

İNS106

İnşaat Mühendisleri için Jeoloji

Baraj ve rezervuar jeolojisi

Prof. Dr. İnan KESKİN

inankeskin@karabuk.edu.tr, inankeskin@gmail.com

www.inankeskin.com

Dersin Amacı Yer bilimlerinin temel kavramlarını inşaat mühendisliği temel perspektifinde aktarmak

İNS106 - İnşaat Mühendisleri için Jeoloji Haftalık Ders İçeriği	
Hafta 1:	Giriş; Jeolojinin tanımı-alt disiplinleri, İnşaat mühendisliği ile ilişkisi
Hafta 2:	Yerkürenin oluşumu, iç yapısı, bileşimi ve levha tektoniği
Hafta 3:	Yer kabuğunu oluşturan mineraller ve kayaç grupları
Hafta 4:	Kayaçların yapısı (birincil ve ikincil yapılar) ve Süreksizliklerin mühendislikteki önemi
Hafta 5:	Haritalar ve kesit çıkarımı (Jeoloji-Mühendislik Jeolojisi ve topografik haritalar)
Hafta 6:	Doğal afetlere giriş, Depremler
Hafta 7:	Kütle hareketleri ve heyelanlar
Hafta 8:	Yüzey suları ve Kıyı süreçleri
Hafta 9:	Yeraltı suları ve jeolojisi
Hafta 10:	Baraj ve rezervuar jeolojisi
Hafta 11:	Tünel jeolojisi
Hafta 12:	Sondaj tekniği ve korelasyonu
Hafta 13:	Kent planlamasında mühendislik jeolojisi
Hafta 14:	Çeşitli projeler kapsamında yapılan jeolojik çalışma örnekleri
Hafta 15:	Bu ders için Ara Sınav, 7. ve 15. haftalar arasındaki bir tarihte yapılır. Sınavın yapıldığı tarihten itibaren konular bir hafta ileri alınır.

BARAJLAR (DAMS)

Enerji üretimi, içme suyu sağlanması, sulama ve taşkın önleme amacıyla akarsu Vadileri üzerinde yapay göller oluşturmak için yapılan büyük su setleridir.



BARAJLAR (DAMS)

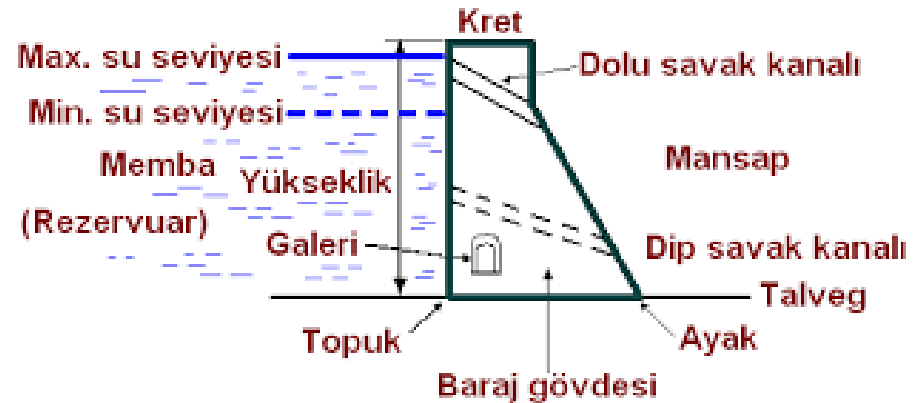
Potansiyel bir baraj göl alanının incelenmesinde dikkat edilmesi gereken unsurlar drenaj alanı içerisindeki yağış, sellenme, sızma ve buharlaşma-terlemeyi kontrol eden unsurlar ile göl alanında olabilecek şev duraysızlıkları ile ilgili konulardır.

Bu nedenle güvenli bir baraj inşaatı için yeterli hidrolik kayıtlarla birlikte topografik ve jeolojik bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

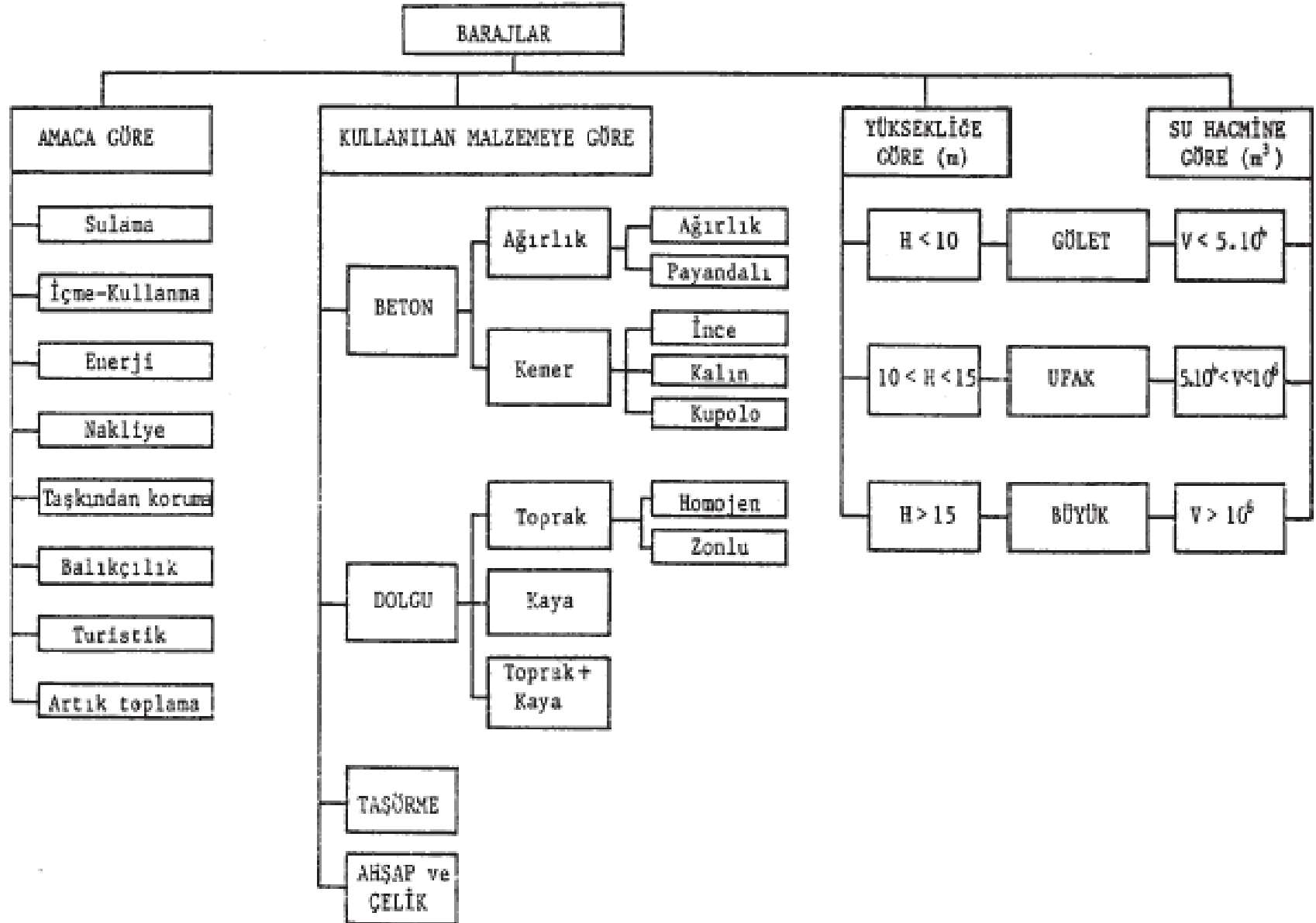
Hem baraj göl alanında tutulacak suyun belirlenmesi hem de taşkın önlemlerinin alınabilmesi açısından **hidrolojik** veri oldukça önemlidir. Ayrıca bu veriler dolu savak ve diğer savakların planlanması açısından da hayati öneme sahiptir.

Aynı şekilde **sızma ve buharlaşma-terleme**den gelecek kayıplarda rezervuarda depolanacak suyu açısından önemli olmaktadır.

Topografya ve Jeoloji hem baraj türünü kontrol ederken hem de depolanacak su açısından da oldukça önemli bir etkiye sahiptir.

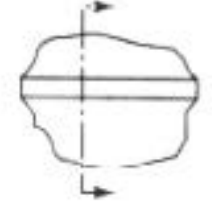
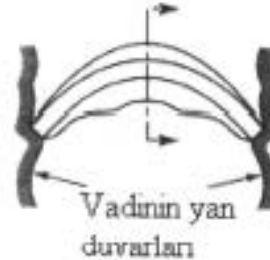
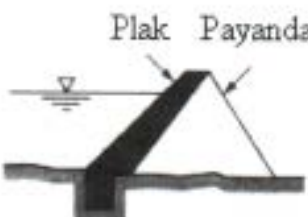
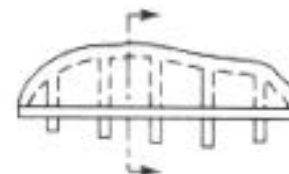
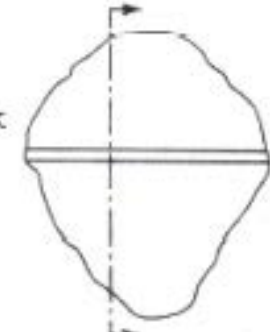


BARAJLARIN SINIFLANDIRILMASI



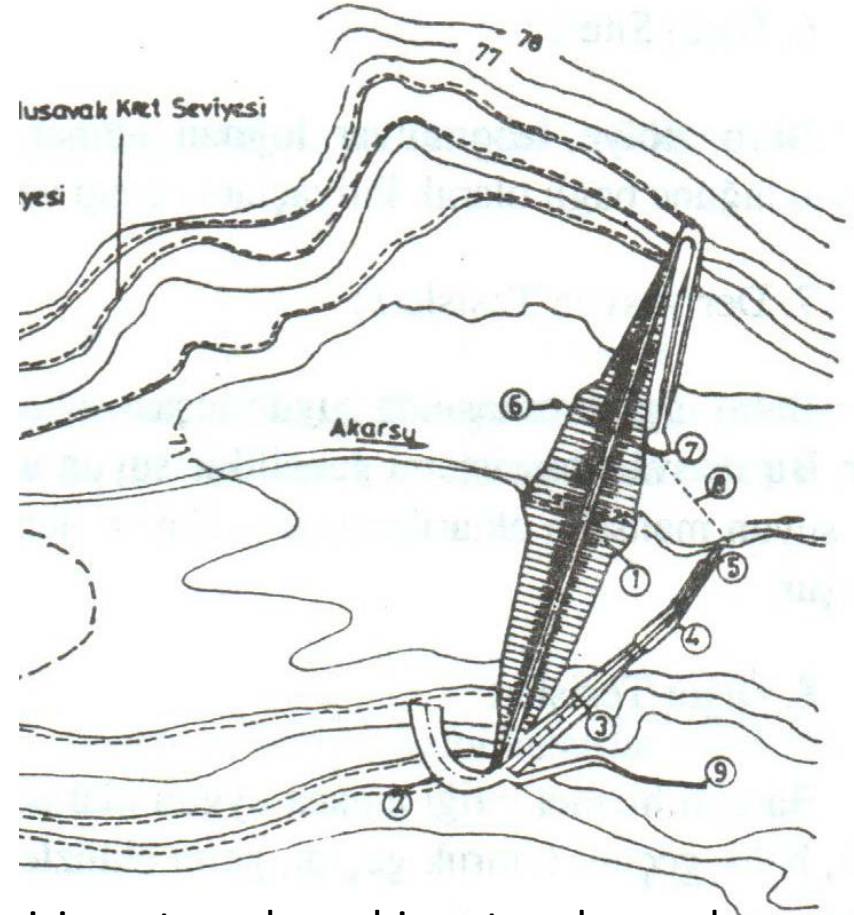
Barajların değişik açılardan sınıflandırılması (Tarhan, 2002).

