



# Yeraltında Su Depolama: Yeraltı Barajları

Yeraltı barajları; yeraltındaki gözenekli ortamlarda yeraltısuyunun depolanması ve küçük ölçekli su ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla inşa edilmekte olan ve yapım teknikleri gün geçtikçe çeşitlenen ve gelişen su yapılarıdır. Dünyanın bütün kurak ve yarıkurak bölgelerinde jeolojik, hidrojeolojik koşulların uygun olması halinde inşa edilebilir.

**Dr. Ahmet APAYDIN**  
Sibel DEMİRCİ AKTAŞ  
Selin KAYA

DSİ V. Bölge Müdürlüğü  
Eskişehir yolu 8. km  
ANKARA

[aapaydin@dsi.gov.tr](mailto:aapaydin@dsi.gov.tr)

## Yeraltında Su Depolama: Yeraltı Barajları

Dünyada deniz, göl akarsu gibi su kütlelerinden buharlaşarak ve bitkilerin terlemesiyle atmosfere geçen su tekrar yağmur ve kar olarak yeryüzüne döner; akarsuları, gölleri, denizleri ve yeraltısularını besler. Sürekli olarak tekrarlanan bu olaya *su çevrimi* veya *hidrolojik çevrim* denir. Hidrolojik çevrim, yeryüzündeki suyun devamlı olarak hareket ederek katı, sıvı ve gaz hallerinde çeşitli su kütlelerine dönüşmesi olayıdır. Yeraltısuları bu çevrimin önemli bir parçası olup, yer kabuğu içindeki gözenekli ortamlarda çoğunlukla hareket halinde bulunur. Bir bölgede istenen miktar ve kalitede yeraltısuyu var ise ve doğal haliyle yer üstüne çıkmıyorsa çeşitli yöntemlerle yeryüzüne çıkarılarak faydalanmaya çalışılır.

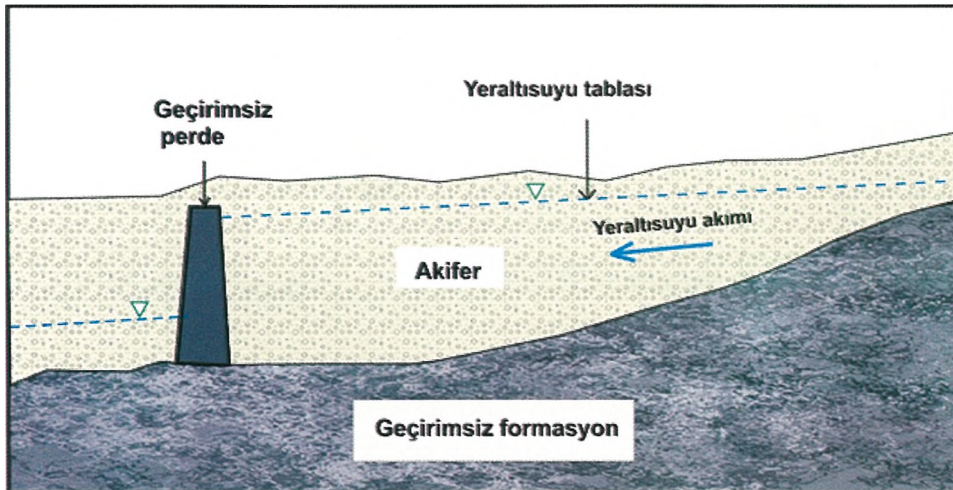
Son yıllarda yeraltısularının miktarını arttırmak veya belirli bir yerde depolamak amacıyla yapay teknikler geliştirilmiştir. Bunlardan biri de yeraltı barajlarıdır. Aslında yeraltı barajlarının bugünkülerden çok daha küçük boyutlu olarak Roma döneminden beri inşa edildiğine dair kayıtlar bulunmaktadır. Ancak yeraltı barajları günümüzde hem yaygınlaşmış, hem boyutları büyümüş, hem de yapım tekniklerinde gelişme ve çeşitlenme kaydedilmiştir.

### Yeraltı Barajı Nedir?

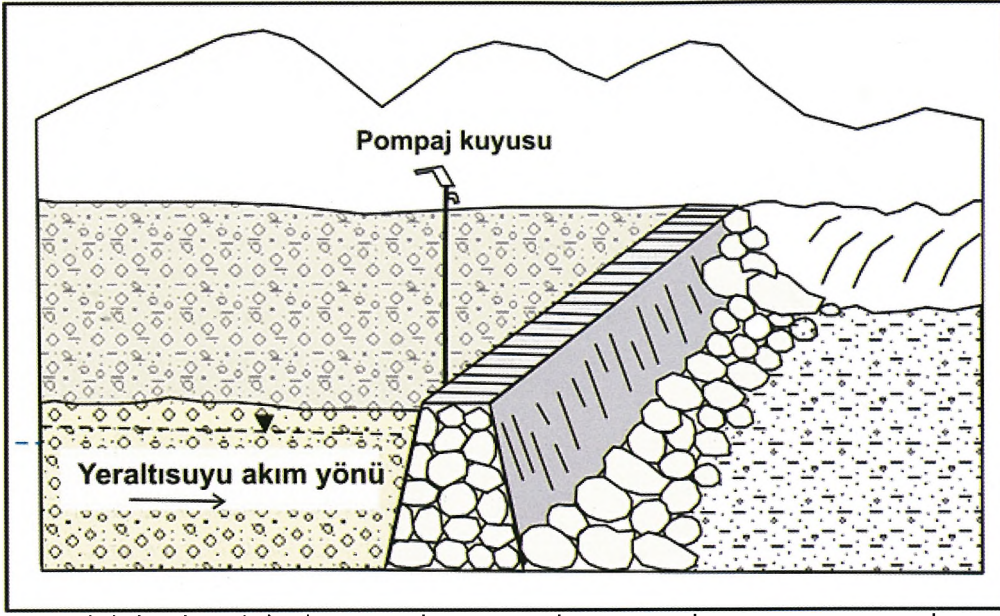
Yeraltı barajı, yeraltısuyu akımına karşı bir perde oluşturmak suretiyle suyun akifer içinde depolandığı

