



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

Jeoloji Mühendisliği Bölümü – Hidrojeoloji Programı

SU YAPILARI

4.Hafta

Barajlar

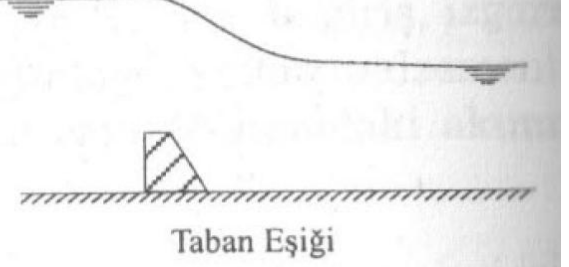
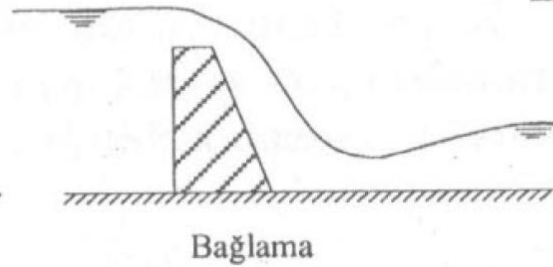
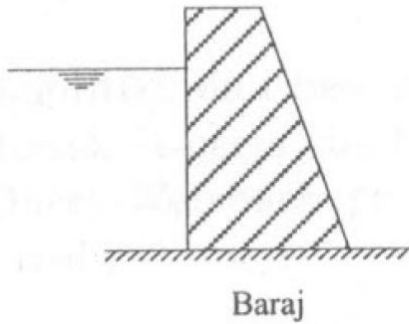
- Barajların genel özellikleri ve sınıflandırılması
- Barajların projelendirilmesi
- Barajların çevresel etkileri

Prof.Dr.N.Nur ÖZYURT

nozyurt@hacettepe.edu.tr

Kabartma Yapıları

- Barajlar*, tüm vadiyi kapatan, suyu biriktiren ve akarsu rejimini etkileyen yapılar
- Bağlamalar*, sadece yatağı kapatan ve suyu kabartan yapılar (savak/regülatör/çevirme yapıları)
- Taban eşikleri*, yapı tepesi ve gövdesi sürekli su altında kalan yapılar

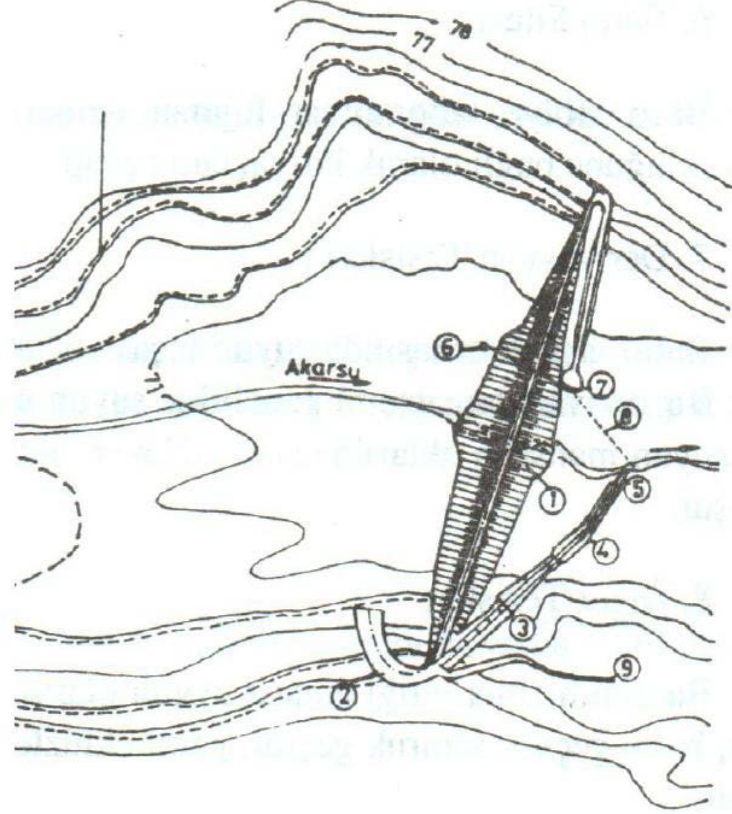


Baraj ile Baęlama Arasındaki Farklar

1. **Baraj** tüm vadiyi, **bağlama** yalnızca akarsu yatağını kapatır.
2. **Baraj** su biriktirmek için, **bağlama** suyu kabartmak için yapılır.
3. **Baraj** suyu depo ettiği için akım rejimini düzenler, **bağlamanın** düzenleyici etkisi ise sınırlıdır.
4. **Baraj** tepe kotu daima su seviyesi üstündedir, **baęlama** üzerinden su aşabilir.
5. **Baraj** genellikle memba bölgesine, **baęlama** akarsuyun mansap bölgesi de dahil her yerine yapılabilir.
6. **Barajlar** yıkılırsa felaket olur, **bağlama** yıkılırsa hasar çok daha azdır.
7. **Baraj** gövdesi topuk uç noktasında bitmesine karşın, **bağlama** düşüm yatağını da kapsayarak mansaba doğru devam eder.
8. **Barajlar** statik etkilere göre, **bağlamalar** ise hem statik hem dinamik etkilere göre boyutlandırılır
9. Sabit **bağlamalarda** üzerlerinden su aktığı için hidrolik profil önemlidir, **barajlarda** ise statik profil kritiktir.
10. **Barajlarda** kabartma yüksekliği daha büyük olduğundan çevresel etkileri **bağlamalara** göre daha fazladır.

Barajın ana bileşenleri

Baraj Gövdesi
Baraj Gölü
Su Alma Yapısı
Dip Savak
Dolu Savak
Baraj Sitesi (idari bina,
atölyeler, lojman, ambar,
garaj, vb.)
Derivasyon Tesisleri
Diğer Tesisler (enerji
santrali, içme suyu artıtma
tesisleri, balık geçidi vb.)



Şekil 2. Bir dolgu barajın planı

1. Gölet gövdesi, 2. Yaklaşım kanalı, 3. Dolusavak Kontrol Kesiti, 4. Boşaltım Kanalı,
5. Enerji kırıcı tesis, 6. Su alma ağız ve dipsavak, 7. Su yükseltme ve vana odası, 8. Tahliye büzü, 9. Ulaşım yolu



<https://slideplayer.biz.tr/slide/2006359/>

Dr. N. Nur Özyurt 2020-2021 Güz
Dönemi #evdekal

Neden Baraj Yapıyoruz?