BARAJ TİPLERİ

Çeşidi	Yapı malzemesi	Tipik kesit	Plan
AĞIRLIK	Beton		
KEMER	Beton		
PAYANDALI	Beton		
DOLGU	Toprak ve kaya		

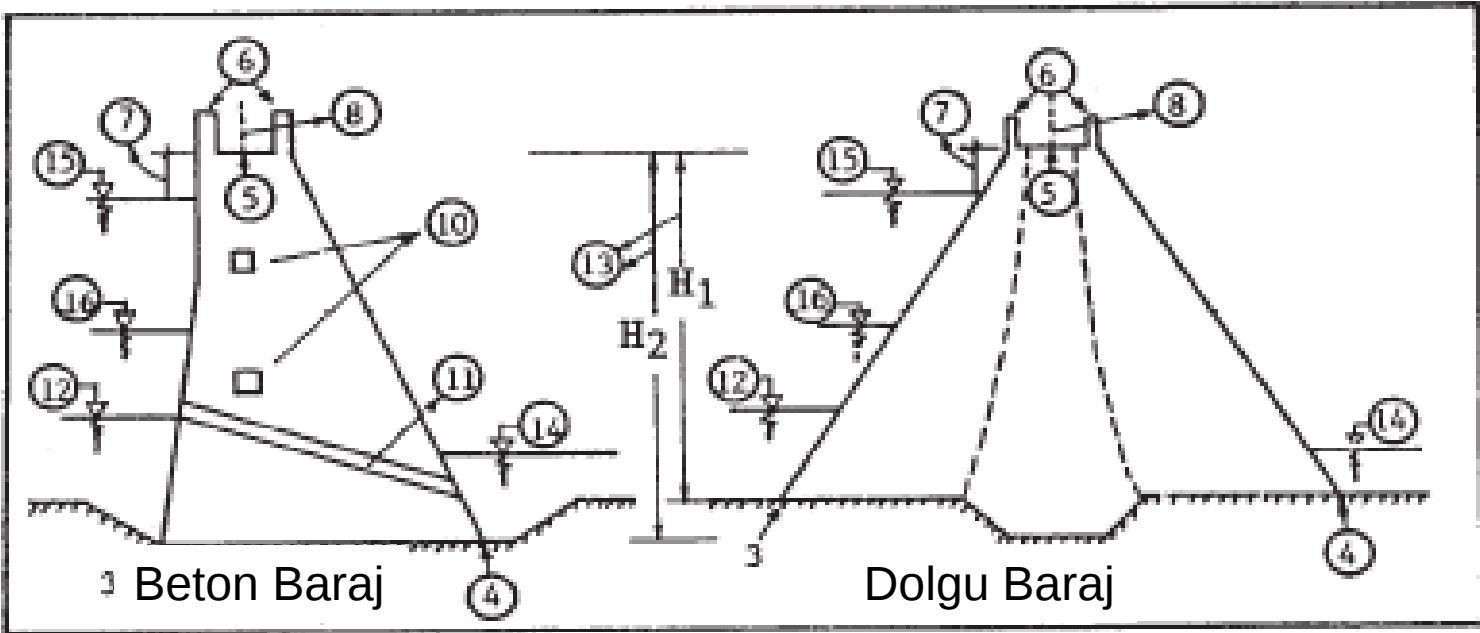
BARAJLARIN KISIMLARI

1. Baraj gövdesi: Bütün vadiyi kapatarak yapay bir göl oluşmasını sağlar. Genellikle beton veya dolgu malzemesinden inşa edilen sabit bir yapıdır.
2. Baraj gölü: Baraj gövdesinin arkasında suyun depolandığı vadi kısmıdır. Baraj gölü, ölü hacim, faydalı hazne hacmi ve taşkın koruma hacminden oluşur.
3. Su alma yapısı: Baraj gölünde toplanan suyun alınmasını sağlayan yapıdır.
4. Dip savak: Gerektiğinde baraj gölünü tamamen boşaltmak, dolu savak debisini azaltmak, akarsu mansabına bırakılması gerekli miktarda suyu vermek için kullanılan tesistir.
5. Dolu savak: Taşkın sularının mansaba aktarılacak yapının emniyetini sağlayan tesistir.



6. Derivasyon tesisleri: Bir derivasyon sistemi baraj inşaatının kuru bir ortamda yapılmasını sağlar. Suyun inşaat alanına girmesini önleyen batardolardan ve suyun mansaba aktarılmasını sağlayan açık veya kapalı iletim tesislerinden oluşur.
7. Büro, atölye, laboratuvar, lojman, ambar, garaj, park yerleri gibi barajın özellik ve büyüklüğüne bağlı olarak ihtiyaçlara cevap verecek şekilde boyutlandırılmış yapılar.
8. Diğer tesisler: Barajın hizmet ettiği amaca uygun olarak enerji santralleri, içme suyu arıtma tesisleri, balık geçidi, tomruk geçidi gibi yapılar öngörülür

BARAJ TERMİNOLOJİSİ



- 1- Abatman (*abutment*) : Sanat yapısının yatay ya da düşey yüklerini taşıyan ayak, ya da barajın üzerine inşa edildiği vâdinin her iki tarafındaki destek, vâdi yamaç ve duvarları.

2- Vâdi kesiti (*river-channel section*): Baraj gövdesinin akarsu yatağında oturduğu kesimin enine kesiti.

3- Baraj memba eteği (*heel of the dam*): Barajın memba yüzünün temel kayasına oturduğu kısım.
Memba (*upstream*): Suyun baraja, ya da sanat yapısına geldiği taraf, kısım.

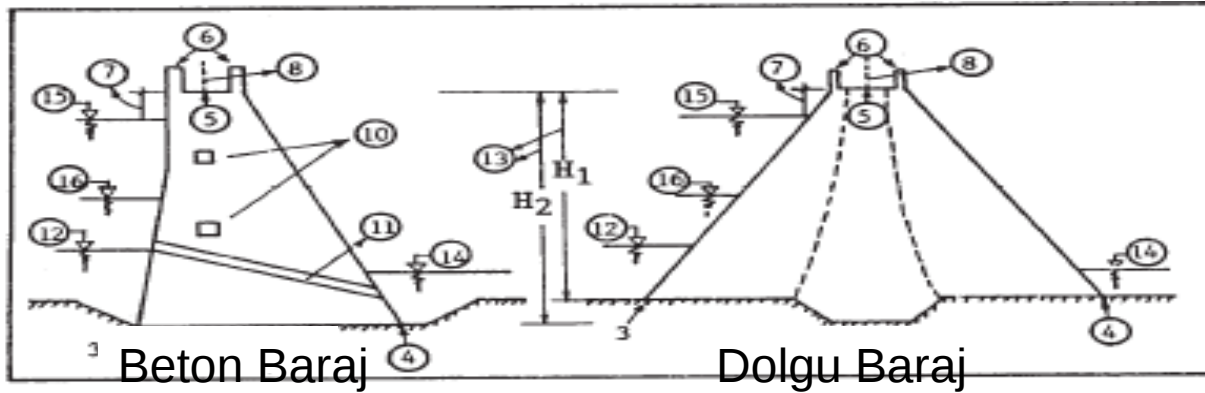
4- Baraj topuğu (*toe of the dam*): Barajın mansap yüzünün temel kayasına oturduğu kısım.
Mansap (*downstream*): Akış aşağı, suyun barajdan, ya da diğer sanat yapılarından çıktığı taraf.
- 5- Baraj tepesi (kret; *crest*): Barajın en üst kısmı.

6- Kenar duvarı (*parapet*): Baraj tepesinin her iki kısmında dalga veya trafik emniyeti için yapılan duvarlar. Bu duvarlar baraj tepesinin yol olarak kullanılması hâlinde emniyetli trafiği sağlamaktadır.

7- Serbest kısım (*freeboard*): Baraj tepesi ile barajın taşkındaki maksimum su seviyesi arasında kalan kısım, mesafe. Bu kısma dalga payı ya da emniyet payı denir.

8- Baraj eksenı (*axis of the dam*): Baraj tepesi yüzeyinin tam ortasından veya barajın memba yüzü tarafından yamaçlara doğru geçirilen hayali çizgi.

