

İNS106

İnşaat Mühendisleri için Jeoloji

Yeraltı Suları ve jeolojisi

Prof. Dr. İnan KESKİN

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

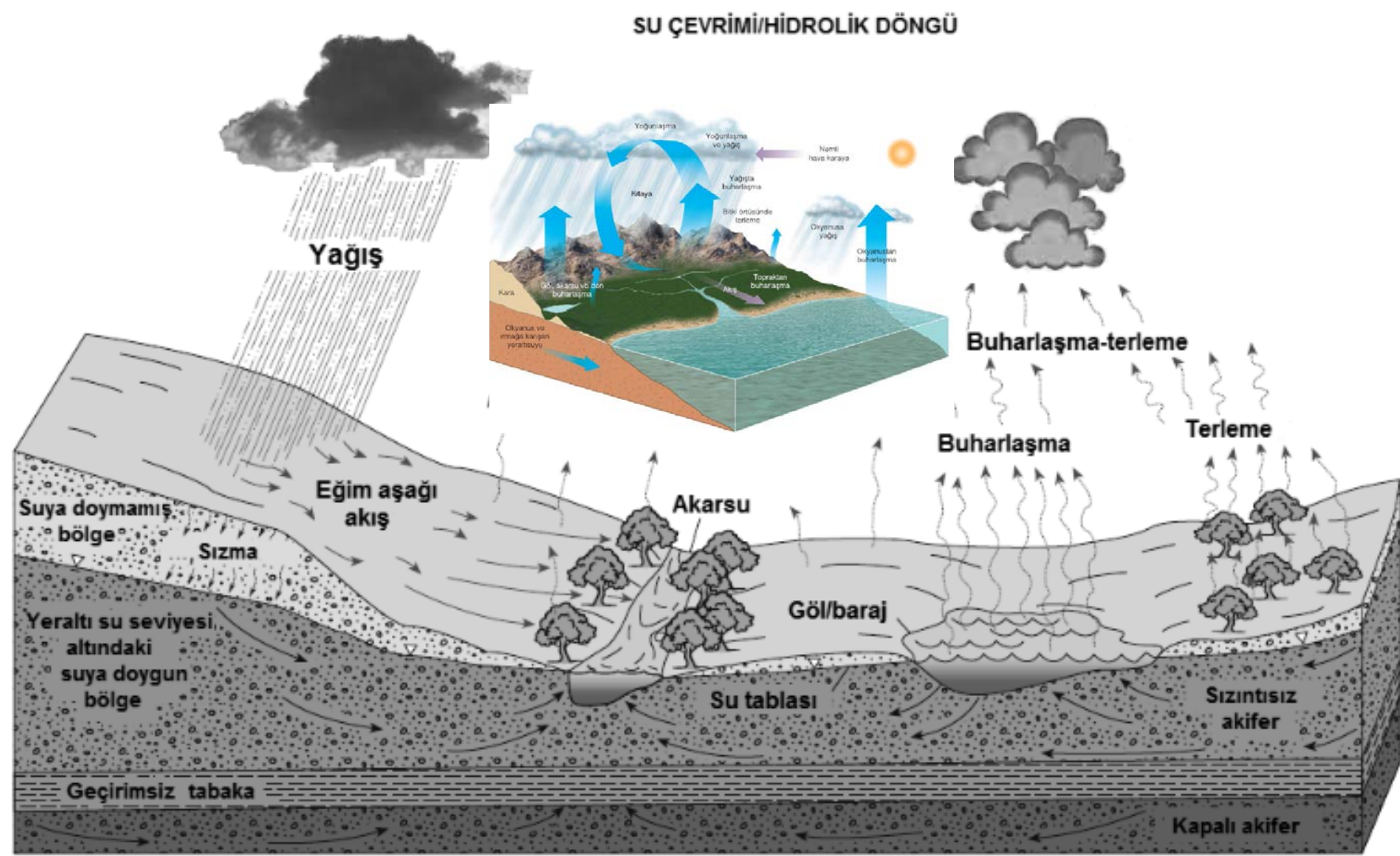
www.inankeskin.com

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.

YERALTI SULARI

Yeraltı suyu, yeraltındaki sediman ve sedimanter kayacı oluşturan taneler arasındaki boşlukları ve diğer tüm kayalardaki kırık ve çatlakları dolduran sudur. Diğer bir ifade ile yeryüzüne inen suların bir kısmının geçirimli bir tabakadan yeraltına sızıp geçirimsiz bir tabaka üzerinde birikmesine **yeraltı suyu** oluşur.



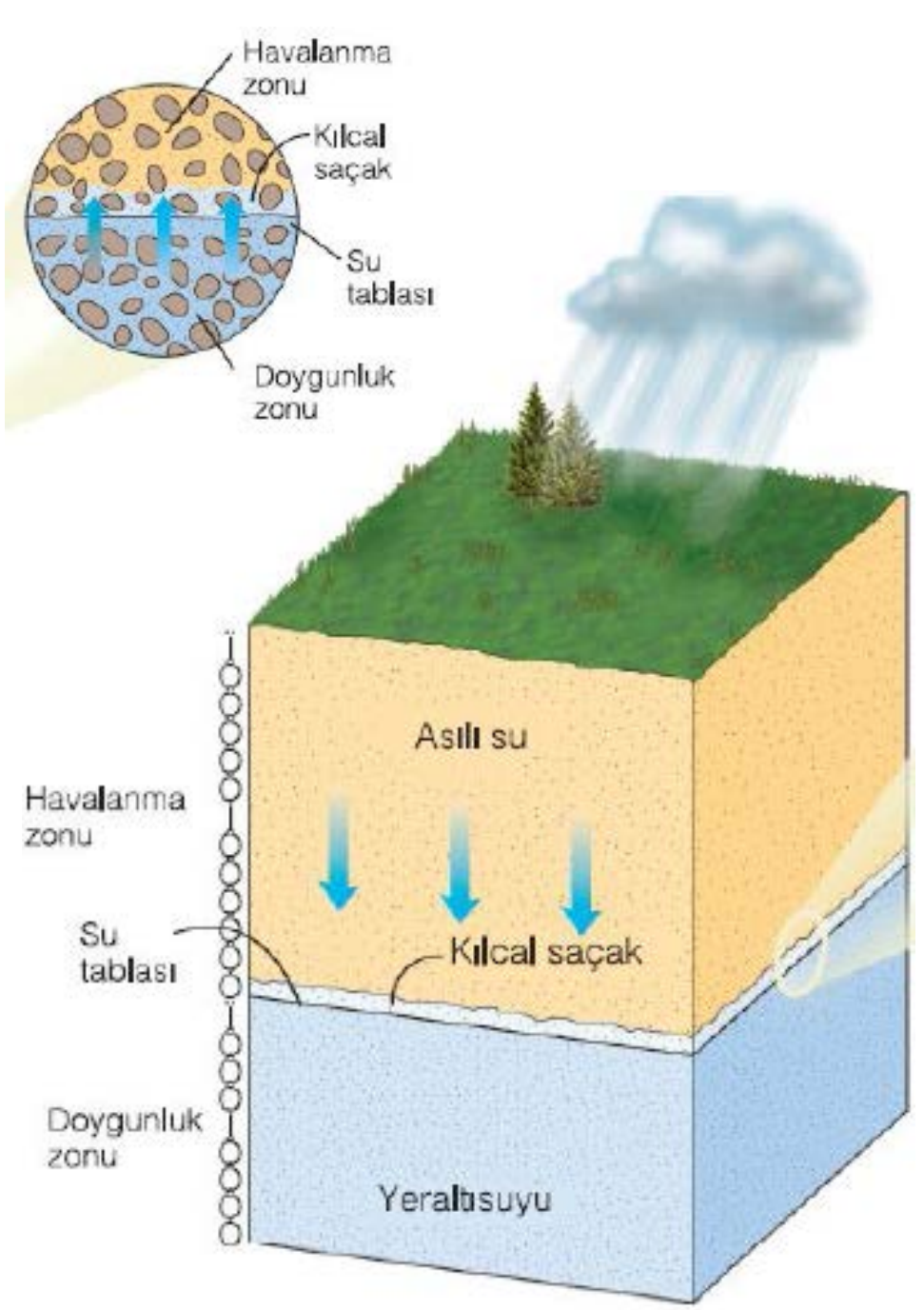
YERALTI SUYU TABLASI

Yerin altında hareket eden suyun küçük bir miktarı, içinde hareket ettiği malzeme tarafından tutulur ve aşağı doğru ilerlemesi durur. Bu sulara **asılı su** denilir.

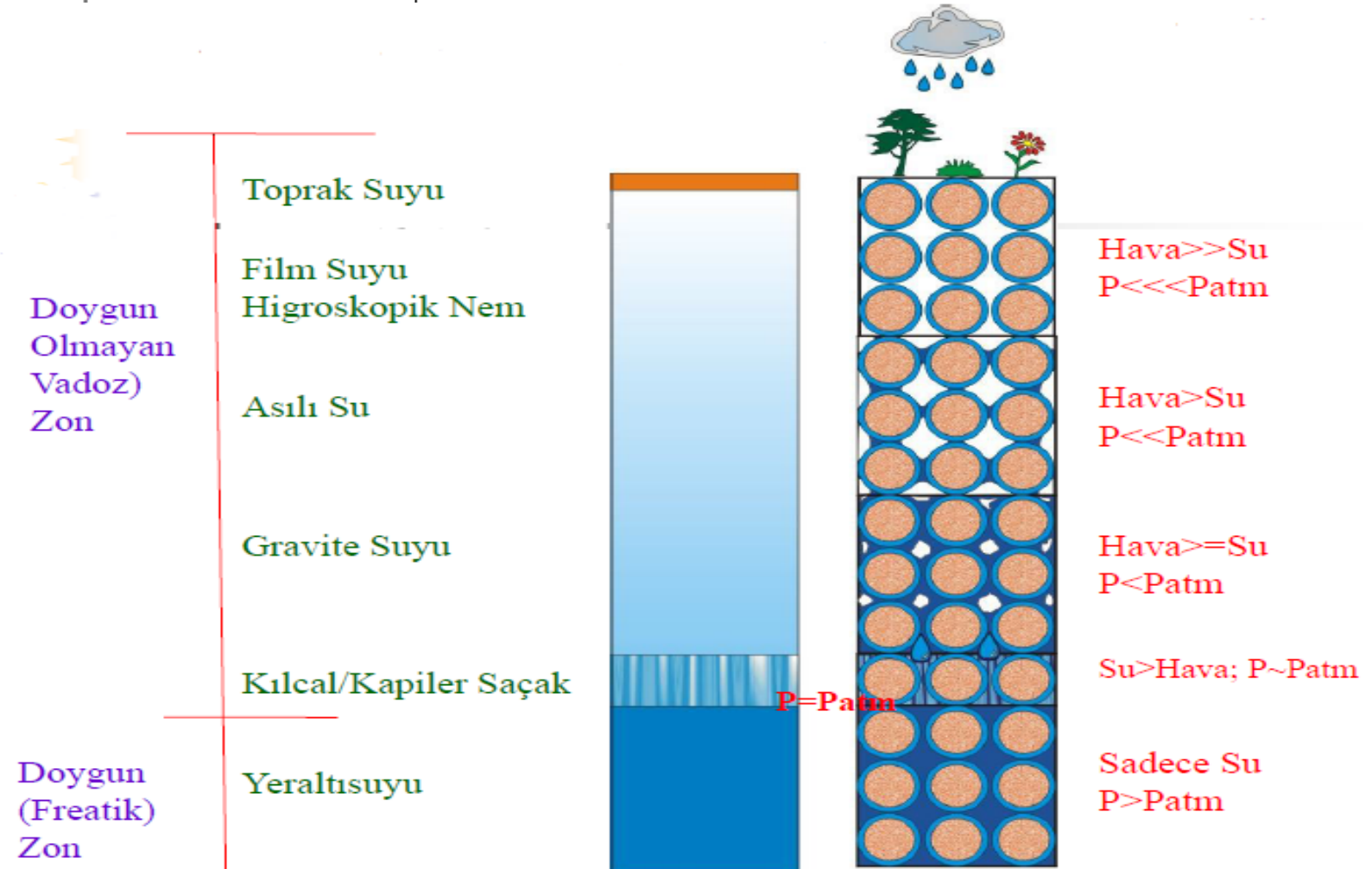
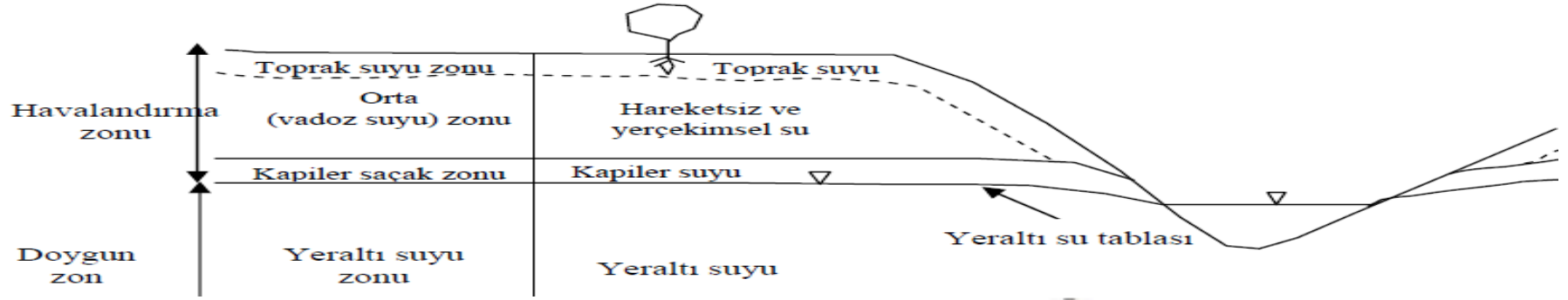
Asılı su olarak tutunan sudan geriye kalanı ise daha aşağıya doğru süzülür ve erişebildiği tüm gözenekleri doldurana kadar birikir ve **doygun kuşağı** oluşturur.

Boşlukları büyük ölçüde havadan oluşan **havalanma kuşağı** ile altındaki su ile dolu **doygunluk kuşağı** ayıran yüzeye **su tablası** denir.

Doygunluk kuşağından düzensiz olarak yukarı doğru kalınlığı birkaç cm ile birkaç m arasında değişen bölgeye **kılcal saçak** denir. Yüzey gerilmesi yüzünden bu bölgede su, kağıt havluda olduğu gibi yukarı doğru hareket eder.



YERALTI SUYUNUN DÜŞEY TOPRAK PROFİLİNDE DAĞILIMI



YERALTI SULARI NERELERDE BULUNABİLİR?