yeraltı mühendislik yapılarıdır. Doğal akifer içinde inşa edilebildiği gibi, yapay akifer oluşturularak da inşa edilebilmektedir. Özellikle vadilerin daraldığı yerlerde ve taneli sığ akiferlerde inşa edilmektedir. Yöntem; yeterli rezervuar hacmine ve uygun beslenme koşullarına sahip olan akiferde, genellikle geçirimsiz tabakaya oturtulan bir perde inşa edilerek yeraltısuyu akımının engellenmesi ve bu perde gerisinde suyun depolanması şeklindedir. Akiferde depolanan yeraltısuyu topografik, jeolojik, teknik ve ekonomik koşullara bağlı olarak cazibeyle veya çoğu kez kuyulardan pompajla kullanıma sunulmaktadır. Geçirimsiz perde kil, beton, betonarme veya sentetik malzemeler kullanılarak inşa edilebilmektedir.

Yeraltı barajları (Şekil 1) yararlanma amacına, gövdenin tamamen gömülü olmasına veya zemin üzerine yükselmesine, kullanılan malzemenin çeşidine göre değişik adlar alabilmektedir. Yeraltına inşa edilen depolama yapıları yeraltı barajı (groundwater dam veya subsurface dam) ve rusubat depolama yapıları (sand storage dam) olarak ikiye ayrılabilir (Nilsson, 1988). Rusubat depolama barajları veya tersip bendi (Şekil 2) bazen su depolamak amacıyla da kullanılabilir. Geçirimsiz perdenin (dam wall, cut-off wall) yeraltında tamamen gömülü olduğu barajlara batık baraj anlamına gelen "submerged dam", perdenin yeraltı depolaması ile birlikte yüzey depolaması olacak şekilde zeminden yukarıya yükseltildiği barajlara



Şekil 1. Yeraltı barajı (Santos and Frangipani, 1978)



Şekil 2. Rüşubat tutucu baraj (Sand-storage dam, Nilsson, 1988'dan sadeleştirilmiştir)

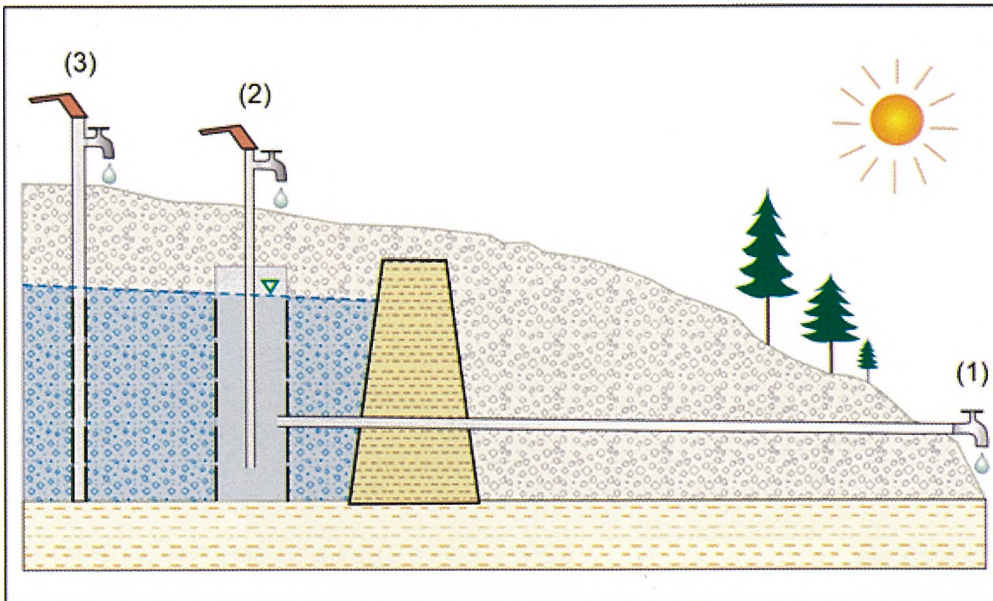
gömülebilir, batabilir baraj anlamına gelen "submersible dam" adı verilmektedir (Santos and Frangipani, 1978). Yeraltı barajlarını yerüstü barajlarındaki gibi geçirimsizliği sağlayan perdenin hangi malzemeden (beton, sıkıştırılmış kil, taş duvar veya pvc gibi sentetik malzemeler) yapıldığına göre de isimlendirmek mümkündür.

Yeraltı barajlarında cazibe ile su elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Ancak dünyadaki örneklerin çoğundan rezervuar alanında açılan kuyulardan pompajla yararlanılmaktadır. Aslında, her iki şekilde de yararlanılabilen yeraltı barajları inşa edilebilmesi mümkündür. Bu tip barajlardan,

yeraltı suyu seviyesi su alma yapısının kotundan yüksek olduğunda cazibeyle, bu seviyenin altına düştüğünde ise kuyulardan pompajla su alınması mümkün olabilir-mektedir. (Şekil 3)

### Yeraltı Barajlarının Yerüstü Barajları İle Karşılaştırılması

Yeraltı barajları, yerüstü barajlarının yapılmasının mümkün olmadığı yerlerde, yerüstü barajının maliyetinin yüksek olduğu veya verimli olmadığı durumlarda yerüstü barajının alternatifi olarak gündeme gelmektedir.