BARAJ TERMİNOLOJİSİ



Beton Baraj

Dolgu Baraj

- 9- Baraj kesiti (*dam cross section*): Barajın eksenine dik kesiti.
- 10- Galeriler (*galleries*): Gözlem yapmayı sağlamak için baraj gövdesi içinde, baraj eksenine paralel, dik ve eğik olarak yapılmış açıklıklar (tek ucu açık tünel). Yapılma amaçları, baraj gövdesi yüzeyinden veya temelden çıkacak sızıntı suları drene edip toplamak ve sızıntı fazla olursa önlemek için enjeksiyon (*grout*) yapmak.
- 11- Dip savak (*outlet conduit*): Ölü hacminin üstündeki suyu boşaltmaya yarayan tünel. Dip savak, gerekli hâllerde bir kısım suyu ve taşkın sırasında gelen tortuyu (*silt*) atmak amacıyla kullanılabilir.
- 12- Ölü hacim yüzeyi (*dead-storage water surface*): Barajın içinde daimî kalan, boşaltılamayan/atılamayan suyun üst seviyesi. Bu hacim, barajlarda toplanacak silti depolamaya yarar. Ölü hacim: Su yüzeyi altında kalan işe yaramaz hacim.
- 13- Baraj yüksekliği, tepe yüksekliği (*dam height*): Talvegten (H_1) ya da temelden (H_2) baraj tepesine kadar olan mesafe,
- 14- yükseklik (Talveg/*thalweg*: Vâdinin veya akarsuyun en derin noktası). Kuyruk suyu yüzeyi (*tailwater surface*): Barajın dolu savak, dip
- 15- savak ya da türbinlerden çıkan suyun mansaptaki yüzeyi. Maksimum su yüzeyi (*maximum water surface*): Baraj göl alanında (rezervuar) su seviyesinin en yüksek olduğu (dolu savaktan akmadan) seviye.
- 16- Minimum su yüzeyi (*minimum water surface*): Baraj gölünde, faydalı şekilde kullanılabilecek en düşük su yüzeyi.
- 17- Dolu savak (*spillway*): Baraja maksimum su seviyesinin üstünde gelen taşkın sularını baraj gövdesine ve göl alanının yamaçlarına zarar vermeden boşaltmaya yarayan kanal. Dolu savaklar baraj gövdesinin üstünde, yanında, tabanda, yamaç içinde veya rezervuarda olabilir. Dolgu barajlarda gövdede az veya çok oturmalar olabileceği için bu tür barajlarda hiçbir zaman dolu savak gövde üzerinden geçirilmez. Dolgu barajlarda topoğrafik koşulların uygun olması hâlinde dolu savak baraj gölünden ya da baraj gövdesinin oturduğu yamaçlar kazılarak yapılır.
- 18- Çevirme tüneli, derivasyon tüneli (*diversion tunnel*): Barajın gövde inşaatı sırasında akarsuyun yönünü değiştirmeye yarayan tünel. Derivasyon: Çalışma alanını kuruya almak için suyun yönlendirilmesi işlemi.
- 19- Batardo (*cofferdam*): Barajın inşaatı esnasında akarsuyu çevirme tüneline girmesine yardımcı olan ve akarsuyun inşaat sahasını (*building site*) basmasını engelleyen ufak barajlar. Bu ufak barajlar, memba ve mansapta olmak üzere iki adet bulunur (Tarhan, 2002).

BARAJ YAPMA AMAÇLARI

1. **Şehirlerin içme ve kullanma suyu ihtiyacı**
2. **Sanayi su temini**
3. **Sulama suyu:** Ülkemizde günümüz itibariyle teknik ve ekonomik olarak sulanabilen 8,5 milyon ha (hektar) arazi mevcuttur. Sulama suyu genellikle akarsular üzerine inşa edilen baraj ve göletlerden sağlanmaktadır.
4. **Hidroelektrik enerji üretimi:** Ülkemizin 2005 yılında kişi başına yıllık elektrik enerjisi sarfiyatı 2 100 kWh iken, gelişmiş ülkelerde 9 000 kWh, ABD ve Kanada gibi ülkelerde ise 12 000 kWh'dır.
5. **Su ürünlerinin üretimi:** İnşaa edilen barajların göllerinde balıkçılık yapılmak suretiyle önemli ölçüde gelir sağlanır.
6. **Mesirelik kullanım**



BARAJ YERİ SEÇİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

- 1. Baraj yerinin özellikleri:** Baraj yerinin topoğrafyası, temel ve yamaçların jeolojik yapısı, taşıma gücü, muhtemel faylar, çatlaklar, alüviyon kalınlığı, dolu savak yeri ve kapasitesi, derivasyon şartları, ulaşım durumu, baraj inşaatında kullanılacak malzemenin baraj yerine uzaklığı, yapının doğa ile uyumu gibi hususlar incelenir.
- 2. Göl bölgesinin özellikleri:** Göl bölgesinin topoğrafyası ve jeolojik yapısı, kayaların cinsi, kalınlığı ve geçirimsizliği, göl bölgesinin su tutma gibi özellikleri, göl yamaçlarının stabilitesi ve heyelan durumu incelenir.
- 3. Yağış havzasının hidrolik ve hidrolojik özellikleri:** Yağış havzasının hidrolik, hidrolojik, meteorolojik, morfolojik özellikleri incelenmelidir. Bu çerçevede yağış akış ilişkilerine bağlı olarak, akarsuyun malzeme taşıma miktarı, sediment birikimi, sızma, buharlaşma, akarsu drenaj sistemi ve bitki örtüsü incelenir.
- 4. İskan, istimlak ve yenileme ile ilgili maliyetler:** Baraj gölü nedeni ile bölgede su altında kalacak yerleşim yerleri, endüstriyel tesisler, tarım arazileri, ulaşım yolları gibi tesislerin iskan, istimlak ve yenileme olanakları incelenir.
- 5. Çevre etkisi:** Baraj nedeni ile bölge ikliminde ve canlı yaşamı dengelerinde oluşacak etkiler, tarım için yeraltı suyu dengesinin korunması (tuzlanma), tarihi yerlerin su altında kalması, bölgenin doğal yapısının bozulmasının sosyal yaşam üzerindeki etkileri incelenir.

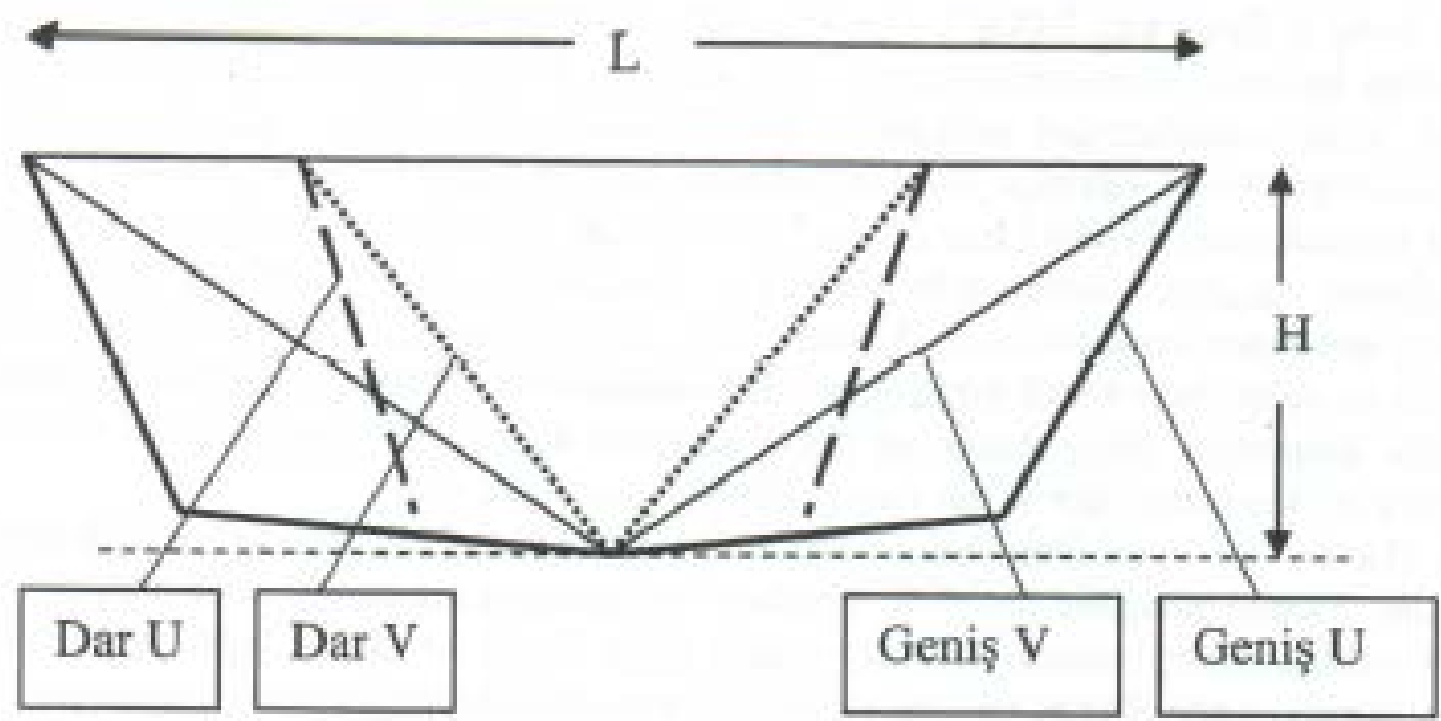
BARAJ TİPİNİN SEÇİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Bir baraj yerinde genellikle birden fazla baraj tipinin yapımı söz konusudur. Bu nedenle baraj yerine ve yapılış amacına uygun ve en ekonomik olan baraj tipinin belirlenmesi için birçok faktörün incelenmesi gerekmektedir. Bu faktörlerin başlıcaları;

- 1. Baraj yerinin topoğrafik durumu:** Baraj yerinin topoğrafyası, baraj tipinin seçiminde dikkate alınan ilk kriterdir.
- 2. Temel zemini ve jeolojik yapı:** Baraj yerindeki temel durumu her baraj türü için uygun değildir.
- 3. Baraj inşaatında kullanılacak uygun malzemenin yeri ve cinsi:** Baraj inşaatı için üç çeşit doğal malzemeye gereksinim vardır. Bunlar, dolgu için toprak, dolgu ve riprap için kaya ve beton için agregadır.
- 4. Ulaşım olanakları:** Baraj yerinin, mevcut yollara yakın olması yeni yol yapımını azaltacağından, maliyeti düşürür. Baraj yeri seçilirken malzeme ocaklarına ulaşım olanakları da önemlidir.
- 5. Çevirme (derivasyon) koşulları:** Baraj inşaatını kuru koşullar altında yapabilmek için, inşaatın yapılacağı kısmın memba ve mansap tarafları batardo denilen yüksekliği düşük barajlar ile kapatılmaya uygun olmalıdır.
- 6. Dolu savak kapasitesi ve yeri**
- 7. Deprem**
- 8. İklim koşulları ve yapım süresi**
- 9. Heyelan:** Baraj gölü yamaçlarından heyelan ile göle akabilecek zemin kütleleri büyük dalgalar oluşturulabilir.
- 10. Ülkenin ekonomik durumu**
- 11. Makine parkı alanı mevcudiyeti, makinelerin tip ve kapasiteleri**

BARAJ YERİNİN TOPOĞRAFİK DURUMU/Vadi Şekli Faktörü:

Baraj yerinin seçimindeki önemli faktörlerin başında vadi şekli gelmektedir. Vadi tipleri, üzerlerine inşa edilecek olan barajların tiplerinin de belirlenmesindeki önemli bir kriteri oluşturmaktadır. Bir vadinin şekillenmesi, vadinin içerisinde açıldığı jeolojik birimlerin özelliklerine, vadiyi açan faktöre (buzul, akarsu), vadinin yüksekliğine, akarsu akış sistemine, vadi oluş evresinin hangi aşamasında oluşuna bağlı olarak değişir. Vadi şekli ve genişliğine göre bazı baraj tipleri hiç düşünülmez. Meselâ, çok geniş bir vadiye beton kemer baraj yapılmaz. Ayırışmamış, az çatlaklı, kaya ortamından oluşan bir vadiye ise yapısal unsurlar da uygunsa akla önce kemer tipi baraj ya da ağırlık barajı yapılması düşünülür.