Su Temini

İçme ve kullanma suyu,
Sanayi suyu,

Sulama suyu

Hidroelektrik enerji üretimi

Taşkın kontrolü

Diğer

Akışın düzenlenmesi

İç su taşımacılığının geliştirilmesi

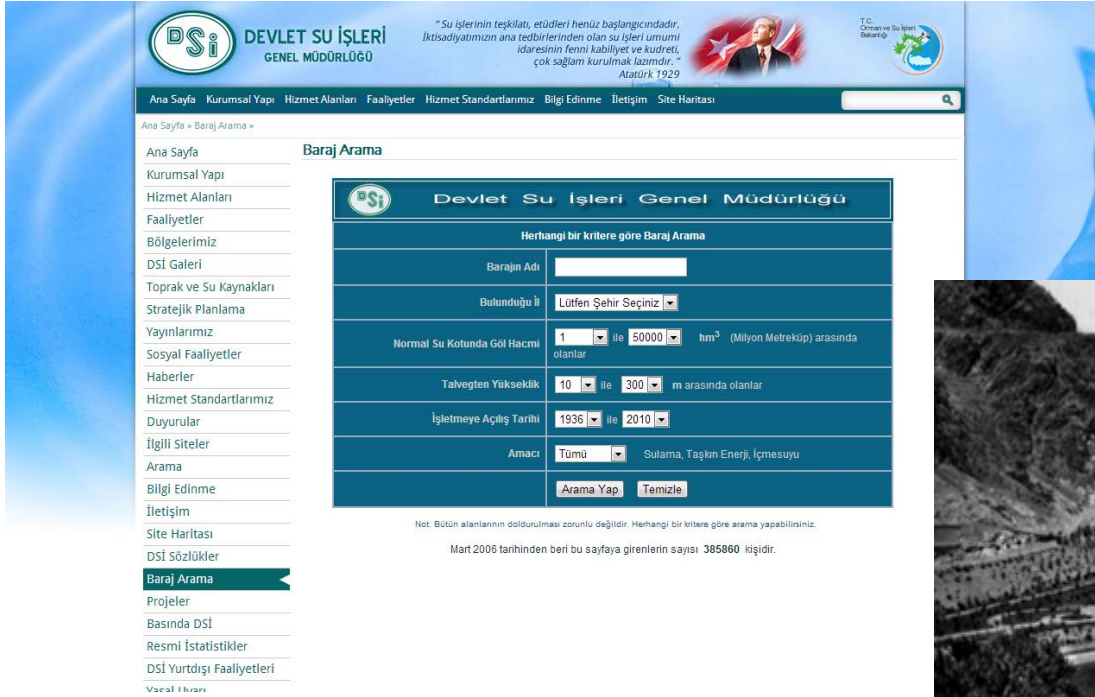
Rekreasyon

Katı madde kontrolü

Canlı hayatın korunması

Sanayi atıklarının tutulması,

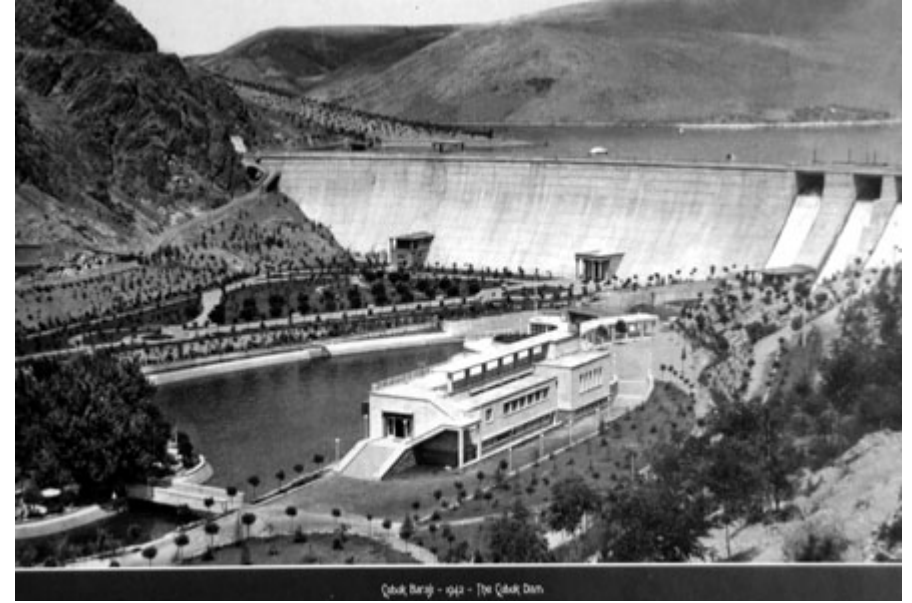
Türkiye'de Barajlar



The screenshot shows the official website of the State Water Works Administration (DSİ) of Turkey. The header includes the DSI logo, the text "DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ", and a quote from Atatürk. Below the header is a navigation menu with options like "Ana Sayfa", "Kurumsal Yapı", "Hizmet Alanları", "Faaliyetler", "Hizmet Standartlarımız", "Bilgi Edinme", "İletişim", and "Site Haritası". A search bar is also present. The main content area is titled "Baraj Arama" (Dam Search) and features a search form with the following fields:

- Barajın Adı: [Empty text box]
- Bulunduğu İl: [Lütfen Şehir Seçiniz dropdown]
- Normal Su Kotunda Göl Hacmi: [1 ile 50000 arasında olanlar] (Milyon Metreküp)
- Talvegten Yükseklik: [10 ile 300 m arasında olanlar]
- İşletmeye Açılış Tarihi: [1936 ile 2010]
- Amacı: [Tümü dropdown] (Sulama, Taşkın Enerji, İçmesuyu)

At the bottom of the form are buttons for "Arama Yap" (Search) and "Temizle" (Clear). Below the form, there is a note: "Not: Bütün alanların doldurulması zorunlu değildir. Herhangi bir kritere göre arama yapılabilir." and a statistic: "Mart 2006 tarihinden beri bu sayfaya girilenlerin sayısı: 385980 kişidir."



<http://www.dsi.gov.tr/baraj-arama>

Çubuk Barajı 1936
Beton ağırlık tipi 25 m gövde yüksekliği
İçme suyu ve taşkın önleme

Barajların Sınıflandırılması

- Büyükliğüne
- Yapılış amacına
- Gövde malzemesi türüne
- Gövdenin statik projelendirilmesine

Büyükliklerine göre Barajlar

ICOLD (<https://www.icold-cigb.org/>) Uluslararası kriterlerine göre

•Büyük barajlar: Kreti ile temeli arasındaki yükseklik 15 m'den fazla olan barajlar;

veya 10-15 m arasında olup da

kret uzunluğu > 500 m

hazne hacmi $> 1 \times 10^6$ m³

en büyük taşkın debisi > 1000 m³/s

Kret: Baraj gövdesinin en üstüdür ve kret kotu olarak tanımlanır.

