \text{ elde edilir.}$$

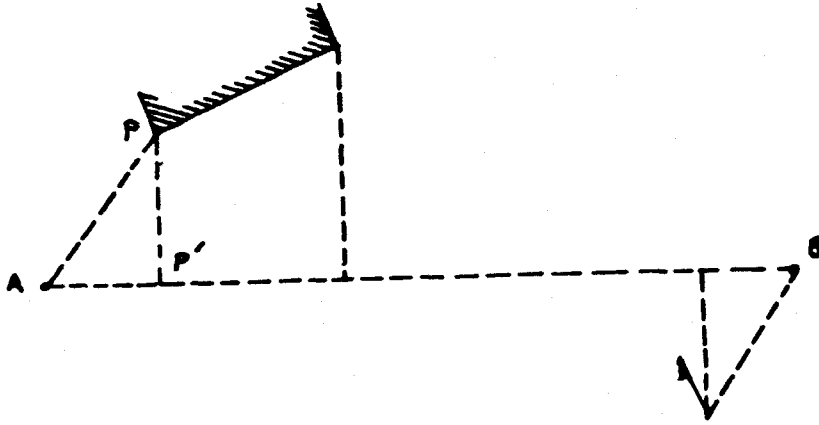
Konum hatası ise,

$$m_k^2 = m_x^2 + m_y^2$$

$$m_k^2 = \frac{4b^2}{4b^2 - c^2} m_b^2 \text{ olur.} \quad (1a)$$

### 12.1.1.2. Dik koordinat yöntemi

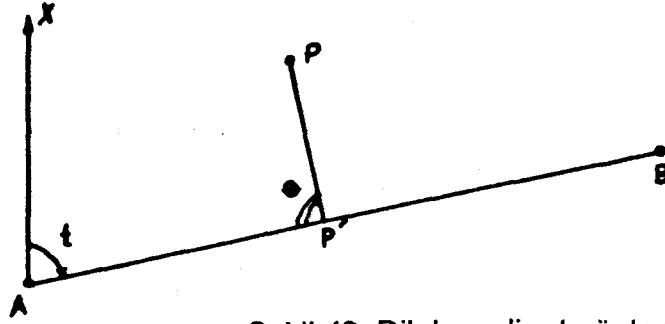
Dik koordinat yöntemi ile yapılan aplikasyonda AB üzerinde AP' dik ayağı ölçülür, P'den çıkılan dik üzerinde PP' dik boyu alınarak P noktası bulunur. Araziye çıkmadan önce P noktası A ve B'den hangisine yakın ise proje üzerinde AP veya BP ölçülerek, dik üçgen kontrolü yapılmalıdır. Bu, ölçülerin de kontrolünü sağlar. Arazide AP veya BP'nin ölçülmesi ile yapılan kontrol da P'nin aplikasyonunun doğruluğunu belirler (Şekil 48).



Şekil 48. Dik koordinat yöntemiyle aplikasyon

Eğer AB doğrusundan faydalanılarak bulunan nokta sayısı birden fazla ise, kontrol için her noktanın başlangıca veya sona olan uzaklığının ölçülmesi gerekmez. Bu durumda noktalar arasındaki uzaklık kontrol elemanı olarak kullanılır.

#### 12.1.1.2.1. Dik koordinat yönteminin hassasiyeti



Şekil 49. Dik koordinat yöntemi

Şekil 49'da görüldüğü gibi P noktası AB ölçü doğrusu üzerinde alınan P' dik ayağından çıkılan dik üzerinde PP' kadar alınarak bulunmaktadır. P noktasının ordinatı,

$$Y_P = Y_A + AP' \cdot \sin t + PP' \cdot \sin(t+\theta)$$

bağıntısı ile belirlenir. Eğer A ve B'nin koordinatlarında hata varsa, Y'nin diferansiyeli,

$$dY_P = dY_A + \sin t \cdot d_{AP'} + AP' \cdot \cos t \cdot d_t + \sin(t+\theta) d_{PP'} + PP' \cos(t+\theta) d_t + PP' \cos(t+\theta) d_\theta$$

$$dY_P = dY_A + \sin t \cdot d_{AP'} + [AP' \cdot \cos t + PP' \cdot \cos(t+\theta)] dt + \sin(t+\theta) \cdot d_{PP'} + PP' \cdot \cos(t+\theta) d_\theta$$

olarak elde edilir. A ve B noktaları poligon noktaları ise hatasız kabul edilebilir, dolayısıyla

$$d_{Y_P} = \sin t \cdot d_{AP'} + \sin(t+\theta) d_{PP'} + PP' \cos(t+\theta) d_\theta \text{ olur. } \theta \text{ açısı } 100^\circ \text{ olduğundan,}$$

$$d_{Y_P} = \sin t \cdot d_{AP'} + \cos t \cdot d_{PP'} + PP' \cdot \sin t \cdot d_\theta \text{ olarak elde edilir.}$$

Ortalama hata ise,

$$m_y^2 = \sin^2 t \cdot m_{AP'}^2 + \cos^2 t \cdot m_{PP'}^2 + PP'^2 \cdot \sin^2 t \cdot \frac{m_\theta^2}{\rho^2} \text{ bulunur. Aynı yoldan } m_x \text{ ise,}$$

$m_x^2 = \cos^2 t \cdot m_{AP'}^2 + \sin^2 t \cdot m_{PP'}^2 + PP'^2 \cdot \cos^2 t \cdot \frac{m_\theta^2}{\rho^2}$  olur. Noktanın konum hatası

ise;

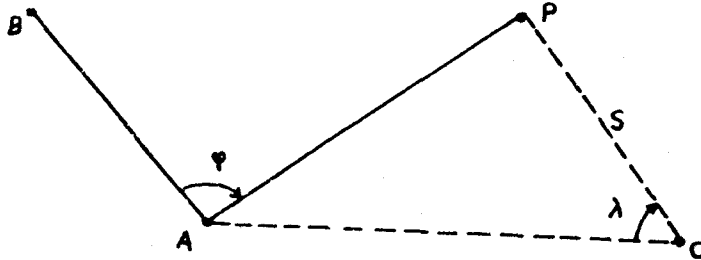
$m_k^2 = m_y^2 + m_x^2$  olduğundan

$$m_k^2 = m_{AP'}^2 + m_{PP'}^2 + PP'^2 \frac{m_\theta^2}{\rho^2} \quad (2)$$

elde edilir. Buna göre, dik koordinat yöntemiyle aplikasyonu yapılan bir noktanın konum hatası, dik ayağı ve dik boyunun ölçüsü ve dik açının aplikasyonunda yapılan hataların bir fonksiyonudur.

### 12.1.1.3. Kutupsal koordinat yöntemi

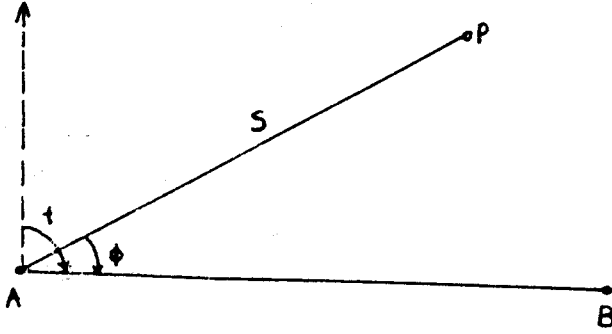
Bu yöntemde açı ölçmeye yarayan alet (Teodolit) A noktasına kurulur. B noktasına yöneltilir.  $\phi$  açısının yardımıyla AP doğrultusu belirlenir. Bu doğrultu üzerine AP uzunluğu kadar alınarak P noktasının yeri bulunmuş olur. Ancak elde edilen nokta kontrollü değildir. Çünkü kontrol elemanı mevcut değildir. Bu yöntemde kontrol, aynı noktanın bir başka noktadan daha aplikasyonu ile sağlanır. Şekil 50'de görüldüğü gibi kontrol için C noktasından  $\lambda$  ve S elemanlarıyla kontrol sağlanır. Son yıllarda elektronik takeometreler geliştirilmiştir. Açı ve mesafeye göre bu aletlerle daha pratik aplikasyon işlemi yapılmaktadır.



Şekil 50. Kutupsal koordinat yöntemi ile aplikasyon

### 12.1.1.3.1. Kutupsal koordinat yönteminin hassasiyeti

P noktasının kutupsal koordinat yöntemi ile aplikasyonunda kullanılan  $\phi$  açısı ve S boyudur (Şekil 51). Eğer A ve B noktaları da konum hatası ile yüklüyseler, haliyle P noktası bundan da etkilenecektir.



Şekil 51. Kutupsal koordinat yöntemi

P noktasının koordinatları,

$$Y_p = Y_a + S \cdot \sin(t - \phi)$$

$$X_p = X_a + S \cdot \cos(t - \phi)$$

bağıntılarıyla bellidir. Eşitliklerin diferansiyeli alınır ve bu arada A ve B'nin koordinatlarının hatasız olduğu kabul edilirse;

$$dY_p = S \cdot \cos(t - \phi) d\phi + \sin(t - \phi) \cdot ds$$

$$dX_p = S \cdot \sin(t - \phi) d\phi + \cos(t - \phi) \cdot ds \text{ olur. Ortalama hata ise}$$

$$m_{yp}^2 = S^2 \cdot \cos^2(t - \phi) \frac{m_\phi^2}{\rho^2} + \sin^2(t - \phi) m_s^2$$

$$m_{xp}^2 = S^2 \cdot \sin^2(t - \phi) \frac{m_\phi^2}{\rho^2} + \cos^2(t - \phi) m_s^2 \text{ dir.}$$

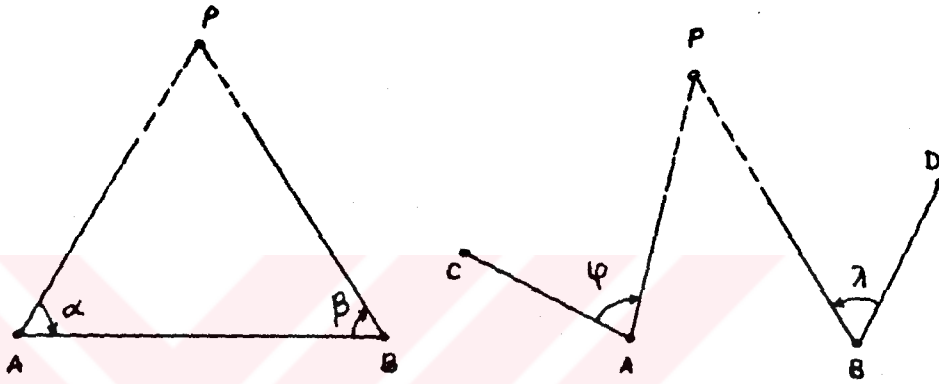
Konum hatası,

$$m_k^2 = S^2 \frac{m_\phi^2}{\rho^2} + m_s^2 \text{ olur.} \quad (3)$$

Kutupsal koordinat yöntemiyle yapılan aplikasyonun hassasiyeti S kenarının büyüklüğüne,  $\phi$  açısının ve S kenarının ölçü hassasiyetine bağlı olarak değişir.

#### 12.1.1.4. Kestirme yöntemi

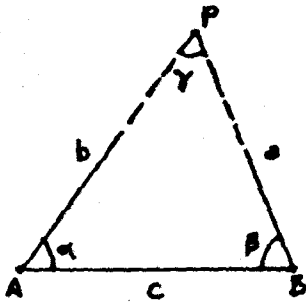
Kestirme yönteminde kullanılan araçlar iki açı ölçen alet, bir jalon veya çeküldür. Aletler, Şekil 52'de görüldüğü gibi bilinen A ve B noktalarına kurulur, bu noktalarda verilen  $\alpha$  ve  $\beta$  veya  $\phi$  ve  $\lambda$  açılara göre P noktasına ait doğrultular belirlenir. P noktası civarında bir jalon veya çekül tutan yardımcıya A ve B noktasındaki operatörler, belirlenen doğrultuya göre yön verirler. Her iki operatörün de işaretlediği doğrultuya giren jalon veya çekülün belirlediği nokta aranan P noktasıdır.



Şekil 52. Kestirme yöntemi ile aplikasyon

Gerek aplikasyon elemanlarının tayininde gerekse aplikasyon esnasında yapılacak hatadan dolayı P noktasının yeri değişir. Bu nedenle üçüncü bir noktadan P noktasının yeri kontrol edilmelidir.

##### 12.1.1.4.1. Kestirme yönteminin hassasiyeti



Şekil 53'te görülen A ve B noktalarından,  $\alpha$  ve  $\beta$  açıları yardımıyla P noktasının aplikasyonu yapılırsa, bu noktanın konum hatası,

$$m_k^2 = m_x^2 + m_y^2$$

Şekil 53. Kestirme yöntemi

$$m_x^2 = \frac{c^2}{\sin^4(\alpha + \beta)} \left[ \sin^2 \alpha \cdot \cos^2[(AB) - \alpha] m_\beta^2 + \sin^2 \beta \cdot \cos^2[(AB) + \beta] m_\alpha^2 \right]$$

$$m_y^2 = \frac{c^2}{\sin^4(\alpha + \beta)} \left[ \sin^2 \alpha \cdot \sin^2[(AB) - \alpha] m_\beta^2 + \sin^2 \beta \cdot \sin^2[(AB) + \beta] m_\alpha^2 \right]$$

$$m_k^2 = \frac{a^2 + b^2}{\sin^2 \gamma} \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \text{ veya}$$

$$m_k = \pm \frac{m}{\rho} \frac{c}{\sin^2 \gamma} \sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta} \text{ olur.}$$

Burada  $m$ ,  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarının karesel ortalama hatasıdır.

Eğer P noktası A ve B'den eşit uzaklıkta, yani AB'nin orta diği üzerinde iseler,  $a=b$  ve  $\alpha=\beta$  olur. Konum hatası da,

$$m_k = \pm \sqrt{2} \frac{m}{\rho} \frac{c}{\sin^2 \gamma} \sin \alpha \text{ olarak ifade edilebilir. } \gamma \text{ 'nın } \alpha \text{ cinsinden değeri}$$

yerine yazılırsa,

$$m_k = \pm \frac{m}{\rho} \frac{c}{\sqrt{2}} \frac{1}{\sin 2\alpha \cdot \cos \alpha} \text{ olarak bulunur.} \quad (4)$$

olarak bulunur.