- Vadi Çeşitleri
1. Dar V tipi
 2. Geniş V tipi
 3. Dar U tipi
 4. Geniş U tipi

BARAJ YERİNİN TOPOĞRAFİK DURUMU/Vadi Şekli Faktörü:

Vadiler L / H oranına göre sınıflandırılmaktadır

1. Boğaz şeklinde vadiler ($L / H < 3$),
2. Dar vadiler ($3 < L / H < 6$)
3. Geniş vadiler ($L/H > 6$).

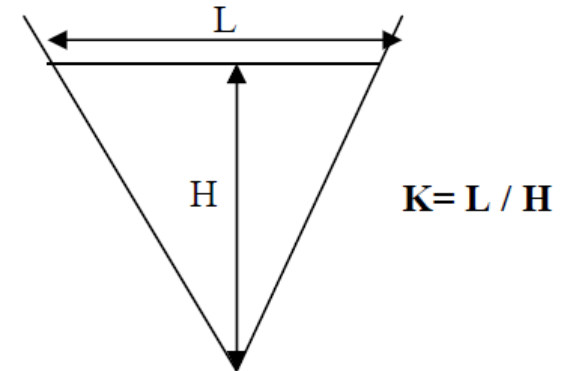
Boğaz şeklinde vadiler, ince veya kalın beton kemer baraj yapımına olanak verir

Dar U ve V şekilli vadilerde diğer faktörler elverişli ise öncelikle kemer ya da ağırlık tipi düşünülür.

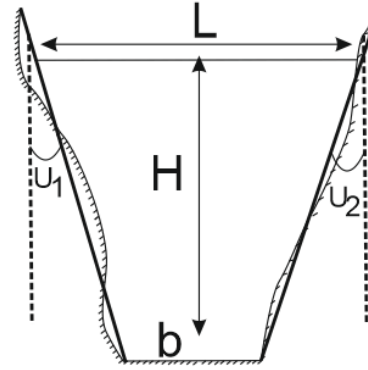
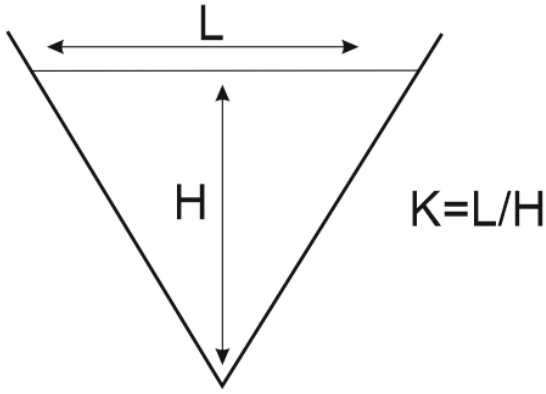
Geniş vadilerde kaya veya toprak dolgu barajlar yapılmaktadır. Yükseklik fazla ise beton ağırlık tipi uygundur.

Bir baraj yapılması düşünülen yerde, baraj tepe uzunluğunun maksimum baraj yüksekliğine olan oranına “vâdi şekli faktörü” denir ve “K” ile gösterilir.

Vadi Şekli faktörü (K), Beton baraj için ekonomik limit Amerika’da 5; İtalya’da 7; Fransa’da 11 olarak kabul edilir. Bundan büyük değerler, beton baraj yapılmamasını gerektirir.



BARAJ YERİNİN TOPOĞRAFİK DURUMU/Vadi Şekli Faktörü:



Vâdi şekli ve kısımları

L=Barajın tepe uzunluğu;

b=Vadinin taban genişliği;

H=Baraj yüksekliği;

U₁ ve U₂= Yamaç ortalamalarının düşeyle yaptığı açılar.

$$K = \frac{\text{Tepe Uzunluğu}}{\text{Max. Baraj Yüksekliği}} = \frac{L}{H} \quad \text{veya} \quad K = \tan U_1 + \tan U_2$$

Formülü ile vadi tabanında bir genişlik olması durumunda

$$K = \frac{b + H(\tan U_1 + \tan U_2)}{H} = \frac{b}{H} + (\tan U_1 + \tan U_2)$$

BARAJ YERİNİN JEOLJİK DURUMU/Temel zemini ve jeolojik yapı

Mağmatik kayaçların baraj yapımına etkisi

Mağmatik ve volkanik kayaçlar bozunmamış olduklarında herhangi bir mühendislik projesi için yeterli dayanımı sağlayacak dayanım ve kararlılıktadır. Bu tür kayaçlarda hidrotermal etki vb. koşullar ile bozunmanın olup olmadığına yönelik yüzeysel ve derinlemesine inceleme yapılmalı süreksizlik özellikleri ortaya konulmalıdır. Genellikle plütonik kayaçlar bozunma durumunda önemli oranda kil mineralleri içerebilmektedir. Ayrıca granitik kayaçlarda bozunma sonrasında kum zeminlere yakın geçirgenliğe sahip olabilirler. Burumda mutlaka geçirimsizlik sağlanmalıdır. olarak

Metamorfik kayaçların baraj yapımına etkisi

Metemorfik kayaçların baraj yeri için uygunluğu oldukça değişken olabilmektedir. Kuvarsit ve Hornfers gibi kayaçlar çok sağlam olup baraj yeri olabilme açısından son derece uygundur. Mermerlerde karbonat kayaçlar için ön görülen durumlara dikkat edilmelidir. Ayrıca Metemorfik kayaçlarda kimi süreksizlik tipleri (kıvrım, klivaj, şistozite vb.) olacağı için geçirimsizlik sağlanmalıdır.

Sedimenter kayaçların baraj yapımına etkisi

Sedimanter kayaçlarda çimentolanma unsuruna ve tabakalanma durumuna bağlı olarak baraj yeri olabilme durumu oldukça farklılaşabilmektedir. Bu tür kayaçlarda borulanma olayına ayrıca dikkat edilmelidir.

BARAJ YERİNİN JEOLJİK DURUMU/Temel zemini ve jeolojik yapı

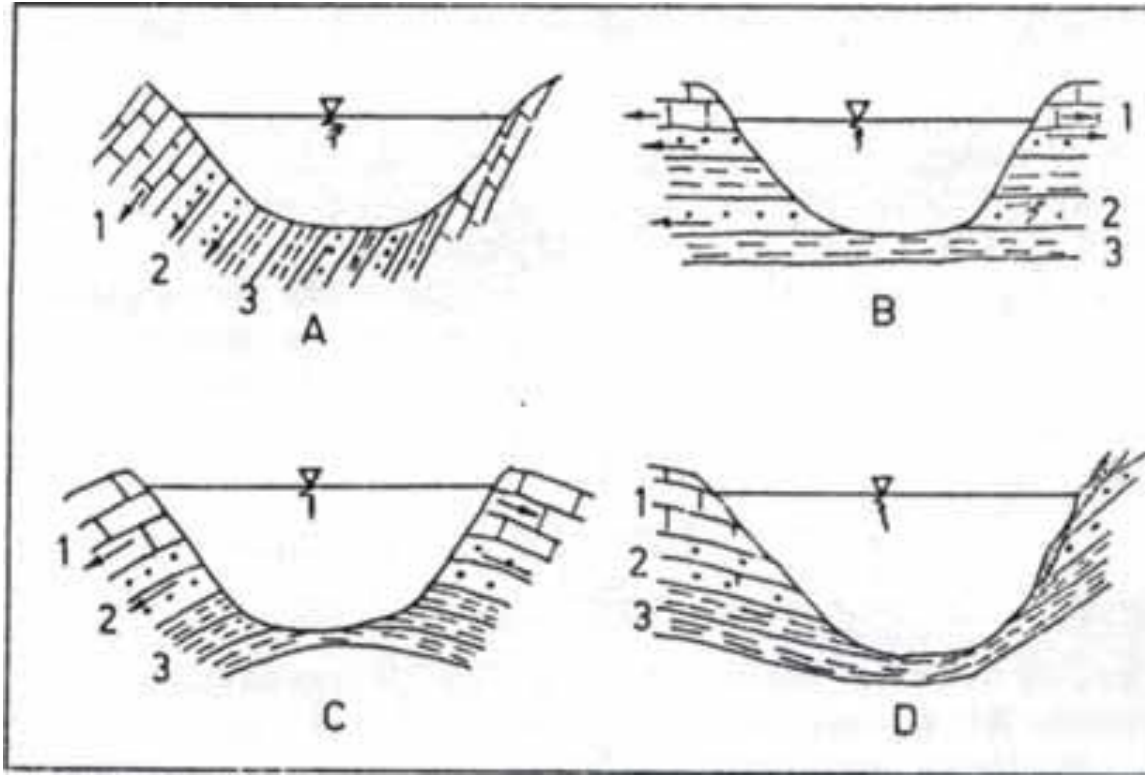
Sağlam kaya temeller: Bunlar taşıma güçleri yüksek, homojen ve genel olarak geçirimsizdirler. Her tür baraj için uygundur. Bu tür temellerde, ayrılmış olan yüzey kayasının sıyrılması ve çatlakların enjeksiyonla tıkanması gerekir.

Çakıl temeller: Bu temellerde, taşıma gücü oldukça iyi, oturma miktarları ihmal edilebilir mertebede, fakat geçirimsizlik yüksektir. Bunlar genel olarak kemer ve payandalı barajlar için elverişli değildir. İyi sıkışmış durumda iseler, toprak dolgu, kaya dolgu ve alçak beton ağırlık barajı için uygundur. Fazla miktarda su sızdırabilecekleri için, bunlarda bir takım sızdırmayı azaltıcı tedbirlerin alınması gerekir.

Silt veya ince kum temeller: Taşıma güçleri az, oturma miktarları çok ve geçirimsizlikleri çok olan bu temellerde erozyon (aşınma) meydana gelebilir. Bu bakımdan alçak beton ve toprak dolgu barajlar için elverişli temellerdir. Temel oturmaları, aşırı sızma kaybı ve mansap eteğinin oyulması bunların önemli problemlerdir.