Şekil 3. Yeraltı barajlarından su elde etme seçenekleri: 1- Cazibe ile, 2-Keson kuyulardan pompaj ile, 3-Sondaj kuyularından pompaj ile (Apaydın vd., 2004)

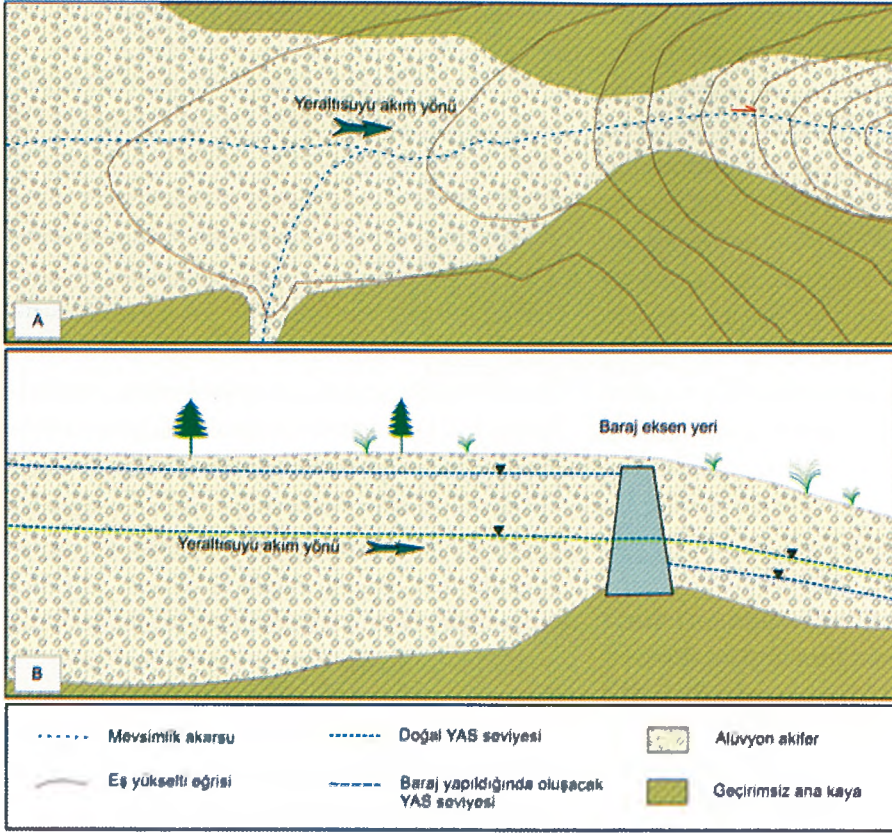
Yeraltı barajlarında rezervuar yeraltında bulunduğundan yerleşim alanları ve araziler su altında kalmadığından arazi kaybı söz konusu değildir. Deprem, aşırı yağış gibi durumlarda baraj gövdesinin yıkılma veya baraj kapakları açılarak taşkınlara neden olma veya sedimentasyonla dolarak ömrünü tamamlama riski yoktur. Yerüstü barajlarında buharlaşma kayıpları oldukça fazladır, ancak yeraltı barajlarında buharlaşma kaybı hemen hemen hiç yoktur. Yeraltı barajlarının yerüstü barajlarına göre kirlenme riski daha azdır. Yeraltı barajlarında rezervuarın dolmasından sonra yeraltısuyu geçirimsiz perde üzerinden taşarak mansaba doğru akar. Bu nedenle yerüstü barajlarındaki gibi, dolusavak inşa edilmesine gerek görülmemektedir. Yeraltı barajlarında geçirimsiz perde kalınlığı yerüstü barajlarına göre daha az tutularak maliyet düşürülebilmektedir.

Yeraltı barajlarının yukarıda özetlenen üstünlüklerine rağmen bazı olumsuzlukları bulunmaktadır. Bunlardan önemlileri; rezervuarda depolanabilecek yeraltısuyu miktarının ve akiferin beslenme koşullarının belirlenmesindeki güçlükler olup bunun için ayrıntılı hidrojeolojik çalışmaların (kuyular açılması, arazi ve lab. testleri vb.) yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar ayrı bir maliyet ve zaman gerektirmektedir. Yeraltı barajlarında depolama hacimleri ve elde edilebilecek su miktarı genellikle daha azdır. Yerüstü barajlarından su cazibeyle elde edilmektedir, ancak yeraltı barajlarından çoğunlukla pompajla yararlanılmaktadır. Bu nedenle, işletme maliyeti yerüstü barajlarına göre daha yüksek olmaktadır. Geçirimsiz perdenin kalite kontrolü, yani işlevini yerine tam olarak getirip getirmediğinin araştırılması gömülü olması nedeniyle zordur. Herhangi bir kaçak olduğunda kaçağın nedeninin inşaat hatası mı (örneğin, kilin yeterince sıkıştırılmaması), yoksa öngörülemeyen hidrojeolojik koşullardan mı meydana geldiğini saptamak zor olmaktadır. Depolama hacmi küçük veya beslenmesi az ise, akiferi yapay olarak besleyecek ek çalışmalar yapılması gündeme gelebilmektedir. Bu da ayrı bir maliyet gerektirmektedir.