## 12.2. Düşey Aplikasyon

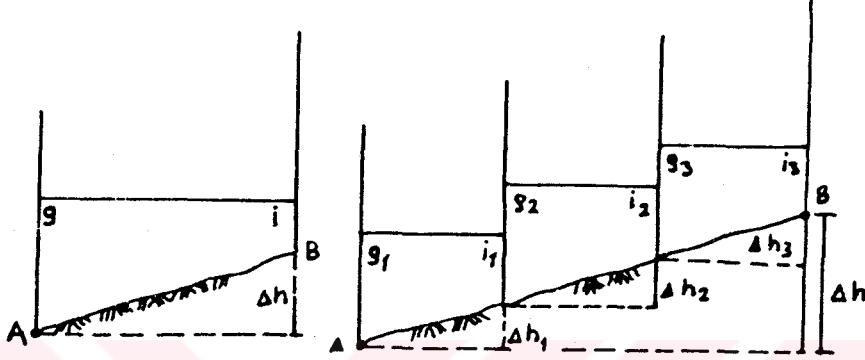
Yüksekliklerin aplikasyonunda üç boyutlu aplikasyon söz konusudur. Çünkü yatay aplikasyon şeklinde noktanın yalnızca x, y koordinatlarının tayini yeterli olur. Oysa aynı x, y değerine sahip sonsuz sayıda nokta vardır. Bunların yükseklikleri pozitif veya negatif değerlerini alabilirler.

Yeryüzünde belli bir düşey doğrultu üzerinde istenilen yükseklik çeşitli şekilde applike edilebilir. Ancak en çok kullanılan iki yöntem vardır. Bunlar;

- a- Geometrik Nivelman
- b- Trigonometrik Nivelman

### 12.2.1. Geometrik nivelman

Geometrik yükseklik ölçüsüne nivelman adı verilir. Nivelman ana prensibi, ölçü konusunun üzerinde teşkil edilecek yatay bir düzlemden olan düşey uzaklıkların ölçülmesidir. Nivelmanı basit araçlarla yapmak da mümkün olmakla beraber hassasiyet isteyen işlerde nivolar kullanılır (Şekil 54).



Şekil 54. Geometrik nivelman

Geometrik nivelmanda yükseklik iki noktada yapılan okumaların farkı olarak hesaplanır, yani; A ile B arası uzak veya A ile B arasındaki yükseklik farkı büyük ise, bu takdirde yükseklik farkı :

$$\Delta h = \text{geri okuma} - \text{ileri okuma}$$

$$\Delta h = g - i$$

$$\Delta h = g_1 + g_2 + \dots + g_n - (i_1 + i_2 + \dots + i_n)$$

$$\Delta h = [g] - [i] \text{ bağıntısıyla belirlenir.}$$

A ile B noktası arasındaki yükseklik farkı  $\Delta h$  verilir ve B noktasının yeri düşey doğrultuda belirlenmek istenirse, A'ya geri (g) okuma yapıldıktan sonra;

$$i = g - \Delta h$$

değerini verecek şekilde mira aşağıya veya yukarıya doğru hareket ettirilir. i değeri mirada okunduğu anda, miranın sıfırı B noktasının yerini verir. Eğer alet kurma sayısı birden fazla ise, bu takdirde;

$i_n = [g] - (i_1 + i_2 + \dots + i_{n-1} + \Delta h)$  bulunur. Bu değer okununcaya kadar mira hareket ettirilir.

### 12.2.1.1. Geometrik nivelmanda hassasiyet

Geometrik nivemanda hata kaynakları başlıca üç grupta incelenebilir. Bunlar:

- a- Alet hataları
- b- Kişisel hatalar
- c- Ortamdan doğan hatalar

Bu hatalardan, aletlerin kontrolü, titiz bir çalışma ve uygun bir ölçü şekliyle ki aletin ölçü miralarına eşit uzaklıkta yerleştirilmesi bunlardandır, büyük ölçüde sakınmak mümkün olur. Fakat yine de bir takım hatalar tümüyle ortadan kaldırılamaz ve her ölçünün bir hatayı beraberinde getirdiği kabul edilir. Eğer yükseklik farkı,

$$\Delta h = g - i \text{ gibi okuma farkı ise}$$

$$d\Delta h = dg - di$$

$m_{\Delta h}^2 = m_g^2 + m_i^2$  yazılabilir. Geri ve ileri okumaların aynı nitelikte olacağı kabul edilerek  $m_g = m_i = m_{ok}$  yazılabilir ve  $m_{\Delta h} = \pm m_{ok}\sqrt{2}$  olarak bulunur. Eğer  $\Delta h$  yükseklik farkı birden fazla alet kurulması ile bulunuyorsa, yükseklik farkının ortalama hatası,

$$m_{\Delta h} = \pm m_{ok} \sqrt{2n} \text{ bağıntısı ile belirlenir.}$$

n: Alet kurma sayısı

Eğer aletin her kuruluşunda mira uzaklığı eşit tutulabilirse, bu uzaklığa da a denilirse,

$$S = 2n.a$$

$$2n = S/a \text{ yazılabilir.}$$

$m_{\Delta h} = \pm m_{ok} \sqrt{2n}$  bağıntısında bu değer yerine yazılırsa,

$$m_{\Delta h} = \pm m_{ok} \sqrt{\frac{S}{a}} \text{ olur.}$$

Ölçü için  $m_{ok}$  belli bir değer alınabilir ve a'da sabit tutulabilirse,

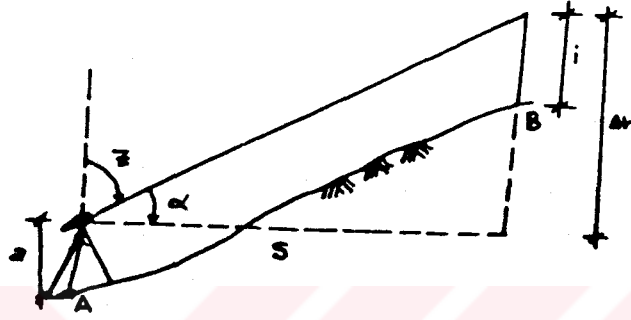
$$m_{\Delta h} = \pm \frac{m_{ok}}{\sqrt{a}} \sqrt{S}$$

bağıntısında eşitliğin sağ tarafının ilk terimi sabit kabul edilebilir ve yüksekliğin ortalama hatası noktalar arasındaki uzaklığın karekökü le orantılı olarak değişir.



### 12.2.2. Trigonometrik nivelman

Trigonometrik yükseklik tayininin esası, iki nokta arasındaki yükseklik farkının düşey açı ve yatay uzaklıktan faydalanılarak bulunmasıdır. Deniz seviyesinden  $H_a$  yüksekliğindeki bir A noktasına alet kurulup, alet yüksekliği ( $a$ ) ölçülür. Buradan B noktasına yerleştirilen ( $i$ ) yüksekliğindeki işarete uygulanıp düşey açı ( $Z$ ) okunursa, B noktasının yüksekliği herhangi bir şekilde bulunan yatay uzaklık ve bu ölçülerden faydalanılarak bulunabilir (Şekil 55).



Şekil 55. Trigonometrik nivelman

Alet ve işaret noktası arasındaki  $\Delta h$  yükseklik farkı, eğer  $\alpha$  eğim açısı ölçülmüşse,

$$\Delta h = S \cdot \tan \alpha$$

bağıntısıyla, ( $Z$ ) zenit açısı ölçülmüşse,

$$\Delta h = S \cdot \cot Z$$

bağıntısıyla hesaplanabilir. B noktasının yüksekliği ise;

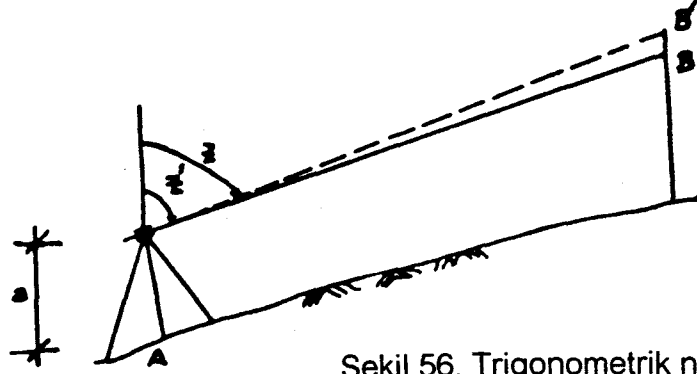
$$H_b = H_a + a + \Delta h - i \text{ olur.}$$

Bu bağıntıya göre, hesaplanan  $\Delta h$  yüksekliğine daima alet yüksekliği eklenir, işaret yüksekliği çıkarılır.  $\Delta h$  ise  $\alpha$ 'nın negatif veya pozitif oluşuna göre değer alır.

$H_a$  yüksekliği, A noktasının deniz seviyesinden yüksekliği ise, bu noktadan yükseklikleri hesaplanan noktalar da deniz seviyesine göre hesaplanmış olurlar. Ancak noktaların yükseklik farklarının önemli olduğu işlerde, deniz seviyesinden yüksekliği bilinen bir noktaya gerek kalmaz.

Trigonometrik olarak yüksekliklerin uygulamasında, eğer noktanın işaretleneceği düşey doğrultu belirli ise, Şekil 56'da görüldüğü gibi A noktasına alet kurulup yüksekliği ve  $S$  uzaklığı ölçülür, işaret yüksekliği sıfır alınarak,

istenen yüksekliği verecek Z açısı hesaplanır ve bu değer teodolitte okunacak şekilde dũrbũn ayarlanır. B noktası işaretlenir. Eğer bu şekilde B noktasına ulaşmak mũmkũn olmazsa B'nin yakınında bir B' noktasına gözlem yapılarak Z' açısı okunur ve bu noktanın yüksekliği hesaplanır. B ile B' arasındaki yükseklik farkı bir ölçũ cetveli ile belirlenebilir (şekil 56).



şekil 56. Trigonometrik nivelman

### 12.2.2.1. Trigonometrik nivelmanda hassasiyet

Trigonometrik nivelmanda yükseklik,

$H_b = H_a + a + S \cdot \cot Z - i$  bağıntısıyla belirlenir.  $H_b$ 'nin ortalama hatası,

$$m_{H_b}^2 = m_{H_a}^2 + m_a^2 + \cot^2 Z \cdot m_s^2 + \frac{S^2}{\sin^2 Z} \frac{m_z^2}{\rho^2} + m_i^2$$

şeklinde ifade edilir.

Uygulamada genellikle yükseklik farkları kullanılır. Ya da alet kurulan noktanın yüksekliği nivelmanla bulunur. Bu nedenle A noktasının yüksekliği ya hesaplamaya dahil değildir veya hatasız kabul edilir. Alet ve işaret yüksekliklerinin ölçũsũ dikkatli yapılırsa, hataları ihmal edilebilecek bir seviyeye indirilebilir. Bu durumda  $H_b$ 'nin ortalama hatası

$$m_{H_b}^2 = \cot^2 Z \cdot m_s^2 + \frac{S^2}{\sin^4 Z} \frac{m_z^2}{\rho^2} \text{ şeklini alır.}$$

### 12.3. Açı Aplikasyonu

Açı aplikasyonunu ikiye ayırmak uygun olur.

- a- Dik açıların aplikasyonu
- b- Herhangi bir açının aplikasyonu

### 12.3.1. Dik açılann aplikasyonu

Dik açılann aplikasyonunda genellikle şu araçlar kullanılır:

- Mimari gönye,
- Aynalı gönye
- Prizmalar

Aplikasyonda kullanılan şekil, alımın tersi olarak dik çıkmadır. Bunun için de doğrultu üzerinde işaretlenen nokta üzerine getirilen araçla dik doğrultu işaretlenir. Eğer bu araçlardan hiçbiri yoksa, kenarları çelik şerit metre ile 3, 4, 5 kuralı ile oluşan ip üçgeni, yapılacak işin önemine göre dik açının aplikasyonunda kullanılır.

Bu araçlarla yapılan aplikasyon belirli bir hata ile yüklüdür. Bu nedenle bu araçlarla aplikasyonu yapılan diklerin boylarının belirli bir değerden fazla olmamasına dikkat edilir. Çünkü dik çıkmada yapılan hata uzaklığın karesi ile orantılı olarak artar.

### 12.3.2. Herhangi bir açının aplikasyonu

Herhangi bir açının aplikasyonu için teodolit kullanılır. Açının aplikasyonunda istenen hassasiyete göre ölçü tertibi seçilir.

a- Eğer istenen hassasiyet çok fazla değilse, alet A noktasına kurulur. B noktasına yöneltilir ve  $\alpha$  açısı kadar döndürülerek C doğrultusunun değeri oknuncaya kadar alet döndürülür. C noktası, bu doğrultu üzerinde işaretlenir.

b- Aplikasyondan istenen hassasiyet daha fazla ise, aletlerin eksen hatalarını da dikkate almak gerekir. Bu nedenle şekilde görüldüğü gibi aletin birinci durumunda  $\alpha$  açısı aplike edilerek bulunan  $C_1$ , aletin ikinci durumunda bulunan nokta  $C_2$  ise aranan nokta,  $C_1C_2$  'nin orta noktası olan C noktasıdır.

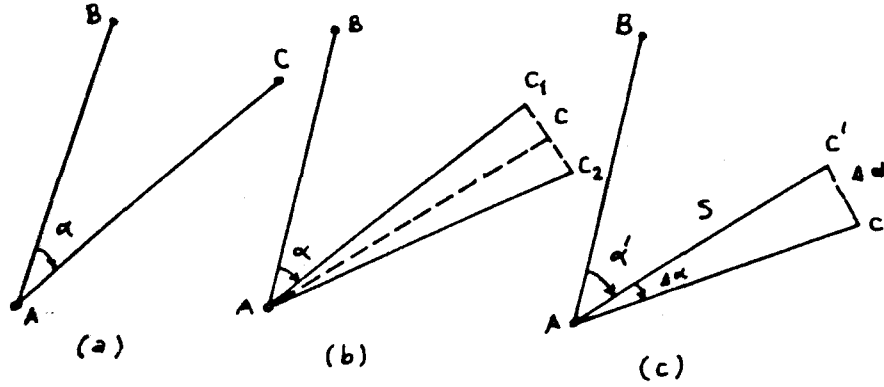
c- Açı Aplikasyonundan yüksek hassasiyet bekleniyorsa,  $\alpha$  açısı yukarıda olduğu gibi aplike edilerek C' noktası bulunur. Sonra ABC' açısı dikkatli bir şekilde en az iki tam silsile ile ölçülür. Ölçülen  $\alpha'$  açısı ile aplikasyonu yapılacak  $\alpha$  açısı arasında

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha'$$

kadar bir fark olabilir. Bu farktan dolayı C noktasının yerini

$$\Delta d = S \cdot \frac{\Delta\alpha}{\rho}$$

bağıntısından bulunacak  $\Delta d$  değeri kadar bakış doğrultusuna göre sağa, sola kaydırmak gerekir (Şekil 57).



Şekil 57. Bir açının aplikasyonu

S uzunluğu daha önce ölçülmemişse, takeometre ile saptanır.

Açı iki doğrultunun farkı olarak belirlenir. Bir doğrultuda yapılan hata, uygulama ve okuma hatalarından ileri gelir. Uygulama hatası, dürbünün gücüne, hedefin şekline ve hava şartlarına bağlı olarak değişir. Okuma hatası ise teodolitin açı okuma kapasitesiyle doğrudan doğruya ilgilidir. Ölçülen bir doğrultunun ortalama hatası,

$$m_d^2 = m_i^2 + m_{ok}^2 \cdot 2$$

dir. Açı iki doğrultunun farkı olduğuna göre, ortalama hata ise,

$$m_a = \pm m_d \sqrt{2}$$

bağıntısı ile bulunur.