Baraj planlaması ve temeli özel projelendirme gerektirmek özelliklerinden birini taşıyan yapılar büyük baraj olarak adlandırılır

•Küçük barajlar (Göletler): Büyük barajlara dışında kalan planlama, proje ve inşaat süreci öngörülebilir yapıları kapsar

•Yüksek barajlar: $H > 50$ m olan barajlar

Deriner Barajı

Türkiye'nin en yüksek barajı

Yıllık enerji üretimi 2 milyar 118 milyon kWh Türkiye'de üretilen hidroelektriğin %6'sı yılda 750.000 kişinin enerji ihtiyacı

Yer	Artvin
Amaç	Enerji ve Taşkın Koruma
Nehir	Çoruh Nehri
Gövde dolgu tipi	Çift Eğrilikli Beton Kemer
Yükseklik	253(temelden)
Göl hacmi	1969 hm ³
Göl alanı	26.40 km ²

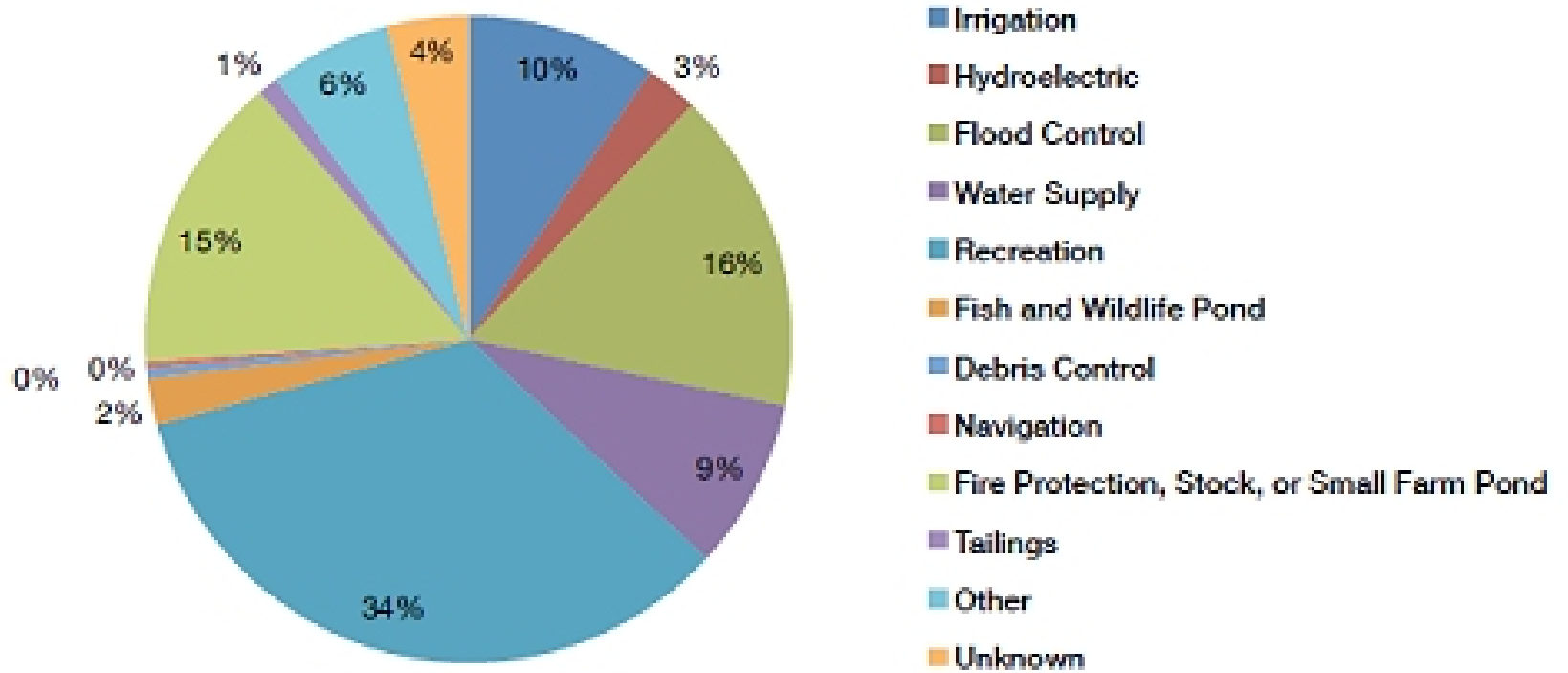


Yapılış amacına göre sınıflandırma:

Tek amaçlı

Çok amaçlı

Dams by Primary Purpose



Gövde malzemesine göre sınıflandırma:

Kagir Baraj

Taş ve tuğla

Beton

Betonarme

Öngerilmeli beton

Dolgu Baraj

Toprak dolgu

Kaya dolgu

Kagir-Dolgu Baraj

Çerçeveli Baraj

Çelik

Ahşap

Gövdenin statik projelendirilmesine göre sınıflandırma:

Ağırlık barajı

Kemer ağırlık barajı

Kemer barajı

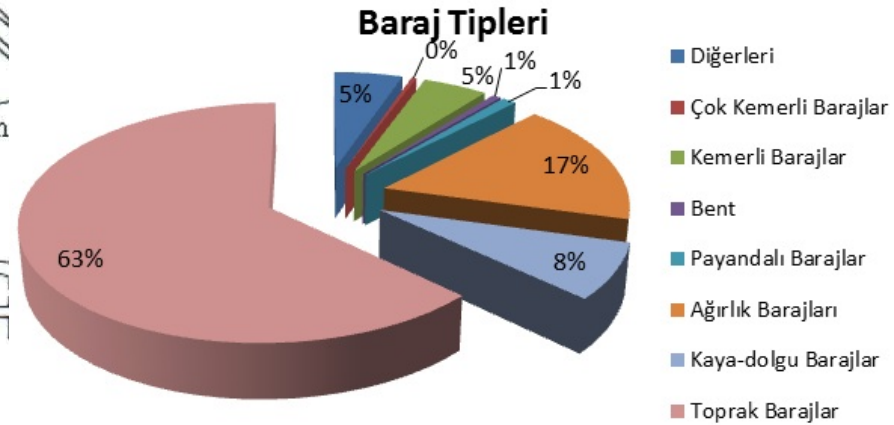
Payandalı baraj

Toprak dolgu baraj

Kaya dolgu baraj

Silindirle sıkıştırılmış beton baraj

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



Şekil 8. Baraj tipleri
Dr. N. Nur Özyurt 2020-2021 Güz Dönemi #evdekal

Baraj Tipinin Seçimi

- Baraj yeri topoğrafik özellikleri
- Jeolojik yapı
- İnşaatta kullanılacak malzeme temini
- Ulaşım kolaylıkları
- Derivasyon şartları
- Dolu savak kapasitesi ve yeri
- Yeraltı ve yüzeysularının durumu
- Hazne işletme durumu
- İklim şartları ve inşaat süresi
- Deprem riski
- Heyelan riski
- Proje bütçesi
- Mevcut makine parkı, teçhizatlar ve kapasiteleri
- Doğa ile uyum durumu ve çevresel etkiler