## Yeraltı Barajları İçin Uygun Yerler

Yeraltı barajlarından başarılı sonuçlar alınabilmesi için, ön incelemelerden inşaat sonrasına kadar olan bütün çalışmalarda özellikle hidrojeoloji ve mühendislik jeolojisi konusunda uzman mühendislerle diğer mühendislerin (inşaat, makine, harita, meteoroloji müh.) koordineli çalışması zorunludur. Yer seçimi ve projelendirme yapılmadan önce, havza hidrolojisi ve hidrojeolojisi kapsamında yağış, yüzeysel akış, yeraltısuyu beslenimi konularının araştırılması gerekmektedir. İnşa edilecek gövdenin arkasında yeterli hacimde gözenekli ortam olsa bile, akiferin depolama alanında ve depolama alanı gerisinde beslenme koşullarının istenen nitelikte olması son derece önemlidir. Bunun için akiferin yayılımının geniş, süzülmenin fazla olması açısından akiferin ve varsa üzerindeki toprak örtünün kaba taneli olması avantajdır. Ayrıca, akiferin boyutlarının yanında, depolama özellikleri (pompalama testleri ve lab. deneyleri ile belirlenebilir), taban formasyonunun geçirimsizliği, derinliği, yeraltısuyu seviyesi ve değişimi, depolanacak suyun nasıl elde edilebileceği (cazibeyle veya kuyulardan pompajla), cazibeli olarak yararlanılması mümkünse su alma yapısının kotu ve boru çapı, gövdenin inşası için geçirimsiz malzeme olanakları vb. konuların ayrıntılı olarak araştırılması ve projelendirmenin bu çalışmalardan elde edilen verilere göre yapılması gerekmektedir. Ayrıca, yeraltısuyu kalitesinin (kimyasal, fiziksel ve bakteriyolojik açıdan) kullanma amacına uygunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Yeraltı barajının yapılabilmesi için aşağıdaki koşulların uygun olması istenmektedir.

- Kalınlığı genellikle 10-15 m'yi geçmeyen alüvyon ortamlar tercih edilmektedir. Ancak kazı güçlüğü ortadan kaldırıldığında, daha kalın alüvyonlarda da yeraltı barajı yapılabilmektedir. Topografyanın uygun olması halinde, kalınlık arttıkça depolama hacmi ve dolayısıyla da yararlanılabilecek su miktarı artmaktadır (Şekil 4).

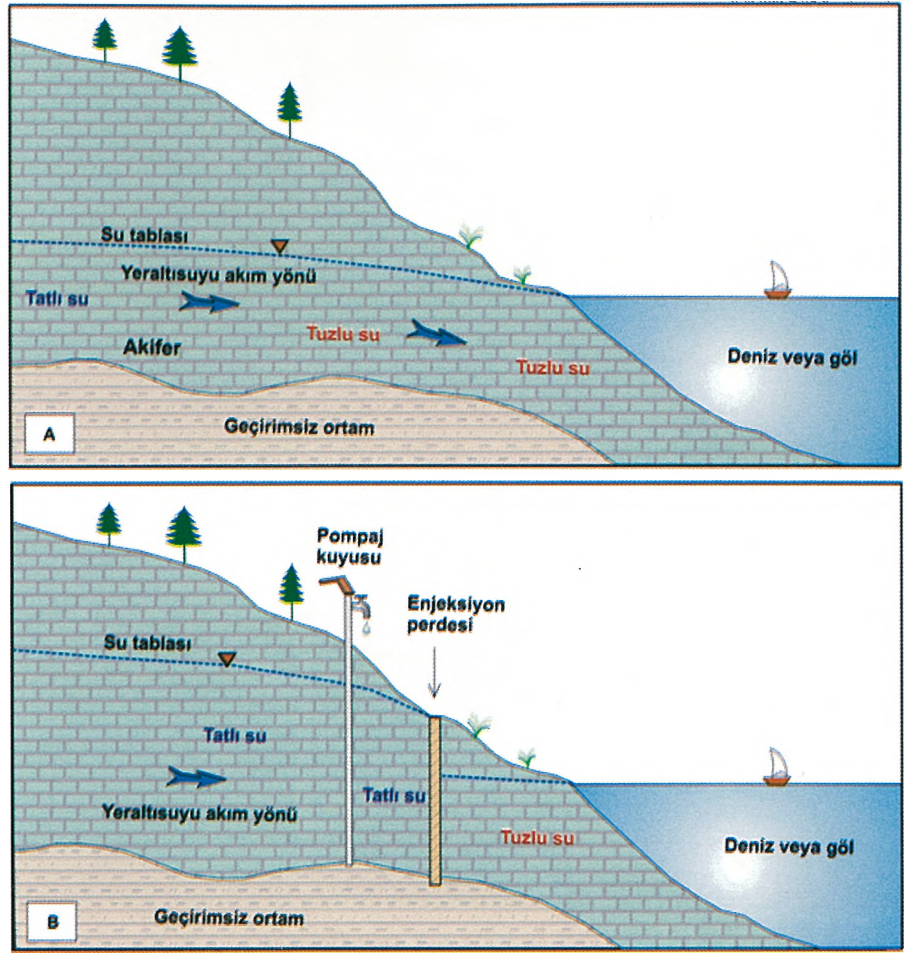


- Kaya akiferlerinde de inşa edilen yeraltı barajları mevcuttur. Örneğin, Japonya’da karstik kireçtaşlarında enjeksiyonla inşa edilen yeraltı barajının yüksekliği 65 m’dir (Şekil 5).
- Akifer kaba taneli veya kırıklı-çatlaklı-erime boşluklu, depolama katsayısı (S) ve hidrolik iletkenliği (K) yüksek olmalıdır.
- Alüvyonun veya kaya akiferinin altında kazılabilecek veya etkili enjeksiyon yapılabilecek derinlikte geçirimsiz ortam bulunmalıdır.
- Akiferin yüzey alanı ve beslendiği havza alanı geniş olmalı, olmasa bile yağışlı aylarda akifere beslenimin olabileceği yeterli yüzeysel akışın veya akifere yan formasyonlardan beslenim olmalıdır.
- Kazıda ve dolguda ekonomik ve teknik güçlükler yönünden akifer formasyonun daraldığı ve kalınlığının azaldığı bir boğaz olmalıdır.
- Gövde inşa edildiğinde, gövde gerisinde suyun depolanabileceği yeterli büyüklükte yeraltı rezervuarı oluşabilmelidir. Bu, topografik eğimin