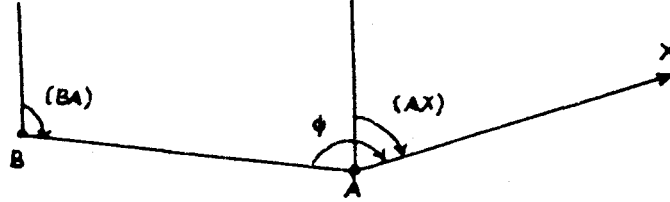
#### 12.4. Bir Doğrultunun Aplikasyonu

Bir doğrultunun aplikasyonu, bir açının aplikasyonundan ibarettir. Ancak bazı durumlarda açının aplikasyonu için gerekli olan doğrultunun dolaylı yoldan bulunması gerekebilir. Eğer belirlenecek doğrultunun çıkış alacağı noktadan geçen semti belli bir doğrultu varsa, bu doğrultu ile belirlenecek doğrultu arasındaki açı hesaplanır. Bu açının aplikasyonu yapılır.

Şekil 58'de görüldüğü gibi, A noktasının koordinatları biliniyorsa ve buradan koordinatı bilinen B noktası görülüyorsa, (BA) semti bulunur, istenen doğrultunun semti de (AX) ise

$$(AX) = (BA) + \phi$$

bağıntısından faydalanılarak  $\phi$  açısı bulunur (Şekil58).



Şekil 58. Bir doğrultunun aplikasyonu

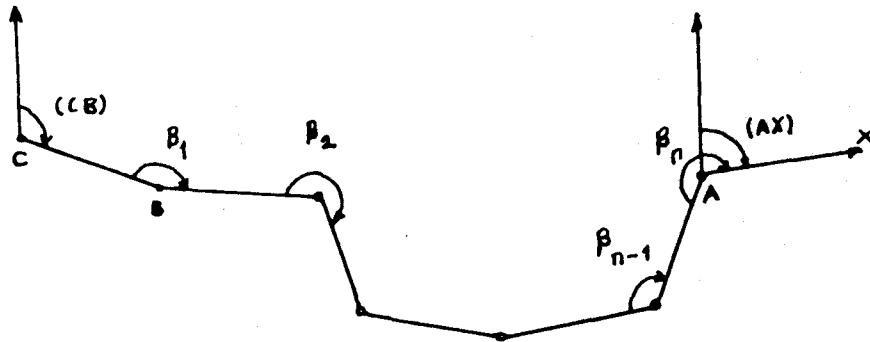
Eğer A noktasından koordinatı bilinen bir nokta görülmüyorsa, semti bilinen bir doğrultudan bir güzergah yardımıyla aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi semt nakli yapılır. Böyle bir durumda A noktasının koordinatlarının bilinmesine gerek yoktur. Şekil 59'da görüldüğü gibi semti bilinen kenar BC olsun. B ile A arasına bir güzergah belirlenir. Bu güzergahta kenar ölçüsü, dolayısıyla poligon hesabı yoktur. Bundan dolayı nokta sayısı mümkün olduğu kadar az alınır. Bilinen veya hesaplanan (CB) semti ve ölçülen  $\beta$  açılarından yararlanılarak, poligon hesabında olduğu gibi

$$(AX) = (CB) + [\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_{n-1} + \beta_n]$$

eşitliği yazılabilir. Buradan AX doğrultusunu verecek  $\beta_n$  açısı

$$\beta_n = (AX) - (CB) - [\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{n-1}]$$

hesaplanabilir.



Şekil 59. Bir doğrultunun poligon güzergahı yardımıyla aplikasyon

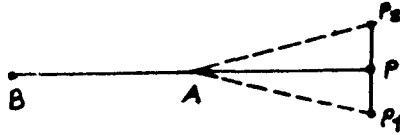
Gerek ölçüler esnasında, gerekse hesaplamalarda bir hata yapılırsa bu hatayı bulma olanağı yoktur. Bu nedenle AX doğrultusu birinci şekilde bulunmuşsa, A noktasından ikinci bir C noktasına göre de hesaplama yapılarak kontrol sağlanır. Eğer AX güzergahı yardımı ile bulunmuşsa, kontrol ikinci bir güzergahtan yapılacak ölçüler yardımıyla yapılır.

## 12.5. Doğruların Aplikasyonu

Doğruların aplikasyonunda, bir doğrunun uzantısının aplikasyonu ve birbirini görmeyen iki noktayı birleştiren bir doğrunun aplikasyonu olmak üzere iki durumda karşılaşılabılır.

### 12.5.1. Bir doğru uzantısının aplikasyonu

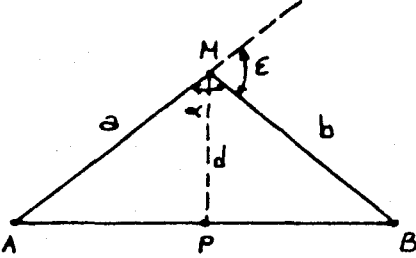
BA doğrusu A yönünde uzatılmak istenirse (Şekil 60). Teodolit A noktası üzerine kurulur. Dürbün B noktasına çevrilir ve yatay hareket vidası sıkıştırılır. Dürbüne takla atılarak  $P_1$  noktası işaretlenir. Sonra, alette bir kolimasyon hatası varsa bunu önlemek için ikinci dürbün durumunda da B noktasına bakılır. Yatay hareket vidası sıkıştırılarak dürbüne takla atılır ve  $P_2$  noktası işaretlenir.  $P_1$  ve  $P_2$  noktaları birbiri üzerine düşmezse BA doğrusunun uzantısı  $P_1P_2$  noktalarını birleştiren doğrunun ortasıdır.



Şekil 60. Bir doğrunun uzantısının aplikasyonu

### 12.5.2. Birbirini görmeyen iki noktayı birleştiren bir doğrunun uygulaması

- Birbirini görmeyen A ve B noktaları bir M noktasından görülebildiğine göre:



Şekil 61. Birbirini görmeyen iki noktayı birleştiren, bir doğrunun uygulaması

Birbirini görmeyen A ve B noktalarının belirttiği doğruyu aplike etmek, bu doğru üzerinde bulunan ve A, B noktalarını gören P gibi bir noktanın yerini zeminde belirli duruma getirmektir (Şekil 61).

Bu sağlayabilmek için A ve B noktaları arasında ve bu noktaların ikisini de gören M gibi bir nokta seçelim. M noktasının AB doğrusuna mümkün olduğu kadar yakın olabilmesi için yeri bir prizma yardımıyla tayin edilebilir. Bundan sonra M noktasında  $\angle AMB = \alpha$  açısı ölçülür. M noktasının AB doğrusundan uzaklığını d ve  $\angle AMB$  üçgeninin alanını F ile gösterirsek,

$$2F = a \cdot b \cdot \sin \alpha \text{ dir.}$$

Yaklaşık olarak  $a = AP$  ve  $b = BP$  kabul ederek  $\triangle APM$  ve  $\triangle BPM$  dik üçgenlerinden,

$$2F = a \cdot d + b \cdot d = d(a+b) \text{ bulunur.}$$

$$a \cdot b \cdot \sin \alpha = d \cdot (a+b)$$

$$d = \frac{a \cdot b}{a+b} \sin \alpha \text{ bulunur.}$$

Birbirlerini 200 grada tamamlayan açılarının sinüsleri eşit olduğundan  $\alpha$  açısı yerine  $\epsilon$  açısını alabiliriz.  $\epsilon$  açısı ise çok küçük bir açı olduğundan  $\sin \epsilon$  yerine radyan cinsinden değerini yazarsak formül

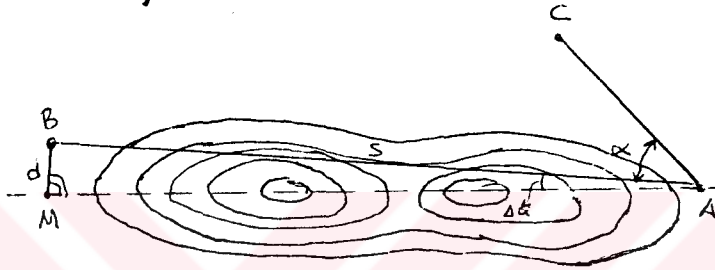
$$d = \frac{a \cdot b}{a+b} \frac{\epsilon}{\rho} \text{ şeklini alır.}$$

d düzeltme miktarının hesabı için gerekli a ve b kenarları adımlanarak, optik olarak veya varsa bir harita üzerinden yaklaşık olarak ölçülebilir.

d hesaplandıktan sonra M noktasından d kadar ölçülerek P noktasının yeri tesbit edilir.

- A ve B noktaları bir noktadan görülemiyorsa:

Bazı durumlarda A ve B noktaları bir noktadan görünmeyebilirler. Bu durumda önce A noktasında görülebilen C gibi bir nokta bulunur.  $BAC=\alpha$  açısı ya harita üzerinden iletke yardımıyla ölçülür ya da (AC) ve (AB) semtleri farkı alınarak hesaplanır. Hesaplanan  $\alpha$  açısı kadar bir açı altında AB doğrusu aplike edilir (Şekil 62).



Şekil 62

İstenen B noktasına düşülemediğinde, aplike edilen doğru üzerine B noktasından bir dik düşülerek  $BM=d$  uzunluğu ölçülür.  $d$  uzunluğu ve haritadan veya arazide yaklaşık olarak ölçülen  $AB=S$  uzunluğu yardımıyla BMA dik üçgeninden  $\Delta\alpha$  açısı hesaplanır. Açının hesabı için,  $\sin\Delta\alpha=d:s$  formülü veya  $\Delta\alpha$  çok küçük bir açı olacağı için  $\sin \Delta\alpha$  yerine radyan cinsinden değeri  $\Delta\alpha=\rho$  yazılarak elde edilen,

$$\Delta\alpha = \frac{d}{s}\rho \quad \text{formülü kullanılır.}$$

$d$  çelik şerit metre ile çok dikkatli olarak ölçülmelidir.  $S$  kenarı için yaklaşık bir değer yeterlidir.

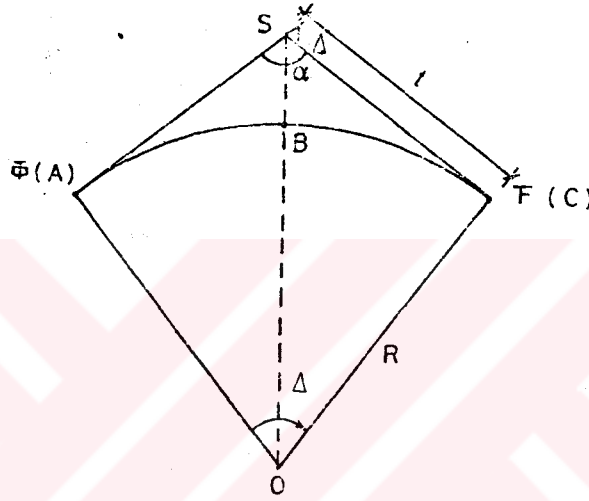
$\alpha$  açısı, hesaplanan  $\Delta\alpha$  kadar düzeltilerek doğrunun aplikasyonu bu açıya göre tekrarlanır. Yeniden aplikasyonu yapılan doğru yine de B noktasından geçmezse bütün işlem bir daha tekrarlanarak  $\alpha$  açısı ikinci bir defa daha düzeltilir. Bunun için işlemler çok dikkatli yapılmalıdır.



## 12.6. Daire Yaylarının (Kurbann) Aplikasyonu

Karayolları, demiryolları vb. güzergahları mücbir noktalar arasını arazi şartlarına göre, kırık çizgilerle bağlarlar. Bu çizgi yol eksenidir. Kırık noktalarına some noktası (S) denir. Ancak yol üzerinde hareket eden araç, kırık noktalarda dönüş yapamayacağı için, kırık çizgiler bir eğri ile birleştirilirler. Bu eğri genellikle daire yayıdır. Bu yaya kurb denir. Kurb, doğrulara değme noktasında teğettir. T orijin (To), bitiş noktasına ise T finiş (Tf) denir.

AC yayına developman boyu bunun orta noktasına (B) bisektris denir.



Şekil 63. Kurb elemanlarının tayini

### 12.6.1. Kurb elemanlarının tayini ve aplikasyonu

a- Some noktasına ulaşılma durumu: Some noktaları harita üzerinde belirlendikten sonra, bu noktaların aplikasyonu yapılır. Etüd esnasında kurdun yarıçapı, yolun durumuna göre tayin edilir. Arazide S noktasına alet kurularak  $\Delta$  açısı ölçülür. Kurbun ana elemanlarından, yarıçap (R), sapma açısı ( $\Delta$ ), teğet boyu (t), developman boyu (D), bisektris boyu (B) den iki tanesi belirlenir. Geriye kalan üç eleman, bilinen iki eleman cinsinden;

$$t = R \cdot \tan \frac{\Delta}{2}$$

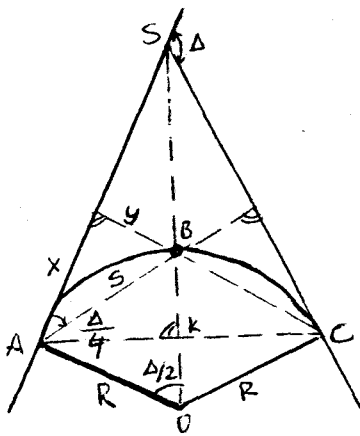
$$D = \frac{2\pi R}{400^s} \Delta = R \frac{\pi \Delta}{100}$$

$$B = \frac{R}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R = R \left( \sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \text{ bağıntılarıyla bulunur.}$$

Kurbun başlangıç ve bitiş noktalarını bulabilmek için some noktasından itibaren teğet doğrultusunda t uzunluğu kadar işaretlemek gerekir. Bisektris noktasını bulabilmek için  $\alpha$  açısının açıortay doğrultusunun belirlenmesi gerekir. Bunun için some noktasına kurulan teodolit C noktasına yöneltilir ve yatay açı okunur, mümkünse alet sıfırlanır. Burada okunan açıya  $\alpha/2$  kadar ilave edildiğinde bulunan açıyı okuyacak şekilde dübün döndürülerek açıortay doğrultusu bulunur. Elde edilen doğrultu üzerinde BS kadar alınarak bisektris noktası bulunur (Şekil 63).

Bazı durumlarda bisektris noktasını, arazi şartlarından dolayı yukarıdaki şekilde belirleme olanağı olmayabilir. Bu durumda bisektris noktası diğer elemanlar yardımıyla applike edilir. Bu aplikasyonda şu husus gözönünde tutulmalıdır. Bisektris noktası kurbu ara noktalarının aplikasyonunda kontrol elemanı olarak kullanılacağından, ara noktalar hangi methodla applike edilecekse, bisektris noktası bu methodla çakılmamalı, aynı methoda göre elemanlar başka yerden hesaplanmalıdır.