Barajlara etkiyen kuvvetler

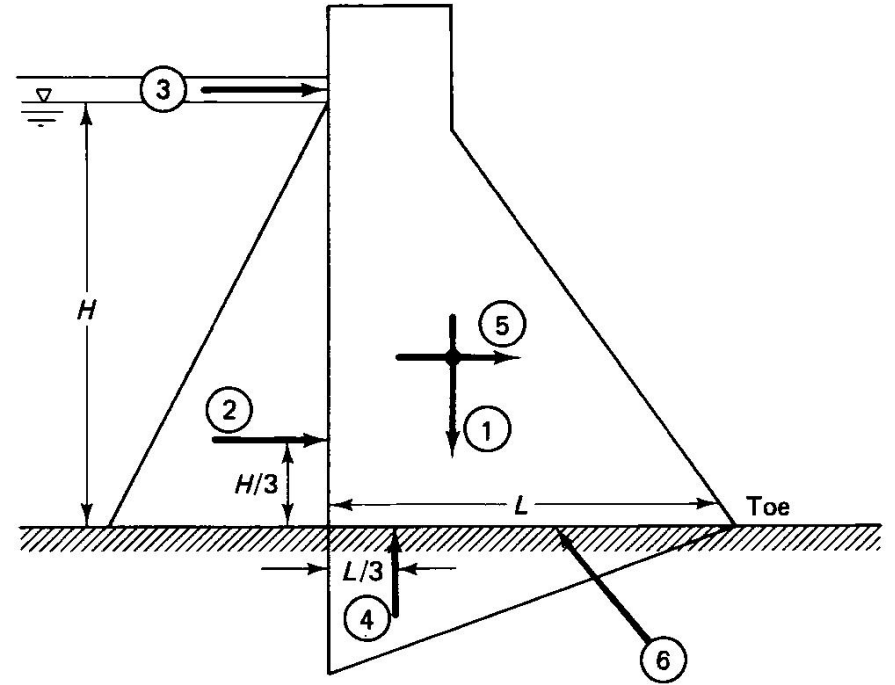
Barajın kendi ağırlığı (1)

Hidrostatik basınç (2)

Taban ve boşluk suyu basıncı (4)

Deprem kuvveti (5)

Buz basıncı (3)



Ağırlık Barajları

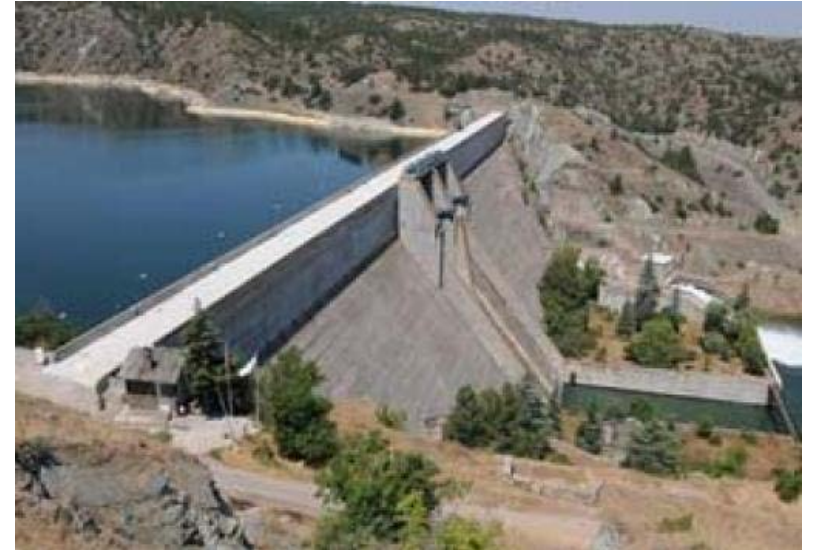
Su basıncını kendi ağırlığı ile karşılayan barajlardır.



Beton payandalı baraj



Kemerli ağırlık baraj



Beton ağırlık baraj

Dolgu Barajlar

Su basıncını dolgu gövdenin ağırlığı ile temele aktaran barajlardır.
Günümüzde yaygın olarak tercih edilmektedir.



Toprak dolgu baraj



Kaya dolgu baraj_Altinkaya Kızılırmak



Keban Barajı; Fırat Nehri

Kaya dolgu ve beton ağırlık kombinasyonu

Enerji amaçlı

207 m yükseklik, 675 km² hazne alanı

Dr. N. Nur Özyurt 2020-2021 Güz
Dönemi #evdekal



Berke Barajı; Ceyhan

Enerji

201 m 7.8 km²



Oymapınar Barajı; Manavgat

Enerji

Dr. N. Nur Özyurt 2020-2021 Güz

Dönemi #evdekal 185 m 4.7 km²

Baraj Hazneleri

Baraj yapılarak oluşturulan göl, baraj haznesi, baraj gölü, rezervuar veya biriktirme haznesi olarak adlandırılır.