Kil temeller: Bunların taşıma gücü çok az, konsolidasyondan dolayı oturma miktarları çok yüksek ve geçirimsizlikleri azdır. Bu yüzden ancak alçak toprak dolgu barajlar için tavsiye edilirler. Böyle temeller özel projeler ve tecrübeli mühendisler gerektirir

BARAJ YERİNİN JEOLojİK DURUMU/Temel zemini ve jeolojik yapı

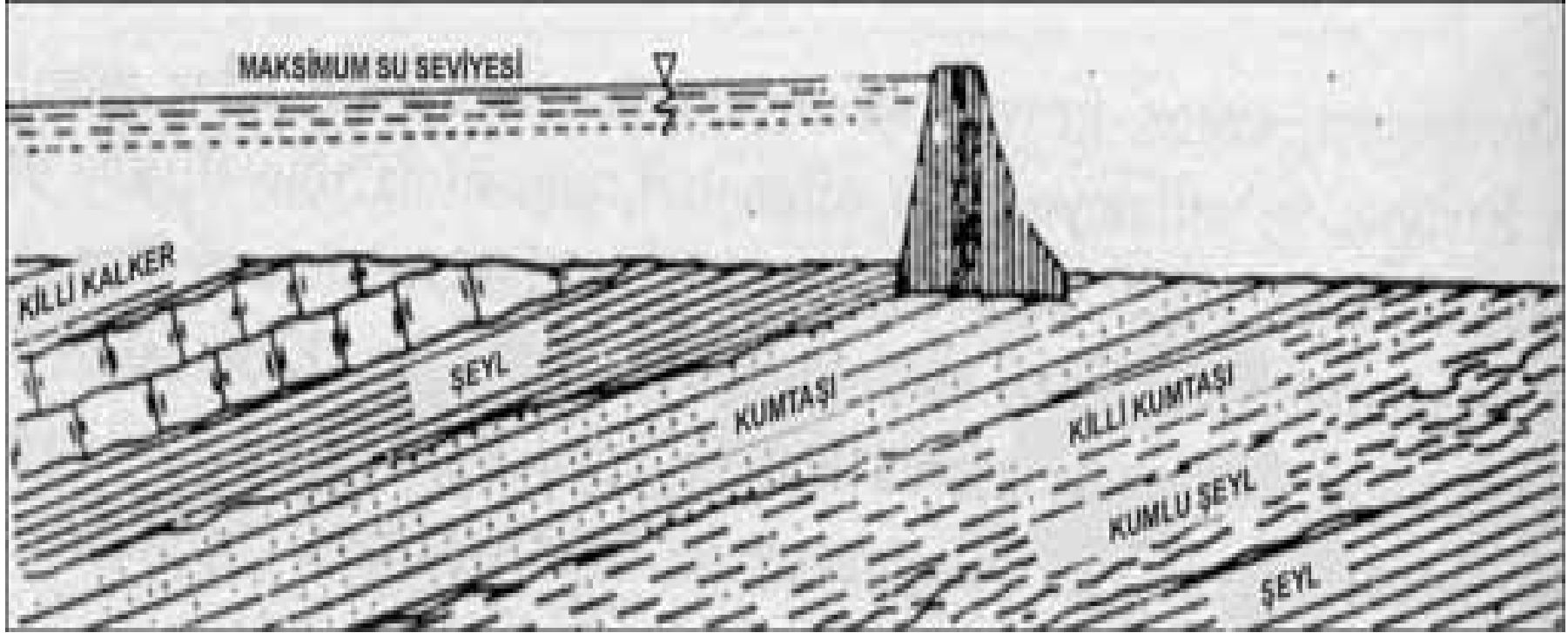


- 1- Yarı geçirimli
- 2- Geçirimli
- 3- Geçirimsiz

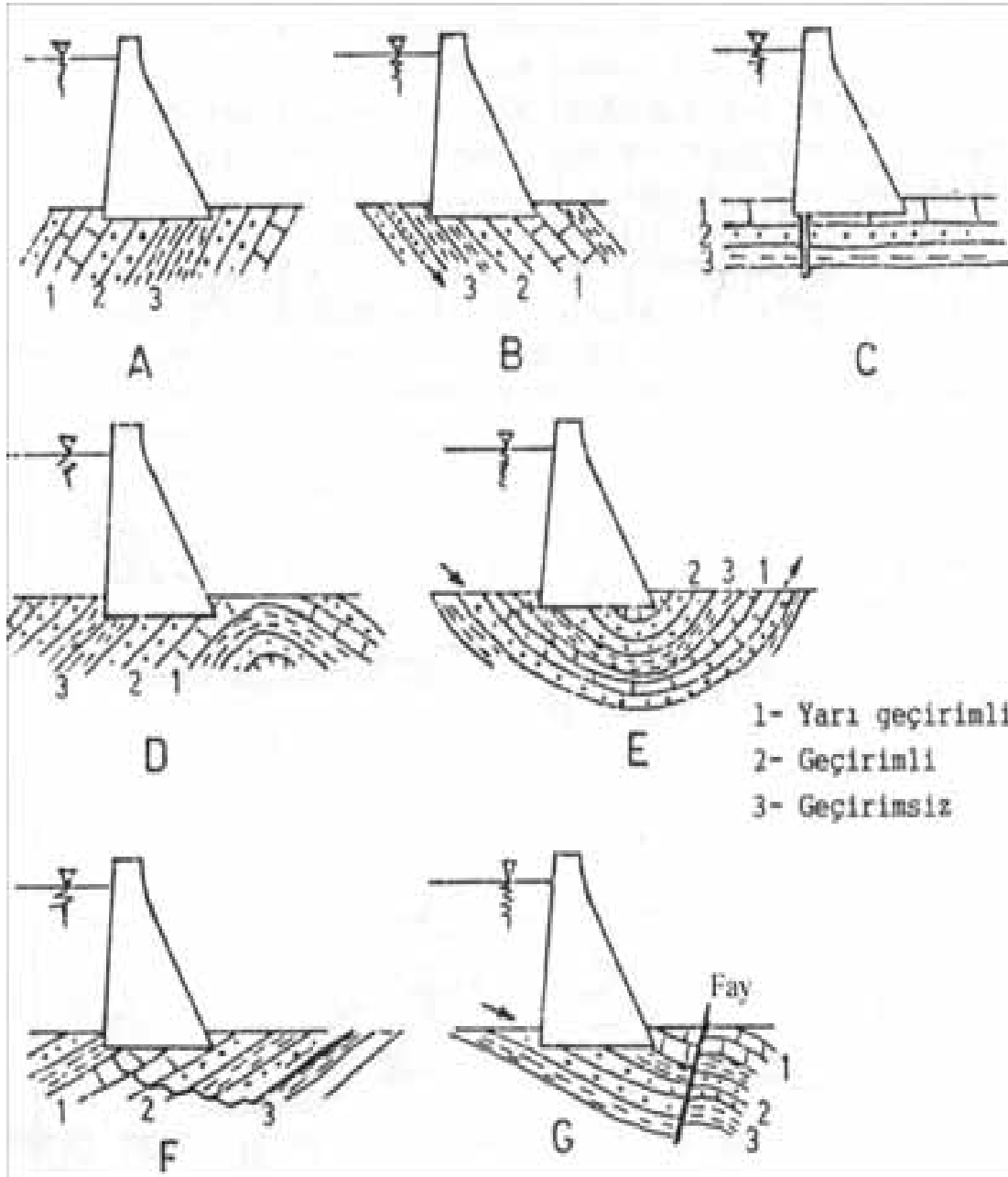
Süreksizliklerin (tabaka, çatlak vb.) doğrultusu baraj eksenine dik olduğu durumlarda, baraj gölündeki su geçirimli kayalar boyunca baraj gölü dışına kaçacaktır. Sırasıyla eğik, yatay ve antiklinal yapıları oluşturan **"A", "B" ve "C"** örneklerindeki tabakalarda değişen mertebelerde **su kaçakları oluşacak**, eğer bu birimlerin geçirgenliği (permeabilite) yüksek ise baraj gölünde su toplanması mümkün olmayacak veya toplanan su kısa bir süre sonunda barajın iki yanına doğru kaçarak baraj gölü boşalacaktır. **"D"** kesitindeki geçirimsiz birim tarafından alttan sınırlandırılmış olan örnekteki senklinal yapısı, **yeraltı suyunun yanlara doğru kaçmasını engelleyecektir**. Ancak baraj mansabına doğru (baraj eksenine dik) uzanan tabakalardan kaçaklar olacaktır.

BARAJ YERİNİN JEOLojİK DURUMU/Temel zemini ve jeolojik yapı

Baraj gölündeki suyun, barajın altından kaçmasını engellemek için seçilecek baraj yerindeki en uygun tabakalanma, baraj gölüne (memba) doğru eğimli tabakalardan oluşan ve aralarında geçirimsiz katmanların da (impermeable layer) bulunduğu bir sistemdir. Diğer bir ifadeyle, baraj gövdesi geçirimsiz tabakalar üzerinde, süreksizliklerin doğrultusu baraj eksenine paralel ve membaya doğru eğimli ise baraj yeri idealdir. Buna uygun olarak su tutması açısından ideal bir baraj yeri seçimi şekildeki gibidir.



BARAJ YERİNİN JEOLojİK DURUMU/Temel zemini ve jeolojik yapı



"A" ve "D" kesitlerinde, 3 Numara ile gösterilen geçirimsiz tabakalar ile diğer tabakaların membaya doğru eğimli olmaları, baraj yeri seçiminde **en ideal yeri** ve zemin profilini oluşturacağından baraj suyunun, barajın altından mansaba geçmesine ve su kaçaklarının oluşmasına izin vermeyeceği görülecektir.

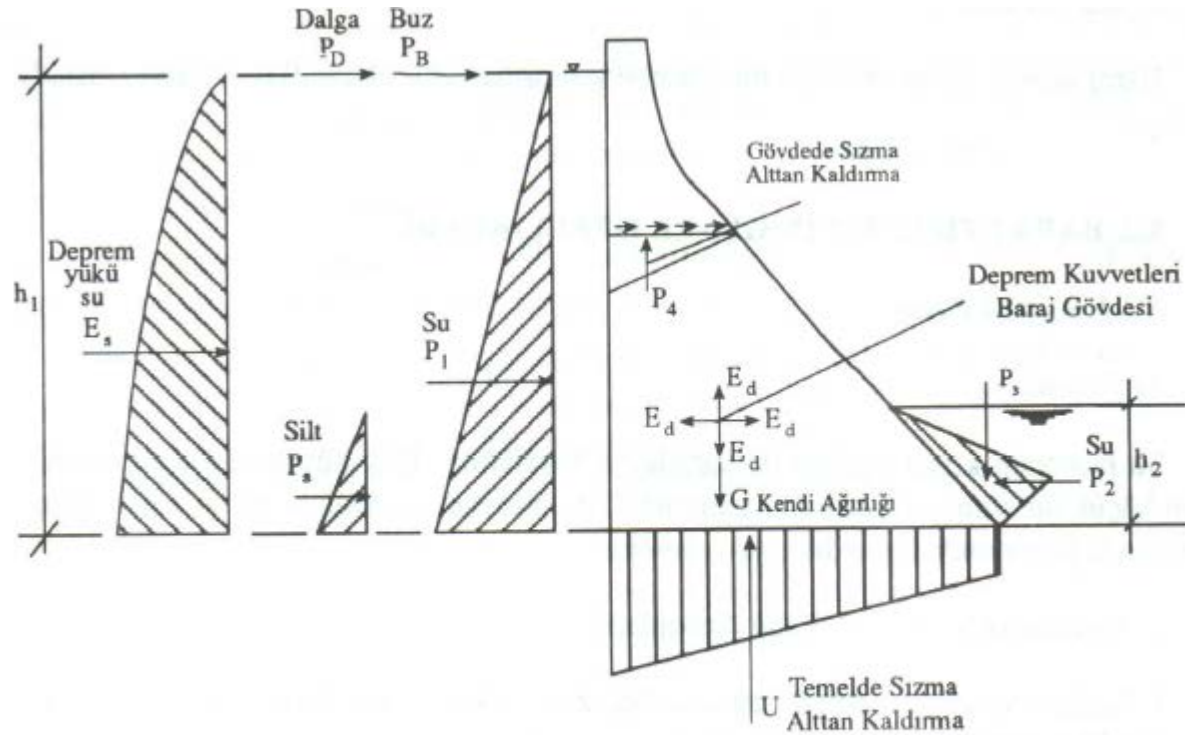
"B", "C" "E", "F" ve "G" kesitlerinde ise önlem alınmadığı takdirde barajın altından değişik düzeylerde **su kaçakları** meydana gelebilecektir.