az olması, perde gerisinde akiferin kalınlaşması ve yayılımının artması halinde mümkündür. Ancak bu koşul her durumda zorunlu değildir. Eğimin fazlalığından dolayı kret kotu altında kalan depolama hacmi az olsa dahi, akifer havza gerisine doğru geniş alanlara uzanıyorsa ve yeterli miktarda besleniyorsa, yeraltı barajı inşa edilmesi mümkündür.

### Yeraltı Barajlarına Türkiye ve Dünyadan Örnekler

Suyun yeraltında depolanması yeni bir uygulama değildir. Romalılar zamanında Sardinia Adası ve Tunus’ta yeraltı barajı inşa edilmiş olması, Kuzey Afrika’da bu işin çok eskilerden yapıldığını göstermektedir. 18. yüzyılda Arizona’da (ABD) yapay kum-depolama (sand-storage dam) barajı konusunda bir rapor bulunmaktadır (Nilsson, 1988). Yakın tarihlerde ise dünyanın birçok bölgesinde, özellikle de Japonya, Hindistan, Güney ve Doğu Afrika ve Brezilya’da yeni teknikler geliştirildiği ve uygulandığı görülmektedir. UNESCO, Afrika’da birkaç barajın yapımını



Şekil 5. Kıyı akiferlerinde enjeksiyon perdesi yöntemiyle yeraltı barajı yapımı (a: Baraj yapılmadan önceki durum, b: baraj yapıldıktan sonraki durum)

desteklemiştir. Uygun yerler seçildiğinde ve tekniğine uygun bir şekilde inşa edildiğinde yeraltı barajlarının başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

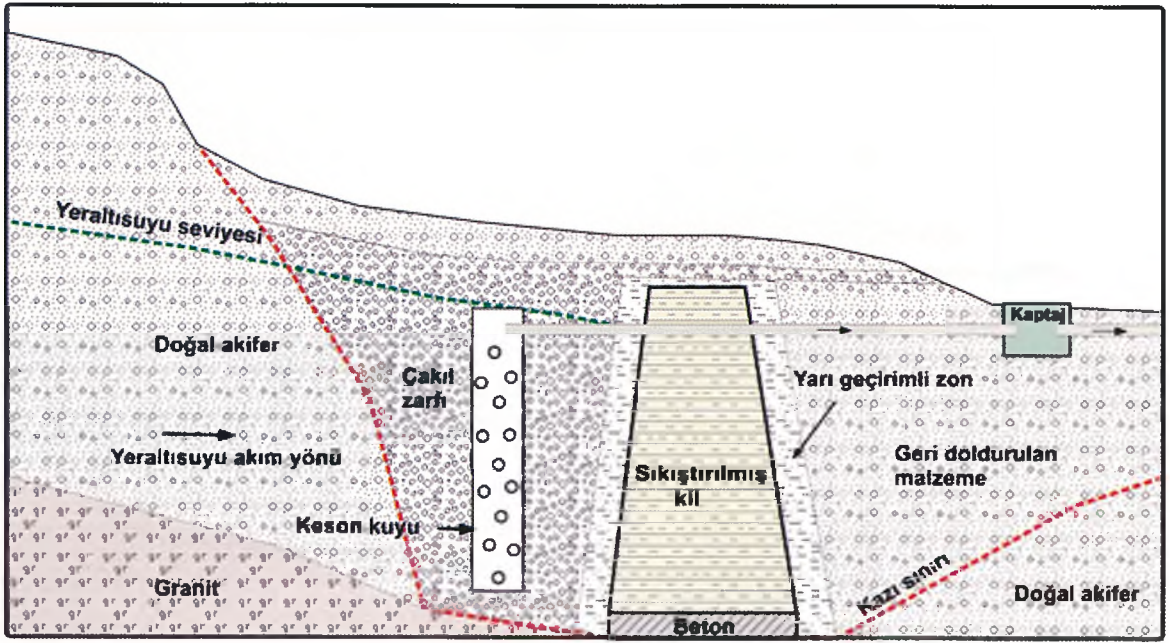
Ülkemizde Topraksu Teşkilatı ve daha sonra Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından inşa edilen küçük ölçekli yeraltı barajlarının olduğu bilinmektedir. Bu yapılar depolamadan ziyade, gövde gerisine gelen yeraltısuyu akışını toplayıp cazibe ile isale hattına çeviren bent şeklindeki yapılardır. Bunlarda çoğunlukla beton perde kullanılmıştır.

Ülkemizde ilk büyük ölçekli yeraltı barajı İzmir Çeşme’de inşa edilmiştir. Söz konusu baraj, DSİ tarafından enjeksiyon perdesi oluşturularak deniz suyu girişimini önlemek ve yeraltısuyu kıyı akiferi içinde depolamak amacıyla projelendirilmiştir. Projenin finansmanı Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından yapılmıştır.