Şekil 64'de görüldüğü gibi, eğer bisektris noktası some noktasından applike edilemiyorsa A veya C noktasından dik veya kutupsal koordinat methodları ile applike edilebilir. Aplikasyon elemanları dik koordinat methodunda,



Şekil 64. Bisektris noktasının aplikasyonu

$$X = R \cdot \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$Y = R \left( 1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = 2R \cdot \sin^2 \frac{\Delta}{4}$$

bağıntılarından, kutupsal koordinat methodunda ise

$$S = 2R \cdot \sin \frac{\Delta}{4} \text{ ile bulunur.}$$

Sık kullanılmakla beraber AC'nin orta diki üzerinde K'dan itibaren

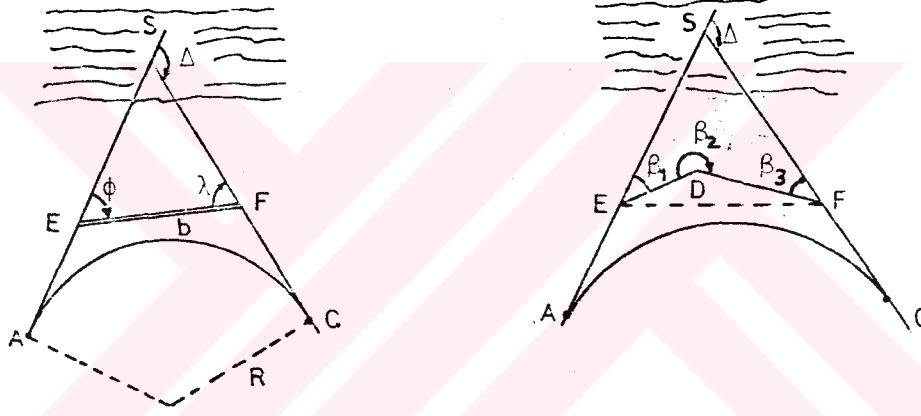
$$KB = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right) = 2R \sin^2 \frac{\Delta}{4}$$

kadar işaretlenerek B noktasının bulunması da, B'nin aplikasyonu için bir metoddur.

Hata hesabı için dik veya kutupsal koordinat yöntemine bakınız (Aplikasyon yöntemleri)

b- Some noktasına ulaşamayan durumda kurb elemanlarının tayini ve aplikasyonu

Some noktası nehir, deniz, uçurum gibi yerlere düştüğünde haliyle bu noktayı bulup alet kurma olanağı bulunamaz. Böyle bir durumda sapma açısı ( $\Delta$ ) ölçülemez ve teğet boyu (t) işaretlenemez (Şekil 65).



Şekil 65. Some noktasına ulaşamama durumunda kurb elemanlarının tayini

Problemin çözümü teğetler üzerinde E ve F noktalarının tesbiti, EFS üçgeninin oluşturulmasıyla sağlanır. Bu üçgenin oluşturulmasında şu hususlara dikkat edilmelidir:

- EF uzunluğu şartlara göre en rahat ölçülebilecek durumda olmalı,
- $\phi$  ve  $\lambda$  açıları mümkün olduğu kadar eşit olmalı,
- EF doğrusu başka amaçla kullanılacaksa, bu amacı da gerçekleştirecek şekilde olmalıdır.

E ve F noktaları tesbit edildikten sonra, gereken şekilde ölçü yapılarak  $\phi$  ve  $\lambda$  açıları bulunur. Ayrıca  $EF=b$  uzaklığı ölçülür. Hesaplamalar bu ölçülerden

faydalanılarak yapılacağı için, ölçü hataları sonuçları etkiler. Bu nedenle ölçüler çok dikkatli yapılmalıdır.

Hesaplamalar da şöyle yapılır: Önce kurb elemanlarının hesaplanmasında kullanılan  $\Delta$  açısı;

$$\Delta = \phi + \lambda$$

bağıntısından bulunur.

EFS üçgeninin çözümünden,

$$SE = b \frac{\sin \lambda}{\sin(\phi + \lambda)}$$

$$SF = b \frac{\sin \phi}{\sin(\phi + \lambda)}$$

uzunlukları hesaplanır ve

$$t = SE + EA = SF + FC$$

bağıntısından

$$EA = t - SE, \quad FC = t - SF \quad \text{elde edilir.}$$

EA ve FC pozitif ise A, C noktaları SE ve SF'nin uzantısı üzerinde, negatif ise A, C noktaları S, E ve S, F noktaları arasındadır.

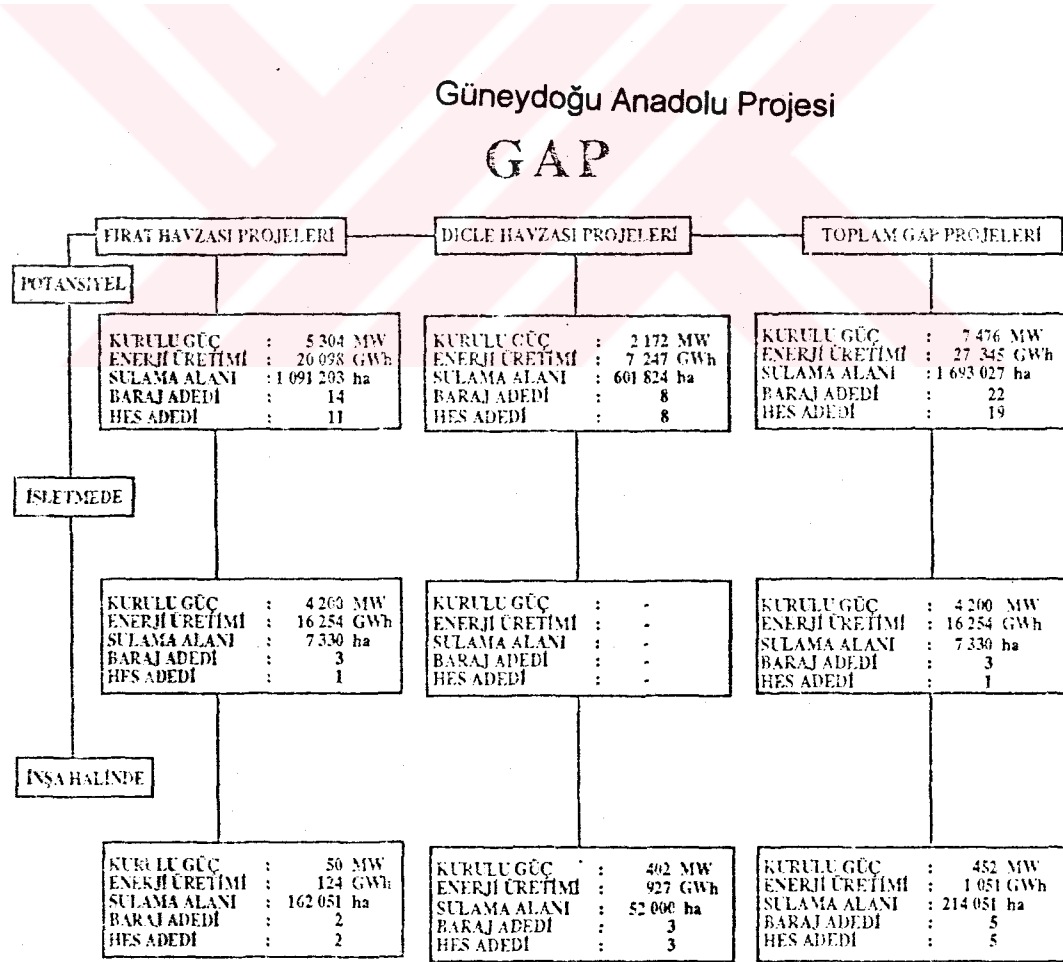
Eğer teğetler üzerinde istenen EFS üçgenini oluşturacak noktalar bulunmuyorsa, ki böyle bir duruma ender rastlanır, teğetler üzerinde alınan E ve F noktaları arasına mümkün olduğu kadar az kenarlı bir poligon ağı döşenir (Şekil 65).  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  açıları ile ED ve DF kenarları ölçülür.  $\Delta$  açısı EDFS çokgeninin açılarından hesaplanır. EF uzaklığını hesaplamak için mevzii bir koordinat eksenini seçilir. Buna göre E noktasını başlangıç ve ED kenarını y eksenini kabul eden bir koordinat sistemi gözönüne alınabilir. Buna göre ED'nin semti  $100^\circ$  olur. Açık poligon hesabı yapılır. F noktasının koordinatları hesaplandıktan sonra, bu koordinatlardan faydalanılarak EF uzunluğu hesaplanır.

Kurb ana ve ara noktalarının aplikasyonunu çok dikkatli yapmak gerekir. Kurb ara noktalarının eşit aralıklarla yapılan aplikasyonunda her noktanın aplikasyonundan sonra gerekli kontroller yapılır. Kontrol sağlanmadığından, ata yeni noktanın elemanlarının hesabında veya aplikasyon esnasında yapılmış demektir.

### 13.0. ATATÜRK BARAJI GÖVDE DOLGUSUNDA APLİKASYON ÇALIŞMALARI

Cumuriyet tarihinde Türkiye'nin yapmış olduğu büyük projelerin başında yer alan GÜNEYDOĞU ANADOLU PROJESİ (GAP), Fırat ve Dicle nehirlerinin aşağı kısımları ile bunlar arasında kalan ovaları kapsamakta ve 74.000 km<sup>2</sup>'lik bir alana yayılmaktadır. Şanlıurfa, Mardin, Gaziantep, Diyarbakır, Batman, Şırnak ve Siirt illerinin tamamı veya bir kısmı proje içinde kalmaktadır. GAP bağımsız bir proje olmayıp bölgede tasarlanan sulama ve enerji amaçlı 13 adet proje demetinden oluşmaktadır. Bu projelerden 7 adeti Fırat havzasında diğer 6 adeti ise Dicle havzasında yer almaktadır.

Aşağı Fırat bölgesinde yer alan Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali (HES) inşaatı gerek bu projenin gerekse GAP'ın en önemli ve en büyük ana tesisidir.



## Güeydoğu Anadolu Projesi

## GAP

Fırat Havzası	<b>Kurulu Güç : 7 476 MW</b> <b>Enerji Üretimi : 27 345 GWh</b> <b>Sulama Alanı : 1 693 027 ha</b> <b>Baraj Adedi : 22</b> <b>HES Adedi : 19</b>	Dicle Havzası
---------------	--	---------------

Proje ve Üniteleri	Kurulu Güç (MW)	Enerji Üretimi (GWh)	Sulama Alanı (ha)	Proje Durumu	Proje ve Üniteleri	Kurulu Güç (MW)	Enerji Üretimi (GWh)	Sulama Alanı (ha)	Proje Durumu
1. KARAKAYA PROJESİ	1 800	7 354	-	İşletme	8. DICLE - KRAT. KIZI PRJ.	204	444	126 080	
Karakaya Bar. ve HES	1 800	7 354	-		Krat. Baraj ve HES	94	146	-	İnşa halinde
2. AŞAĞI FIRAT PROJESİ	2 450	9 224	706 291	İşletme	Dicle Baraj ve HES	110	298	-	İnşa halinde
Aşağı Baraj ve HES	2 400	8 900	-		Dicle Sağ Sa. Çaz. Sul.	-	-	52 033	İnşa halinde
Şahinli HES	50	124	-	İnşa	Dicle Sağ Sa. Pom. Sul.	-	-	74 047	Katı proje
Ş.Ü.İ.İ. Tünel ve Sulamaları:					9. BAYRAM PROJESİ	198	483	37 744	
A-Ş.Ü.İ.İ. Pom. Sulaması	-	-	141 315	İnşa	Bayram Baraj ve HES	198	483	-	İnşa halinde
B- Marın-Çeylanpınar Çarık Sulaması	-	-	185 639	Planlama	Bayram Sol Sa. Çaz. Sul.	-	-	9 574	Katı proje
C- Marın-Çeylanpınar Pom. Sulaması	-	-	149 000	Planlama	Bayram Sol Sa. Pom. Sul.	-	-	9 412	Planlama
Sivrihisar Pom. Sul. Bazın Pom. Sul.	-	-	160 105	Ön inceleme	Bayram Sağ Sa. Çaz. Sul.	-	-	18 758	Katı proje
69 702	-	-	69 702	Ön inceleme	10. BİTİMLAN - SİLİVAN PRJ.	240	964	257 000	
3. SİMRİ FIRAT PROJESİ	852	3 168	-	Kat. proje	Sivrihisar Baraj ve HES	150	623	-	Ön inceleme
Birecik Baraj ve HES	672	2 516	-		Kayseri Baraj ve HES	90	341	-	Ön inceleme
Karameş Baraj ve HES	180	652	-	Programda	Dicle Sol Sa. Çaz. Sul.	-	-	240 000	Ön inceleme
4. SÜRLÜÇÜBAZIKI PROJ.	-	-	146 500	Ön inceleme	Dicle Sol Sa. Pom. Sul.	-	-	57 000	Ön inceleme
Sura ve Bazın Ova Sul.	-	-	146 500	Ön inceleme	11. GAZIAN PROJESİ	90	315	60 000	
5. ADIYAMAN KAHTA PR.	195	509	77 824	İnşa - Katı Proje	Gazian Baraj ve HES	90	315	-	Ön inceleme
Çengeller Baraj ve Sul.	-	-	6 536	İnşa halinde	Gazian Sulaması	-	-	60 000	Ön inceleme
Çömlekçi Baraj ve Sul.	-	-	7 762	Master plan	12. İLİSU PROJESİ	1 200	3 833	-	
Karlı Baraj ve HES ve Sul.	40	120	21 626	Master plan	İisu Baraj ve HES	1 200	3 833	-	Katı proje
Sinirli Baraj ve HES	28	87	-	Master plan	13. ÇİZME PROJESİ	240	1 208	121 000	
Firazlı HES	22	47	-	Master plan	Çizme Baraj ve HES	240	1 208	-	Katı proje
Büyükpınar B. HES ve Sul.	30	84	12 322	Master plan	Nusaybin - Çizme - İki Sul.	-	-	89 000	Ön inceleme
Kızılcık Baraj ve HES	75	171	-	Master plan	Silopi - İvan Sulaması	-	-	32 000	Ön inceleme
Atatürk Barajı Çözümlenmiş	-	-	29 599	Planlama	MÜNFERİT PROJELER				
6. ADIYAMAN-GÜKSU-ARABAN	7	43	71 598	Planlama	İşletme	-	-	19 030	
Çelebi Baraj ve Gölleri	-	-	-	Planlama	İnşa	-	-	7 282	
Akbaş, Araban, Beşim, Keçin, Kızıllı	-	-	-	Ön inceleme	Devegeçidi Projesi	-	-	7 500	İşletme
Yavuzeli, İncesu	-	-	-	Ön inceleme	Silvan I. ve II. K. Sul.	-	-	8 730	İşletme
Pazarlık Sulaması	-	-	71 598	Ön inceleme	Nerizli Sulaması	-	-	2 740	İşletme
Emerek HES	7	43	-	Ön inceleme	Çizme-Göksu Projesi	-	-	3 582	İnşa halinde
7. GAZİANTEP PROJESİ	-	-	89 000	İşletme	Gazian Kotuk Sulaması	-	-	3 701	İnşa halinde
Havuzlu Baraj ve Sul.	-	-	7 330	İşletme					
Kayalar Baraj ve Sul.	-	-	13 660	İnşa halinde					
Kemali Baraj ve Sul.	-	-	1 969	Planlama					
Birecik B. Gö. Pom. Sul.	-	-	66 021	Planlama					
MÜNFERİT PROJELER									
İşletme	14,4	42	58 580						
İnşa	-	-	1 560						
Nusaybin Sulaması	-	-	7 500	İşletme					
Çelebi HES	14,4	42	-	İşletme					
Akbaş ve NAS Sulaması	-	-	15 000	İşletme					
Çeylanpınar NAS Sulaması	-	-	27 000	İşletme					
Çömlekçi Barajı	-	-	2 000	İşletme					
Dumankaya Projesi	-	-	1 560	İnşa halinde					
Sinirli NAS Sulaması	-	-	7 000	İşletme					