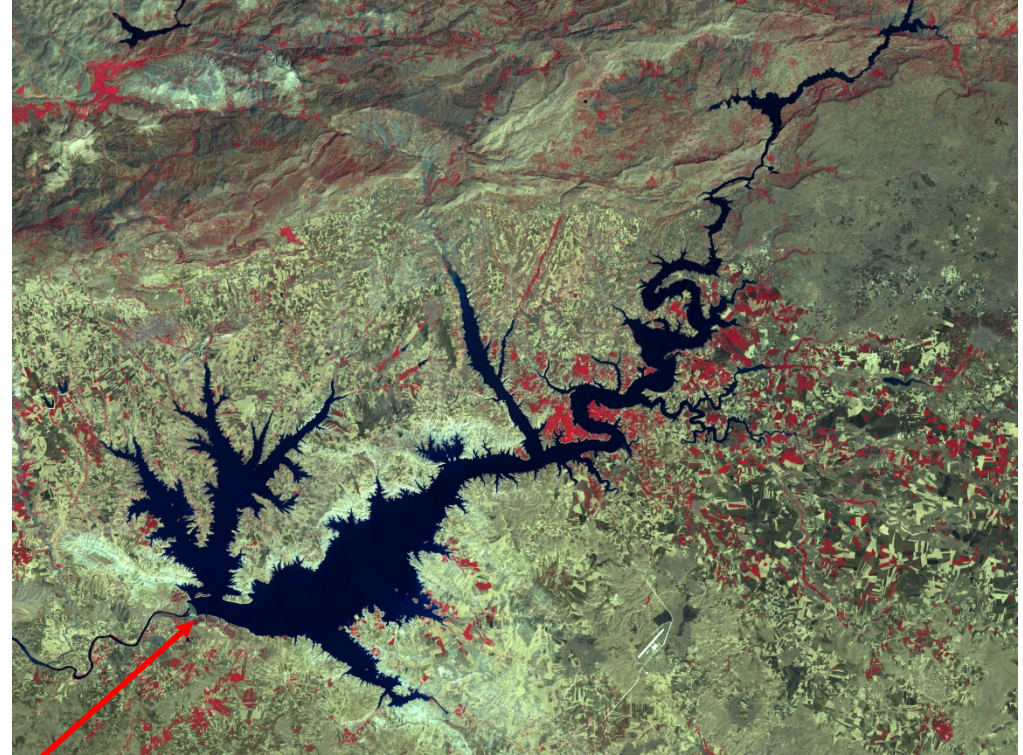
Baraj Haznesinin Planlaması

- Akarsu debisi ve ihtiyaç debisi dikkate alınarak haznenin biriktirme kapasitesinin aktif hacim belirlenmesi
- Baraj ekonomik ömrü süresince haznede birikecek katı madde miktarının ölü hacim belirlenmesi
- Baraj gölünde oluşacak dalga yüksekliğine göre hava payının ve baraj yüksekliğinin belirlenmesi
- Sızma ve buharlaşma kayıpları dikkate alınarak hazne işletme planının oluşturulması



Atatürk Barajı; Fırat Nehri
Kaya dolgu 169 m yüksekliğinde
Enerji ve sulama amaçlı
Hazne alanı 817 km²

Atatürk Barajı Rezervuarı Landsat Uydu Görüntüsü

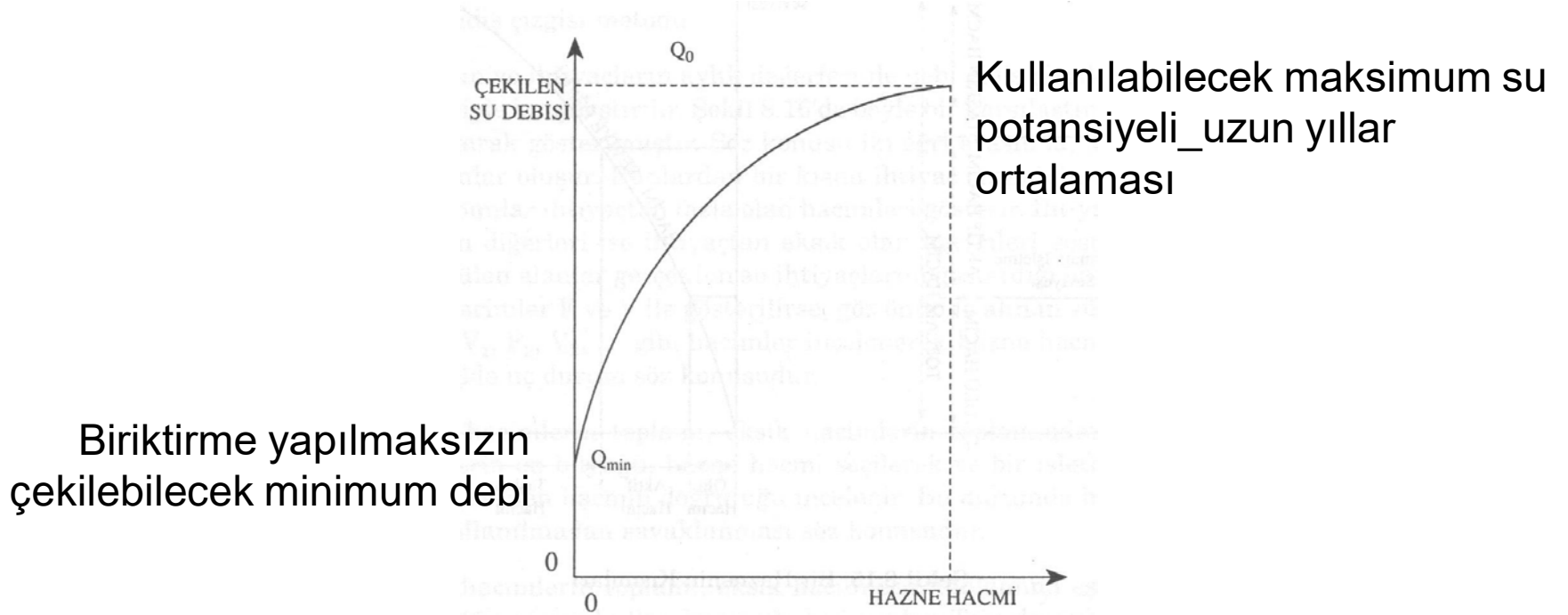


Soru: Google Earth üzerinde Ankara'nın içme suyu sağlayan Çamlıdere Barajının gövdesini bulunup ve ekran görüntüsünü alınız.

Akarsu üzerinde
baraj gövde kesit yeri

Dr. N. Nur Özyurt 2020-2021 Güz
Dönemi #evdekal

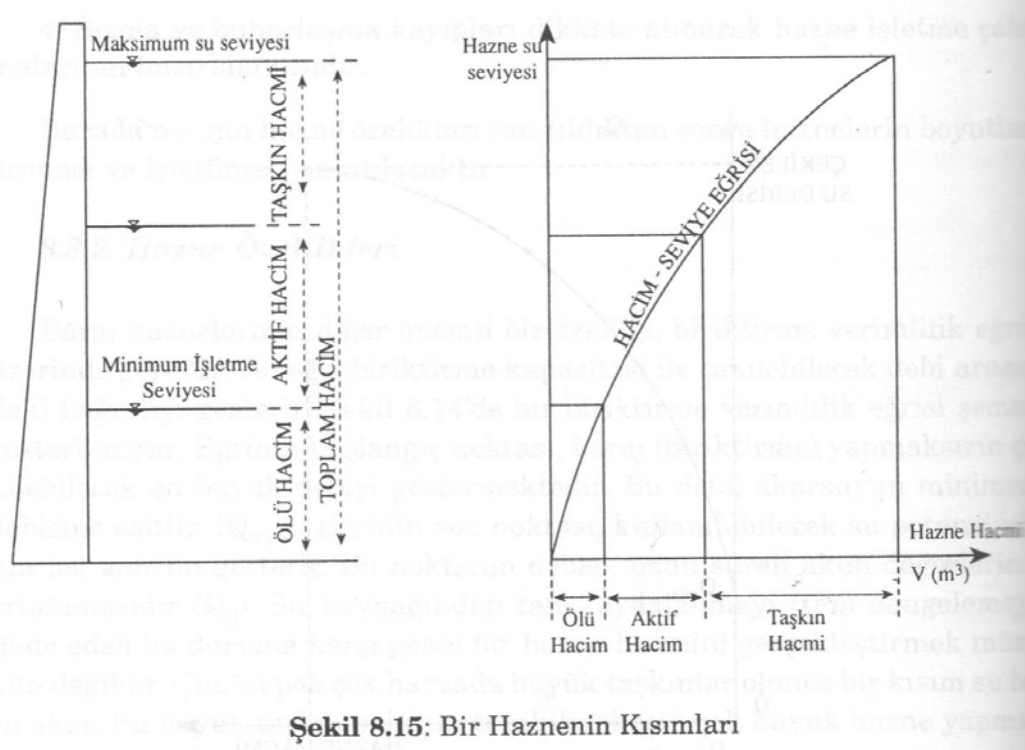
Biriktirme Verimlilik Eğrisi



Şekil 8.14: Biriktirme Verimlilik Eğrisi

Baraj haznesi taşkın olasılığı ve ekonomik gerekçeler ile Q_0 altındaki debiler için tasarlanır.