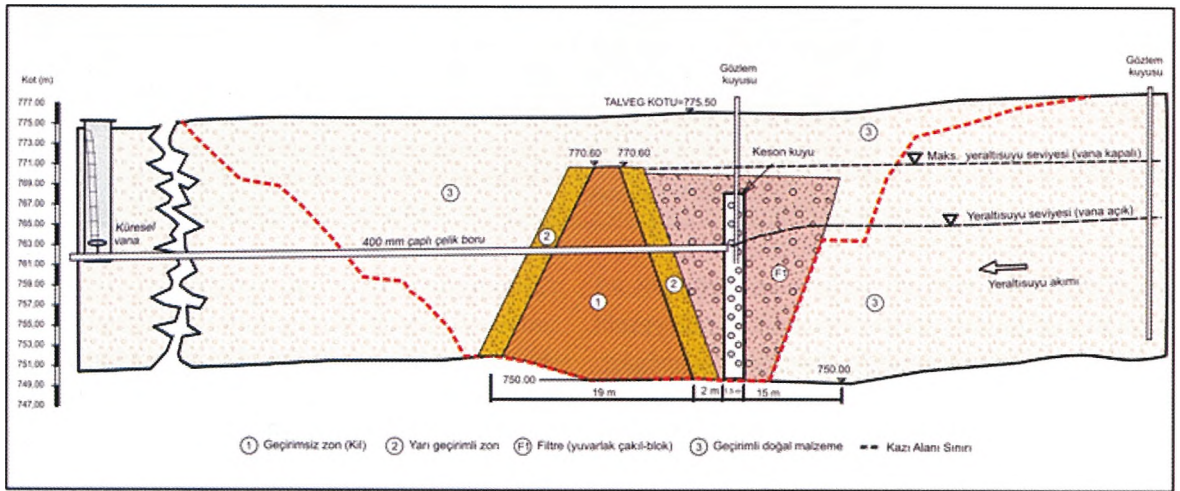
Ülkemizde vadi alüvyonlarında son yıllarda inşa edilen iki yeraltı barajı; Kırıkkale-Yahşihan yeraltı barajı ve Ankara-Kalecik’teki Maliboğazı yeraltı barajlarıdır. Köy Hizmetleri Kırıkkale İl Müdürlüğü tarafından DSİ V. Bölge Müdürlüğü’nün teknik yardımı ile Kırıkkale’nin Yahşihan ilçesinde inşa edilen baraj, Yahşihan’a ve Kırıkkale Üniversitesi’ne cazibe ile içme suyu sağlayan proje 2003 yılında tamamlanmıştır (Şekil 6).

Orta Anadolu’da inşa edilen bir diğer önemli yeraltı barajı Ankara’nın Kalecik ilçesindedir. Kızılırmak’tan yapılan Gökçeören Pompaj Sulamasını cazibe ile takviye etmek amacıyla Maliboğazı mevkiinde inşa edilen yeraltı barajının ayrıntılı etütleri 2003-2004 yılında yapılmıştır. Baraj inşaatı 2004 yılı sonunda tamamlanmıştır (Şekil 7 ve 8).

Kil çekirdekli zonlu toprak gövde tipindeki barajın gövde yüksekliği 20,60 m, aktif depolama



Şekil 6. Yahşihan yeraltı barajı kesiti (Apaydın, vd., 2008)



Şekil 7. Malıboğazı yeraltı barajı kesiti (Apaydın vd., 2004)

kapasitesi 50 bin metreküptür. Akiferin özgül verimi 0,15'dir.

Dünyada yeraltı barajlarının en fazla inşa edildiği ve bu konuda en fazla deneyimin yaşandığı ülkelerden biri Brezilya'dır. Ülkenin yarıkurak iklim koşullarına sahip olan kuzey bölgesindeki jeolojik koşulların uygun olmasıyla çok sayıda yerüstü barajı inşa edilmiştir. Ancak buharlaşmanın çok yüksek olması nedeniyle su kaybı fazla olmaktadır. Bu nedenle, sadece Pernambuco eyaletinde

1990'lı yıllarda 500 adet küçük ölçekli yeraltı barajı inşa edilmiştir (Foster, 2002). Barajlar içme ve sulama suyu sağlamada kullanılmaktadır. Bu barajlardan derin alüvyonlarda inşa edilenler (10 m civarında) teknik-bilimsel çalışmalarla yer seçimi yapılan, sulama amacına yönelik olan, mekanik araçlarla kazılan ve inşa edilen, plastik membran kullanılan, geniş çaplı keson kuyulardan pompajla su alınan ve teknik olarak gözlem altında tutulan büyük yapılardır (Şekil 9).

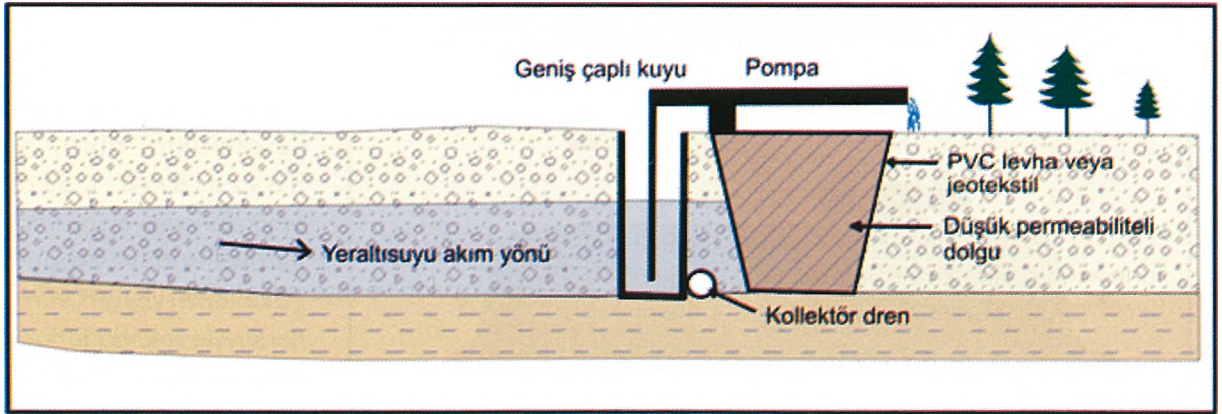


**Şekil 8.** Maliboğazi yeraltı barajından görüntüler (1: Kazıların başlangıcı, 2: Gövde inşaatı ve keson kuyu şeklindeki su alma yapısı, 3: Barajdan elde edilen suyun ana kanala dökülüşü, 4: İnşaatın tamamlanmasından ve yatakta düzenleme yapılmasından sonraki görünüm