"E" kesitinde, bir senklinalin üzerinde nedeniyle baraj gölünde yükselen su hidrostatik basıncı etkisiyle **sifon yaparak, mambadan mansaba doğru su kaçaklarına neden** olacak ve mansap tarafında yeni pınarlar oluşacaktır.

BARAJLARA ETKİ EDEN KUVVETLER

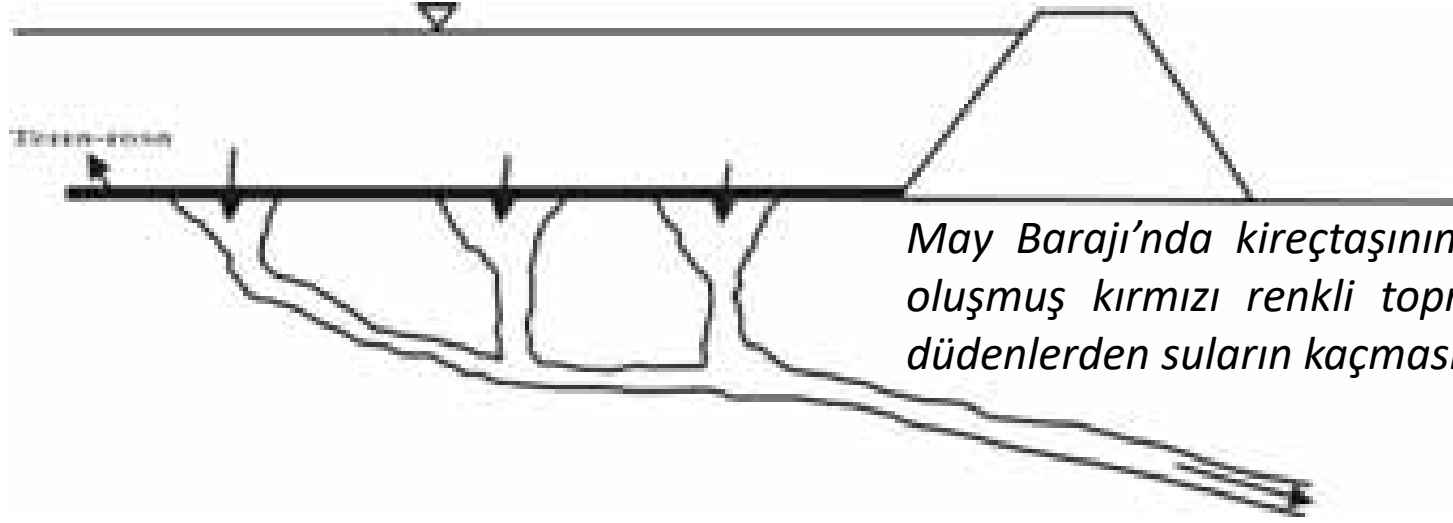
Bir baraj etki eden tüm statik ve dinamik kuvvetlere karşı koyabilmelidir. Etki eden en önemli kuvvetler,

1. Barajın kendi ağırlığı
2. Hidrostatik su basıncı
3. Taban ve boşluk suyu basıncı
4. Deprem kuvveti
5. Buz basıncıdır.



G = Kendi ağırlığı, P_1, P_2, P_3 = Hidrostatik su basıncının yatay ve düşey bileşenleri,
 P_4 = Sızıntı kuvveti, P_D = Dalga Kuvveti, P_B = Buz basıncı, E_d, E_s = Deprem kuvvetleri,
 U = Altan kaldırma kuvveti,

BARAJLARDA YAŞANAN ÇEŞİTLİ OLUMSUZLUKLAR



May Barajı'nda kireçtaşının ayrışmasıyla oluşmuş kırmızı renkli toprak ile örtülü düdenlerden suların kaçması



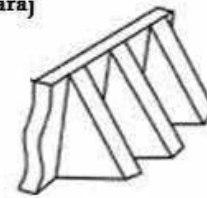
Keban Barajı rezervuarından, yer altı karstik boşlukları içinden kaçan suların sifon yaparak Keban Deresi sol yamacından çıkması



Vayont Barajı göl havzasında oluşan kütle hareketi ve oklar ile gösterilen kayma yüzeyi.

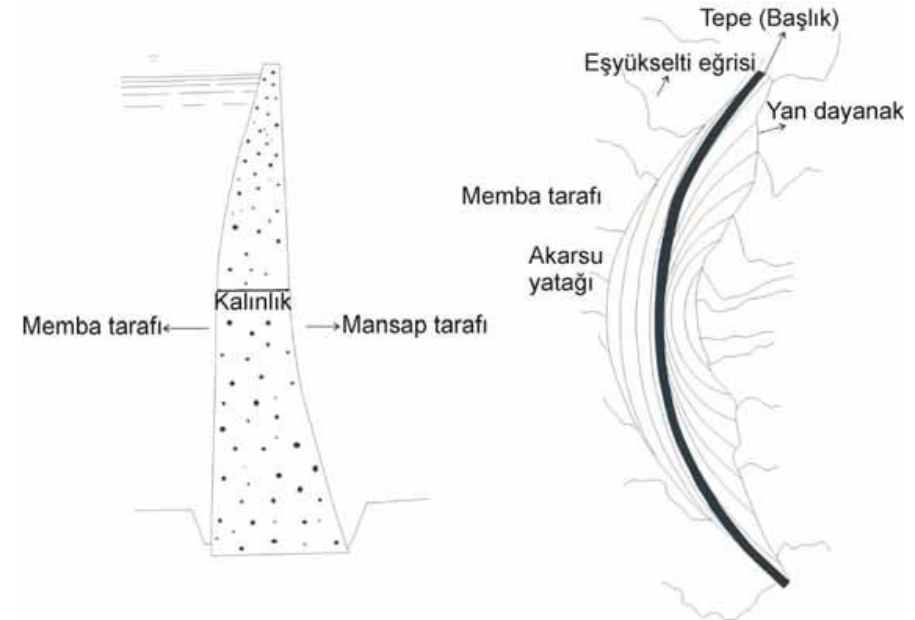


Payandalı Baraj



Plan







Dünyanın En Yüksek Barajları

	Adı	Nehir	Ülke	Yapısal Yükseklik (m)	Toplam Rezervuar Hacmi (x10 ⁶ m ³)	Tamamlanma Yılı
1	Rogun	Vakhsh	Tacikistan	335	11,600	1985
2	Nure	Vakhsh	Tacikistan	300	10,500	1980
3	Grande Dixence	Dixence	İsviçre	285	400	1962
4	Inguri	Inguri	Gürcistan	272	1,100	1984
5	Vaiont	Vaiont	İtalya	262	169	1961
6	Manuel M. Torres	Grijalva	Meksika	261	1,660	1981
7	Tehri	Bhagirathi	Hindistan	261	3,540	UC
8	Alvaro Obregón	México	Meksika	260	n.a	1926
9	Mauvoisin	Drance de Bagnes	İsviçre	250	180	1957
10	Alberto Lleras	Orinoco	Kolombiya	243	1,000	1989
11	Mica	Columbia	Kanada	243	24,760	1972
12	Sayano Shushenskaya	Yenisei	Rusya	242	31,300	1980
13	Ertan	Yangtze/Yalong	Çin	240	5,800	1999
14	La Esmeralda	Bata	Kolombiya	237	815	1975
15	Kishau	Tons	Hindistan	236	2,400	1985
16	Oroville	Feather , Calif	ABD	235	4,299	1968
17	W. Cajon	Humuya	Honduras	234	5,650	1984
18	Chirkey	Sulak	Rusya	233	2,780	1977
19	Bhakra	Sutlej	Hindistan	226	9,870	1963
20	Luzzzone	Brenno di Luzzzone	İsviçre	225	87	1963
21	Hoover	Colorado, Ariz- New	ABD	223	35,154	1936
22	Contra	Verzasca	İsviçre	220	86	1965
23	Mratinje	Piva	Bosna Hersek	220	880	1973
24	Dworshak	Nourth Fork Clearwater	ABD	219	4,259	1974
25	Glen Canyon	Colorado , Ariz	ABD	216	33,304	1964
26	Toktogul	Naryn	Kırgızistan	215	19,500	1978
27	Daniel Johnson	Manicouagan	Kanada	214	141,852	1968
28	Keban	Fırat	Türkiye	210	31,000	1974
29	Zimapan	Moctezuma	Meksika	207	n.a	1994
30	Karun	Karun	İran	205	3,900	1976

Dünyanın En Büyük Barajları

Baraj	Ükle	Dolgu Hacmi (x1000 m³)	Tamamlanma Yılı
Syncrude Tailings	Kanada	540,000	UC
Chapeton	Arjantin	296,200	UC
Pati	Arjantin	238,180	UC
New Cornelia Tailings	ABD	209,500	1973
Tarbela	Pakistan	121,720	1976
Kambaratins	Kırgızistan	112,200	UC
Fort Peck	ABD	96,049	1940
Lower ABDma	Nijerya	93,000	1990
Cipasang	Endonezya	90,000	UC
Atatürk	Türkiye	84,500	1990
Yacyreta-Apipe	Paraguay/Arjantin	81,000	1998
Guri(Raul Leoni)	Venezuela	78,000	1986
Rogun	Tacikistan	75,500	1985
Oahe	ABD	70,339	1963
Mangla	Pakistan	65,651	1967
Gardiner	Kanada	65,440	1968
Afsluitdijk	Hollanda	63,400	1932
Oroville	ABD	59,639	1968
San Luis	ABD	59,405	1967
Nurek	Tacikistan	58,000	1980
Garrison	ABD	50,843	1956
Cochiti	ABD	48,052	1975
Tabka(Thawra)	Suriye	46,000	1976
Bennett W.A.C	Kanada	43,733	1967
Tucuruü	Brezilya	43,000	1984
Boruca	Kosta Rika	43,000	UC
High Aswan(Sadd-el-Aali)	Mısır	43,000	1970
San Roque	Filipinler	43,000	UC
Kiev	Ukrayna	42,841	1964
Dantiwada LeftEmbankment	Hindistan	41,040	1965
Saratov	Rusya	40,400	1967
Mision Tailings 2	ABD	40,088	1973