Baraj Haznesinin Bölümleri



Şekil 8.15: Bir Haznenin Kısımları

Ölü Hacim: Minimum işletme kotunun altında kalan, katı madde birikimi için ayrılmış faydalanılmayan hacim.

Aktif (Faydalı) Hacim: Minimum işletme kotu üstünde barajın amacına göre su kullanılan hacim.

Taşkın Hacmi: Gelecek taşkın sularını tutabilmek için en üstte bırakılan hacim

Dr. N. Nur Özyurt 2020-2021 Güz

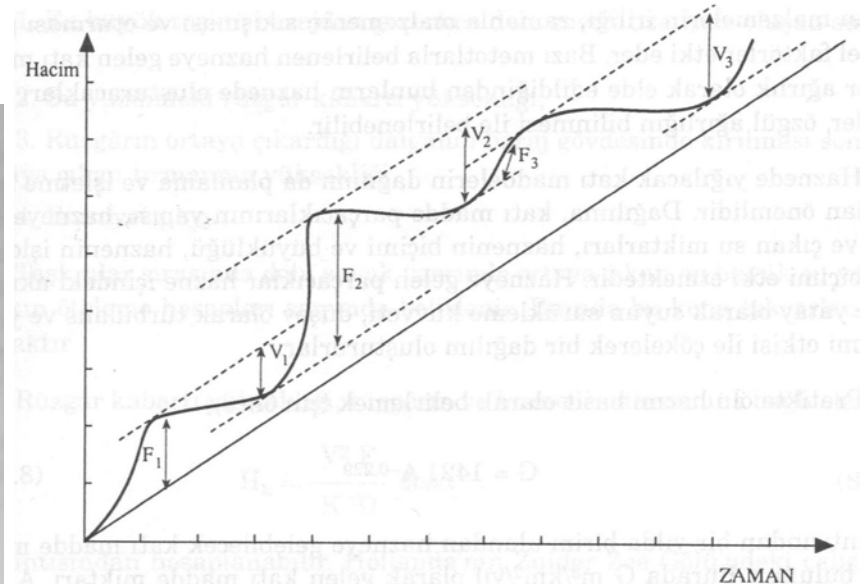
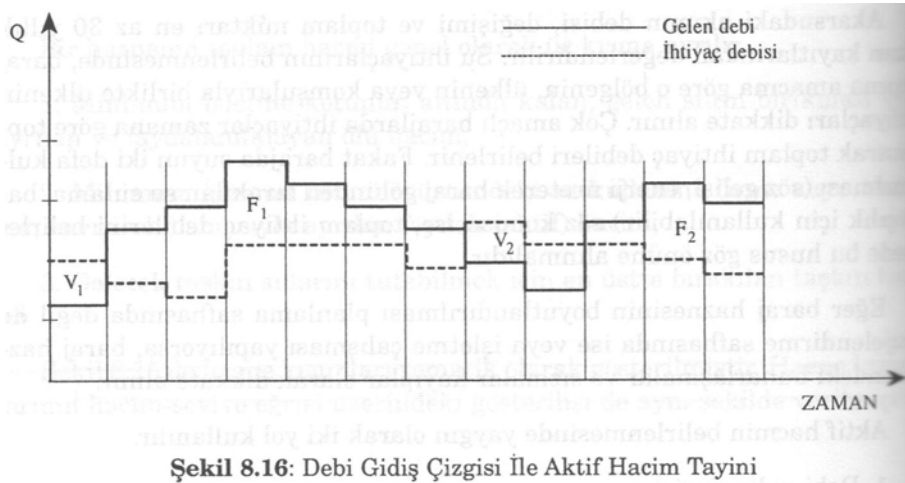
Dönemi #evdekal

Aktif (Faydalı) Hacmin Belirlenmesi

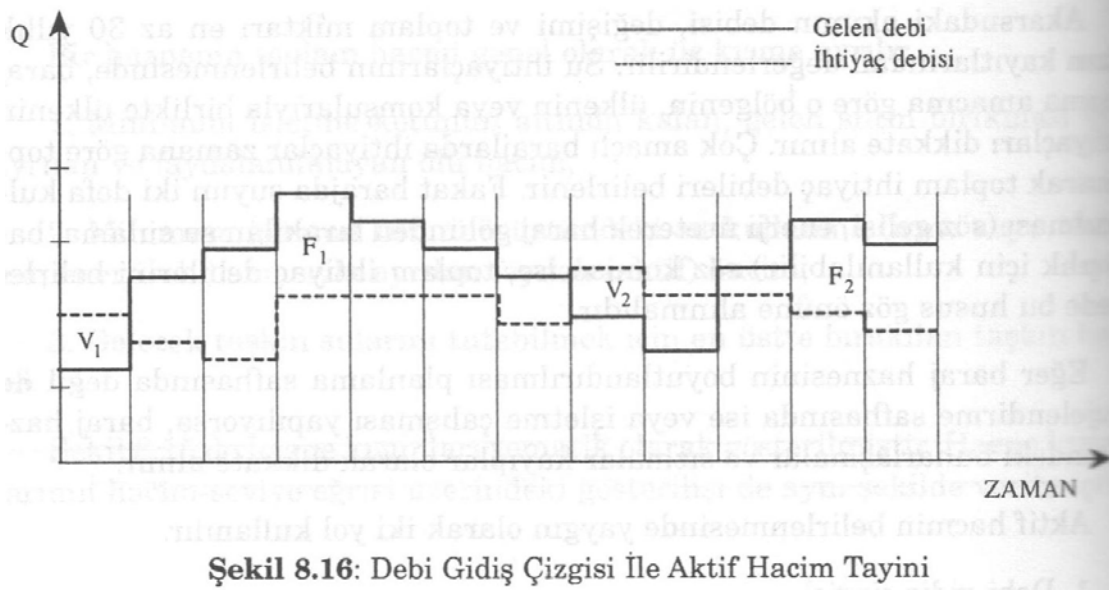
Akif hacim hesaplamalarında uzun yıllar (~30 yıl) akarsu akım gözlemleri ve barajın amacına yönelik ihtiyaç debileri birlikte değerlendirilir.