Devlet tarafından yapılan küçük ölçekli yeraltı barajı tip projesi (Apaydın, vd., 2005)

Japonya, özellikle kaya akiferlerinde enjeksiyonla büyük boyutlu yeraltı barajlarının inşaa edildiği bir ülkedir. 1990 yılından sonra, Japonya Tarım

Arazilerini Geliştirme Ajansı (JALDA), Miyakojima Adalarında, dünyanın en büyükleri olacak iki adet yeraltı barajı inşa etmiştir. Tokyo'nun 1900 km güneybatısındaki adanın alanı 159 km<sup>2</sup>'dir. Ada, Sub-tropikal iklime sahip olup, yıllık ortalama sıcaklık ve nem yüksektir (23 °C ve %79). Yıllık



**Şekil 9.** Brezilya'da Pernambuco eyaletinde kuraklıkla mücadele çalışmaları kapsamında



yağış miktarı yüksek olmasına rağmen (2200 mm) yıl içindeki dağılımı çok düzensizdir. Ada, geçirimsizliği yüksek olan kireçtaşları ile kaplı bir plato düzlüğü şeklinde olduğundan, yüzeysel akış oluşmamaktadır.

Temeldeki Shimajiri çamurtaşları geçirimsiz tabanı oluşturur. Ortalama hidrolik iletkenliği  $2 \times 10^{-6}$  cm/s'dir. Bunun üzerinde, hidrolik iletkenliği  $3.5 \times 10^{-1}$  cm/s olan Lyukyu kireçtaşları bulunur. Akifer olan bu birimin kalınlığı 10 m ile 70 m arasında değişmektedir. Akiferin depolama katsayısı %10-15 arasındadır. Akiferde tektonizma ile karstik akım kanalları oluşmuştur. Bu nedenle de büyük miktardaki yağışın % 40'ı yeraltına süzülme ve kullanılmadan okyanusa boşalmaktadır. Yağışın % 50'si de buharlaşmaktadır. Dolayısıyla, yağışın sadece % 10'u yüzeysel akışa geçebilmektedir. Bu nedenle de adanın su potansiyelinden gerektiği gibi yararlanılamamaktadır. Adanın hidrojeolojik ve topografik yapısı yeraltı barajı için uygundur (Şekil 10).

Miyakojima adasındaki iki yeraltı barajının yıllık toplam depolama kapasitesi 20 milyon  $m^3$ 'tür.

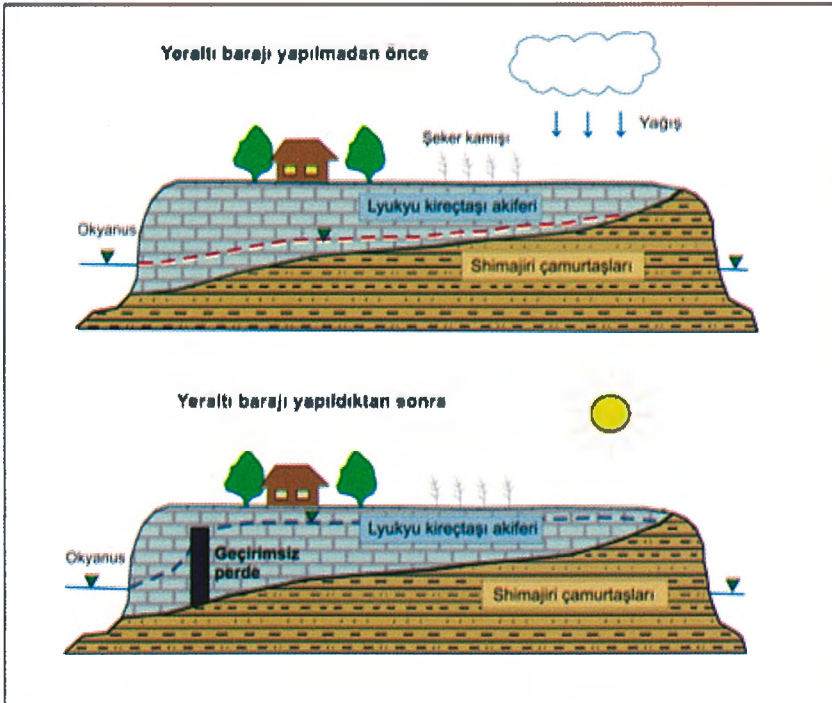
Bu proje dünyanın en büyük yeraltı barajı projesidir. Proje, 2001 yılında tamamlanmıştır ve şu anda her iki baraj da ağızına kadar doludur. Cut-off perdesi enjeksiyonla inşa edilmiştir. 147 adet sondaj kuyusundan pompajla elde edilen su çiftlik havuzlarına aktarılmakta ve oralardan da adanın tamamına dağıtılmaktadır (Ishida, et al, 2003). Bu barajlardan sonra Japonya'nın batısındaki Ryukyu ve Amami adalarında da yeraltı barajlarının yapımı planlanmıştır (Nagata, 1993). Ayrıca, Waite, Tengakuma, Tunegami, Kabasima, Minafuku ve Kaki adalarında yeraltı barajları inşa edilmiştir (Nagata, 1994).

## SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yeraltı barajları dünyanın bütün yarıkurak bölgelerinde jeolojik, hidrojeolojik koşulların uygun olması halinde inşa edilebilir. Yeraltı barajları kırsal kesimdeki insanlara daha kaliteli ve sürekli su sağladığından çok önemlidir.

Ülkemizde özellikle alüvyon vadilerinde yeraltı barajı için uygun yerler bulunmaktadır. Ayrıca, taşkın koruma amacıyla inşa edilen tersip bentlerinden su depolama amacıyla da

yararlanılması düşünülmelidir. Özellikle Ankara, Çankırı, Çorum ve Kırıkkale illerindeki birçok yan havzada genel olarak orta yukarı bölümlerde metamorfikler, kristalin kayalar ve volkanikler gibi yüzey ve yeraltısuyu kalitesini bozmayan jeolojik formasyonlar ile tatlı su içeren alüvyon akiferleri yeraltı suyu depolamakta olup, yan havzaların aşağı bölümlerinde ve ana vadiler ile ovalarda ise evaporitik çökeltilerin yaygın olması nedeniyle sularda tuzlanma sorunu bulunmaktadır. Havza yukarılarına doğru



Şekil 10. Miyakojima adasında yeraltı barajı yapılmadan önceki ve sonraki durum (Apaydın, vd., 2005)

gidildikçe su kalitesi iyileşmekte, ancak yağış havzası ile akiferin alanı daralarak ve kalınlığı azalarak küçülmekte; bunun sonucu olarak da yeraltısuyu potansiyeli azalmaktadır. Ayrıca, yeterli hacme ve beslenme koşullarına sahip olmayan havza yukarıdaki vadi alüvyonları hem aşırı kullanımdan, hem de kuraklıktan çok çabuk etkilenmektedir. Bu tür alanlarda uzun yıllar önce inşa edilen drenaj tesisleri son yıllarda yaşanan kuraklık nedeniyle yeraltısuyu seviyesinin düşmesi sonucunda tamamen askıda kalmış ve kullanılamaz duruma gelmiştir. Bazı tesislerden ise yılın ancak yağışlı aylarında su elde edilebilmekte, suya en çok ihtiyaç duyulan aylarda su seviyesinin düşmesi sonucunda yararlanılamamaktadır. Su ihtiyacını kuyulardan elde eden yerleşim birimleri ise benzer şekilde su seviyesinin düşmesi nedeniyle ya pompalarını daha derine monte ederek çözüm aramakta veya kuyularını derinleştirmektedirler. Ancak bu bölgelerde akiferler sığ olduğundan (çoğunlukla 15-20 m) kuyuların derinleştirilmesi hidrojeolojik olarak anlamsız olmaktadır. Sonuç olarak, bu tür dar vadilerde baraj, gölet gibi yüzey depolamalarıyla birlikte tatlı yeraltısuyunun havza aşğılarına giderek tuzlanmasını önlemek veya akiferlerde daha fazla su depolayarak yerleşim birimlerine sağlıklı ve sürdürülebilir su sağlamak amacıyla yeraltı depolama projelerinin de uygulamaya konması gerekmektedir.

## Kaynaklar

- Apaydın, A., Demirci Aktaş, S., Ekinci, O., 2005, Su Kaynaklarının Değerlendirilmesinde Farklı Bir Yaklaşım:Yeraltı Barajları, II. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 153-165, 21-24 Eylül, 2005, Gümüşdör-İzmir.
- Apaydın, A., Demirci Aktaş, S., Kaya, S., 2008, Orta Anadolu bölgesinde Kuraklıkla Mücadelede Alternatif Öneri:Yeraltı Barajları, Kuraklık ve Su Yönetimi Toplantısı Bidiri Kitabı, 184-198, 15-16 Mayıs 2008, DSİ V. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Foster, S., 2002, Subsurface Dams to Augment Groundwater Storage in Basement Terrain for Human Subsistence-Brazilian Experience, World Bank Case Profile Collection No:5,5p.
- Ishida, S., Kotoku, M., Abe, E., Fazal, M.A., Tsuchihara, T. And Imaizumi, M., 2003, Construction of Subsurface Dams and Their Impact on the Environment, RMZ-Materials and Geoenvironment, Vol. 50, No. 1, pp. 149-152.
- Nagata, S., Enami, N., Nagata, J. and Katho, T., 1993, Design and Contruction of Cut-off Walls for Subsurface Dams on Amami and Ryukyu Islands in the Most Southwestern Part of Japan, Hydrogeology, Selected Papers, Vol.4, pp. 229-245.
- Nagata, S., Azuma, K., Asano, M., Nishijima T., Shiiba, H., Yang, D.S.. and Nakata, R., 1994, Nakajima Subsurface Dam, Proceedings of 21<sup>st</sup> Annual Conference, Sponsored by the Resources Planning and Management Div./ASCE May 23-26, Denver, Colorado, <http://danielsandhouse.com/subsurface-dam.shtm>
- Nilsson, A., 1988, Groundwater Dams for Small-Scale Water Supply, IT Publication, 69 pp.
- Santos, J-P. dos and Frangipani, A., 1978, "Barragens Submersas - Uma Alternativa Para Nordeste Brasileira," in Congresso Brasileiro de Geología de Engenharia, Vol. 2, "São Paulo," pp. 119-126 (Anais ABGE, 1).