TÜRKİYE'DEKİ YÜKSEK BARAJLAR

Türkiye'deki Beton Barajlar (H>70 m)

Baraj	Nehir	Talvegden yükseklik (m)	Amacı*	Tipi**	Tamamlanma yılı	Gövde hacmi (x1000 m ³)	Rezervuar kapasitesi (hm ³)
Ermenek	Ermenek	280	E	BK	u/c***	273	4580
Deriner	Çoruh	207	E	BK	u/c	3500	1969
Berke	Ceyhan	186	E	BK	2001	735	427
Karakaya	Fırat	158	E	BK	1987	2000	9580
Oymapınar	Manavgat	157	E	BK	1984	676	300
Gökçekaya	Sakarya	115	E	BK	1972	650	910
Kemer	Akçay	108.5	E+S+TK	BA	1954	740	544
Sır	Ceyhan	106	E	BK	1991	443	1120
Sarıyar	Sakarya	90	E	BA	1956	568	1900
Gezende	Ermenek	75	E	BK	1990	83	91.9

* E: Enerji S: Sulama TK: Taşkın Kontrol

** BK: Beton Kemer BA: Beton ağırlık KD: Kaya Dolgu

*** u/c: İnşa Halinde

Türkiye'deki Dolgu Barajlar (H>70 m)

Baraj	Nehir	Talvegten yükseklik (m)	Amacı*	Tipi**	Tamamlanma yılı	Gövde hacmi (x1000 m ³)	Rezervuar kapasitesi (hm ³)
Atatürk	Fırat	166	S+E	KD	1992	84500	48700
Keban	Fırat	163	E	BA+KD	1975	15585	31000
Kiğı	Peri	146	E	KD	u/c	14790	507,6
Adıgüzel	B.Menderes	144	S+E+TK	KD	1989	7125	1188
Altınkaya	Kızılırmak	140	E	KD	1988	16000	5763
Hasan Uğurlu	Yeşilirmak	135	E	KD	1981	9223	1073,8
Menzelet	Ceyhan	136,5	S+E	KD	1989	8700	1950
Ozlüce	Peri	124	E	KD	1998	14000	1075
Konaktepe	Munzur	118,5	E	KD	u/c	4750	450
Kuzgun	Serceme	114	S+E	KD	1995	2500	312
Kralkızı	Dicle	113	E	TD+KD	1997	12700	1914
Kılıçkaya	Kelkit	103	E	KD	1989	6900	1400,4
Kirazdere	Kirazdere	102,5	ST	KD	1999	5200	60
Çamlidere	Bayındır	101,7	ST	KD	1985	2487	1226
Alpaslan I	Murat	88	E	KD	u/c	2600	2993
Madra	Madra	86	S	KD	1997	3120	79,4
Karacaören I	Aksu	85	S+TK+E	TD	1989	4000	1234
Yazıcı	Altınçayır	83,5	S	TD	u/c	6900	196
Yoncalı	Yoncalı	81	S	KD	u/c	3137	122
Kozan	Kilgen	78,5	S	TD+KD	1972	1680	163
Hırfanlı	Kızılırmak	78	E+TK	KD	1959	2000	5980
Aslantaş	Ceyhan	78	S+TK+E	TD	1984	8493	1150
Almus	Yeşilirmak	78	S+TK+E	TD	1966	3405	950
Kalecik	Kalecik	77	S	KD	1985	1000	32,8
Güzelhisar	Güzelhisar	77	ST	TD+KD	1981	3205	158
Demirköprü	Gediz	74	S+TK+E	TD	1960	4300	1320
Dicle	Dicle	75	S+E	TD+KD	1997	2180	595
Akyar	Bulak	74	ST	TD	1999	2660	56
Derinöz	Derinöz	74	S	TD+KD	u/c***	1681	18,9
Erzincan	Gönye	73	S	TD	1997	3000	8,39
Çayboğazi	Kapalıçay	71,8	S	TD	2000	8072	56
Batman	Batman	71,5	S+E	TD+KD	1998	5400	1175
Hasanlar	K.Melen	70,8	S+TK	KD	1972	1651	55
Yaylakavak	Kocaçay	70,0	S	TD	1996	4688	31,1
Gönen	Gönen	70,0	S+E+TK	TD+KD	1996	2357	164,0
Catalan	Seyhan	70,0	E+TK	TD	1996	17000	2126,3

* E: Enerji S: Sulama TK: Taşkın Kontrol ST: Su Temini

** KD: Kaya Dolgu TD: Toprak Dolgu

*** u/c: İnşa Halinde

Türkiye’de kemer barajların gövde yüksekliğine göre sıralanışı

Sıra no	Baraj Adı	Gövde yüksekliği, m
1	Deriner Barajı	253
2	Ermenek Barajı	230
3	Berke Barajı	201
4	Oymapınar Barajı	185
5	Karakaya Barajı	173
6	Gökçekaya Barajı	153
7	Sır Barajı	116
8	Gezende Barajı	75



ELMALI II BARAJI (ELMALI II DAM)

Location	İstanbul		Yeri
River	Göksu		Akarsuyu
Purpose	Domestic and industrial water supply	İçme, kullanma ve sanayi suyu temini	Amacı
Construction year (starting and completion)	1952-1955		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Concrete buttress	Beton payandalı	Tipi
Dam volume	103 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	42,50m		Yükseklği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	10.00 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Annual domestic water	10 hm ³		Yıllık içme suyu

Location	Antalya		Yeri
River	Manavgat		Akarsuyu
Purpose	Energy	Enerji	Amacı
Construction year (starting and completion)	1977-1984		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Concrete arch	Beton kemer	Tipi
Dam volume	676 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	157,00m		Yüksekliği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	300,00 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Reservoir area at normal water surface elevation	4.70 km ²		Normal su kotunda göl alanı
Capacity	540 MW		Güç
Annual generation	1 620 GWh		Yıllık üretim

OYMAPINAR BARAJI (OYMAPINAR DAM)



Location	Eskişehir		Yeri
River	Sakarya		Akarsuyu
Purpose	Energy	Enerji	Amacı
Construction year (starting and completion)	1967-1972		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Concrete arch	Beton kemer	Tipi
Dam volume	650 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	115,00m		Yüksekliği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	910,00 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Reservoir area at normal water surface elevation	20,00 km ²		Normal su kotunda göl alanı
Capacity	278 MW		Güç
Annual generation	562 GWh		Yıllık üretim

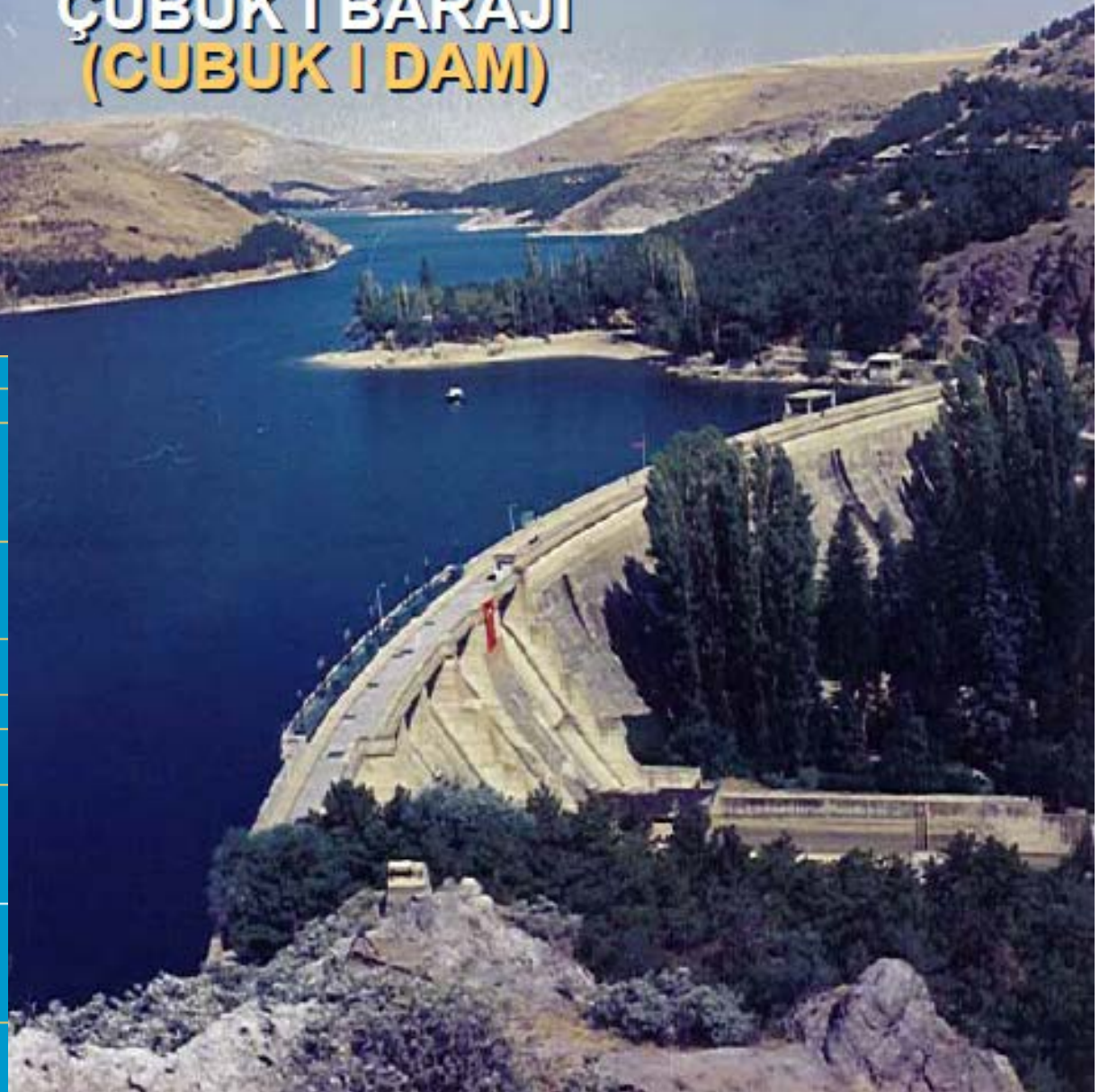
GÖKÇEKAYA BARAJI (GOKCEKAYA DAM)





ÇUBUK I BARAJI (CUBUK I DAM)