Baraj hacmi boyutlandırması planlama aşamasından sonra projelendirme veya işletme aşamasında yapılıyor ise buharlaşma ve sızma kayıpları da dikkate alınır.

Akif hacim, yaygın olarak **“Debi gidiş çizgisi”** ya da **“Toplam hacim eğrisi”** yöntemleri ile belirlenir.



Debi gidiş çizgisi yöntemi



F: Fazla hacim

V: Eksik hacim

ΣF : Fazla hacimler toplamı

ΣV : Eksik hacimler toplamı

$\Sigma F > \Sigma V$: Eksik hacimlerin (V) en büyüğü hazne hacmi olarak seçilir. Suyun bir bölümünün kullanılmadan savaklanması gerekir.

$\Sigma F = \Sigma V$: Gelen bütün suyun kullanılacağı anlamına gelir ve arka arkaya gelen fazla ve eksik hacimlerin en büyüğü hazne hacmi olarak kullanılır.

$\Sigma F < \Sigma V$: İhtiyacı karşılayacak yeterli su olmadığı anlaşılır ve fazla hacimlerin en büyüğü hazne hacmi olarak seçilerek sürekli su depolamaya çalışılır

Faydalı Hacmin Belirlenmesi_Örnek

Tabloda baraj yapımı planlanan bir akarsu kesiti için uzun yıllar aylık ortalama debi değerleri verilmiştir.

a.Baraj yapılmaksızın bu akarsudan çekilebilecek debi ne kadardır?

b.Yıllık ortalama debinin %50'sinin akarsudan alınabilmesi için yapılacak barajın faydalı hacmi ne kadar olmalıdır?

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Debi m ³ /s	40	39	55	79	93	110	130	62	42	28	27	28

Çözüm

- a. Gözlenmiş en düşük aylık ortalama debi için depolama gerekmez bu durum için 27 m³/s.
- b. Yıllık ortalama debi 61 m³/s olduğuna göre yıllık ortalama debinin %50 si 30.5 m³/s olarak belirlenir. Bu debi tüm aylar için ihtiyaç debisi olarak kullanılır.

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Debi m ³ /s	40	39	55	79	93	110	130	62	42	28	27	28
Debi-30.5	9.5	8.5	24.5	48.5	62.5	79.5	99.5	31.5	11.5	-2.5	-3.5	-2.5

ΣF: Fazla hacimler toplamı=375.1m³/s/ay

ΣV: Eksik hacimler toplamı=8.6 m³/s/ay

ΣF>ΣV: Eksik hacimlerin (V) en büyüğü hazne hacmi olarak seçileceğinden.

Faydalı Hazne hacmi=(2.5+3.5+2.5) m³/s/ayx30x86400= 22 10⁶ m³

Ölü Hacim

Baraj haznesinde biriken katı madde barajın ekonomik ömrünü belirler.

Baraj haznesinde katı madde yığılımı-birikimi aşağıdaki faktörlere bağlıdır;

- Hazneye gelen katı madde miktarı
- Haznede yığılan malzemenin özgül ağırlığı
- Haznenin tuzaklama oranına (haznede tutulan katı maddenin hazneye gelen katı maddeye oranı)
- Katı maddenin haznede dağılımı

$$G=1421xA^{-0.229}$$

G: bir yılda hazneye gelecek katı madde miktarı m³/km²/yıl

A: havza alanı (km²)

$$R=0.0002xG^{0.25}x(A/V)^{0.8}$$

R: her yıl katı madde getirmesi nedeniyle haznede oluşacak hacim azalması (%)

Ölü Hacmin Belirlenmesi_Örnek

1200 km² havza alanı olan bir barajın hazne hacmi 230 10⁶ m³ olacaktır.
100 yıl ekonomik ömürlü olarak planlanan barajın ölü hacmini bulunuz.

$$G=1421xA^{-0.229}$$

$$G=1421x(1200)^{-0.229} = 280 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{yıl}$$

$$R=0.0002xG^{0.25}x(A/V)^{0.8}$$

$$R=0.0002x280^{0.25}x(1200 \text{ 10}^6/230 \text{ 10}^6)^{0.8}$$

$$R= \% 0.4$$

Her yıl oluşacak faydalı hacim kaybı=230 10⁶x0.004=0.92 10⁶ m³

100 yıl sonu için ölü hacim= 100x0.92 10⁶= 92 10⁶ m³

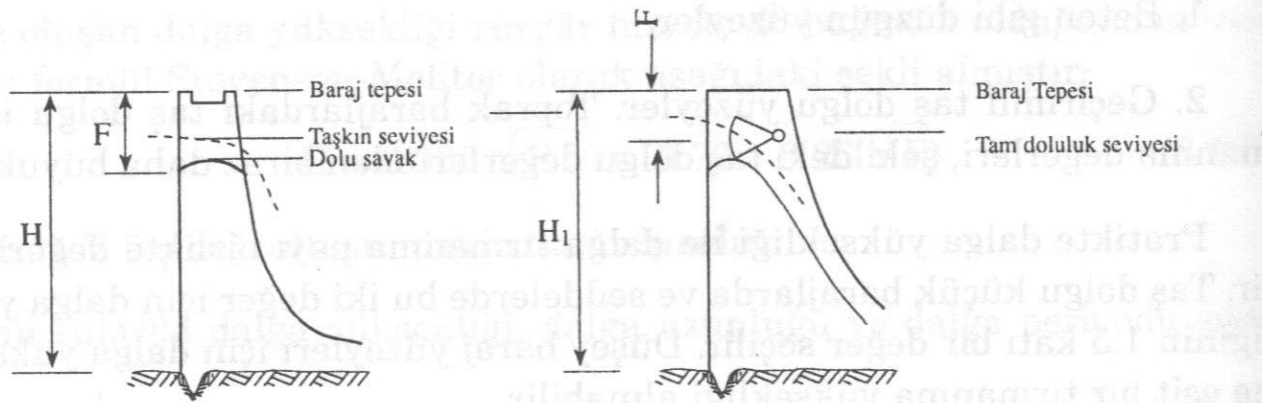
Hava Payı

Hava payı, maksimum işletme seviyesi ile barajın en üst kotu arasındaki düşey mesafedir.

Hava payı aşağıdaki etkiler dikkate alınarak belirlenir

- Taşkın barajdan geçerken dolu savak üzerinde oluşan su yükü
- Su yüzündeki rüzgar kabartı yüksekliği
- Dalga tırmanma yüksekliği
- Emniyet payı

Baraj Yüksekliği



a) Kapaksız Dolu Savak

b) Kapaklı Dolu Savak

Şekil 8.19: Kapaklı ve Kapaksız Dolu Savaklarda Hava Payı ve Baraj Yüksekliği.