## Gap Projeleri

## Proje bedeli ve yıllık paydaları

(1993 yılı rayıcı)

(Milyar TL)

SIRA NO	PROJE ADI	PROJE BEDELİ	FAYDALAR		
			Enerji	Sulama	Toplam
1	Karakaya Projesi	28 237	4 156	-	4 156
2	Aşağı Fırat Projesi	80 308	3 903	6 725	10 628
a	Atatürk Barajı ve HES	41 164	3 878	-	3 878
b	Urfa Tüneli ve HES	7 915	25	-	25
c	Sulamalar I. Merhale	6 925	-	1 498	1 498
d	Mardin-Ceylanpınar (C)	6 494	-	1 474	1 474
e	Mardin-Ceylanpınar (P)	5 891	-	1 246	1 246
f	Siverek Pompaj Sulaması	9 439	-	1 827	1 827
g	Bozova Pompaj Sulaması	2 480	-	680	680
3	Sınır Fırat Projesi	11 111	1 255	-	1 255
4	Suruç-Baziki Projesi	4 370	-	1 558	1 558
5	Adıyaman-Kahta Projesi	5 979	269	825	1 094
6	Adıyaman-Göksu-Araban	6 856	22	428	450
7	Gaziantep Projesi	4 467	-	776	776
8	Dicle-Kralkızı Projesi	15 777	52	1 331	1 383
9	Batman Projesi	5 522	264	275	539
10	Batman-Silvan Projesi	12 757	344	844	1 188
11	Garzan Projesi	2 734	115	400	515
12	İhsu Projesi	13 821	1 734	-	1 734
13	Cizre Projesi	9 274	486	1 212	1 698
TOPLAM		201 213	12 600	14 374	26 974

- NOT : 1- Proje bedelleri, inşa halinde olan projeler için uygulama programındaki tesis bedelleri, ne etüt - proje - kontrolluk ve kamulaştırma bedelleri eklenerek bulunmuştur.  
2- Diğer projeler için mevcut raporlarındaki proje bedelleri fiyat endeksleri ile 1993 yılına getirilmiştir.  
3- Enerji faydası, sulamaların tam gelişmesi durumu dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Şekil 66. Atatürk Barajı ve hidroelektrik Santrali  
Genel Vaziyet Planı





## Atarük Barajı ve HES

### Barajın Yeri

Şanlıurfa ilinin 60 km kuzeybatısında, Adıyaman ilinin 35 km güneyinde, Bozova ilçesine 24 km uzaklıkta, Şanlıurfa-Adıyaman il sınırında, Fırat nehri üzerinde ve Karakaya barajının 181 km mansabındadır.

Amacı: Sulama + Enerji

### Baraj Karakteristikleri

Barajın tipi	: Zonlu kaya dolgu
Temelden yüksekliği	: 169 m
Kret uzunluğu	: 1664 m
Dolusavak tipi	: Radyal kapaklı, şutlu ve enerji kırıcı havuzlu
Rezervuar hacmi	: 48.7 km <sup>3</sup>
Rezervuar alanı	: 817 km <sup>2</sup>
Temel jeolojik yapısı	: Geniş bir vadide derinlere giden ince tabakalı kireçtaşı
Gövde dolgu hacmi	: 84.5 hm <sup>3</sup>
Sulama sahası	: 882 380 ha

### Santral Karakteristikleri

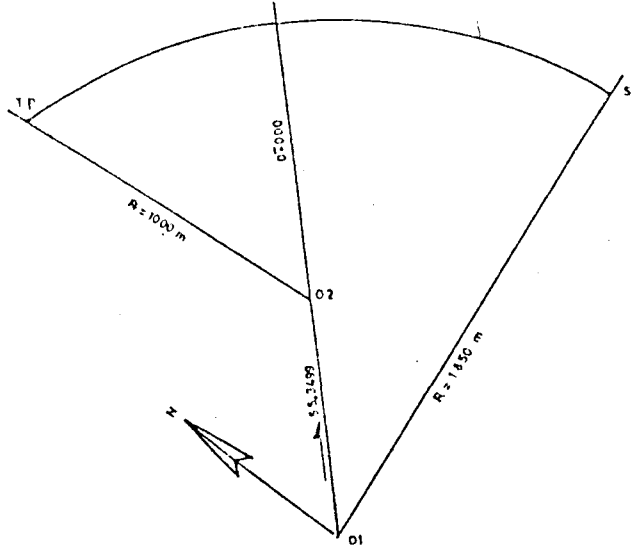
Ünite adedi	: 8
Ünite gücü	: 300 MW
Kurulu güç	: 2400 MW
Yıllık enerji üretimi	: 8.9 TWh (Sulamadan önce) 8.1 TWh (Sulamadan sonra)

Santralin bütün üniteleri işletmeye girmiştir.

Yukarıdaki özelliklerinden dolayı, dünyanın sayılı büyük barajları arasında yer almaktadır. Bu kadar büyük bir barajda kazı, dolgu, beton, montaj, tünel ve galeri gibi işlerin çeşitliliği açısından harita mühendisliği çalışmalarında büyük bir yoğunluk ve duyarlılık gerektirmektedir.

Atatürk Barajı gövde yayı merkezi mansap tarafında olan iki ayrı yarıçaplı (O<sub>1</sub> ve O<sub>2</sub>) sepet kurbtan oluşmaktadır.

Gövde dolgusunu oluşturan zonlar memba-mansap yönünde sırası ile riprap, incebazalt, 2b diye isimlendirilen filtre, alüvyon, kil, 2a diye isimlendirilen filtredir.

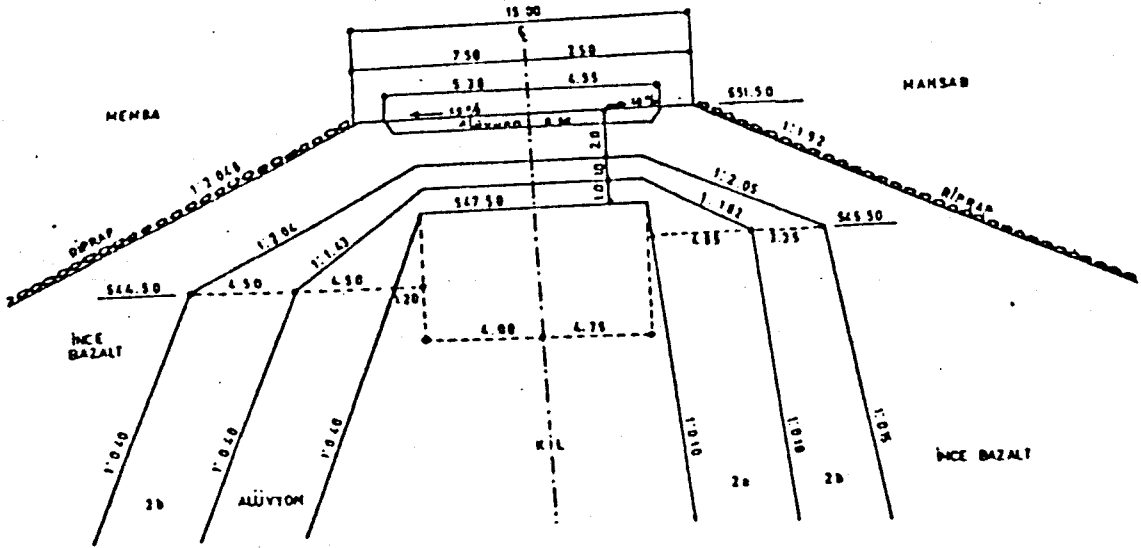


N.N	N (X)	E (Y)
O 1	400,000	400,000
O 2	948,470	1049,369
S 1	657,640	2231,972
TP	1920,000	1226,288

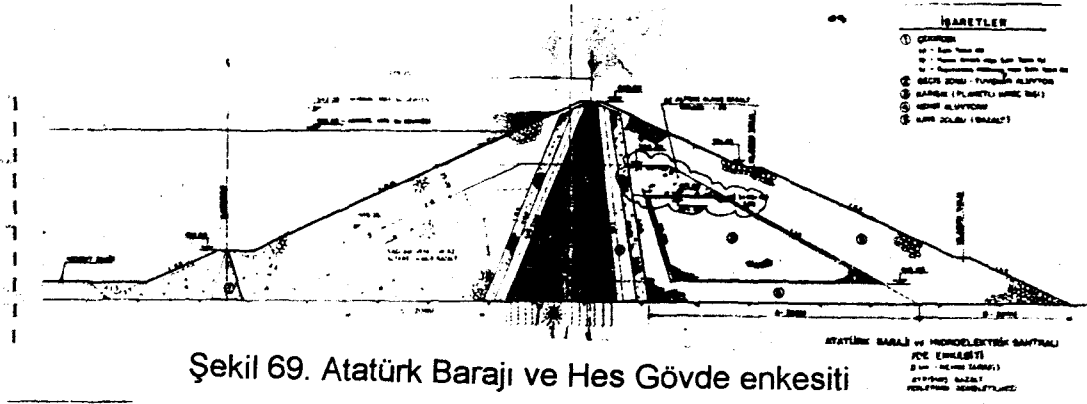
Şekil 67.

### 13.1. Gövde mansap bazalt (Riprap) şevi aplikasyonu

Baraj gövdesinin stabilitesini sağlamak ve dolgunun dış yüzeylerini korumak üzere inşa edilen kabuk zonunu teşkil eden bazalt, içten dışa doğru 60, 80, 120 ve 150 cm'lik farklı tabaka kalınlıklarında ve içerde ince, dışa doğru daha kalın gronülometrilere yerleştirilerek, vibrasyonlu silindirlerle 6 pas geçilerek sıkıştırılmaktadır. En dışta ise iri bazalt bloklarından oluşan riprap yer almaktadır. Riprap şevi membada 1:2.046 mansapta ise 1:1.92 olarak değişiklik göstermektedir.

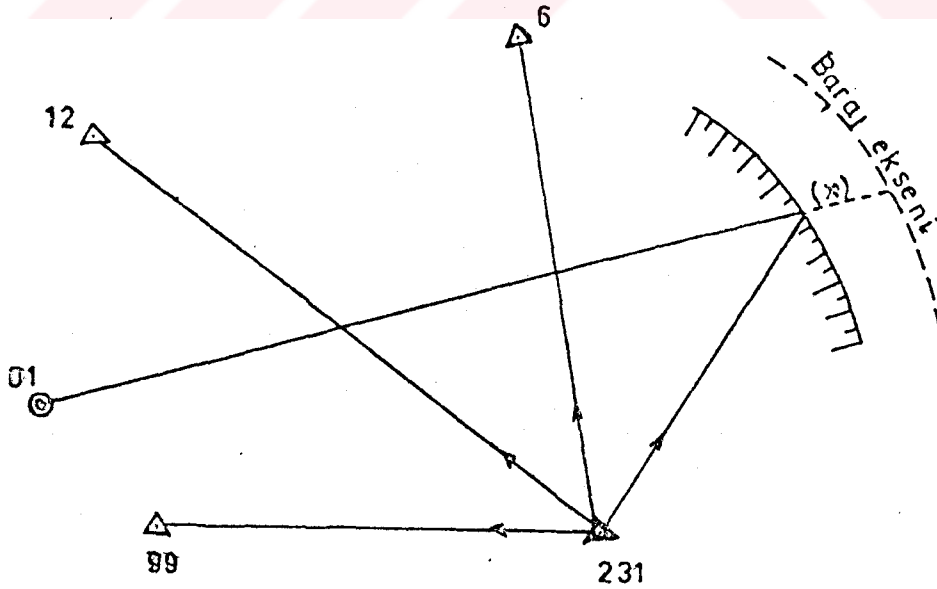


Şekil 68. Gövde kesiti



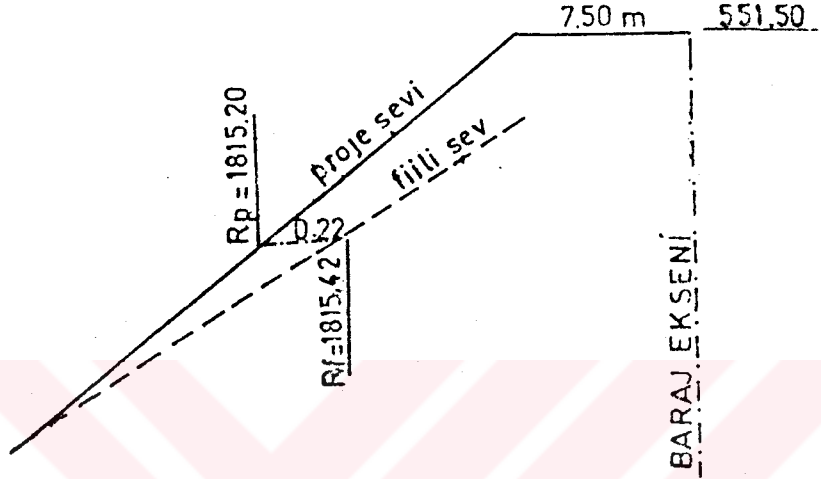
Riprap şevinin aplikasyonu ise şöyle yapılmaktadır:

Distomat istasyon noktasına kurularak en az üç nirengi noktasına semt açısı ile bağlanarak nirengiler arası yatay açı kontrolleri yapılır. Bu yatay açılar aynı zamanda istasyon noktası ile nirengiler arası semt açıları olmaktadır. Daha sonra Distomat, yapılmakta olan riprap üzerindeki reflektöre yöneltilip, yatay açı (semt), yatay mesafe, düşey açı ve eğik mesafe okumaları yapılarak 1. temel problemle riprap üzerindeki noktaya ait koordinatlar ve kot hesaplanır. Hesaplanan bu koordinatlardan faydalanılarak, gövde yayının merkezi olan  $O_1$  noktasına yatay mesafe bulunur. Bu yatay mesafe aynı zamanda hedef noktasının fiili yarıçapıdır ( $R_f$ ). Hedef noktasının kotu, okunan yatay mesafe ve düşey açı okumalarından yararlanılarak hesaplanır ( $H_b$ ).