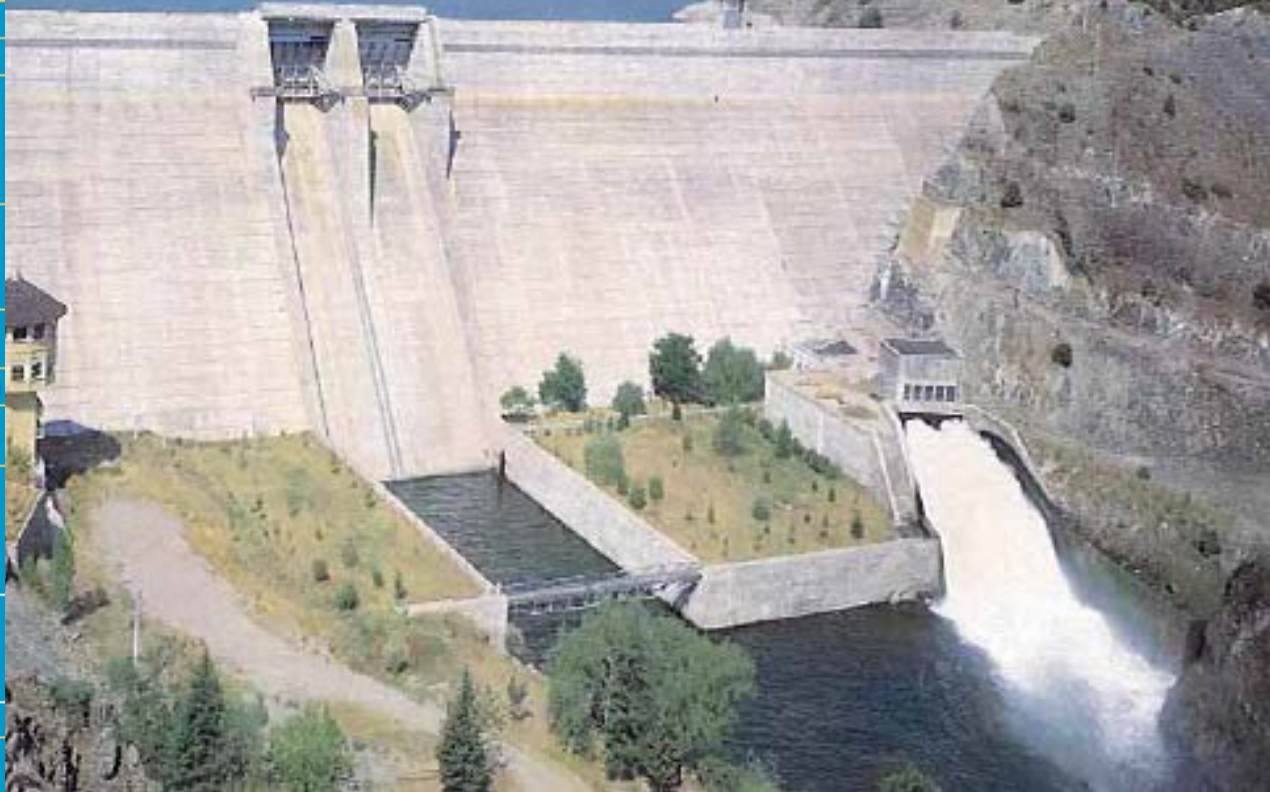
Location	Ankara		Yeri
River	Çubuk		Akarsuyu
Purpose	Domestic and industrial water supply	İçme-kullanma ve sanayi suyu temini	Amacı
Constraction year (starting and completion)	1930-1936		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Concrete gravity	Beton ağırlık	Tipi
Dam volume	120 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	25,00m		Yüksekliği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	12,50 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Reservoir area at normal water surface elevation	0,94 km ²		Normal su kotunda göl alanı
Annual domestic water	3 hm ³		Yıllık içmesuyu





PORSUK BARAJI (PORSUK DAM)

Location	Eskişehir		Yeri
River	Porsuk		Akarsuyu
Purpose	Domestic and industrial water supply	İçme-kullanma ve sanayi suyu temini	Amacı
Construction year (starting and completion)	1966-1972		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Concrete gravity	Beton ağırlık	Tipi
Dam volume	224 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	49,70m		Yüksekliği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	431.00 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Reservoir area at normal water surface elevation	23.40 km ²		Normal su kotunda göl alanı
Irrigation Area	41 020 ha		Sulama alanı
Annual domestic water	206 hm ³		Yıllık içmesuyu





KARAKAYA BARAJI (KARAKAYA DAM)

Location	Diyarbakır		Yeri
River	Fırat		Akarsuyu
Purpose	Energy	Enerji	Amacı
Constraction year (starting and completion)	1976 -1987		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Concrete gravity	Beton ağırlık	Tipi
Dam volume	2 000 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	158,00m		Yüksekliği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	9 580,00 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Reservoir area at normal water surface elevation	268,00 km ²		Normal su kotunda göl alanı
Capacity	1 800 MW		Güç
Annual generation	7 354 GWh		Yıllık üretim





SARIYAR BARAJI (SARIYAR DAM)

Location	Ankara		Yeri
River	Sakarya		Akarsuyu
Purpose	Energy	Enerji	Amacı
Constraction year (starting and completion)	1950 - 1956		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Concrete gravity	Beton ağırlık	Tipi
Dam volume	568 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	90,00m		Yüksekliği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	1 900,00 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Reservoir area at normal water surface elevation	83,83 km ²		Normal su kotunda göl alanı
Capacity	160 MW		Güç
Annual generation	400 GWh		Yıllık üretim





HASAN UĞURLU BARAJI (HASAN UGURLU DAM)

Location	Samsun		Yeri
River	Yeşilirmak		Akarsuyu
Purpose	Energy	Enerji	Amacı
Constraction year (starting and completion)	1971 - 1981		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Rockfill	Kaya	Tipi
Dam volume	9 223 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	135,00m		Yüksekliği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	1 073,75 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Reservoir area at normal water surface elevation	22,66 km ²		Normal su kotunda göl alanı
Capacity	500 MW		Güç
Annual generation	1 217 GWh		Yıllık üretim





ALTINKAYA BARAJI (ALTINKAYA DAM)

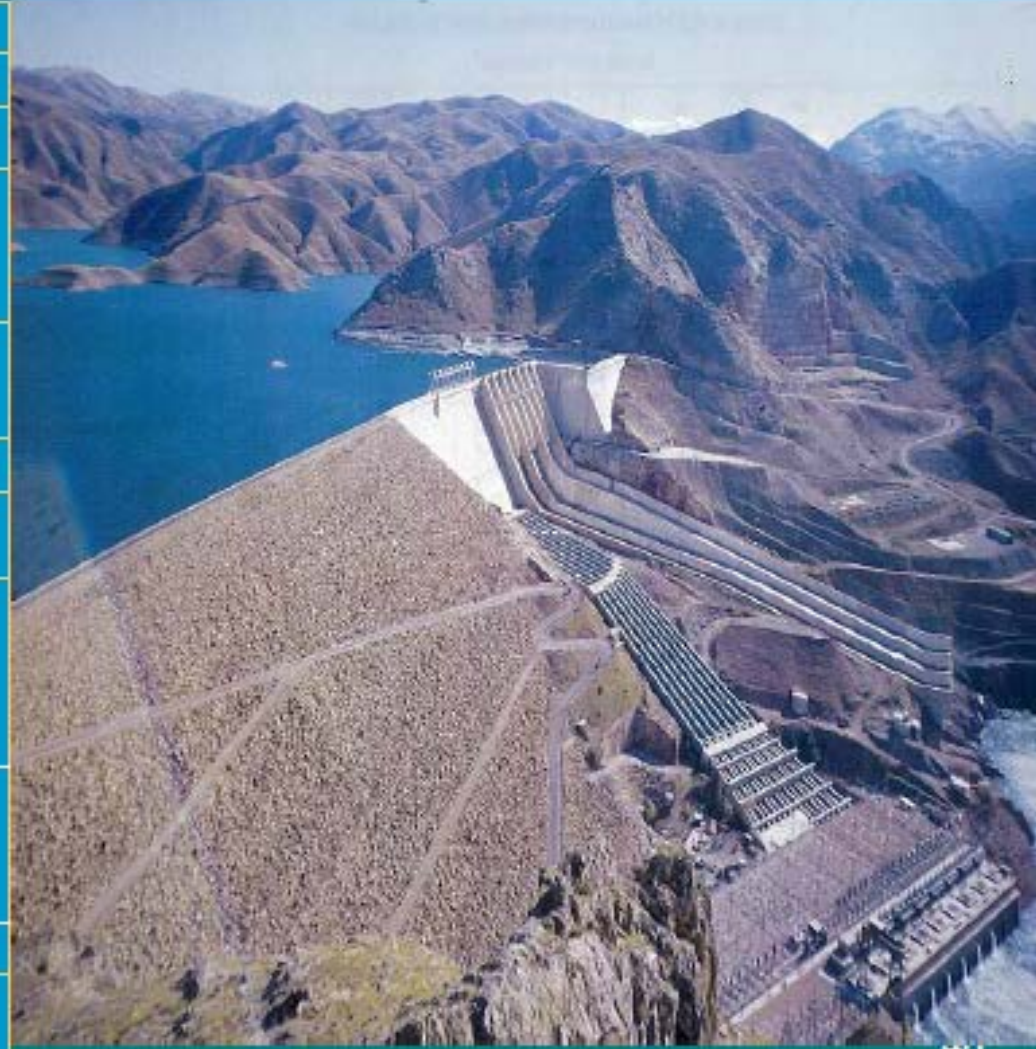
Location	Samsun		Yeri
River	Kızılırmak		Akarsuyu
Purpose	Energy	Enerji	Amacı
Constraction year (starting and completion)	1971 - 1981		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Rockfill	Kaya	Tipi
Dam volume	16 000 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	140,00m		Yükseklği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	5 763.00 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Reservoir area at normal water surface elevation	118.31 km ²		Normal su kotunda göl alanı
Capacity	700 MW		Güç
Annual generation	1 632 GWh		Yıllık üretim





KEBAN BARAJI (KEBAN DAM)

Location	Elazığ		Yeri
River	Fırat		Akarsuyu
Purpose	Energy	Enerji	Amacı
Construction year (starting and completion)	1965 -1975		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Concrete gravity+ Rockfill	Beton ağırlık+ Kaya	Tipi
Dam volume	15 585 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	163,00m		Yüksekliği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	31 000.00 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Reservoir area at normal water surface elevation	675,00 km ²		Normal su kotunda göl alanı
Capacity	1 330MW		Güç
Annual generation	6 000 GWh		Yıllık üretim





ATATÜRK BARAJI (ATATURK DAM)

Location	Şanlıurfa		Yeri
River	Fırat		Akarsuyu
Purpose	Irrigation, Energy	Sulama, Enerji	Amacı
Constraction year (starting and completion)	1983-1992		İnşaatın (başlama ve bitiş) yılı
Type	Rockfill	Kaya	Tipi
Dam volume	84 500 000 m ³		Gövde Hacmi
Height (from river bed)	166,00m		Yüksekliği (talvegden)
Reservoir volume at normal water surface elevation	48 700.00 hm ³		Normal su kotunda göl hacmi
Reservoir area at normal water surface elevation	817,00 km ²		Normal su kotunda göl alanı
Irrigation Area	872 385 ha		Sulama alanı
Capacity	2 400MW		Güç
Annual generation	8 900 GWh		Yıllık üretim