Hazne İşletme Çalışmaları

- Hazne hacminin yeterli büyüklükte ve ekonomik olup olmadığı incelenir
- Savaklanacak su miktarı belirlenir
- Haznenin dolup boşalacağı aylar belirlenir.

Baraj hazne işletme çalışmaları barajın yapılış amacına göre değişkendir,

-Su kullanma amaçlı barajlarda kurak mevsimde haznede su bulunması istenir _gözlenmiş en kurak yıla gör plan yapılır

-Taşkın kontrol amacı ile yapılan barajda ise gelebilecek taşkın debileri için haznede boş hacim bulunması gerekir _gözlenmiş en büyük debiler ile çalışılır.

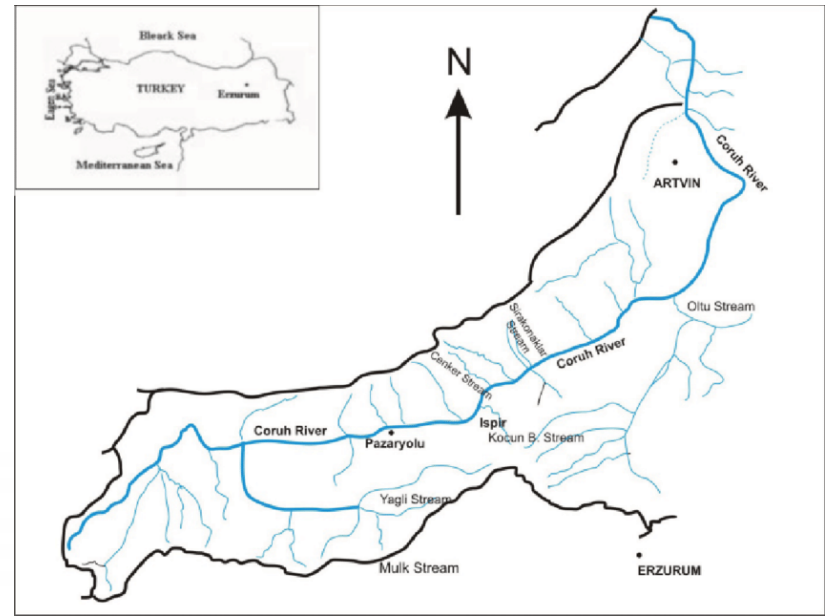
Çevresel etkiler

- Türlerin ve canlı doğal yaşam ortamlarının yok olması
- Deltaların beslenememesi
- Yeraltısuları ve doğal göller üzerindeki etkiler
- Ekonomik kayıplar
- Sosyal ve fiziksel kayıplar
- Biyolojik çevrenin bozulması, hastalıkların yayılması

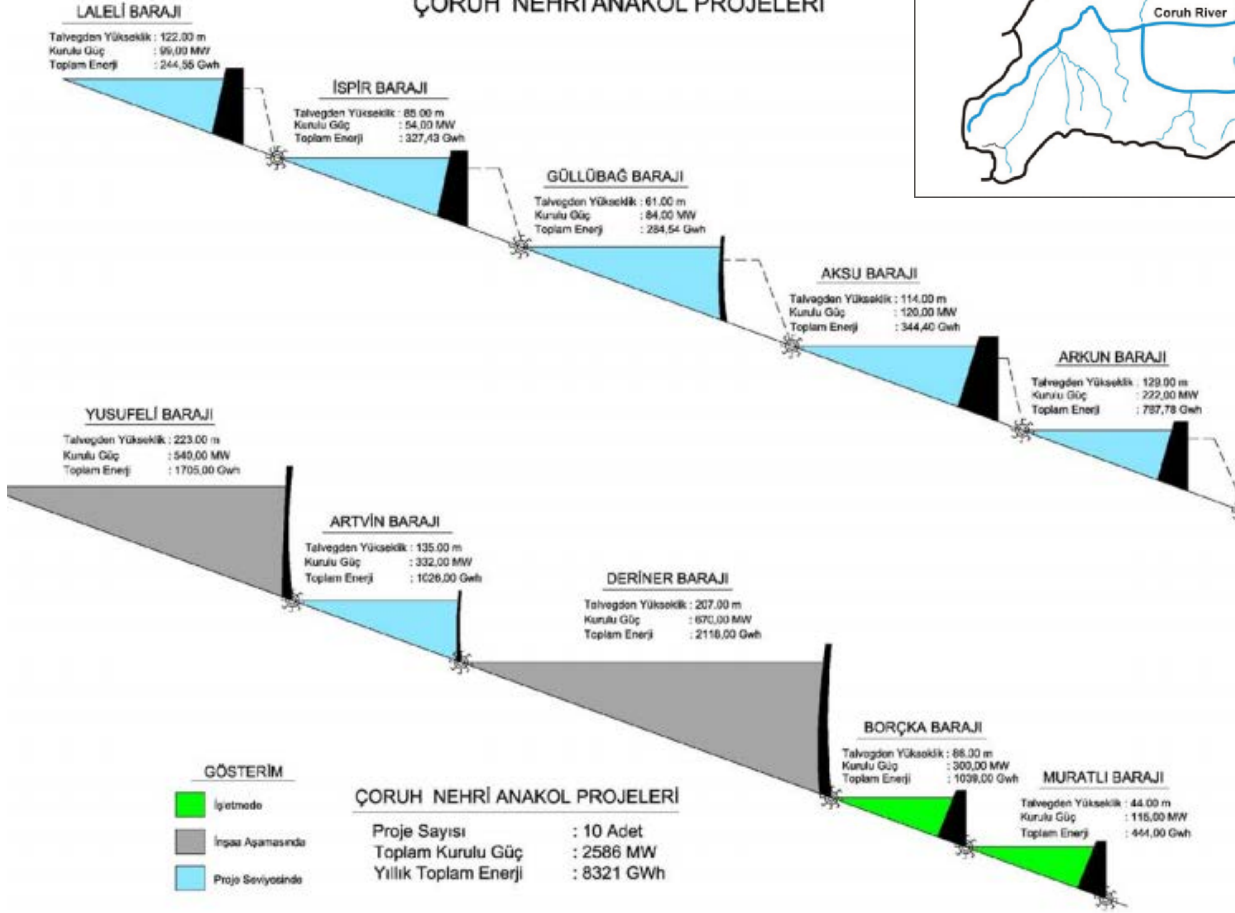
Havza alanı: 22.100 km²

Debi: 278 m³/s

Uzunluk: 438 km



ÇORUH NEHRİ ANAKOL PROJELERİ



Soru: Barajlar nedeni ile dünyanın dönüş eksenini değişebilir mi?

Three Gorges Dam

Çin Yangtze Nehri

181 m gövde yüksekliği 1000 km² hazne alanı