Şekil 70.

Riprap eğimi projeden alınarak hedef noktasının, kret eksenine olan yatay mesafesi hesaplanır (X). Bulunan X değeri, gövde yarıçap değerinden (Mansap tarafında çalışıldığından) farkı bulup hedef noktasının, O<sub>1</sub> merkezine göre proje yarıçapı hesaplanır (Rp). Proje yarıçapı ile fiili yarıçap arasındaki fark ise hedef noktasındaki dolgu veya yarma miktarını gösterir (DY).



Şekil 71.

Yukarıdaki anlatıma örnek vermek gerekirse;

N.N	N(X) m	E(Y) m	KOT (m)
231	255.920	1.587.973	560.130
O <sub>1</sub>	400.000	400.000	-

Rasat (Gözlem) sonucu okunan değerler:

Yatay açı (semt)	$\alpha$ 32 <sup>g</sup> .0461
Düşey açı	Z = 101 <sup>g</sup> 4665
Yatay uzaklık	L = 989.591 m
Yükseklik farkı	$\Delta h$ = -22.80 m
Alet yüksekliği	a = 1.55 m
Reflektör yüksekliği	b = 1.60 m
Hedef noktasının kotu	Hb = ?
$Hb = Ha + a - b \pm \Delta h$	
$Hb = 560.130 + 1.55 - 1.60 - 22.80$	

$$H_b = 537.28 \text{ m}$$

Hata hesabı:

$$\Delta H_{AB} = L \cdot \cot g Z + a - b$$

$$d\Delta H_{AB} = \cot g Z \cdot d_L - \frac{L}{\sin^2 Z} d_Z + da - db$$

$$m^2 \Delta H_{AB} = \cot g^2 Z \cdot m_L^2 + \frac{L^2}{\sin^4 Z} m_Z^2 + m_a^2 + m_b^2$$

$$m_Z = \pm 3^{\text{cc}}$$

$$m_L = 2 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm} = \pm 2 \text{ mm}$$

$$m_a = \pm 2 \text{ mm}$$

$$m_b = \pm 2 \text{ mm}$$

$$m^2_{\Delta H_{AB}} = \cot g^2 Z \cdot m_L^2 + \frac{L^2}{\sin^4 Z} m_Z^2 + m_a^2 + m_b^2 = 29.77$$

$$m_{\Delta H_{AB}} = \pm 5.46 \text{ mm}$$

Hedef noktasının koordinatı  $N_2, E_2$

$$N_2 = N_1 + L \cdot \cos \alpha$$

$$N_2 = 255.920 + 989.591 \cdot \cos(32.0461)$$

$$N_2 = 1122.760 \text{ m}$$

$$E_2 = E_1 + L \cdot \sin \alpha$$

$$E_2 = 1578.973 + 989.591 \cdot \sin(32.0461)$$

$$E_2 = 2065.340 \text{ m}$$

Hata hesabı:

$$N_2 = N_1 + L \cdot \cos \alpha \quad L = 989.591 \text{ m} \pm 2 \text{ mm}$$

$$E_2 = E_1 + L \cdot \sin \alpha \quad \alpha = 32^\circ 0461 \pm 3^{\text{cc}}$$

$$m^2 E_2 = \sin^2 \alpha \cdot m_L^2 + L^2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot m_\alpha^2 = 17.617$$

$$m_{E_2} = \pm 4.197 \text{ mm}$$

$$m^2 N_2 = \cos^2 \alpha \cdot m_L^2 + L^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot m_\alpha^2 = 8.129$$

$$m_{N_2} = \pm 2.851 \text{ mm}$$

Fiili yarıçap:  $R_f = ?$

$$(R_f)^2 = (N_a - N_2)^2 + (E_a - E_2)^2$$

$$(R_f)^2 = (400.000 - 1122.760)^2 + (400.000 - 2065.340)^2$$

$$R_f = 1815.420 \text{ m}$$

Hata Hesabı:

$$R_f^2 = (N_a - N_2)^2 + (E_a - E_2)^2$$

$$2Rdf = -2(Na - N_2)dN_2 + 2(Na - N_2)dNa - 2(E_a - E_2)dE_2 + 2(E_a - E_2)dE_a$$

$$dRf = \frac{(Na - N_2)}{Rf} dN_2 + \frac{(Na - N_2)}{Rf} dNa - \frac{(E_a - E_2)}{Rf} dE_2 + \frac{(E_a - E_2)}{Rf} dE_a$$

$$m_{Rf}^2 = \frac{(Na - N_2)^2}{Rf^2} m_{N_2}^2 + \frac{(Na - N_2)^2}{Rf^2} m_{Na}^2 + \frac{(E_a - E_2)^2}{Rf^2} m_{E_2}^2 + \frac{(E_a - E_2)^2}{Rf^2} m_{E_a}^2$$

veya;  $\alpha = 273^{\circ}.9323$

$$dRf = -\sin\alpha dN_2 + \sin\alpha dNa - \cos\alpha dE_2 + \cos\alpha dE_a$$

$$m_{Rf}^2 = \sin^2\alpha m_{N_2}^2 + \sin^2\alpha m_{Na}^2 + \cos^2\alpha m_{E_2}^2 + \cos^2\alpha m_{E_a}^2$$

$$m_{Na} = m_{E_a} = 0 \quad (\text{Hatasız kabul ediliyor})$$

$$m_{Rf}^2 = \sin^2\alpha m_{N_2}^2 + \cos^2\alpha m_{E_2}^2 = 9.632$$

$$m_{Rf} = \pm 3.104 \text{ mm}$$

Hedef noktasının kret eksenine olan yatay uzaklığı (X)

$$\text{Baraj kret kotu} = 551.50 \text{ m} \quad (\text{Projeden})$$

$$\text{Baraj kret genişliği} = 15.00 \text{ m} \quad (\text{Projeden})$$

$$\text{Riprap şev} = 1:1.92 \quad (\text{Projeden})$$

$$\text{Hedef noktasının yüksekliği (Hb)} = 537.280 \text{ m} \quad (\text{Hesap sonucu})$$

$$X = (551.50 - 537.280) \times 1.92 + 7.50$$

$$X = 34.800 \text{ m}$$

$$\text{Proje yarıçapı (Rp)} = ?$$

$$\text{Gövde yayı yarıçapı} = 1850.00 \text{ m}$$

$$Rp = 1850.000 - X$$

$$Rp = 1850.00 - 34.800$$

$$Rp = 1815.200 \text{ m}$$

Hedef noktasında dolgu veya yarma miktarı (DY) = ?

$$DY = Rp - Rf$$

$$DY = 1815.200 - 1815.420$$

$$DY = -0.22 \text{ m} \quad (\text{Dolgu})$$

$$m_{Rp} = \pm 5.460 \text{ mm}$$

$$m_{Rf} = \pm 3.104 \text{ mm}$$

$$m_{DY}^2 = m_{Rp}^2 + m_{Rf}^2 = 39.446$$

$$m_{DY} = \pm 6.281 \text{ mm}$$

### 13.2. Gövde Kil Sınırı Aplikasyonu

Gövdenin geçirimsiz zonunu teşkil eden kil, şantiye yakınındaki Sam-Tekin ve Hayas ariyet sahalarından temin edilmektedir. Gövdeye 30 cm'lik tabakalar halinde serilerek keçi ayağı silindirlerle 6 geçişte sıkıştırılmaktadır. Yamaçlara dayandığı kontakt yerlerinde tabaka kalınlığı 10 cm olarak uygulanmaktadır.

Kil kret genişliği 8.75 m, kil şevi ise membada 1:0.40 mansapda 1:0.10 olup, her iki tarafta değişiklik göstermektedir. Aynı zamanda kil kreti eksenden memba tarafına 4.00 m mansap tarafına ise 4.75 m uzaklık teşkil etmektedir.

Kil sınırının aplikasyonu ise şöyle yapılmaktadır.

Öncelikle mevcut kil serim kotu arazide nivelmanla belirlenir. Bu değer, kil kret kotundan (547.50) farkı çalışılan bölgeye ait (memba veya mansap) eğim ile çarpılarak hedef noktasının kret eksenine olan yatay uzaklığı hesaplanır (X).

Bulunan bu X değeri çalışılan bölgeye (memba veya mansap) göre gövde yayı yarıçapına eklenip veya çıkarılarak, hedef noktasının proje yarıçapı hesaplanır. Distomat yine en uygun nirengi noktasına monte edilerek, mevcut kil sergisi üzerindeki hedef levhasına gözlem yapıp, yatay açı (semt) yatay mesafe, yükseklik farkı okumaları yapılır. Bu okumalardan yararlanarak hedef noktasına koordinat değeri verilir. Bu koordinatlardan gövde yayı merkezi olan  $O_1$  noktasına yatay uzaklık hesaplanarak, hedef noktasının yarıçapı hesaplanır ( $R_f$ ).

Proje yarıçapı ile fiili yarıçap arasındaki fark kadar hedef noktasından  $O_1$  noktası yönünde ileri-geri yönlendirilerek kil sınırı belirlenir.

Yukarıdaki anlatıma örnek verecek olursak:

Kil sınırı aplikasyonu (memba) (Büro çalışmaları)

Mevcut kil sergi kotu = 508.30 m (Arazide belirlenir)

Kil kret kotu = 547.50 m (Projeden)

Kil sınırı şevi = 1:0.40 (Projeden)

Kil kret ekseninde kil genişliği = 4.00 m (Projeden)

Kil kret ekseninden mevcut kota yatay uzaklık (X)

$$X = (547.50 - 508.30) \times 0.40 + 4.00$$

$$X = 19.68 \text{ m}$$

Proje yarıçapı (Rp)=?

Gövde yayı yarıçapı = 1850.000 m (Projeden)

$R_p = 1850.000 + 19.680$  (mamba)

$R_p = 1869.680$  m

Arazi çalışması

DN	BN	Yatay açı (semt)	Yatay Mesafe
231	508.300 m	19 <sup>º</sup> .4257	1233.810 m

(O<sub>1</sub> noktası yönünde)

Birinci temel ödev ile 508.300 m kotunda belirlenen noktaya koordinat verilir.

$$N_3 = N_1 + L \cdot \cos \alpha = 255.920 + 1233.810 \cdot \cos(19.4257) = 1432.735 \text{ m}$$

$$E_3 = E_1 + L \cdot \sin \alpha = 1587.973 + 1233.810 \cdot \sin(19.4257) = 1958.640 \text{ m}$$

$$m_{N_3}^2 = \cos^2 \alpha \cdot m_L^2 + L^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot m_\alpha^2 = 6.690$$

$$m_{N_3} = \pm 2.590 \text{ mm}$$

$$m_{E_3}^2 = \sin^2 \alpha \cdot m_L^2 + L^2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot m_\alpha^2 = 31.110$$

$$m_{E_3} = \pm 5.578 \text{ mm}$$

Hedef noktasının fiili yarıçapı (Rf) = ?

$$(Rf)^2 = (NO_1 - N_3)^2 + (EO_1 - E_3)^2$$

$$Rf = 1869.730 \text{ m}$$

Hata hesabı:  $\alpha = 262^{\circ}7647$

$$m_{Rf}^2 = \sin^2 \alpha \cdot m_{N_3}^2 + \cos^2 \alpha \cdot m_{E_3}^2 = 14.148$$

$$m_{Rf} = \pm 3.761 \text{ mm}$$

Mevcut sınırın projeden farklılığı (Q) = ?

$$Q = R_p - R_f$$

$$Q = 1869.680 - 1869.730$$

$$Q = -0.05 \text{ m}$$

Hedef noktasından O<sub>1</sub> noktası yönünde 0.05m ileriye gidilerek kil sınırı belirlenir.

Hata Miktarı:

$$m_{Rf} = \pm 3.761 \text{ mm}$$

$$m_{Rp} = \pm 5.460 \text{ mm}$$

$$m_Q^2 = m_{Rp}^2 + m_{Rf}^2 = 43.957$$

$$m_Q = \pm 6.630 \text{ mm}$$



### 13.3. Gövde Filtre Sınırının Aplikasyonu

Erozyonu önlemek amacıyla geçirimsiz zonla (kil), geçirimli kabuklar (ince bazalt) arasında bir geçiş zonu olarak teşkil eden filtre malzemeleri, nehir alüvyonu işleminden geçirerek elde edilmektedir. Filtreler, korumakta olduğu geçirimsiz malzemenin dışarıya doğru yıkılmasını önleyecek şekilde ince olmalı ve bir dren olarak çalışacağı için geçirimli olmalıdır. Onun için filtre malzemelerinin yerleştirilmesi sırasında mambadan eksene doğru ince gronülometriden daha iri gronülometriyi haiz malzemelerden, eksenden mansaba doğru ise yine ince gronülometriden daha iri gronülometriyi haiz malzemelerden oluşmaktadır. Filtre malzemeleri 50 cm'lik tabakalar halinde serilerek, vibrasyonlu silindirlerle 4 pas geçilerek sıkıştırılmaktadır.

#### 13.3.1. (2a) filtre sınırının aplikasyonu

2a diye adlandırılan filtre yalnız mansab tarafına yerleştirilmekte ve 1:0.10 eğimle yükselerek 545.50 kotunda 1:1.62 eğimle eksene yaklaşmaktadır. 548.50 kotunda kreti oluşturmaktadır. Öncelikle mevcut filtre serim kotu arazide belirlenir. Mevcut kottaki 2a sınırının kret eksenine olan yatay uzaklığı hesaplanır (X2a).

X2a değeri gövde yarıçap değerinden farkı alınarak proje yarıçapı (Rp) hesaplanır. Distomat nirengi noktasına monte edilerek 2a filtre malzemesi üzerindeki reflektöre yatay açı (semt), yatay mesafe okumaları yapılarak birinci temel ödevle reflektör noktasına koordinat verilir. Bu koordinatlardan yararlanılarak O<sub>1</sub> yay merkezine olan yatay mesafe hesaplanır. Bu değer aynı zamanda fiili yarıçaptır (Rf).

Proje yarıçapı ile fiili yarıçap arasındaki fark kadar hedef noktasından O<sub>1</sub> eksenine yönünde ileri-geri yönlendirilerek 2a filtre sınırı applike edilir.