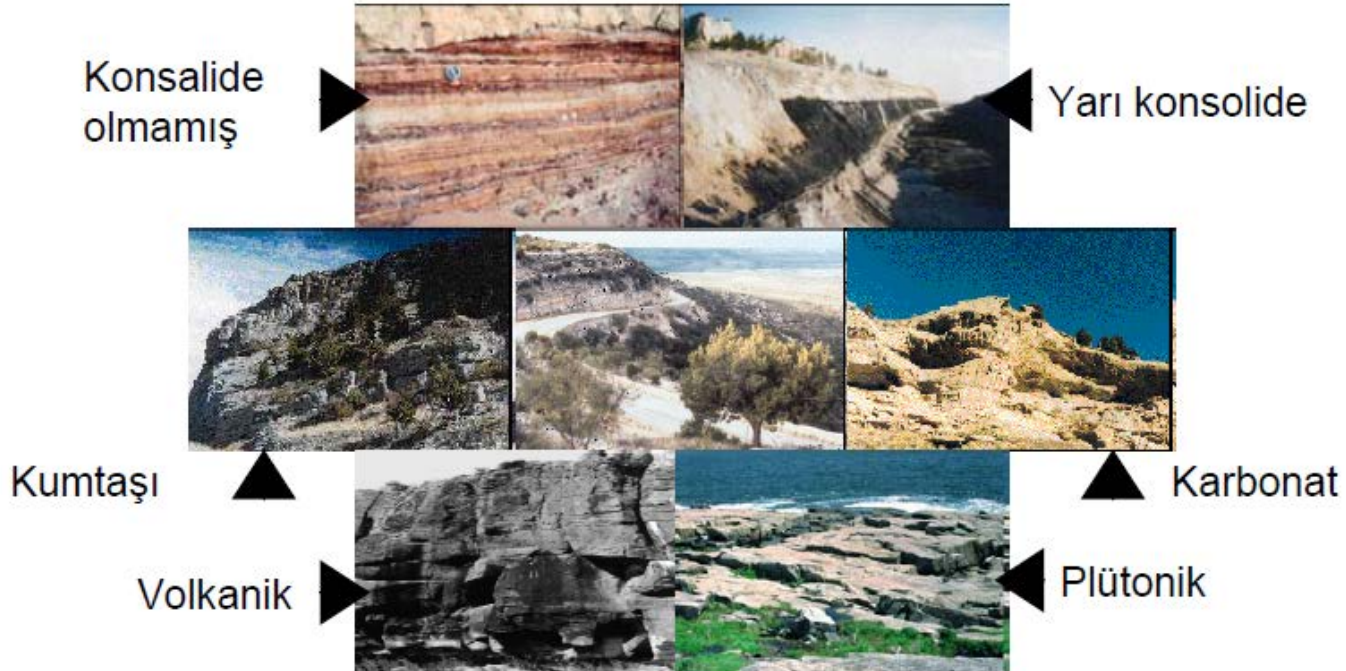
Hidrojeolojik Birimler

Akifer: Suyu depolayan ve önemli miktarlardaki suyu yeterli hızla kuyulara ulaştıran bir jeolojik birimdir. *Su taşır ve su iletir.* Taneleri iyi boylanmış ve yuvarlanmış olan kum ve çakıl çökeltileri en iyi akiferlerdir. Çatlakları ve tabaka arası yüzeyleri çözünme ile genişleyen kireçtaşları da iyi akifer özelliği gösterirler. *Çakıl, kum, kumtaşı, karstik kireçtaşı vb.*

Akitard: Su taşır ve suyu az iletir. *Killi ince kum, Killi siltli kum, Silt vb.*

Akiklud: Su taşır ve suyu iletmez. Şeyller ile birçok çatlaksız magmatik ve metamorfik kayaç geçirimsiz olduğundan dolayı kötü akiferlerdir. *Kil, Siltli Kil.*

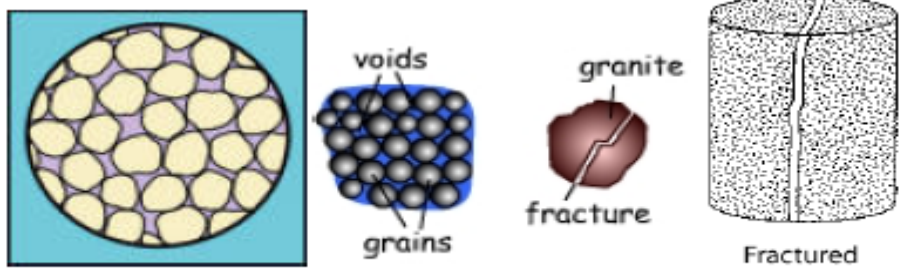
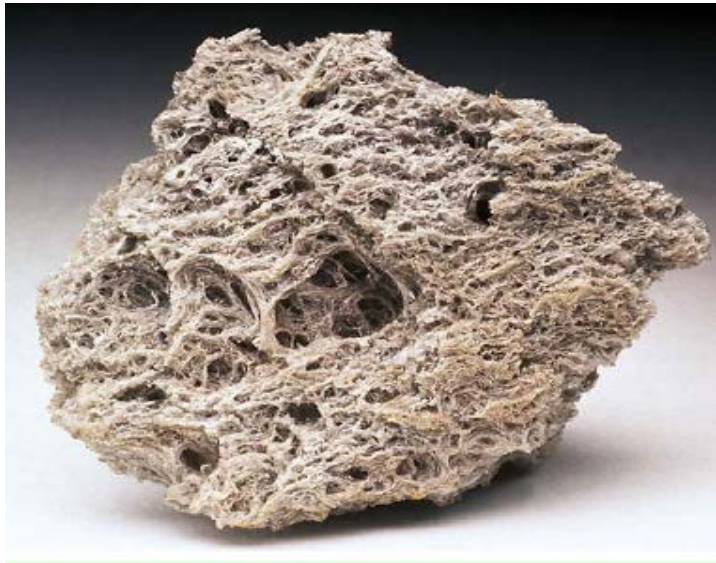
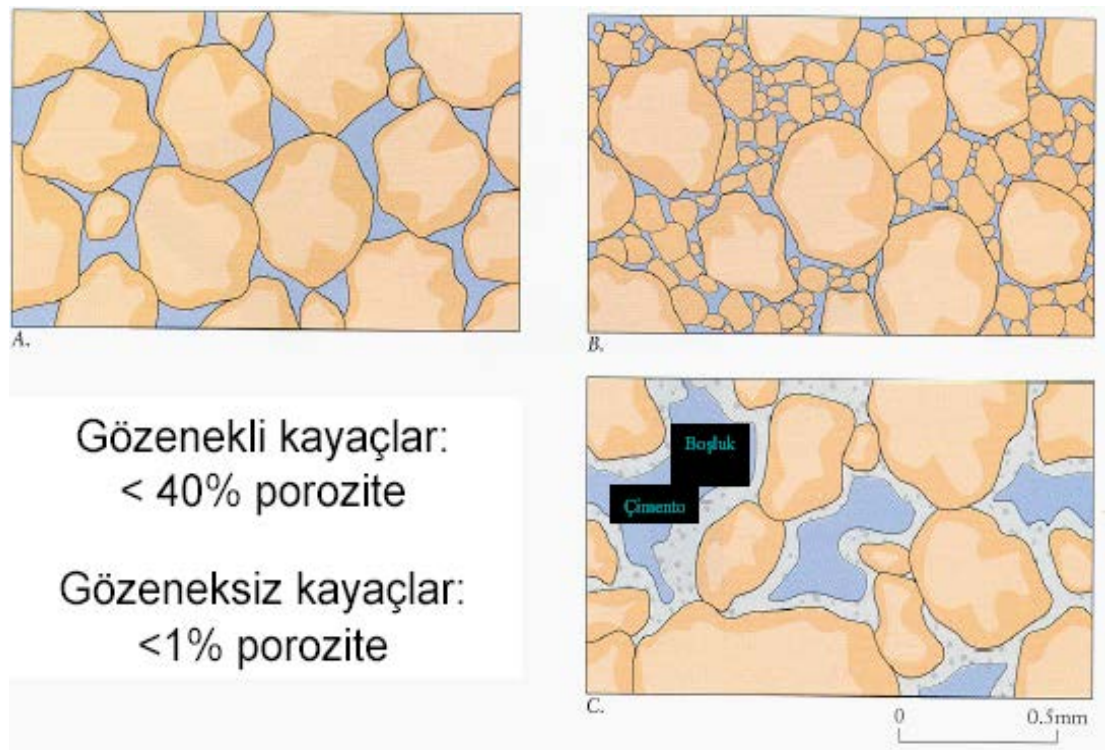
Akifüj: Suyu ne taşır ne de iletir. Masif Granit, Şist, Diyabaz vb. masif kayaçlar.



POROZİTE (GÖZENEKLİLİK) VE PERMİABİLİTE (GEÇİRİMLİLİK)

Porozite: Kayaç içindeki boşlukların kayaç hacmine olan oranı olarak ifade edilebilir.

Permeabilite (Geçirimsilik): Suyun bir yerden diğer bir yere iletilebilme özelliğidir. Bu da gözenekler arasındaki bağlantıyla ilişkilidir



Birincil gözeneklilik

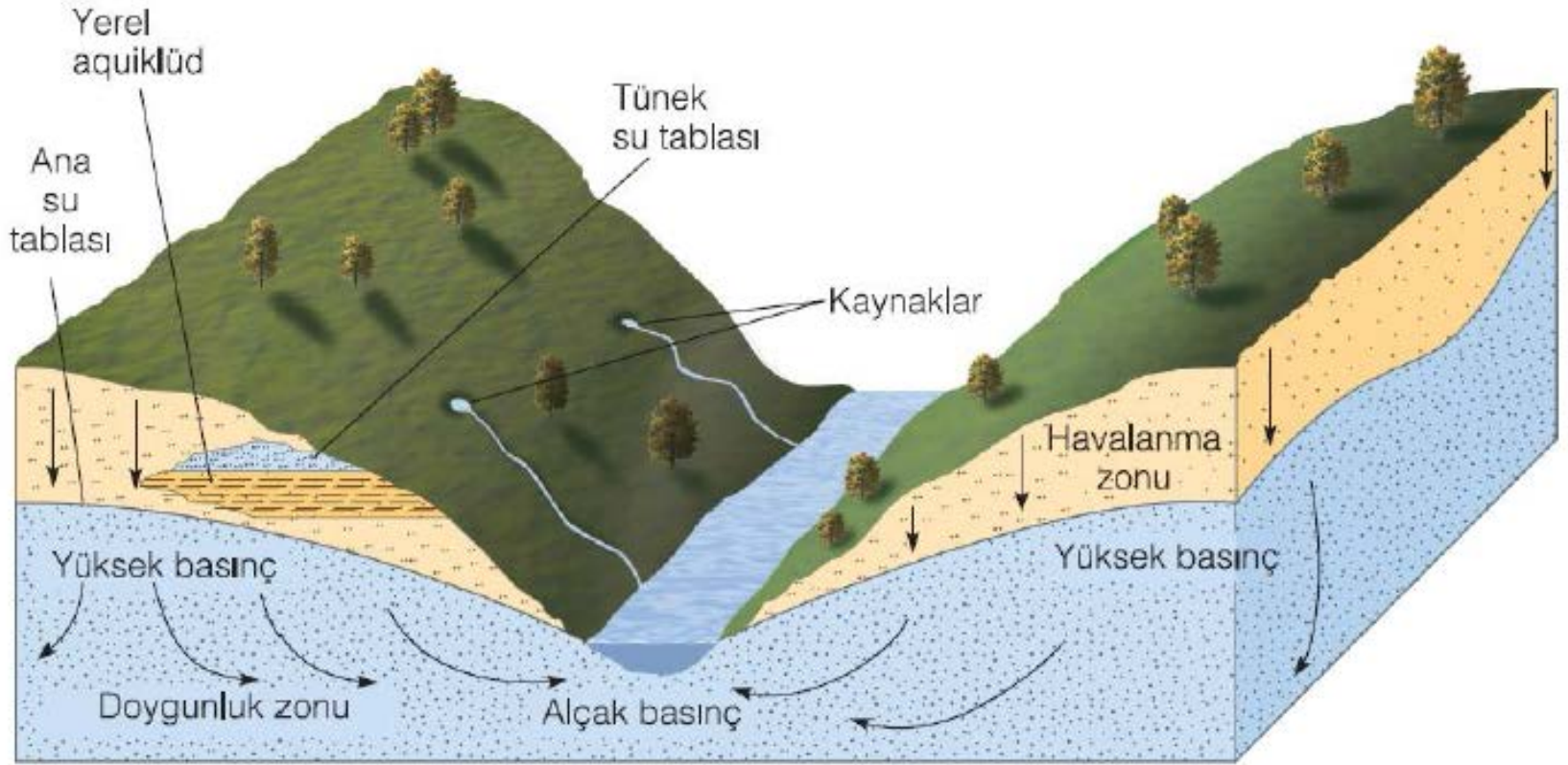
İkincil gözeneklilik

POROZİTE (GÖZENEKLİLİK) VE PERMİABİLİTE (GEÇİRİMLİLİK)

Sediment	Porosity (%)	Permeability
Gravel	25 to 40	Excellent
Sand (clean)	30 to 50	Good to excellent
Silt	35 to 50	Moderate
Clay	35 to 80	Poor
Glacial till	10 to 20	Poor to moderate
Rock		
Conglomerate	10 to 30	Moderate to excellent
Sandstone		
Well-sorted, little cement	20 to 30	Good to very good
Average	10 to 20	Moderate to good
Poorly sorted, well-cemented	0 to 10	Poor to moderate
Shale	0 to 30	Very poor to poor
Limestone, dolomite	0 to 20	Poor to good
Cavernous limestone	up to 50	Excellent
Crystalline rock		
Unfractured	0 to 5	Very poor
Fractured	5 to 10	Poor
Volcanic rocks	0 to 50	Poor to excellent

YERALTI SUYU NASIL HAREKET EDER?

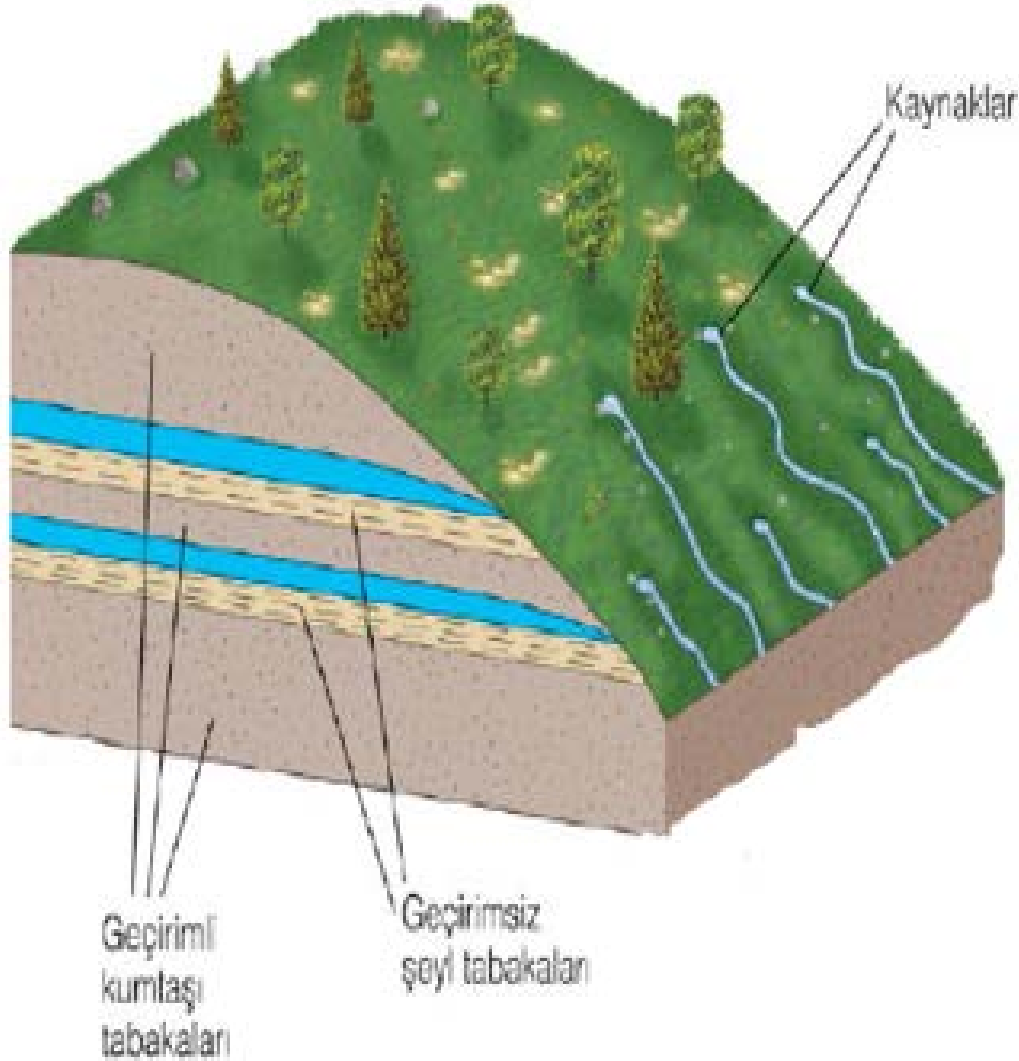
Yeraltı suyunun aşağı yönlü hareketi için gereken enerjiyi yerçekimi sağlar. Yeraltına giren su havalanma kuşağından doygunluk kuşağına doğru hareket eder. **Süzülen sular yeraltı suyu tablasına ulaştığında, su tablasının yüksekte olduğu alanlardan daha alçakta olduğu ırmaklar, göller ya da bataklıklar gibi yerlere doğru hareketini sürdürür.**



Genel itibariyle; yeraltı suyu havalanma kuşağından doygunluk kuşağına doğru, yeraltı su tablasının eğimi boyunca ve doygunluk kuşağının içinde yüksek basınçlı alanlardan düşük basınçlı alanlara doğru hareket eder.

KAYNAK

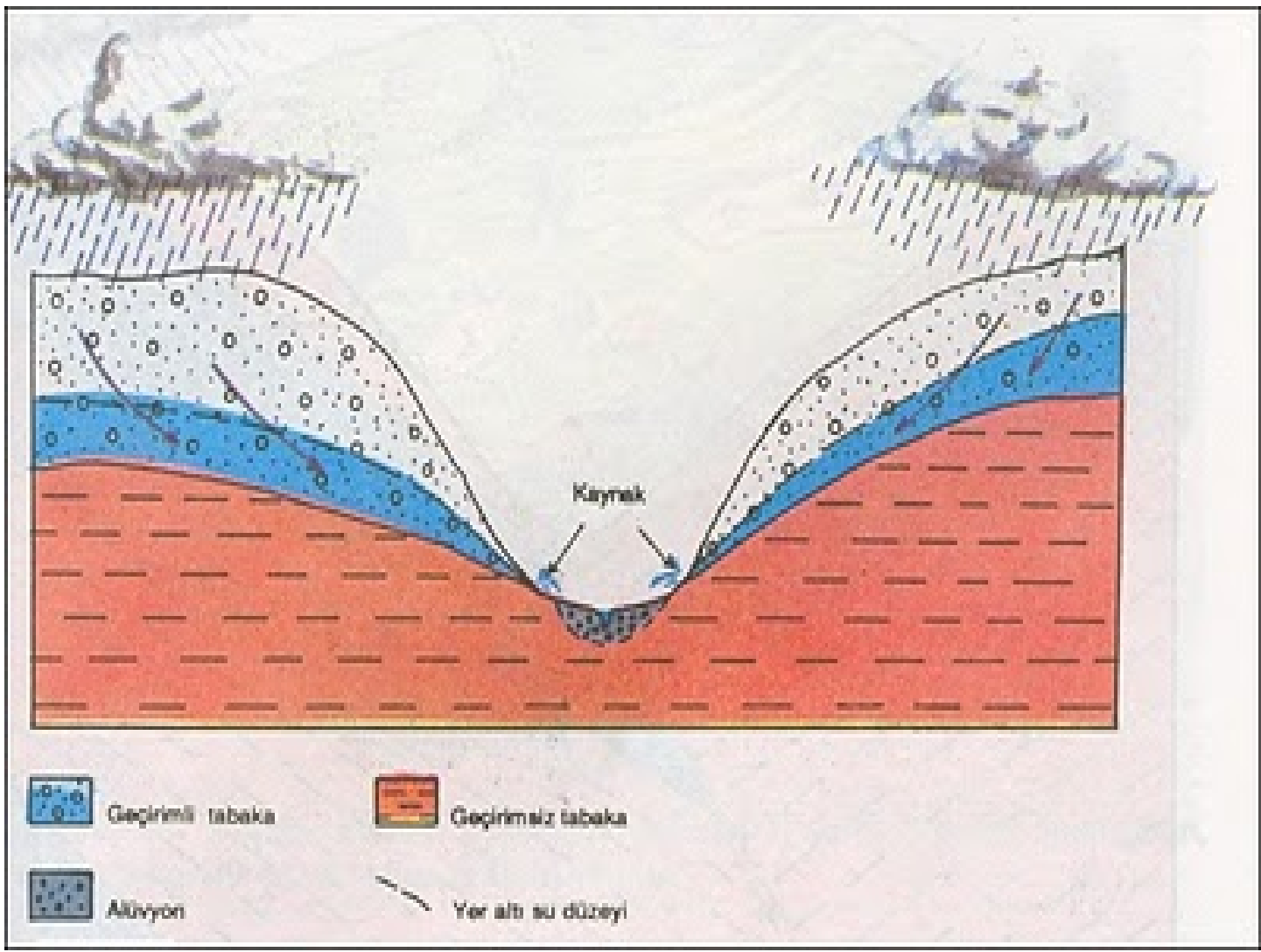
Yer altı sularının kendiliğinden yeryüzüne çıktığı yerlere kaynak adı verilir.



- 1.Yamaç(Vadi)Kaynak
- 2.Karstik Kaynak(Voklüz)
- 3.Artezyen Kaynak
- 4.Fay Kaynağı
- 5.Gayzer Kaynak

KAYNAK

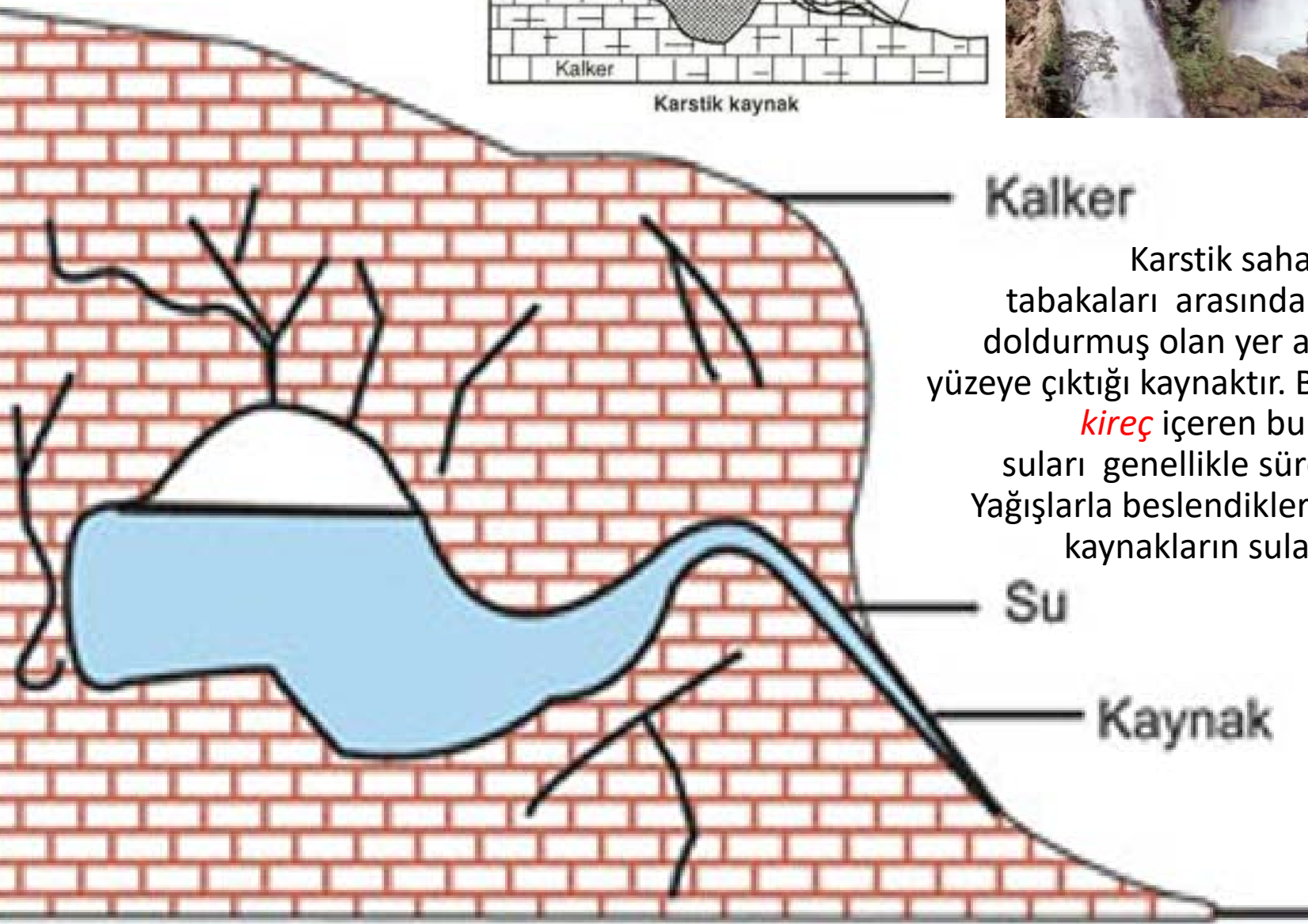
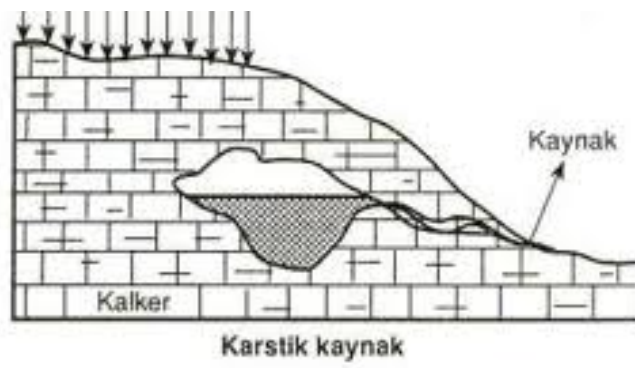
Yamaç (Vadi)Kaynak:



Yeraltına sızan suların bulunduğu tabakanın bir vadi tarafından kesilmesi ile oluşan kaynaktır. Genellikle vadi yamaçlarında görülür.

KAYNAK

Karstik Kaynak(Voklüz):



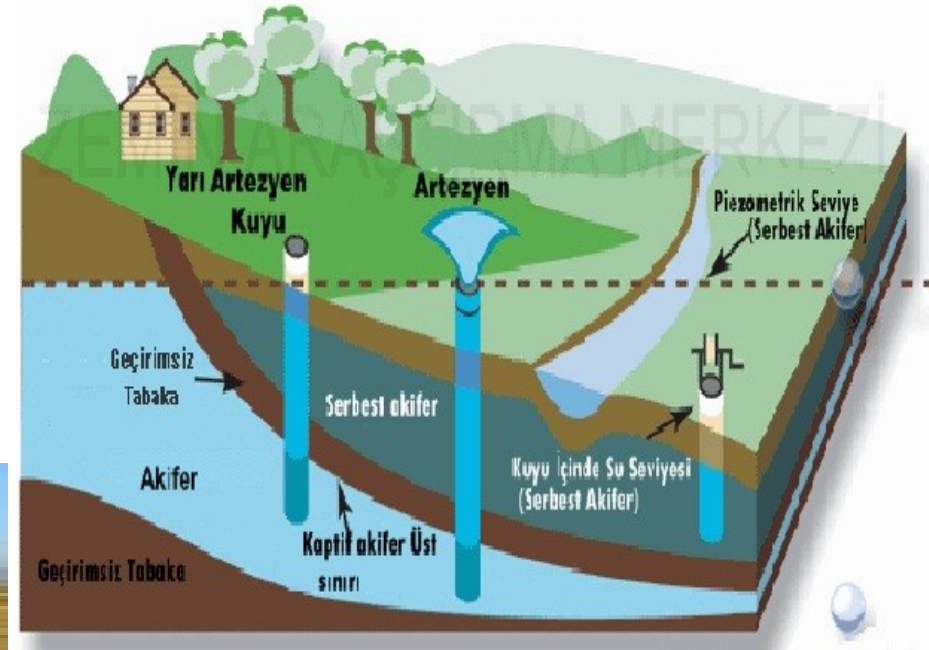
Karstik sahalarda kalker tabakaları arasındaki boşlukları doldurmuş olan yer altı sularının yüzeye çıktığı kaynaktır. Bol miktarda **kireç** içeren bu kaynakların suları genellikle sürekli değildir. Yağışlarla beslendikleri için karstik kaynakların suları soğuktur.

KAYNAK

Artezyen Kaynak:

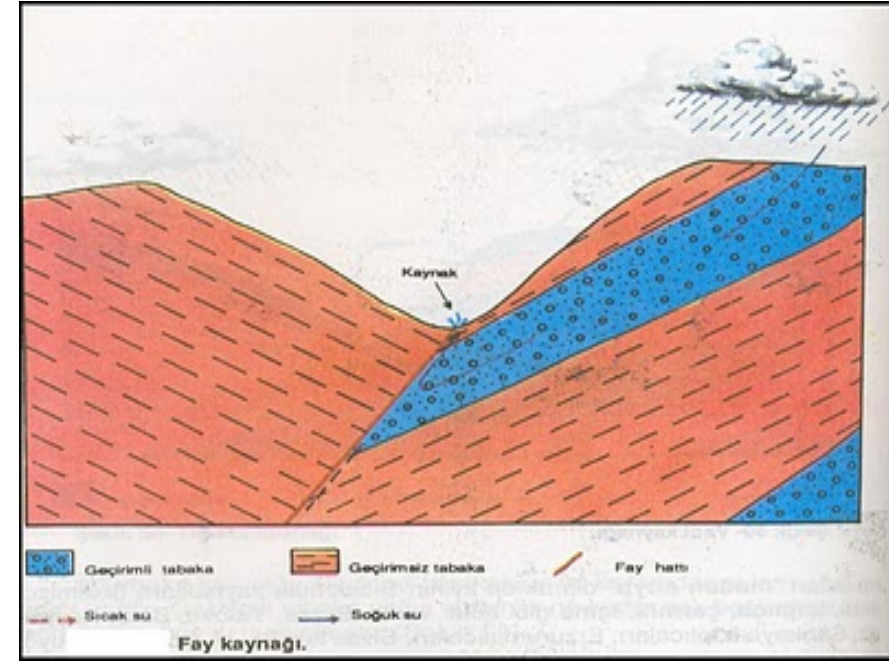
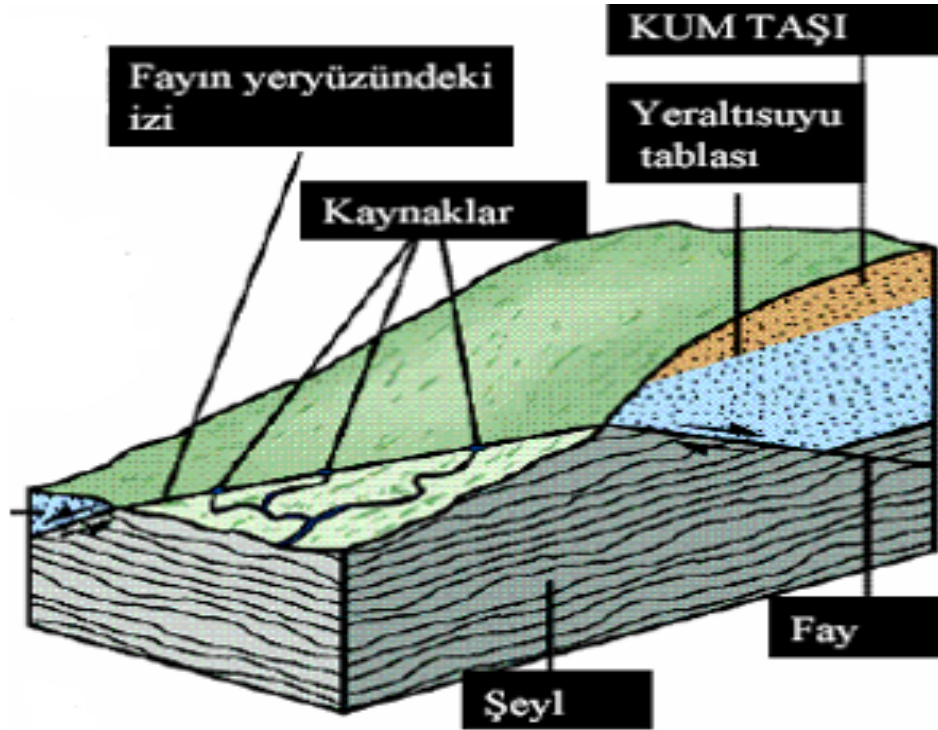


İki geçirimsiz tabaka arasında sıkışmış olan yeraltı sularının üstteki tabakanın delinmesine bağlı olarak fışkırarak yeryüzüne çıkan basınçlı yeraltı sularının oluşturduğu kaynaklardır.



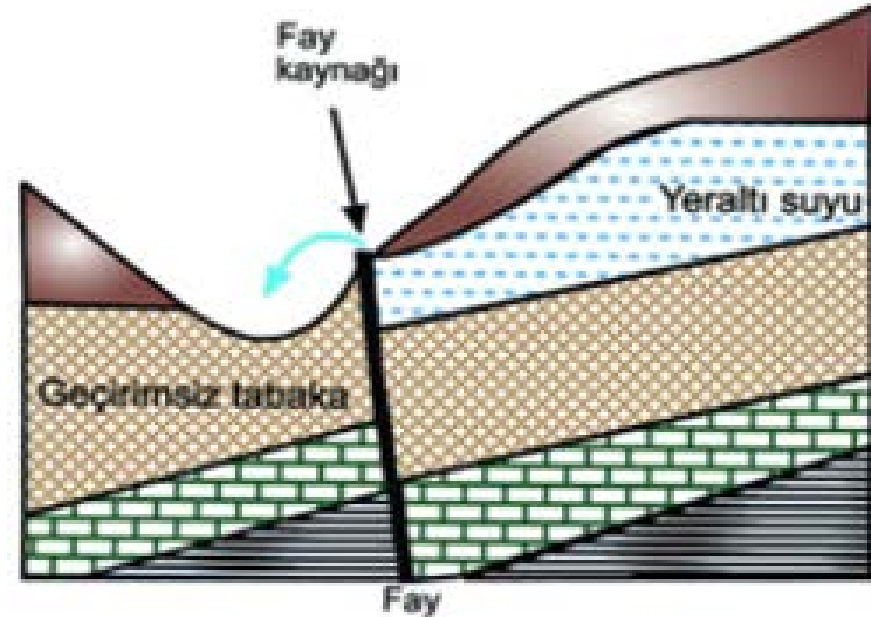
KAYNAK

Fay Kaynağı:



Geçirimli tabakalarda toplanan yeraltı sularının kırık hattını takip ederek yeryüzüne ulaşmasıyla oluşan kaynaklara **fay kaynağı** denir.

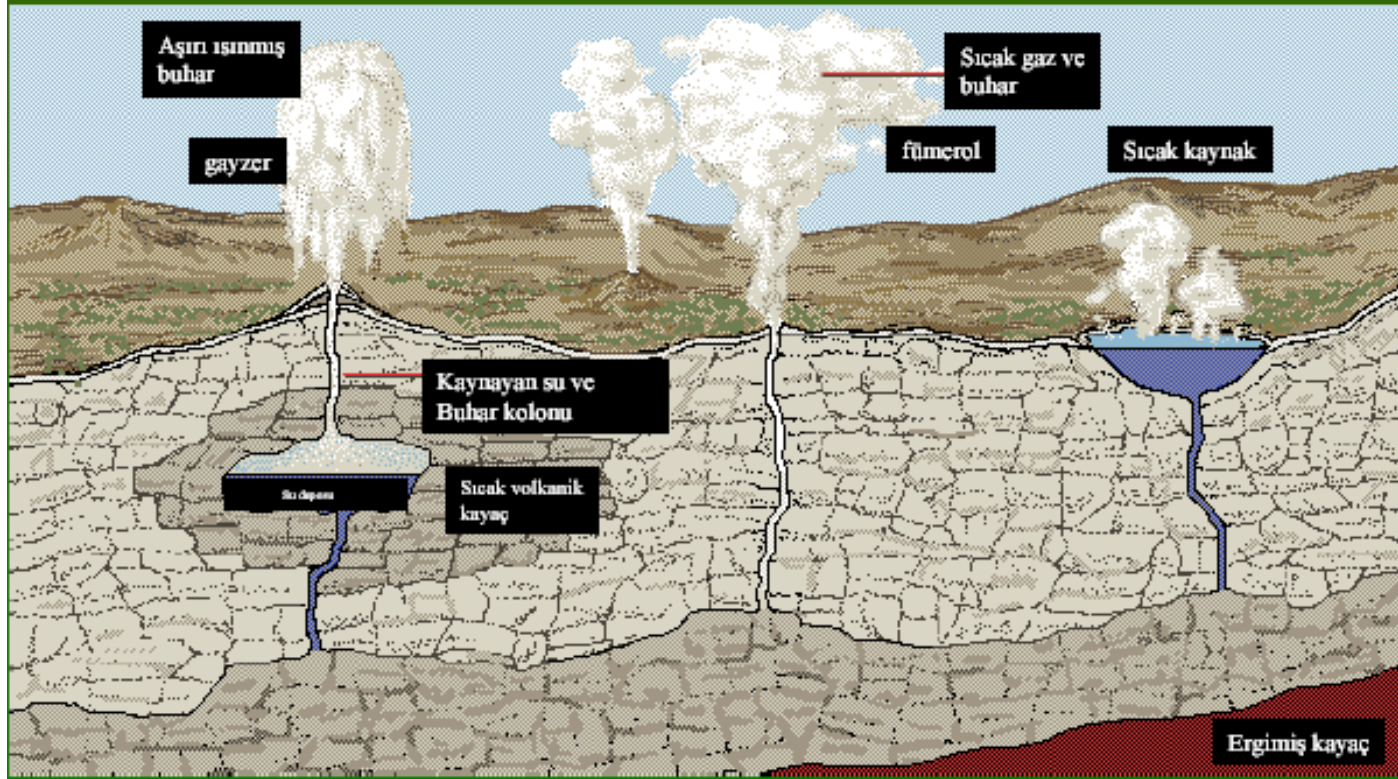
Fay kaynaklarını suları genellikle sıcak olduğu için kaplıca ve ılıca adını alır.



KAYNAK

Gayzer Kaynaklar:

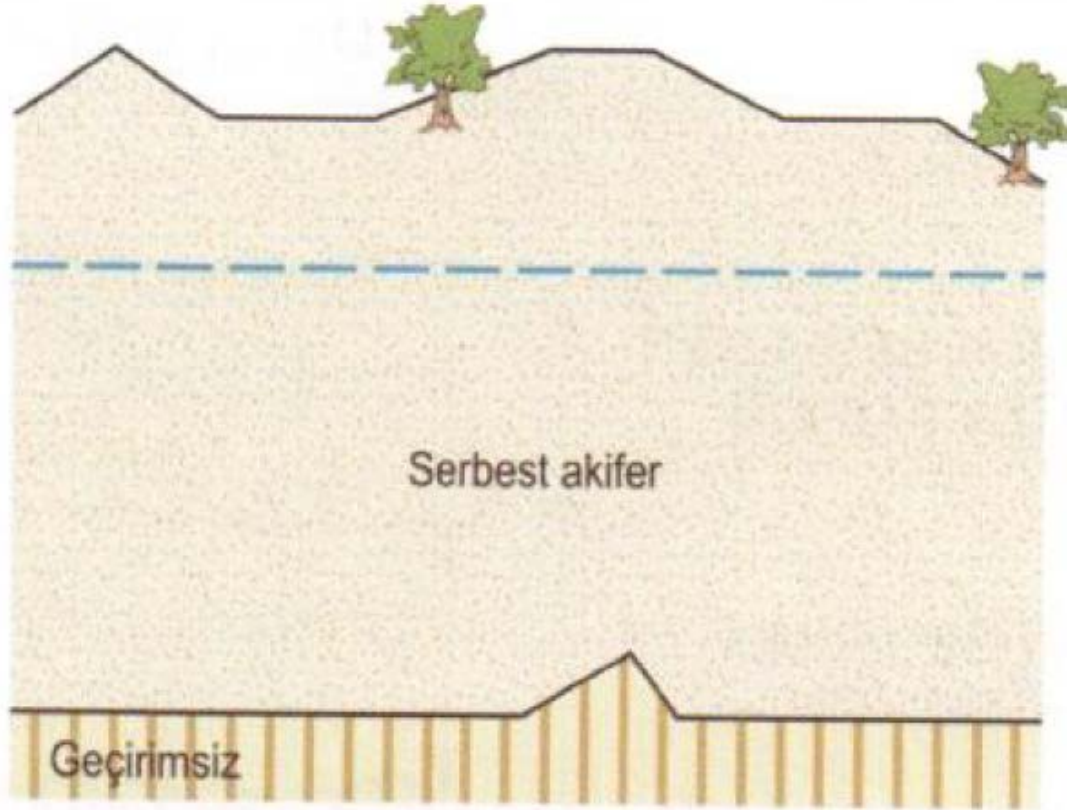
Volkanik bölgelerde basınç altında ısınan yeraltındaki suyun, belirli aralıklarla fışkırması ile oluşan kaynaklardır. Yeni Zelanda ve İzlanda'da yaygındır.



AKİFER TÜRLERİ

Serbest Akifer

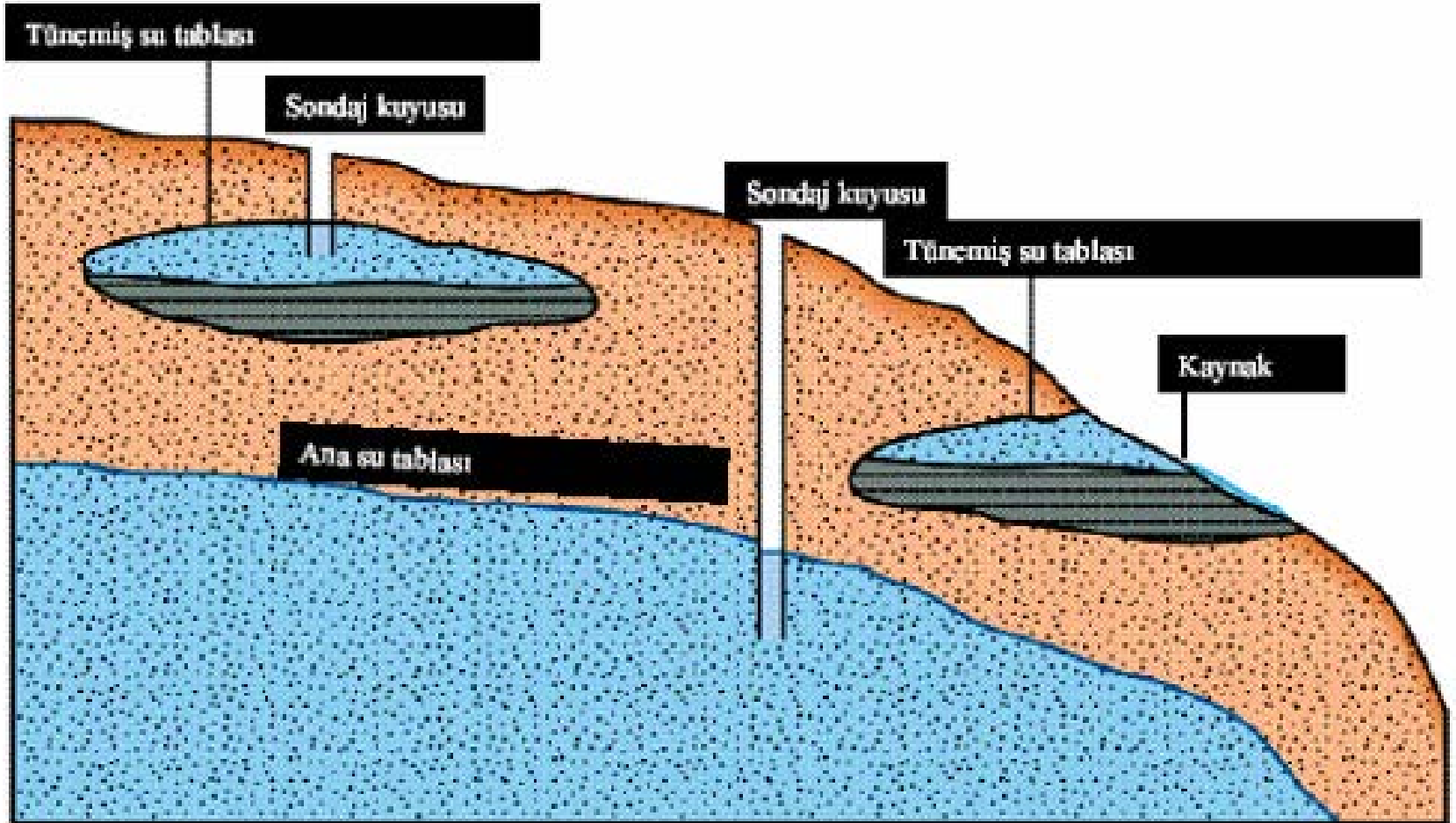
Üstünde sızmayı önleyen herhangi bir geçirimsiz tabaka bulunmayan, altında geçirimsiz veya yarı geçirimli kayaçlar (tabakalar) bulunan akiferdir. Serbest akifer; **serbest nap, freatik nap, su tablası akiferi** şeklinde de adlandırılır. Serbest **akiferin beslenmesi** doymamış bölgeden suların **düşey yönde süzülmesiyle** olur. Beslenme **ayrıca yatay yönde** yeraltısuyu akımı ile veya akiferin altındaki tabakalardan yukarıya doğru sızma ile de meydana gelebilir



AKİFER TÜRLERİ

Tünek Akifer

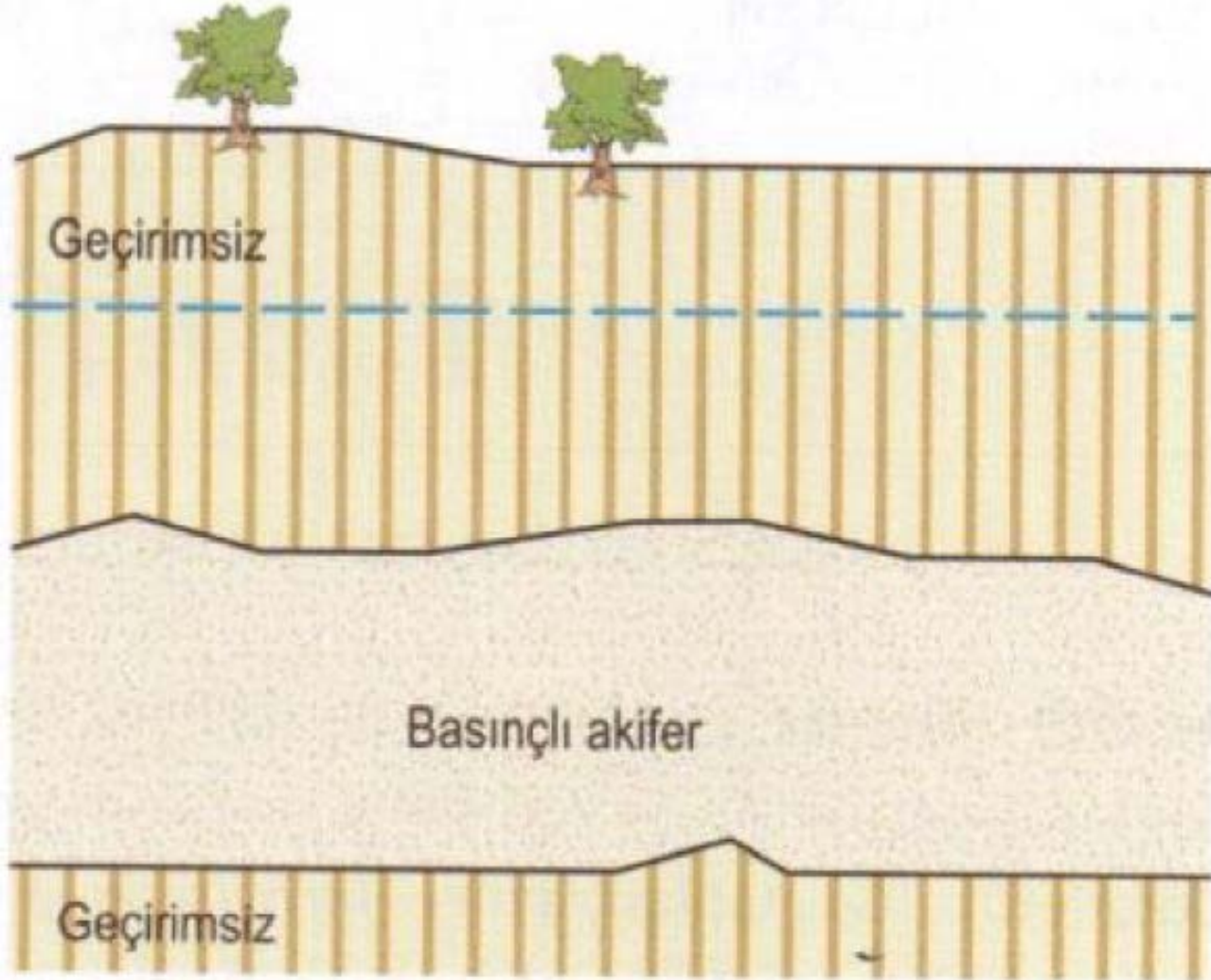
Serbest akiferlerin üst kesimindeki doymamış bölgede **yerel olarak geçirimsiz tabakaların** (örneğin kil merceklerinin) üzerinde suların toplanması sonucu **tünek akifer** meydana gelir



AKİFER TÜRLERİ

Basınçlı akifer

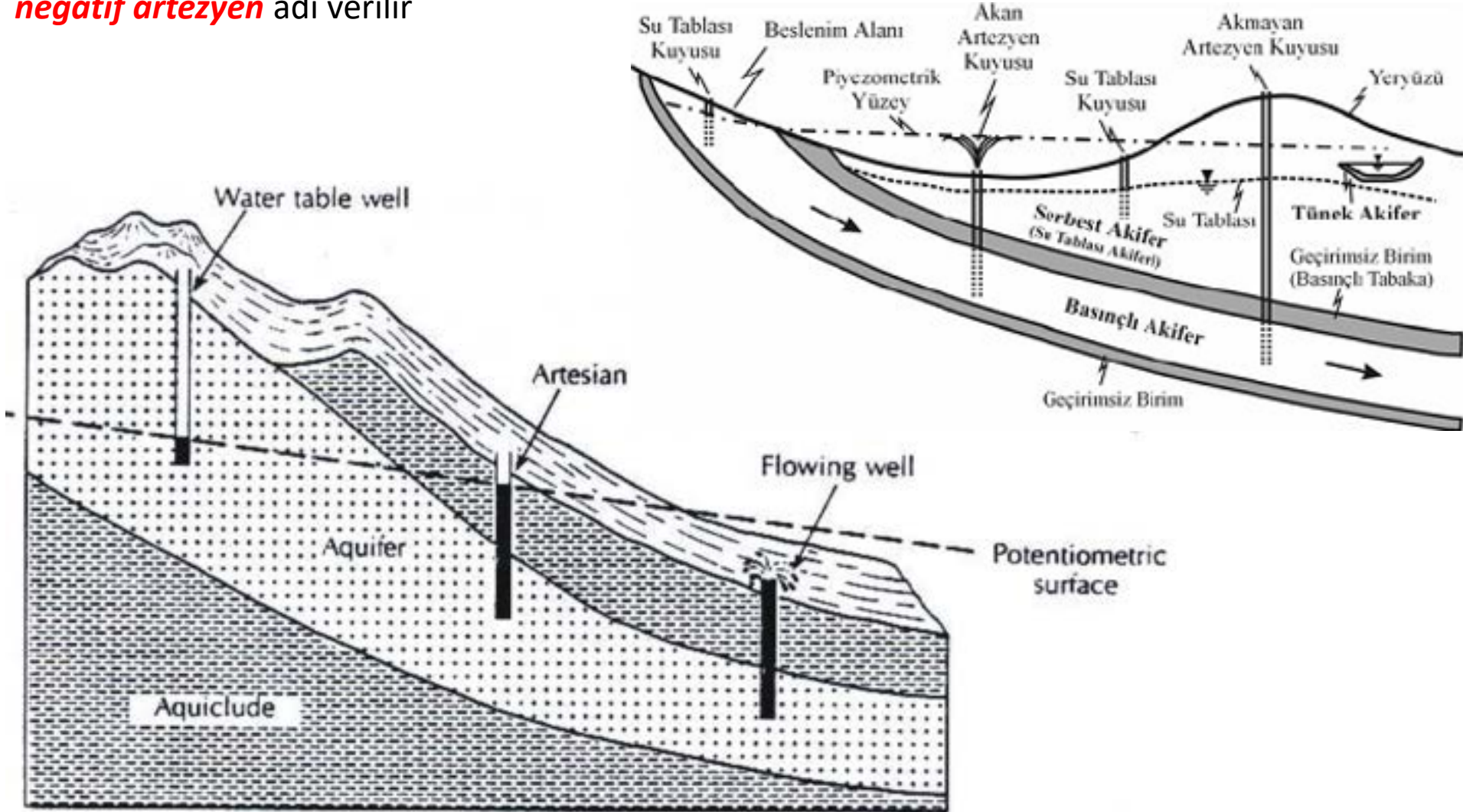
Üstten basınç oluşturan geçirimsiz hapsedici tabaka ile örtülen, alttan geçirimsiz kayaçlarla (tabakalarla) sınırlanan akiferdir. Basınçlı akifere **artezyen akifer** de denir. Bu tür akiferlerde yeraltısuyu üstteki hapsedici tabaka nedeniyle **atmosfer basıncından daha büyük bir basınç altındadır.**



AKİFER TÜRLERİ

Basınçlı akifer

Yeraltısuyu bazen yeryüzüne kadar yükselerek kuyu ağzından fışkırır veya akar. Bu tür basınçlı akiferlere **fışkıran artezyen, akan artezyen, pozitif artezyen** gibi adlar verilir. Su bazen kuyuda yükselir, fakat kuyu ağzından akmaz. Bu tür basınçlı akiferlere de **yükselen artezyen veya negatif artezyen** adı verilir



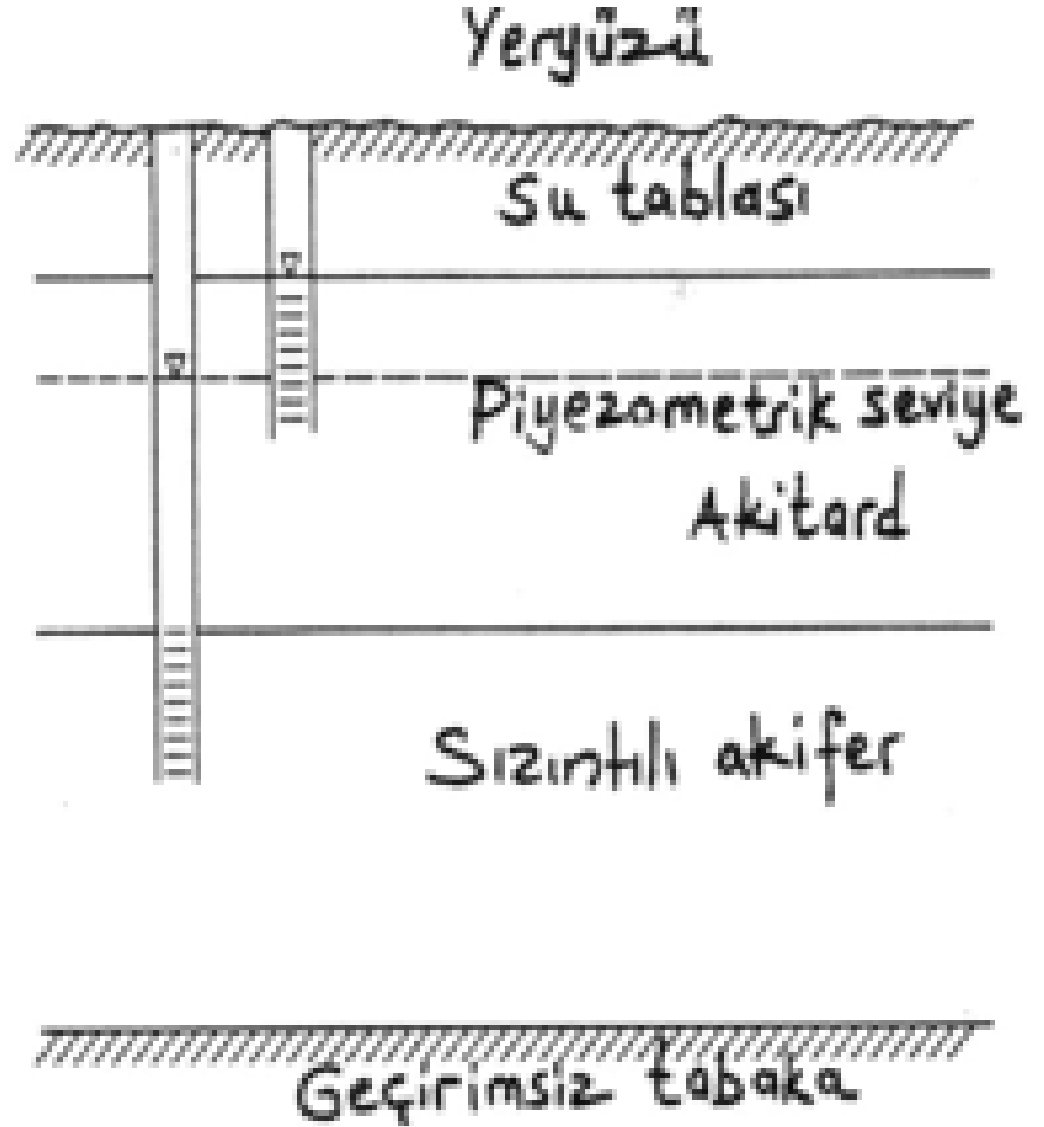
AKİFER TÜRLERİ

Sızıntılı (Sızdıran) Akiferler

Su taşıyan geçirimli tabakaların alttan ve/veya üstten **yarı geçirimli akitard** veya **yarı basınçlı tabakalarla** sınırlanması sonucu oluşur.

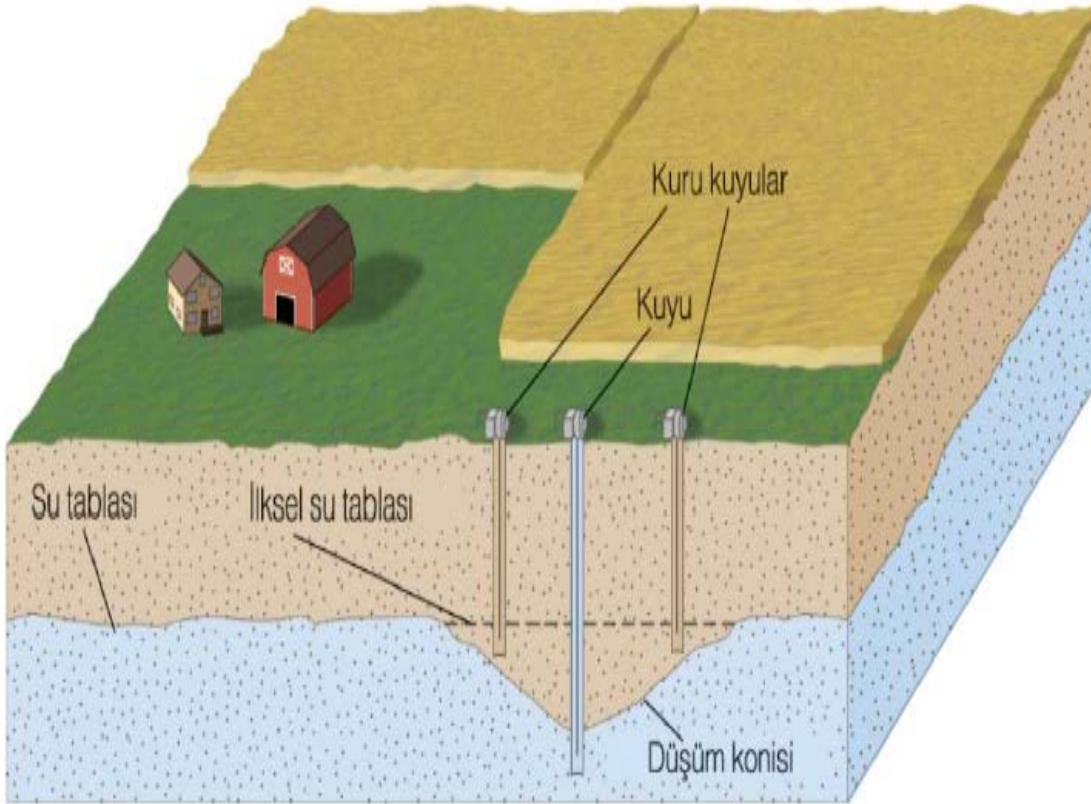
Bu akiferler alüvyal vadilerde, ovalarda, eski gölsel havzalarda çokça rastlanan akifer türüdür.

Bunlara bazen **yarı basınçlı akifer** de denir. Sızıntılı akiferdeki bir kuyuda **pompaj yapıldığında** asıl akifer de **yatay yönde**, yarı geçirimli tabakadan (akitarddan) asıl akifere doğru **düşey yönde** yeraltı suyu akımı meydana gelir.



SU KUYULARI

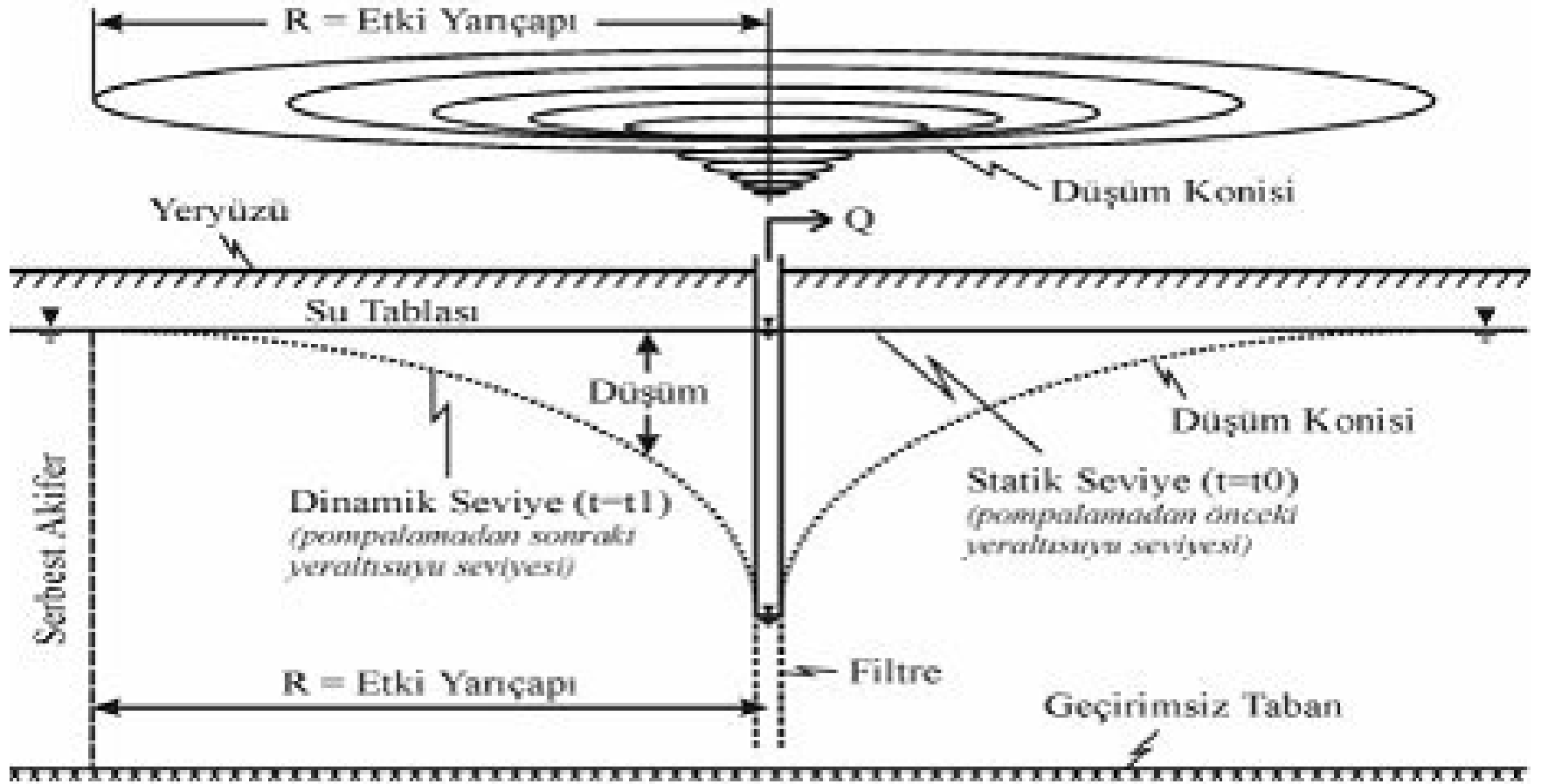
Su kuyuları doymunluk kuşaağının içine doğru sondaj ya da kazma ile yapılan açıklıklardır. Öncelikle doymunluk kuşaağına geçilir, su kuyu içine doğru süzülerək kuyuyu su tablası düzeyine kadar doldurur.



Bir kuyudan su çekilmeye başlandığı zaman bir düşüm konisi oluşur. Eğer su, beslenebildiğinden daha hızlı çekilirse, düşüm konisinin derinliği ve çevre uzunluğu büyüyecektir. Dolayısıyla bölgedeki su tablası alçalacak ve hemen yanında açılan sığ kuyuların kurumasına neden olacaktır.

SU KUYULARI

Pompaj



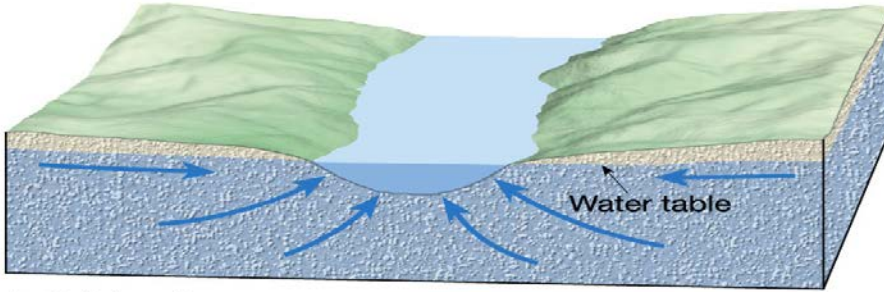
SU KUYULARI



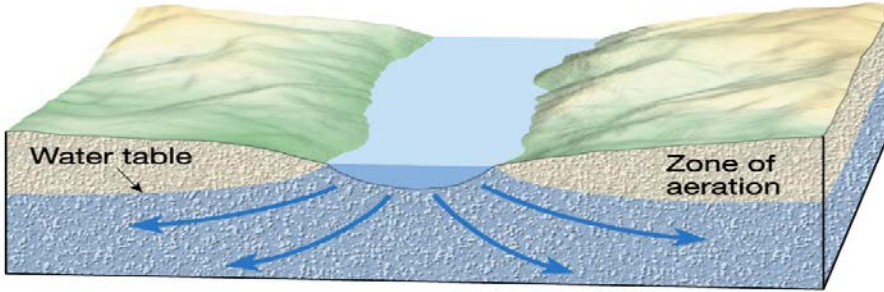
SU KUYULARI



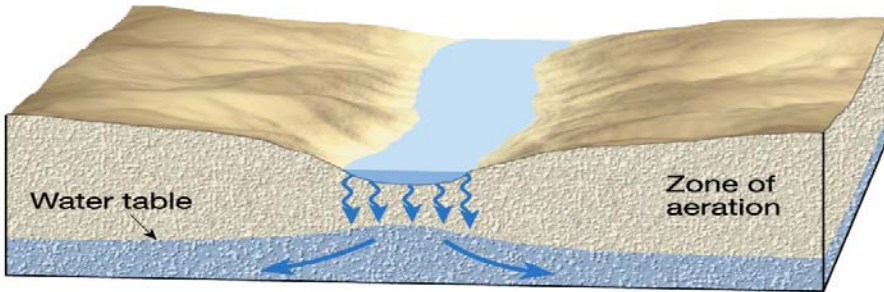
YERALTI AKIŞI İLE YERÜSTÜ AKIŞI ARASINDAKİ İLİŞKİLER



A. Gaining stream

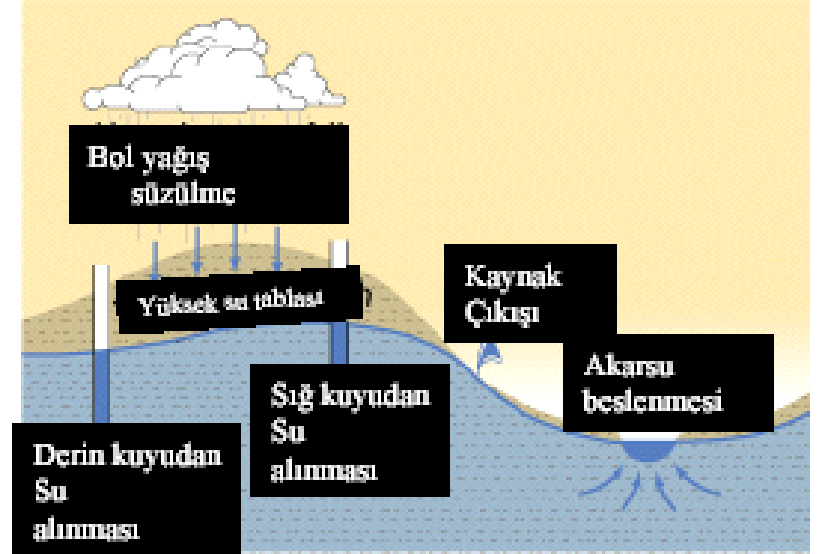


B. Losing stream (connected)

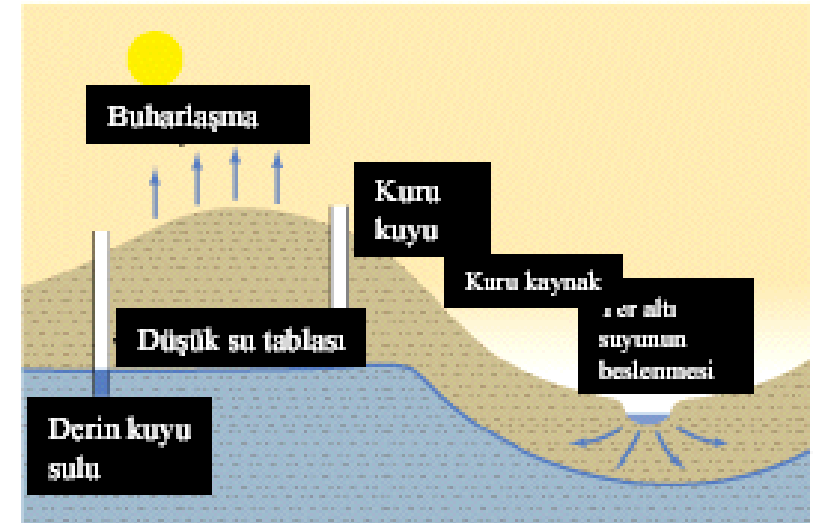


C. Losing stream (disconnected)

Yağışlı periyotlarda

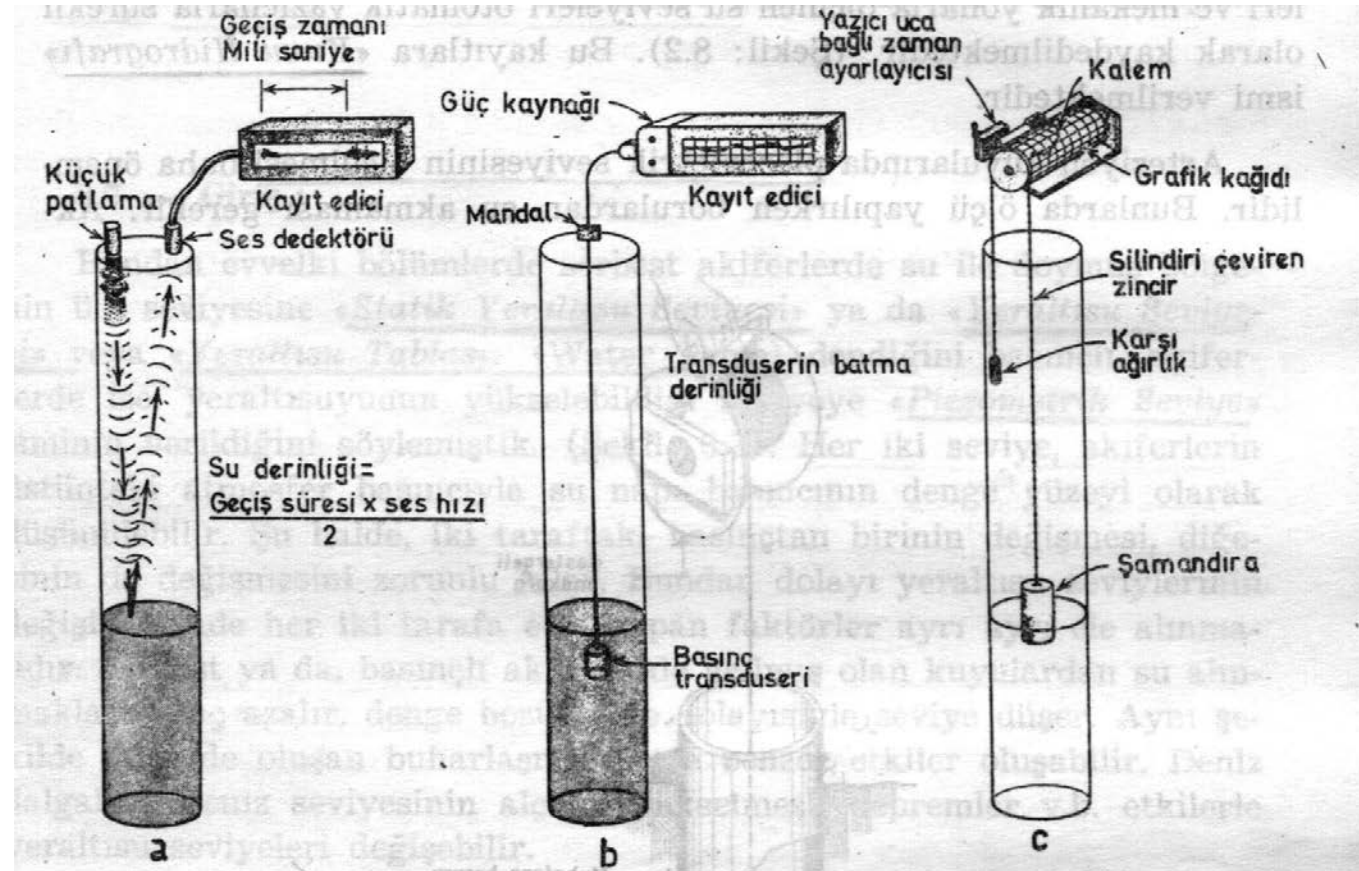
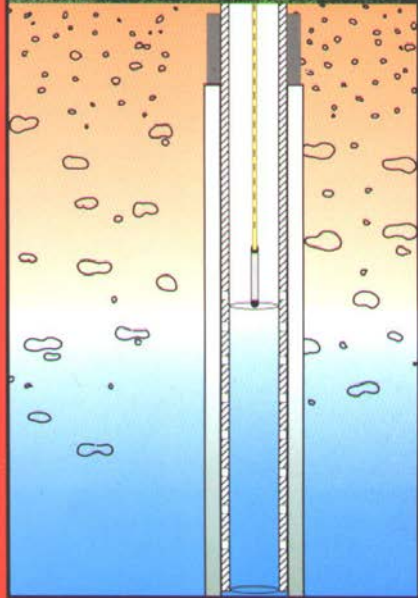
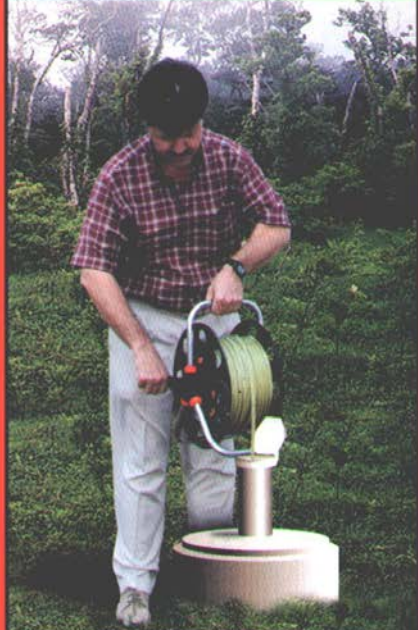


Kurak periyotlarda



Yeraltı suyu akarsuları besleyebilir veya akarsular yer altı suyunu besler

YERATISUYU SEVİYESİ ÖLÇÜMÜ



Şekil : 8.2 — Çeşitli yollarla yeraltı su seviyesi ölçülmesi.

- Sonik ölçme yöntemi,
- Basmaç transduserleri ile ölçme yöntemi,
- Şamandıra - karşı ağırlık kullanarak mekanik yolla ölçme yöntemi. (DAVIS - DEWIEST'den).

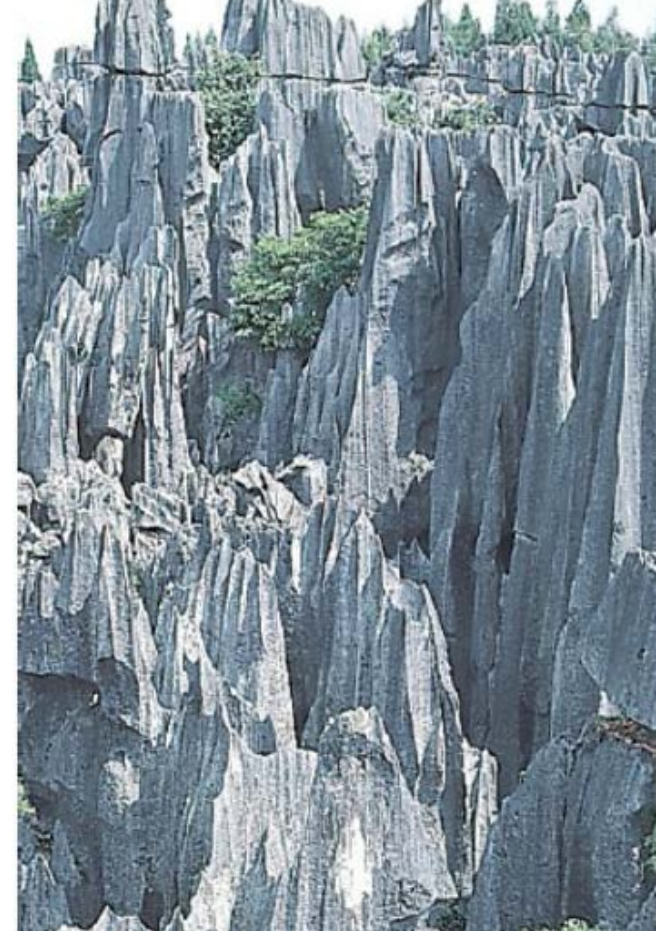
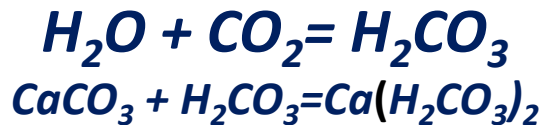
YERALTISUYU MALZEMELERİ NASIL AŞINDIRIR VE ÇÖKELTİR?

Su yeraltına süzölmeye başladığı anda temasta olduğu minerallerle tepkimelere girerek onları ayrıştırır ve bu minallerce zenginleşir. Doygunluk miktarını aştıktan sonrada ise bu mineraller tekrar çökeler.

Bir bölgede çözünebilir kayaçlar yer alıyorsa yeraltı suyu başlıca aşındırma ajanıdır ve süreç bir çok önemli sonucu açığa çıkarır.

Yeryüzünde geniş alanlara yayılan sedimanter kayaçlardan biri olan kireç taşları çoğunluğu kalsit (CaCO_3) mineralinden oluşmuştur. Kireç taşı saf suda çözünmediği halde ortamda bir miktar asit bulunduğu anda suyla birlikte çözünebilir.

Karbondiyoksit su ile birleştiginde zayıf bir asit olan **Karbonik Asit** oluşturur ki bu da ki kireçtaşının çözünmesini sağlar bu olaya da karstlaşma denir.



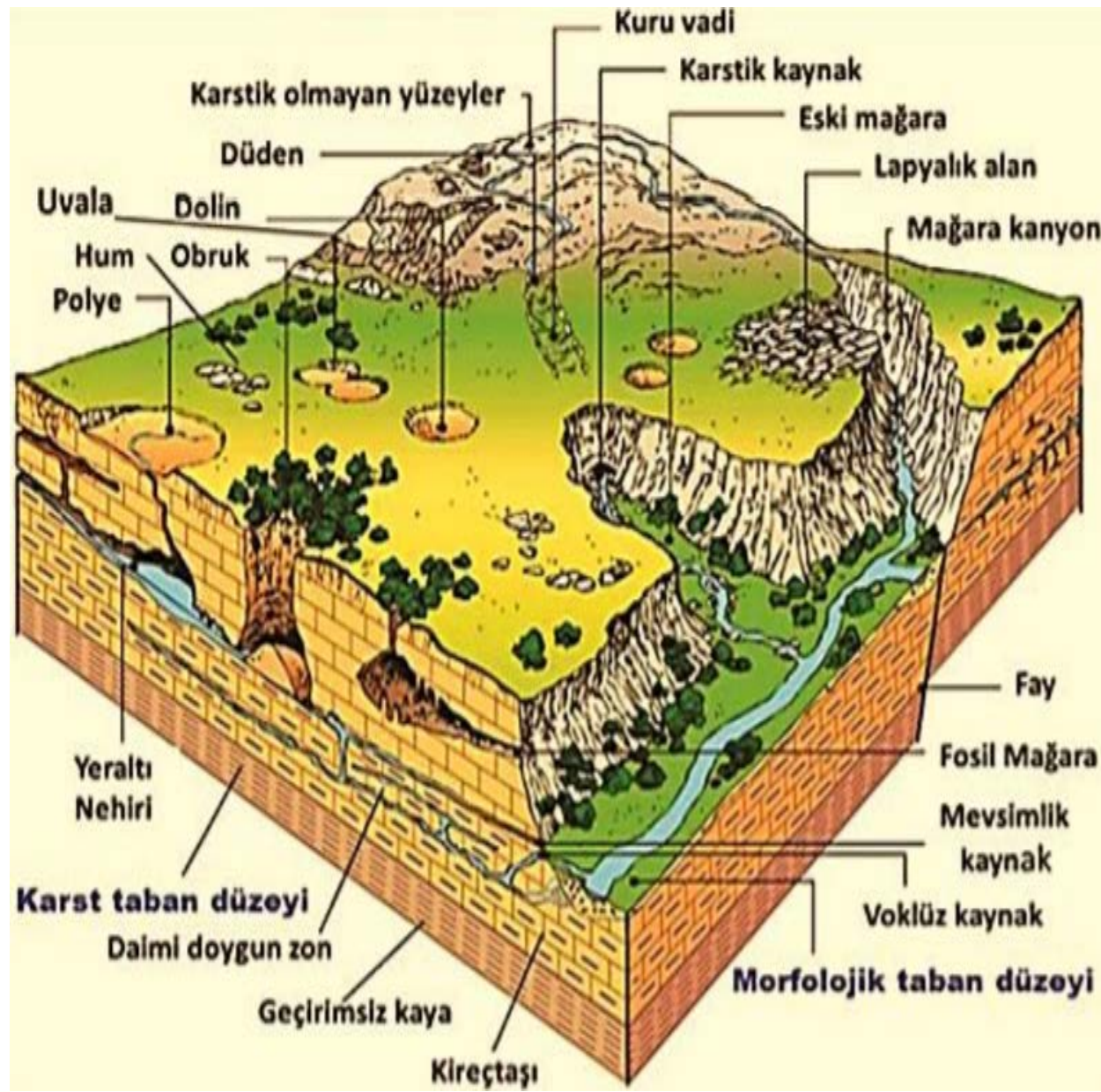
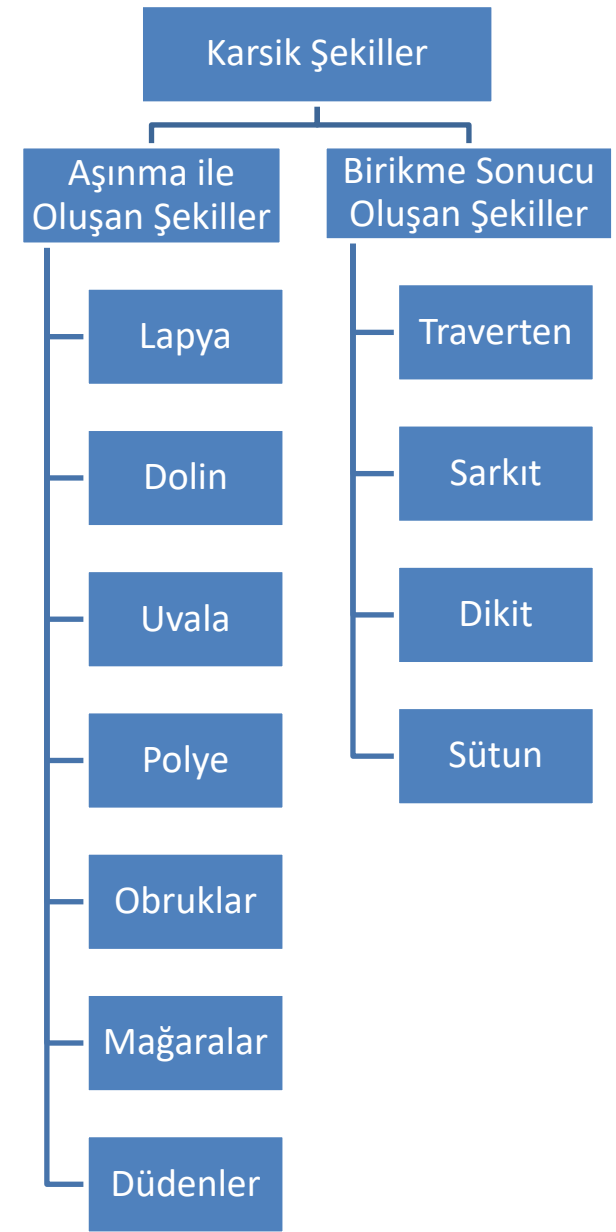
KARST

Karst, kireçtaşlarının çözünmesi dolayısıyla yüzeyde ve derinde oluşan makro ve mikro şekilleri ifade eden bir jeomorfoloji terimi olarak kullanılmıştır. Karst, doğal suların etkisiyle yüksek oranlarda çözünebilen ve iyi gelişmiş ikincil gözenekliliğe sahip kayaçların bulunduğu alanların tanımlanması için kullanılan bir terim olarakta kullanılmaktadır. Bu tür alanlar kendilerine özgü hidrojeolojik ve jeomorfolojik özelliklere sahiptirler.



KARST

Karstik Şekiller



KARST

Karstik Şekiller/Lapyala

Karstik şekillerin en küçüğüdür. Kar ve yağmur sularının etkisiyle kayaların çözünmesi sonucu oluşan kaya yüzeyindeki yarıntılardır. Derinlikleri birkaç santimetre ile birkaç metre arasında değişir.



KARST

Karstik Şekiller/Dolinler

Karstik arazilerde rastlanan basit çukurlara dolin denilmekte olup, karstik arazilerin en önemli göstergeleridir.



Çözünme dolini 	Oluşum süreci Yankayaç Oluşum hızı Tipik en büyük boyut Mühendislik tehlikesi Uluslararası literatürdeki diğer kullanımları	Yüzeysel çözünme Kireçtaşı, dolomit, jips, kaya tuzu Kararlı şekil > 20,000 yıl 1-100 m derinlik Çatlak ve mağara direnleri zemin altına çıkmalı Dissolution, coepit, doline, çözünme
Çökme dolini 	Oluşum süreci Yankayaç Oluşum hızı Tipik en büyük boyut Mühendislik tehlikesi Uluslararası literatürdeki diğer kullanımları	Mağaralardaki çatıların çökmesi Kireçtaşı, dolomit, jips, kaya tuzu Çok nadir olarak mağaralardaki hızlı yenilmeler 100-300 m derinlik Zemin çökmesi, mağara çatılarının yenilmesi Cave collapse, cenote, çökme
Örtü kayası çökme dolini 	Oluşum süreci Yankayaç Oluşum hızı Tipik en büyük boyut Mühendislik tehlikesi Uluslararası literatürdeki diğer kullanımları	Çözünebilen kayadaki mağara duvarlarının çözünmesi Kireçtaşı, dolomit, jipsi, üzerleyen herhangi bir kaya Nadir yenilmeler > 10,000 yıl 100-300 m derinlik Duraysız zemin, mağaralarda yenilme Sujacent collapse, interstratal karst, örtü kayası çökme
Örtü çökme dolini 	Oluşum süreci Yankayaç Oluşum hızı Tipik en büyük boyut Mühendislik tehlikesi Uluslararası literatürdeki diğer kullanımları	Temel kayadaki çatlaklar üzerinde boşluk oluşumu ve bu boşluklara zeminin çökmesi Kireçtaşı, dolomit, jips üzerindeki kohezyonlu zeminler Dakika, yıl, aylar içerisinde boşluklara zemin çökmesi 10-50 m derinlik Zeminle örtülü kart alanlarında duraysızlık Subsidence, cover collapse, alluvial, örtü çökme
Alüvyal dolin 	Oluşum süreci Yankayaç Oluşum hızı Tipik en büyük boyut Mühendislik tehlikesi Uluslararası literatürdeki diğer kullanımları	Temel kayadaki kırıklar boyunca zemin yıkanması Kireçtaşı, dolomit, jips üzerindeki kohezyonsuz zemin Yıl-ay 10-50 m derinlik Bir yılda yavaş yok edici çökme Sübsidans, örtü sübsidans, alluvial
Örtülü dolin 	Oluşum süreci Yankayaç Oluşum hızı Tipik en büyük boyut Mühendislik tehlikesi Uluslararası literatürdeki diğer kullanımları	Kaya içindeki düden, çevresel değişiklik sonrası dolgu Kireçtaşı, dolomit, jipsdeki kaya kütleleri Duraylı jeolojik özellikler 10,000 yıldan daha büyük 100-300 m derinlik Duraylı kayalarla çevrili zayıf dolgu üzerindeki çökme Filled, compaction, paleosinkhole, örtülü dolin

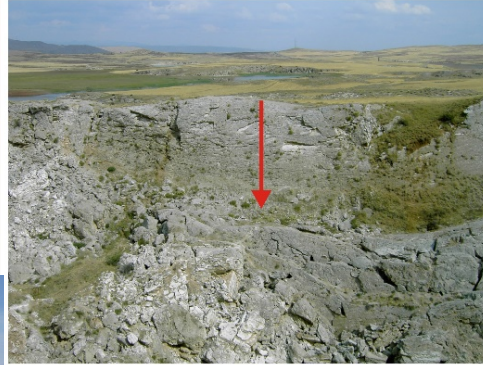
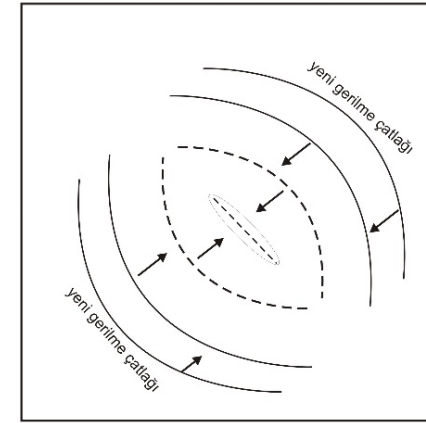
KARST

Karstik Şekiller/Dolinler



KARST

Karstik Şekiller/Dolinler



KARST

Karstik Şekiller/Polyeler

Karstik şekillerin en büyükleridir. Çözünmeyle ya da tektonik bir çanakta çözünmenin devam etmesiyle oluşur. Polyelere karstik ova ya da gölova denir. Bazıları göl hâlinededir. Bazıları belirli dönemlerde göl hâline gelmektedir. Tabanı kuru olan polyeler, karstik yörelerdeki başlıca tarım alanlarıdır.



KARST

Karstik Şekiller/Obruklar

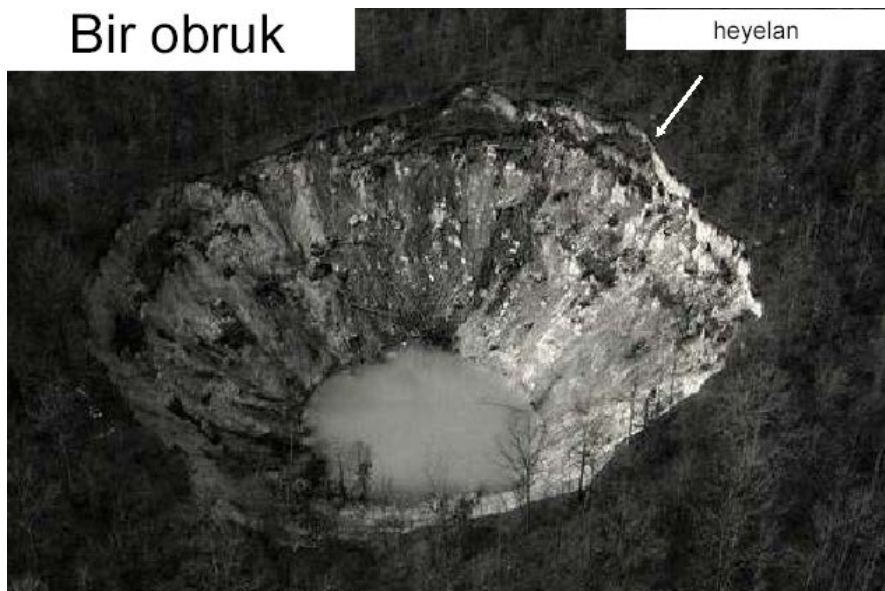
Kireçtaşlarının eritilmesi nedeniyle yüzeydeki yavaş ve ani çökmeler sonucu oluşur.



KARST

Karstik Şekiller/Obruklar

Bir obruk



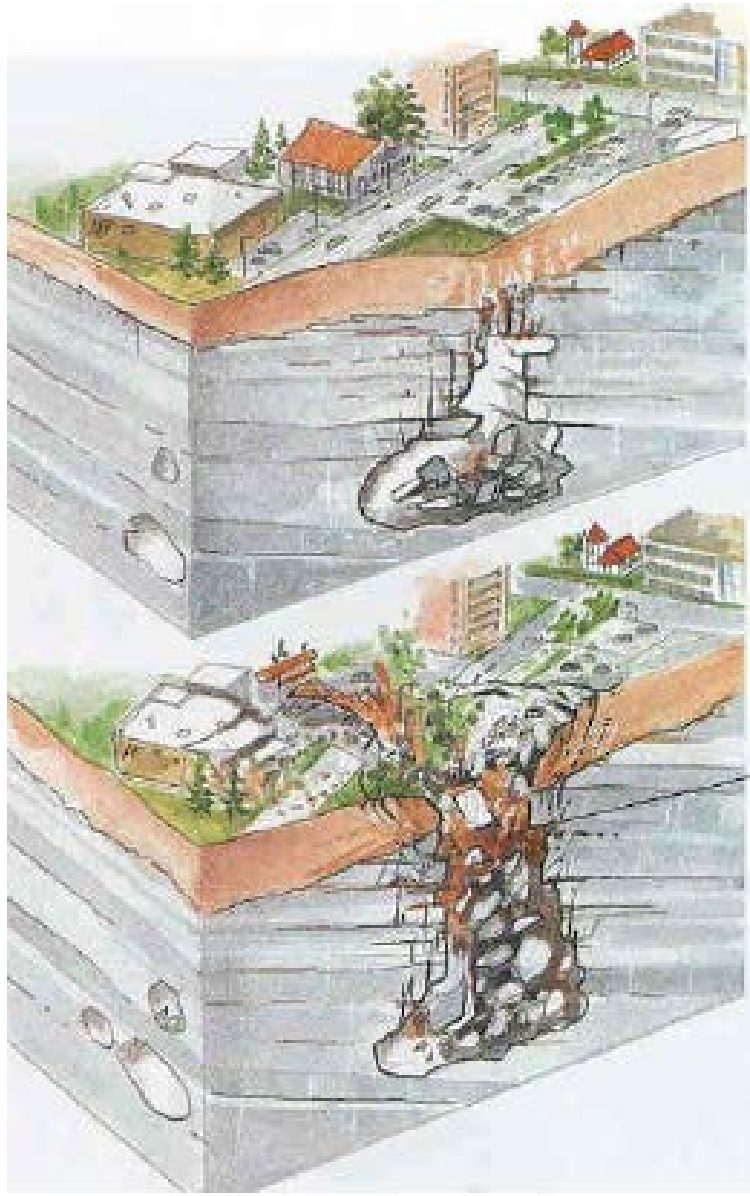
ABD'nin en büyük karstik erime yapılarından:
Uzunluk 130, 100 metre genişlik, 45 metre derinlik

Obruk:



8 Mayıs, 1981, Winter Park, FL

Copyright Alex S. MacLean/Landslides



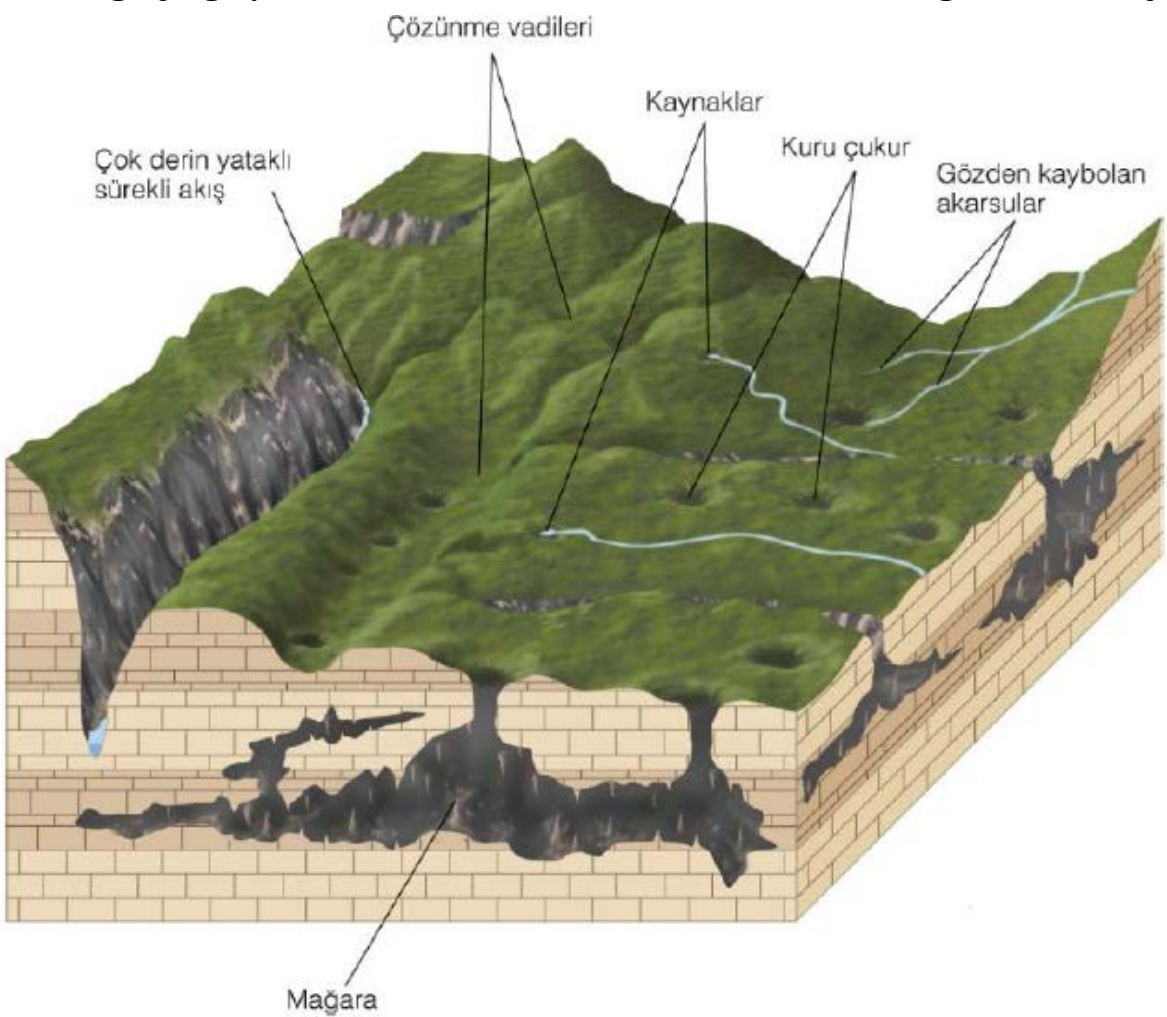
Yerleşmenin
Gelişim
Su çekimini ve
Üstteki ağırlığı
Artırır.

Çökmeyle
Obruk
oluşumu

KARST

Karstik Şekiller/Mağralar

Karbonatlı kayaların üzerine düşen karbondioksitli (CO_2) atmosferik sular, toprakları ve kayaların çatlaklarından geçerken karbonik asitçe (H_2CO_3) doymun şekle dönüşürler. Son derece çözücü ya da asitik olan bu suların, geçtiği yerleri eritmeleri sonucu karstik mağaralar oluşmaya başlar.



KARST

Karstik Şekiller/Düdenler

Obruk, Dolin, Uvala ve Polye gibi yüzeyden kapalı havza ya da çukurlukların tabanında veya kenarında bulunan ve buralara gelen suları yeraltına boşaltan karstik şekillerdir.