Yukarıdaki anlatıma bir örnek verecek olursak:

2a eğim değişim kotu	= 545.50	(Projeden)
2a şevi	= 1:0.10	(Projeden)
2a genişliği	= 4.65 m	(Projeden)
545.50 kotunda kilin eksenden genişliği	= 4.95 m	(Projeden) (Mansabta)
Mevcut serim kotu	= 508.30	(Arazide belirlenir)

Mevcut kotta 2a sınırının eksenden yatay uzaklığı (X<sub>2a</sub>)

$$X_{2a} = (545.50 - 508.30) \times \text{Eğim} + \text{kil genişliği} + 2a \text{ genişliği}$$

$$X_{2a} = (545.50 - 508.30) \times 0.10 + 4.95 + 4.65$$

$$X_{2a} = 13.32 \text{ m}$$

$$\text{Proje yarıçapı (Rp)} = 1850.000 - 13.320 = 1836.680 \text{ m}$$

DN	BN	Yatay açı (semt)	Yatay Mesafe
231	508.300 m kotu	15 <sup>8</sup> .2080	1259.485 m

Birinci temel ödevle 508.300 m kotundaki hedef noktasına koordinat verilir.

$$N_4 = N_1 + L \cdot \cos \alpha = 255.920 + 1259.485 \cdot \cos (15.2080) = 1479.638 \text{ m}$$

$$E_4 = E_1 + L \cdot \sin \alpha = 255.920 + 1259.485 \cdot \sin (15.2080) = 1885.994 \text{ m}$$

$$m_{N_4}^2 = \cos^2 \alpha \cdot m_L^2 + L^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot m_\alpha^2 = 5.748$$

$$m_{N_4} = \pm 2.398 \text{ mm}$$

$$m_{E_4}^2 = \sin^2 \alpha \cdot m_L^2 + L^2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot m_\alpha^2 = 33.478$$

$$m_{E_4} = \pm 5.786 \text{ mm}$$

$$\text{Fiili yarıçap (Rf)} = ?$$

$$(Rf)^2 = (NO_1 - N_4)^2 + (EO_1 - E_4)^2$$

$$Rf = 1836.790 \text{ m}$$

$$\text{Hata hesabı: } \alpha = 259^{\circ}9999$$

$$(Rf)^2 = (NO_1 - N_4)^2 + (EO_1 - E_4)^2$$

$$m_{Rf}^2 = \sin^2 \alpha \cdot m_{N_4}^2 + \cos^2 \alpha \cdot m_{E_4}^2 = 15.330$$

$$m_{Rf} = \pm 3.915 \text{ mm}$$

$$\text{Mevcut sınırın projeden farklılığı (Q<sub>2a</sub>) = ?}$$

$$Q_{2a} = Rp - Rf$$

$$Q_{2a} = 1836.680 - 1836.790$$

$$Q_{2a} = -0.110 \text{ m}$$

Hedef noktasından O<sub>1</sub> eksenine yönünde membaya 0.110 m yaklaşarak 2a sınırı aplike edilir.

$$\text{Hata hesabı:}$$

$$m_{Rp} = \pm 4.460 \text{ mm}$$

$$m_{Rf} = \pm 3.915 \text{ mm}$$

$$m_{Q_{2a}}^2 = m_{Rp}^2 + m_{Rf}^2 = 45.139$$

$$m_{Q_{2a}} = \pm 6.719 \text{ mm olur.}$$

### 13.3.2. 2b filtre sınırının aplikasyonu (Memba)

2b filtre malzemesi memba ve mansaba yerleştirilmekle beraber memba ve mansapta ayrı eğimler göstermektedir. Membada 1:0.40 eğimle yükselerek 544.50 kotunda 1:2.04 eğime düşüp eksene yaklaşmaktadır. Mansapta ise 1:0.15 eğimle yükselip 545.50 kotunda 1:1.205 eğime düşüp eksene yaklaşmakta ve 549.50 kotunda platform oluşturarak 2b kreti meydana getirmektedir.

2b serim kotu arazide belirlenerek, bulunulan noktanın eksene olan yatay mesafesi hesaplanır ( $X_{2b}$ ). Daha önceki örnekte aynı kottaki kil sınırı araziye applike edilmişti.  $X_{2b}$  uzaklığında kil sınırı yatay uzaklığı farkı 2b sınırının proje değerini vereceği için, aynı kottaki kil sınırında aradaki fark kadar memba tarafına  $O_1$  ekseni yönünde uzaklaşarak 2b sınırı araziye applike edilir. Ayrıca mevcut 2b serimi üzerindeki reflektöre rasat yapılarak koordinat hesaplanıp fiili yarıçap bulunup, proje yarıçapı ile fiili yarıçapı arasındaki fark kadar  $O_1$  ekseni yönünde ileri geri ilerleyerek 2b sınırı applike edilebilir.

Örnek verecek olursak;

2b eğim değişim kotu = 544.50 (Projeden) Memba

2b şev = 1:0.40 (Projeden)

2b genişliği = 4.50 m (Projeden)

Nehir alüvyon genişliği = 4.50 (Projeden)

544.50 kotunda kilin eksenden olan genişliği = 5.20 m (Projeden)

Mevcut serim kotu = 508.30 (Arazide belirlenir)

$X_{2b} = (544.50 - 508.30) \times 0.40 + 2b \text{ genişliği} + \text{Alüvyon genişliği}$   
+ Kil genişliği

$X_{2b} = (544.50 - 508.30) \times 0.40 + 4.50 + 4.50 + 5.20$

$X_{2b} = 28.68 \text{ m}$

Mevcut kottaki kil sınırının eksene yatay uzaklığı

$X_k = 19.68 \text{ m}$  (Önceki örnekte hesaplanmıştır)

Kil sınırından 2b sınırına olan yatay mesafe ( $Q_{2b}$ )

$Q_{2b} = X_{2b} - X_k$

$Q_{2b} = 28.68 - 19.68$

$Q_{2b} = 9.00 \text{ m}$

Kil sınırından 9.00 m  $O_1$  ekseni doğrultusunda membaya doğru ilerleyerek 2b filtre sınırı applike edilmiş olur.

### 13.4. Gövde Yol Aplikasyonu (Mansap)

Gövde dolgusunda, gerek inşaat aşamasında gerekse inşaattan sonra kullanılmak üzere servis ve ulaşım amaçlı yollara gereksinim duyulmaktadır. Atatürk Barajı gövde dolgusunda da ulaşım ve servis amaçlı yollar mevcut olup, bunların aplikasyonları da ayrı bir çalışma gerektirmektedir.

Yol aplikasyonlarında yolun gövde şev dibi ile temas eden geçkisi, koordinat değerleri hesaplanmakta ve bu değerler distomat ile aplike edilmektedir.

Yolun şev üstü ile temas eden geçkisi ise, aplike edilen şev dibi noktalarında  $O_1$  eksenini yönünde yol genişliği kadar ilerleyerek araziye işaretlenmekte veya riprap şevi aplikasyonu şeklinde yapılmaktadır.

Yol aplikasyonundaki çalışmalar:

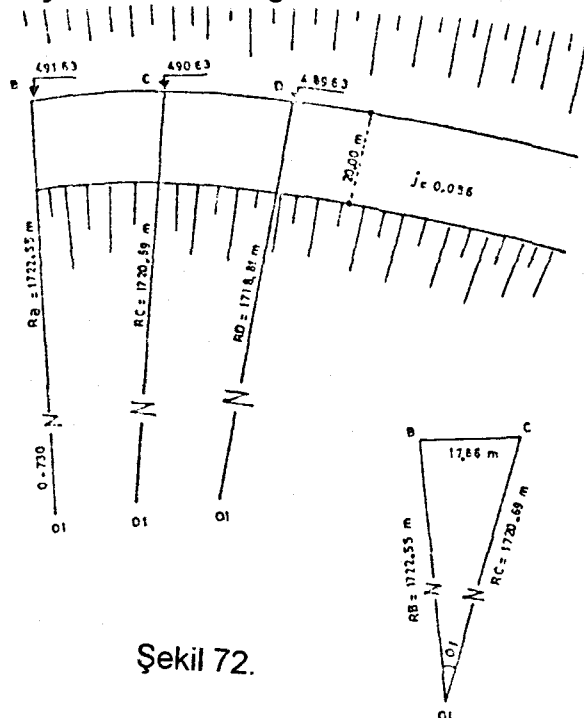
a- Büro çalışmaları:

Çalışma kolaylığı açısından yol başlangıcı kret uzunluğu cinsinden km'lenir. Yol geçkisi parçalara bölünür. Yolun eğimi bilindiği için bu parçalar arasında eşit kot farklılıkları olmalıdır (1m, 2m gibi). Eşit kot farklılıklarından dolayı noktalar arası yatay mesafelerin eşit değer taşıdıkları gözlenir ( $S_n$ ). Noktaların proje kotları bilindiği için, noktalar ile kret eksenini arasındaki yatay mesafe hesap yolu ile bulunur ( $X_n$ ). Söz konusu yol gövdenin mansab tarafında olduğu için gövde yarıçap değerinden (1850.00 m) hesaplanan  $X_n$  değerleri çıkarılarak noktaların proje yarıçapları hesaplanır ( $R_n$ ).

İki ardışık nokta ile  $O_1$  merkezi bir üçgen oluşturmaktadır. Üç kenarı bilinen bu üçgenin  $O_1$  tepe açısını cosinüs teoremi ile hesaplamak mümkündür.

$O_1$  merkezi ile yol başlangıcı, çemberin çevre formülü ile hesaplanır ( $\alpha_0$ ).

$\alpha_B$  semt açısına  $O_1$  tepe açısı eklenerek ilgili noktaların  $O_1$  merkezinden semt açıları bulunur ( $\alpha_n$ ).



Şekil 72.

Yukarıdaki anlatıma örnek verecek olursak:

Yol başlangıç km'si = 0 + 730.00 (Projeden)

Yol başlangıç üst kotu = 491.63 (Projeden)

Yol eğimi (j) = 0.056 (Projeden)

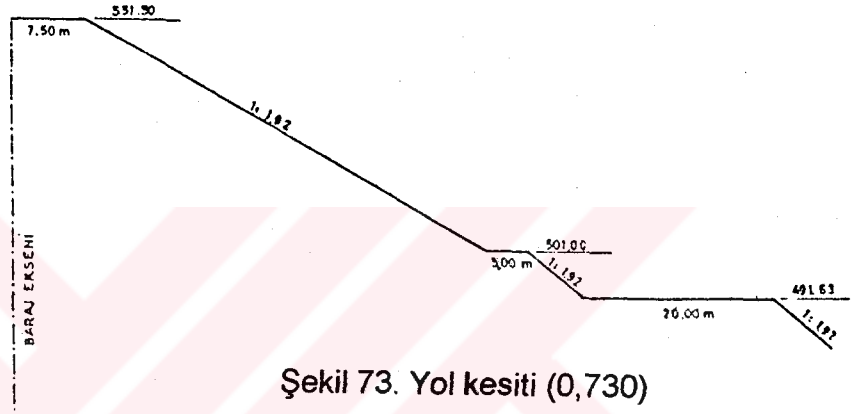
Yol geçkisi aralarında 1 m'lik kot farkı olacak şekilde bölünür. Nokta ile kot eksenini arasındaki yatay uzaklık ( $X_n$ ).

$X_n = (\text{kret kotu} - \text{Nokta kotu}) \times \text{Şev} + \text{kret genişliği} + (\text{Yol genişliği})$

$X_n = (551.50 - 491.63) \times 1.92 + 7.50 + 5.00$

$X_n = 127.45 \text{ m}$

Yol genişliği 501.00 kotundaki bir başka yoldur.



Noktanın proje yarıçapı ( $R_1$ )

$R_1 = \text{Gövde yarıçapı} - X_n$

$R_1 = 1850.00 - 127.45$

$R_1 = 1722.55 \text{ m}$

İkinci noktanın kret ekseninden yatay uzaklığı ( $X_2$ )

$X_2 = (\text{Kret kotu} - \text{Nokta kotu}) \times \text{Şev} + \text{Kret genişliği} + \text{yol genişliği}$

$X_2 = (551.50 - 490.63) \times 1.92 + 7.50 + 5.00$

$X_2 = 129.37 \text{ m}$

İkinci noktanın proje yarıçapı ( $R_2$ )

$R_2 = 1850.00 - X_2$

$R_2 = 1850.00 - 129.37$

$R_2 = 1720.63 \text{ m}$

İki nokta arasındaki yatay uzaklık ( $S_1$ ):

$S_1 = \text{kot farkı} : \text{yol eğimi}$

$S_1 = 1.00 : 0.056$

$S_1 = 17.86 \text{ m}$

BO<sub>1</sub>C üçgeninde

$$\cos(O_1) = (b^2 + c^2 - a^2) / (2bc)$$

$$\cos(O_1) = ((1720.63)^2 + (1722.55)^2 - (17.86)^2) / (2 \times 1720.63 \times 1722.55)$$

$$O_1 = 0^\circ.6566$$

O<sub>1</sub> eksenini ile yol başlangıcını gören merkez açısı (km=0+730)

$$730 = (2\pi R\alpha_0) / 400^\circ$$

$$\alpha_0 = 25^\circ.1206$$

(O<sub>1</sub> - O<sub>2</sub>) semti = 55°3499 (Projeden)

O<sub>1</sub> eksenini ile yol başlangıcı semt açısı ( $\alpha_B$ )

$$\alpha_B = (O_1 - O_2) \text{ semti} + \alpha_0$$

$$\alpha_B = 55.3499 + 25.1206$$

$$\alpha_B = 80^\circ.4705$$

İkinci noktanın semt açısı: ( $\alpha_C$ )

$$\alpha_C = \alpha_B + O_1$$

$$\alpha_C = 80^\circ.4705 + 0^\circ.6566$$

$$\alpha_C = 81^\circ.1271$$

Yol başlangıcı (birinci noktanın) koordinatları N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>

$$N_1 = NO_1 + R_1 \cdot \cos(\alpha_B)$$

$$N_1 = 400 + 1722.55 \cdot \cos(80.4705)$$

$$N_1 = 920.175 \text{ m}$$

$$E_1 = EO_1 + R_1 \cdot \sin(\alpha_B)$$

$$E_1 = 400 + 1722.55 \cdot \sin(80.4705)$$

$$E_1 = 2042.132 \text{ m}$$

$$N_1 = NO_1 + R_1 \cdot \cos(\alpha_B) \quad m_{R1} = \pm 2\text{mm} \quad R_1 = 1722.550 \text{ m}$$

$$E_1 = EO_1 + R_1 \cdot \sin(\alpha_B) \quad m_{\alpha_B} = \pm 3'' \quad \alpha_B = 80^\circ.4705$$

$$m_{N1}^2 = \cos^2(\alpha_B) \cdot m_{R1}^2 + R_1^2 \cdot \sin^2(\alpha_B) \cdot m_{\alpha_B}^2 = 60.247$$

$$m_{N1} = \pm 7.762 \text{ mm}$$

$$m_{E1}^2 = \sin^2(\alpha_B) \cdot m_{R1}^2 + R_1^2 \cdot \cos^2(\alpha_B) \cdot m_{\alpha_B}^2 = 9.644$$

$$m_{E1} = \pm 3.105 \text{ mm}$$

İkinci noktanın koordinatları: N<sub>2</sub>, E<sub>2</sub>

$$N_2 = NO_1 + R_2 \cdot \cos(\alpha_C)$$

$$N_2 = 400 + 1720.63 \cdot \cos(81.1271)$$

$$N_2 = 902.650 \text{ m}$$

$$E_2 = EO_1 + R_2 \cdot \sin(\alpha_C)$$

$$E_2 = 400 + 1720.63 \cdot \sin(81.1271)$$

$$E_2 = 2045.573 \text{ m}$$

$$N_2 = NO_1 + R_2 \cdot \cos(\alpha_C) \quad m_{R_2} = \pm 2 \text{ mm} \quad R_2 = 1720.630 \text{ m}$$

$$E_2 = EO_1 + R_2 \cdot \sin(\alpha_C) \quad m_{\alpha_C} = \pm 3^{\text{cc}} \quad \alpha_B = 81^{\circ}.1271$$

$$m_{N_2}^2 = \cos^2(\alpha_C) \cdot m_{R_2}^2 + R_2^2 \cdot \sin^2(\alpha_C) \cdot m_{\alpha_C}^2 = 60.475$$

$$m_{N_2} = \pm 7.777 \text{ mm}$$

$$m_{E_2}^2 = \sin^2(\alpha_C) \cdot m_{R_2}^2 + R_2^2 \cdot \cos^2(\alpha_C) \cdot m_{\alpha_C}^2 = 9.269$$

$$m_{E_2} = \pm 3.045 \text{ mm}$$

### b- Arazi çalışmaları

İlk iki nokta için örneklenen büro çalışmaları diğer bütün noktalar için de yapıldıktan sonra hesaplanan nokta koordinatları distomat ile araziye applike edilir.

Ayrıca noktaların fiili kotları arazide rasat veya nivelman yapılarak belirlenir. Proje kotları ile fiili kotlar arasındaki fark dolgu veya yarma miktarını gösterir

Buna bir örnek verelim:

$$\text{Alet kurulan nokta kotu (Ha)} = 560.130 \text{ m}$$

$$\text{Alet yüksekliği (a)} = 1.55 \text{ m}$$

$$\text{Reflektör yüksekliği (b)} = 1.60 \text{ m}$$

$$\text{Yükseklik farkı (\Delta h)} = -69.37 \text{ m}$$

$$H_2 = Ha + a - b \pm \Delta h \quad H_2 = 560.130 + 1.55 - 1.60 - 69.37$$

$$H_2 = 490.71 \text{ (Noktanın fiili kotu)}$$

$$DY = \text{Proje kotu} - \text{Fiili kot}$$

$$DY = 490.63 - 490.71$$

$$DY = -0.08 \text{ m (Yarma vardır)}$$

$$Rf = 17.859 \text{ m} \quad m_{N_1} = \pm 7.762 \text{ mm}, \quad m_{N_2} = \pm 7.777 \text{ mm}$$

$$m_{E_1} = \pm 3.105 \text{ mm} \quad m_{E_2} = \pm 3.045 \text{ mm}$$

$$Rf^2 = (N_1 - N_2)^2 + (E_1 - E_2)^2$$

$$m_{RF}^2 = \frac{(N_1 - N_2)^2}{Rf^2} m_{N_2}^2 + \frac{(N_1 - N_2)^2}{Rf^2} m_{N_1}^2 + \frac{(E_1 - E_2)^2}{Rf^2} m_{E_2}^2 + \frac{(E_1 - E_2)^2}{Rf^2} m_{E_1}^2$$

$$m_{RF}^2 = 116.959$$

$$m_{RF} = \pm 10.815 \text{ mm}$$

$$m_{Rp} = \pm 5.460 \text{ mm}$$

$$DY = Rp - Rf$$

$$m_{RDY}^2 = m_{Rp}^2 + m_{RF}^2 = 146.776$$

$$m_{RDY} = \pm 12.115 \text{ mm}$$

## 14.0 SONUÇ VE ÖNERİLER

Baraj aplikasyonunda bahsedilen konular da kendi içinde küçük kesitler teşkil etmektedirler. Baraj gövde dolgusunun yanısıra, santral binası, sulama yapısı, dolusavak inşaatı, cebri borular geçkisi, şalt sahası, enerji nakil hattı, derivasyon tünelleri, sulama tüneli gibi inşaat haritacılığı, santral binası içindeki salyangozların, kelebek vanaların, sulama yapısı, dolusavak, kuyruksuyu inşaatlarındaki kapakların yerleştirilmesindeki montaj haritacılığı, enerji nakil hattı ve şalt sahasındaki tellerin sehim aplikasyonu, gövde üzerindeki çökme röperlerinin deformasyon ölçümleri gibi çalışmaları, mühendislik ölçmeleri içinde özel ve önemli bir yer tutmaktadır.

Barajların boyutları büyüdükçe, mühendislerin sorumluluğu artmaya başlamıştır. Mühendisler doğanın azgın sularına gem vurmaya çalışırken onlardan daha yüksek, daha uzun ve daha büyük, ama daha ucuz barajlar yapmaları istenmektedir.

Bir barajın güvensizlik riski, hala uygarlığın sakınılamayan yüklerinden biridir. Mühendisin birinci ve en önemli sorumluluğu, bu tehlikeyi minimize etmektir.

Büyük barajların mansaplarında genellikle yüzbinlerce insan yaşadığından, baraj yetersizliklerinden veya kazalarından korunmak için en güvenceli yolun bulunması gerekir. Baraj rezervuarlarının altındaki araziler üzerinde yaşayan insanların doğrudan doğruya can ve mal güvenlikleriyle ilgili olarak yapılan risk hesabı, baraj bilgisinin gittikçe büyüyen bir parçasıdır. Dahası bunların nasıl tasarlanacağını, nasıl yapılacağını ve güven içinde nasıl korunacağını bilmek gerekir.

Baraj güvenliği, tasarımdan yapımına hatta işletmesine kadar uzanan bir kavramdır, planlama ile başlar ve işlemsel olarak yakından izlemeyi de içeren bütün fazları kapsar.

Türkiye'de gövde yüksekliği 100 m'yi aşan değişik yapı tarzında çok sayıda baraj vardır. Bu barajların rezervuarlarında milyarlarca m<sup>3</sup> su toplandığı düşünülürse, olası bir tehlike karşısında doğabilecek zararların büyüklüğü



gözönüne alındığında gerekli güvenlik önlemlerinin zamanında alınmasının ne kadar önemli olduğu rahatça anlaşılabilir.

Tüm bunları düşündüğümüzde, baraj planlamasından aplikasyonuna ve deformasyon işlemlerinin önemi daha iyi ortaya çıkmaktadır. O yüzden bu tür mühendislik çalışmalarında, gelişen teknolojiden maksimum düzeyde yararlanmak gerekir. Gerek aplikasyon, gerekse de deformasyon ölçmelerinde, bilgisayar ve elektronik gelişmelerin ürünü olan Total Station programlı aletlerden yararlanılmalıdır. Bu gelişmeler sonucunda arazi ölçüm ve hesaplamaları da gün geçtikçe gelişmektedir.

Kamulaştırma işlemlerinin de daha sağlıklı yürümesi için bilgisayarlardan yararlanmak gerekir. Bunun için Elektronik Bilgi İşlem Merkezleri kurulmalıdır. Bu bilgi işlem merkezinde, taşınmazların arşivi, koordinat bankasının oluşturulması, bölge pafta arşivi, jeodezik hesaplar, kamulaştırma bütçesinin izlenmesi, kadastro durumu, kamulaştırma davalarının izlenmesi vs. işlemlerin yapılmasını kapsamalıdır. Haritacılığın çağdaş bir şekilde yapılması için modern teknolojinin bu ürünlerinden yararlanmak gerekir.

Mühendislik olayında bir alet, kullanım amacına göre seçilmelidir. Olayı sadece Total Station aletlerinde düşünecek olursak, çalışma amacına göre hassasiyet söz konusu olabilir. Arazi çalışmalarında fazla hassasiyet istenmediği takdirde işin ekonomisinden dolayı ona göre alet seçimi yapılır.

Bu gibi durumlarda aletleri kıyaslamak ve örnek olması amacıyla aşağıdaki tablo düzenlenmiştir.

Alet ismi	Donanımı	Taşıyıcı Dalga	Prizma Sayısı	Menzil	Uzunluk hassasiyeti	Açı hassasiyeti
Geodimetre 424	Total station	Infrared GA-A5	1	2300 m	3 mm $\pm$ 3ppm	$\pm$ 5 cc
440	Total station	Infrared GA-A5	1	2300 m	3 mm $\pm$ 3 ppm	$\pm$ 4 cc
444	Total station	Infrared GA-A5	1	3300 m	2 mm $\pm$ 3 ppm	$\pm$ 3 cc
510	Total station	Infrared GA-A5	1	1200 m	3 mm $\pm$ 3 ppm	$\pm$ 10 cc
520	Total station	Infrared GA-A5	1	1600 m	3 mm $\pm$ 3 ppm	$\pm$ 5 cc
540	Total station	Infrared GA-A5	1	2000 m	2 mm $\pm$ 3 ppm	$\pm$ 3 cc
WILD TC1010	Total station	Infrared GA-A5	1	2000 m	3 mm $\pm$ 2 ppm	$\pm$ 10 cc
TC 1610	Total station	Infrared GA-A5	1	2500 m	2 mm $\pm$ 2 ppm	$\pm$ 5 cc
TC 1000	Total station	Infrared GA-A5	1	2000 m	3 mm $\pm$ 2 ppm	$\pm$ 10 cc
TC 1600	Total station	Infrared GA-A5	1	2000 m	3 mm $\pm$ 2 ppm	$\pm$ 5 cc

Tablo 5

Bir ülkenin en önemli doğal kaynakları, toprağı, suları ve iklimidir. Fakat bunlardan daha önemli olan varlığı, bu kaynakları işletmesini bilen, o ülkenin eğitilmiş uygar insanları ve onların beyinleridir. Bugün ulusların gelişmişliğinin en önemli göstergesi kişi başına düşen brüt milli gelirden ziyade, kişi başına tüketilen enerji miktarıdır. Öyleki, bazı OPEC ülkelerinde kişi başına düşen milli gelir, ABD'den veya İsviçre'den de daha fazladır. Fakat bu ülkelerde kişi başına enerji tüketimi azdır. Bu gibi ülkelerde belki toplu iğne yapacak sanayi bile yoktur. Bunlar herşeyini ithal ettiklerinden, sanayi kurmaya gerek duymamaktadırlar.

Enerji tüketiminin cinsine de bakmak gerekir. Eğer bir ülkede odun, bitki ve hayvan artıkları çok kullanılıyorsa bu ülke kalkınmış ülke sayılmaz. Çünkü tarım karakterli ülkelerde enerji tüketimi azdır.

Sanayi ise yoğun enerji tüketir. Uygarca yaşamak için bir çok araç ve gerece ihtiyaç vardır. Geri kalmış ülkeler için tek çıkar yol, kendi doğal kaynaklarını azami şekilde geliştirmek ve kullanmaktır.

Türkiye'de kalkınma açısından gerekli altyapı yatırımları içinde, şüphesiz ki hidroelektrik barajların büyük önemi vardır. Keban Barajı, Atatürk Barajı, Karakaya Barajı gibi ileri teknolojik uygulamaların bölgenin sosyo-ekonomik yapısını sarsması ve topraktan zorla koparılan insanların yeniden istihdamı gibi sorunları birlikte getirmesi de kaçınılmaz bir olgu olarak belirtilmektedir.

Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkede böyle yatırımların, piyasa mekanizmasının işleyişi içinde, kendiliğinden büyük ölçekli ve sürekli istihdam yaratıcı etkisinin olduğu söylenemez. Bunun içindir ki, baraj ve benzeri büyük altyapı yatırımlarının topraktan kopardığı işgücünün istihdam veya ileri teknolojik uygulamalarını işsiz bırakacağı kişilerin, yeniden istihdamı gibi sorunların, ağırlıklı olarak planlama çerçevesinde ele alınması gerekmektedir.

**KAYNAKLAR**

1. ARBEY, Ali : İleri Mühendislik Ölçmeleri, Yük.Lisans Ders Notları, İST, 1992
2. ATAHAN, Zeki : Total Station Programlarının Araştırılması ve İncelenmesi, Y. Lisans Tezi, İstanbul, 1993
3. AYDIN, Ömer : Mühendislik Ölçmeleri Aplikasyonlar, İstanbul, 1983
4. AYDIN, Ömer : Ölçme Bilgisi I, İstanbul, 1984
5. DSİ Haritalı İstatistik Bülteni, Ankara, 1991
6. DSİ Genel Müdürlüğü : Teknik Bülteni, Ankara, 1971-1994
7. DSİ Genel Müdürlüğü : Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı cilt. I-II, Ankara, 1981
8. DSİ Genel Müdürlüğü: Su yapıları cilt.1, Ankara, 1978
9. ERKAYA, Halil: Ölçme Bilgisi-3 Ders Notları
10. İŞÖZEN, Ekrem : Tatbiki Topoğrafya, Ankara, 1971
11. KOŞDERE, Ramazan : Barajlarda Aplikasyon ve Metraj Seminer Notları, DSİ Gen.Müd. Ankara
12. ÖZAL, Korkut : Küçük Toprak Barajların Planlama, Projelendirme, İnşaat ve İşletme Esasları, Ankara, 1967
13. SİLİER, Oya : Keban Köylerinde Sosyo-Ekonomik Yapı ve Yeniden Yerleşim Sorunları, Ankara, 1976
14. SONGU, Celal : Ölçme Bilgisi I-II, 1987
15. TMMOB Harita-Kadastro Mühendisliği Bülteni, 1992
16. TMMOB-HKMO Prof.Dr. Burhan Tansuğ Fotogrametri ve Jeodezi Sempozyumu

17. TÜDEŞ, Türkey : Aplikasyon, Trabzon, 1979
18. UZEL, Turgut : Harita Mühendisliğinde Yöneylem Araştırması, İstanbul, 1986
19. UZEL, Turgut : Barajların Güvenliği, İstanbul, 1991
20. YILDIZ, Nazmi : Kamulaştırma Tekniğı, İstanbul, 1987



**ÖZGEÇMİŞ**

- 01.01.1965 Ömerli, Kocakuyu Köyü Doğum  
1972-1977 Diyarbakır Fatih İlkokulu  
1977-1980 Diyarbakır Merkez Ortaokulu  
1980-1983 Diyarbakır Endüstri Meslek Lisesi  
1983-1985 Etibank Fosfat Tesislerinde imalat ve montajcı ustası  
olarak kısa bir dönem çalışma

1985 Diyarbakır DSİ X. Bölge Müdürlüğü'nde çalışma. Aynı zamanda Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'ne kısa bir dönem devam ettim.

1986 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği eğitimine başladım. Aynı yıl kayıt dondurdum. 1987 yılında İstanbul DSİ'ye atandım. Öğrenimime kaldığım yerden devam ettim.

1991 Lisans eğitimimi tamamladım.

1991-1992 Öğretim yılında Y.T.Ü'de Yüksek Lisans öğrenimine hak kazanmış olup, bu öğrenime halen devam etmekteyim.

YÜKSEKÖĞRETİM GÜVENLİK  
KURULU BAŞKANLIĞI  
T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI