

JEM 323

# HİDROJEOLOJİ

**Prof. Dr. Mehmet ÇELİK**

**Hidrojeoloji Uzmanı  
Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı**



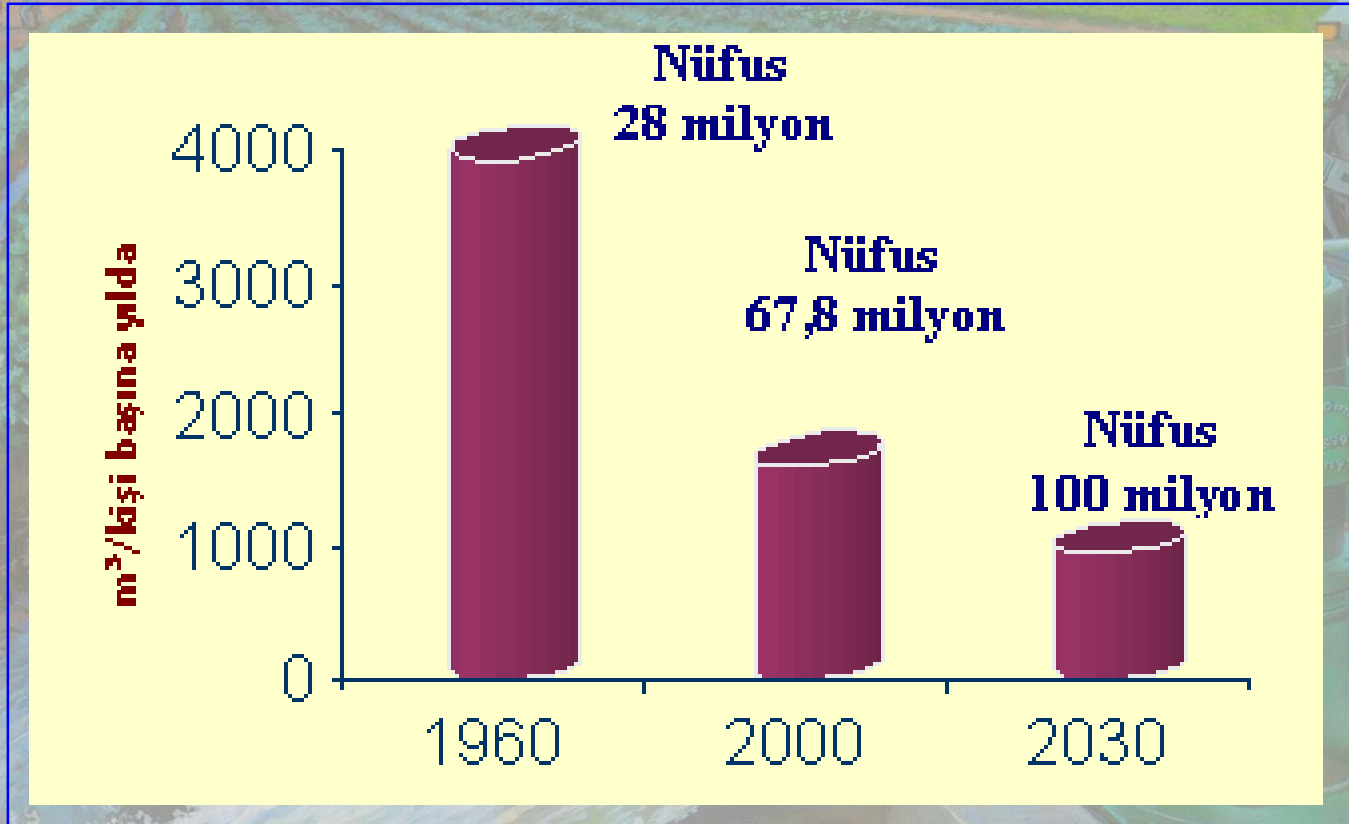


Hidrojeolojiye giriş,  
Hidrojeolojinin tanımı,  
önemi, kapsamı nedir ?  
İşlenecek konular...

- **Hidrojeoloji**
- **Yeraltı suyu**
- **Yeraltı suyu hidrolojisi**
- **Yeraltı hidrolojisi**
- Hidroloji
- Hidrolik



Türkiye’de kişi başına düşen yıllık su miktarı dikkate alındığında, su azlığı yaşayan bir ülke konumunda olduğumuz görülmektedir. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1500 m<sup>3</sup> civarındadır.





# Yararlanılabilecek kaynakların bir bölümü

- **Kitaplar:**

- **Todd, DK, 1980.** Groundwater Hydrology. John Wiley & Sons, Second edition, New York.
- **Domenico P A and Schwartz F W, 1990.** Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons, New York.
- **Afşin, M., Kayabalı, K. 2004.** Uygulamalı Hidrojeoloji (CW Fetter'den çeviri). Dördüncü baskı, Fersa Matbaacılık, Ankara.
- (Orijinal kitap: Applied Hydrogeology, CW Fetter, **1997**)
- **Canik, B., 1998.** Hidrojeoloji: Yeraltı sularının aranması, işletilmesi, kimyası. Jeoloji Müh. Bölümü, Birinci baskı, Ankara.
- **Dingman, S.L. 2002.** Physical Hydrology. Second Edition, USA.
- **Şen, Z., 2003.** Yeraltı suyu (Hidrojeoloji). Su Vakfı Yayınları, Özener matbaacılık, İstanbul.
- **Kayabalı, K.2003.** Hidrojeoloji (Freeze R.A and Cherry J.A'dan çeviri). Gazi Kitabevi, Ankara.

- ...
- ...

- **Dergiler:**

Hydrogeology Journal, Environmental Geology, Ground Water...



# Hidrojeoloji Dersinin (3,2) Kamsamı ve izlenecek konular

- I- Hidrojeolojinin tarihçesi
- II- Kayaçların hidrojeoloji özellikleri
- III- Akiferler
- IV- Debi ölçme yöntemleri
- V- Deniz suyu (tuzlu su) girişimi
- VI- Kaynaklar
- VII- Yeraltı suyu bilançosu
- VIII- Yeraltı suyu kimyası  
(hidrokimyasal çalışmalar)
- IX- Hidrojeoloji incelemelerinde izlenecek yollar  
.....Dönem Ödevleri (1, 2,.....)





# TARİHÇE

Tarihler ve kişiler	Konular/olaylar
M.Ö. X. yy. Hz. Süleyman M.Ö. VII. yy. Homeros	Denizin sonsuzluğu karadaki suların kaynağıdır...
M.Ö. VI. yy. Thales	Deniz sularının rüzgarlarla karalara itilmesi ile karadaki su kaynakları oluşmaktadır...
M.Ö. V. yy. Anaxogore	Mağara gölünden esinlenerek yer altı suyu depolarının varlığı...
M.Ö. I. yy. Marcus Pollio Vitreuve	Dağların arası en çok yağış alan bölgelerdir. Bu bölgelerde süzülen ve sıkışan sular kaynakları oluşturmaktadır...
M.Ö. 384-322 Aristo	Yoğuşma teoremi
Çinde M.Ö. 900 Hidistanda M.Ö. 400 İran	Dinamik hidrolojik döngü Bu dönemde ve bölgede yapılanların batıdaki gelişmeleri etkilemediği ifade edilmiştir.
M.Ö. 1200 Çin Kayıtları	Rüzgar ve yağışın gözlemleri. Hidrolojik ölçümler Hindistan ve Mısırdaki, özellikle büyük nehirlerin boşalımı ile ilgili ölçümler (Biswas, 1970)
Hammurabi Yasaları	En eski bilinen <b>Su Yasası</b> Babil kralı Hammurabi'nin (M.Ö. 1728 - M.Ö. 1686) çeşitli meselelerde verdiği kararlar, "Babil'in koruyucu tanrısı Marduk" adına yapılan Esagila Tapınağı'na dikilen bir taş üzerine Akatça dilinde yazılmıştı. Mezopotamya, Mısır, Orta Asya ve Çin dolayında büyük nehirlerde sulama sistemi inşaa etmişlerdir.
M.Ö. 2500-3000 İran, Mezapotamya	Drenaj hendeği, galeri, kuyu, kehriz yapıları
1126 Fransa	Artois kasabasında yapılan sondaj artezyen yapmış ve ismini oradan almıştır..



Tarih/Kişi	Konular/Olaylar
1540 İtalya	St. Patrick kuyusu (60 m)
M.S. 16. yy. Leonardo da Vinci	İki su geçirmez tabaka arasında basınçlı bir geçirimli tabakanın olabileceğini söylemiştir. Hidrolojik çevrimi açıklamıştır. Alan-hız-boşalım ilişkisini açıklamıştır.
1680 Bernard Palissy	Sular ve kaynaklar
1684 Pierre Perrault	Çeşmelerin kökeni Seine havzasında yağış ve buharlaşma ölçtü
1686 Mariotte	Suların hareketi Seine nehrinde akım ölçümü yaptı
Pierre Perrault-Edme Mariotte ve Edmund Halley	<b>Hidroloji-Su Bilimi bir bilim dalı olarak ilk defa tanımlandı</b> Okyanus buharlaşmasının yağışın nemini oluşturduğunu ifade ettiler. Bu üç araştırmacı modern bilim anlamında hidroloji araştırmaları yaptılar (Usul, 2001)
Bernoulli ve oğlu, 1738, Chezy, 1775	Kendi adlarıyla anılan hız denklemi kurdular
Pitot, 1732; Venturi 1798	Hız ölçümü için cihaz kurdular
1802 JB. Lamarck	Suların araştırılması ve depolanması ilk defa kitapta geçti <b>İlk Hidrojeoloji çalışması</b>
1856 Darcy	Doymun ortamda suyun hareketi
1863 Dupuit	Pompaj, gözlem kuyulu-dengeli rejim
1879 J. Lucas	Yeraltı sularında ilk jeoloji konularının araştırılmasını Londra Alt Kretase kumtaşlarında yapmıştır
1887 Daubree	Günümüzde yeraltı suları (Kitap)
1919 Mead	İlk hidrojeoloji yayını

Tarihler ve kişiler	Konular/olaylar
<b>20. yy başlarında Hidroloji-Su Bilimi hala olgunlaşmamıştı</b>	Pratik hidrolojik problemleri çözmek için ampirik yaklaşımlar kullanılmaktadır.
<b>1900-1930</b>	Chow (1964) –Bu dönemi ampirik formüllerin kullanılması dönemi olarak tanımlamıştır.
<b>1930-1950</b>	Rasyonalizm dönemi (Chow'a göre)
<b>Son Zamanlar</b>	Devrim Dönemi (Revolutionized hydrology) Hidrolojik analizler daha geniş ölçekte yapılmaya başlanmıştır. Verileri hazırlamak ve depolamak, uzaktan algılama istasyonlarından alıp iletmek kolaylaşmıştır. Bilgisayarlar ve tele iletişim sistemleri kullanılmaktadır.
<b>Crawford ve Linsley, 1966</b>	İlk hidroloji modeli «Stanford Watershed Model» oluşturuldu (yağış-buharlaşma, süzülme-yüzeysel akımı ve yer altı suyu akımı).
<b>U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 1973</b>	Hidrolojik problemleri çözmek için model serileri geliştirmişlerdir. <b>HEC-1, 1973</b> <b>HEC-2 1976</b>



# ÜLKEMİZDEKİ GELİŞMELER

1929-1930 Chapuit-Calvi

Ankara – Çubuk vadisi

Sondaj çalışmaları

1932

İstanbul ve Samsun -Sondaj

1952 DSİ

Yeraltı suyu bürosu

1956 DSİ

Yeraltı suları dairesi

1935 MTA Genel Müd.

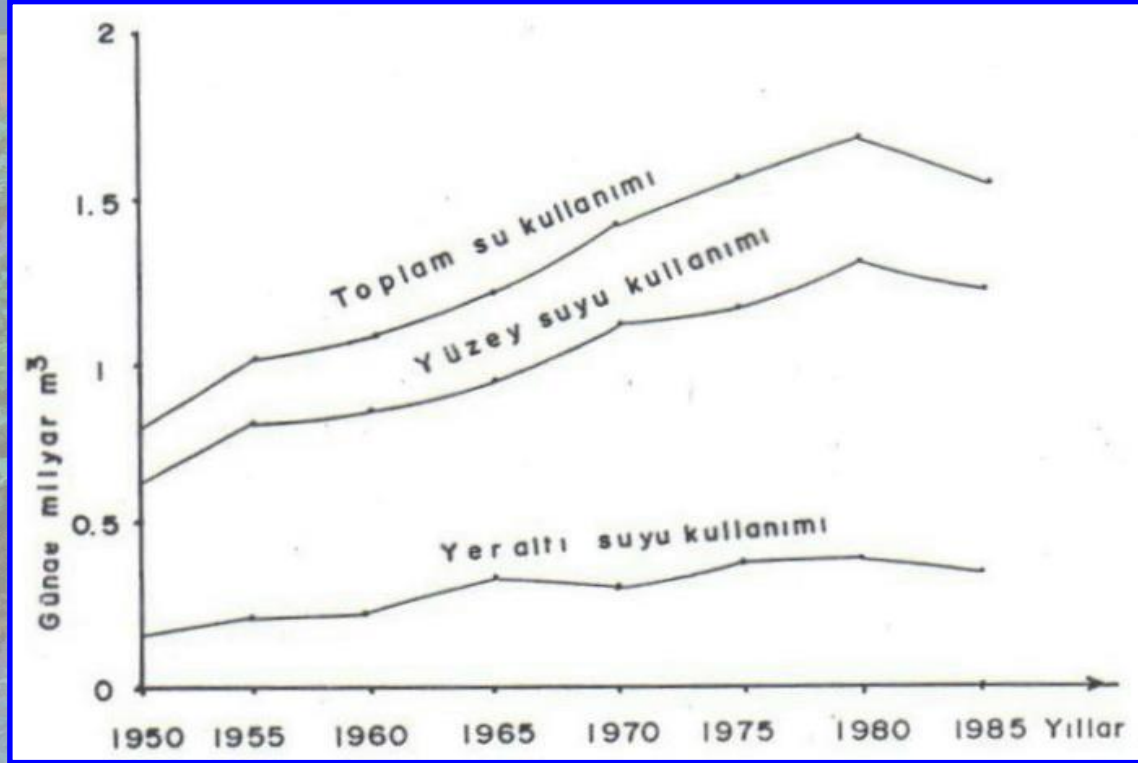
Sıcak ve mineralli su kaynakları

2000 İller Bankası

Sıcak ve mineralli sular birimi



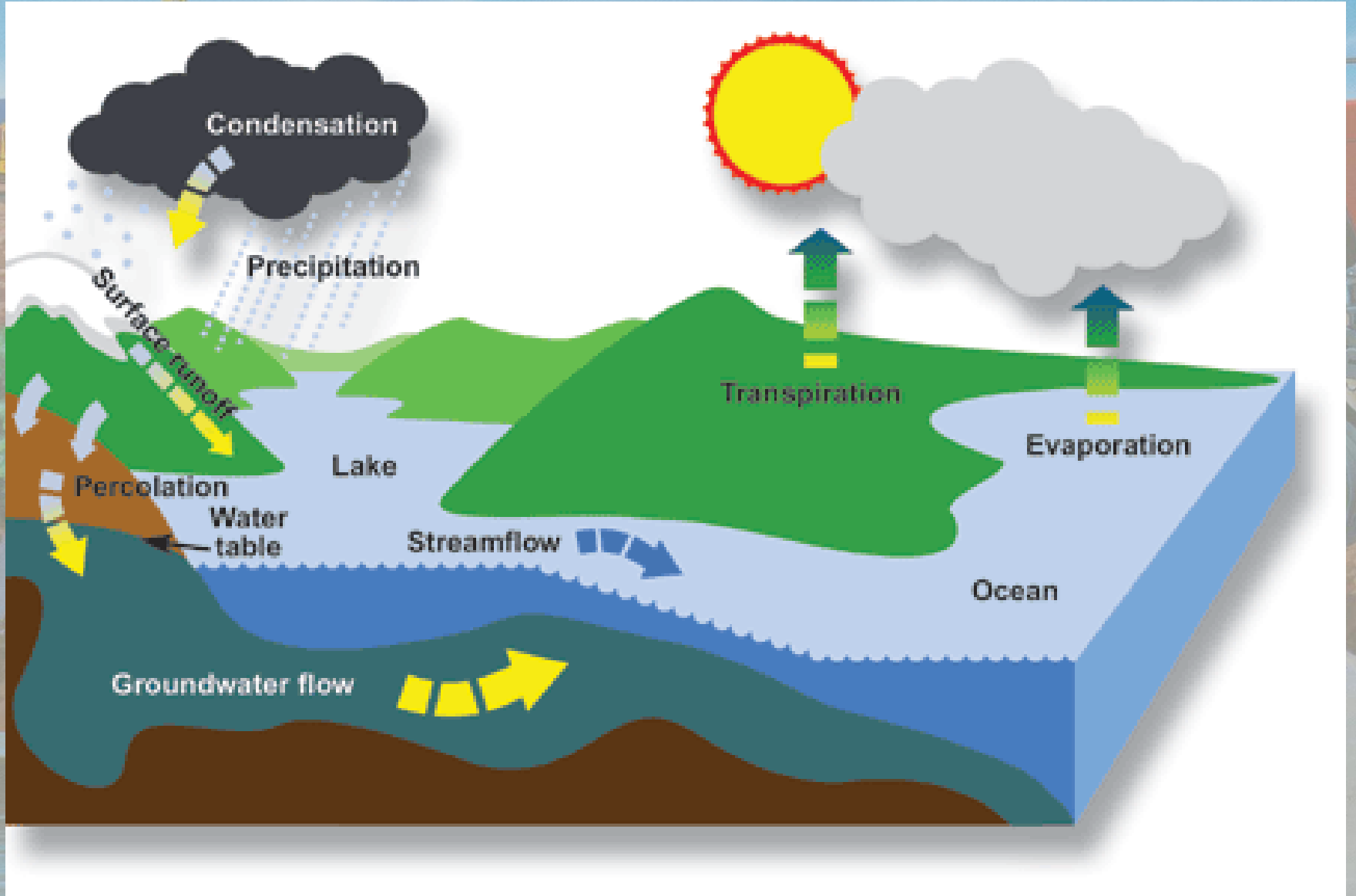
# Su Kullanımı



ABD'de hidroelektrik santralleri dışında suyun kullanımı  
(Fetter, 1988).

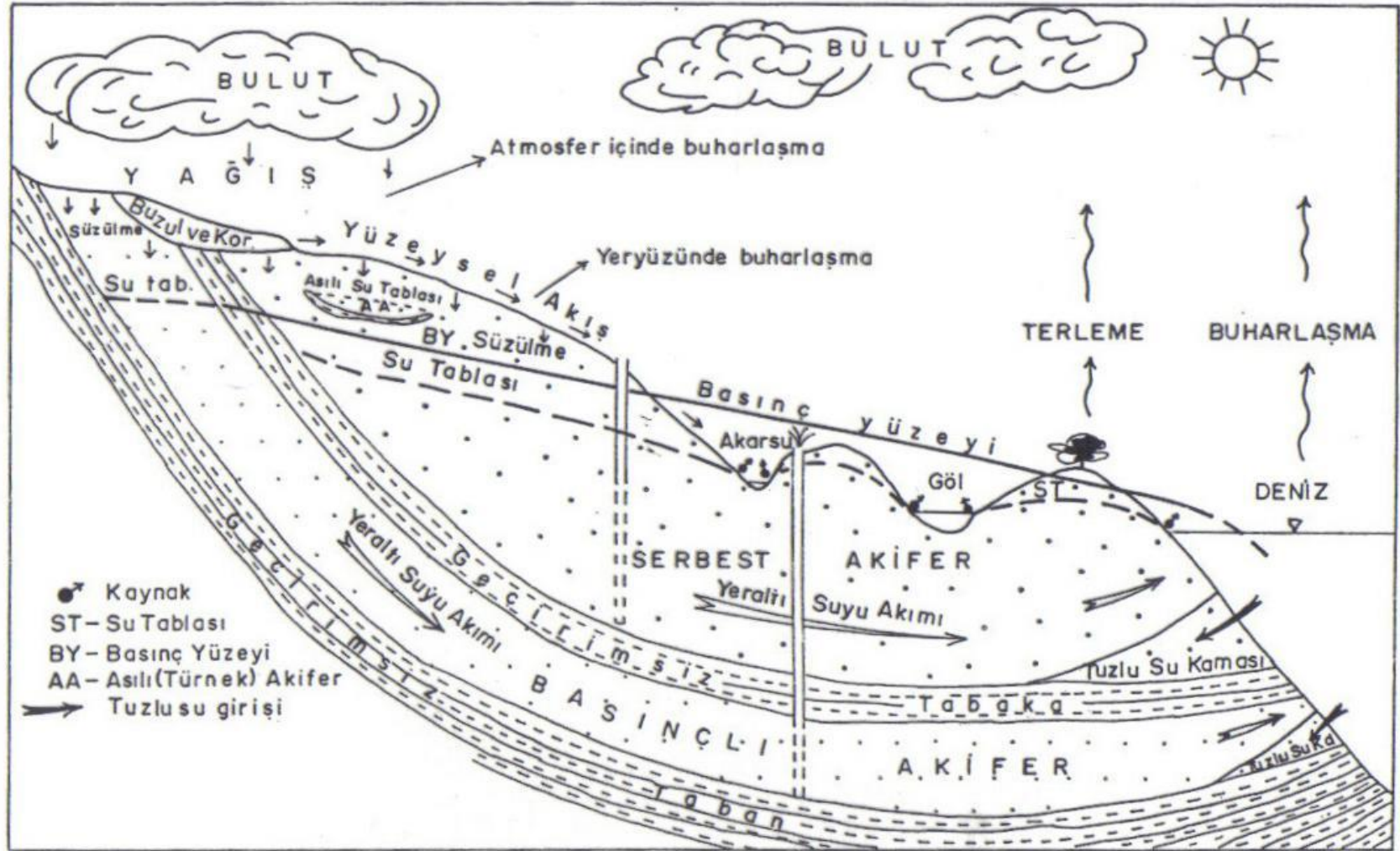


# Doğada suyun dönüşüm dolaşımı



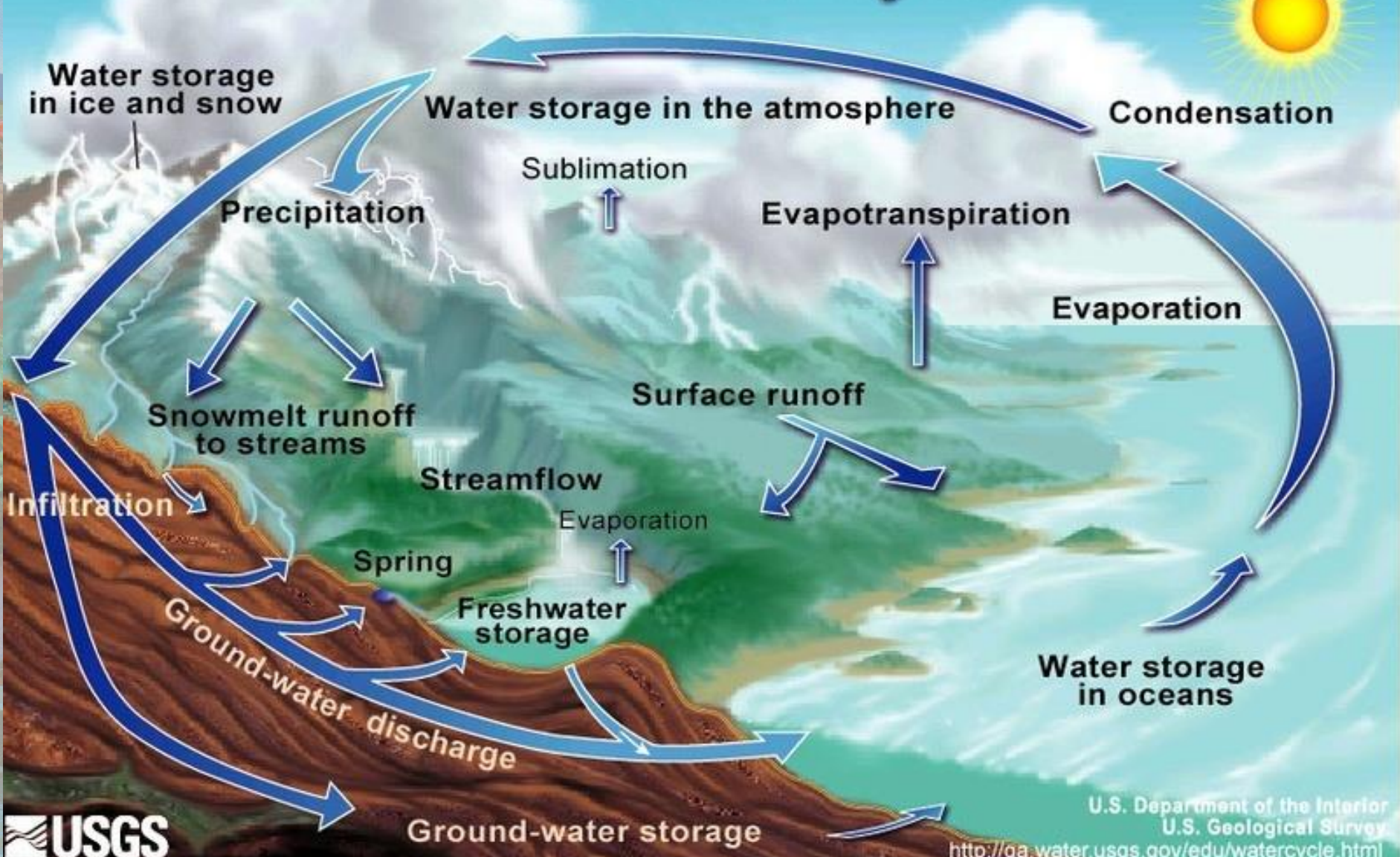


# Hidrolojik Çevrim / Doğada suyun dönüşüm dolaşımı





# The Water Cycle





## **TÜRKİYE'NİN SU KAYNAKLARI POTANSİYELİ**

**Yıllık ortalama yağış : 643 mm/yıl**

**Türkiye'nin yüzölçümü : 780 000 km<sup>2</sup>**

**Yıllık yağış miktarı : 501 milyar m<sup>3</sup>**

**Buharlaşma : 274 milyar m<sup>3</sup>**

**Yeraltına sızma : 41 milyar m<sup>3</sup>**

### **Yüzey Suyu**

**Yıllık yüzey akışı : 186 milyar m<sup>3</sup>**

**Kullanılabilir yüzey suyu : 98 milyar m<sup>3</sup>**

### **Yeraltı suyu**

**Yıllık çekilebilir su miktarı : 14 milyar m<sup>3</sup>**

**Toplam Kullanılabilir Su (net): 112 milyar m<sup>3</sup>**



**Manavgat Irmağı**



**Sondaj-Soma**

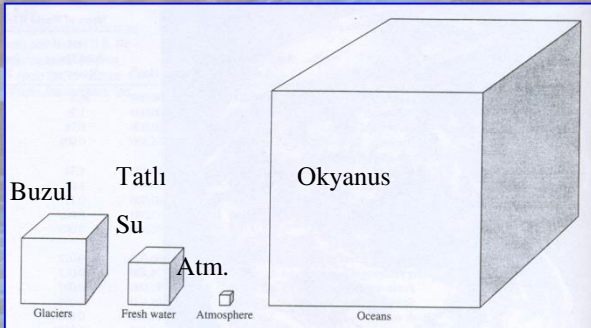


**Çıralı obruğu-Konya**

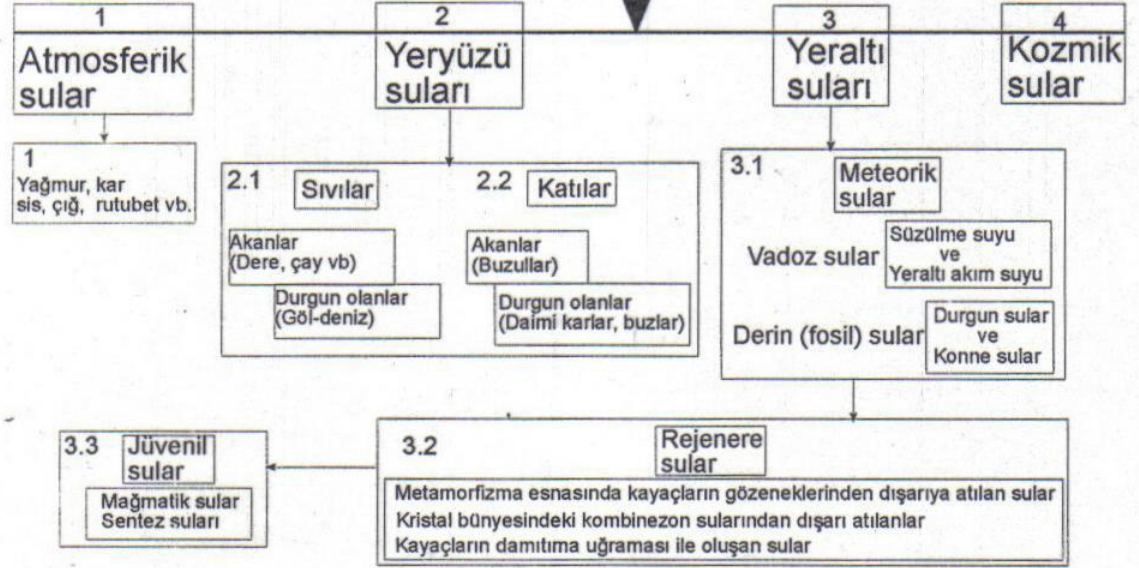


# SULARIN SINIFLAMASI VE MIKTARI

Canik (2007)



## SULARIN SINIFLANDIRILMASI



Doğada bulunan toplam su (UNESCO' ya göre, 1978)

Okyanuslarda	: $1,34 \times 10^9 \text{ km}^3$	---- Toplam suyun % 96,4' ü
Karalarda	: $50,04 \times 10^6 \text{ km}^3$	---- Toplam suyun % 3,6' sı
Buz, buzul	: $30 \times 10^6 \text{ km}^3$	---- Karalardaki suyun % 60' ı
Yeraltı suları	: $20 \times 10^6 \text{ km}^3$	---- Karalardaki suyun % 40' ı
Yüzey suları	: $0,18 \times 10^6 \text{ km}^3$	
Atmosferik sular	: $0,013 \times 10^6 \text{ km}^3$	
Biyolojik sular	: $0,001 \times 10^6 \text{ km}^3$	



# KAYAÇLARIN HİDROJEOLOJİ ÖZELLİKLERİ

**Hidrojeoloji özellikleri nelerdir ?**

**Gözeneklilik nedir ?**

## GÖZENEKLİLİK

**Boşluk tipleri**

**I-Bağlantılı**

**II-Bağlantısız**

**Bağlantılı boşluklar**

**A-Gevşek yapıda**

**B-Sıkı yapıda**

**B1-Basit gözeneklilik**

**B2-Yarılanmış gözeneklilik**

**B3-Sıvalı gözeneklilik**

**B4-İki katlı boşluk göz.**

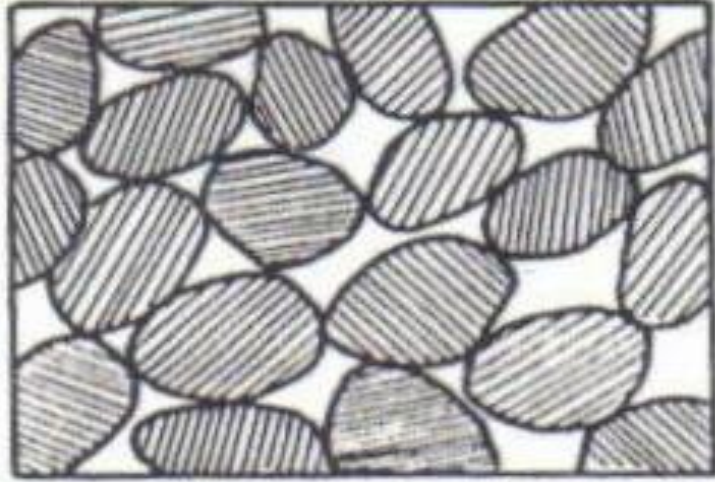
**C-Büyük boşluk gözenekliliği**

**D-Yarık ve çatlak gözenekliliği**

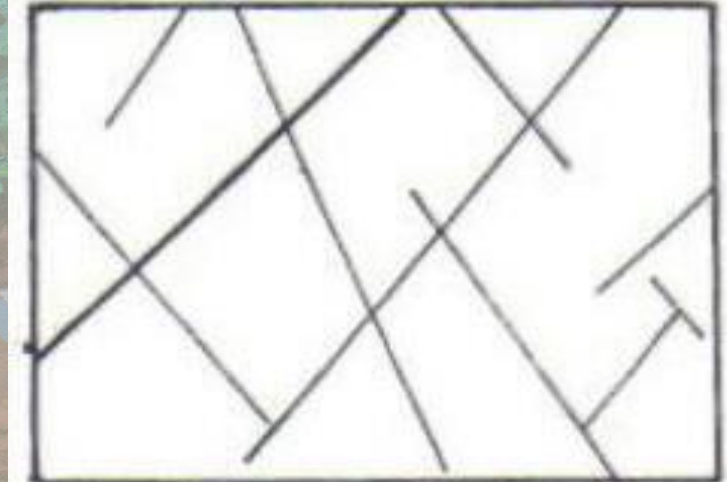
**E-Kanal gözenekliliği**



# BAĞLANTILI BOŞLUKLAR



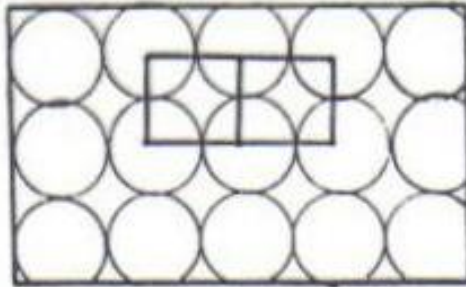
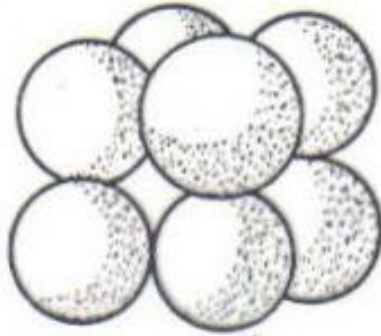
Taneler arası boşluklar



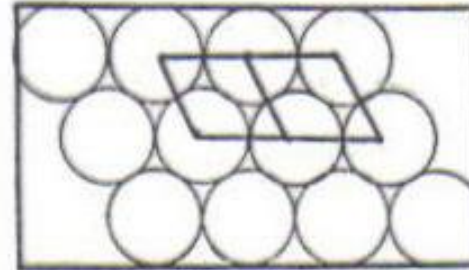
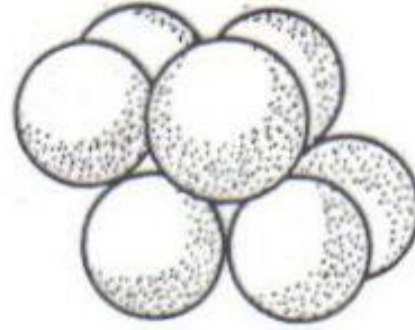
Çatlak, yarık vb boşlukları



# SIKI YAPIDA-BASİT GÖZENEKLİLİK



Kare düzeni

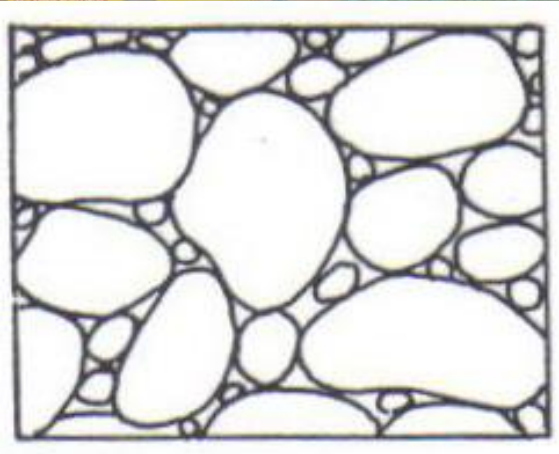


Eşkenar düzeni

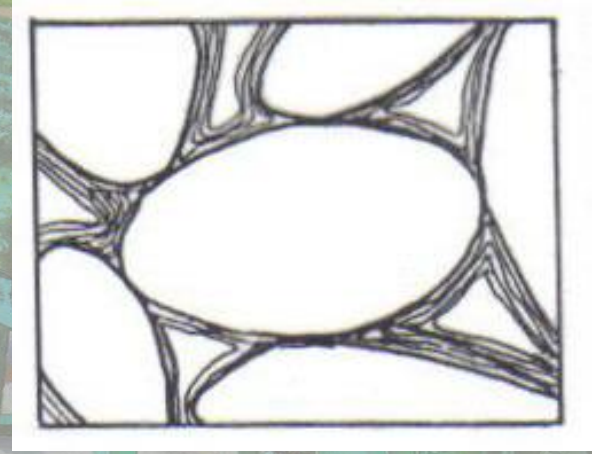


# SIKI YAPIDA GÖZENEKLİLİK TÜRLERİ

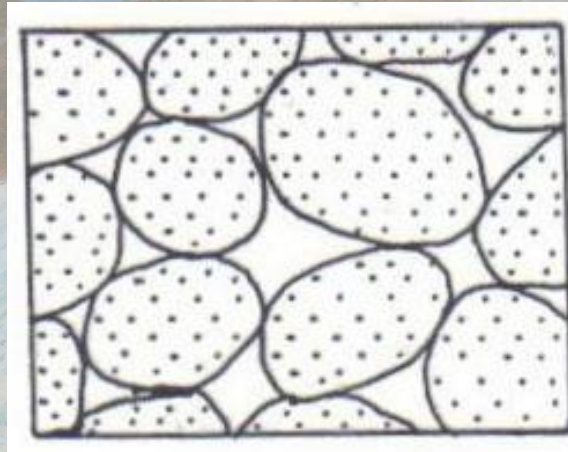
Sıvalı  
gözeneklilik



Yarılanmış  
gözeneklilik



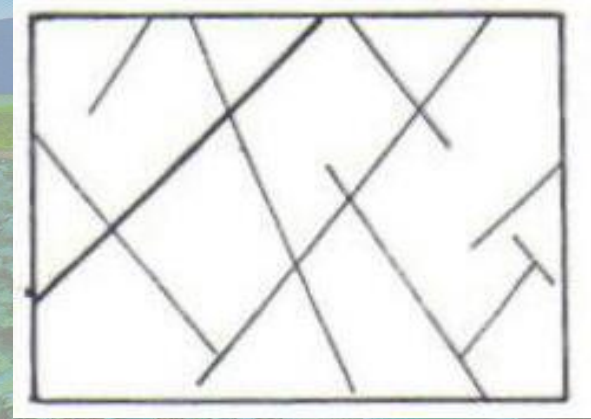
İki katlı boşluk  
gözenekliliği



Todd (1959)

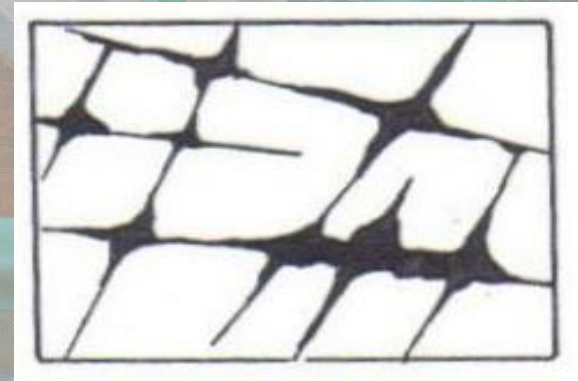


# YARIK VE ÇATLAK-İKİNCİL GÖZENEKLİLİK



Çatlak, yarıklar vb boşlukları

# KANAL GÖZENEKLİLİĞİ



Erime boşlukları

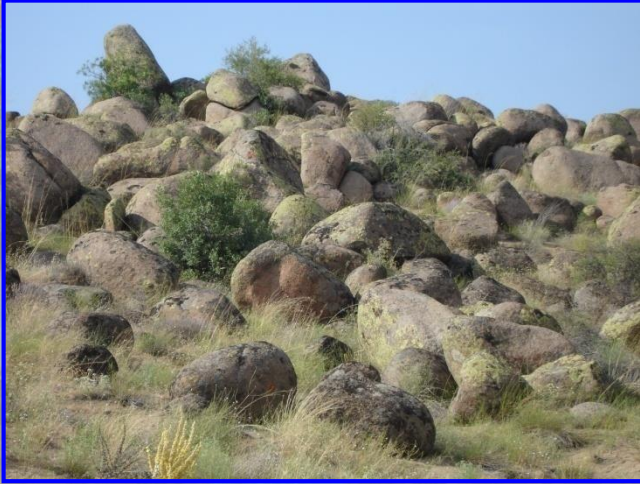
Todd (1959)



# İkincil gözeneklilik türlerine örnekler



Granitlerde çatlak  
oluşumu, Beypazarı



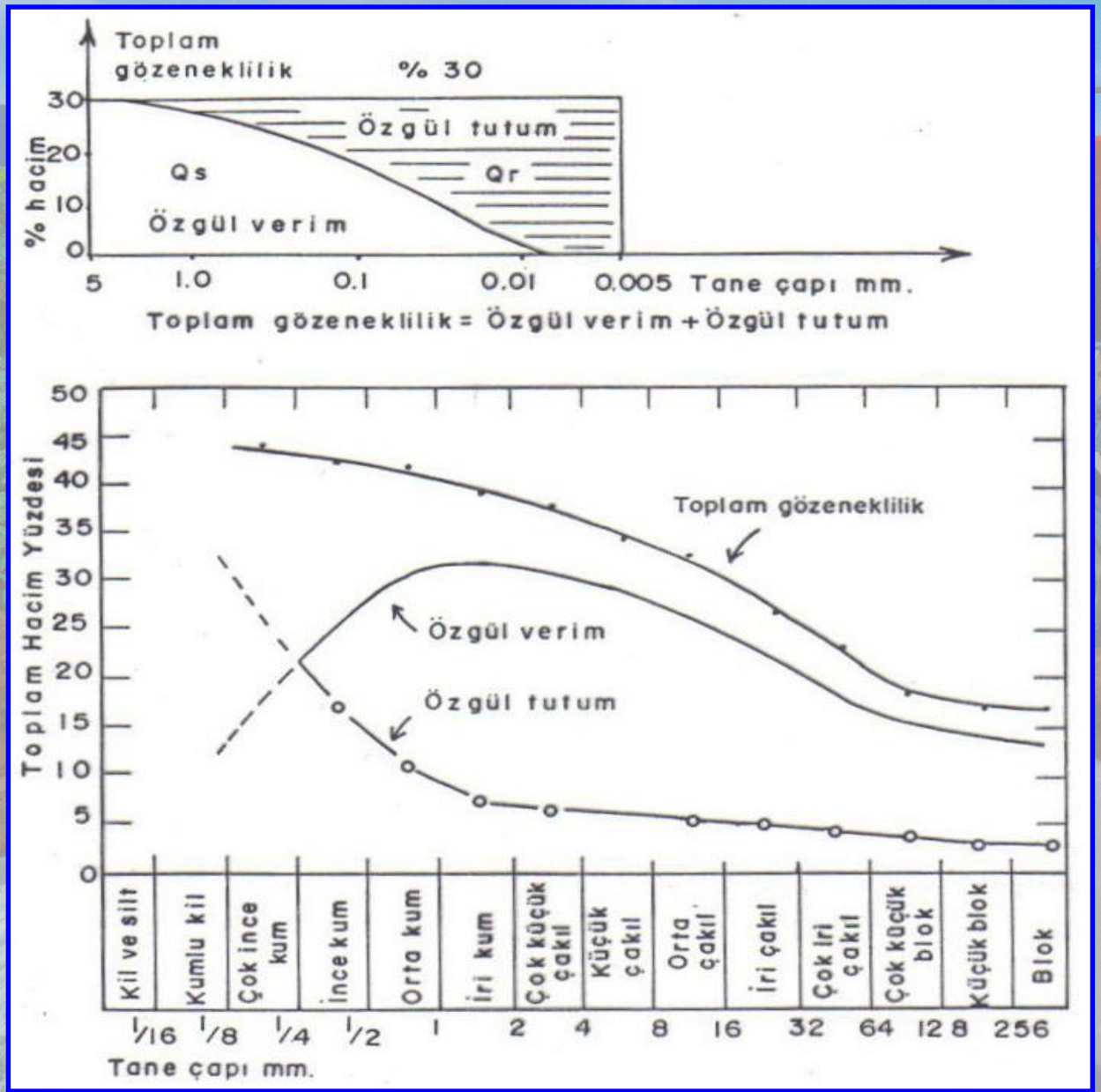
Granitlerde alterasyon,  
Beypazarı



Çıralı obruğu, Konya

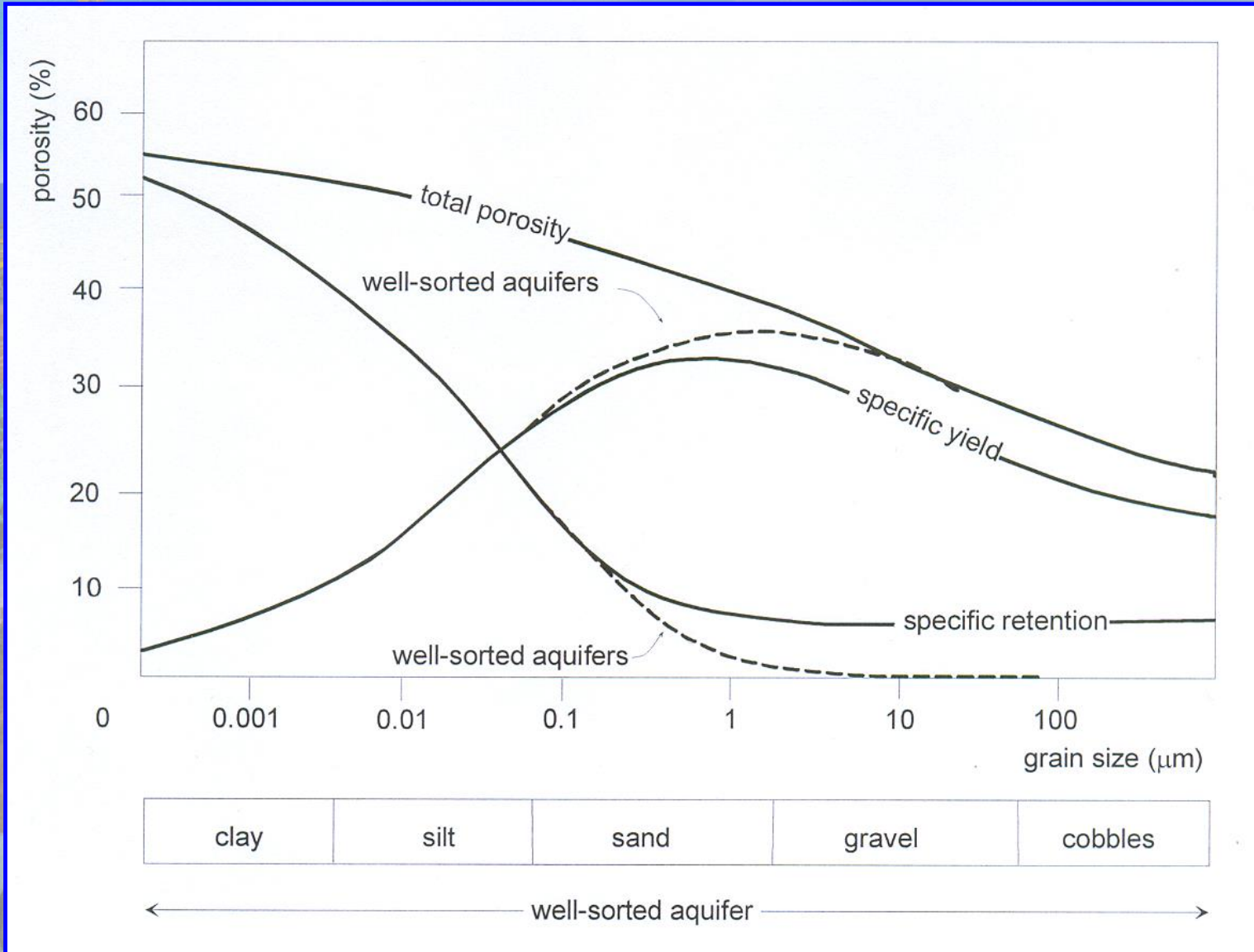


# Özgül Verim ve Özgül Tutum



Tane çapına bağlı gözeneklilik değişimi





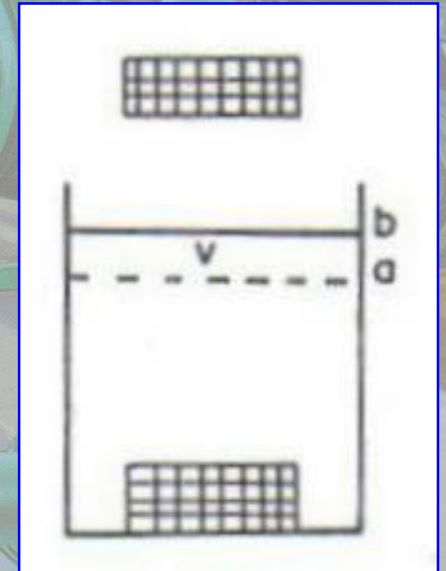
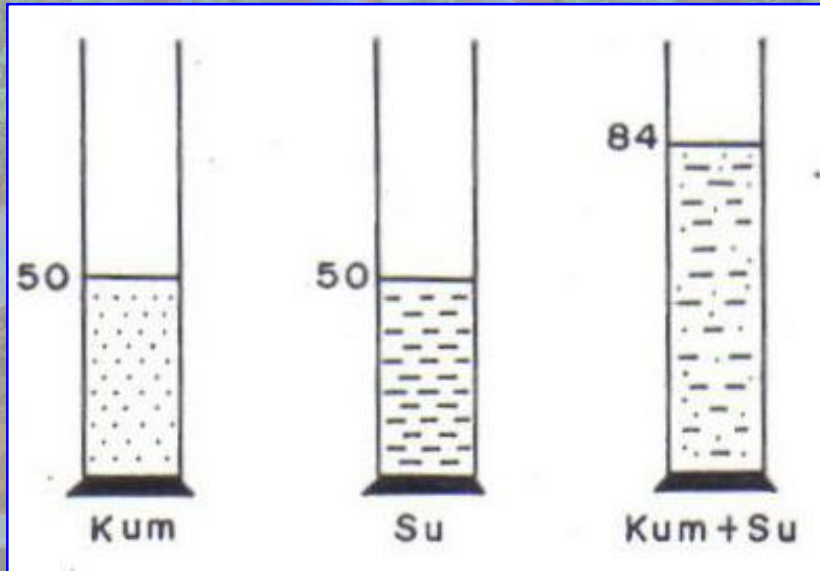
Toplam gözeneklilik, özgül verim ve özgül tutum

Todd (1980)



# Gözenekliliğin Ölçülmesi

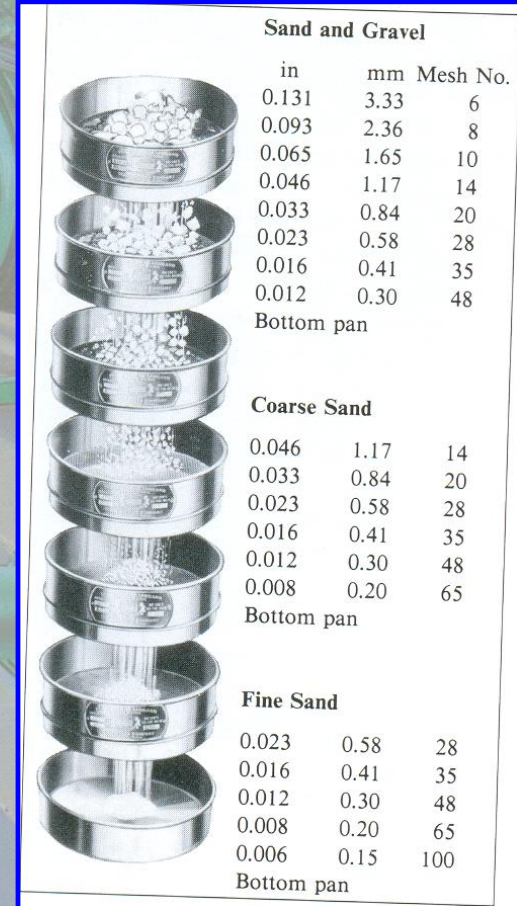
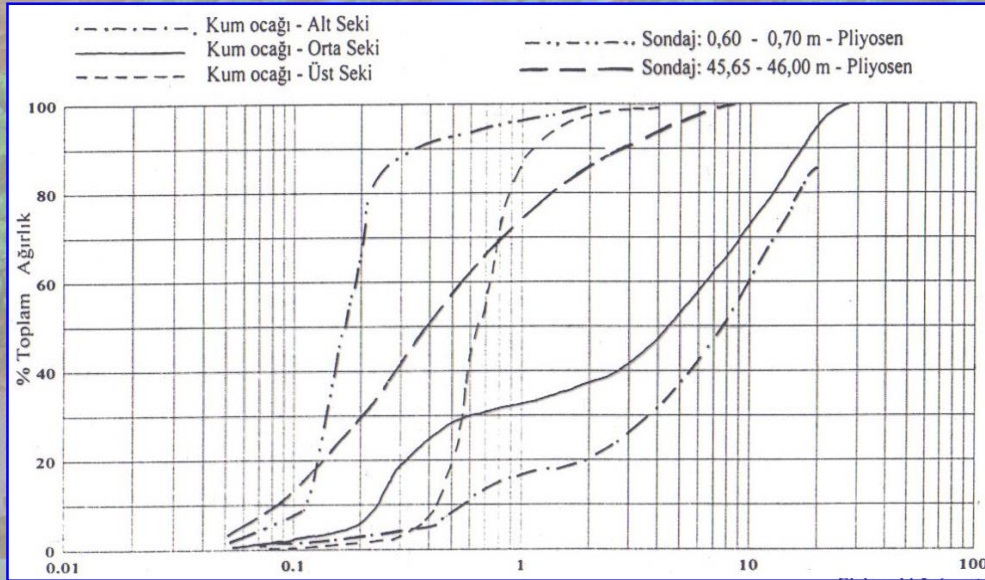
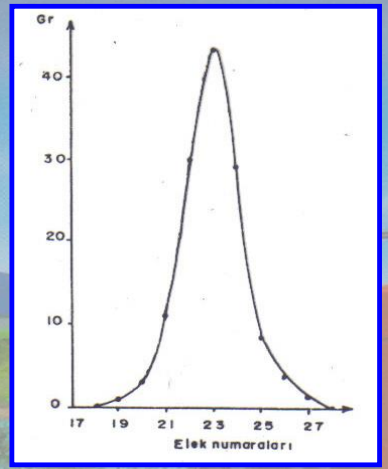
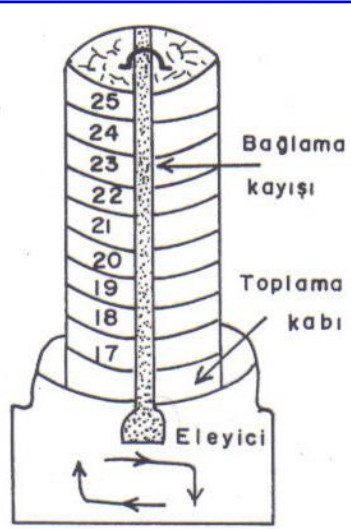
- Özgül ağırlık yöntemi [ $n: 1-(\rho_a/\rho_r)$ ,  $\rho_a$ :kuru ağı./hacim]
- Sıkılama yöntemi ile toplam gözeneklilik ölçümü
- Kayaçta gözeneklilik ölçümü





# ELEK ANALİZİ

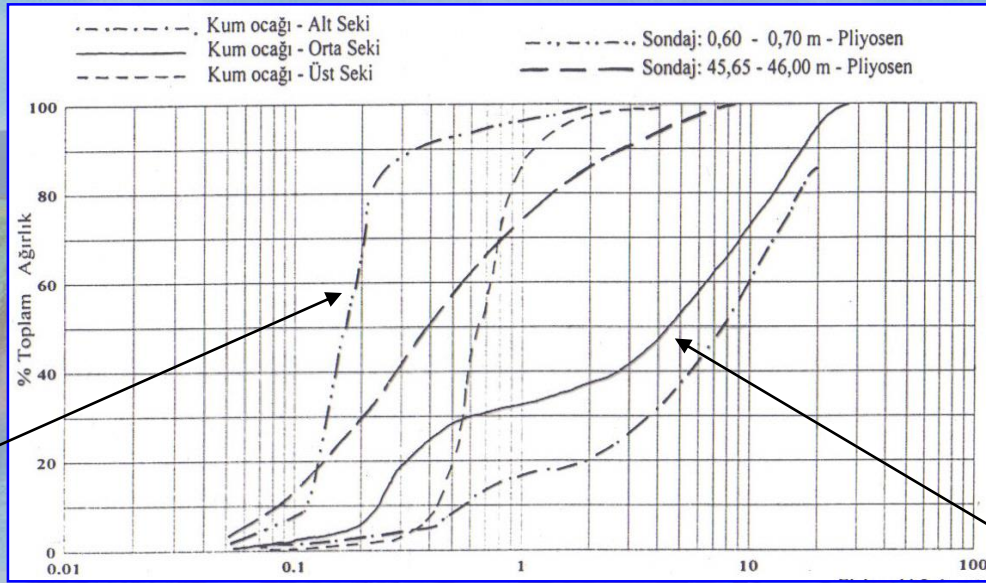
Tane çapı dağılımı,  
Ortalama tane çapı,  
Etkili tane çapı,



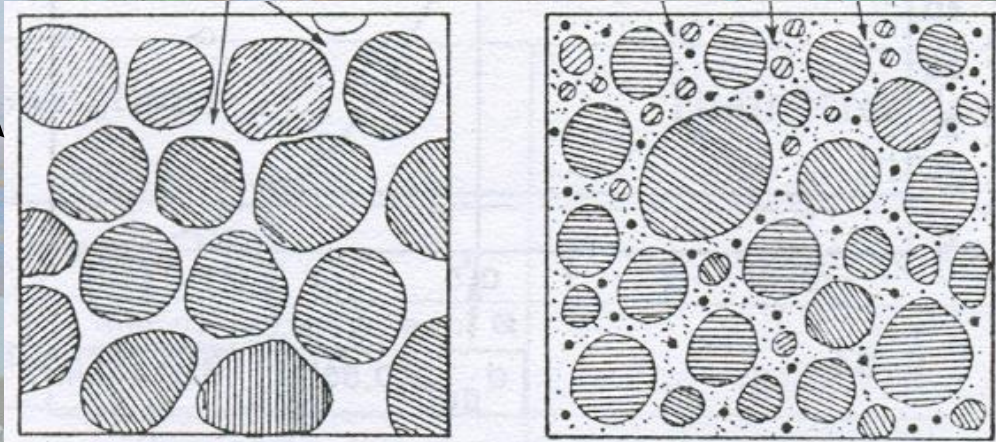
Canik (2007)

Boylanma sabiti,  
Düzen katsayısı,





A



B





## Tane çapı dağılımı

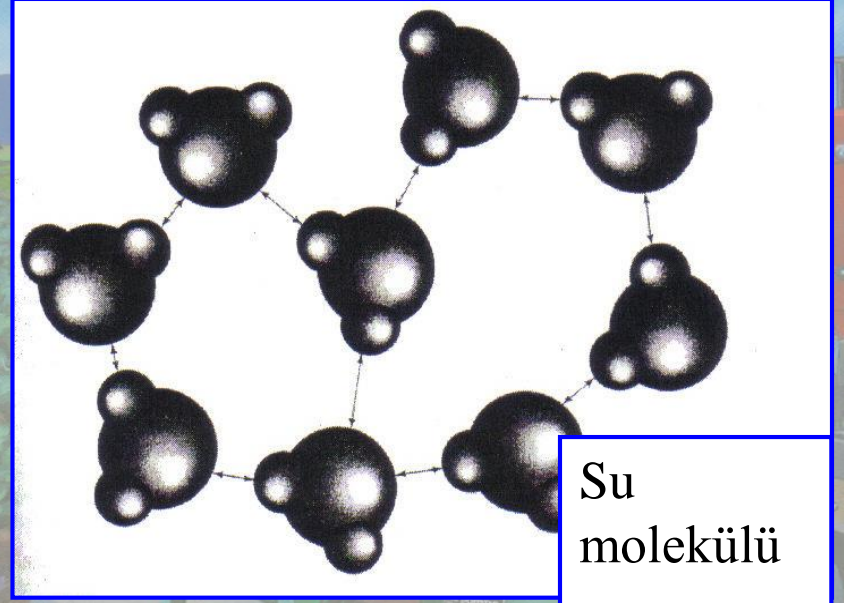
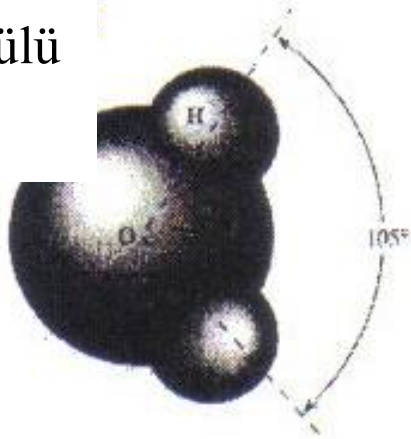
Wentworth Classification	Size Range
Boulder	10.08 in & above (256 mm & above)
Cobble	2.52 to 10.08 in (64 to 256 mm)
Pebble*	0.16 to 2.52 in (4 to 64 mm)
Granule (very fine gravel)	0.08 to 0.16 in (2 to 4 mm)
Very coarse sand	0.04 to 0.08 in (1 to 2 mm)
Coarse sand	0.02 to 0.04 in (0.5 to 1 mm)
Medium sand	0.01 to 0.02 in (0.25 to 0.5 mm)
Fine sand	0.005 to 0.01 in (0.125 to 0.25 mm)
Very fine sand	0.002 to 0.005 in (0.063 to 0.125 mm)
Silt	0.0002 to 0.002 in (0.004 to 0.063 mm)
Clay	Below 0.0002 in (Below 0.004 mm)
*The USGS has subdivided this category as follows:	
Very coarse gravel	1.26 to 2.52 in (32 to 64 mm)
Coarse gravel	0.63 to 1.26 in (16 to 32 mm)
Medium gravel	0.31 to 0.63 in (8 to 16 mm)
Fine gravel	0.16 to 0.31 in (4 to 8 mm)

(Krumbein & Pettijohn, 1938)



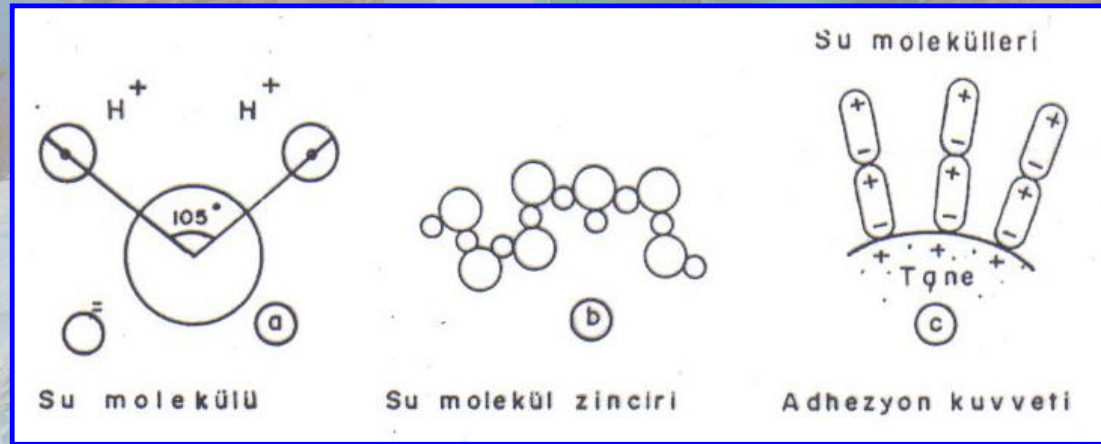
# Kayaçlar içinde suyu dengede tutan kuvvetler

Su  
molekülü



Su  
molekülü  
zinciri

Kohezyon,  
Adhezyon,  
Yerçekimi,  
Atmosferin buhar basıncı,  
Yüzey gerilim kuvveti.

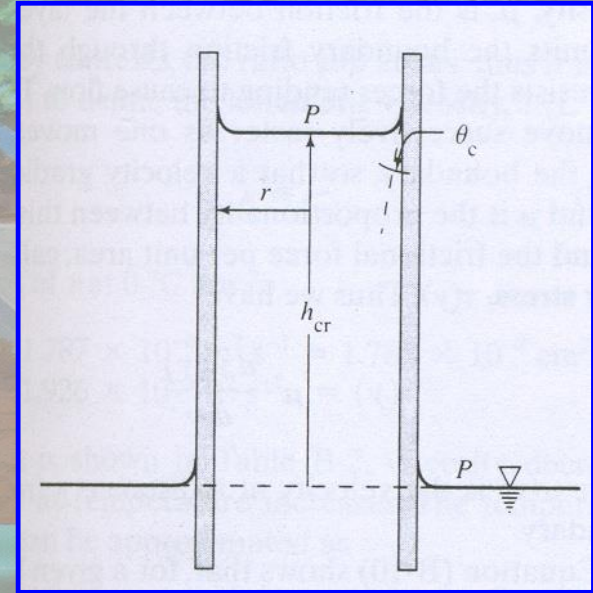
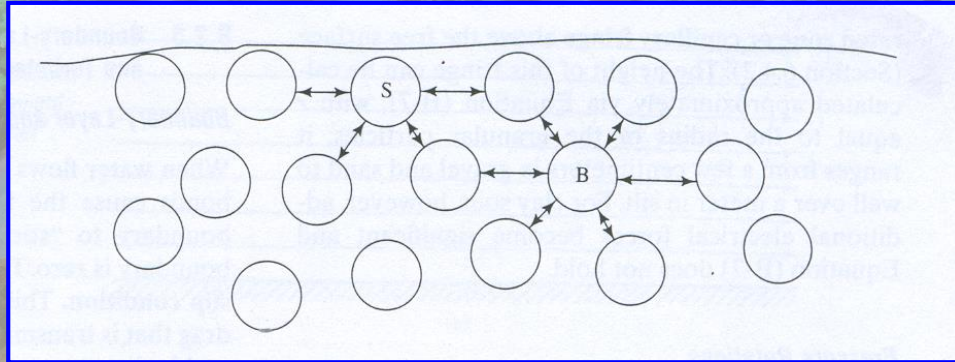




# Yüzey gerilim kuvveti

Yerçekimine ters yönde suyun doygun kuşağın üst noktasından yukarıya doğru kılcal saçaklarda yükselmesi olayıdır.

Kılcal saçaklardaki yükselme, bir borudaki suyun yükselmesi gibidir. Bu nedenle boruda suyu aşağıya ve yukarıya doğru zorlayan kuvvetler eşitlenerek suyun yükselebileceği kritik yükseklik hesaplanabilir.



$$F_{up} : \sigma \cdot 2\pi r \cdot \cos \theta_c$$

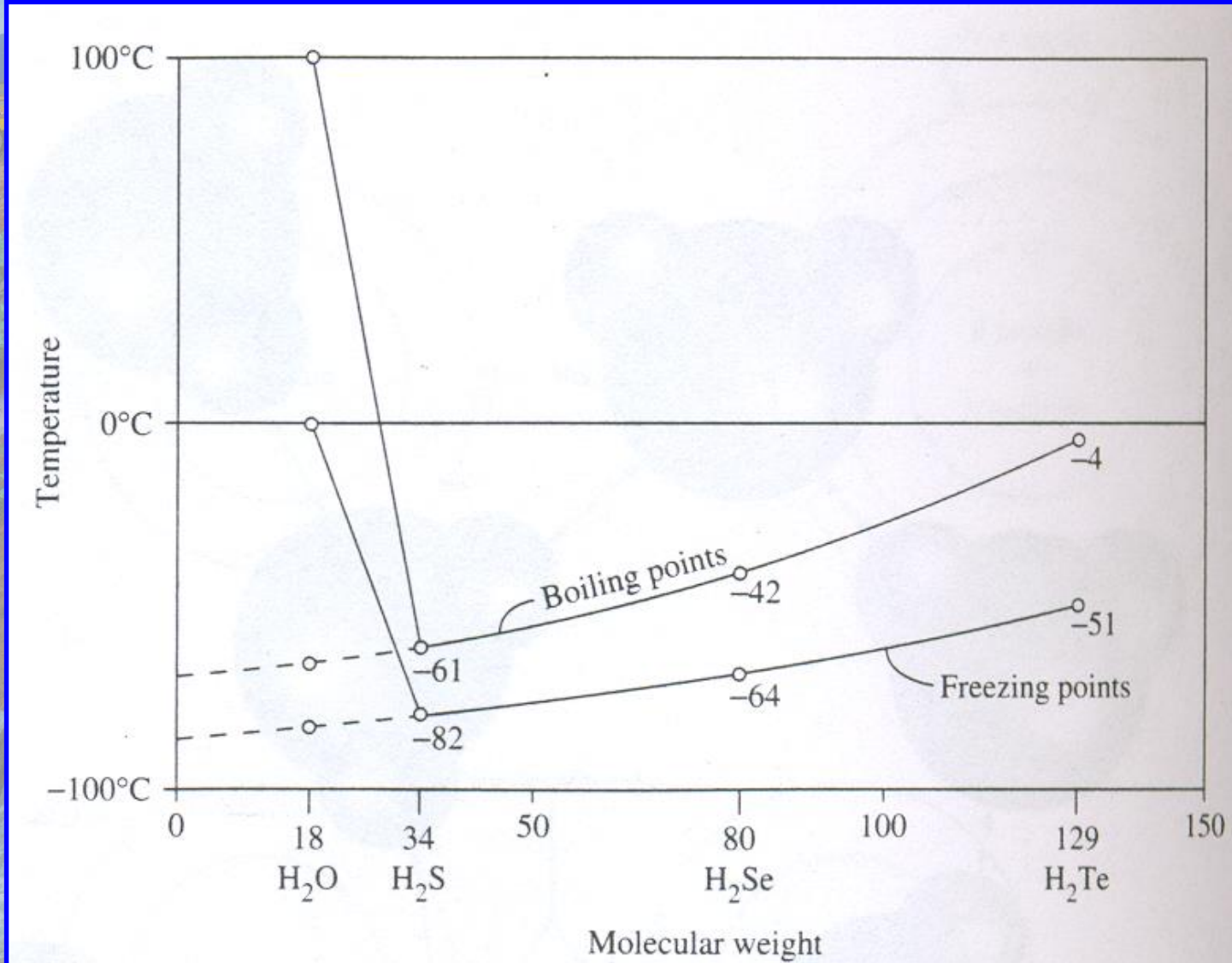
$$F_{down} : \pi r^2 \cdot \gamma \cdot h_{cr}$$

$$h_{cr} : (2\sigma / r\gamma) \cdot \cos \theta_c$$



## Sıcaklık-molekül ağırlığı ilişkisi

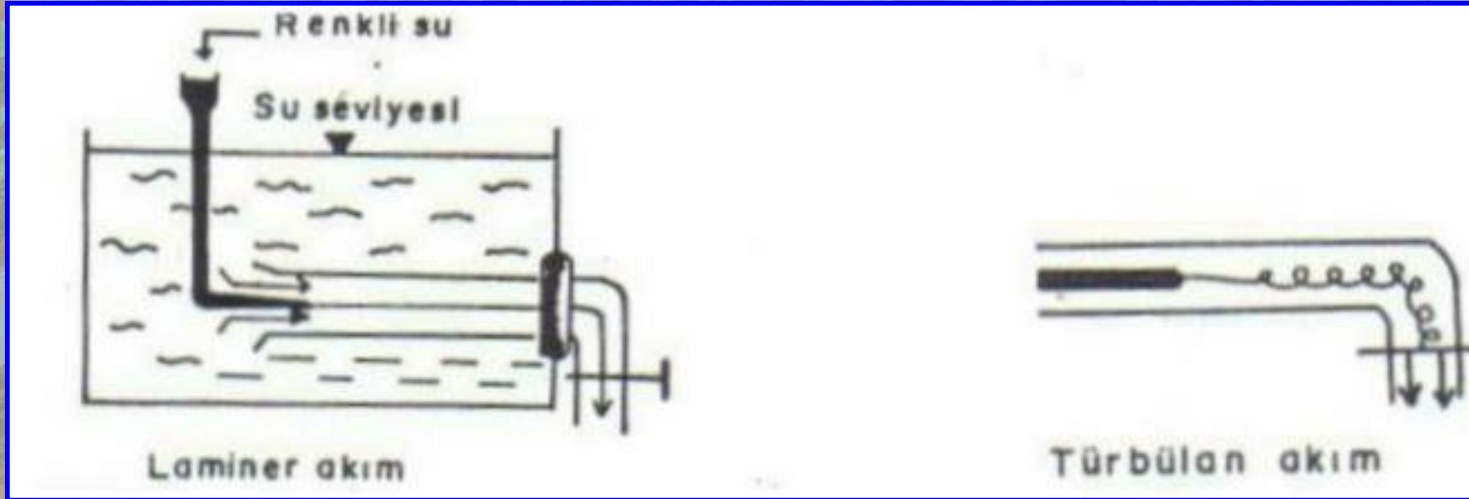
Su niçin doğada diğer akışkanlara göre mucizevi olarak daha çok bulunmaktadır ?.





# Doygun ortamda suyun hareketi

Reynolds deneyi ?



Laminar ve türbülans akımlar ?

Canik (2007)



# Gözenekli ortamda ve açık kanallarda Laminar ve Türbülant akımlar

**Gözenekli ortam**

$$R_{pm} = (\rho \cdot V \cdot d) / \mu = (V \cdot d) / \nu,$$

Burada, V: Darcy hızı, d: ortamı oluşturan tanelerin ortalama çapı (=2r).

Bu akımlar eğer,

$R_{pm} < 1$  ise akım laminar,

$R_{pm} > 10$  ise türbülant,

$10 < R_{pm} < 100$  ise laminar ve türbülant arasında geçiştir.

**Açık kanal**

$$R_{oc} = (\rho \cdot U \cdot Y) / \mu = (U \cdot Y) / \nu,$$

Burada, U: ortalama akım hızı, Y: ortalama akım derinliği.

Bu akımlar eğer,

$R_{oc} < 500$  ise akım laminar,

$R_{oc} > 2000$  ise türbülant,

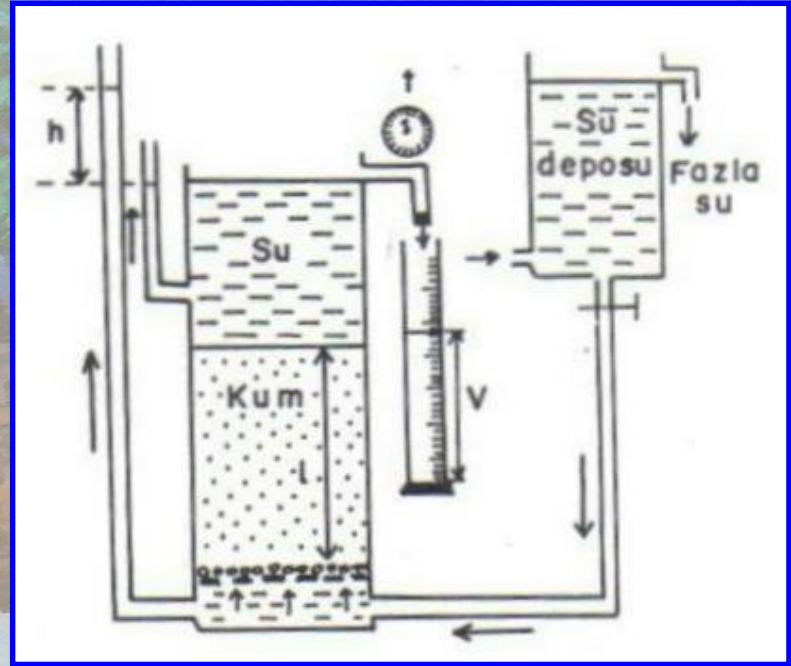
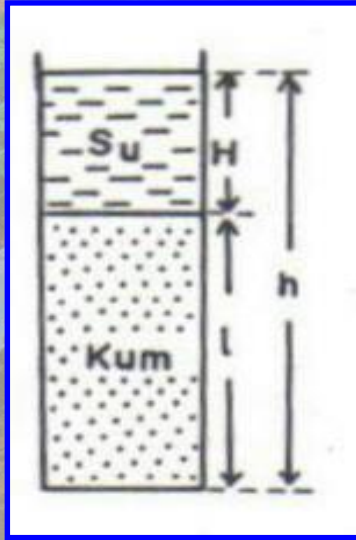
$500 < R_{oc} < 2000$  ise laminar ve türbülant arasında geçiştir.



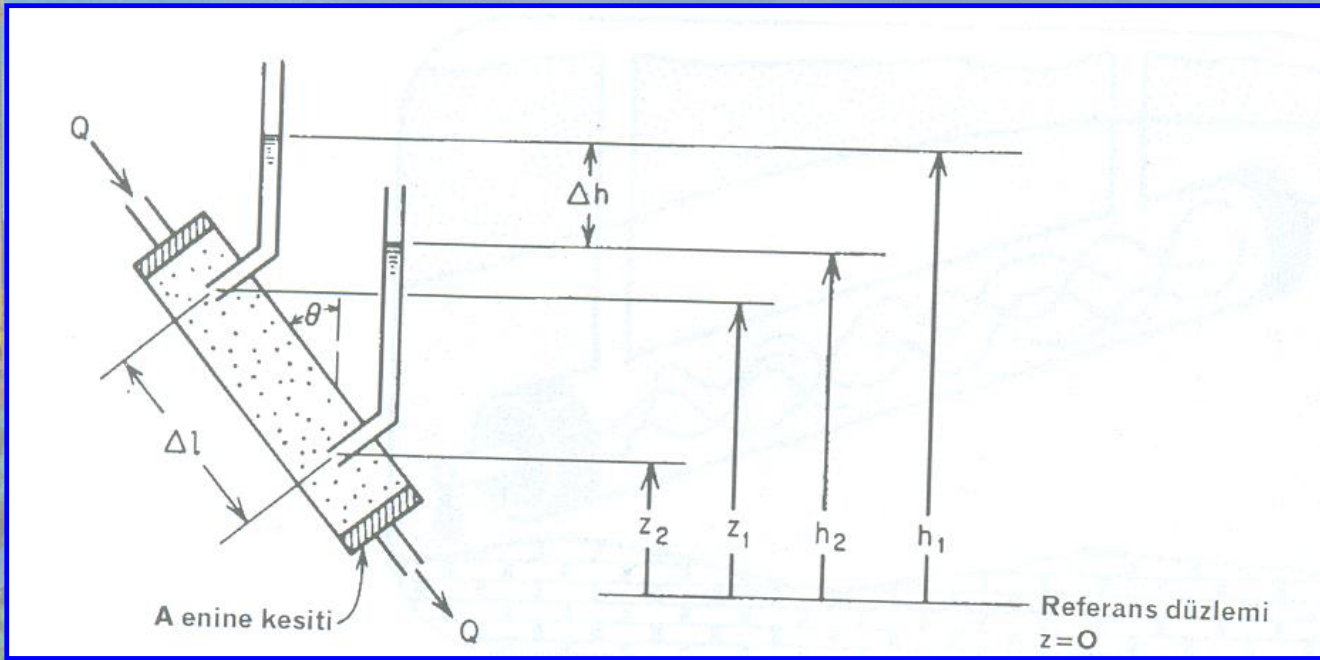
# GEÇİRİMLİLİK

(Hidrolik iletkenlik, permeabilite)

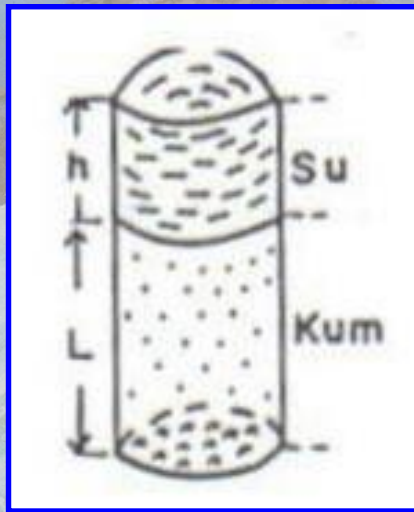
Darcy Yasası







Darcy düzeneği



Tabanı delikli kutu

Canik (2007)

**Laboratuvarda**



# Geçirimsizliğin ARAZİDE Ölçülmesi

•Darcy yasasından yararlanarak,

•Kuyulardan pompajla su çekimi;

Dengeli rejim-serbest akifer (DUPUIT Yöntemi)

Dengeli rejim-basınçlı akifer (DUPUIT Yöntemi)

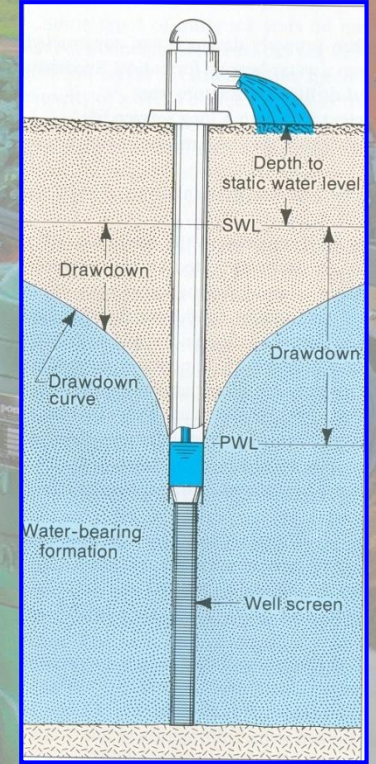
Dengeli rejim-gözlem kuyulu (THIEM Yöntemi)

Dengesiz rejim-THEIS Yöntemi

Dengesiz rejim-JACOB Yöntemi

•Su enjeksiyonu ile,

Lugeon Yöntemi





# Darcy Yasası ile Geçirimlilik Hesabı

$$Q = K * S * dh/dl$$

$$Q = K * S * i$$

$$Q/S = (K * S * i) / S$$

$$Q/S = K * i = V = q \text{ (darcy hızı)}$$

$$V_r = (K * i) / n \quad \text{ise} \quad K = (V_r * n) / i$$

K: Geçirgenlik katsayısı, m/s

$V_r$ : Yeraltı suyu gerçek hızı, m/s

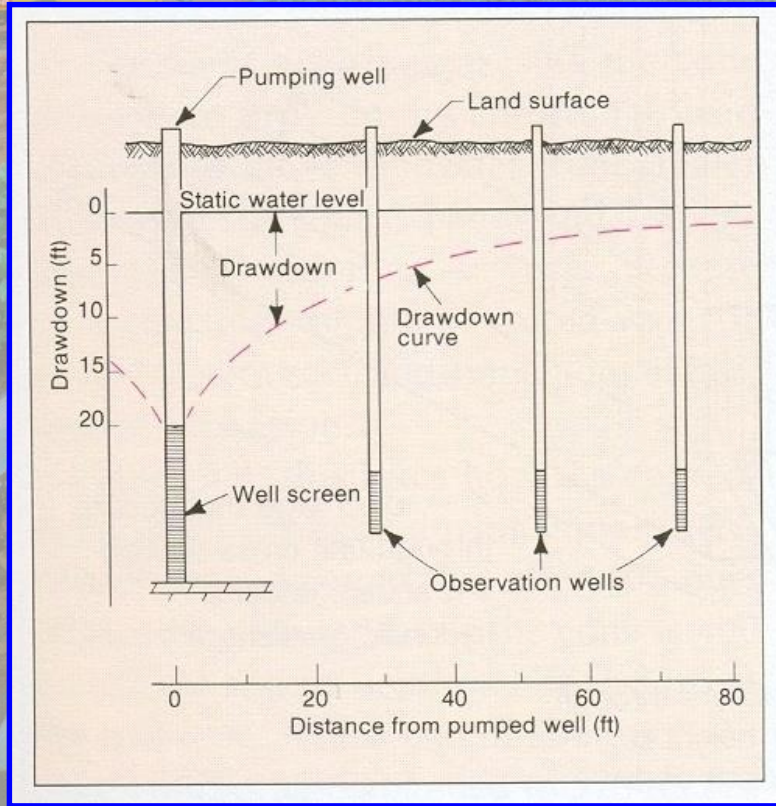
n: Toplam gözeneklilik, %

i: Hidrolik eğim, %

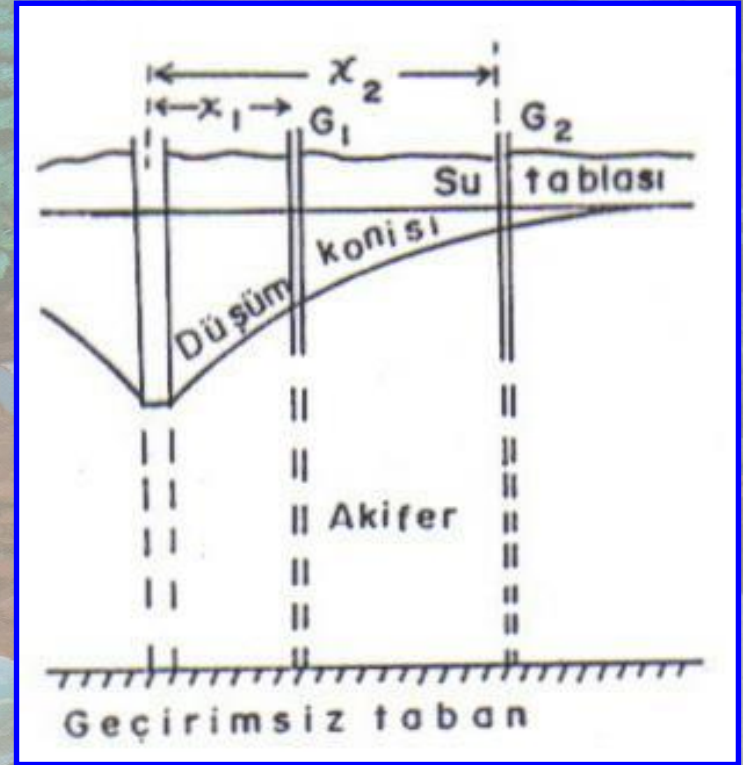




# Dengeli rejim-serbest akifer (DUPUIT Yöntemi)



Todd (1980)



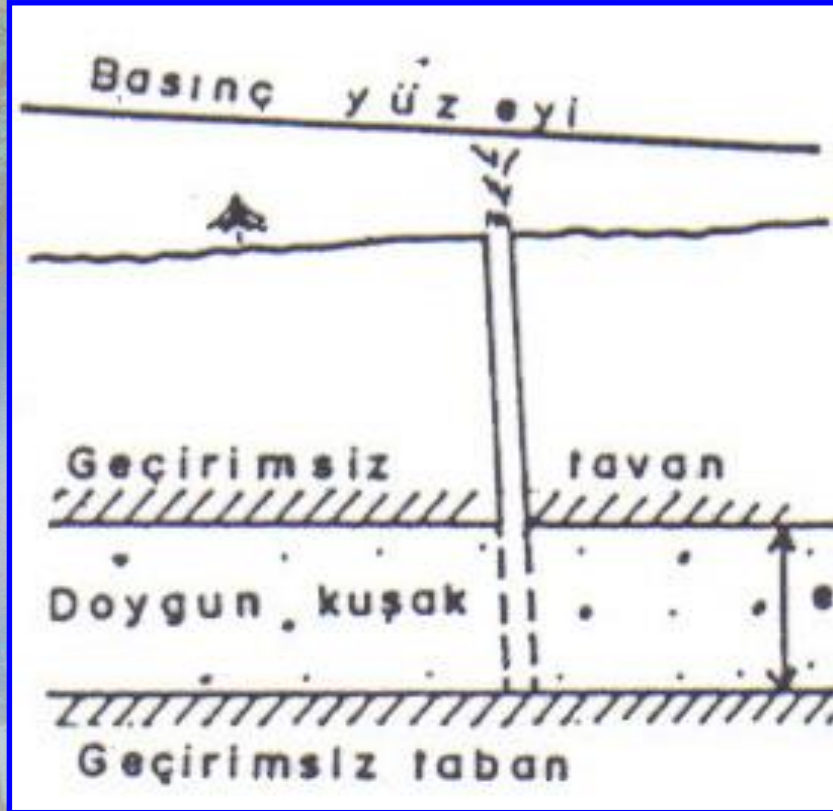
Canik (2007)

Serbest akifer

Arazide



# Dengeli rejim-basınçlı akifer (DUPUIT Yöntemi)



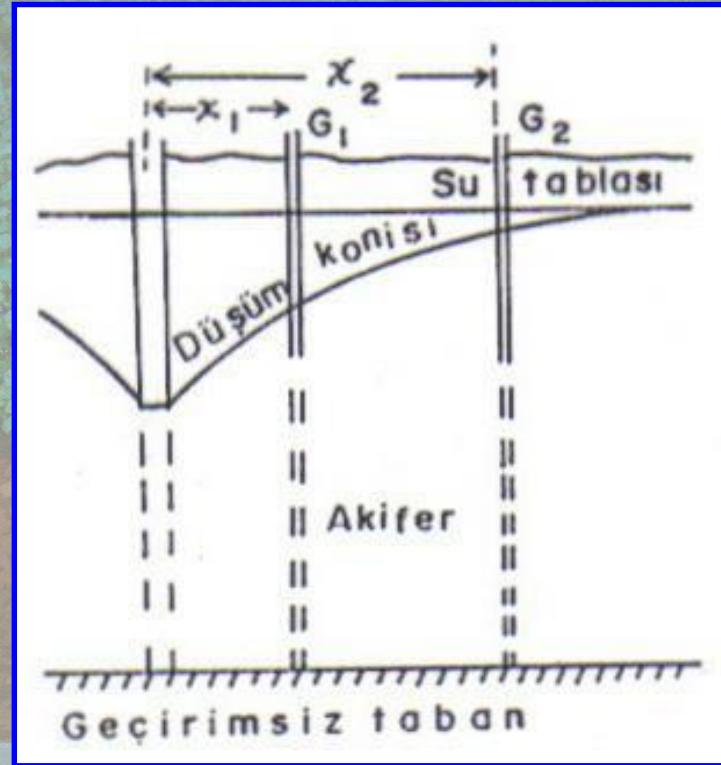
Basınçlı akifer

Canik (2007)

**Arazide**

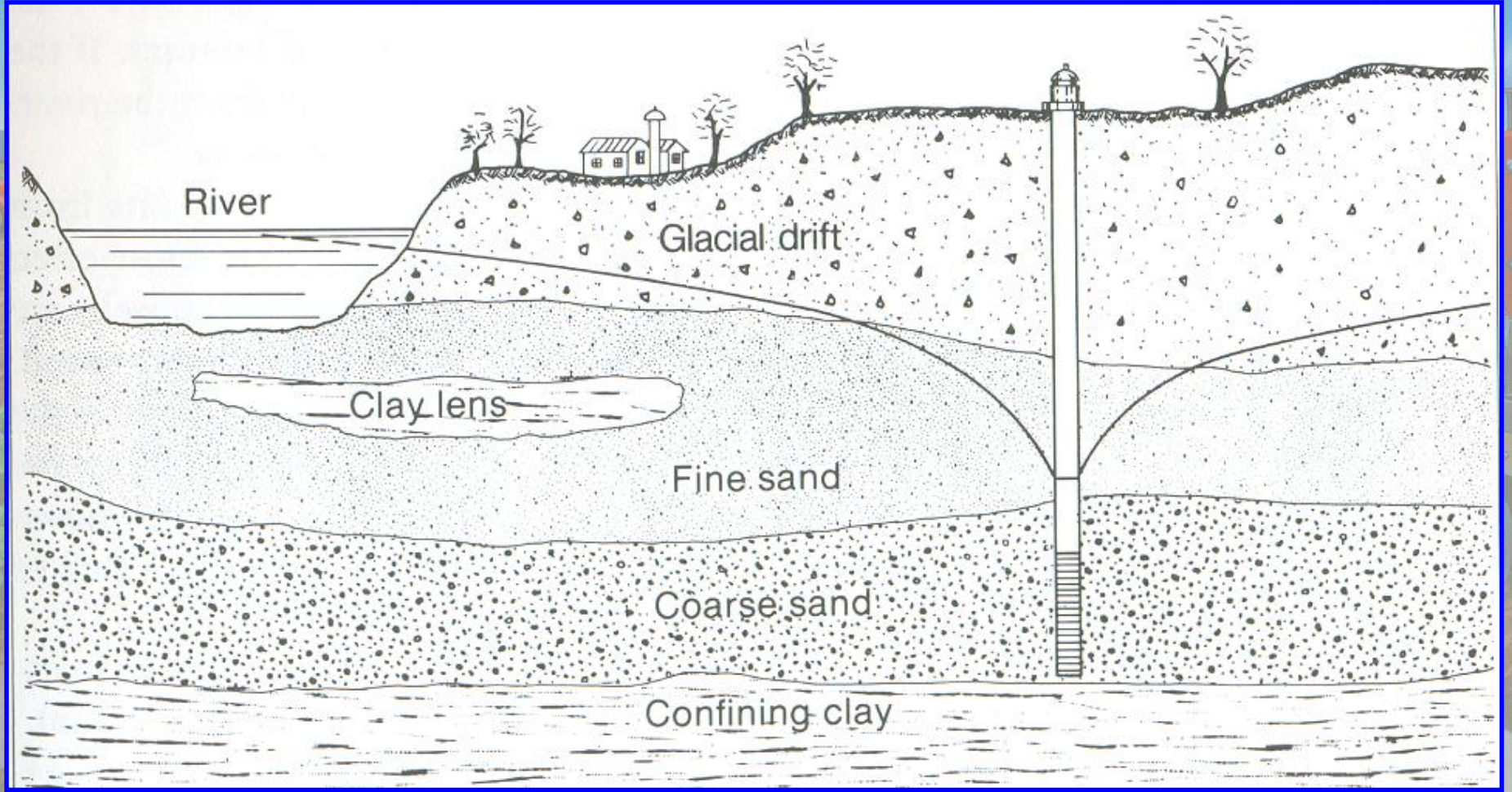


# Dengeli rejim-gözlem kuyulu (THIEM Yöntemi)



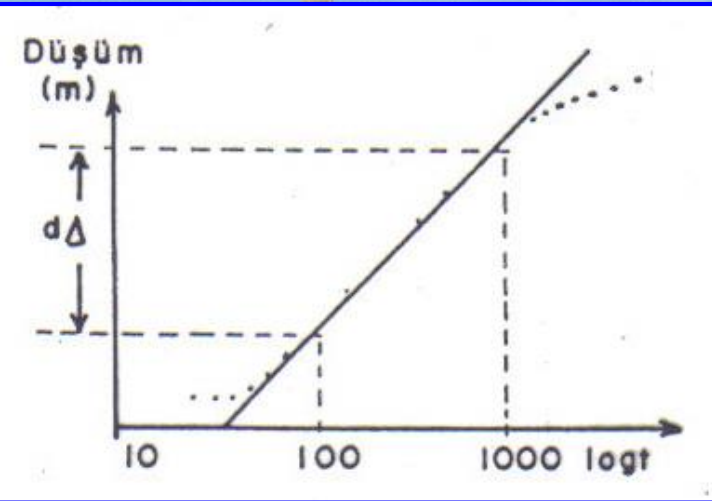
Canik (2007)





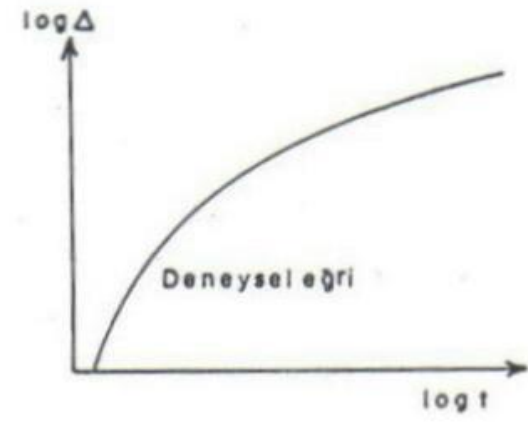
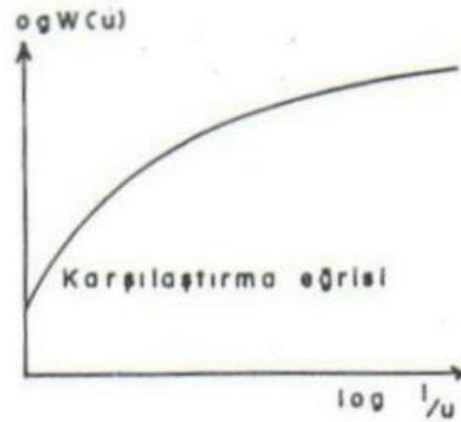
Akarsu-yeraltı suyu ilişkisini gösteren bir hidrojeoloji kesiti





Jacob  
yöntemi

Theis  
yöntemi

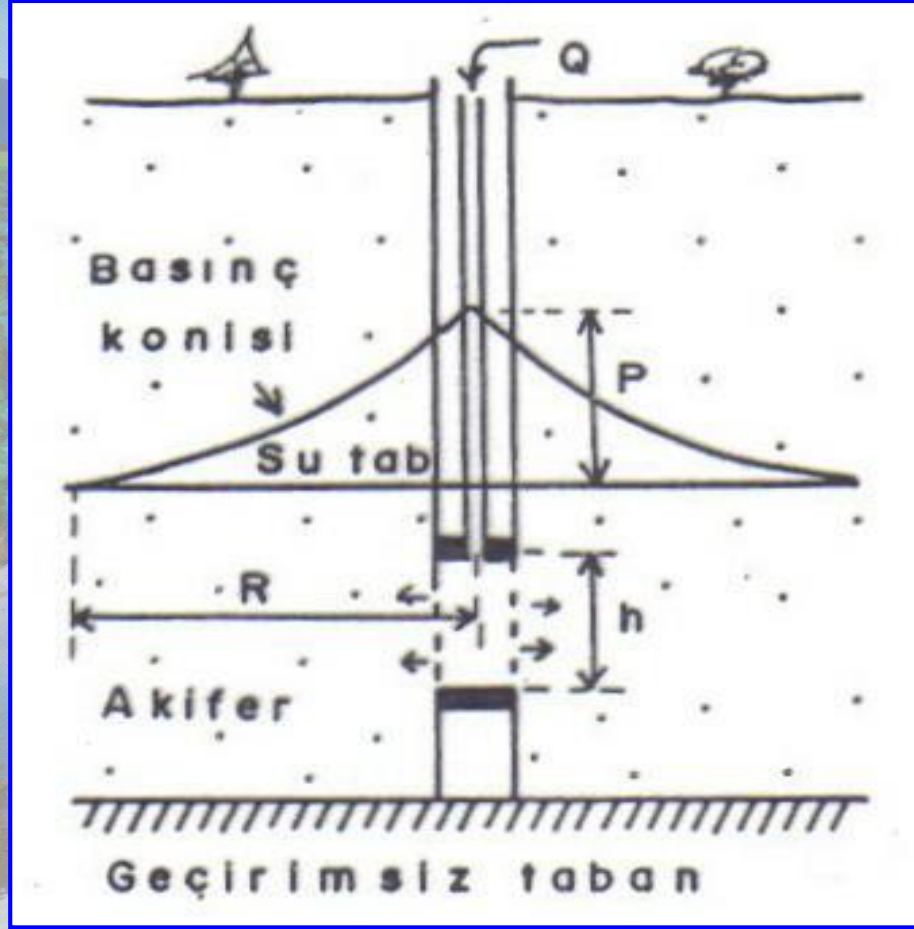


Canik (2007)

**Arazide**



Lugeon  
deneyi

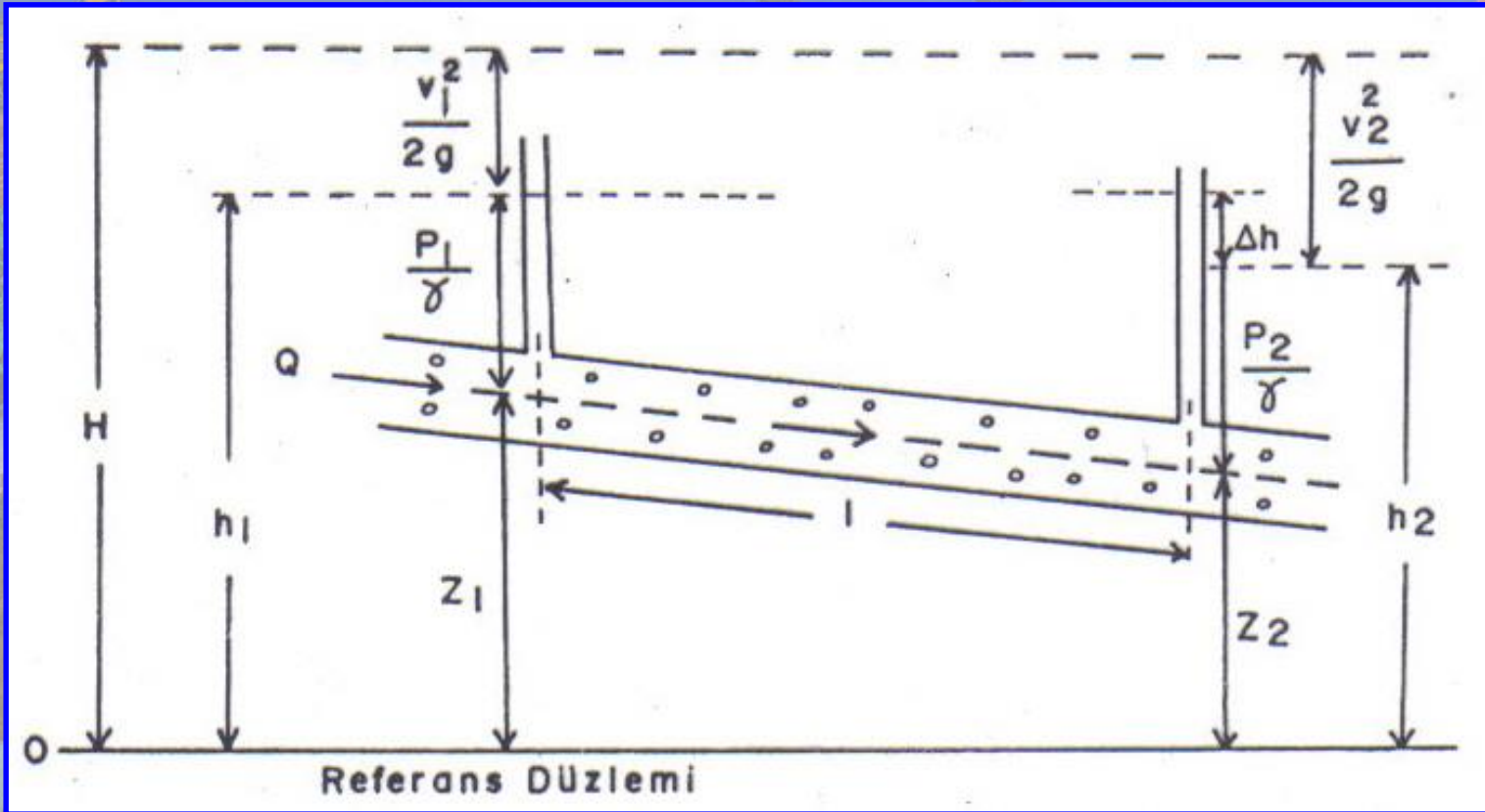


Canik (2007)

Arazide

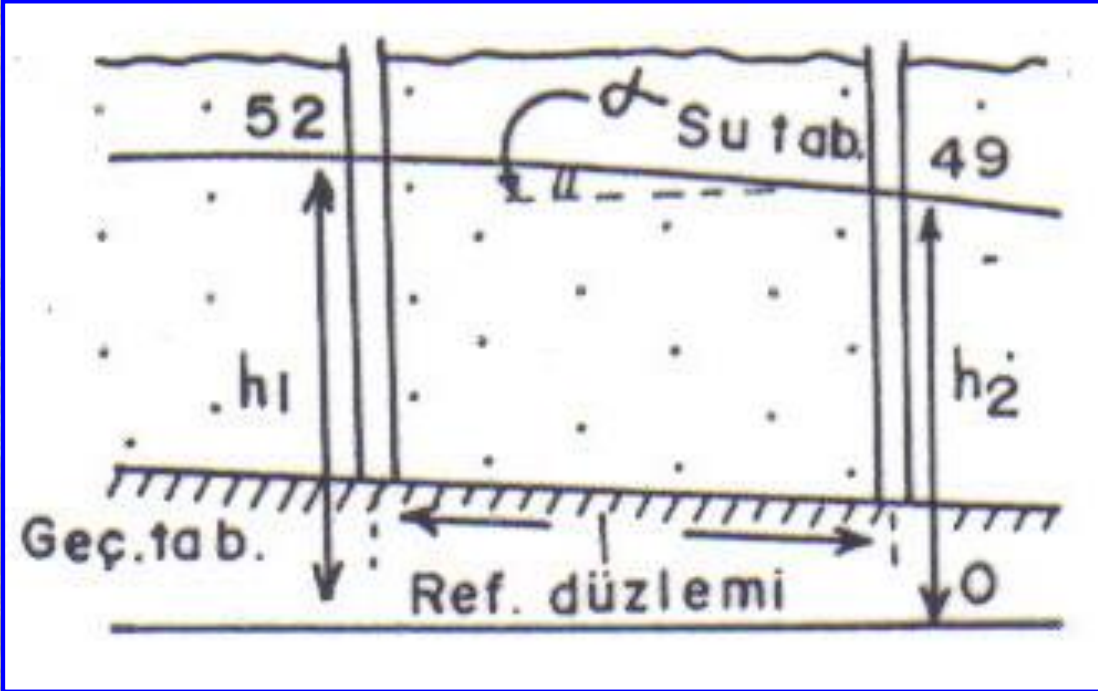


# Hidrolik eğim-Hidrolik gradyan





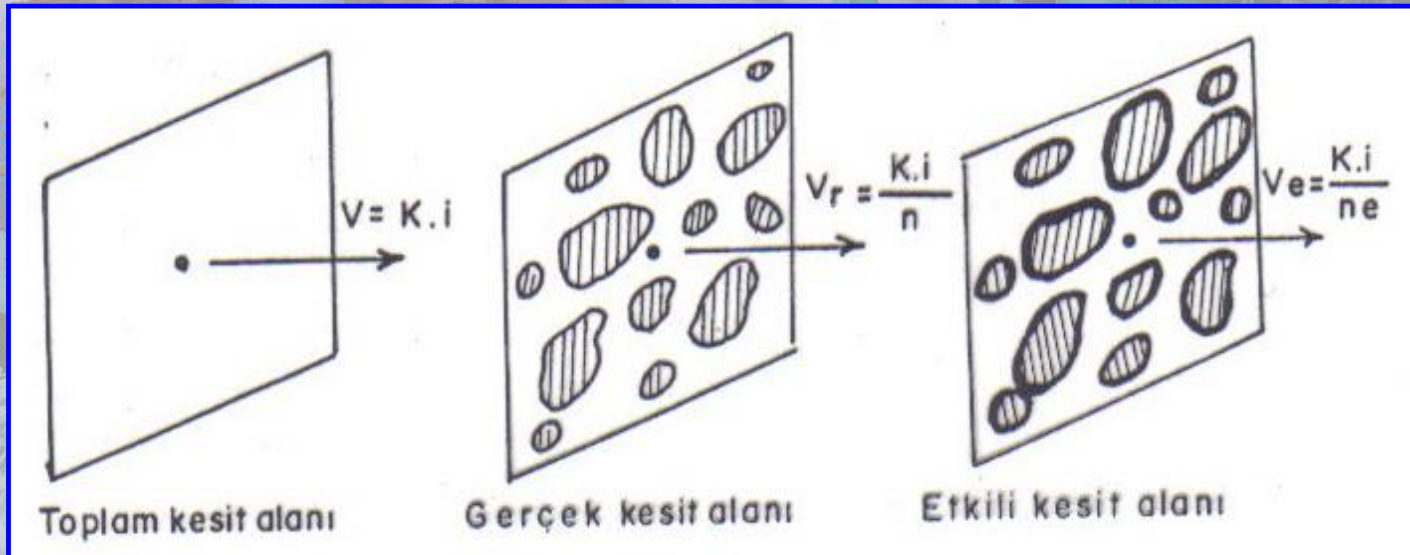
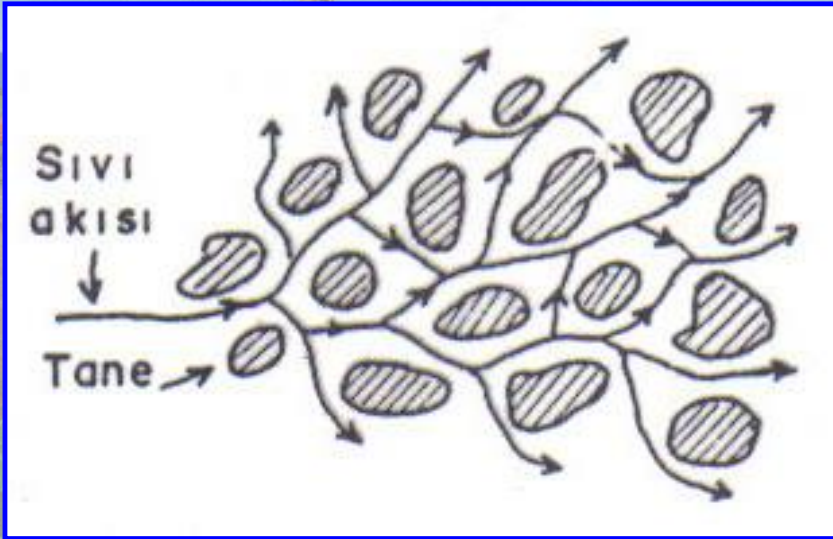
## Hidrolik eğim hesabı



Hidrojeoloji kesiti

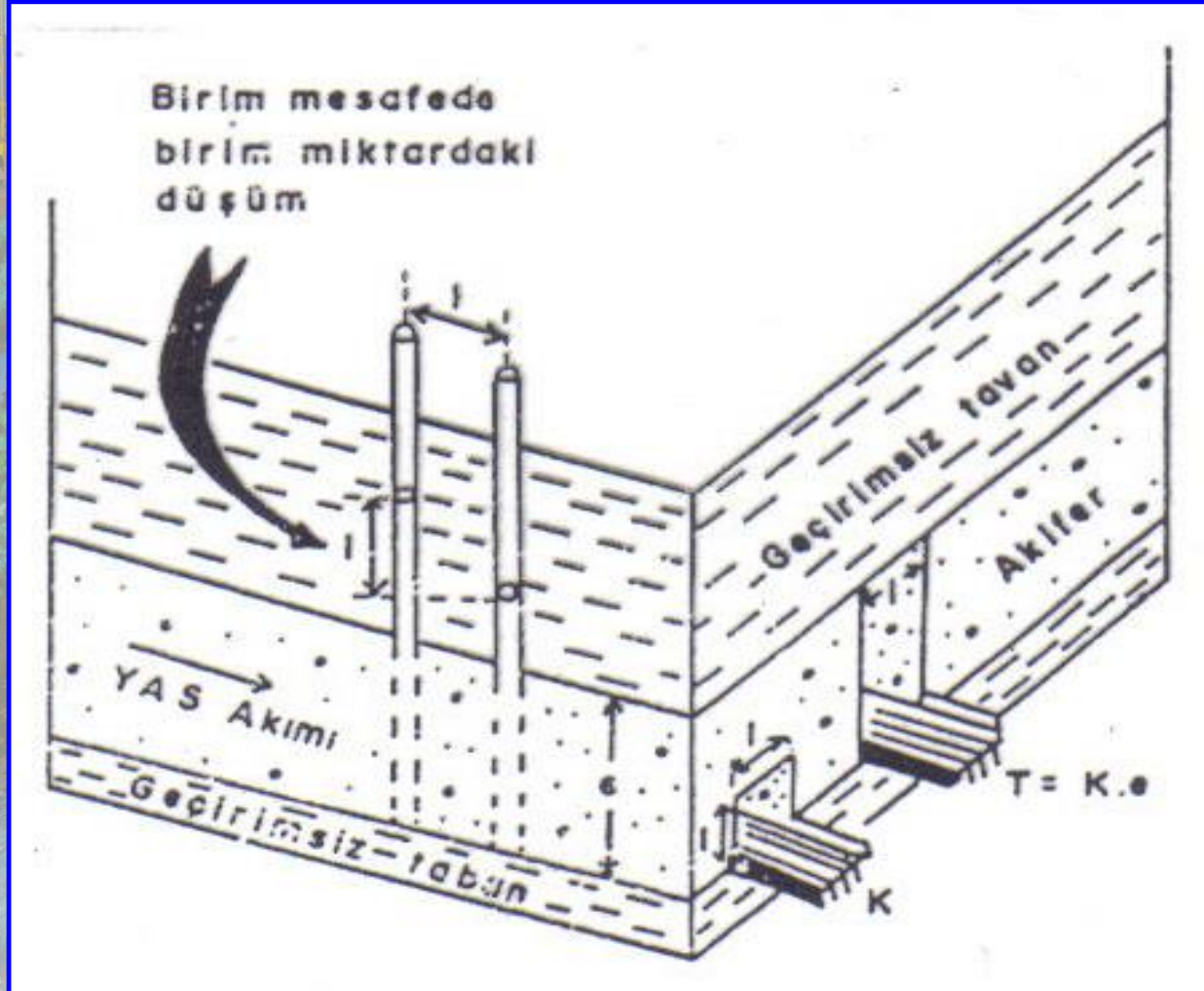


# Yeraltı suyu akım hızı





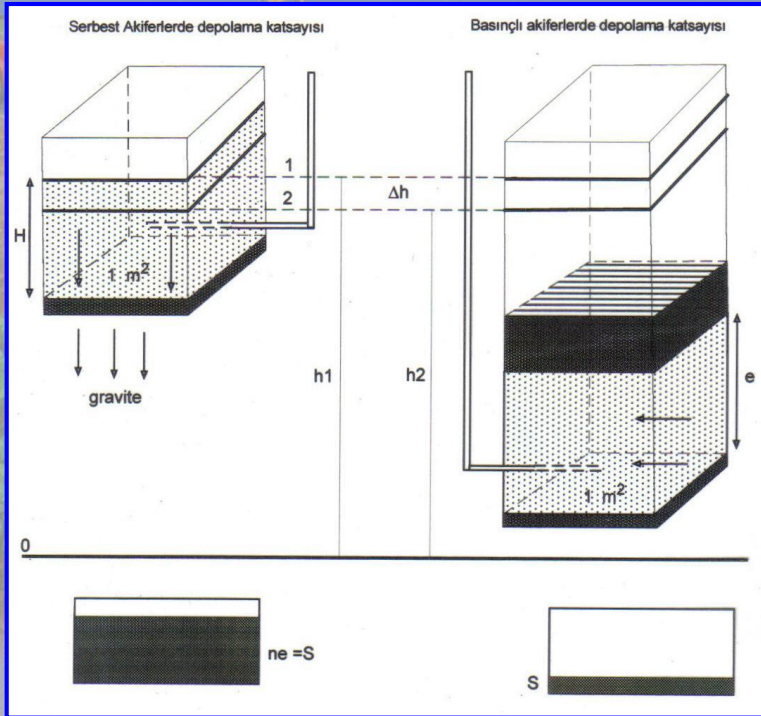
# İLETİMLİLİK-TRANSMİSİVİTE



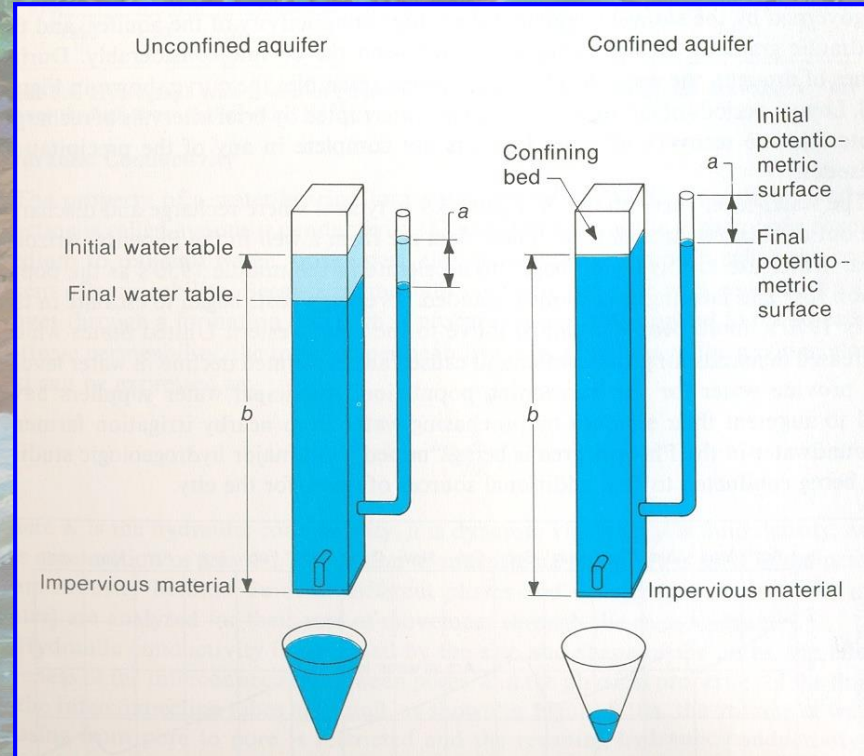


# DEPOLAMA KATSAYISI

Serbest ve  
basıncı  
akiferlerdeki  
tanımı ?



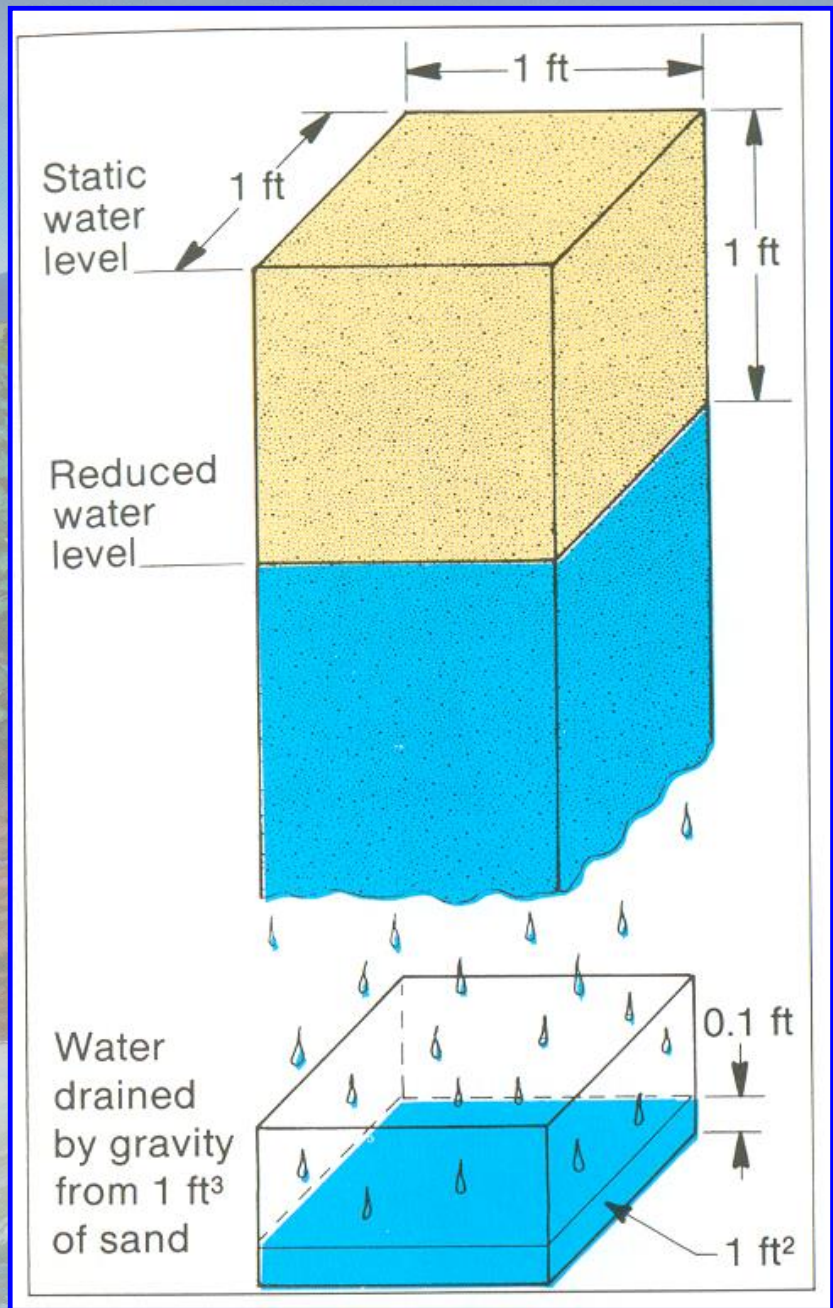
Castany (1982)



Sterrett (2007)



# Serbest akiferde Depolama katsayısı





# Konu tekrarı

1. Basit gözeneklilik nedir ?
2. Leonard de Vinci 16.yy da ne demiştir?
3. J.B.Lamarc hidrojeolojide neyi ifade eder?
4. Derin su ne demektir?
5. Jüvenil su ne demektir?
6. Geçirimlilik nedir ?
7. Sıvalı gözeneklilik nedir?
8. Üniformluk katsayısı nedir?
9. Darcy Yasası'nda elde edilen denklem ve anlamı nedir ?
10. Yüzey gerilim kuvveti ne demektir?
11. Geçirimlilik laboratuvarda hangi yöntemlerle ölçülür ?
12. Bernoulli denklemi nedir ?
13. Hidrolik gradyan nedir ?
14. Enerji çizgisi nedir ?
15. Darcy hızı nedir ?
16. Gerçek ve gerçek etkili hız nedir ?
17. İletimlilik nedir ?
18. Depolama katsayısı-serbest akiferlerde ?
19. Depolama katsayısı-basınçlı akiferlerde ?

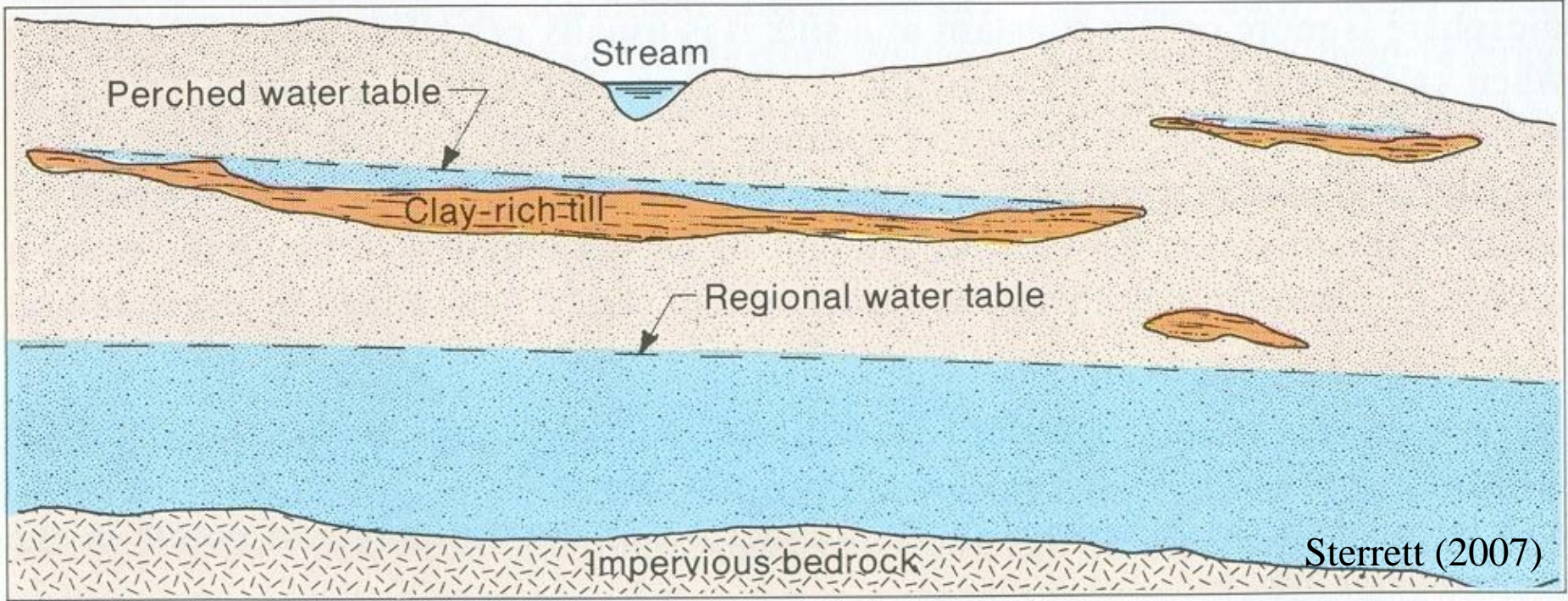


# AKİFERLER

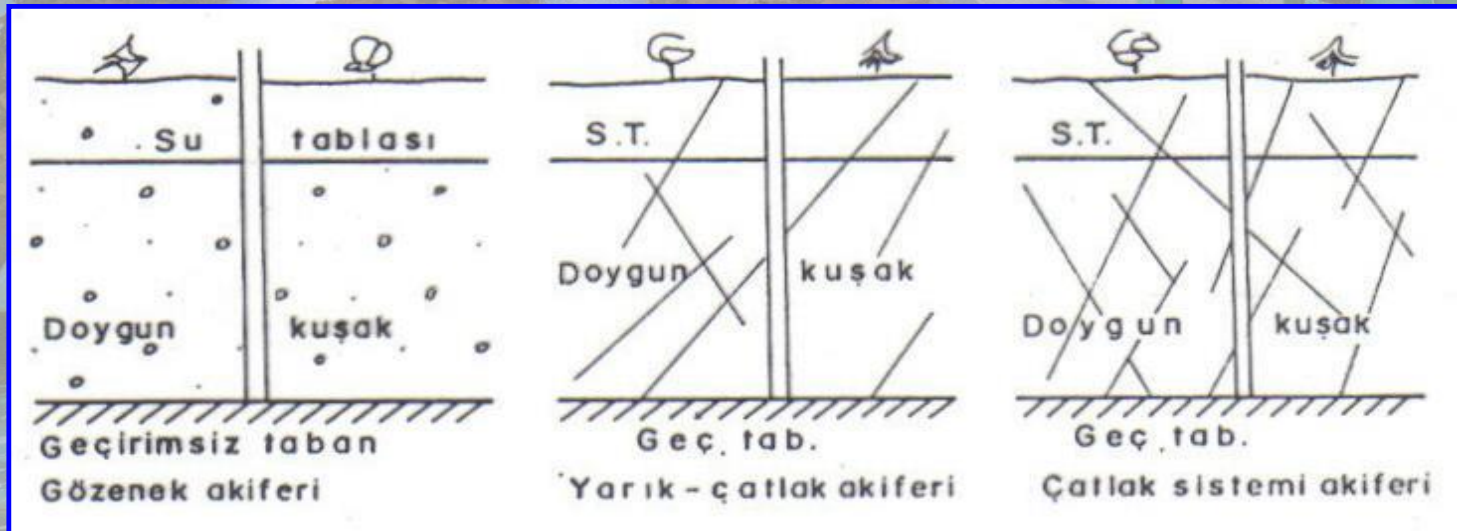
Serbest, basınçlı ve tünnek akiferler





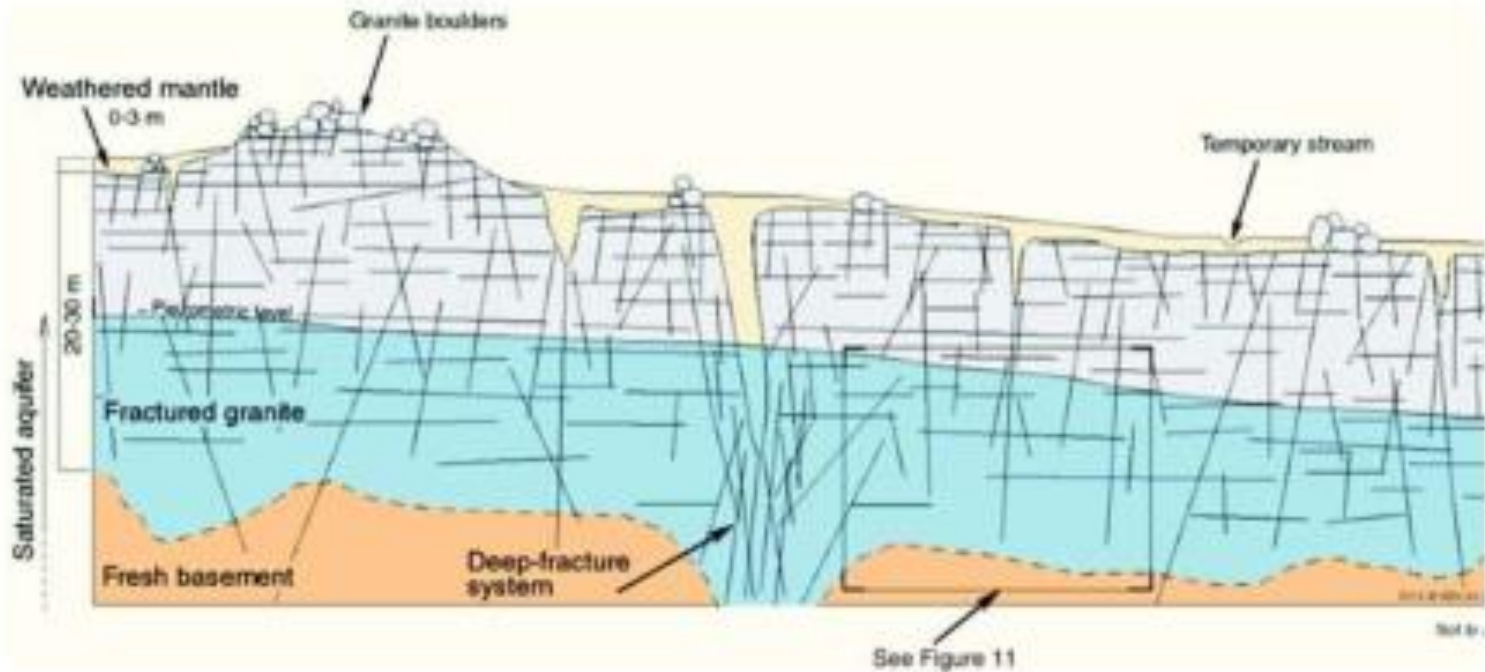


## Hidrojeoloji kesiti (Tünek ve serbest akiferler)



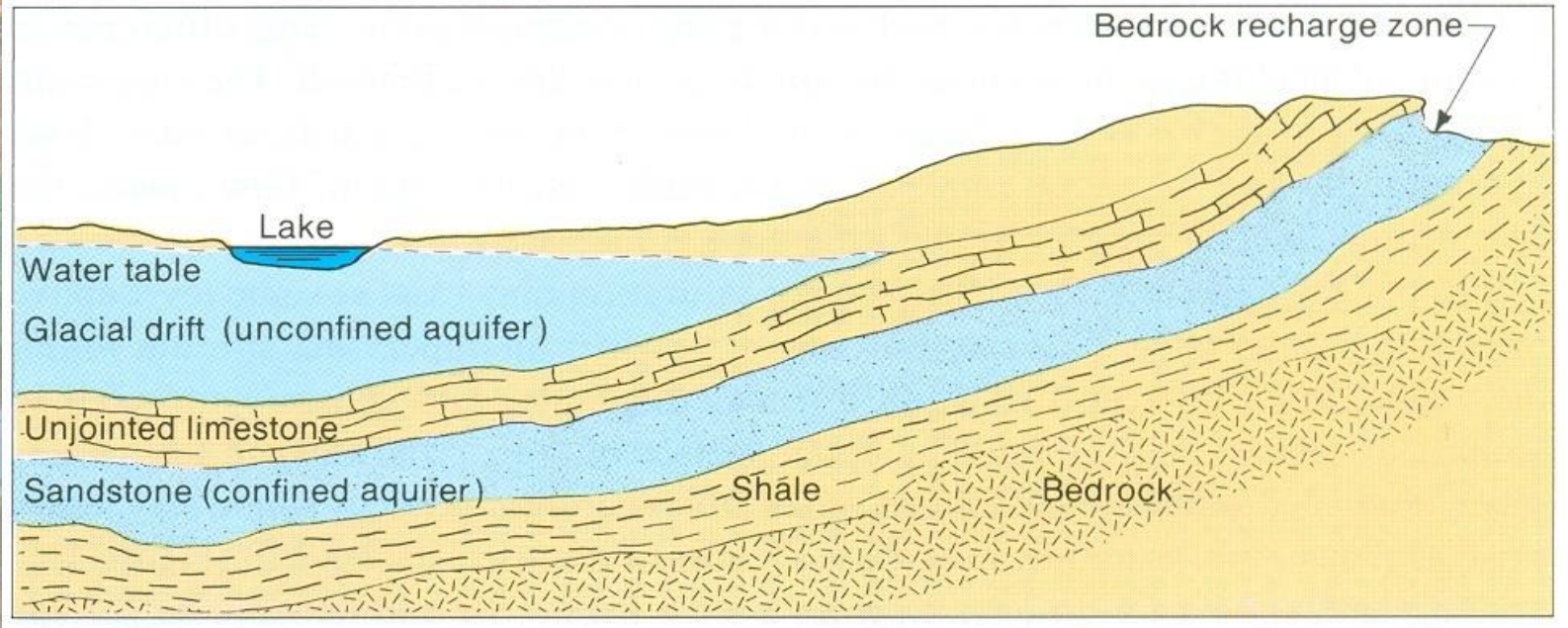


# Çatlaklı granit akiferi-serbest akifer



**Figure 1. Simplified geological profile of a hard-rock aquifer, modified from Wyns et al. (2004), in accordance with the thickness and geometry of the layers corresponding to the case study.**

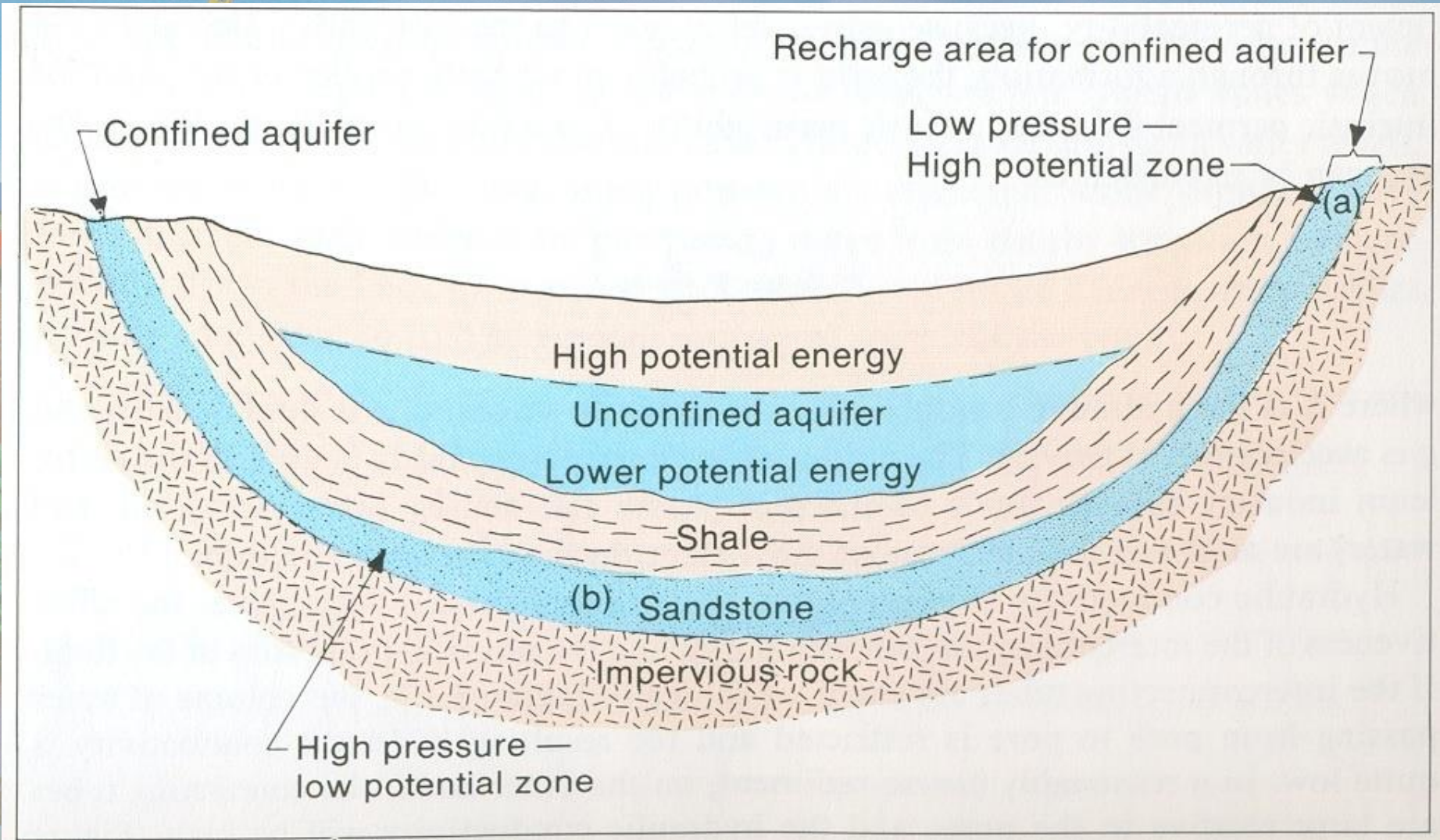




## Serbest ve basınçlı akiferler (hidrojeoloji kesiti)

Sterrett (2007)

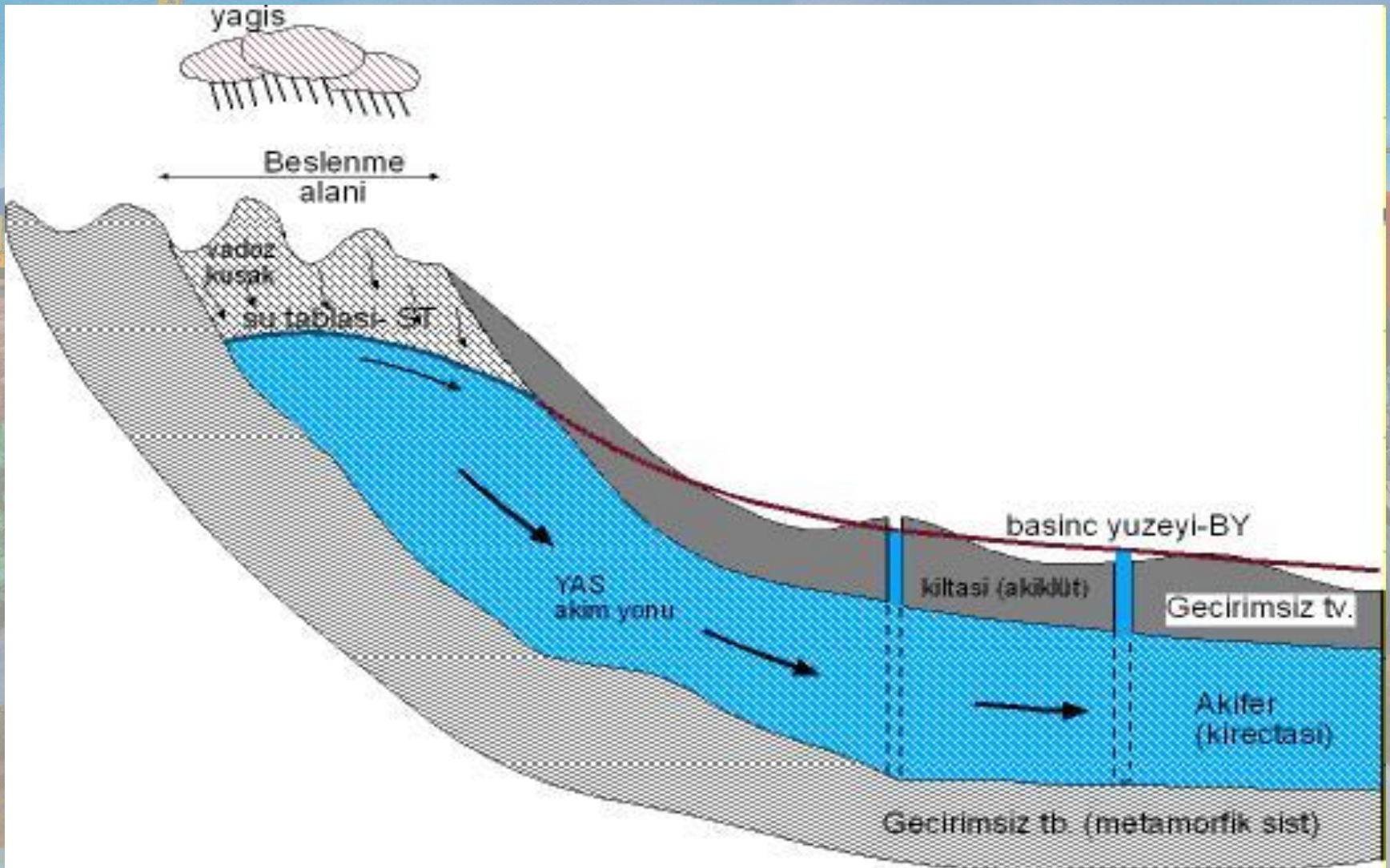




## Serbest ve basınçlı akiferler (hidrojeoloji kesiti)

Sterrett (2007)

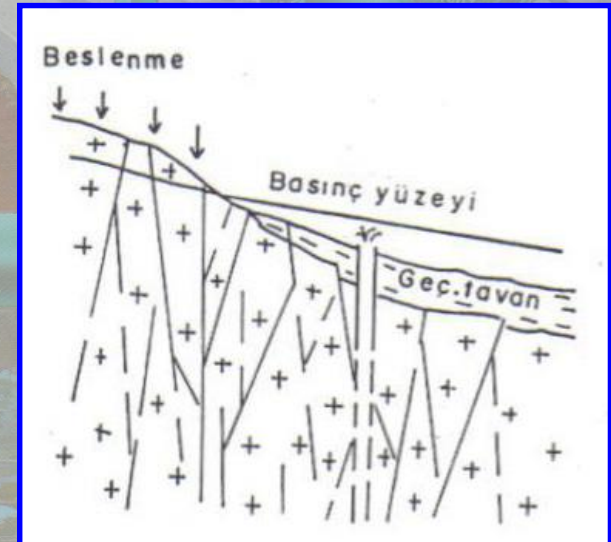
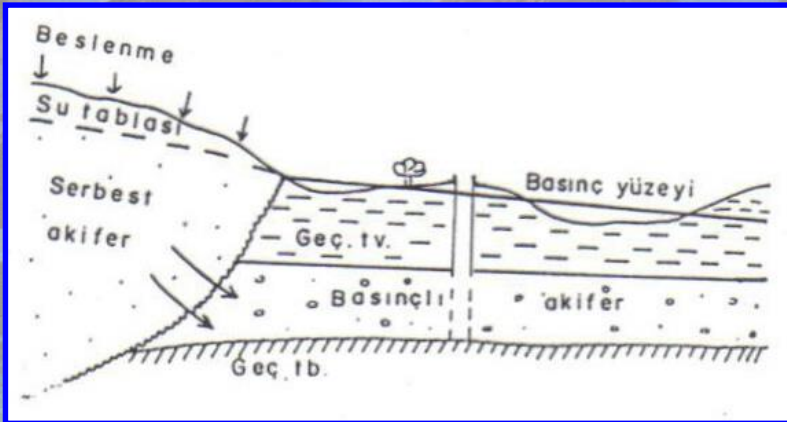
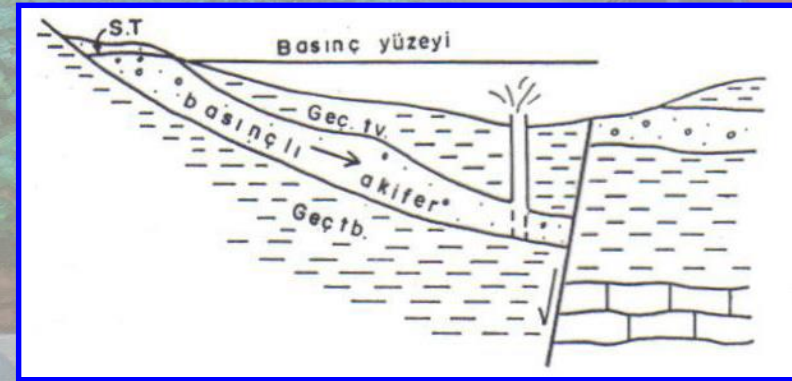
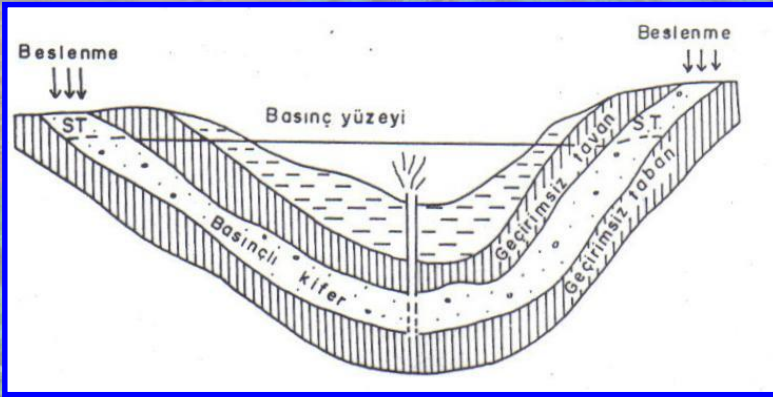
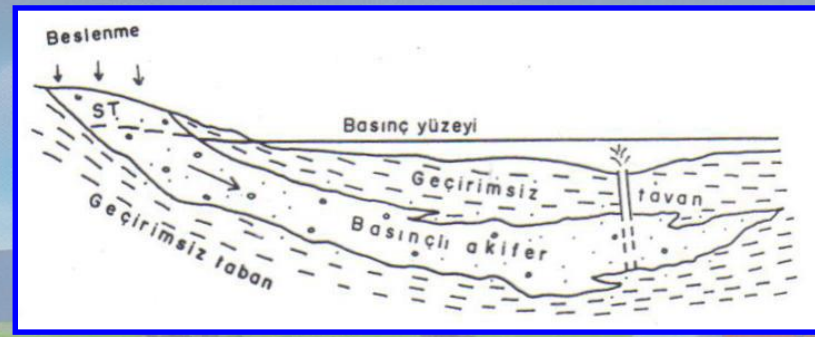
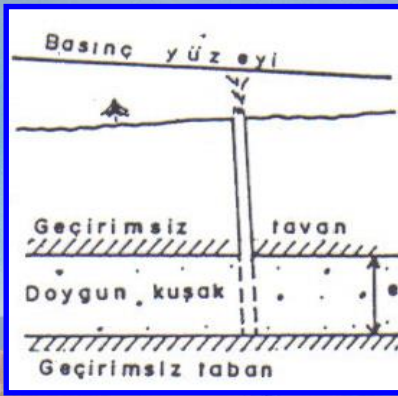




Basıncılı akifer (hidrojeoloji kesiti)

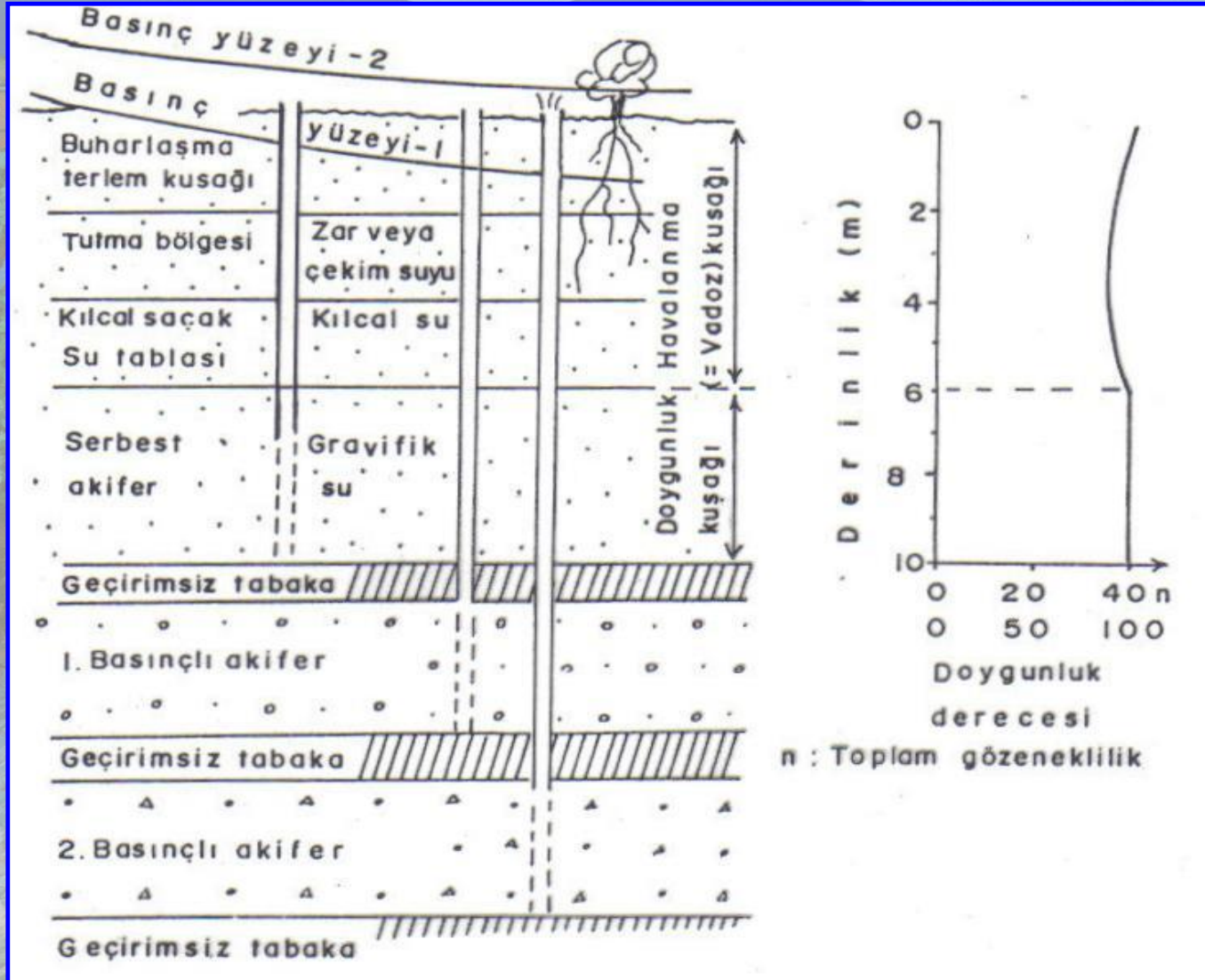


# Farklı Ortamlarda Basıncı Akifer Oluşumları





# Hidrolik sistemin düşey doğrultuda incelenmesi







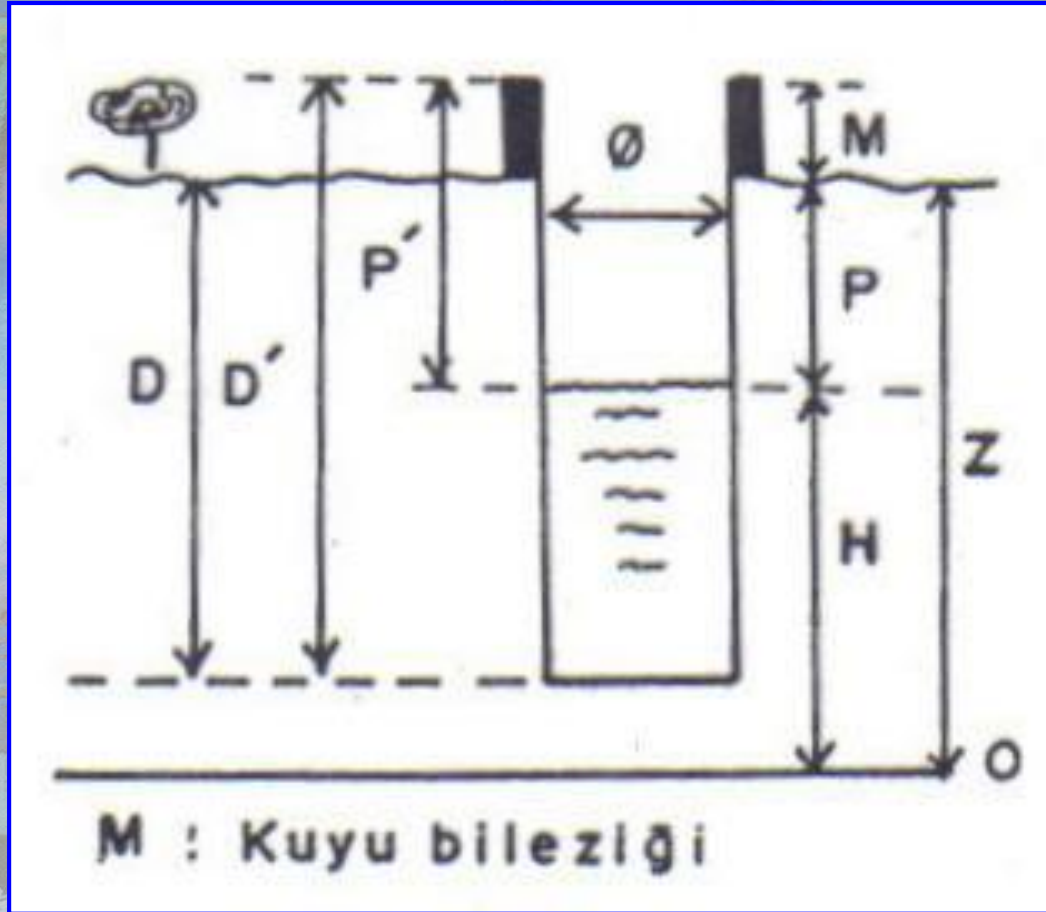




15/07/2005 18:20



# SU TABLASI VE BASINÇ YÜZEYİ HARİTALARI



Kuyuda su seviyesi ölçümü

Canik (2007)



Harita :

Ölçek :

Cinsi :

X :

Yapım tarihi :

Y :

Sahibi :

Z :

Donanım :

Kuyu çapı

Derinlik /yer :

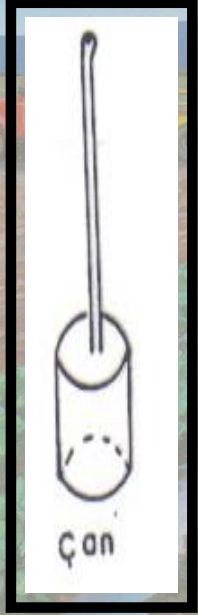
Kuyu bileziği:

Tarih	Su sev.	PH	Cl	HCO <sub>3</sub>	ρ	C°

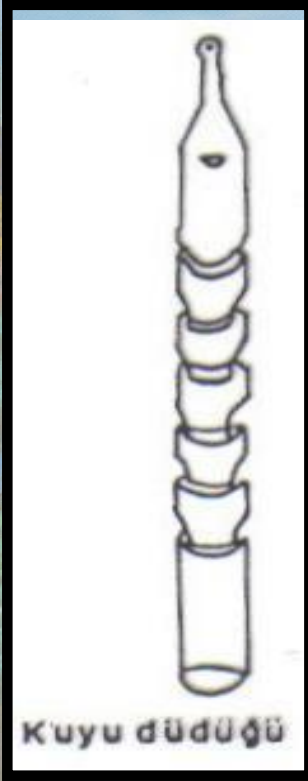
Kuyu fişi

Canik (2007)

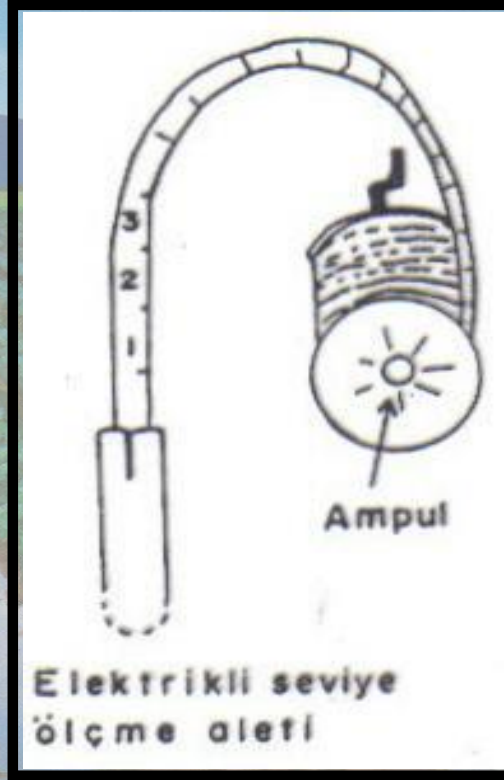




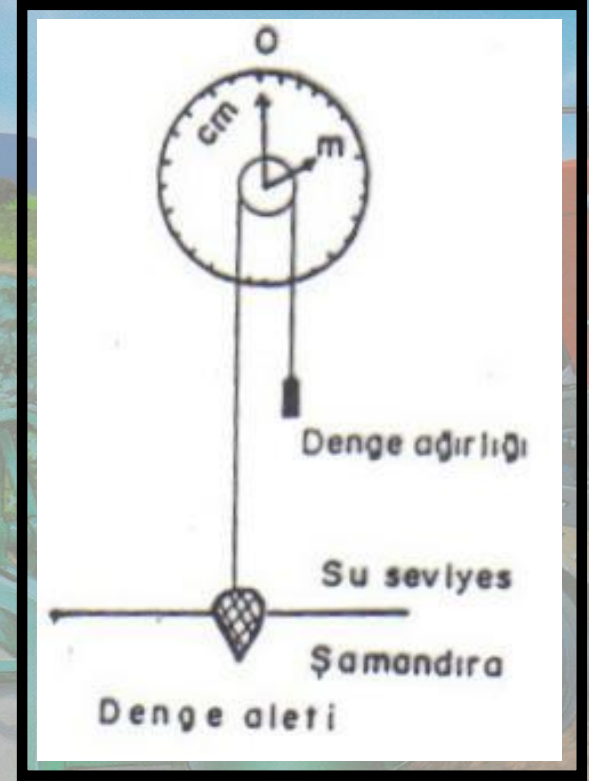
Kuyu çanı



Kuyu düdüğü

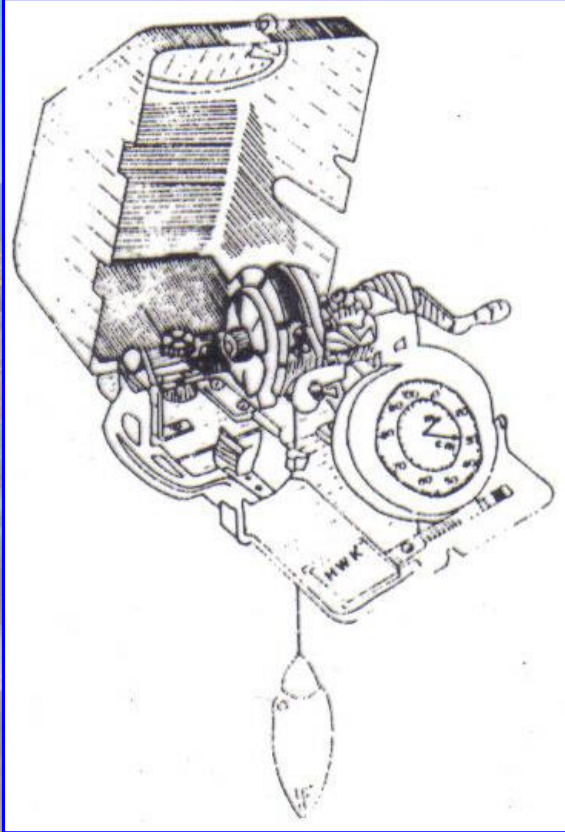


Elektrikli seviye ölçü aleti

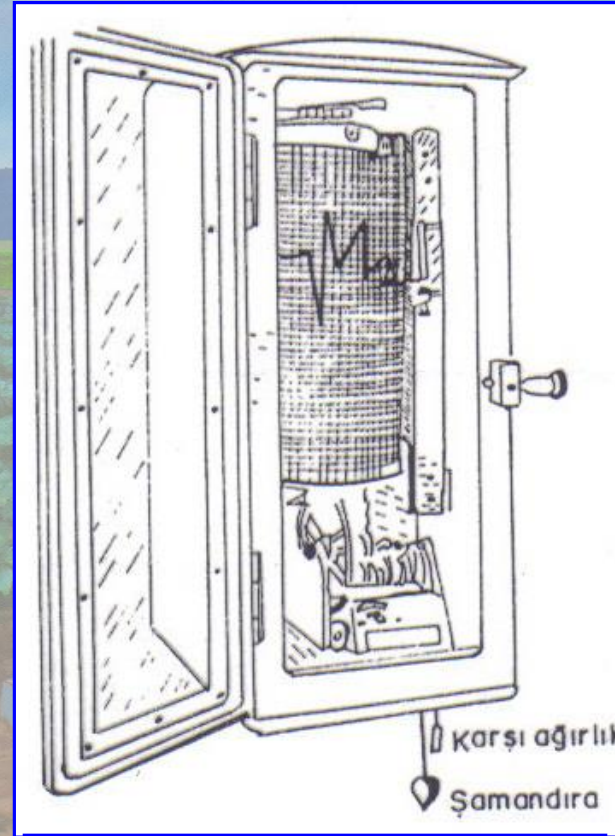


Mekanik denge aleti





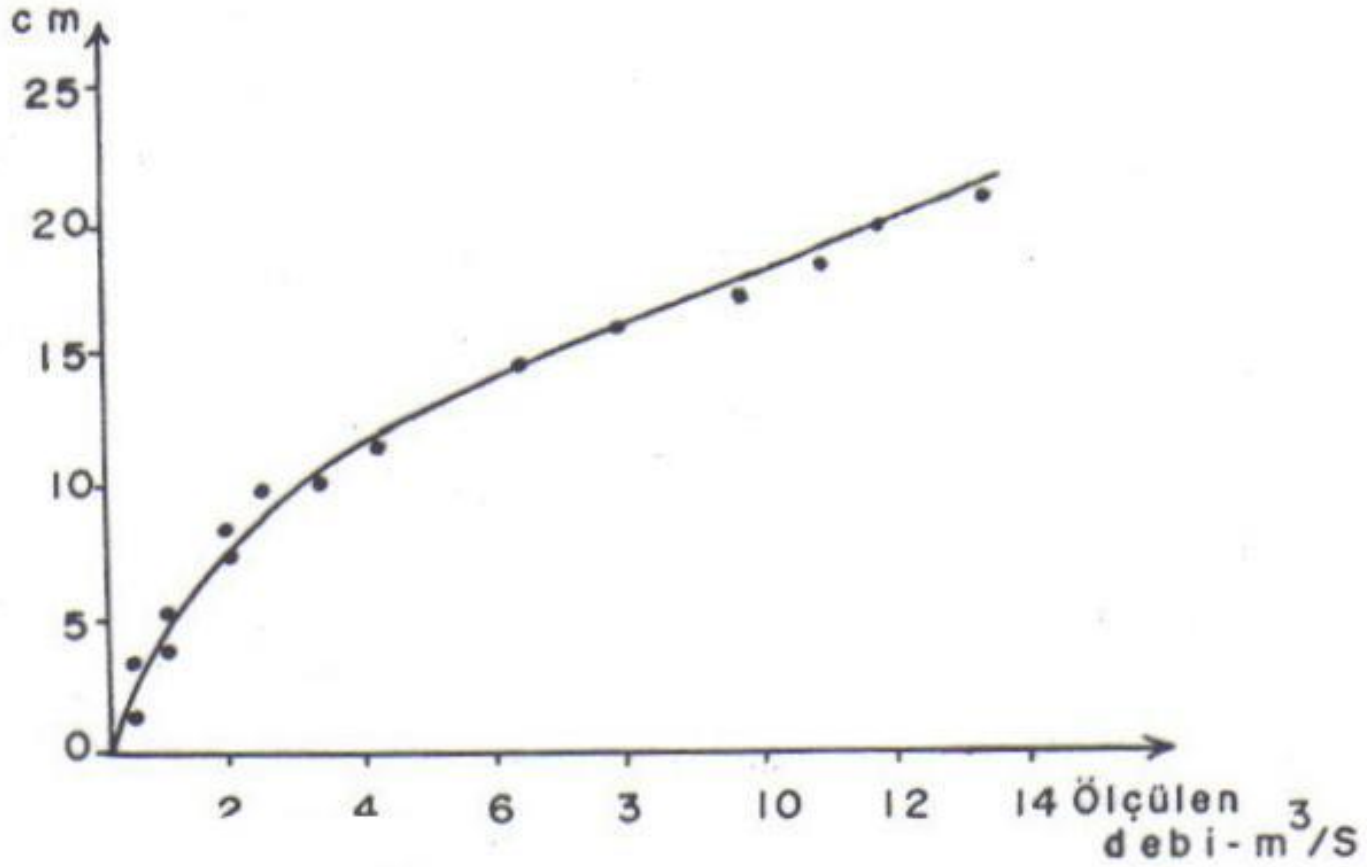
H.W.K. sonda aleti



Şamandıralı limnigraf



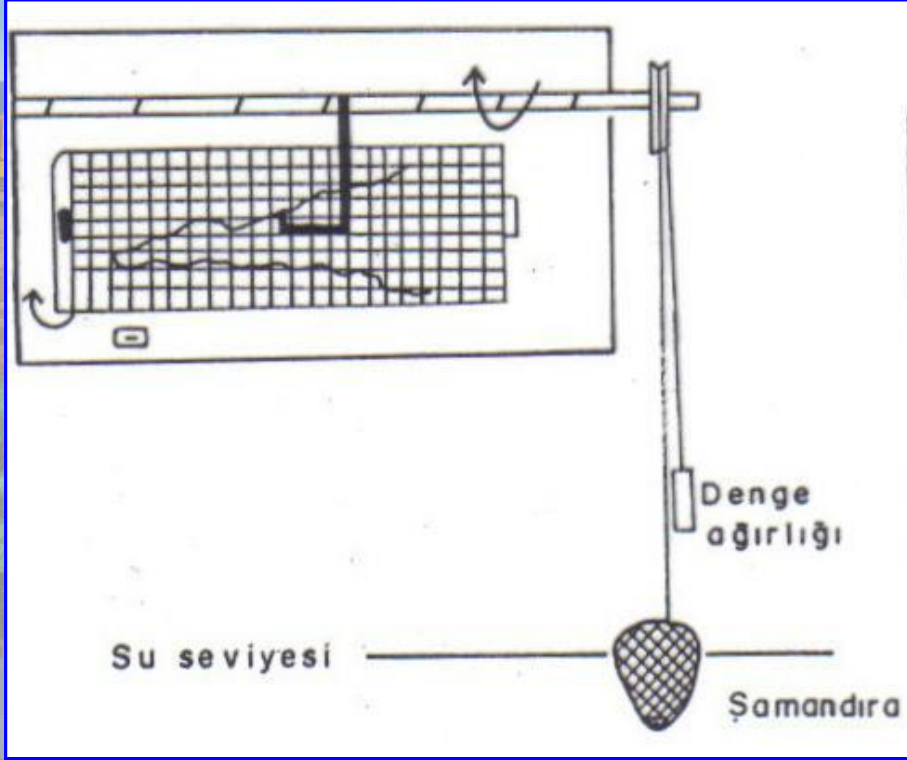
Limnigraf kağıdında  
okunan



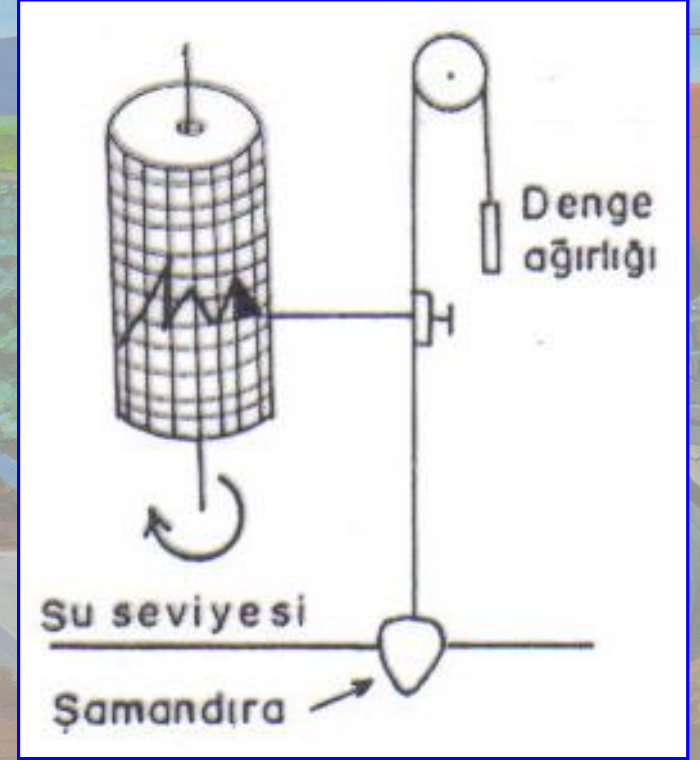
Anahtar eğri

Canik (2007)





OTT tipi limnigraf



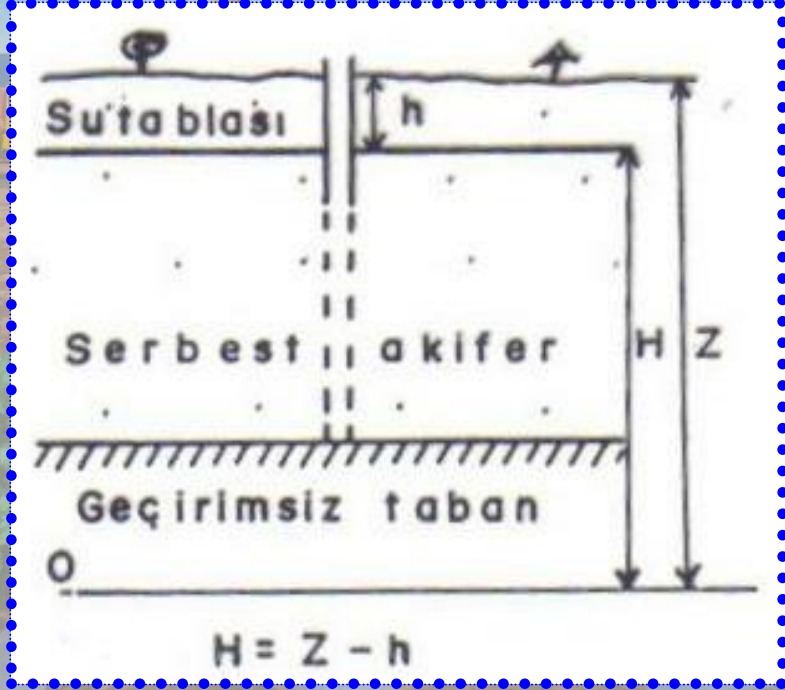
Richard tipi limnigraf



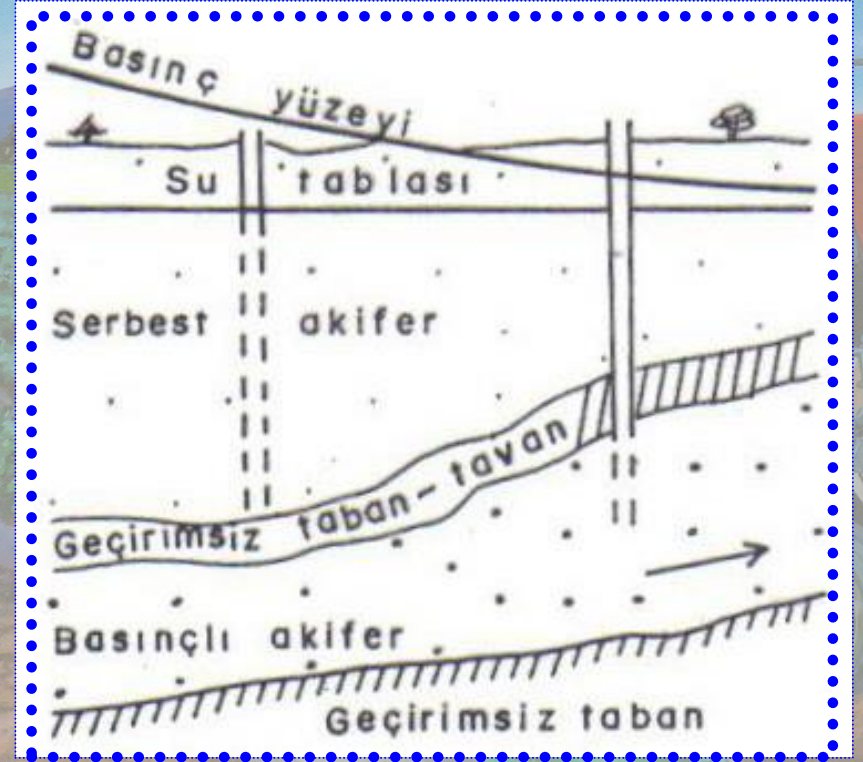
**SU TABLASI**  
**ve**  
**BASINÇ YÜZEYİ**  
**HARİTALARI**







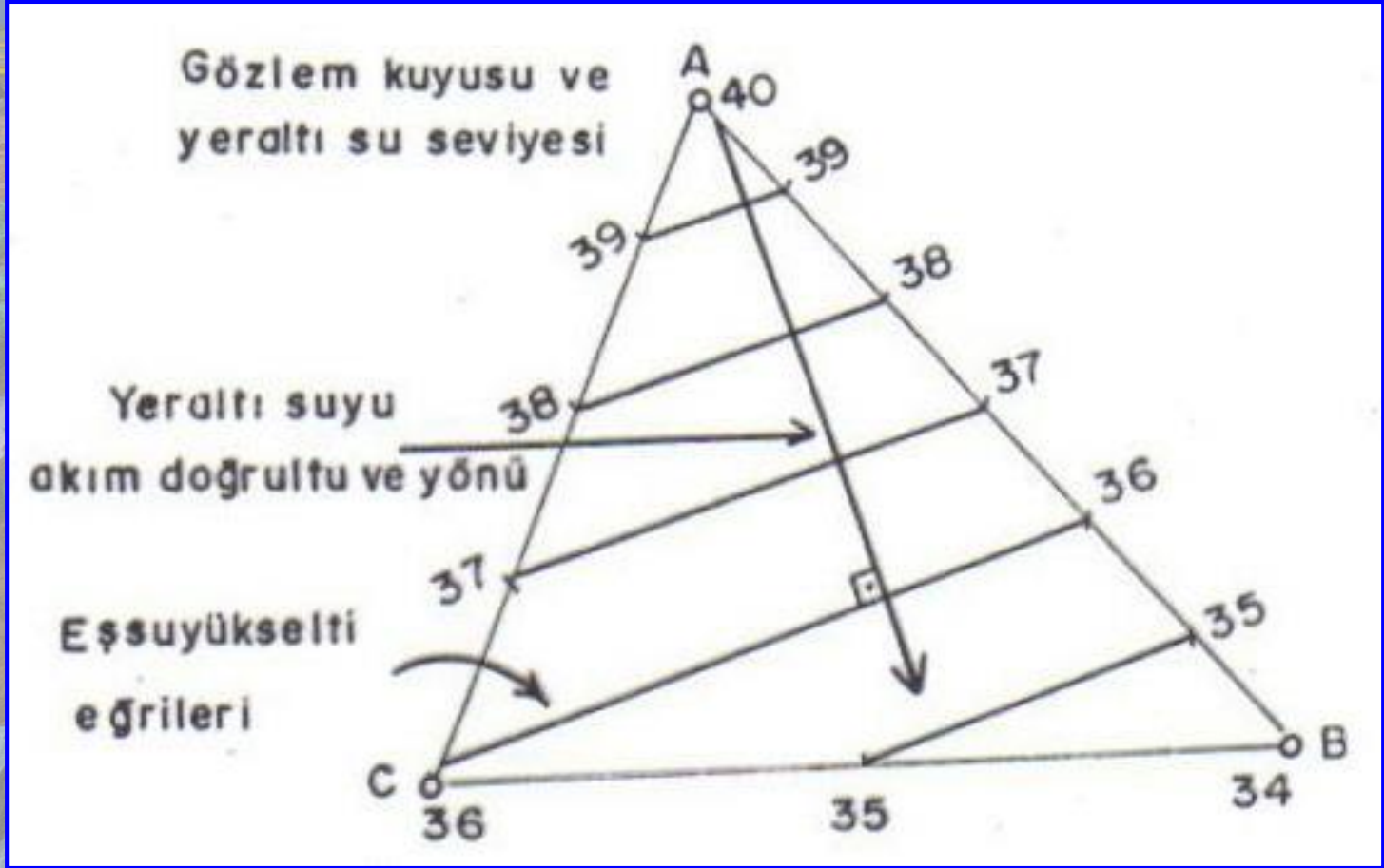
Serbest akifer



Serbest ve basınçlı akifer



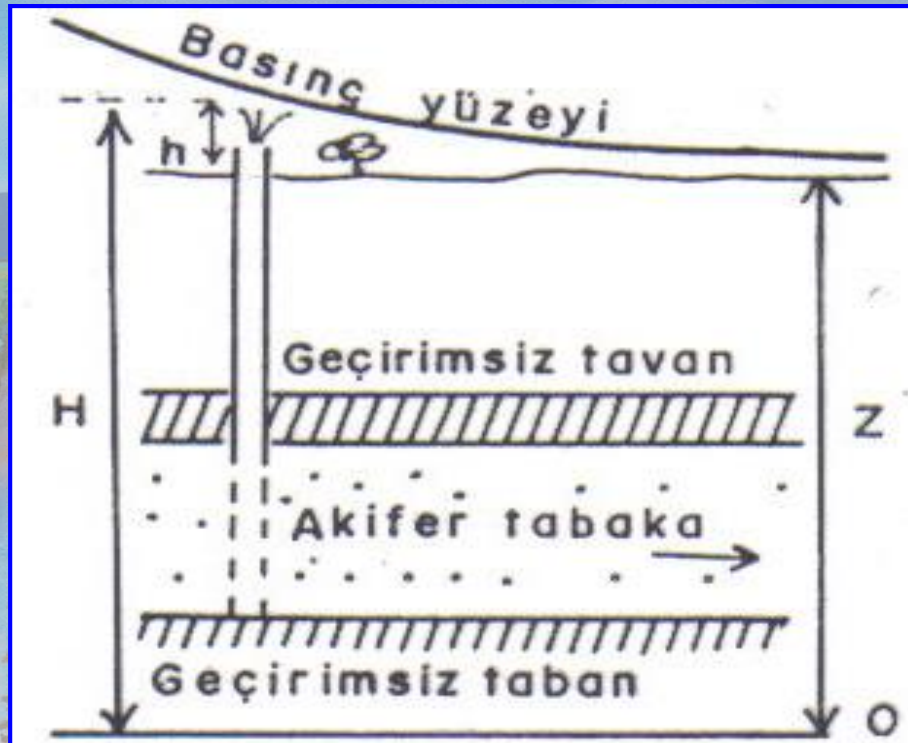
# Üçgen yöntemi ile eş su seviye eğrilerinin belirlenmesi







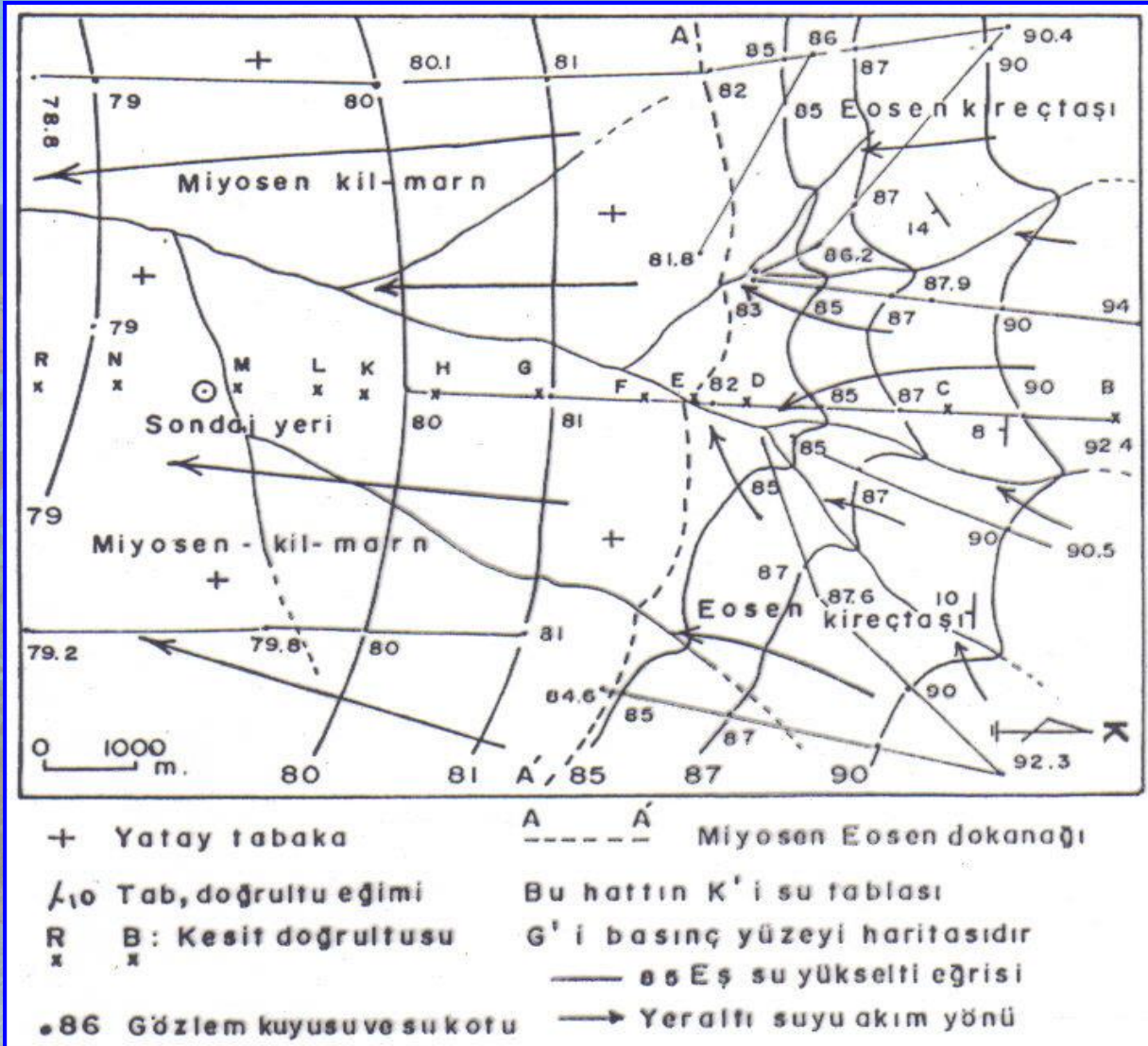




$H=Z+h$  Basıncılı akifer.

Basınç yüzeyinin konumu

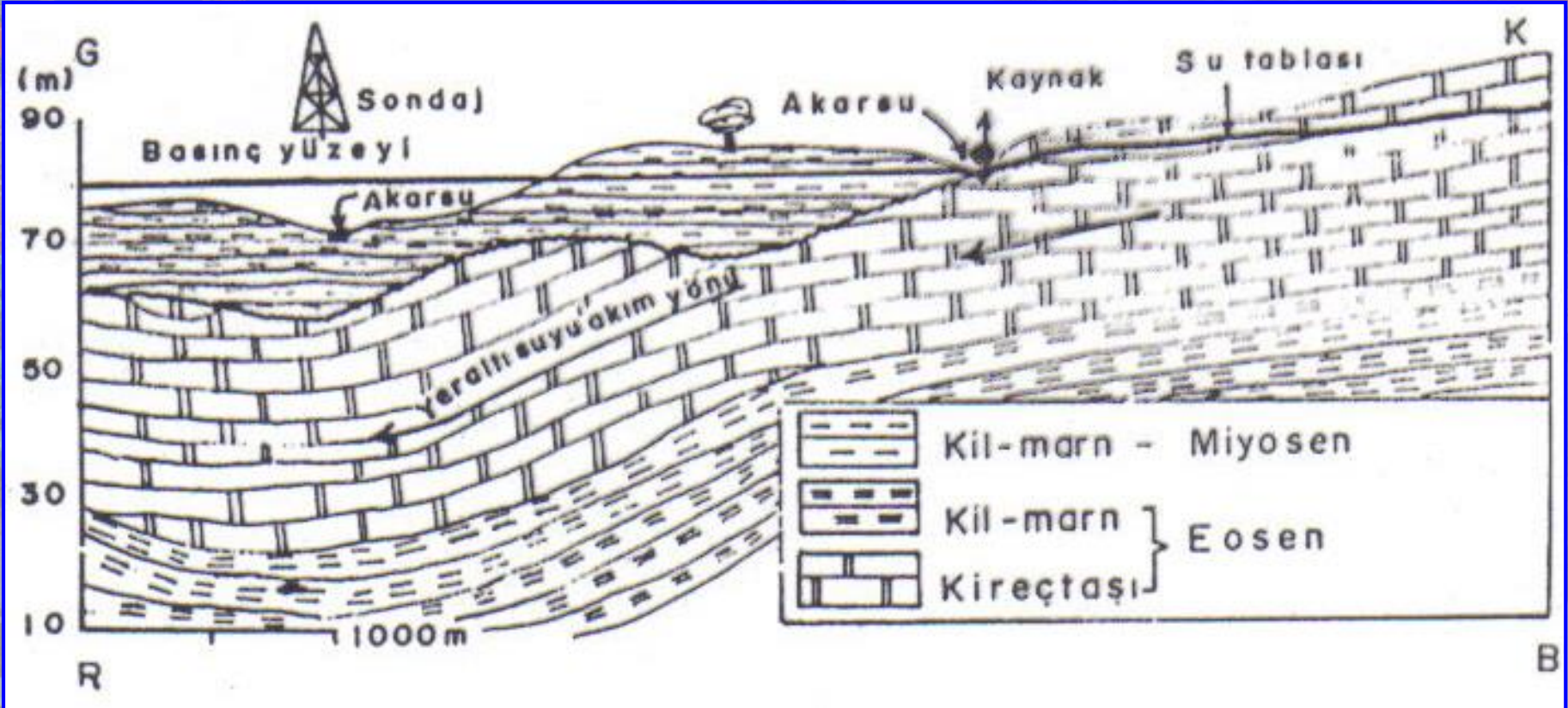




Su tablası ve basınç yüzeyi haritası



# HİDROJEOLOJİ KESİTLERİ

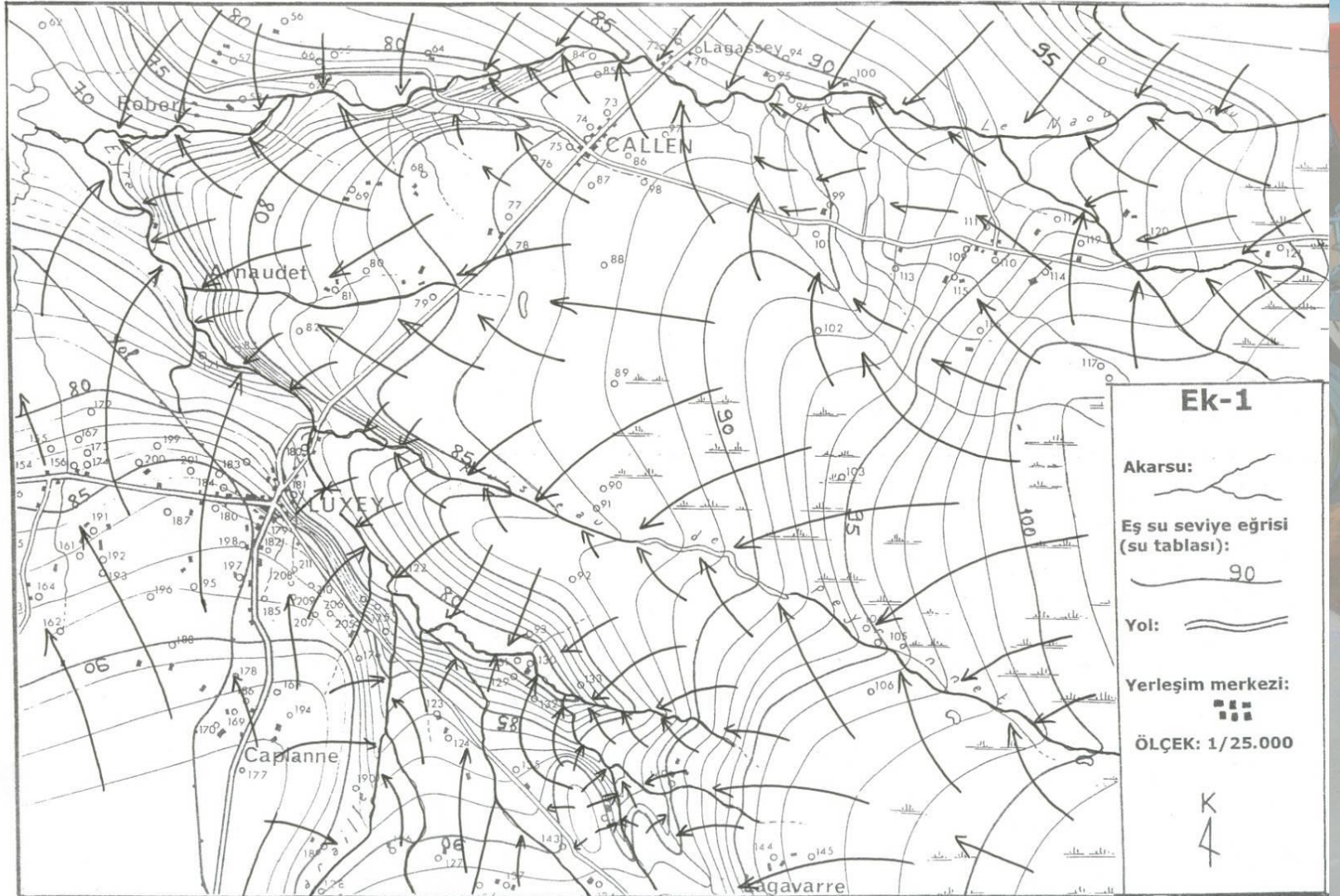


Hidrojeoloji kesiti



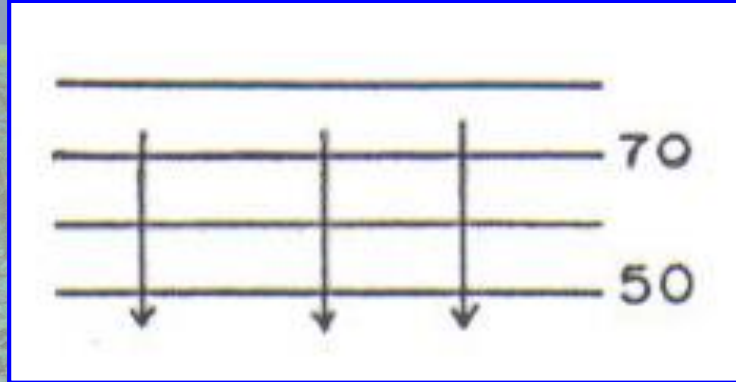
# Hidrojeoloji

## Haritası

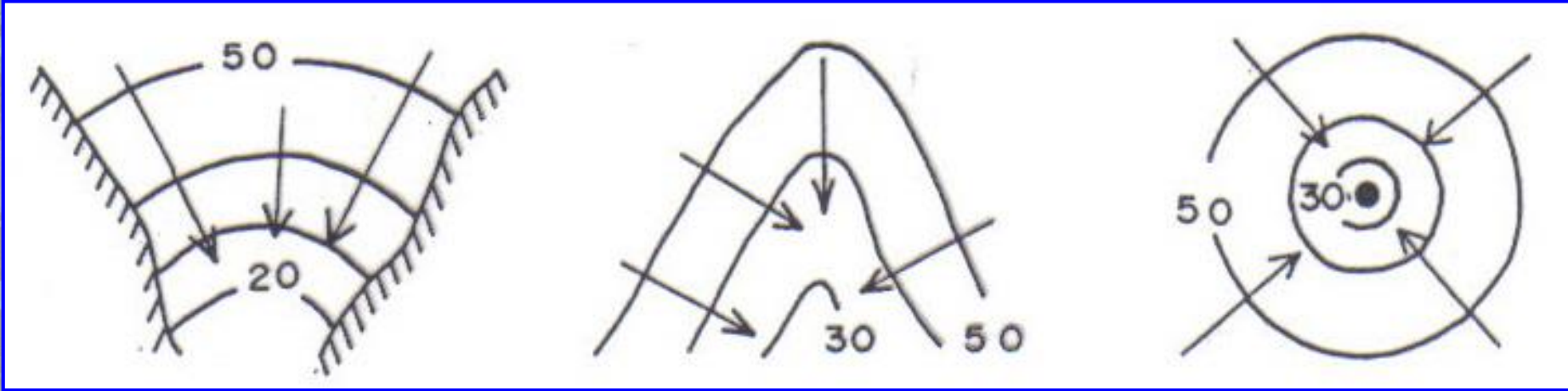




# NAPLARIN ÇEŞİTLERİ

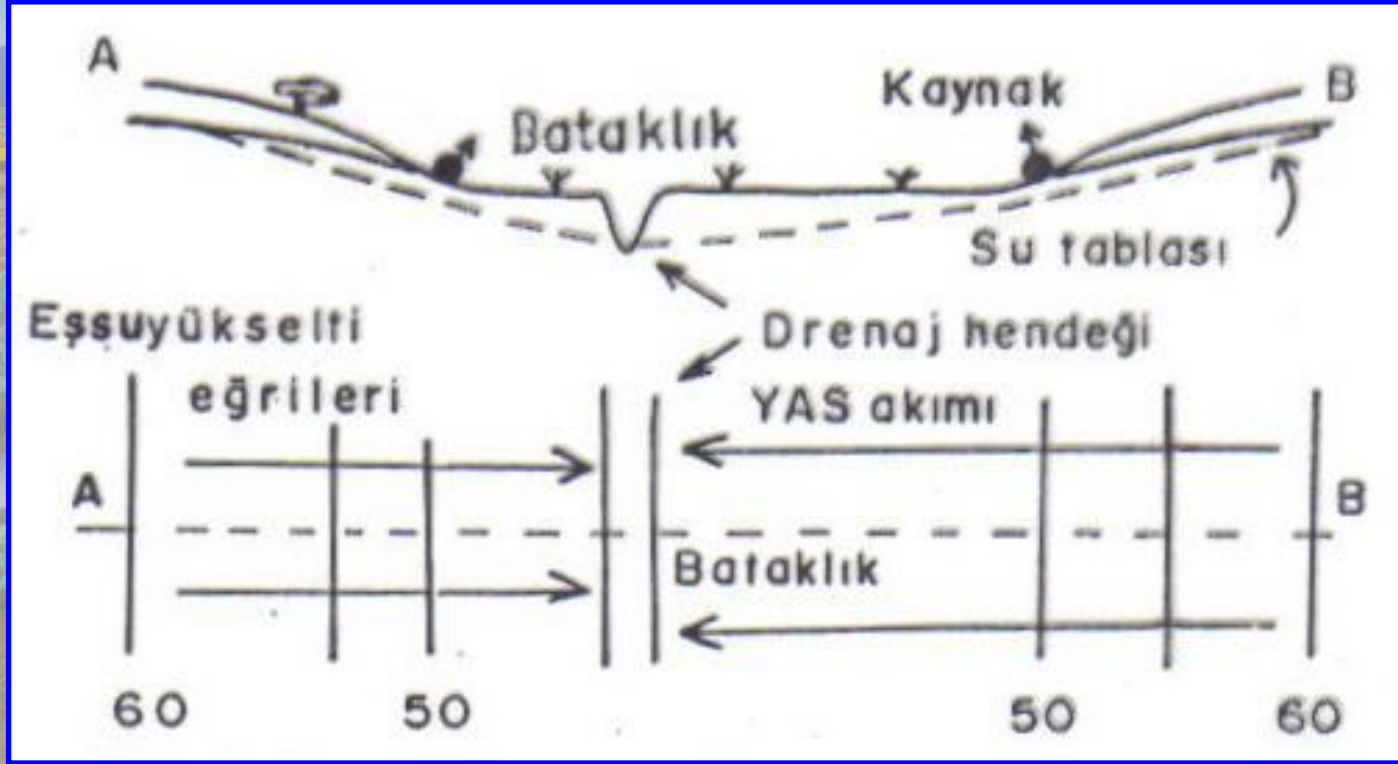


Silindirik naplar



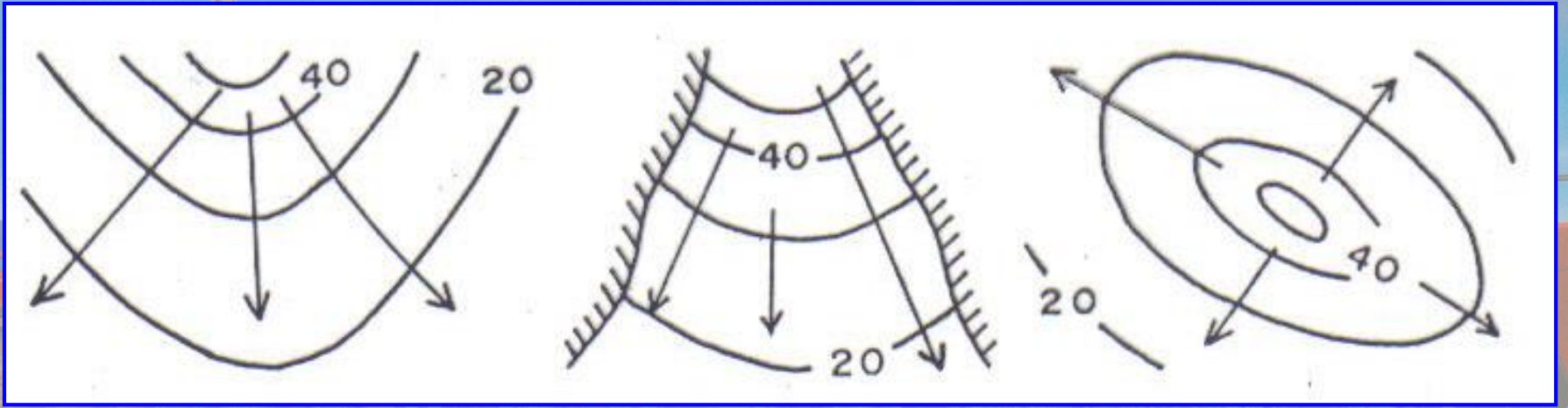
Konverjan naplar



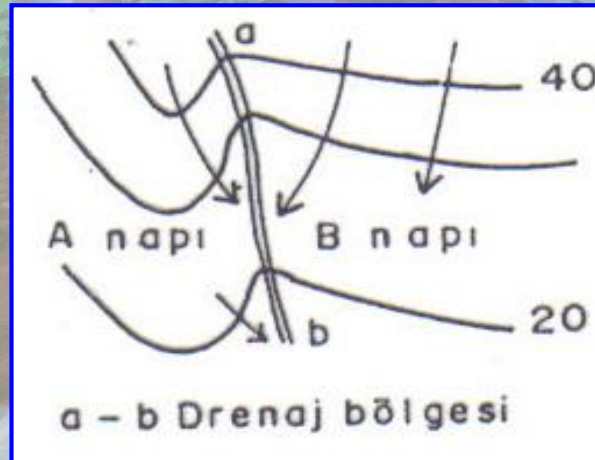


Drenaj hendeğine yönelen sıvı akıları-Konverjan nap





Diverjan naplar



Birleşen naplar

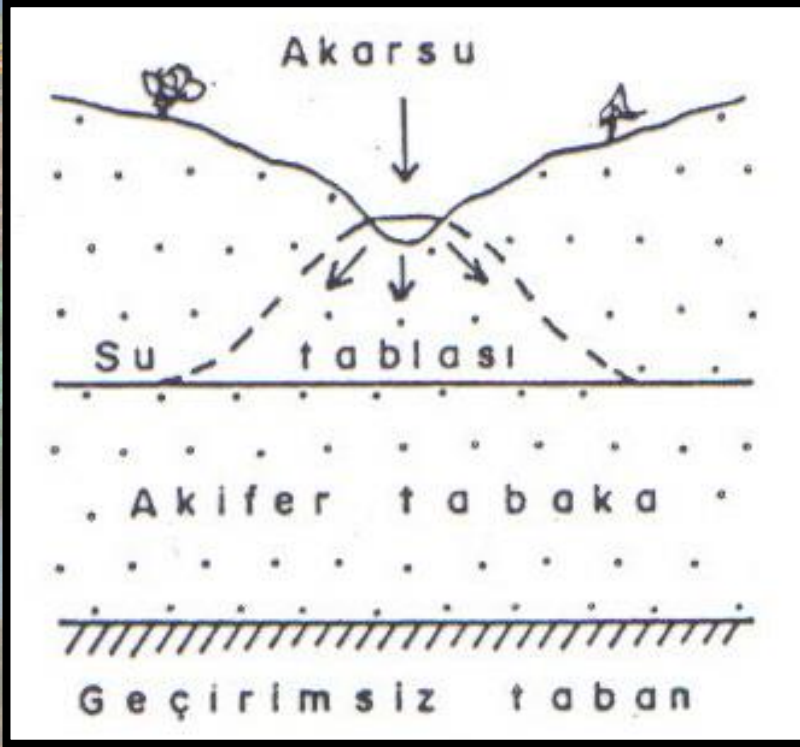


# KONU TEKRARI

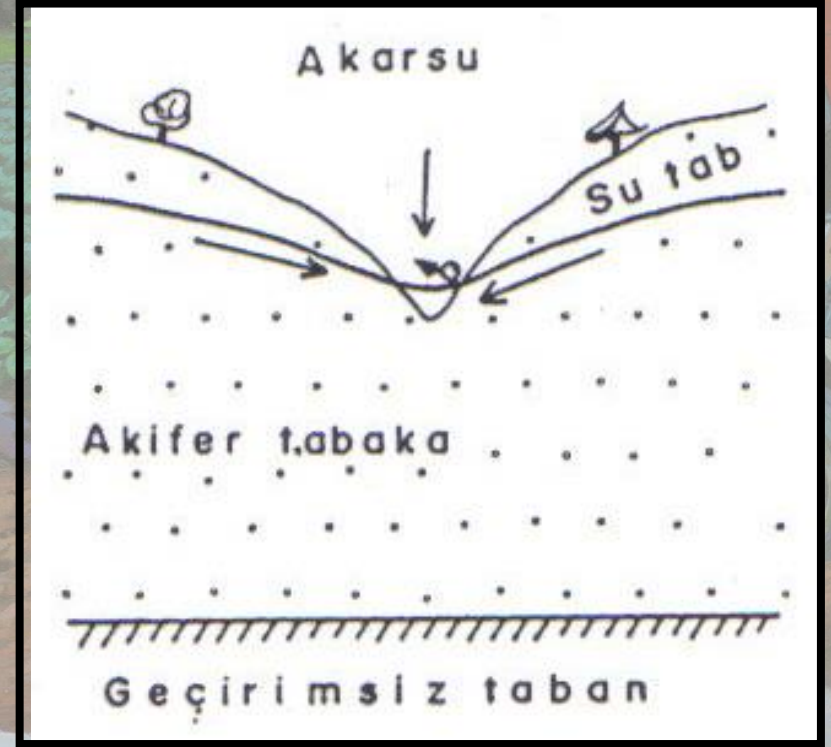
- Karalardaki suyun % kaç YAS dur ?
  - Sıvalı gözeneklilik ?
  - Yüzey gerilim kuvveti nedir ?
  - Darcy yasasında elde edilen formülün anlamı nedir ?
  - $5 \times 10^5$  m/s hangi litolojinin geçirimsizlik karşılığıdır ?
  - Depolama katsayısı nedir ?
  - Su tablasının topoğrafyayı kestiği noktalarda ne oluşur? Aynı şekilde basınç yüzeyinin kesmesi ne anlama gelir ?
  - Jeolojik kesit ve hidrojeolojik kesit arasında ne fark vardır ?
1. Drenaj hendeğine boşalan su miktarı hangi formülle hesaplanabilir ?
  2. Transmisivite-permeabilite arasındaki fark nedir ?
  3. Serbest akiferlerde, akiferden alınabilen suyun gözeneklilik karşılığı nedir ?
  4. Basınçlı akiferlerden alınabilen suyun miktarını etkileyen faktörler nelerdir?
  5. Tünek akiferin tanımı nedir ?
  6. Basınçlı akiferler hangi yapısal unsurlarda oluşabilir ?
  7. Kaynak nasıl oluşur ?
  8. Vadoz kuşak nedir ?
  9. Akiklüt nedir ?
  10. Akifüj nedir ?
  11. Akitard nedir ?
  12. Graviflik su hangi ortamda oluşur ?
  13. Artezyen kaynağı nedir ?
  14. Yağış alanı hangi kriterlere göre belirlenir ?



# YERALTI SUYU - YÜZEYSUYU İLİŞKİSİ

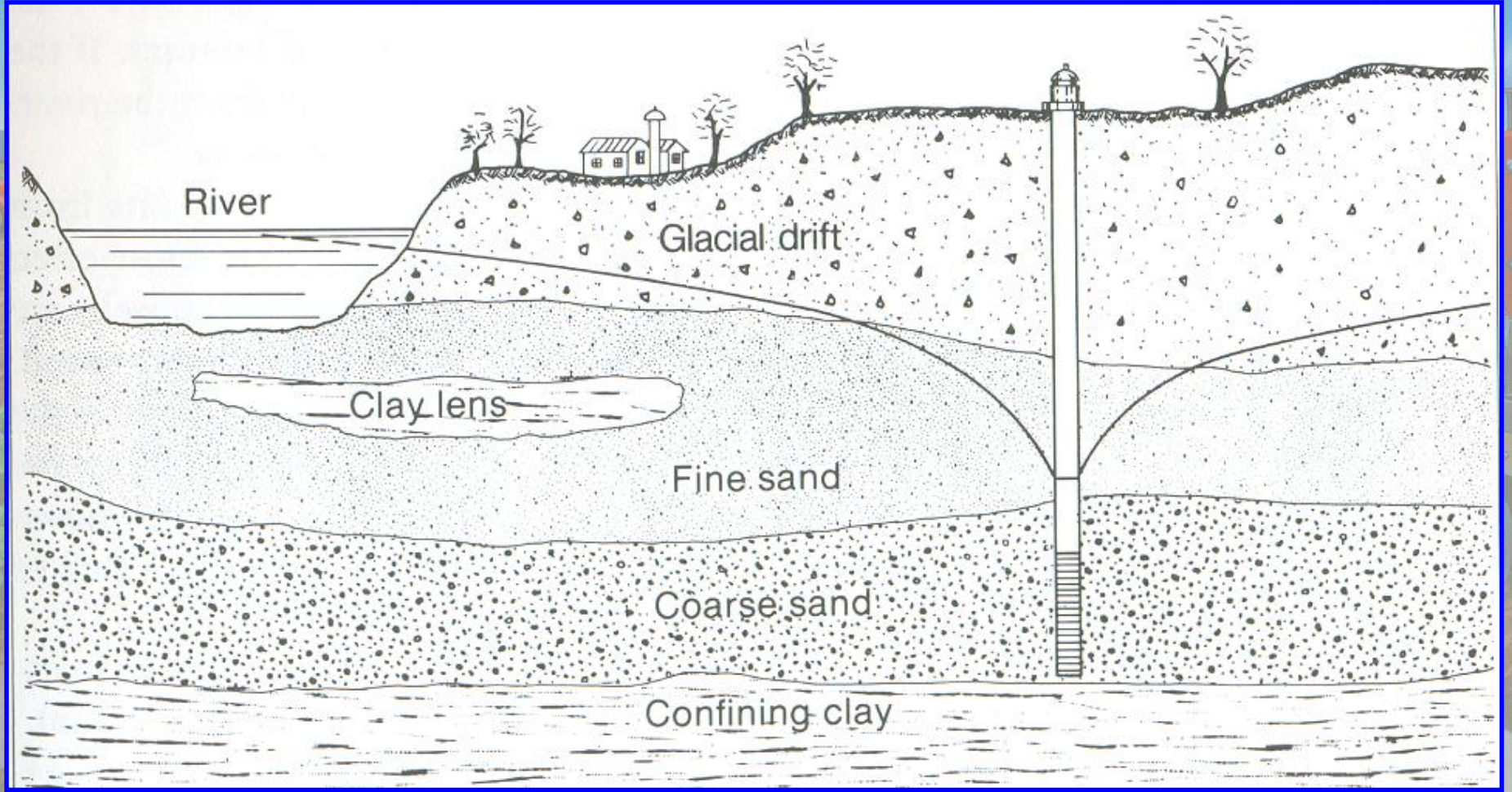


Akifer alıcı, akarsu verici



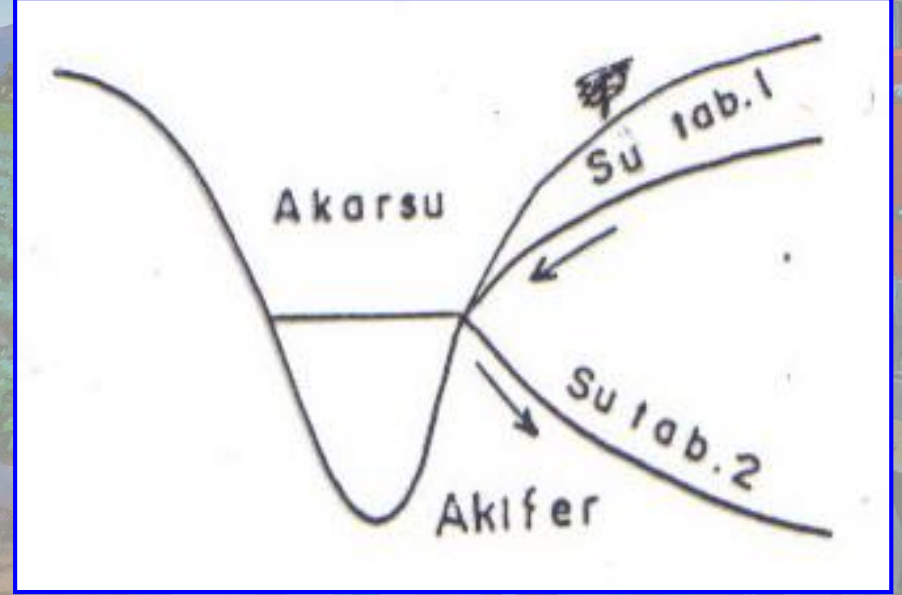
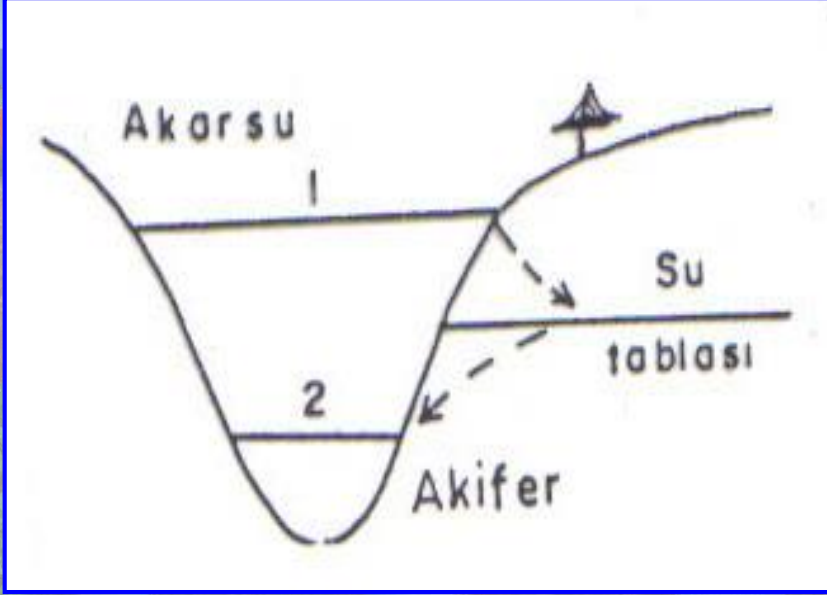
Akifer verici, akarsu alıcı





Akarsu-yeraltı suyu ilişkisini gösteren bir hidrojeoloji kesiti  
(Akarsu akiferi besliyor: Akifer alıcı, akarsu verici durumdadır.)



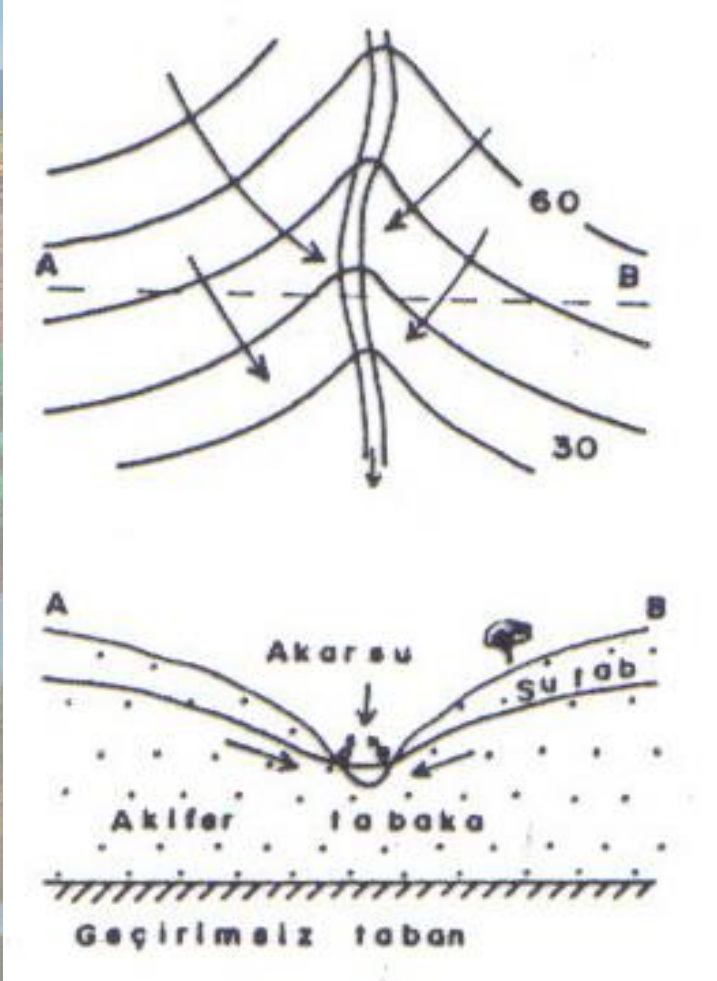


Su tablası sabit, akarsu seviyesi değişken

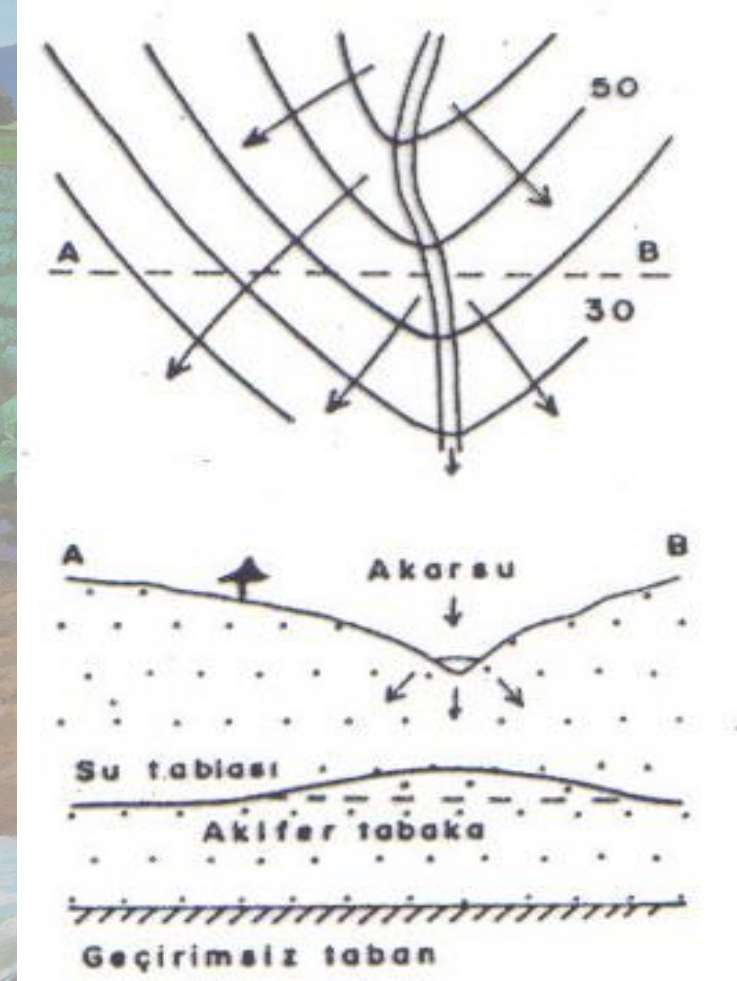
Su tablası değişken, akarsu seviyesi sabit



# Eş Su Seviye Eğrilerinin Akarsu Yatağındaki Durumları

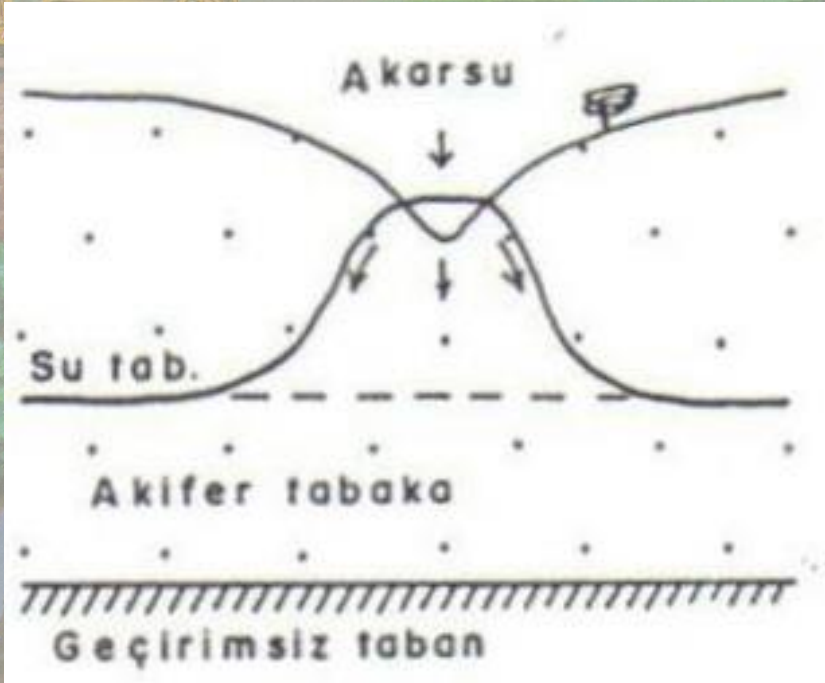


Yeraltı suyunun  
akarsuyu beslemesi  
durumu

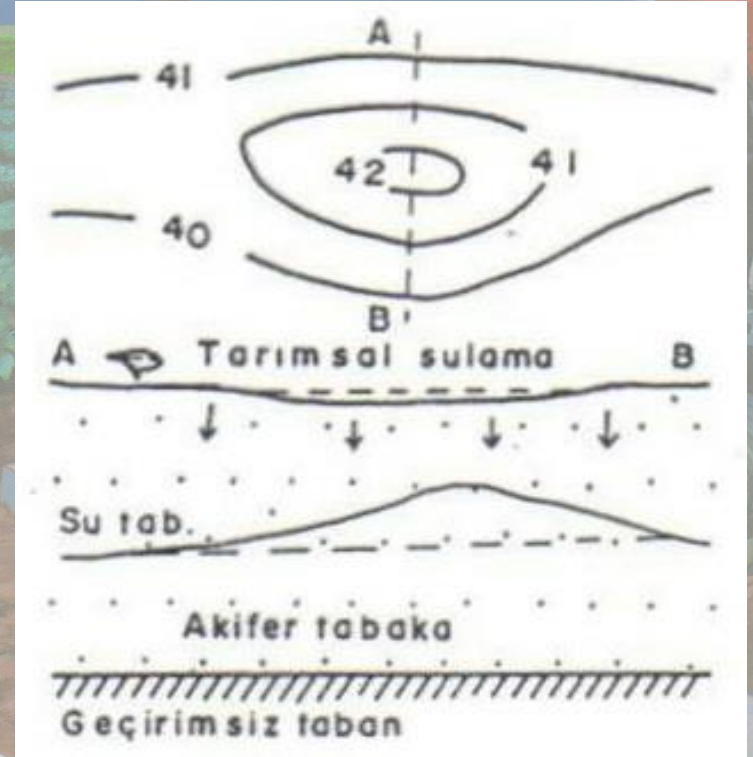


Akarsuyun yeraltı suyunu  
beslemesi durumu



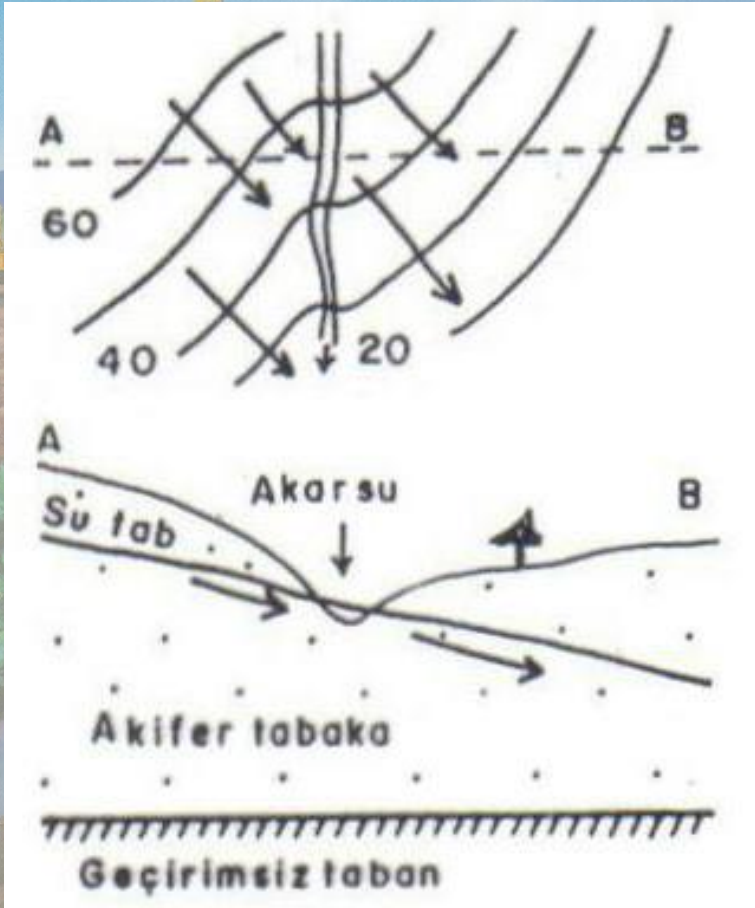


Dik yanlı yeraltı suyu tümseği

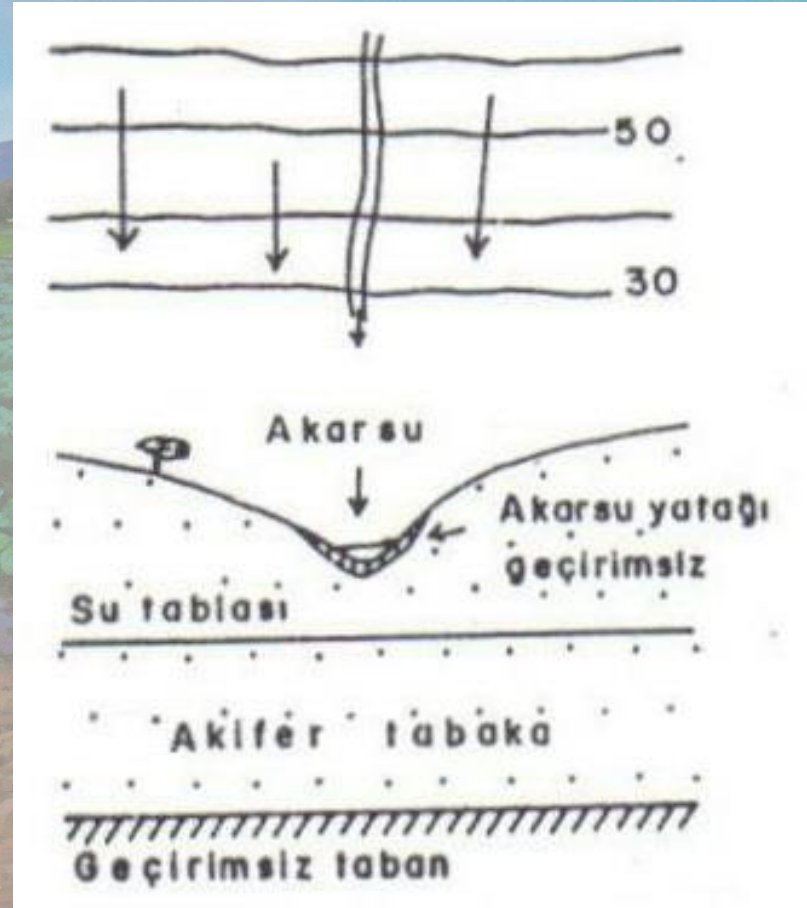


Tarımsal sulama sonucu yeraltı suyu tümseği oluşması





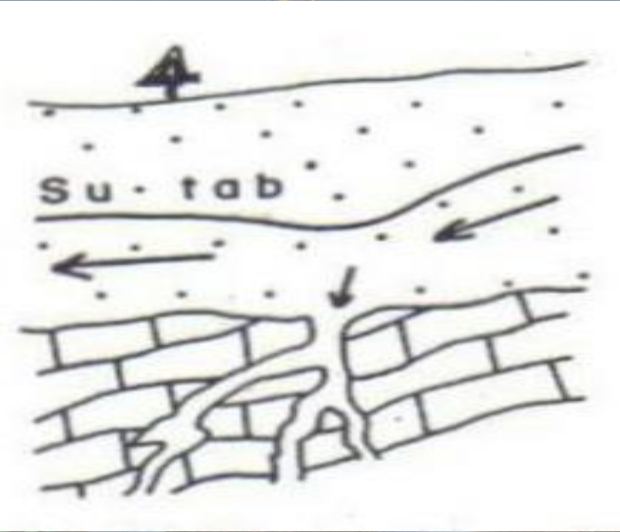
Akarsuyun bir kıyıda verici bir kıyıda alıcı olması



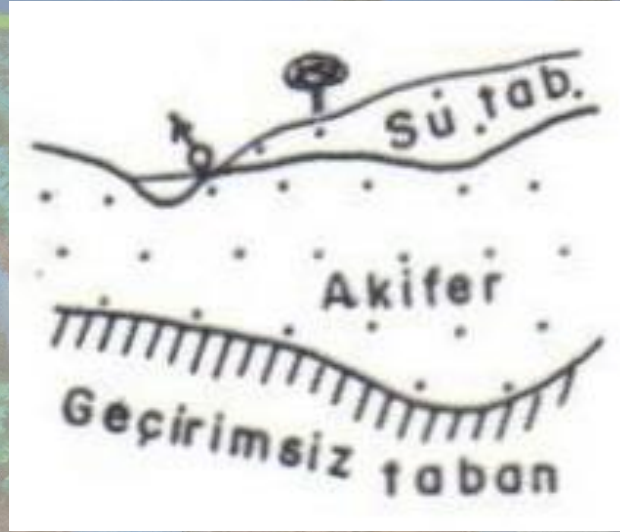
Yeraltı ve yerüstü sularının ilgili olmadığı durum



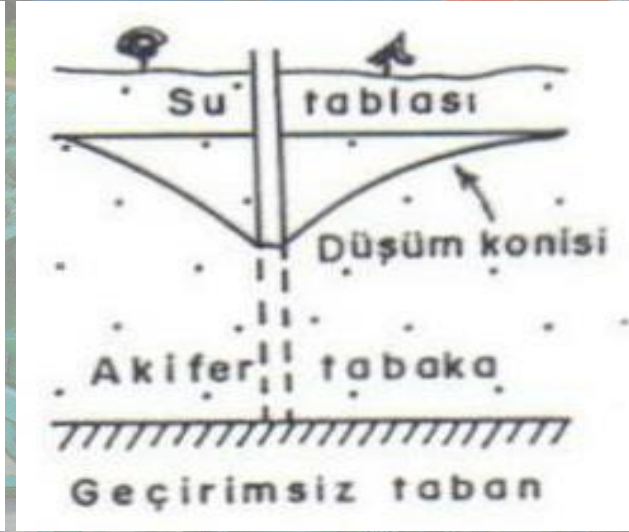
# Yeraltı suyu hendekleri/çöküntüleri



Dip kaçakları

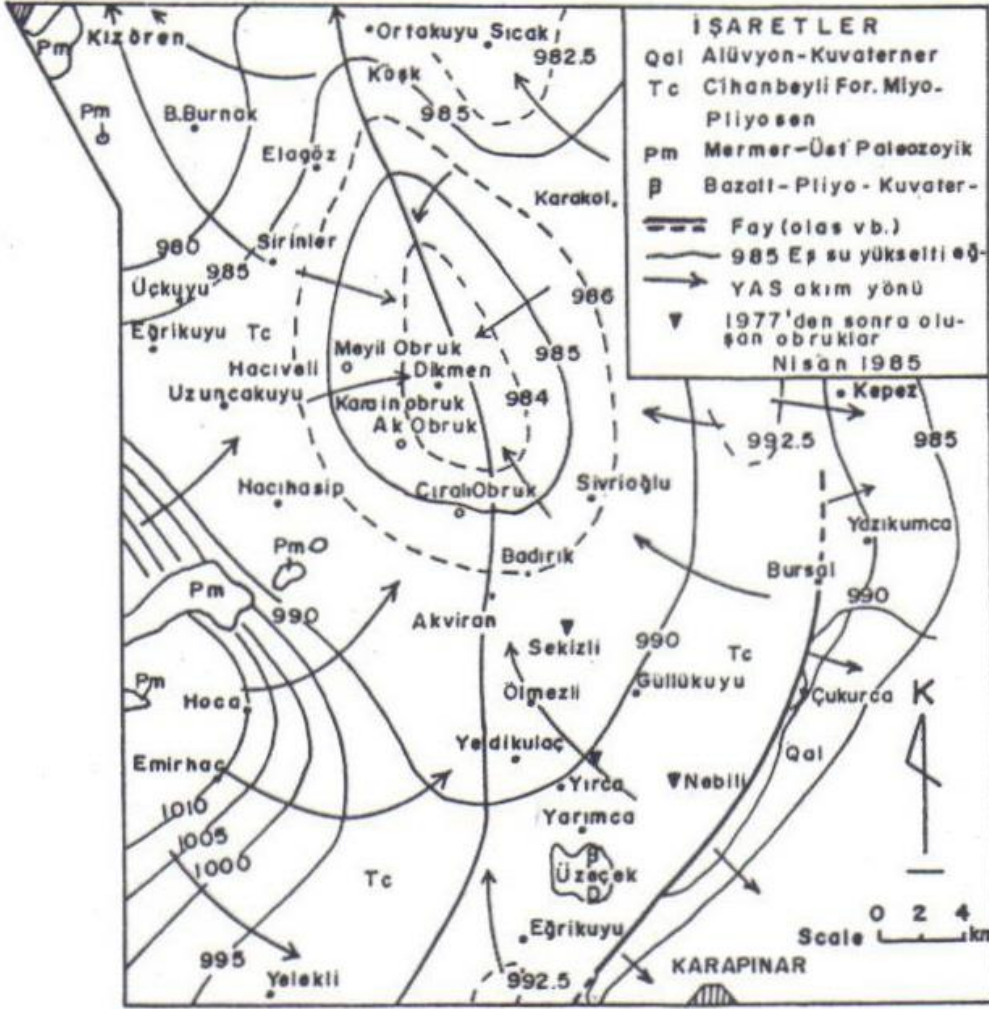


Geçirimsiz temelin çukurlaşması



Pompajla oluşan düşüm konisi





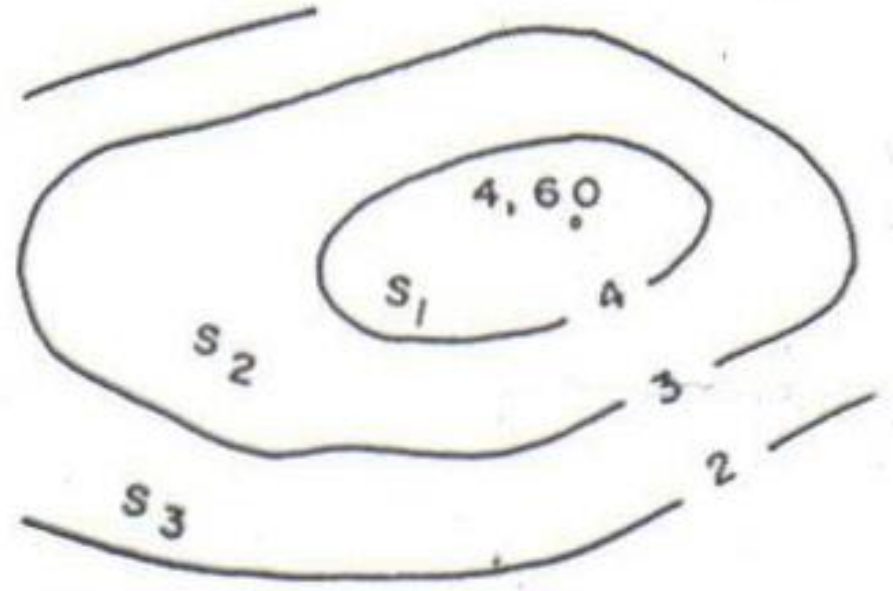
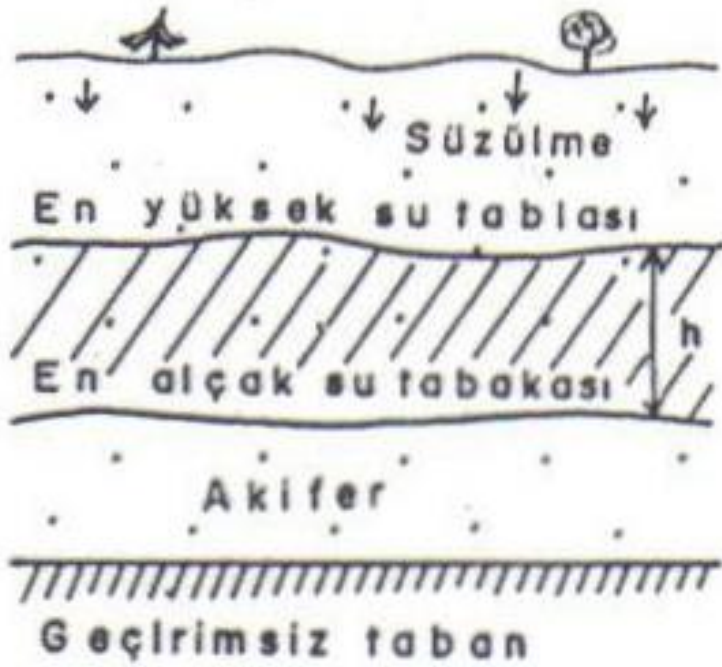
Çıralı obruğu, Konya

Dip kaçağı nedeniyle oluşan asimetrik elips

Canik (2007)



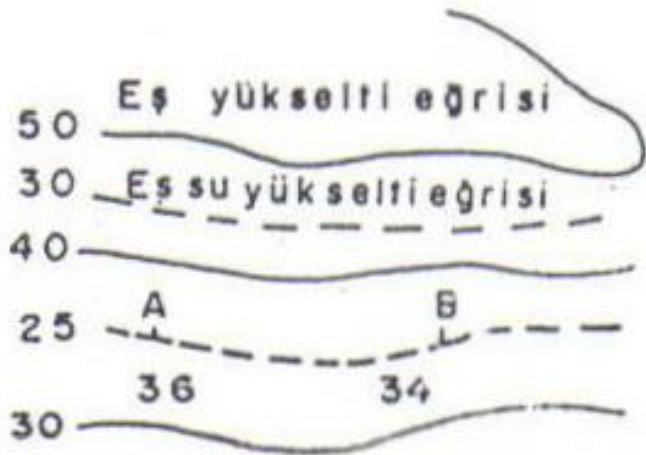
# SU TABLASI HARİTALARININ YORUMU



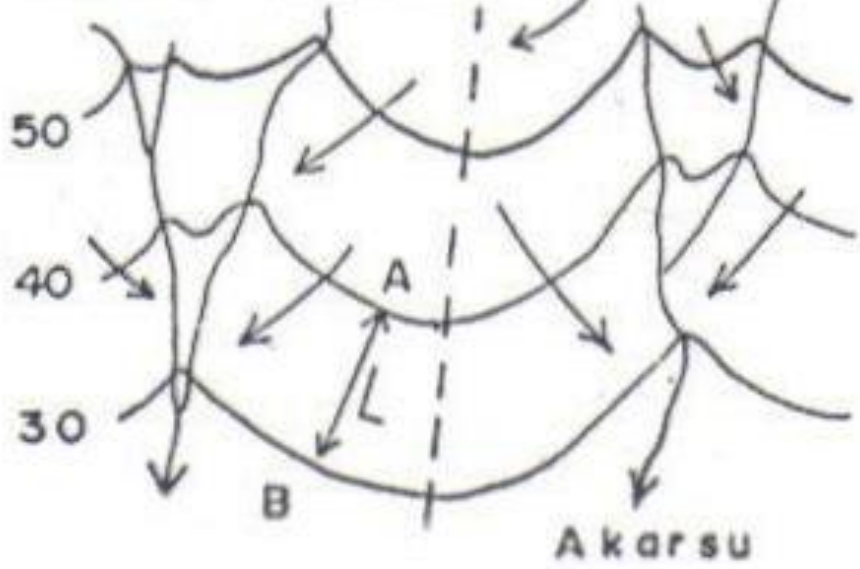
Su tablasının değişimi ve eş değişim bölge haritası



$$Q_1 = S_1 \times 4.30 \times n_c$$
$$Q_2 = S_2 \times 3.50 \times n_c$$



Yeraltı suyu sırtı



Eş su yükselti eğrisi

Su tablasının  
derinliğinin bulunması

Yeraltı suyu sırtı

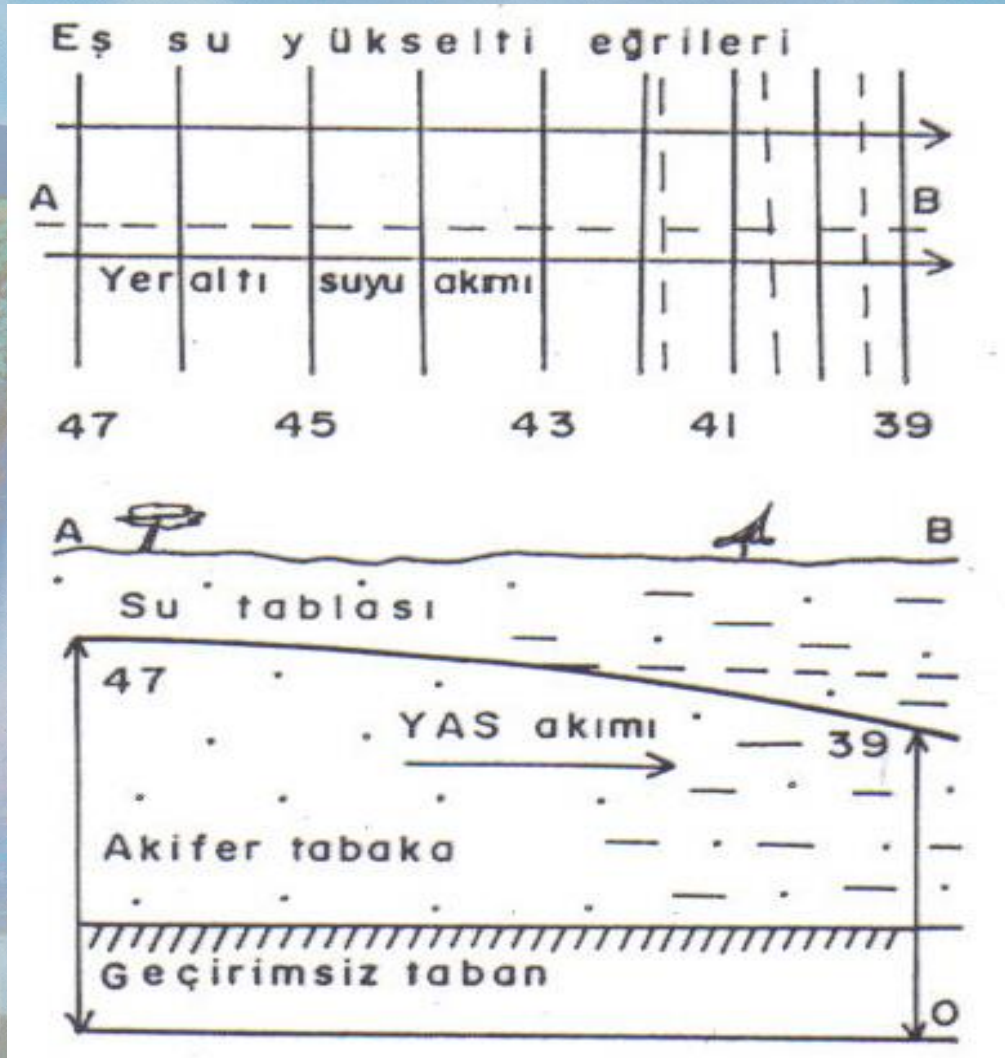
Canik (2007)



# SU TABLASI VE BASINÇ YÜZEYİNİN İNİŞ PROFİLİ



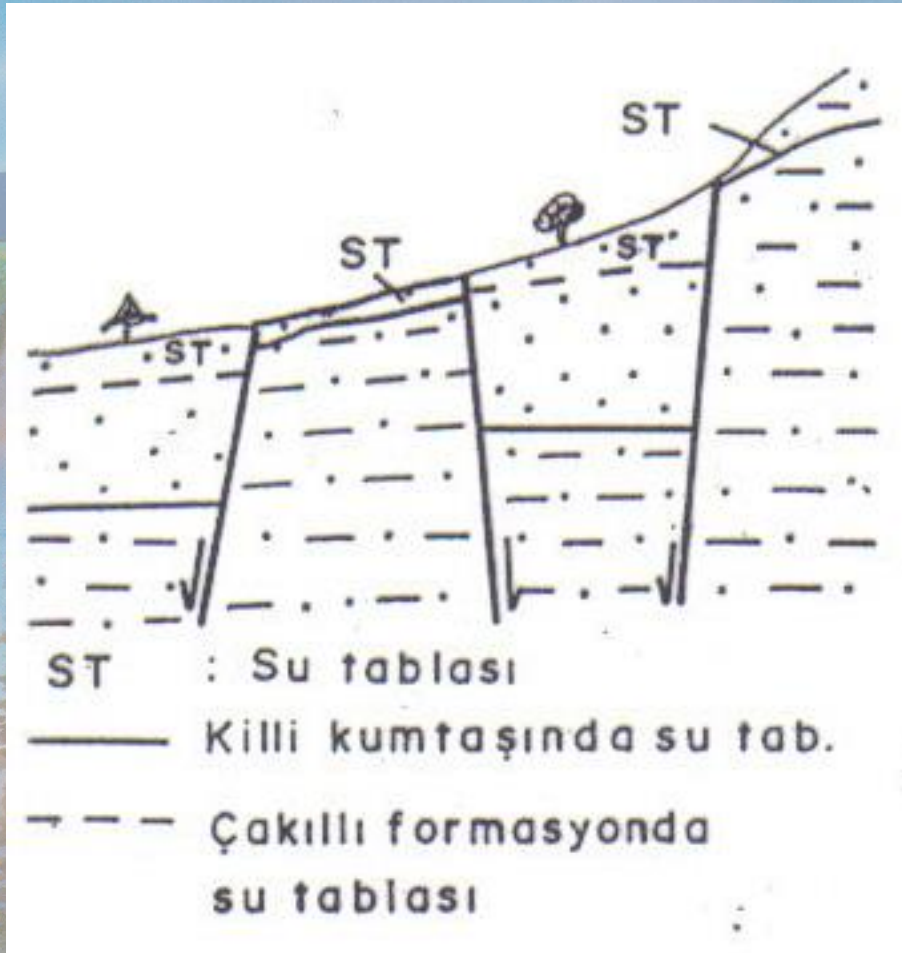




Canik (2007)

Geçirimliliğin yeraltı suyu akım yolu boyunca değişmesi



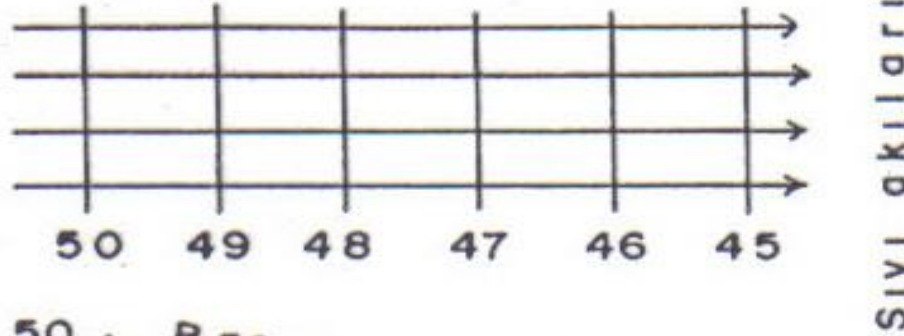


Faylı bölgelerde yeraltısuyu seviyelerinin basamaklı şekilde gelişmesi

Canik (2007)



## Eş basınç çizgileri



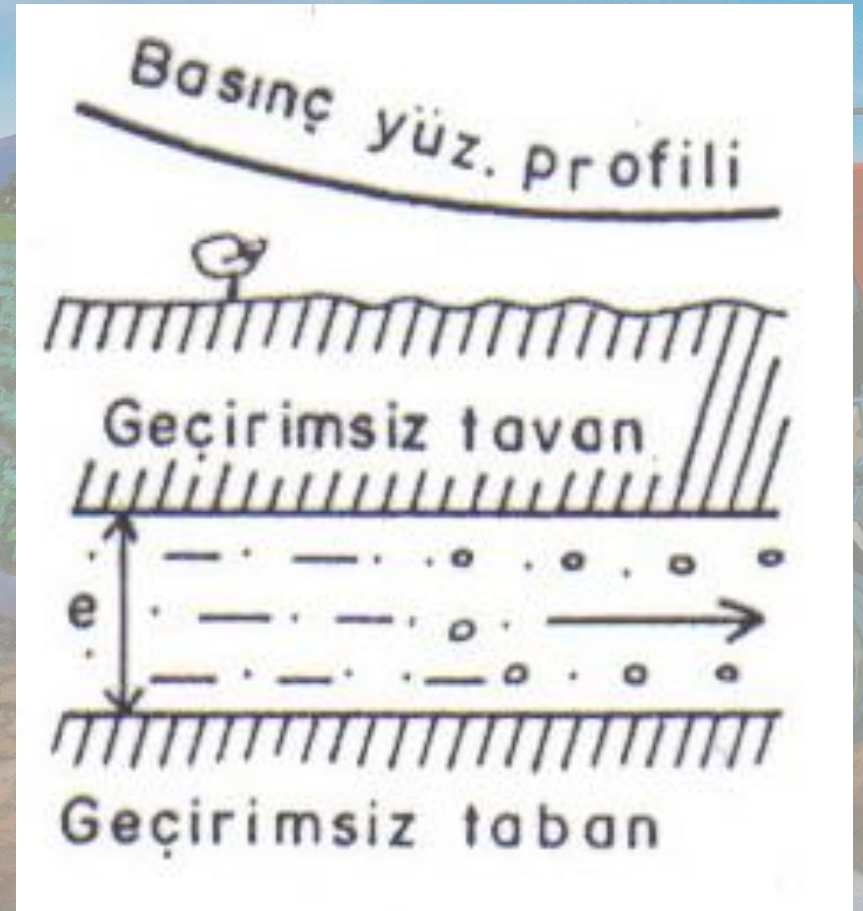
Homojen basınçlı akiferde iniş profili

Canik (2007)





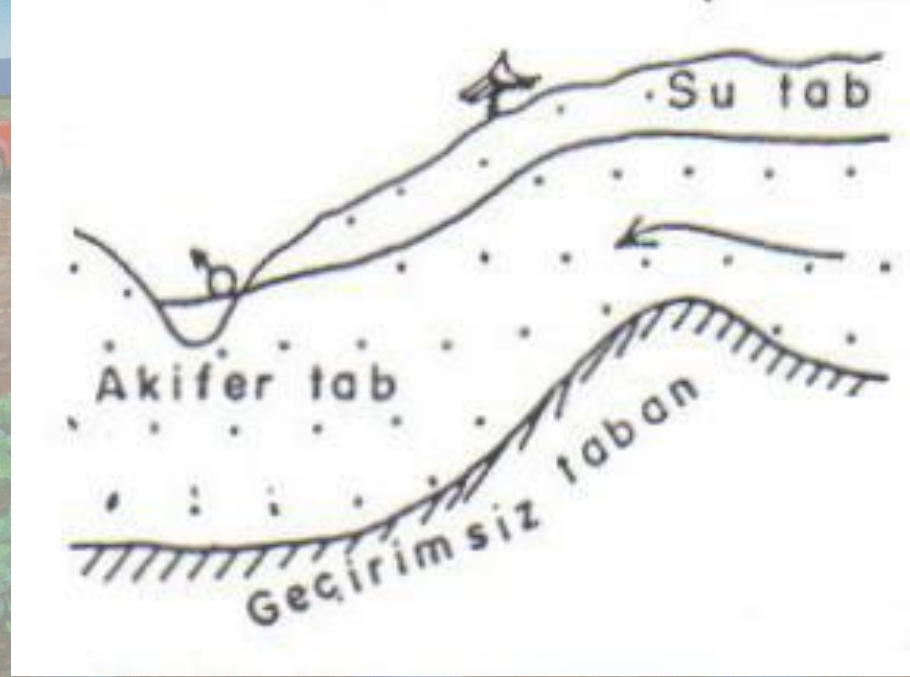
Geçirimlilik azalıyor



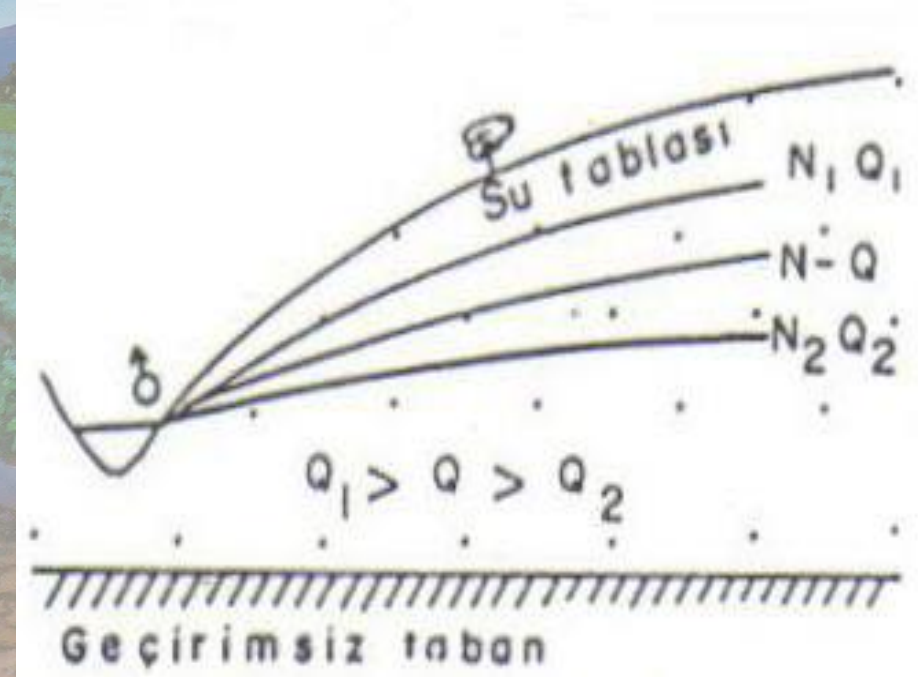
Geçirimlilik artıyor

Canik (2007)





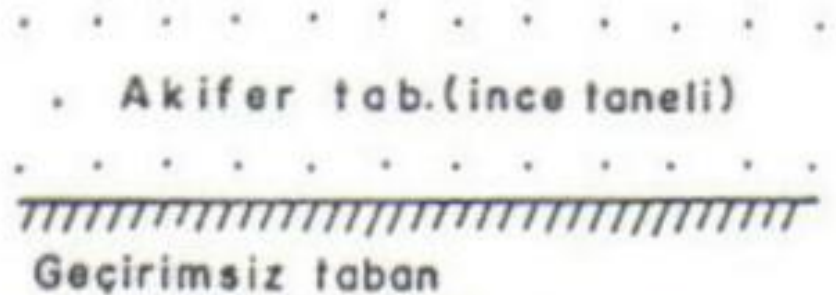
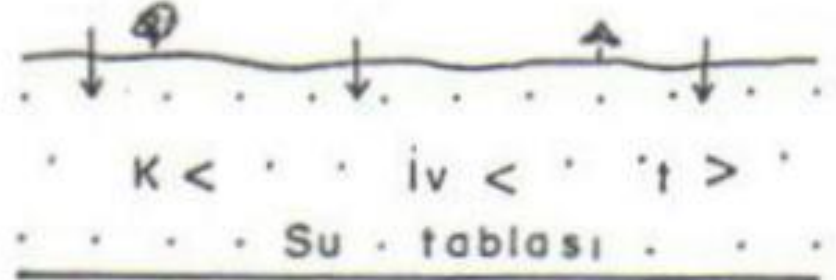
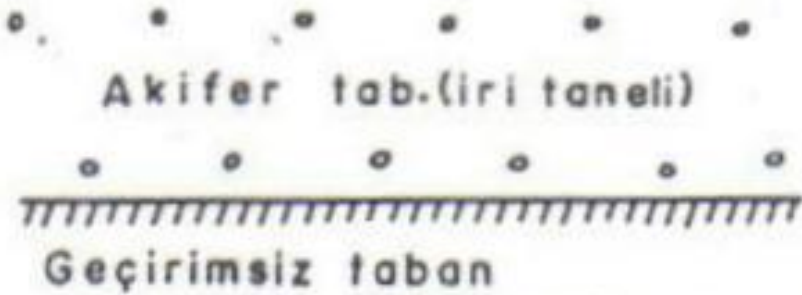
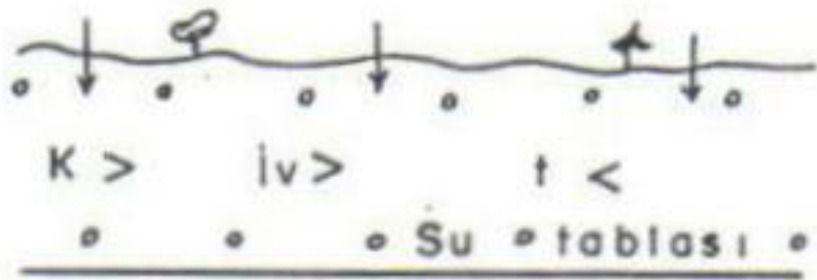
Temel formasyonun etkisi



Su tablası iniş profilinin akiferin debisi ile ilgisi



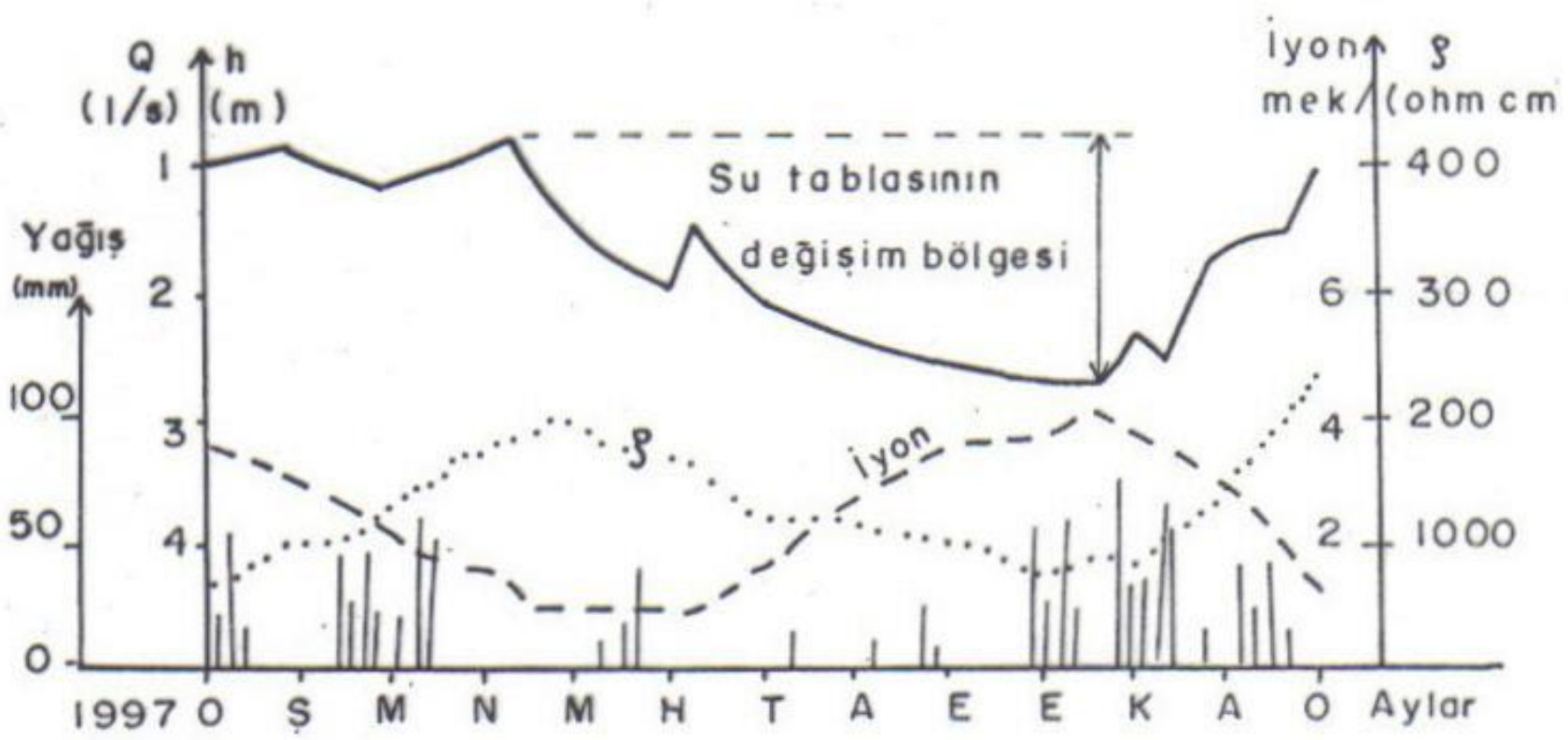
# SU TABLASI VE BASINÇ YÜZEYİNİN DEĞİŞİMİ



$K$  : Geçirimsizlik - m/s ,  $K_v$  : Düşey yönde süzülme - % ,  $t$  : Zaman - S

Geçirimsizliğe bağlı olarak düşey yönde süzülmenin değişimi

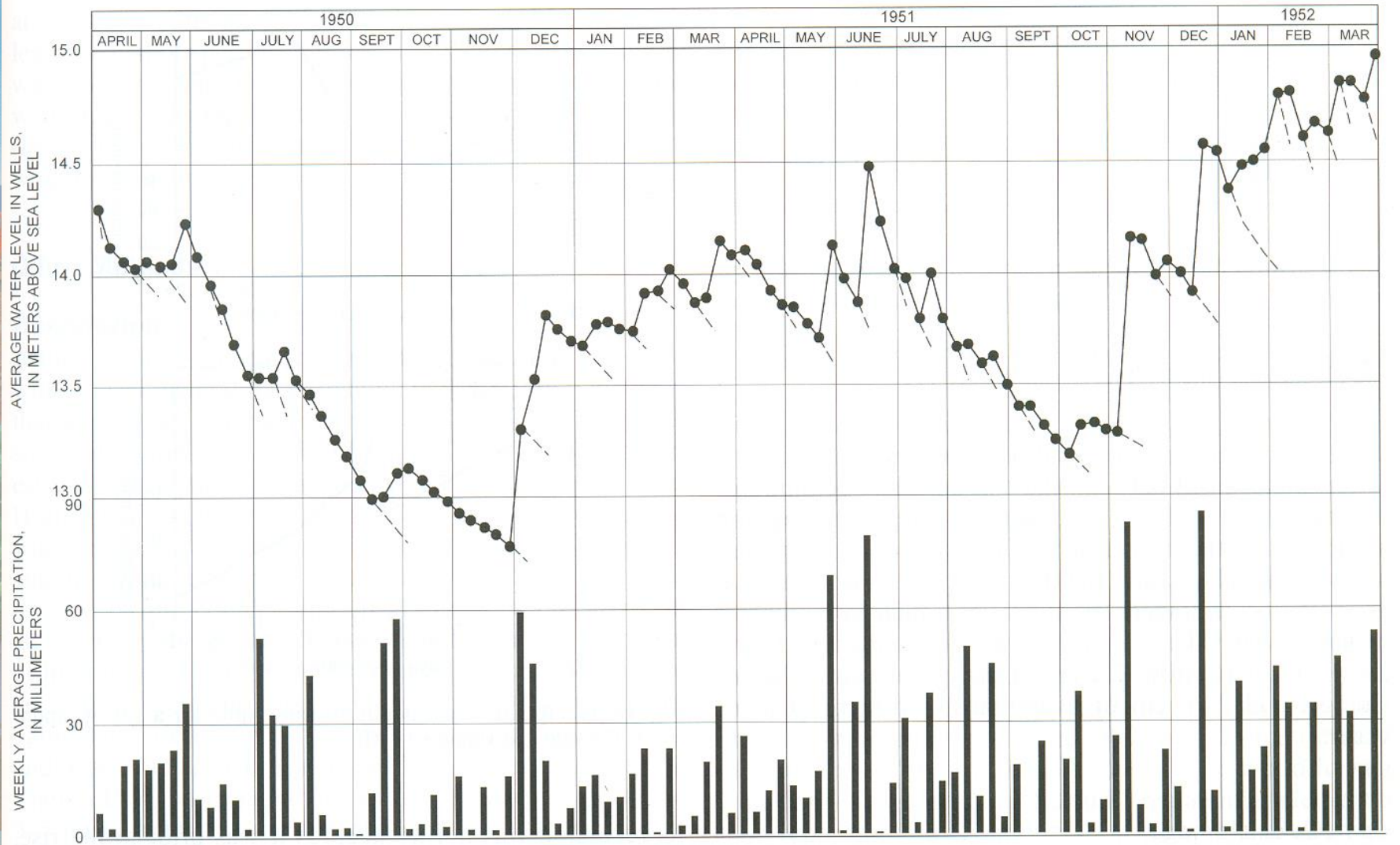




Su tablası veya debinin uzun süreli değişimi

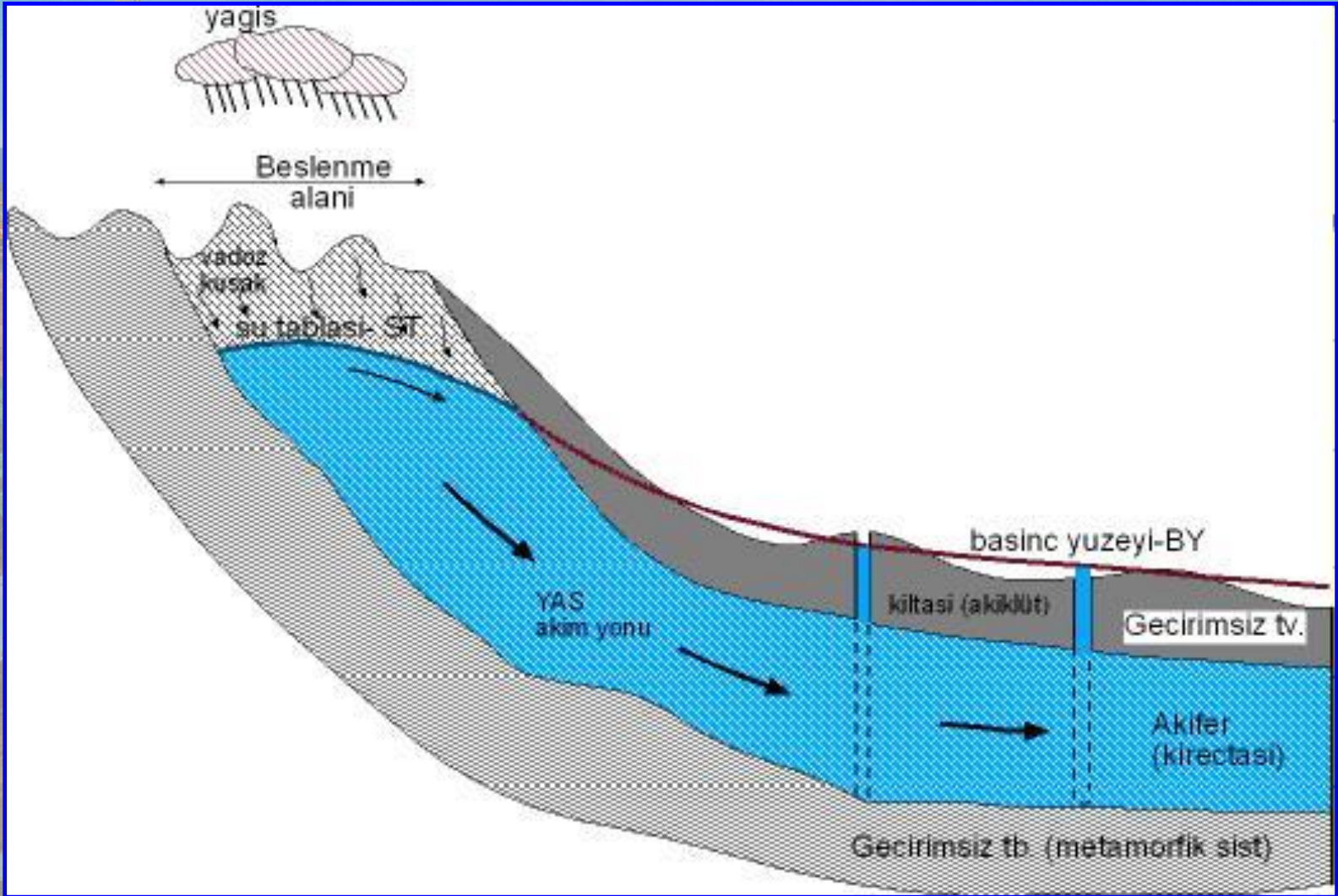
Canik (2007)





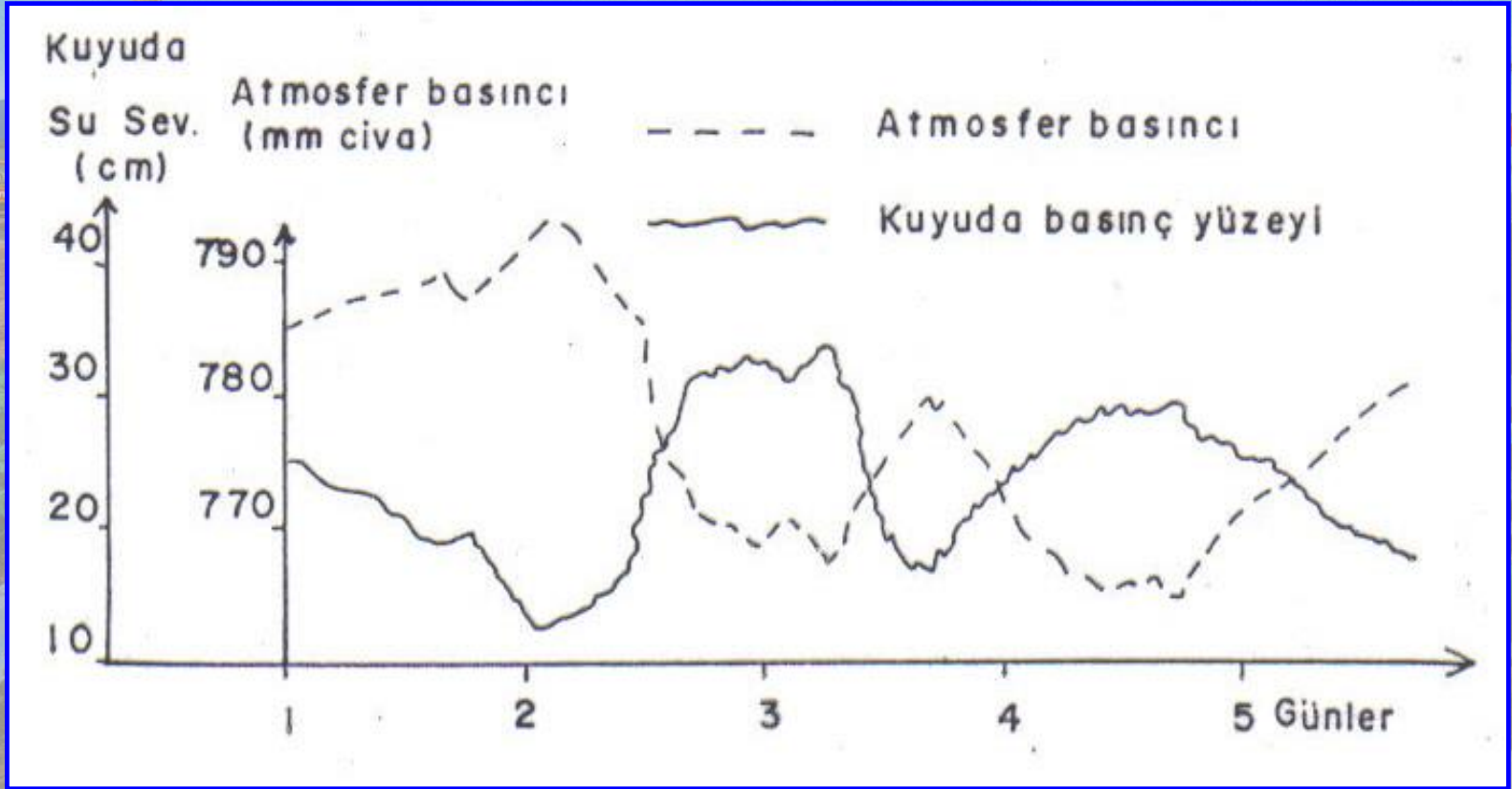
**Ortalama su tablası seviyesi ve haftalık ortalama yağışdaki değişimler  
(Beaverdam Creek Havzası, Maryland) (Todd, 1980)**





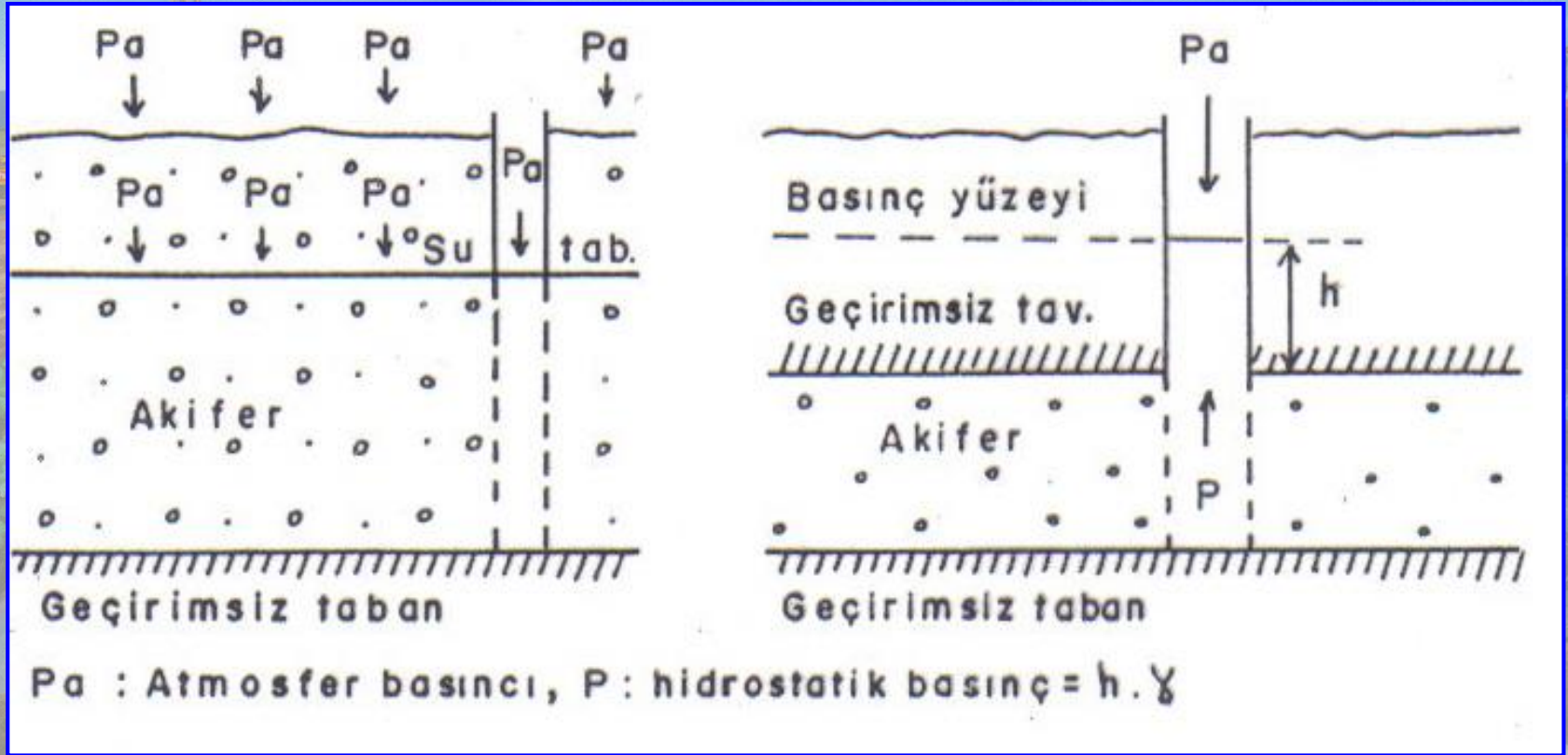
Basıncılı akiferin uzun süreli beslenmesini gösteren şematik hidrojeoloji kesiti





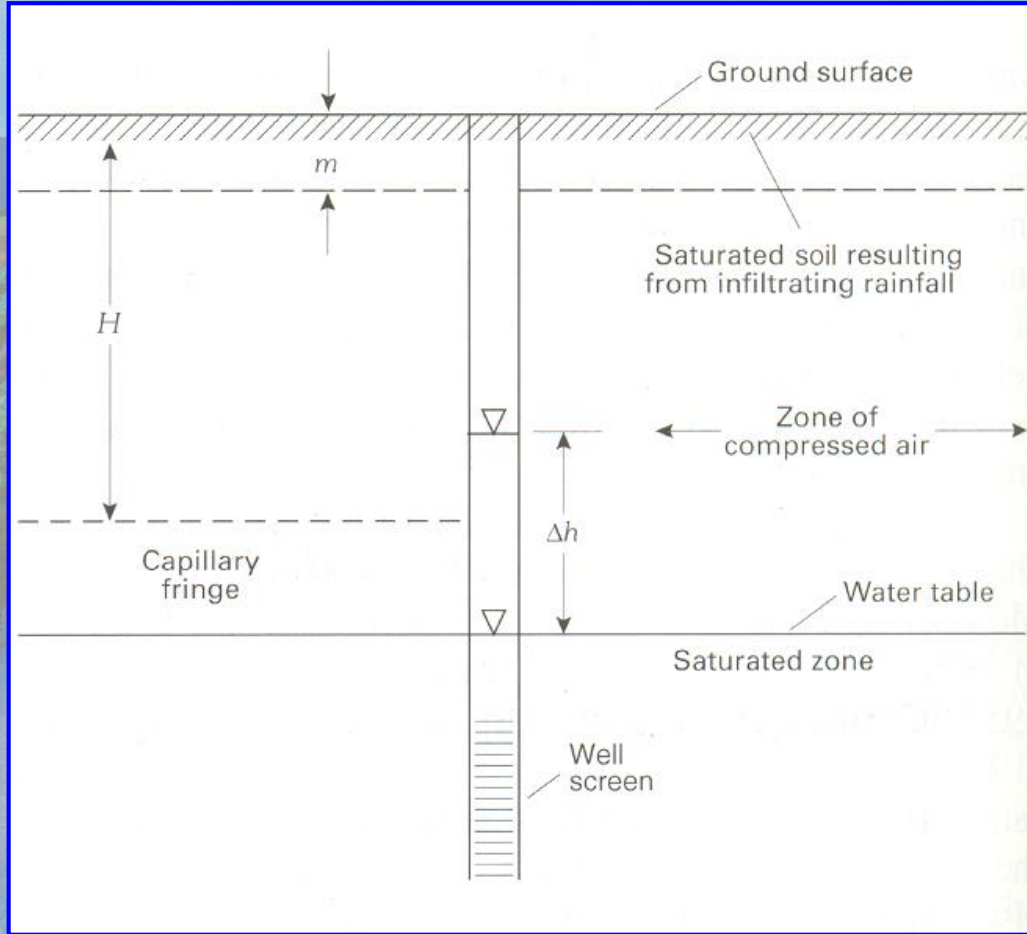
Basınç yüzeyinin atmosfer basıncı ile değişimi





Serbest ve basınçlı akifer üzerinde atmosfer basıncının etkisi

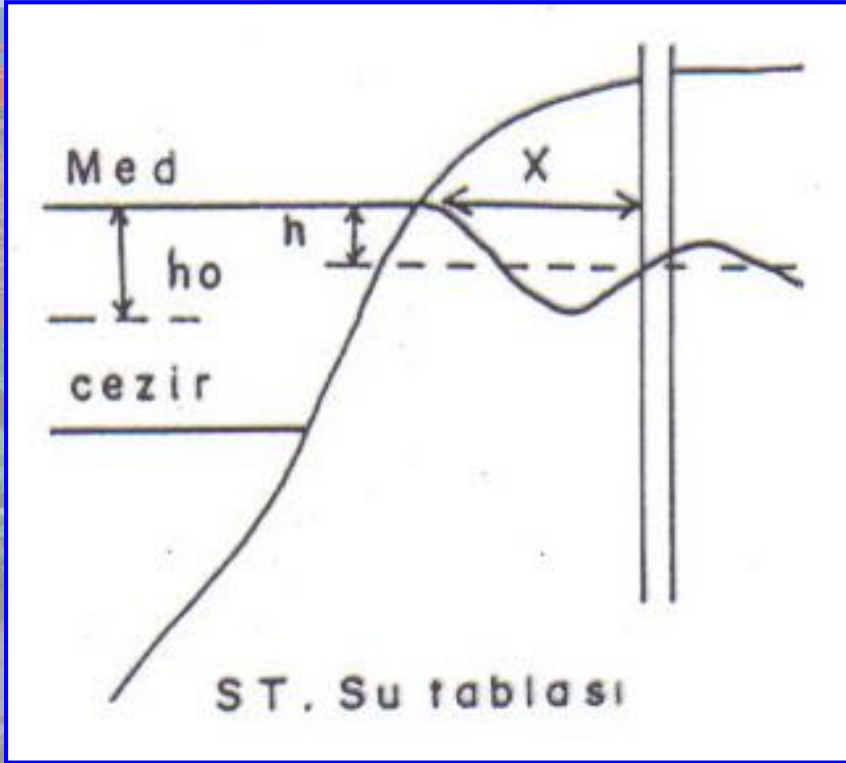




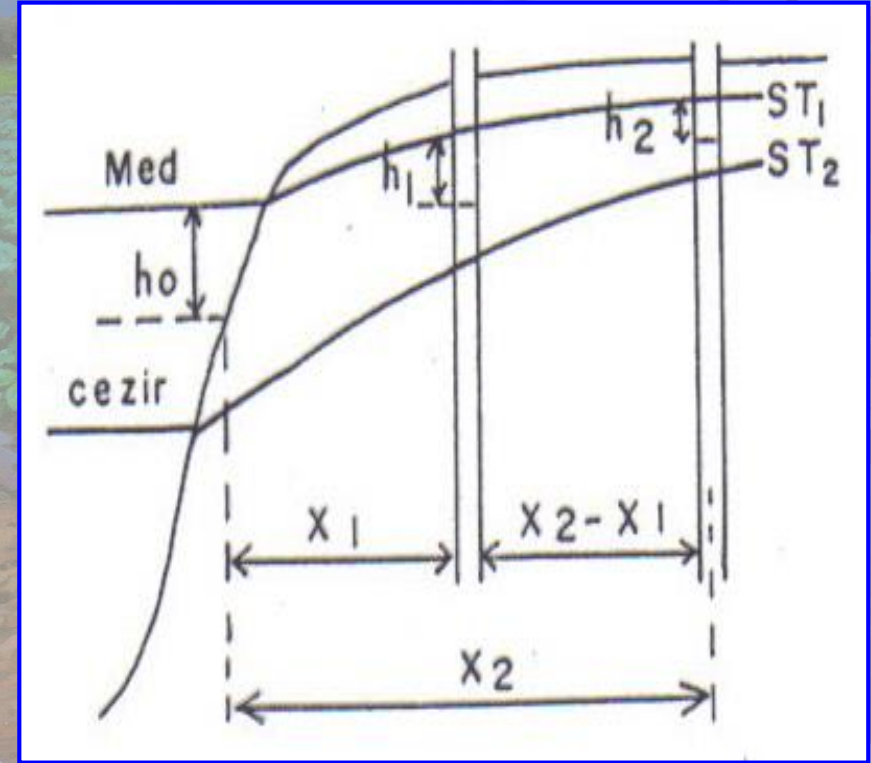
**Sıkışan hava nedeniyle Serbest Akiferde açılan gözlem kuyusunda yağışa bağlı su seviyesi yükselimi**



# KIYI AKİFERLERİNE GEL-GİT ETKİSİ VE AKİFER KARAKTERİSTİKLERİNİN HESAPLANMASI



Gel-git olayı



Gel-git olayının ekifere etkisi

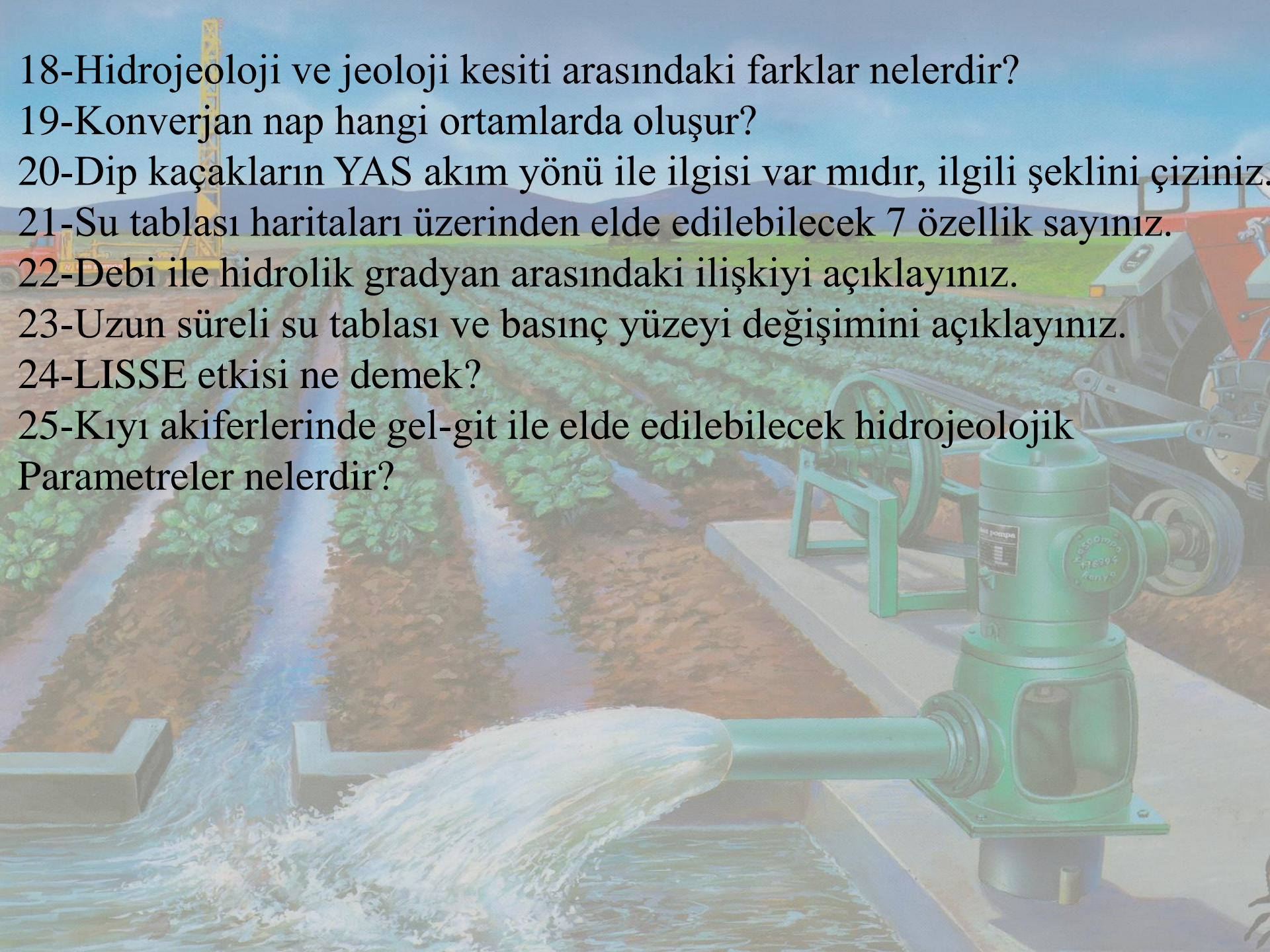


## KONU TEKRARI

- 1-Yeraltı suyu aramalarında sondajcılık ne zaman başlamıştır?
- 2-Yağışın bileşenleri nedir?
- 3-Meteorik sular nelerdir?
- 4-Sıkı yapıda bağlantılı gözeneklilik türleri nelerdir?
- 5-Gözenekliliğin derinlik ve alterasyonla ilişkisi nasıldır?
- 6-Özgül verim nedir?
- 7-Yüzey gerilim kuvveti nedir, fonksiyonu nasıldır?
- 8-Darcy yasası?
- 9-Dengeli rejim basınçlı akifer-Dupuit formülü?
- 10-Akiferlerin hidrolik iletkenlik değerleri?
- 11-Bernoulli denklemi?
- 12-Drenaj hendeklerinde verim hesabı nasıl yapılır?
- 13-Basınçlı akifer depolama katsayısı tanımı?
- 14-Gözenek tipine göre akifer türleri?
- 15-Hidrolik sistemin boşalım bölgesi özellikleri nedir?
- 16-Kuyularda limnigraf uygulaması nasıl olur?
- 17-Yer altı suyu sırtı ne anlama gelir, nerelerde gözlenir?



- 18-Hidrojeoloji ve jeoloji kesiti arasındaki farklar nelerdir?
- 19-Konverjan nap hangi ortamlarda oluşur?
- 20-Dip kaçakların YAS akım yönü ile ilgisi var mıdır, ilgili şeklini çiziniz.
- 21-Su tablası haritaları üzerinden elde edilebilecek 7 özellik sayınız.
- 22-Debi ile hidrolik gradyan arasındaki ilişkiyi açıklayınız.
- 23-Uzun süreli su tablası ve basınç yüzeyi değişimini açıklayınız.
- 24-LISSE etkisi ne demek?
- 25-Kıyı akiferlerinde gel-git ile elde edilebilecek hidrojeolojik Parametreler nelerdir?

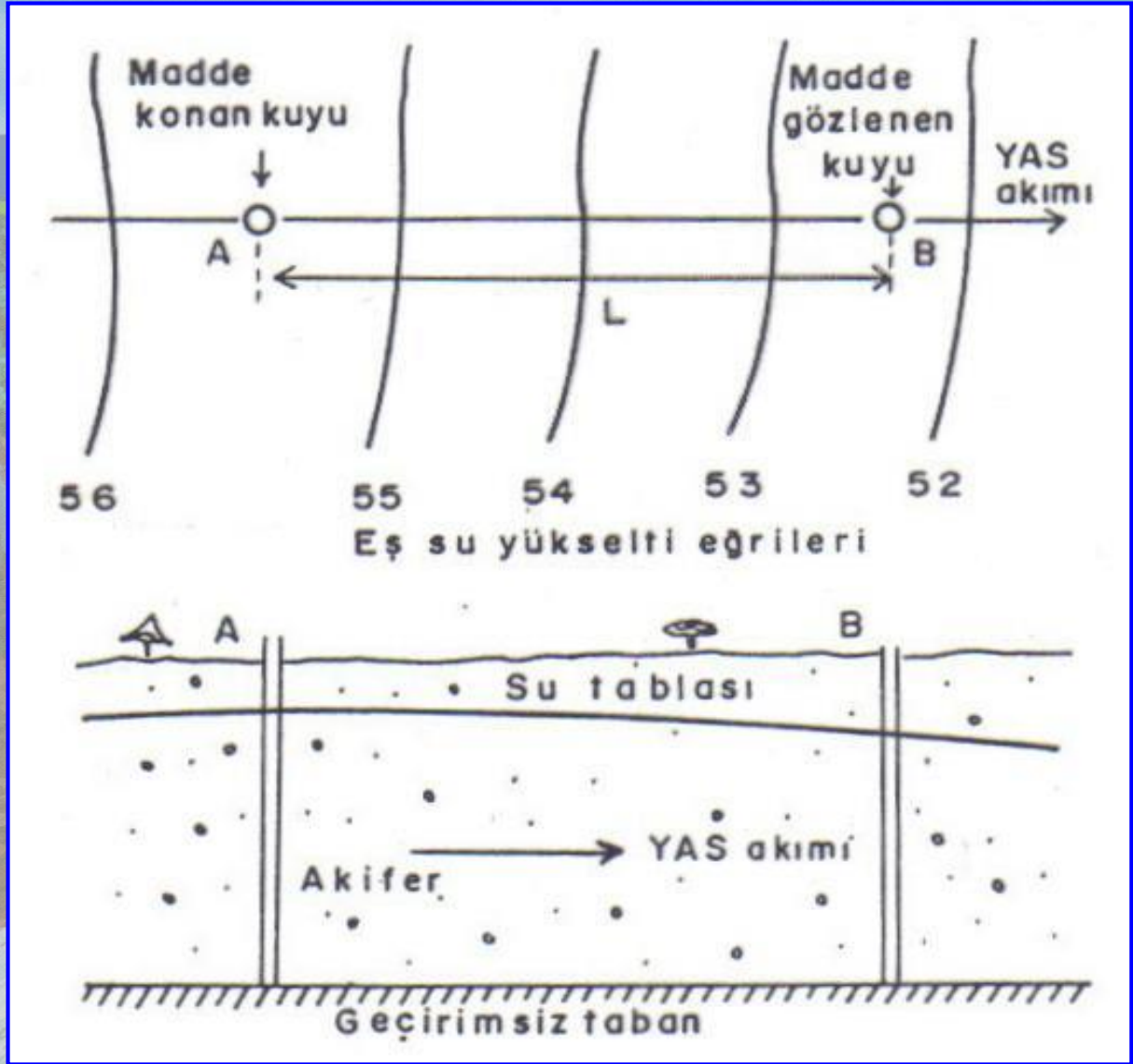




# YERALTI SUYU AKIM HIZININ İZLEYİCİLER KULLANILARAK TAYİNİ

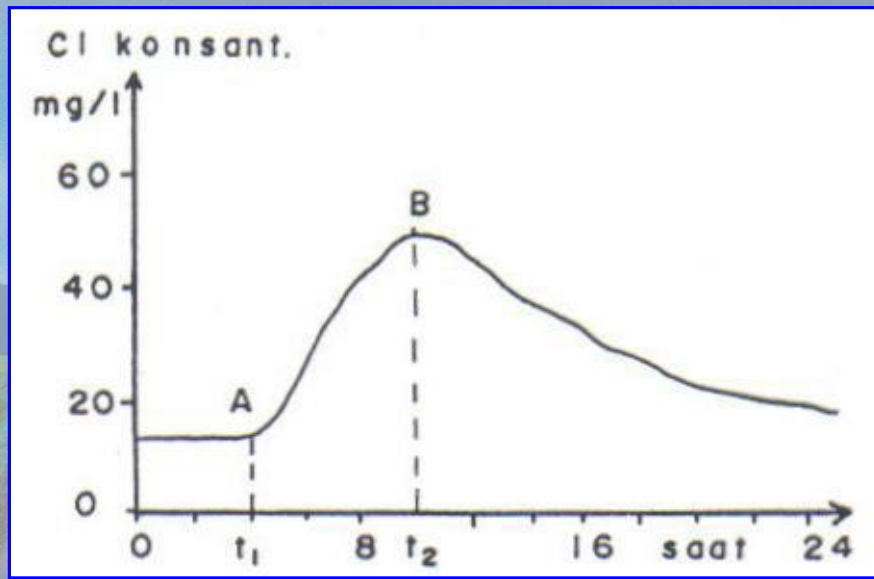




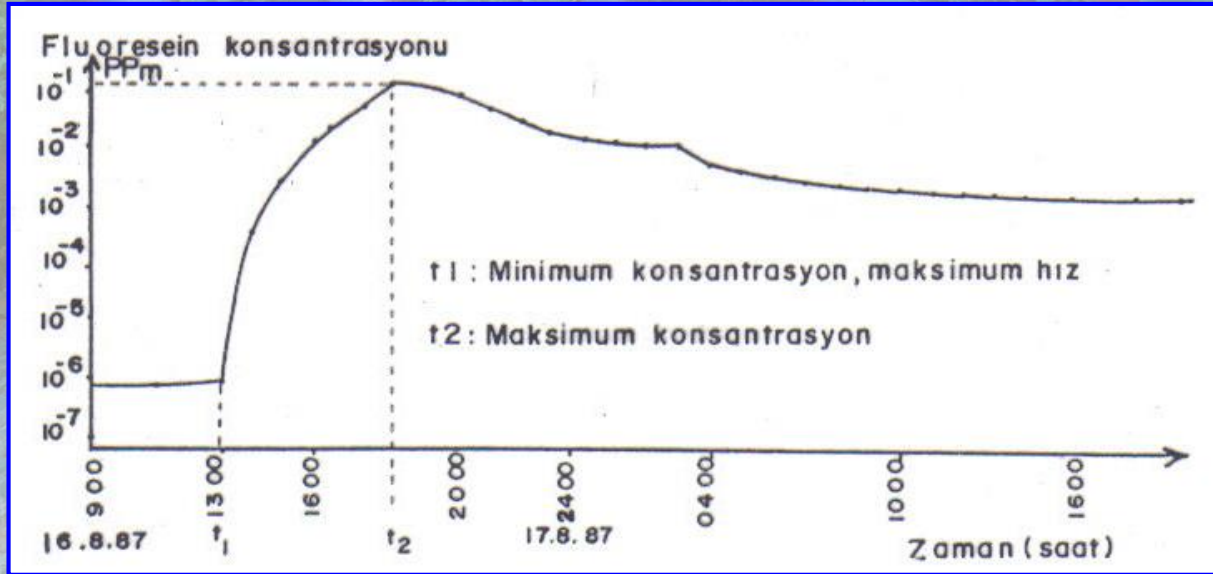


İzleyicilerin kullanılması  
(Harita ve kesit)





Sofra tuzu deneyinde zaman-konsantrasyon grafiği

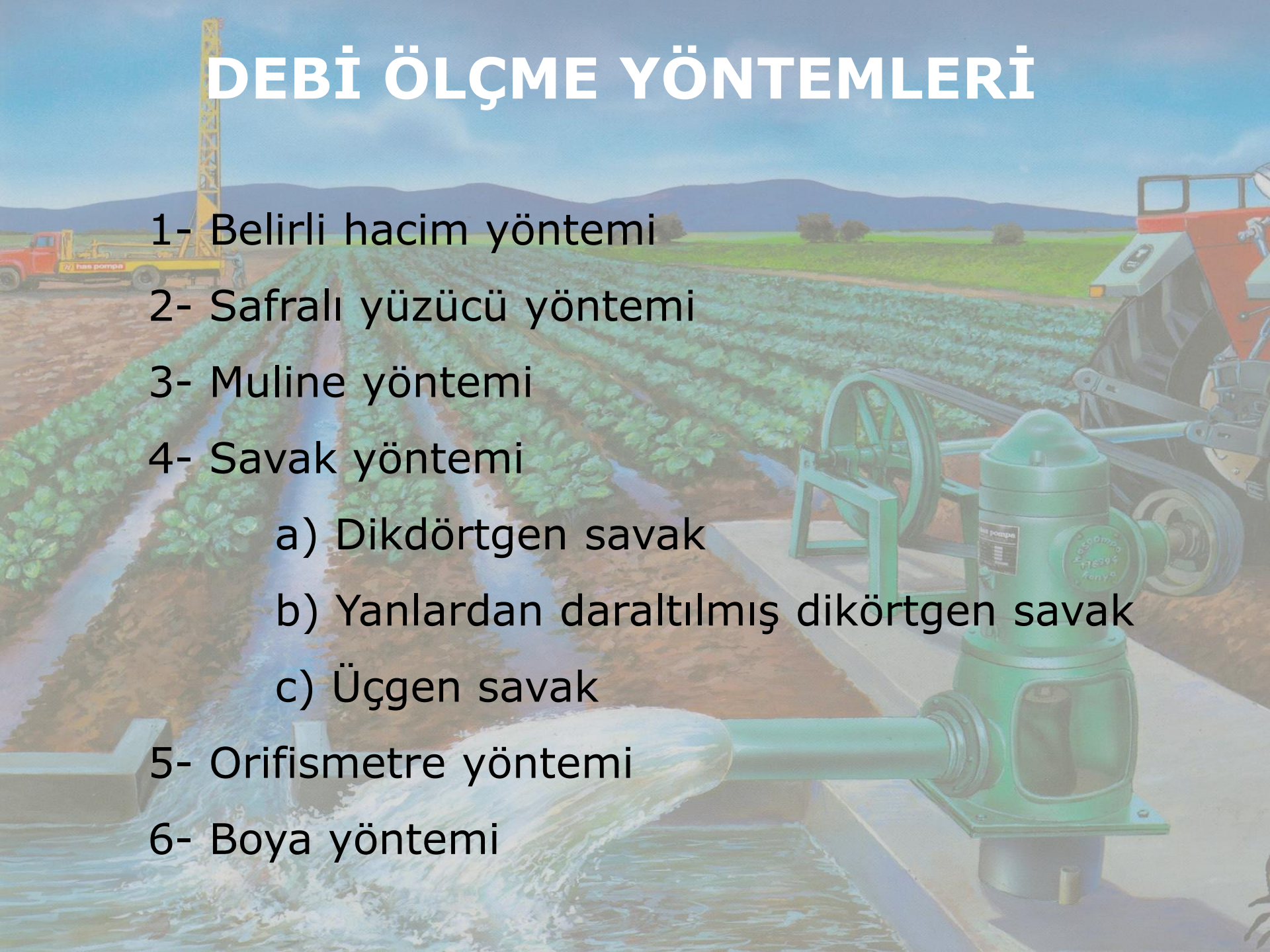


Canik (2007)

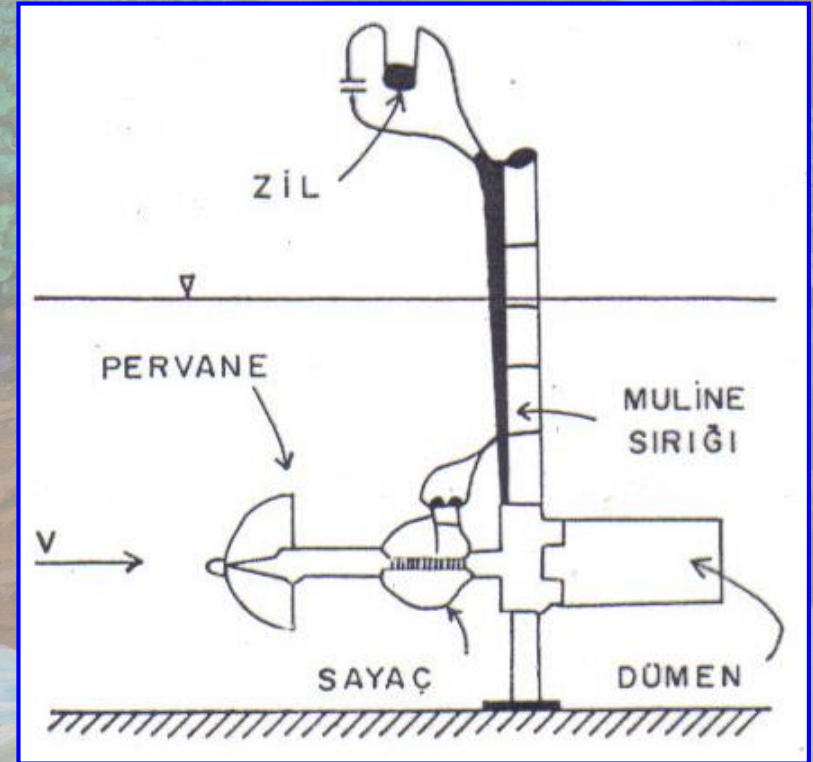
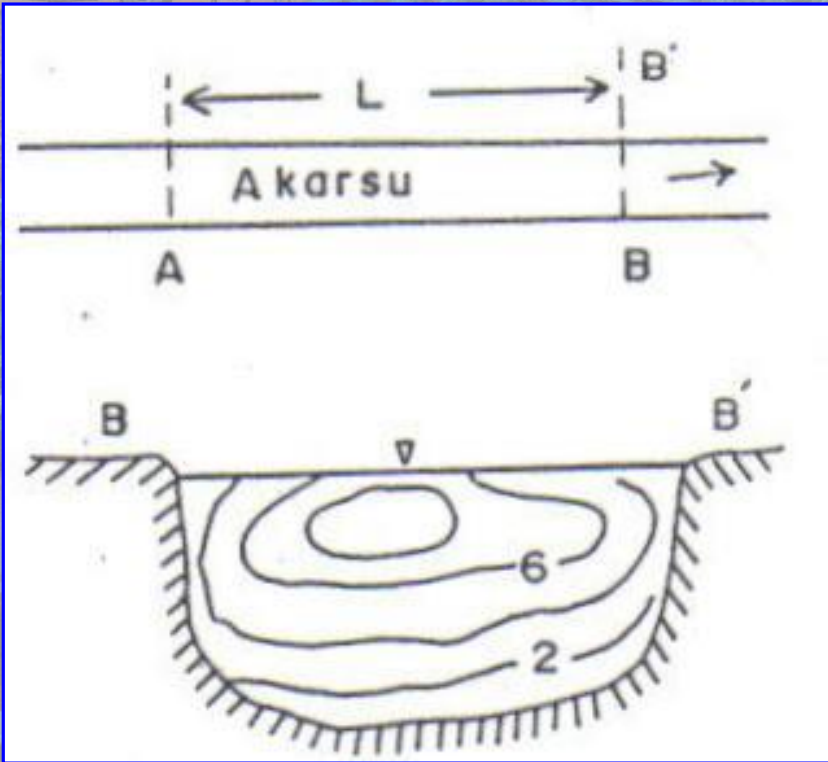
Orhangazi-Nadir kaynağı zaman-boya konsantrasyon grafiği



# DEBİ ÖLÇME YÖNTEMLERİ

- 1- Belirli hacim yöntemi
  - 2- Safralı yüzücü yöntemi
  - 3- Muline yöntemi
  - 4- Savak yöntemi
    - a) Dikdörtgen savak
    - b) Yanlardan daraltılmış dikdörtgen savak
    - c) Üçgen savak
  - 5- Orifis metre yöntemi
  - 6- Boya yöntemi
- 





Safralı yüzücülerle debi ölçümü

Pervaneli muline

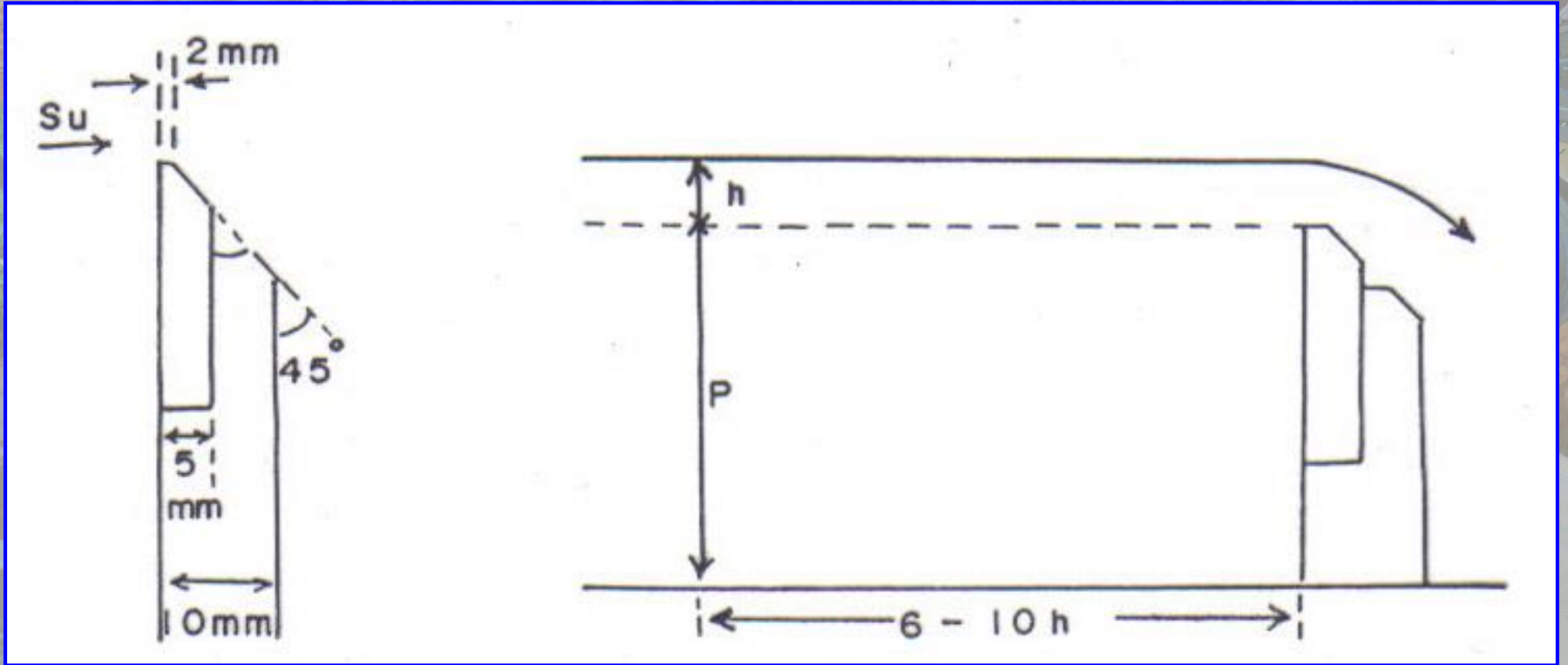




Akarsuda debi ölçümü - Çerkeş (Çankırı), 2003



# Dikdörtgen savak (Bazin savađı)







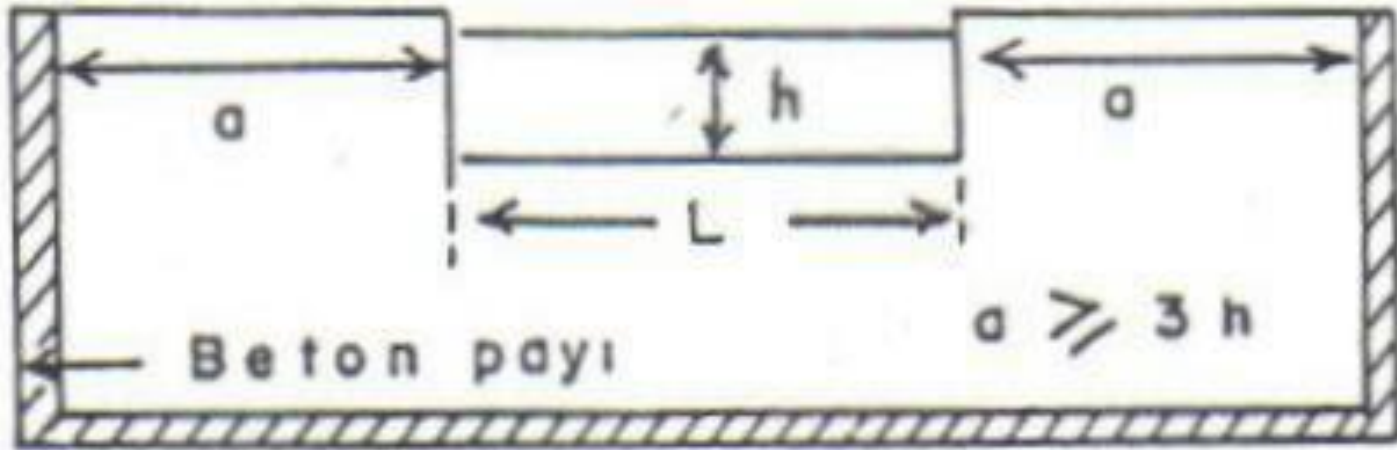
# DİKDÖRTGEN SAVAK

01026 ↑





# Yanlardan daraltılmış dikdörtgen savak







7 5 2010





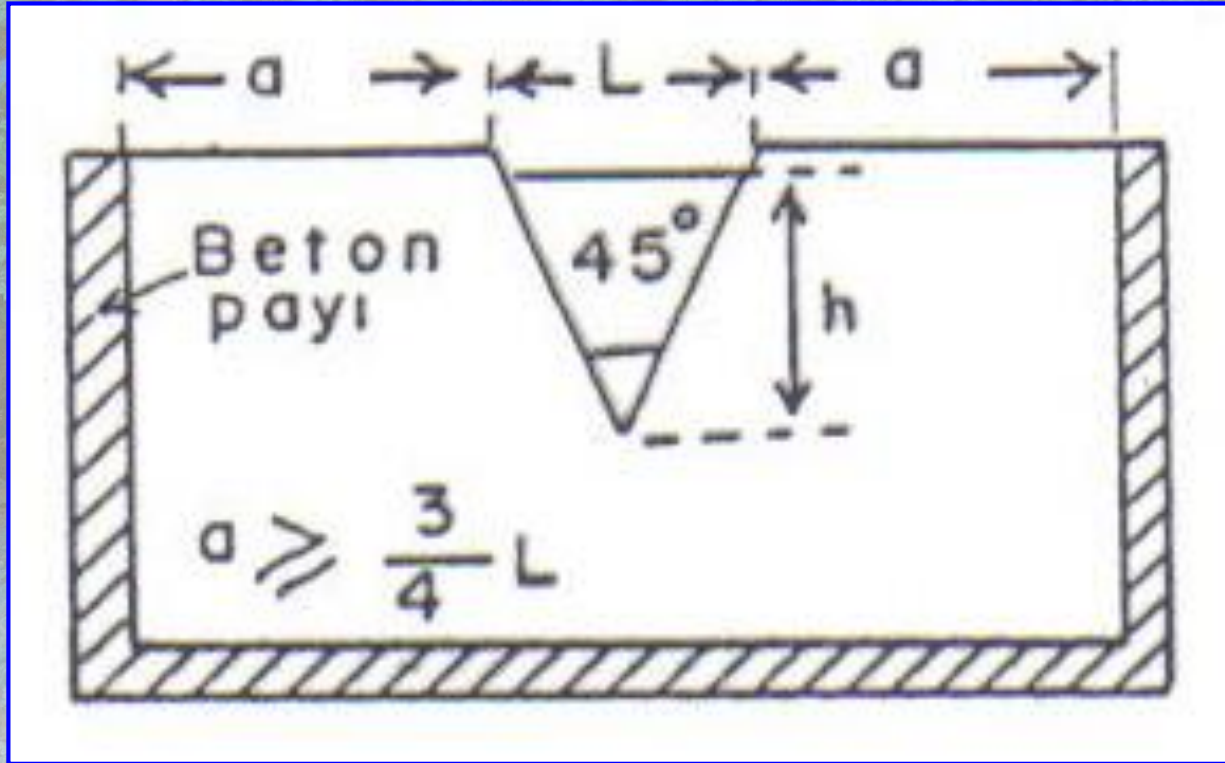




7 5 2010



# Üçgen Savak





## Üçgen savak uygulaması

(Mamak Çöplüğü –  
Ankara, sızıntı suları,  
2004)

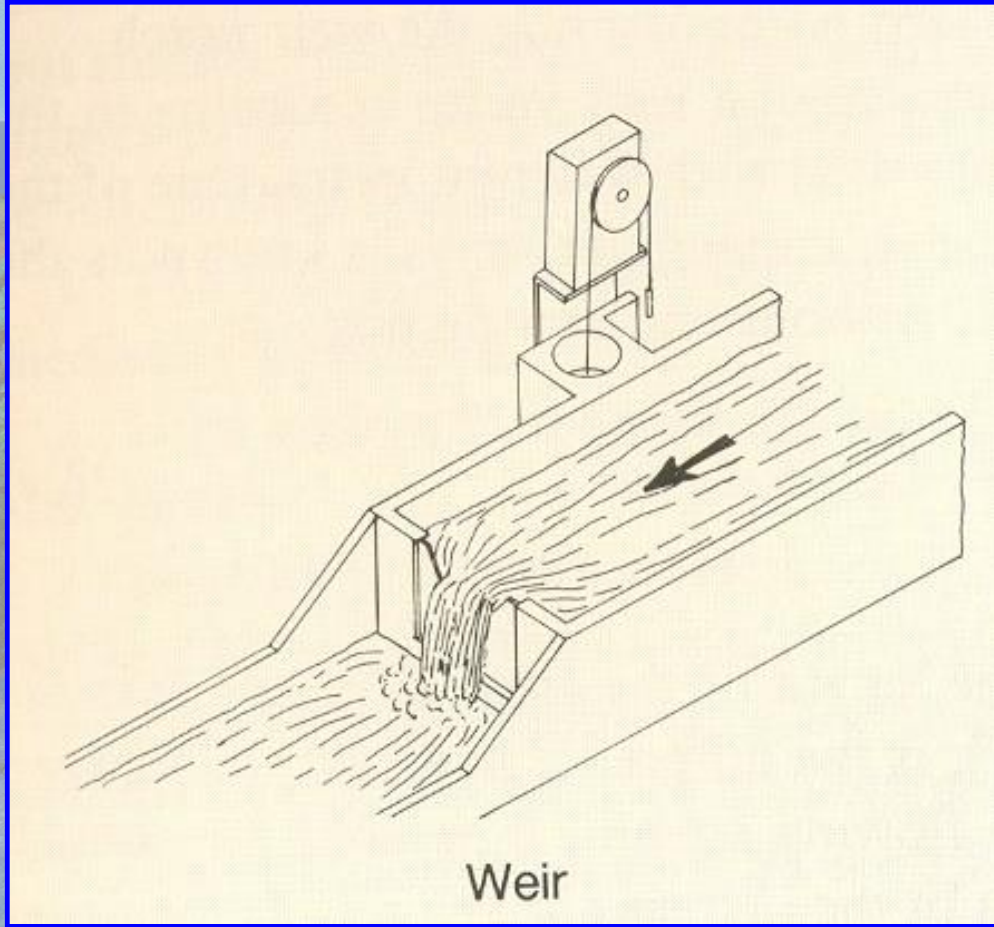
**Beton payı, X**

**Savak açıklığı, L**

**Savak boyu ( $2a + L$ )**







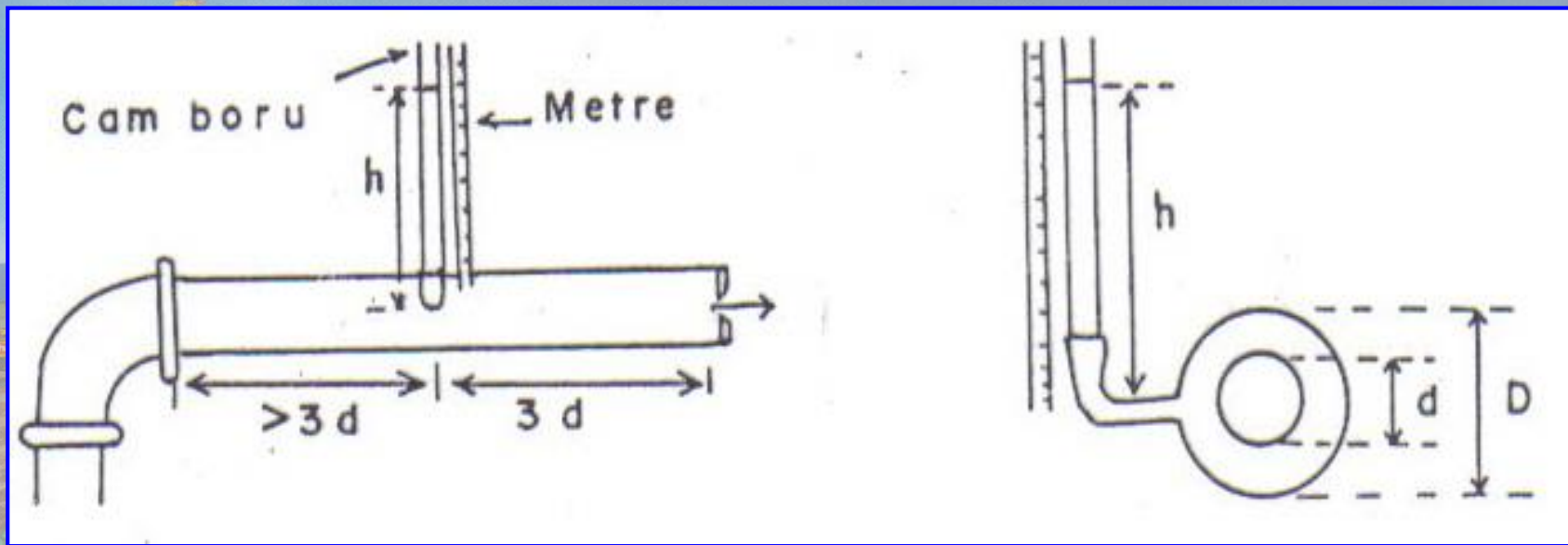
Üçgen savakta ideal ölçüm ve savağın yerleşimi



# ORIFİSMETRE YÖNTEMİ

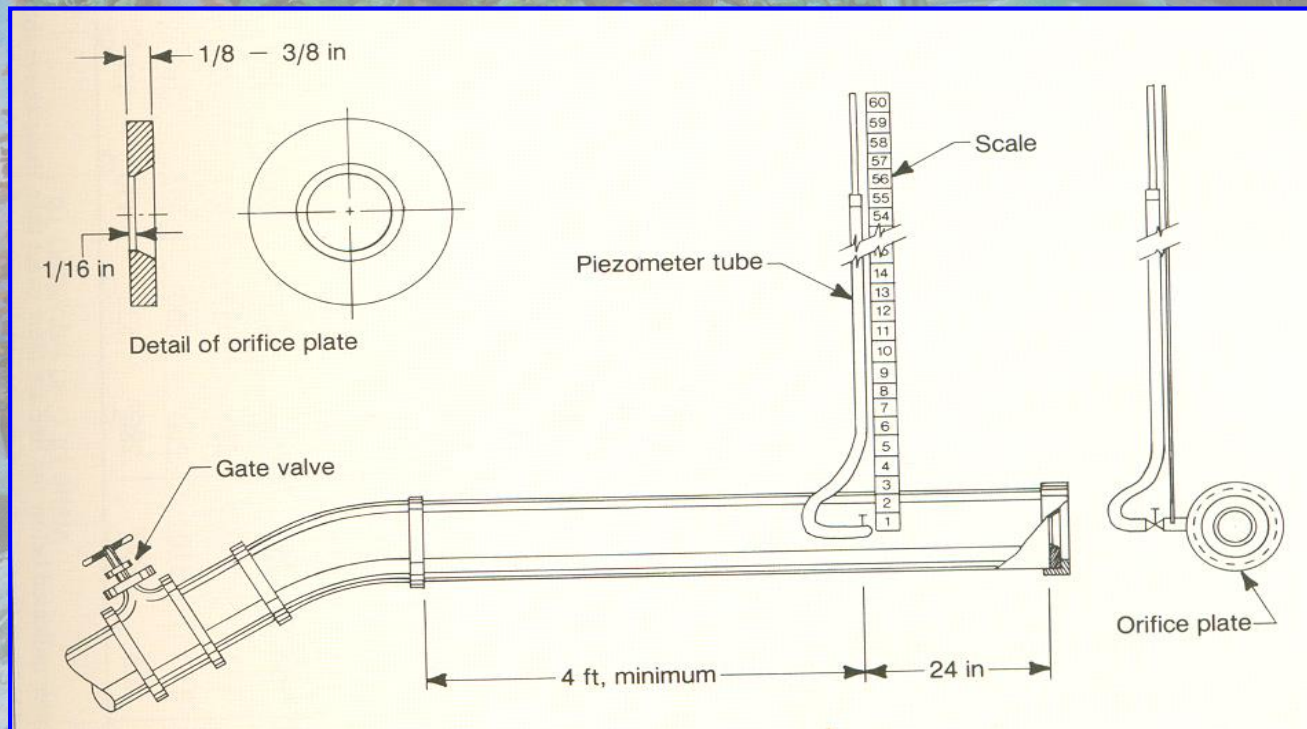






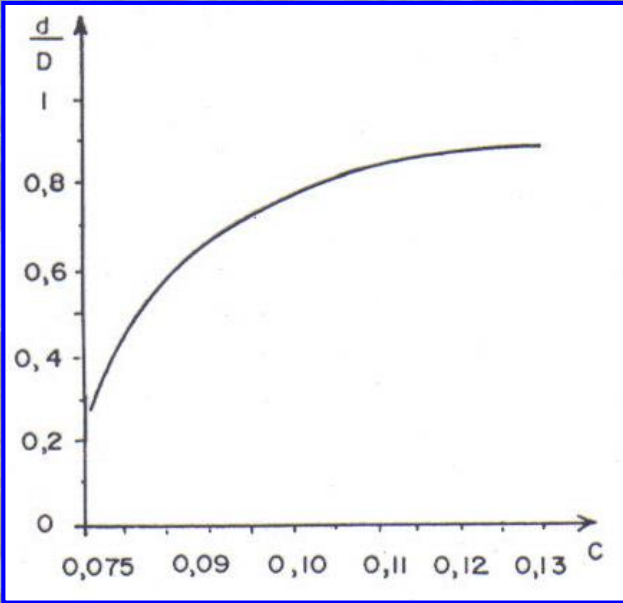
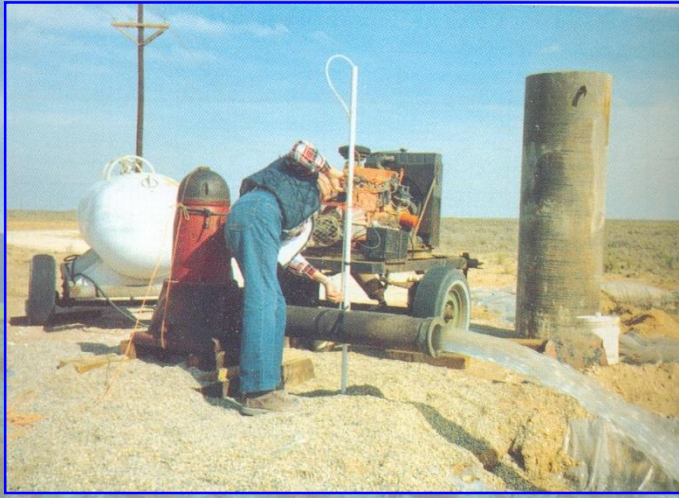
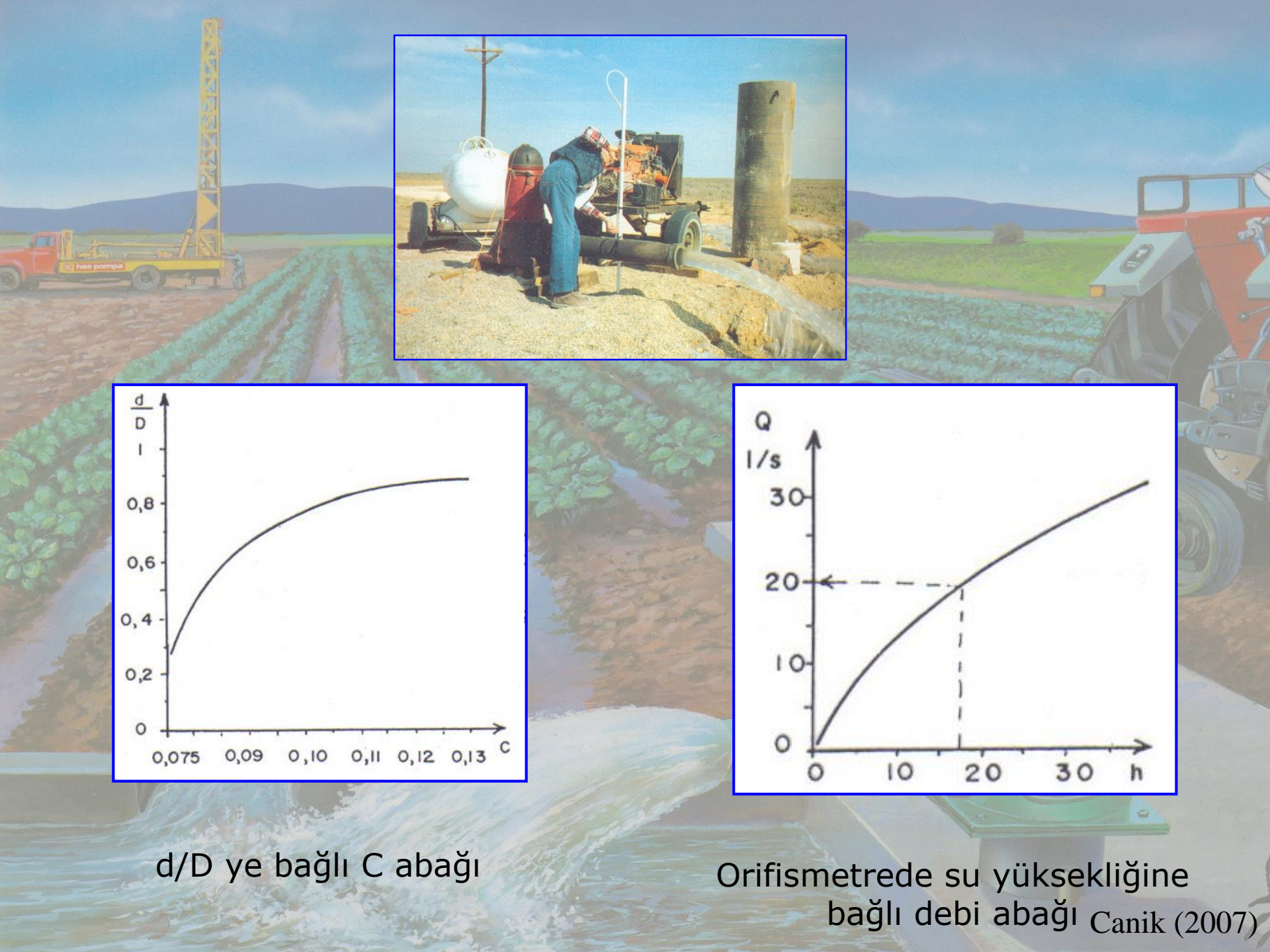
Canik (2007)

# Orifis metre düzenneđi

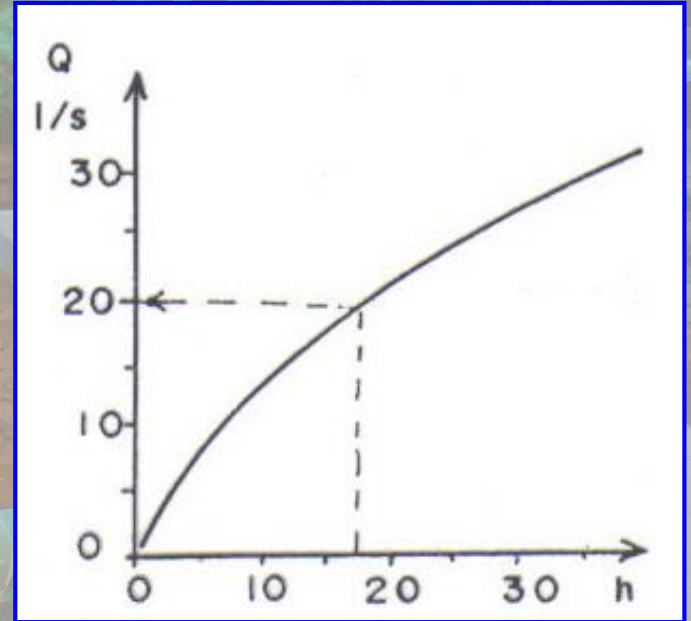


Dingman (2002)





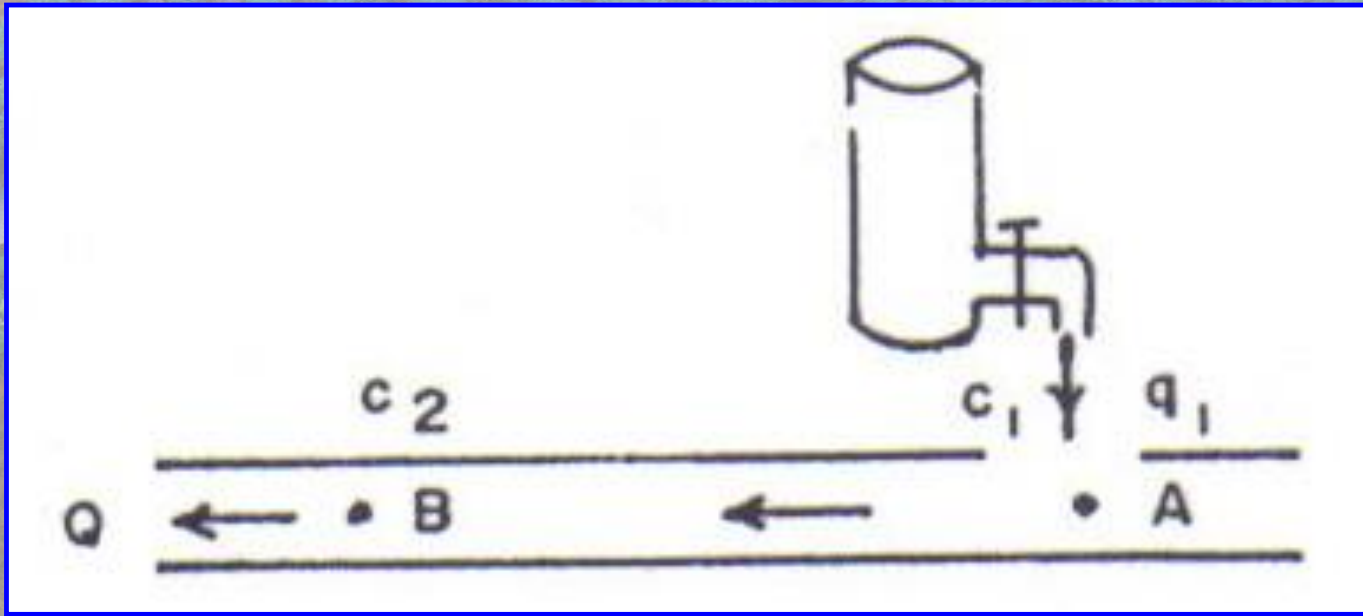
$d/D$  ye bağılı  $C$  abağı



Orifismetrede su yüksekliğine bağılı debi abağı Canik (2007)

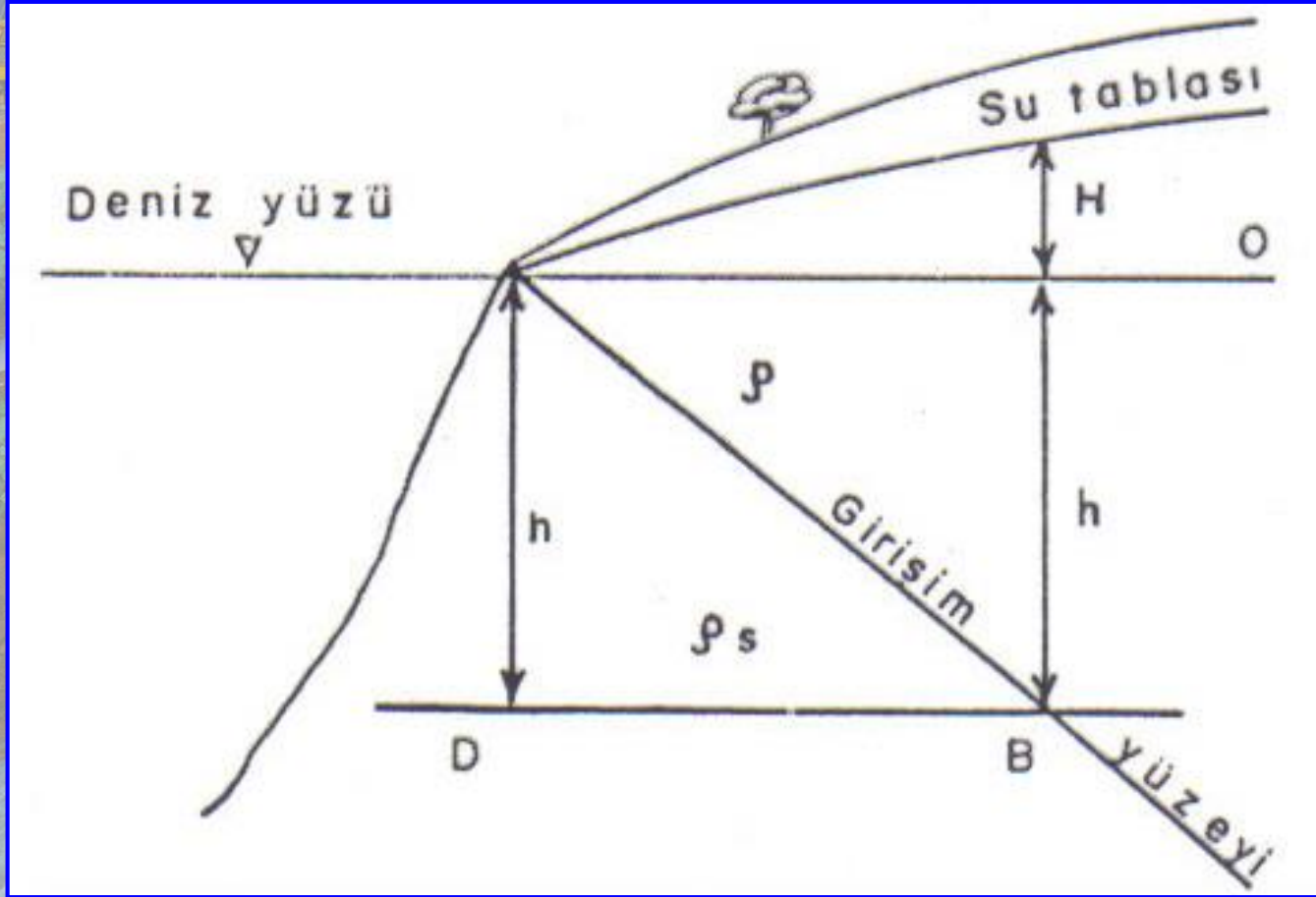


# Boya Yöntemi



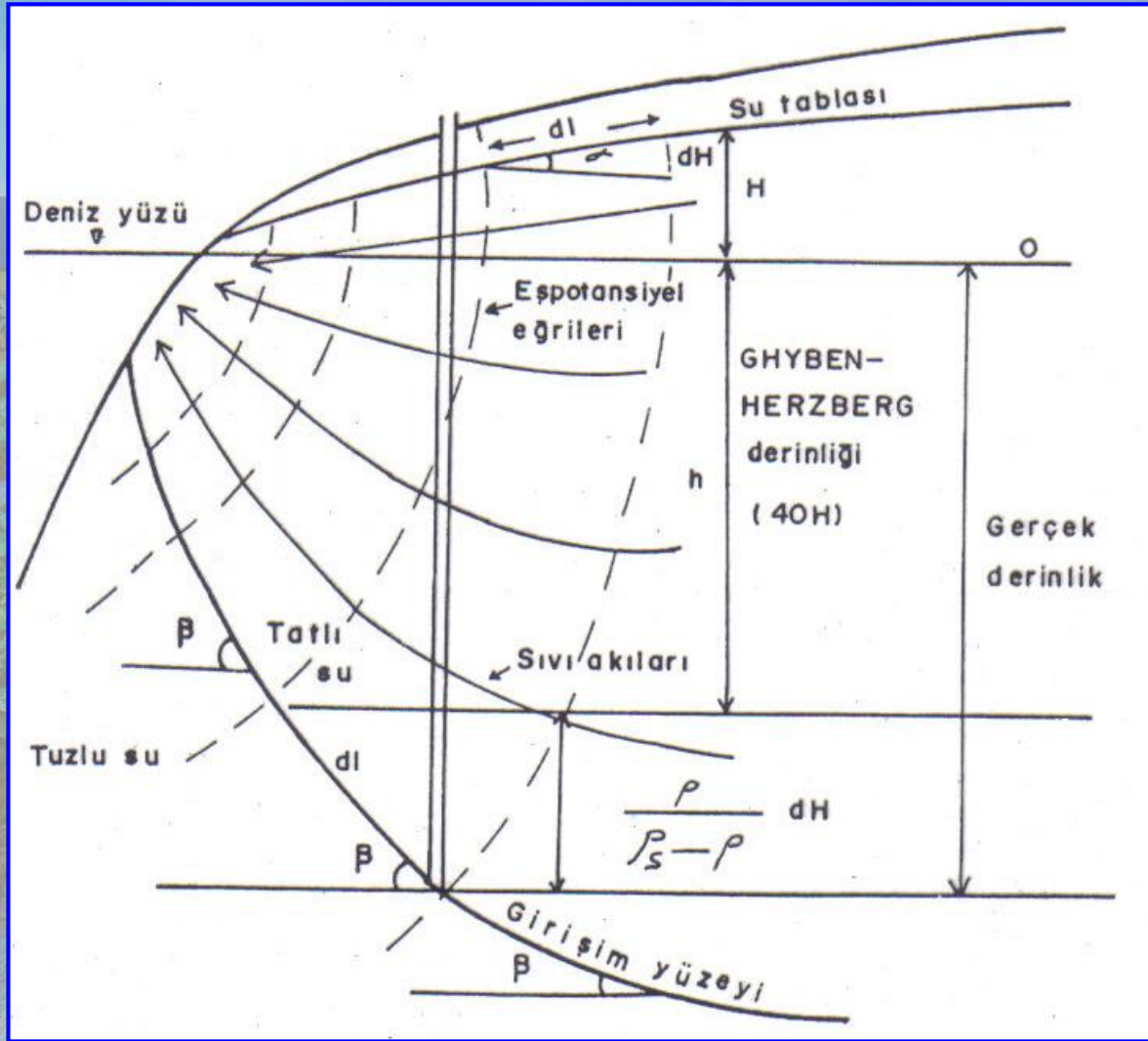


# KIYI AKİFERLERİNE DENİZ SUYU GİRİŞİMİ



Ghyben-Herzberg modeli

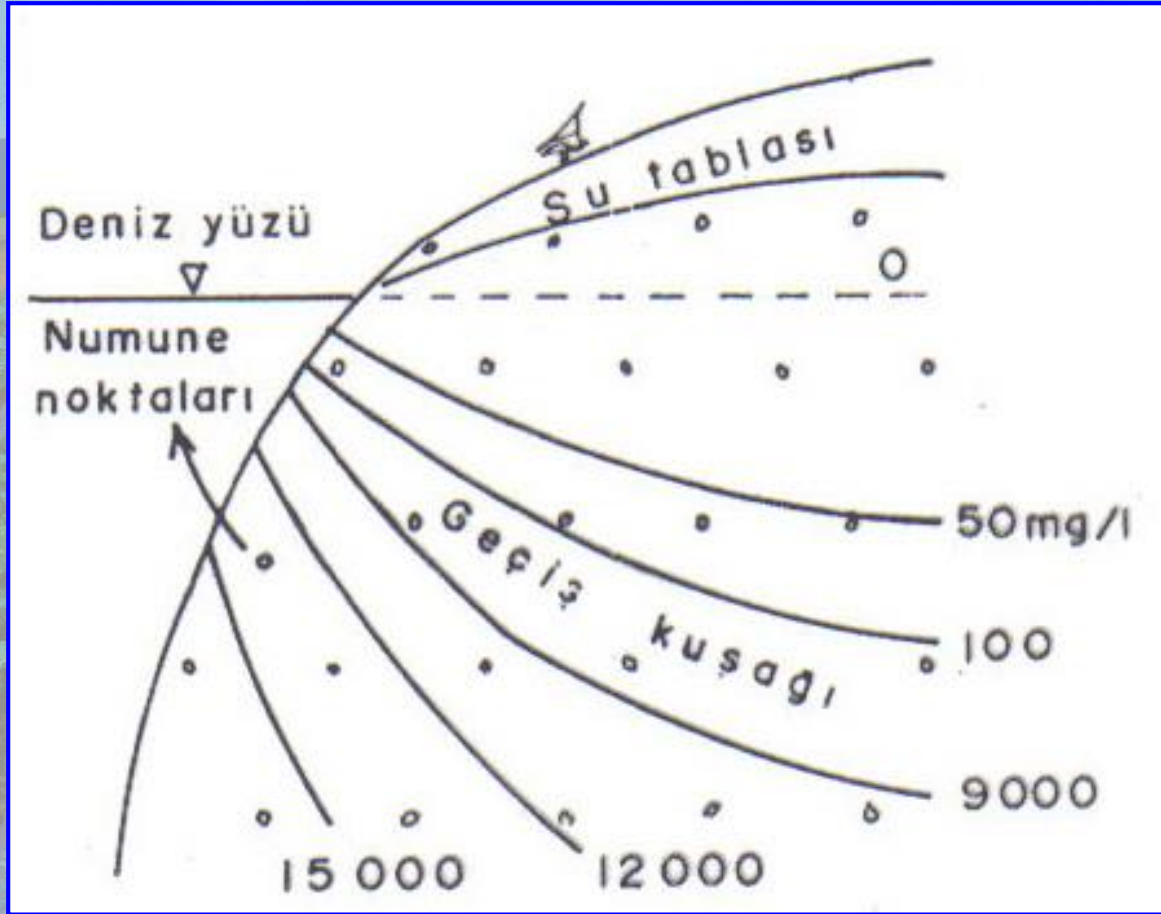




Hubbert (1940) – H. Cooper (1964) Modeli

Canik (2007)

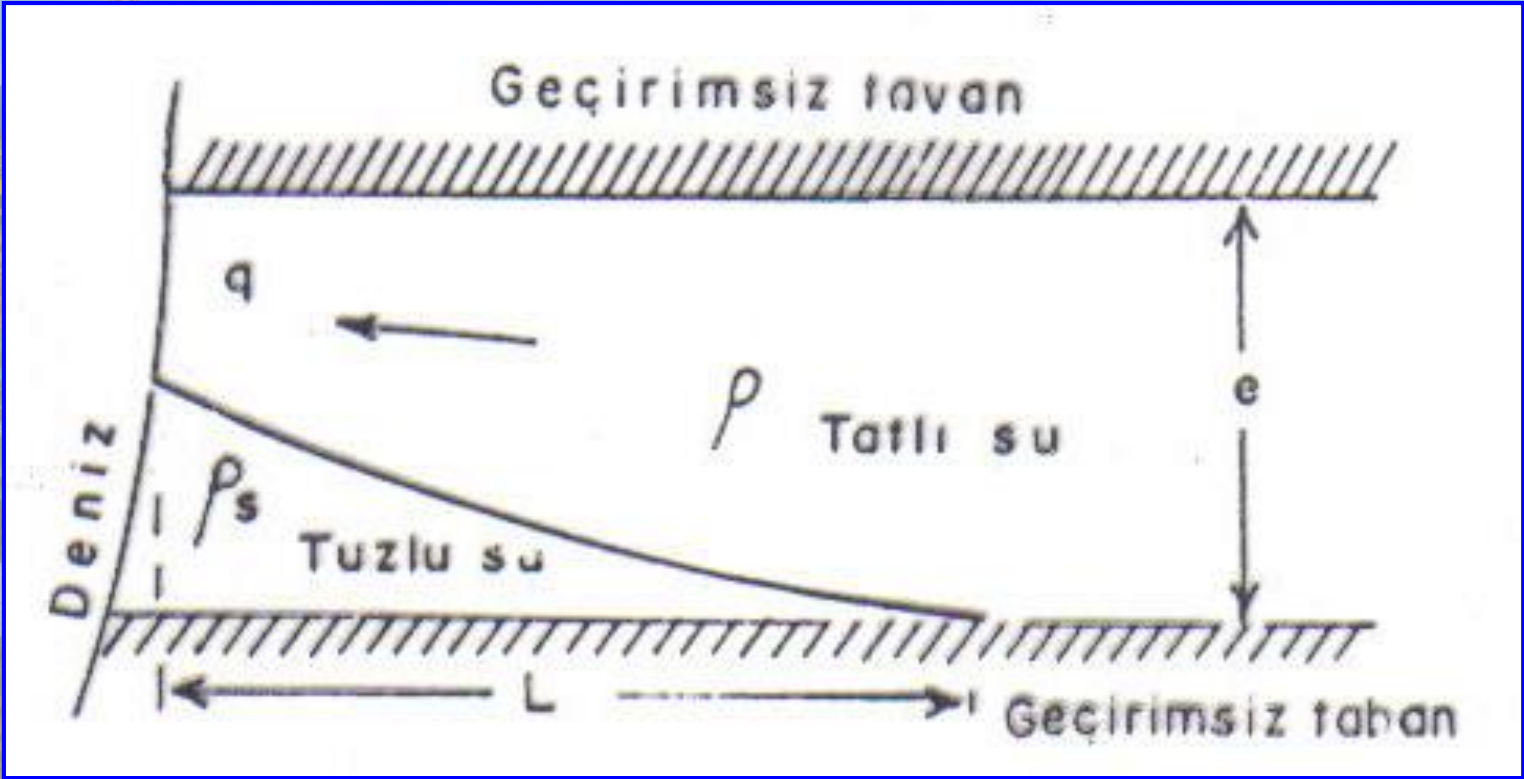




Hidrokimyasal yöntemle kıyı akiferlerinde girişim yüzeyinin belirlenmesi

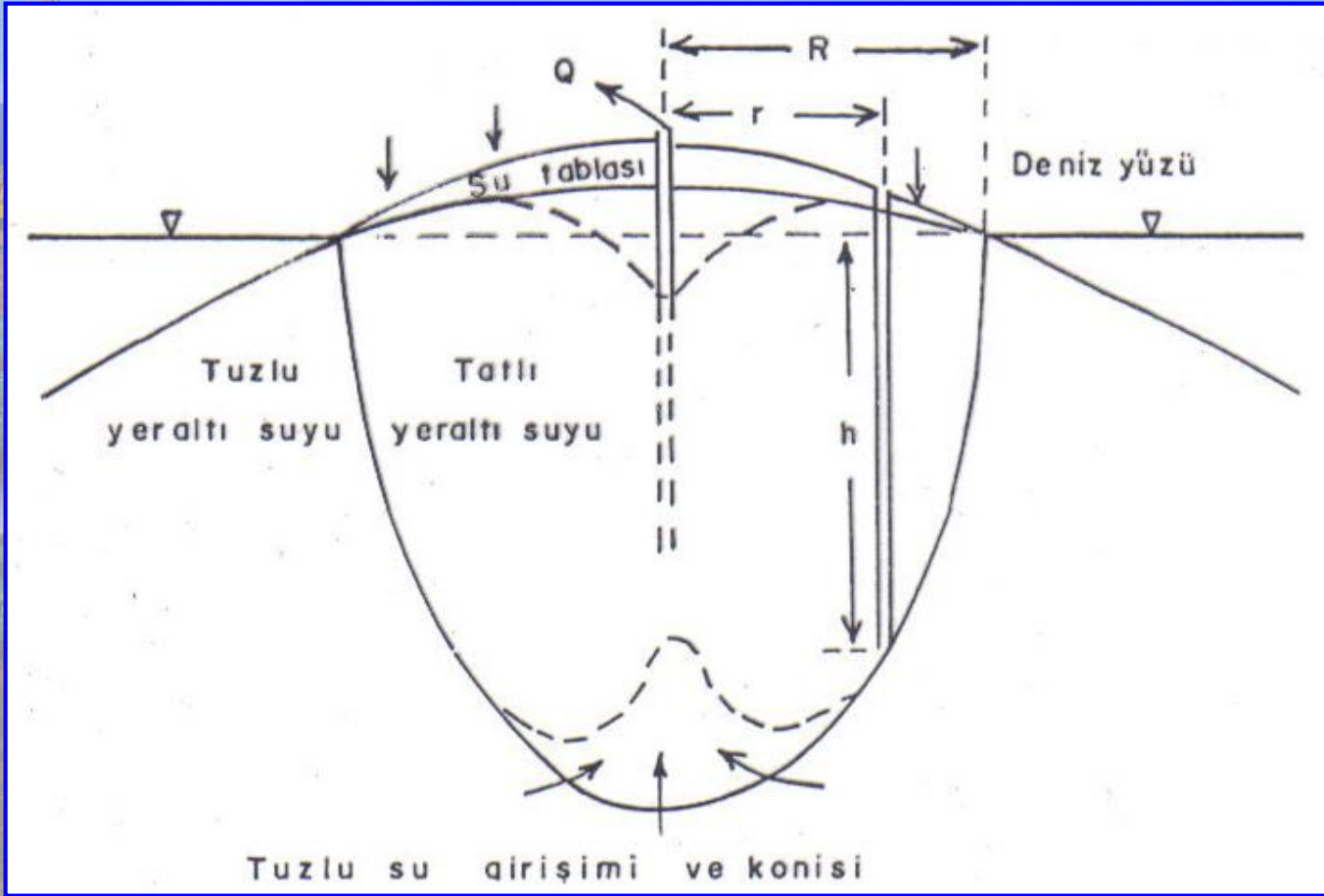
Canik (2007)





Basıncı akiferde tuzlu su kaması

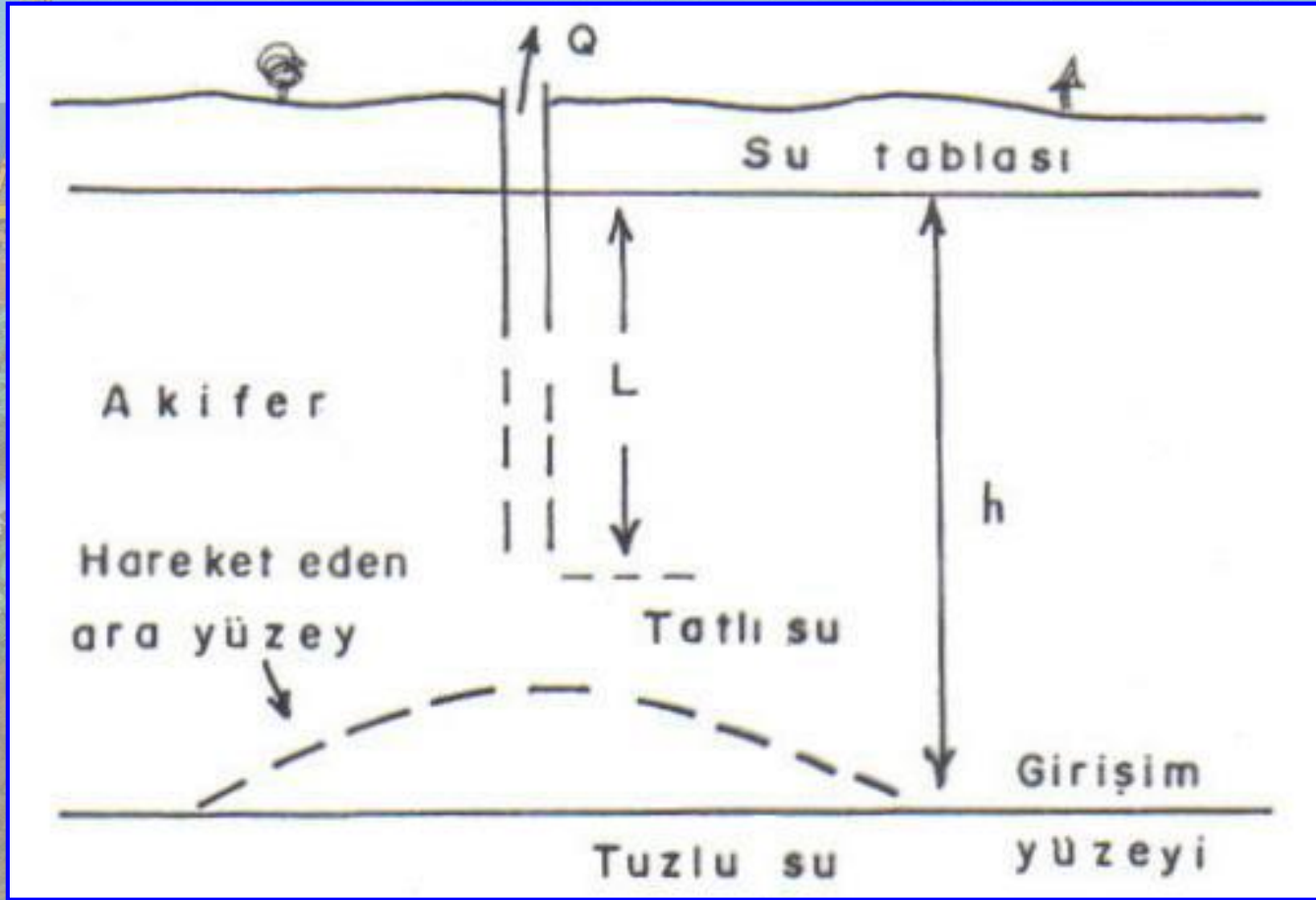




Adalarda tatlı yeraltı suyu merceği

Canik (2007)





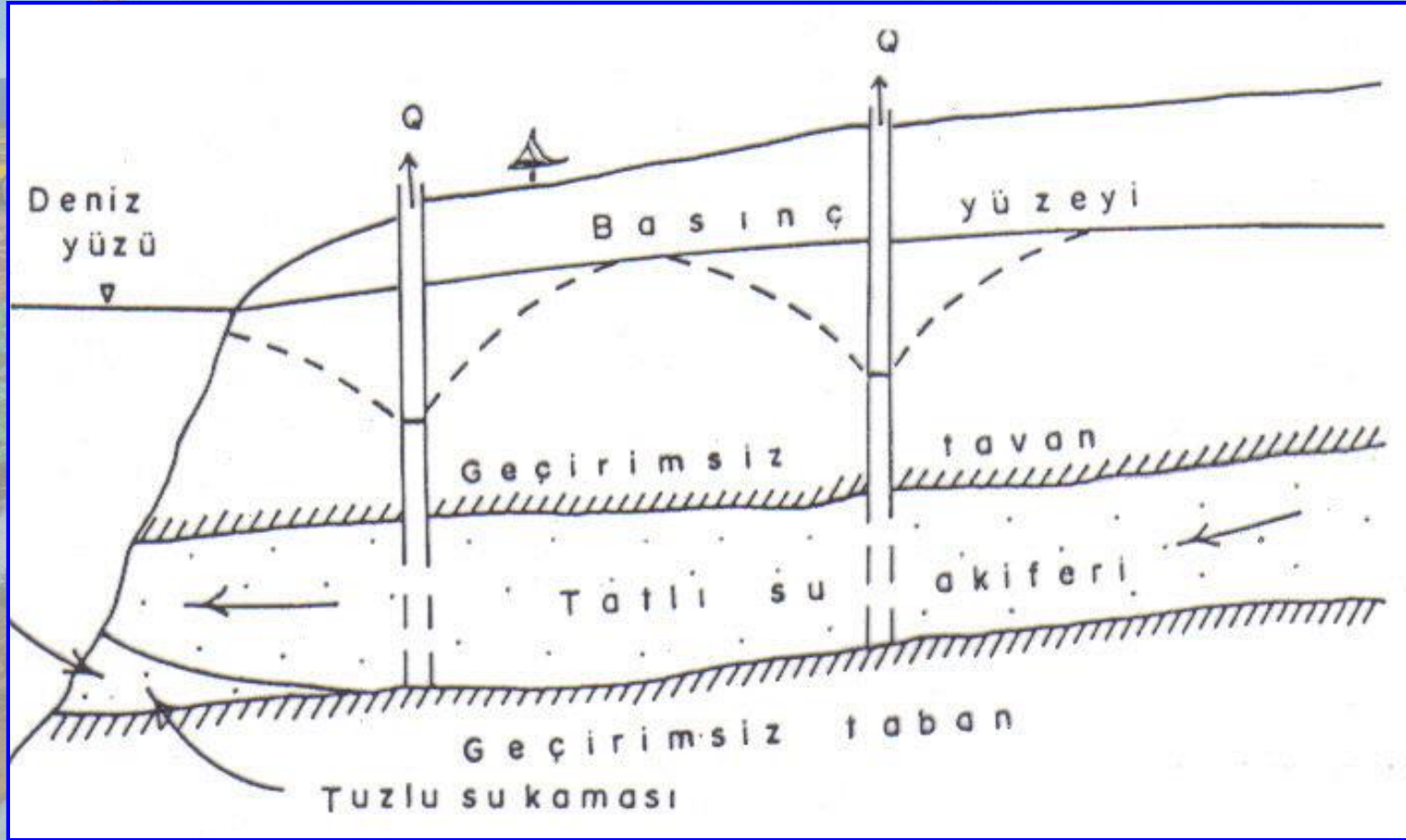
Sahil akiferlerinde hareketli ara yüzey



# KIYI AKİFERLERİNE DENİZ SUYU GİRMESİNİN ÖNLENMESİ



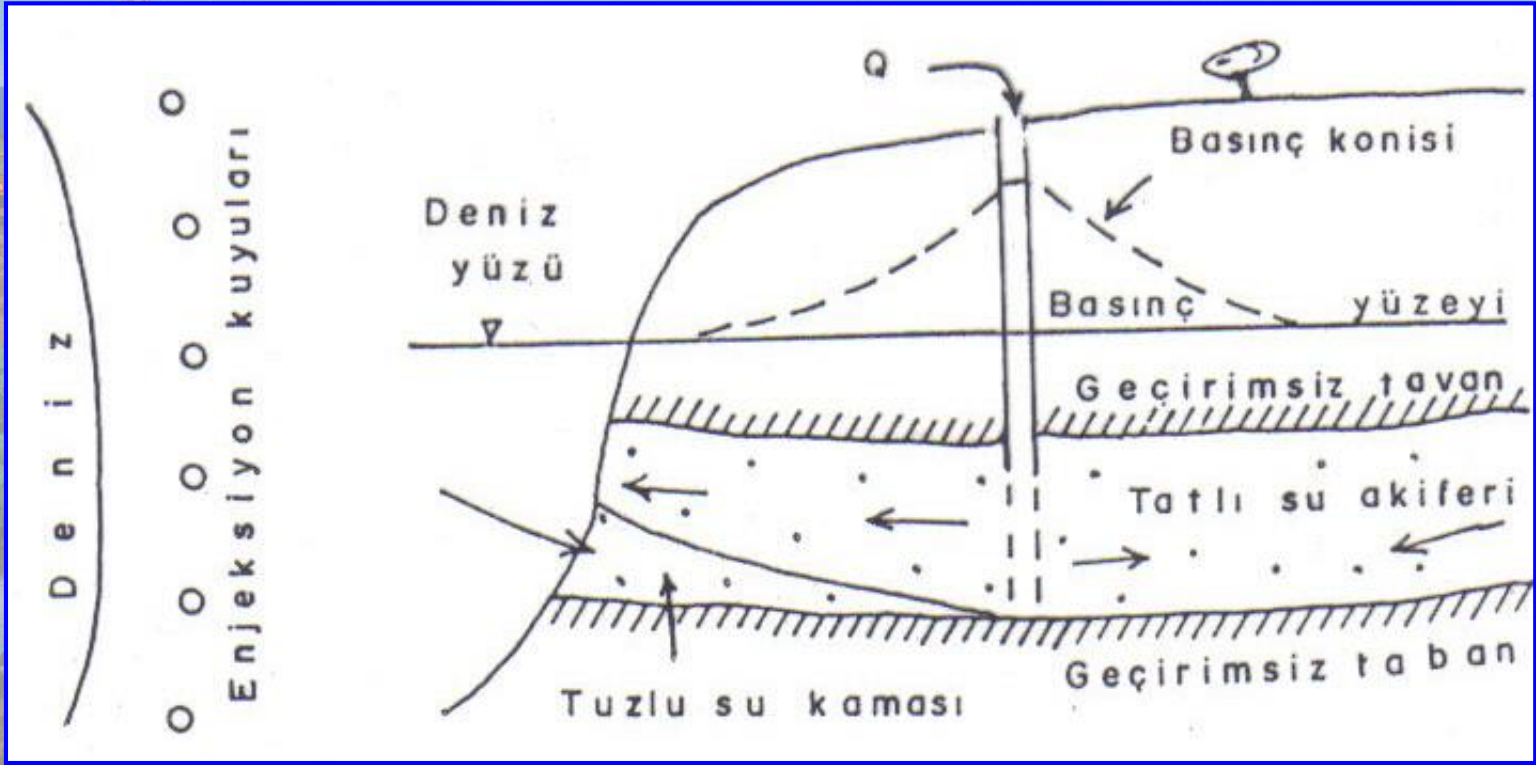




Pompaj kuyusunun kıyıdan uzakta açılması

Canik (2007)

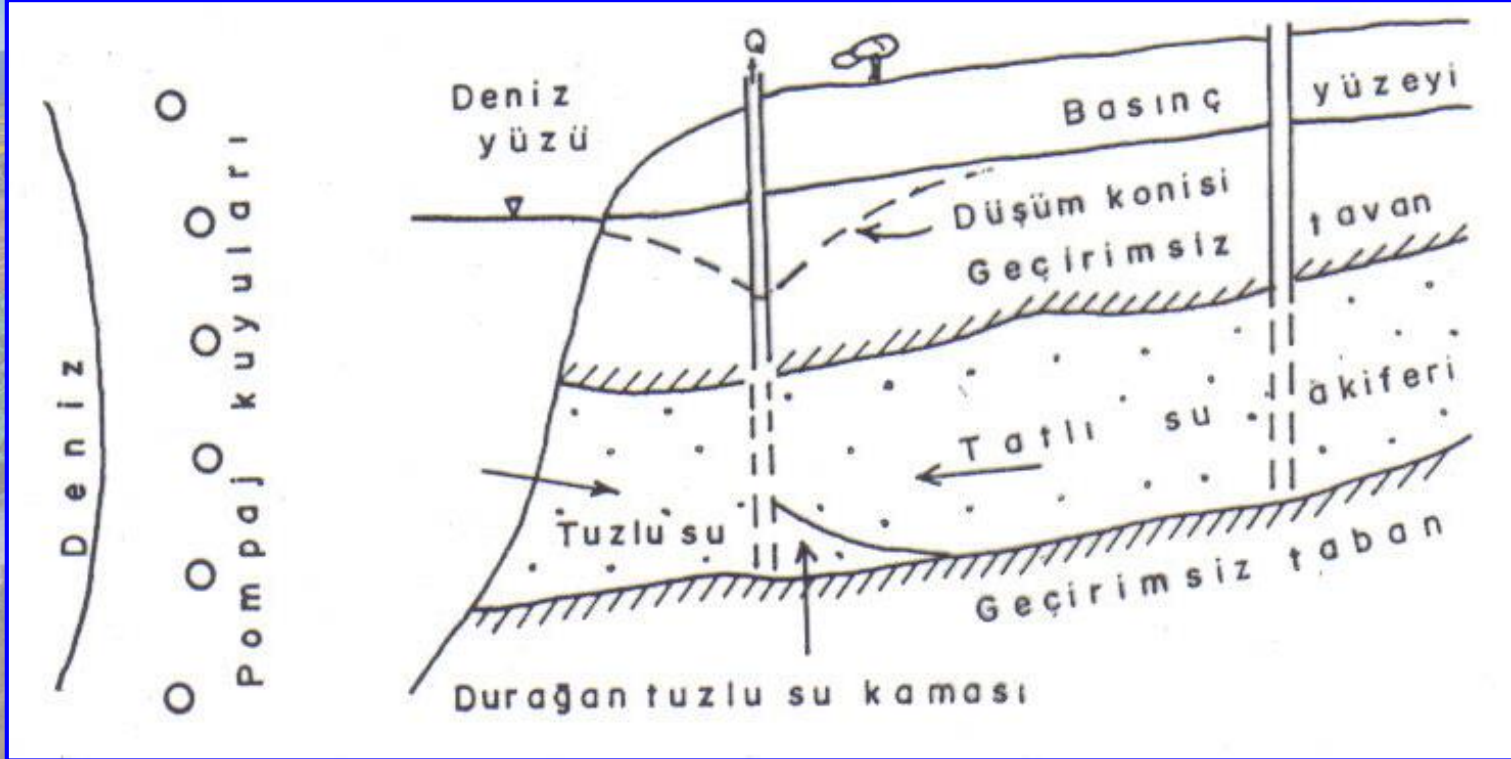




Yapay beslenme

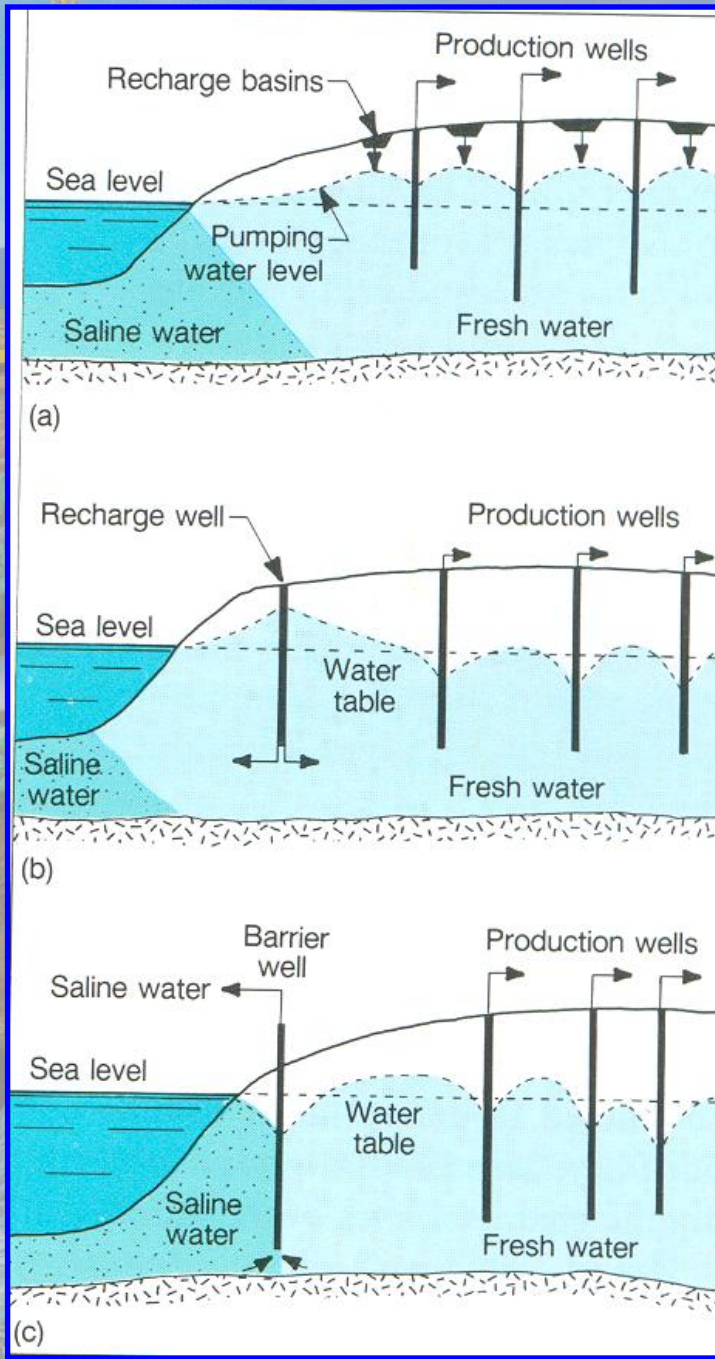
Canik (2007)





Kıyıya paralel düşüm çizgisinin düşüm çizgisi oluşturulması



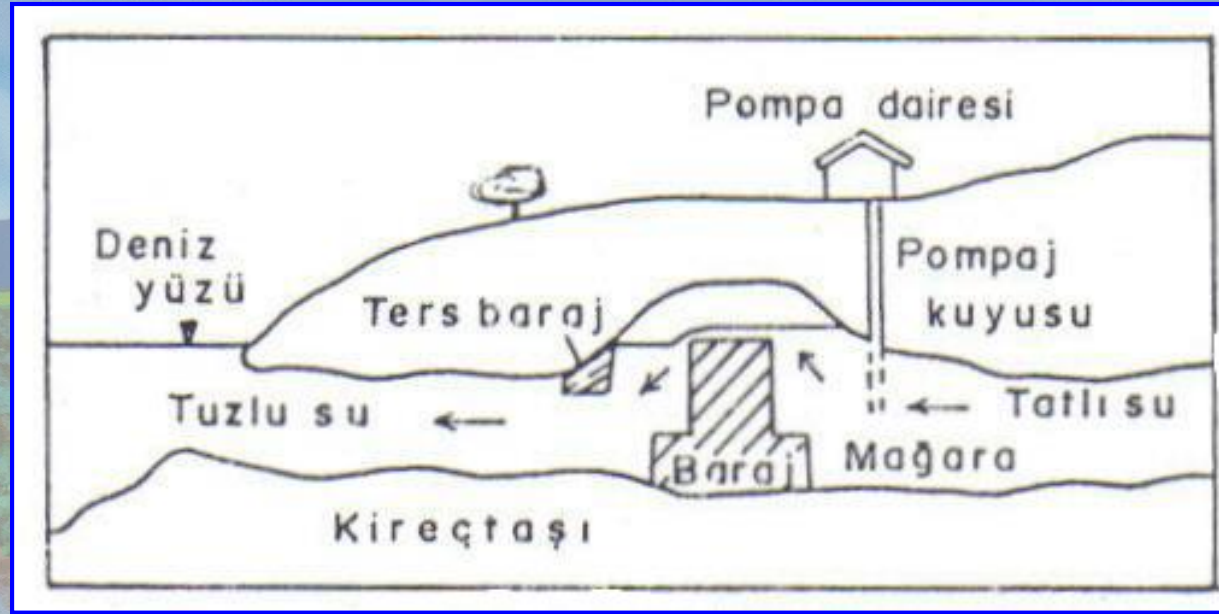
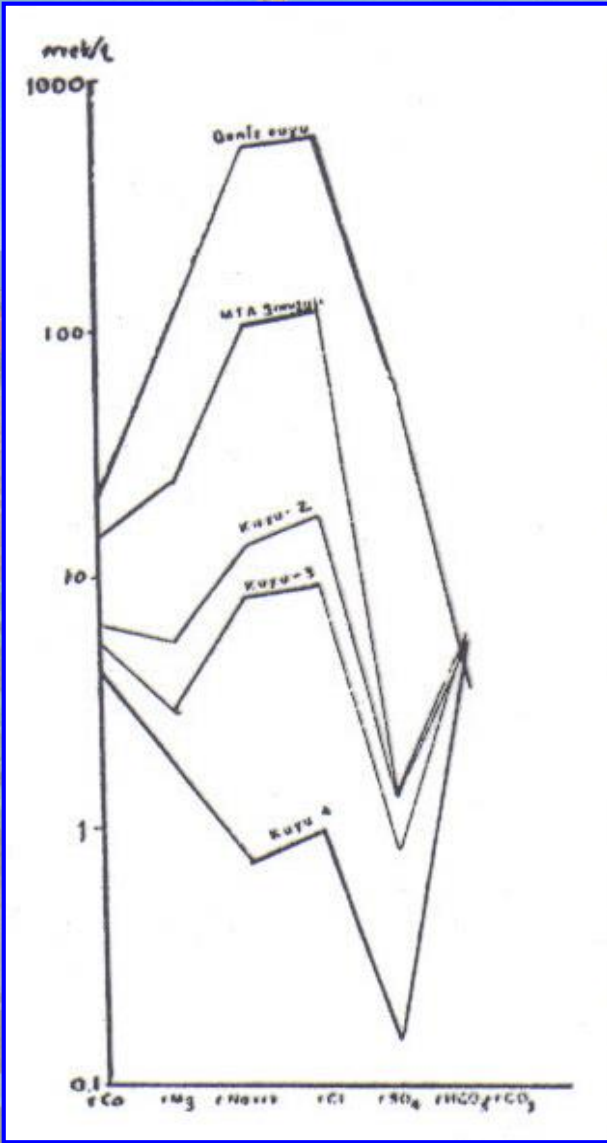


Besleme hendekleri ile tatlı suyun beslenmesi

Enjeksiyon kuyusu ile tatlı suyun beslenmesi

Tuzlu su çekerek bariyer oluşturmak





Sahildeki bir mağarada tuzlu su girişiminin baraj ve ters barajla önlenmesi

Sahildeki bazı kuyu sularının Schoeller diyagramı



# KAYNAKLAR

## Kaynakların sınıflandırılması

- Jeoloji
- Gözeneklilik ve geçirimsizlik
- Hidrodinamik esaslar

## Hidrodinamik esaslara göre sınıflama

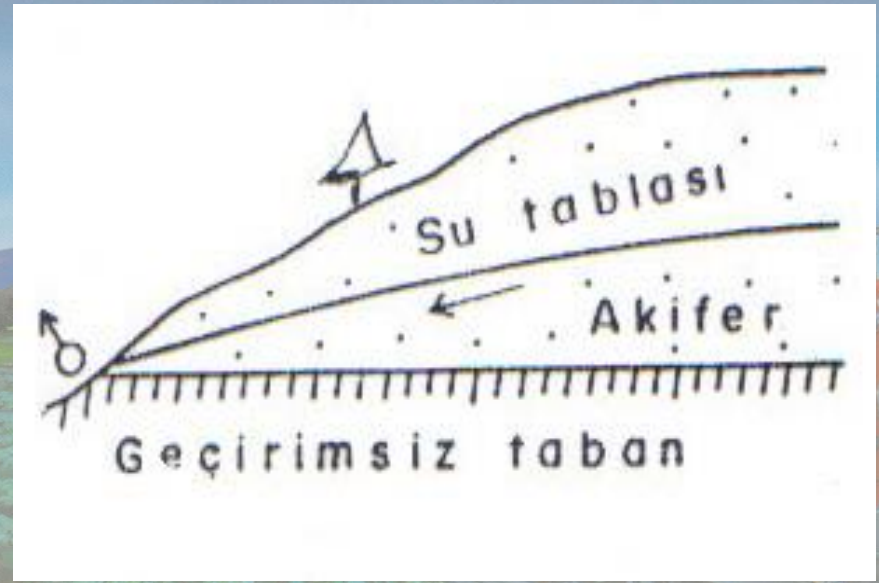
- Süzülme suyu kaynakları
- Akifer kaynakları
  - Serbest akifer kaynakları
  - Basıncılı akifer kaynakları
- Özel kaynaklar



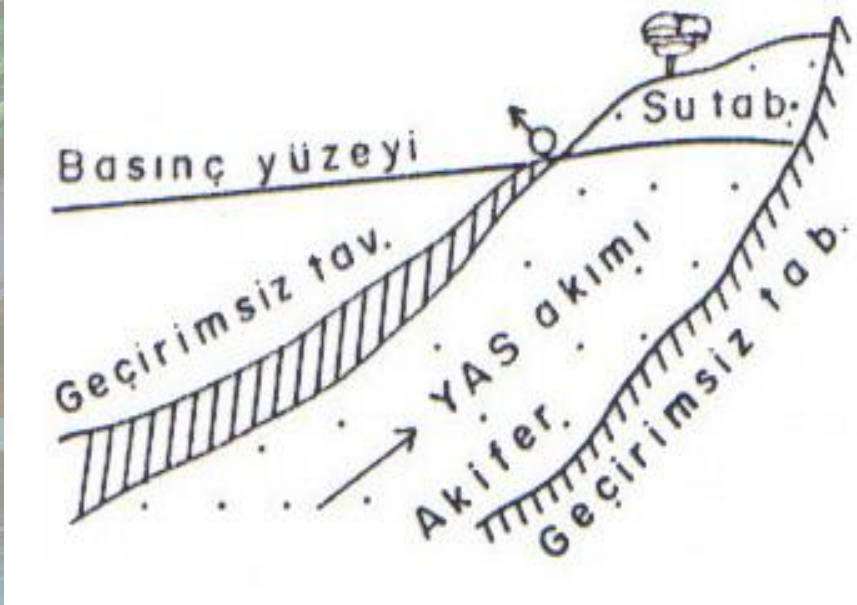


# Dokanak Kaynakları

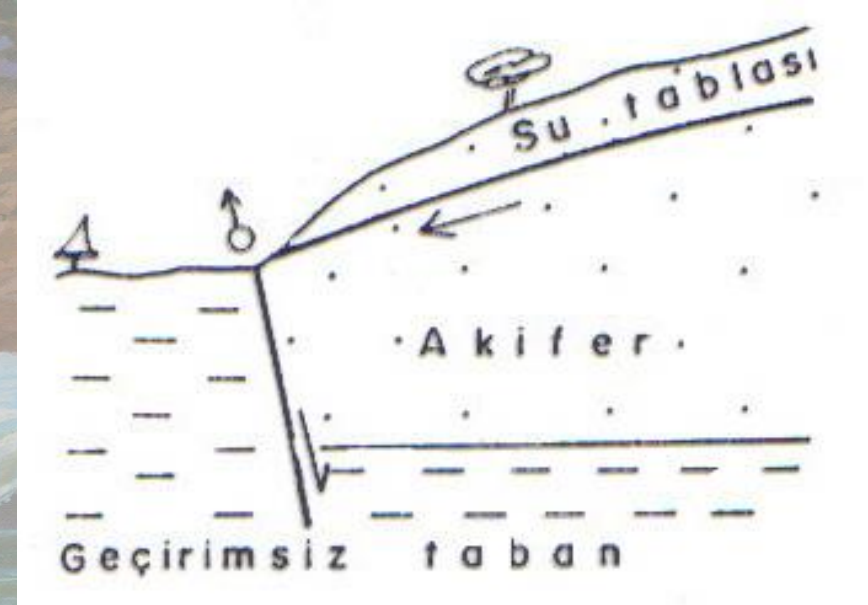
Canik (2007)



Boşalma kaynağı.

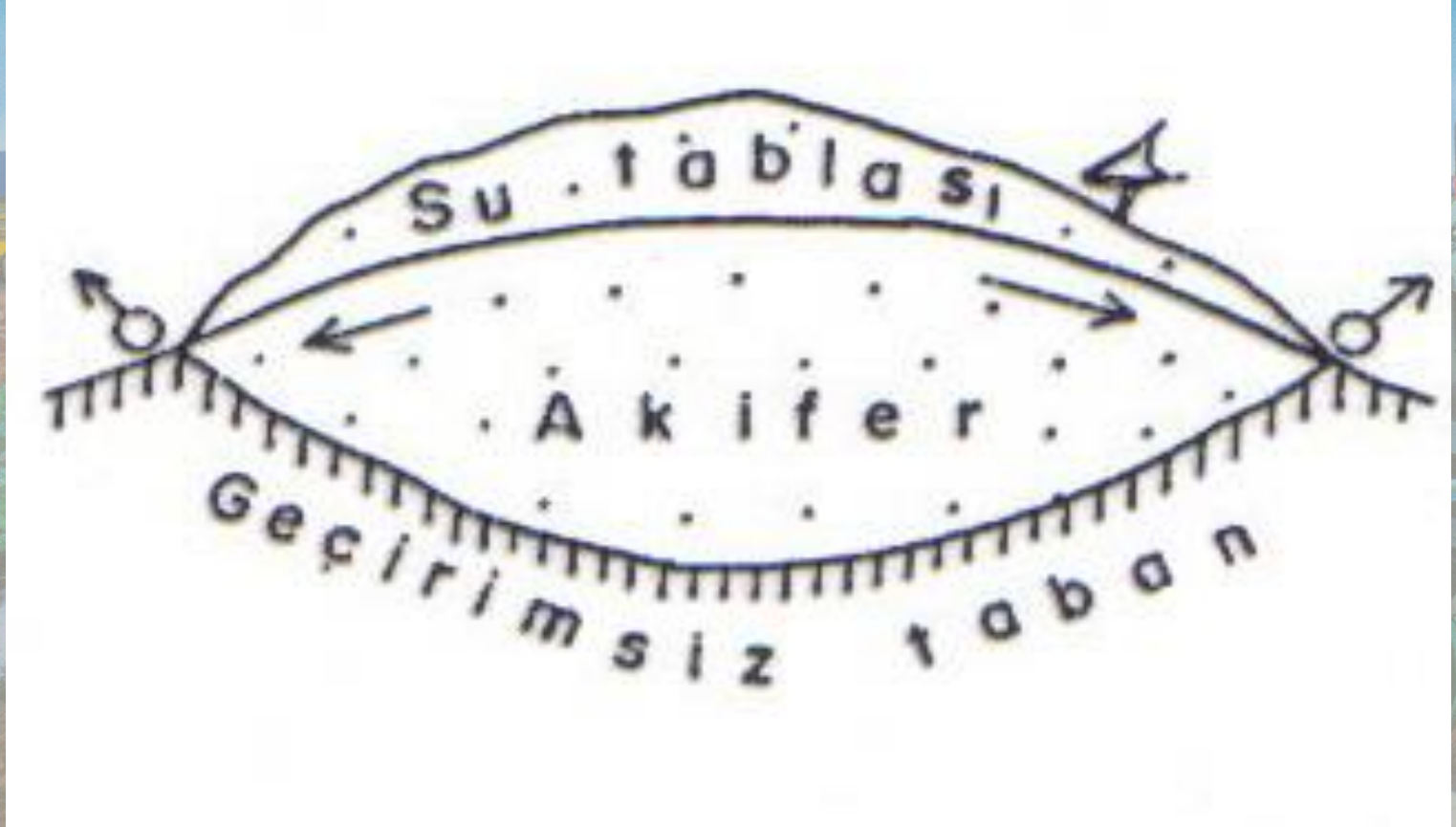


Taşma kaynağı.



Fayla oluşan taşma kaynağı.

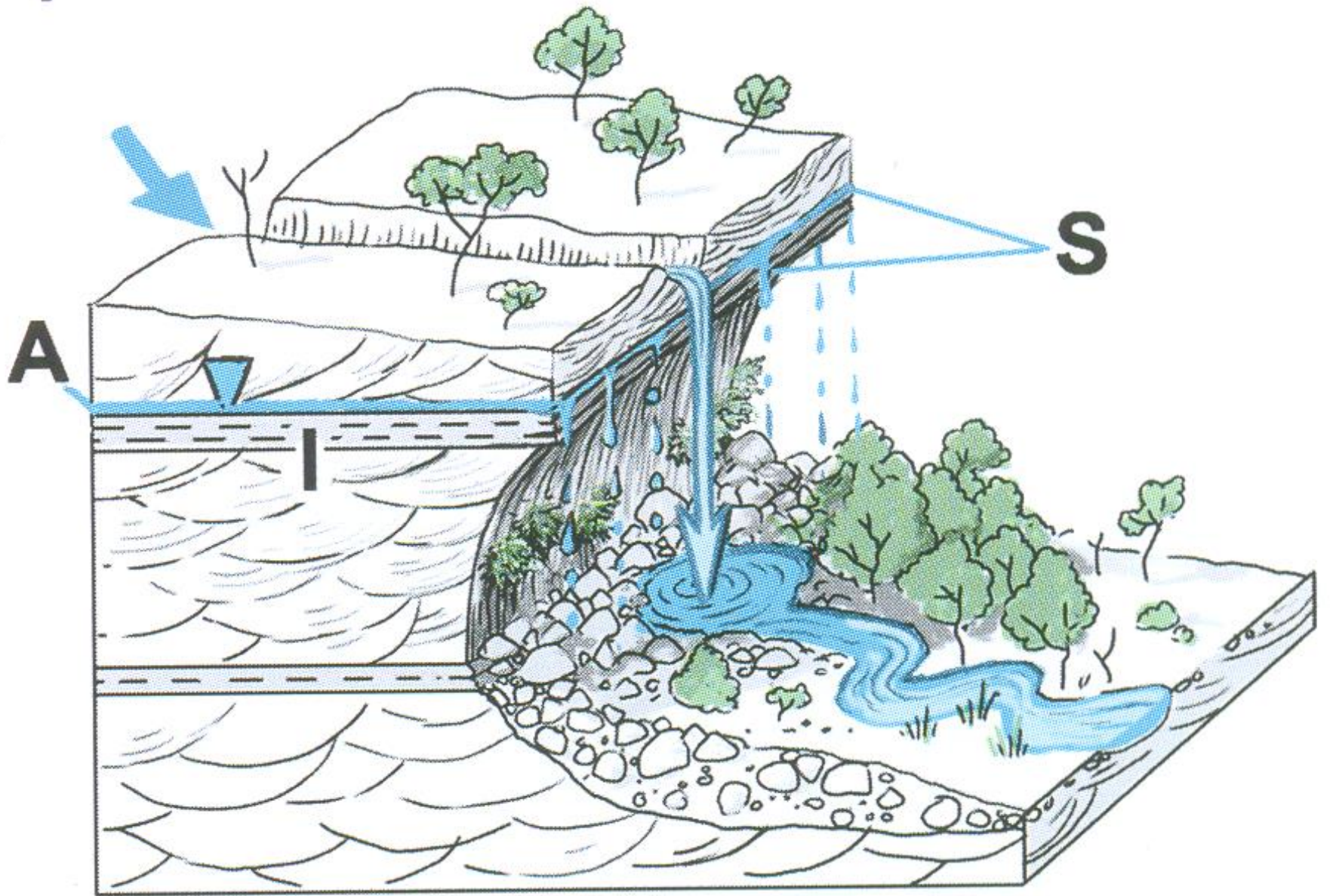




Aşırı dolma kaynağı

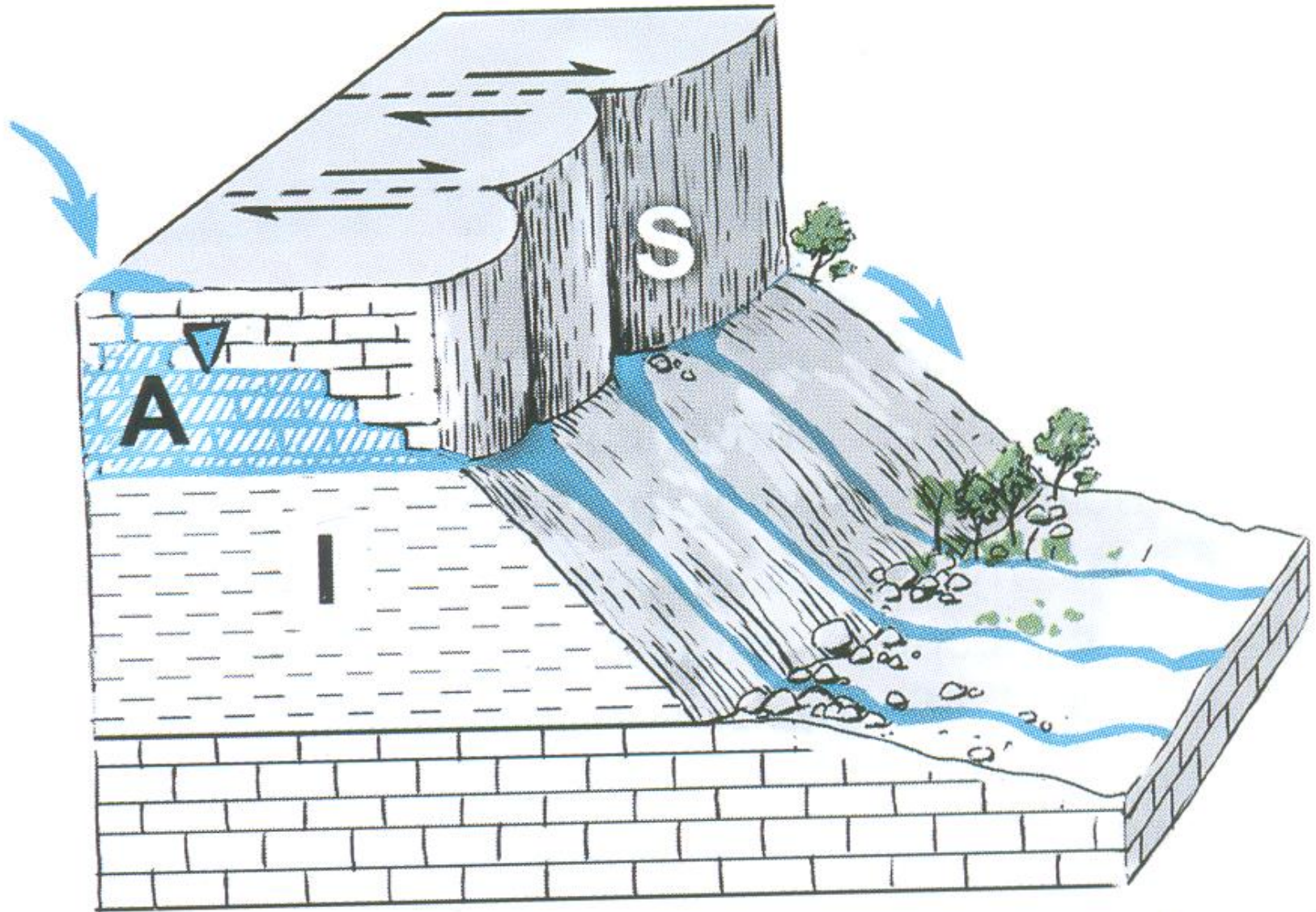
Canik (2007)





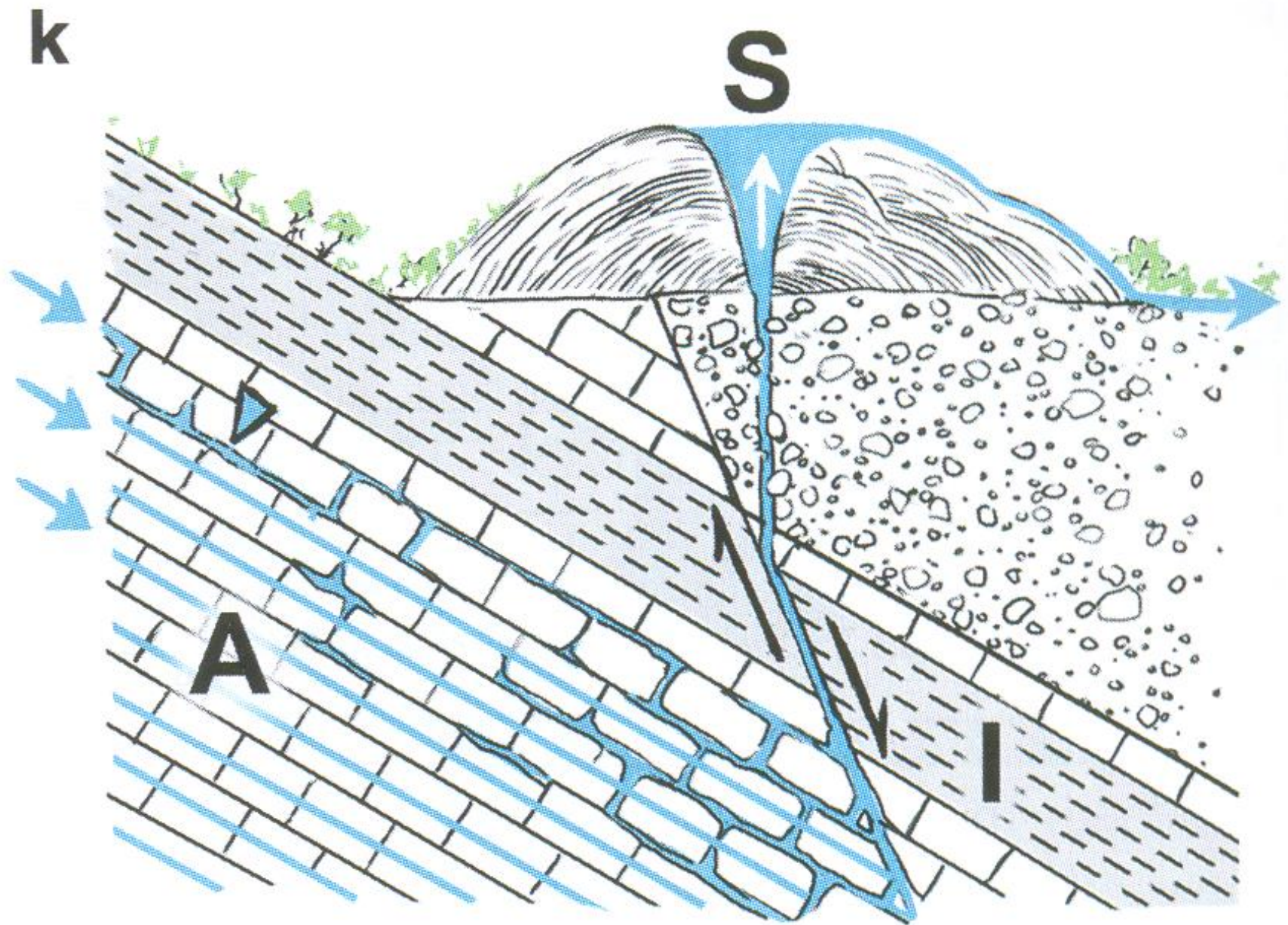


h



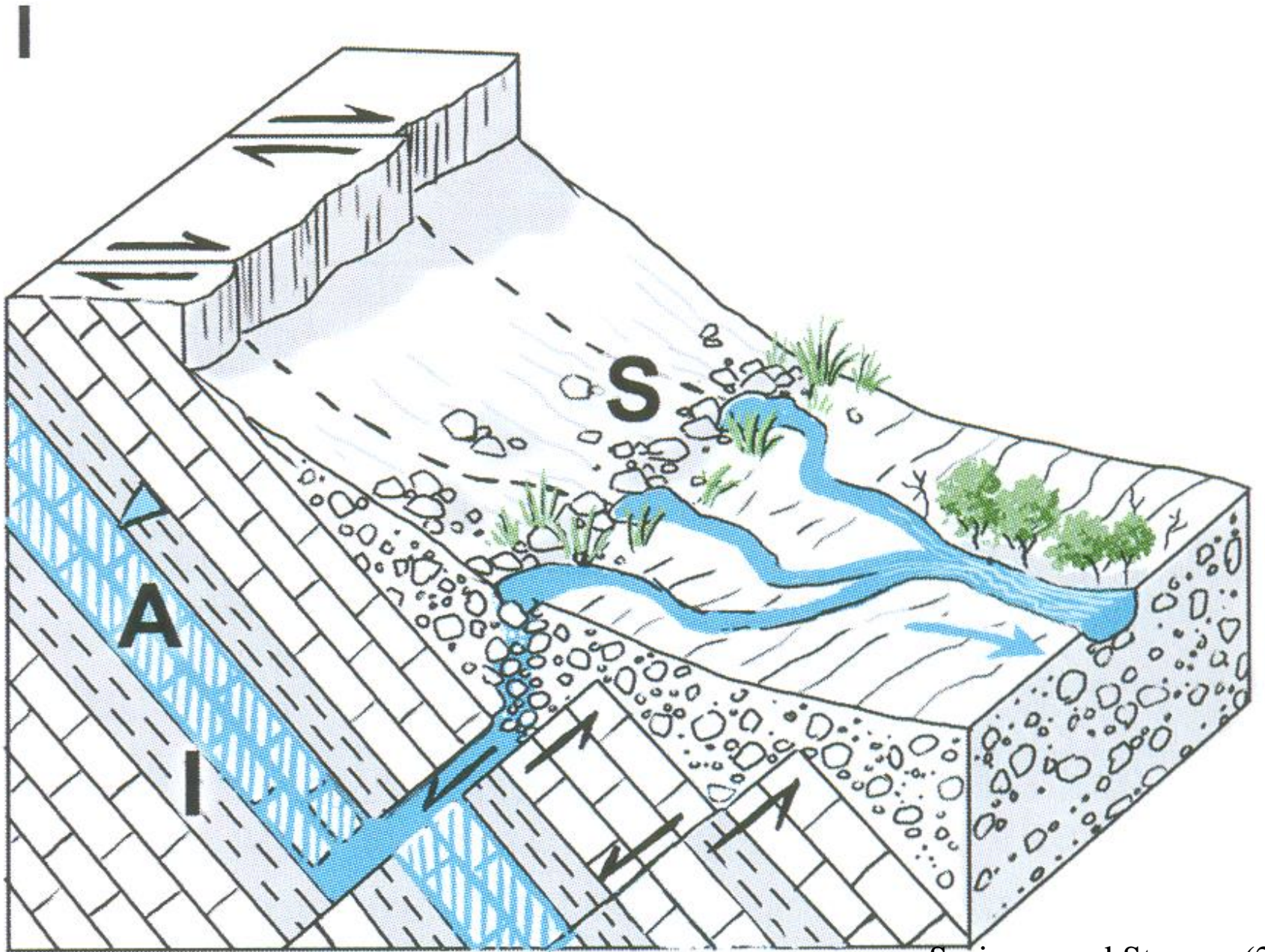
Springer and Stevens (2009)





Springer and Stevens (2009)



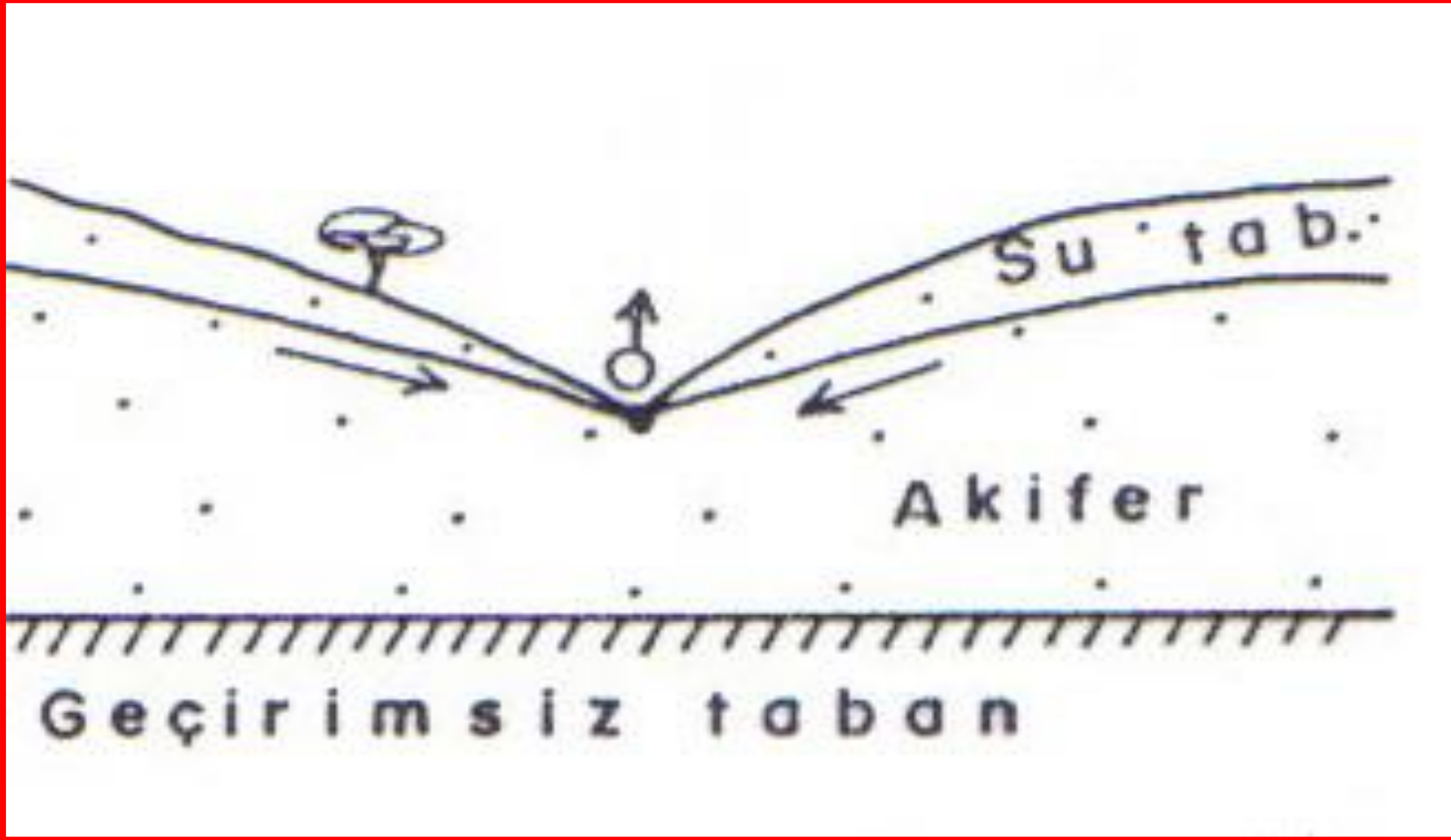








# Çöküntü Kaynağı

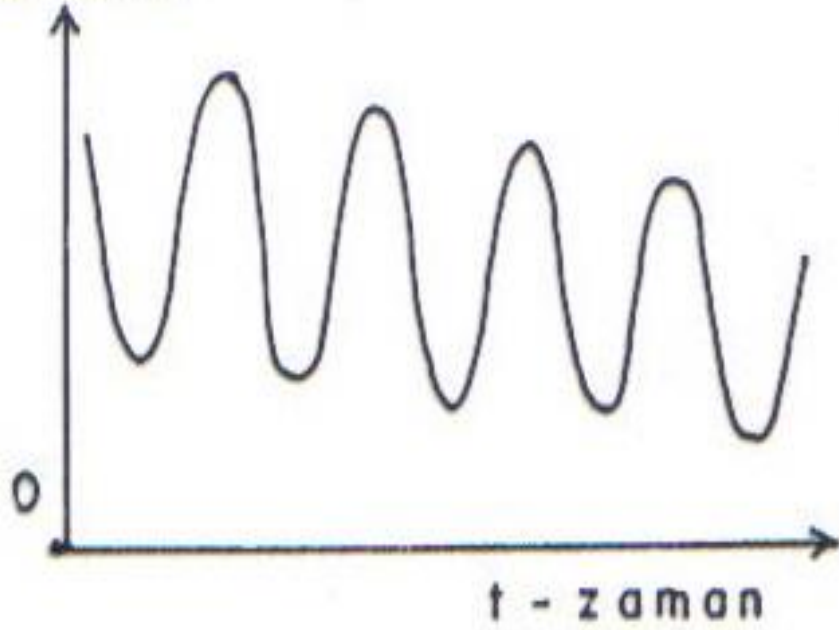




# ÖZEL KAYNAKLAR

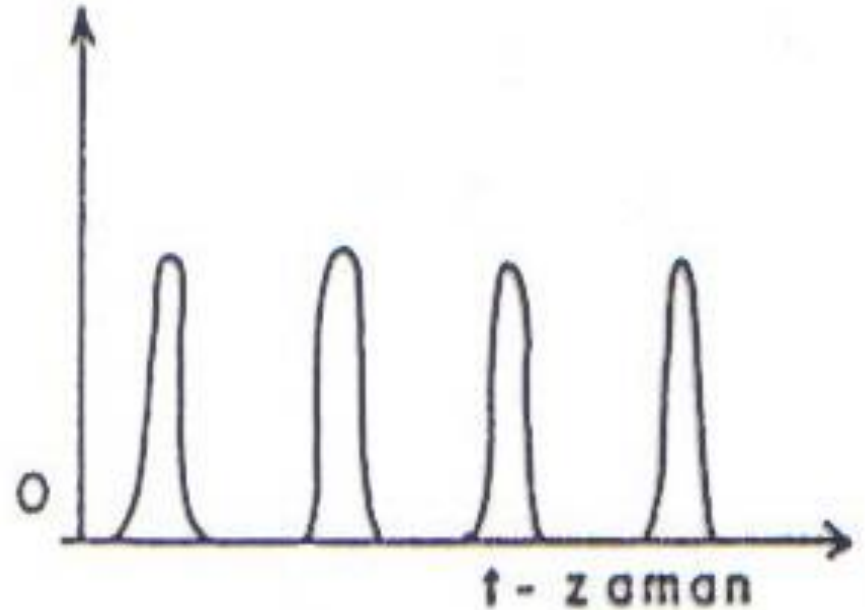
Devirli, gayzer ve gazlı kaynaklar

Q - Debi



Devirli kaynak

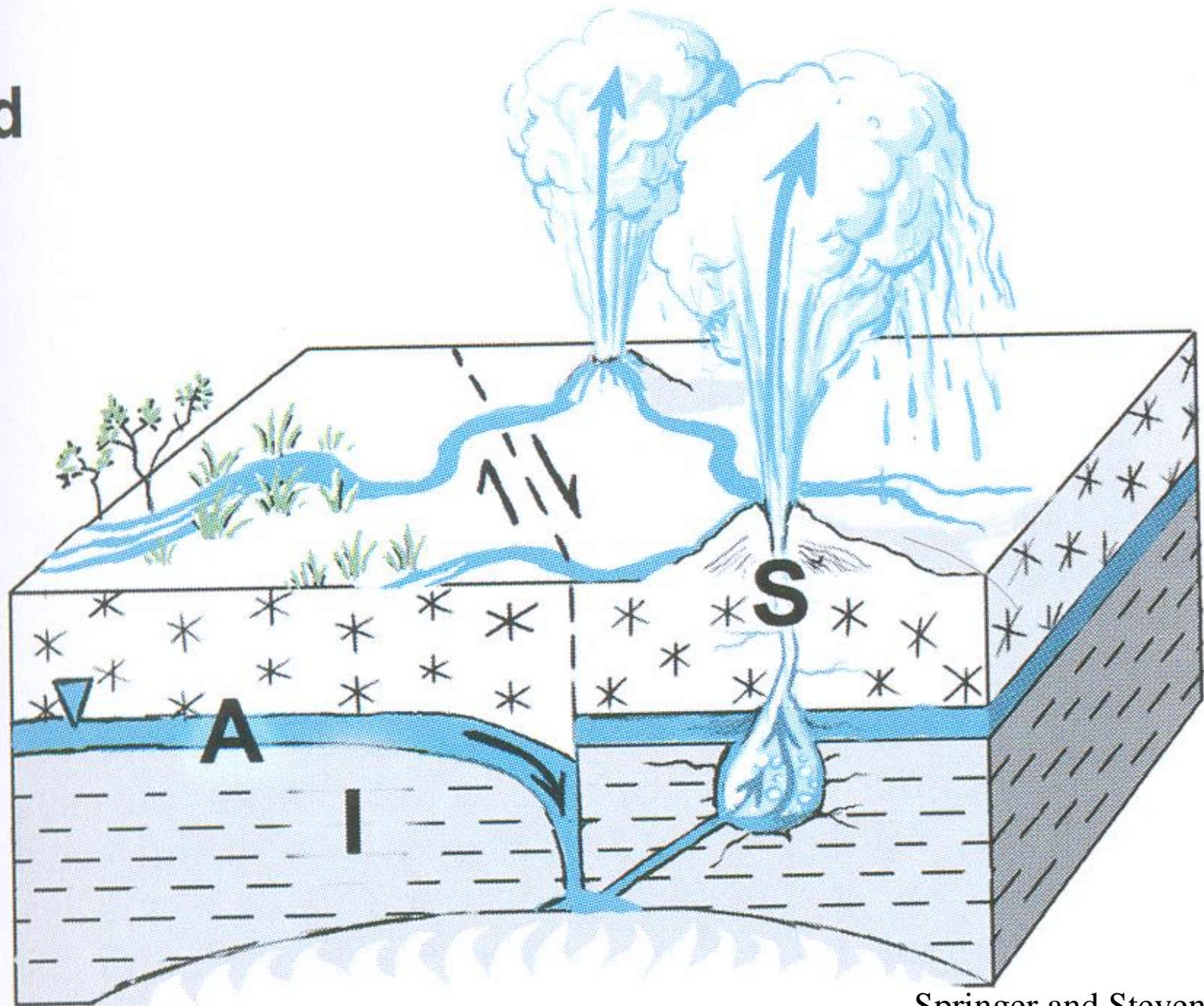
Q - Debi



Gayzer kaynak

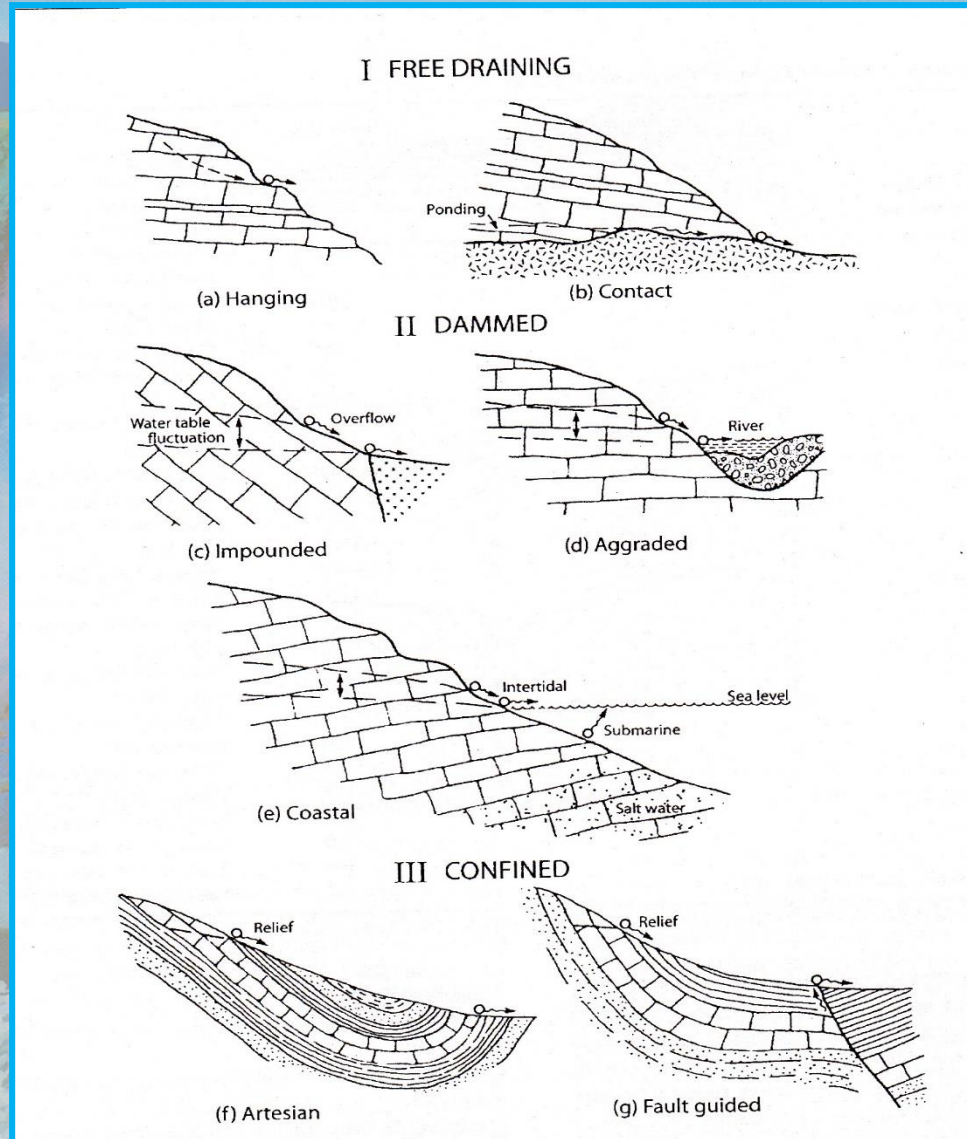


d





# Karbonatlı ortamlarda kaynak boşalımları



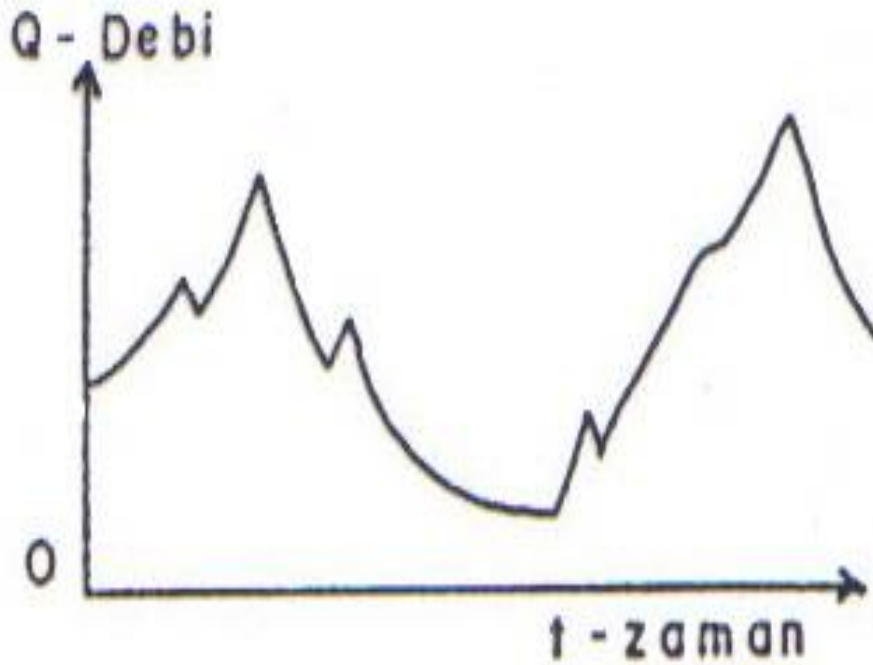




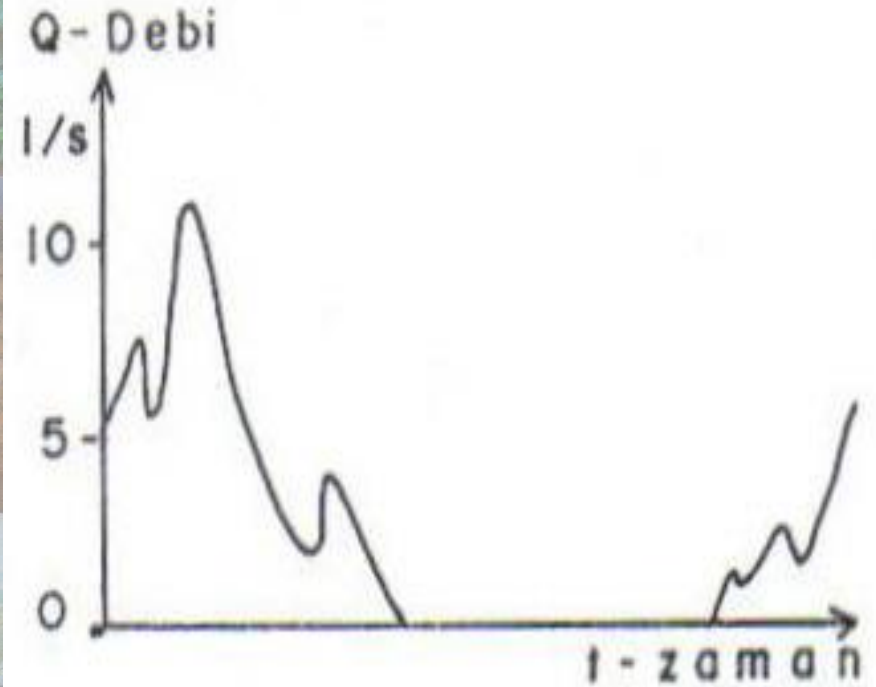


# FAALİYET DURUMUNA GÖRE KAYNAKLAR

Devamlı, mevsimlik, geçici, devirli ve kesintili kaynaklar

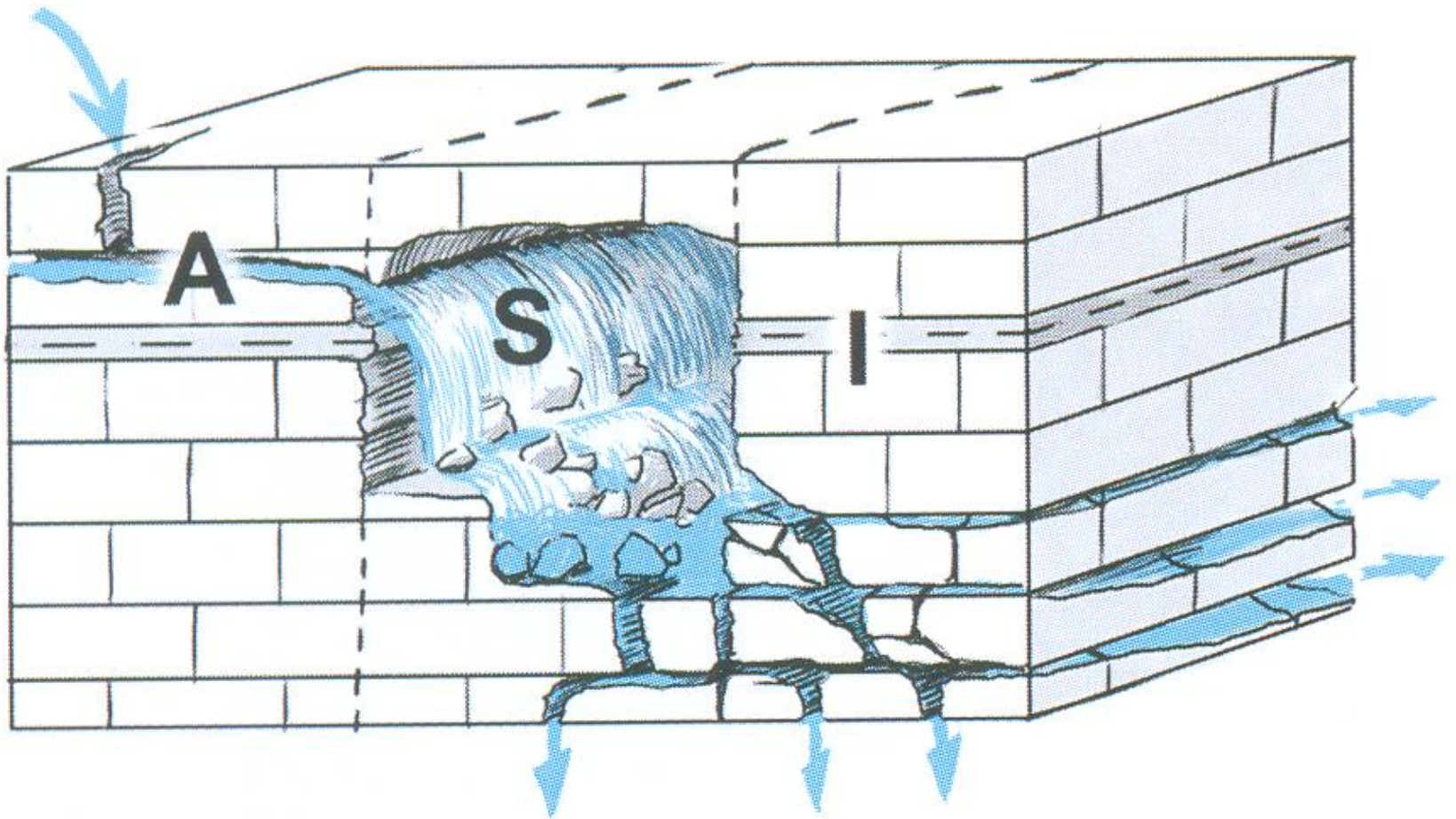


Devamlı kaynak

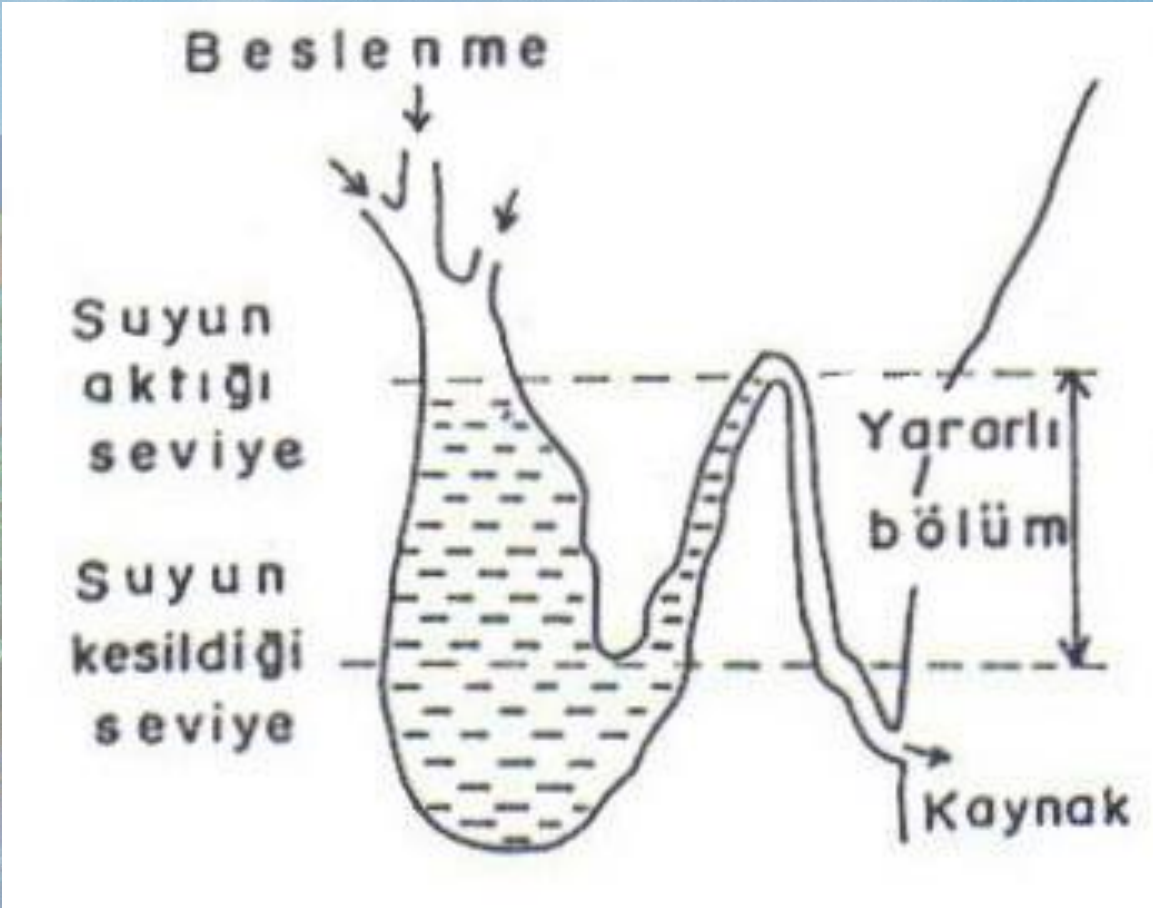
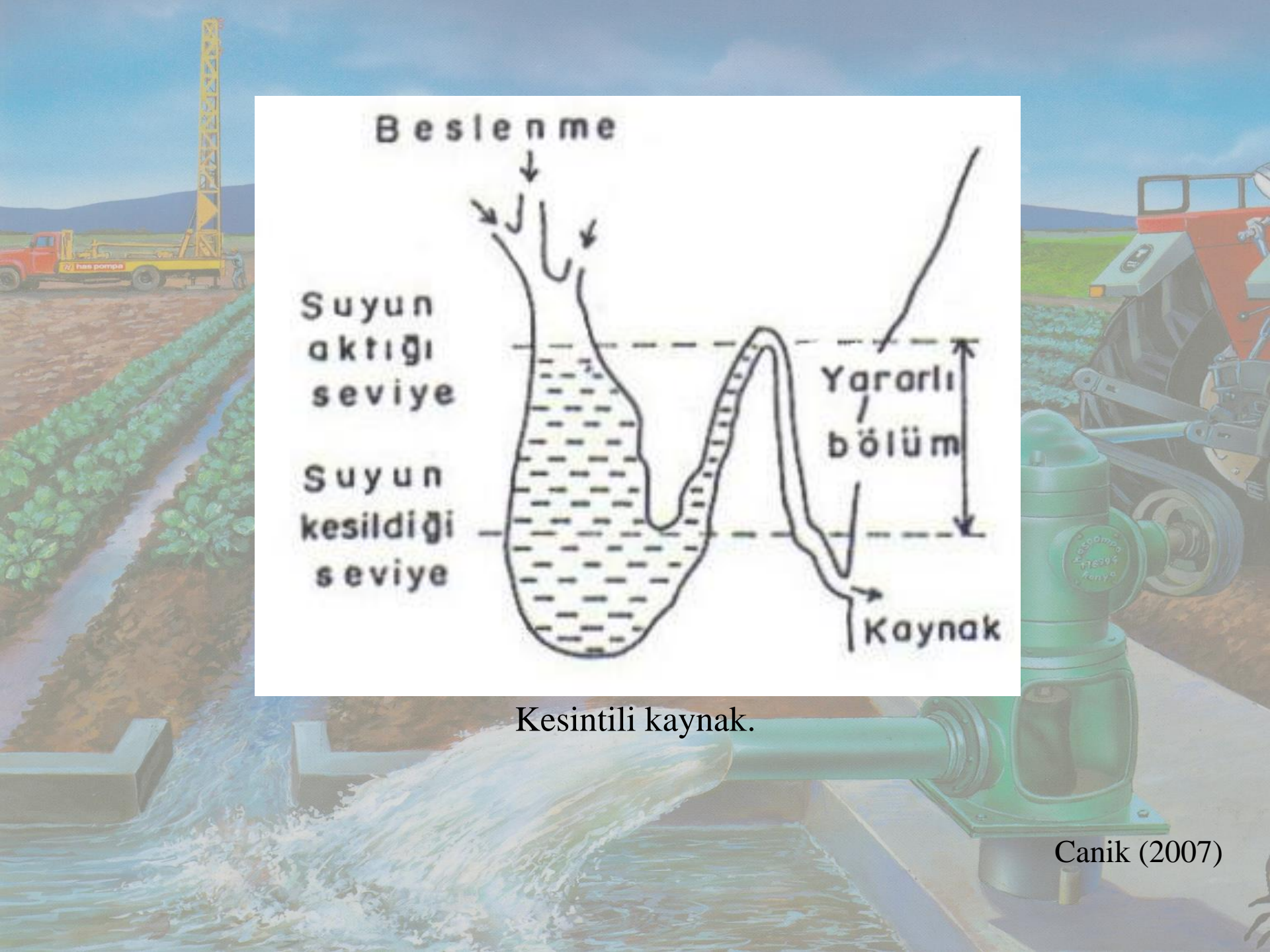


Mevsimlik kaynak.



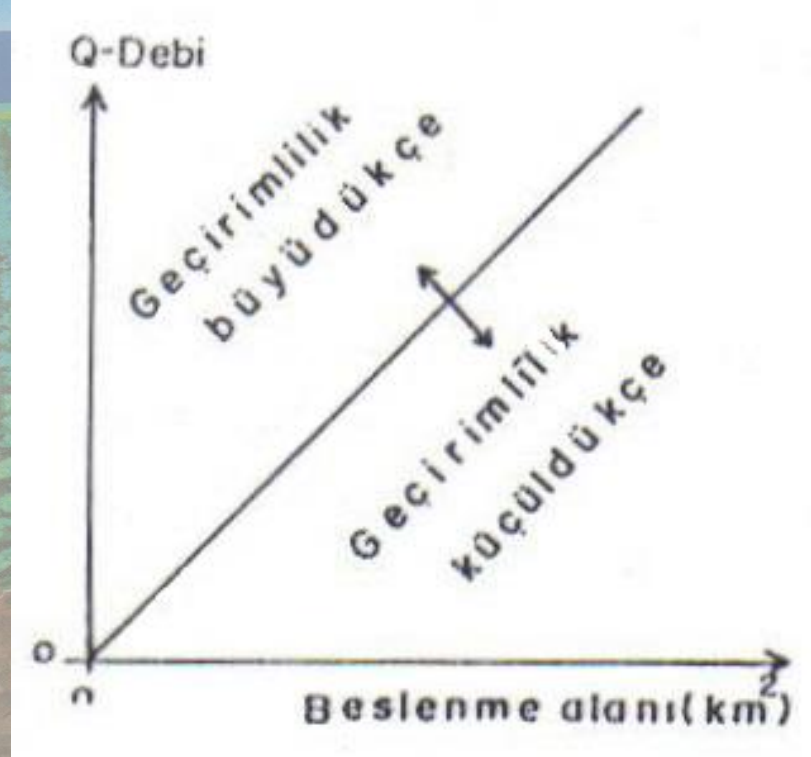






Kesintili kaynak.





Kaynak debisinin geçirimsizlik ve beslenme alanıyla ilgisi.



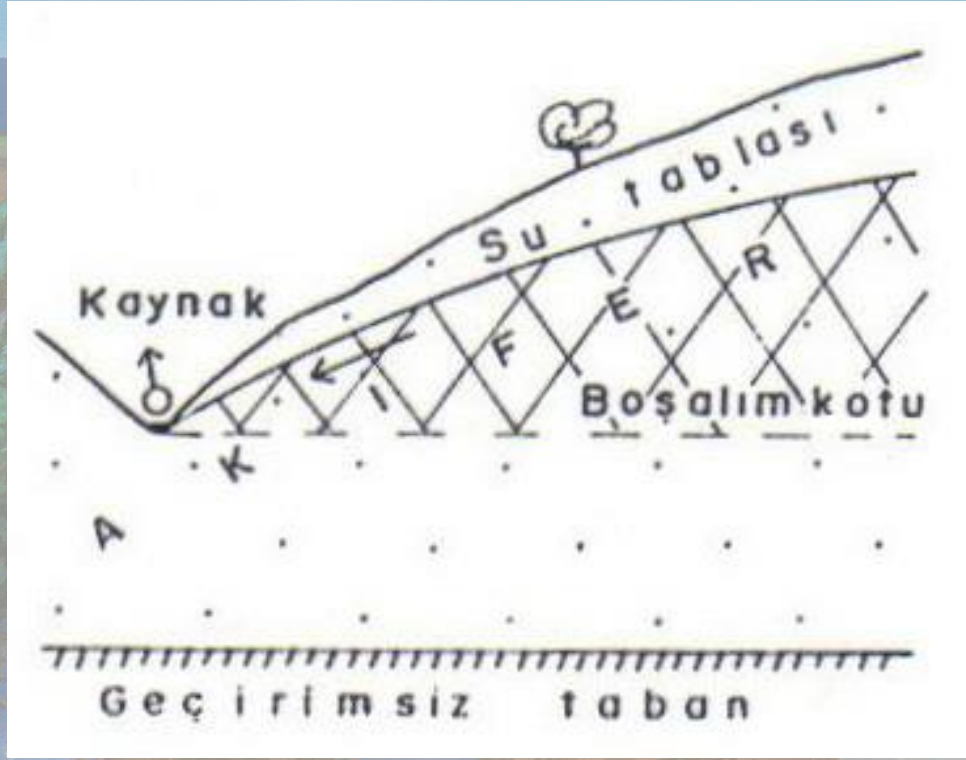
GERÇEK

REJİMDE

BOŞALIM



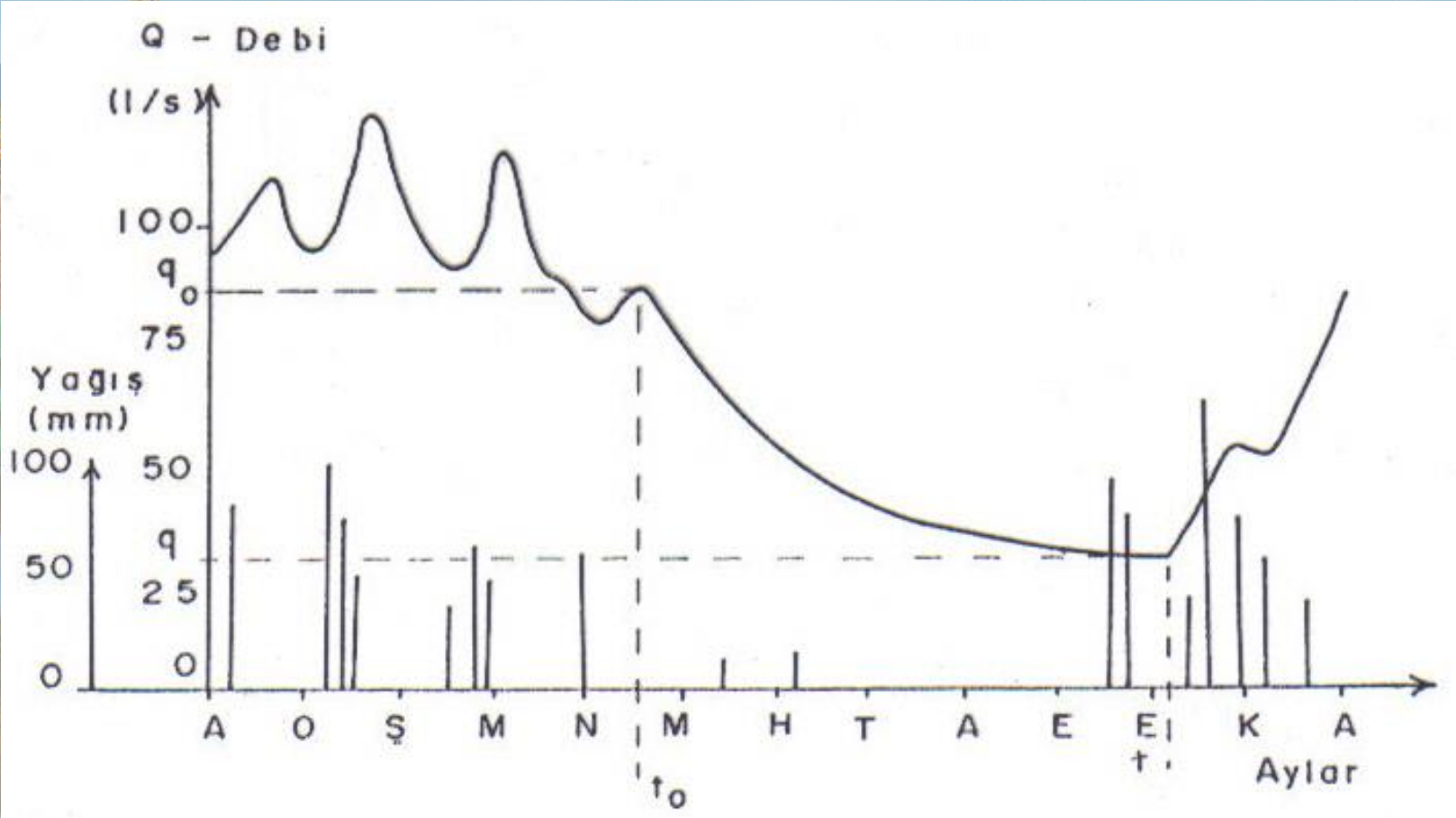




## Kaynak boşalım kotu

Canik (2007)



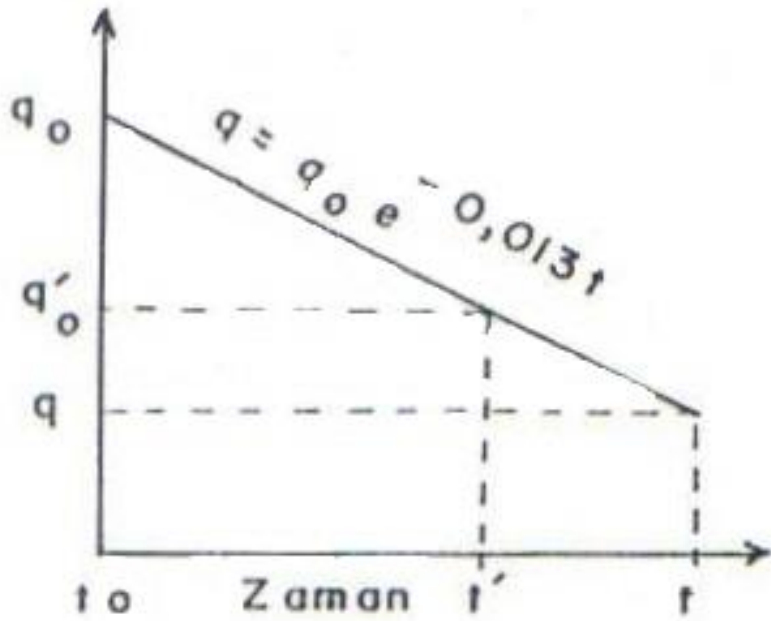


## Kaynağın debi değişim grafiği

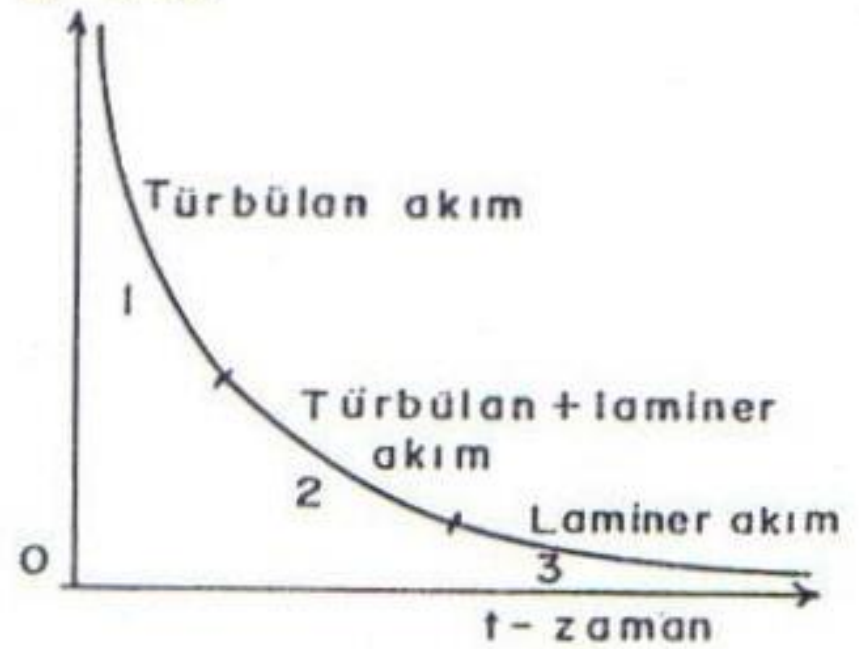
Canik (2007)



log q - Debi



Q - Debi

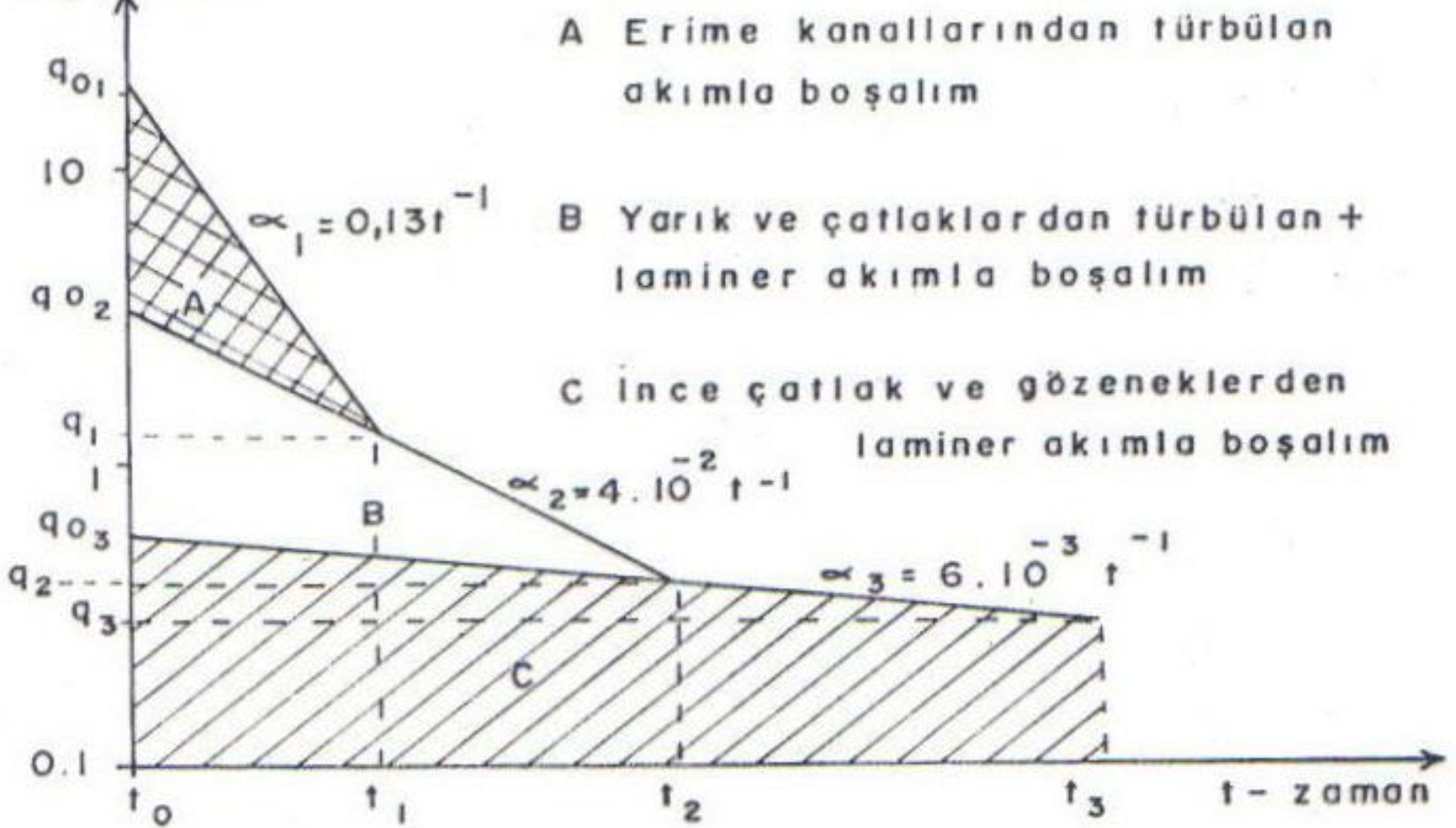


log q = f(t) boşalım grafiği

Q = f(t) grafiği ve akım türleri



log q - Debi



**Bir kaynağın yarılog hidrografının bileşenleri**



# YERALTI SUYU BİLANÇOSU





# BİLANÇO ELEMANLARI

## AKTİF SÜTUN

### a) Doğal olarak girenler

Yağış

Akarsu ve Göllerden süzülen

Başka akiferlerden gelen

Rezervdeki noksanlık

### b) Yapay olarak girenler

Sulama ile süzülme

Kanallardan süzülme

Yerleşim merkezi ve fabrikalardan süzülen

## PASİF SÜTUN

### a) Doğal olarak çıkanlar

Gerçek buh.-terleme

Gerçek yeryüzü suyu

Yeraltı akımsuyu

İncelenen akiferin altından çıkan

İncelenen akiferden başka akifere geçen

Rezervdeki ilave

### b) Yapay olarak çıkanlar

Drenaj yoluyla

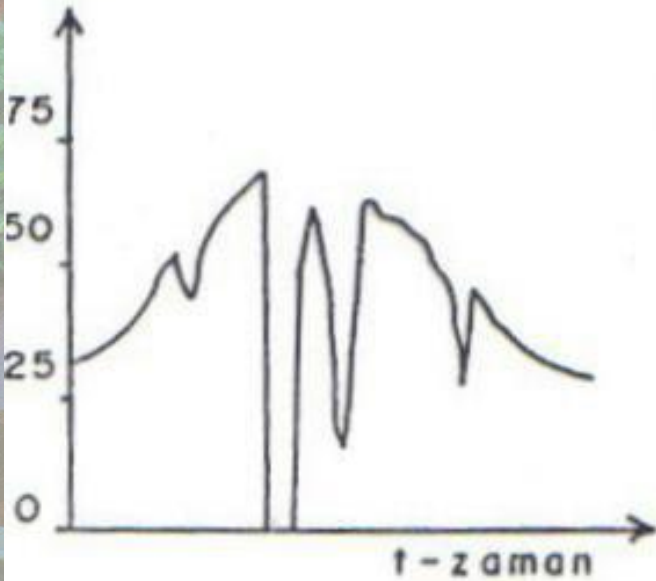
Kanallardan boşalan

Pompajla alınan sular



# YAĞIŞ - P

P - Yağış  
(mm)



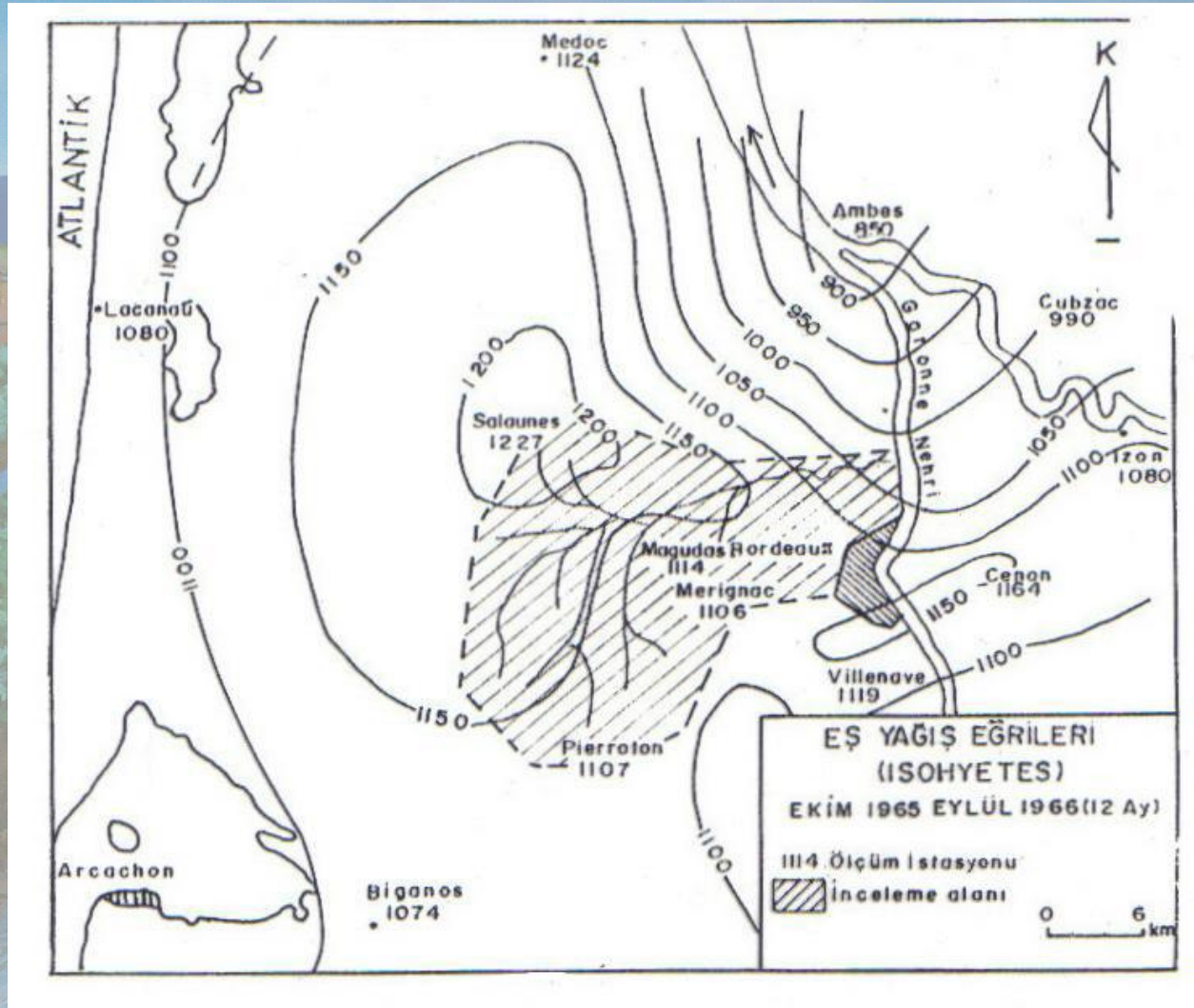
Zaman bağılı yağmur kayıt grafiği

P - Toplam yağış  
(mm)



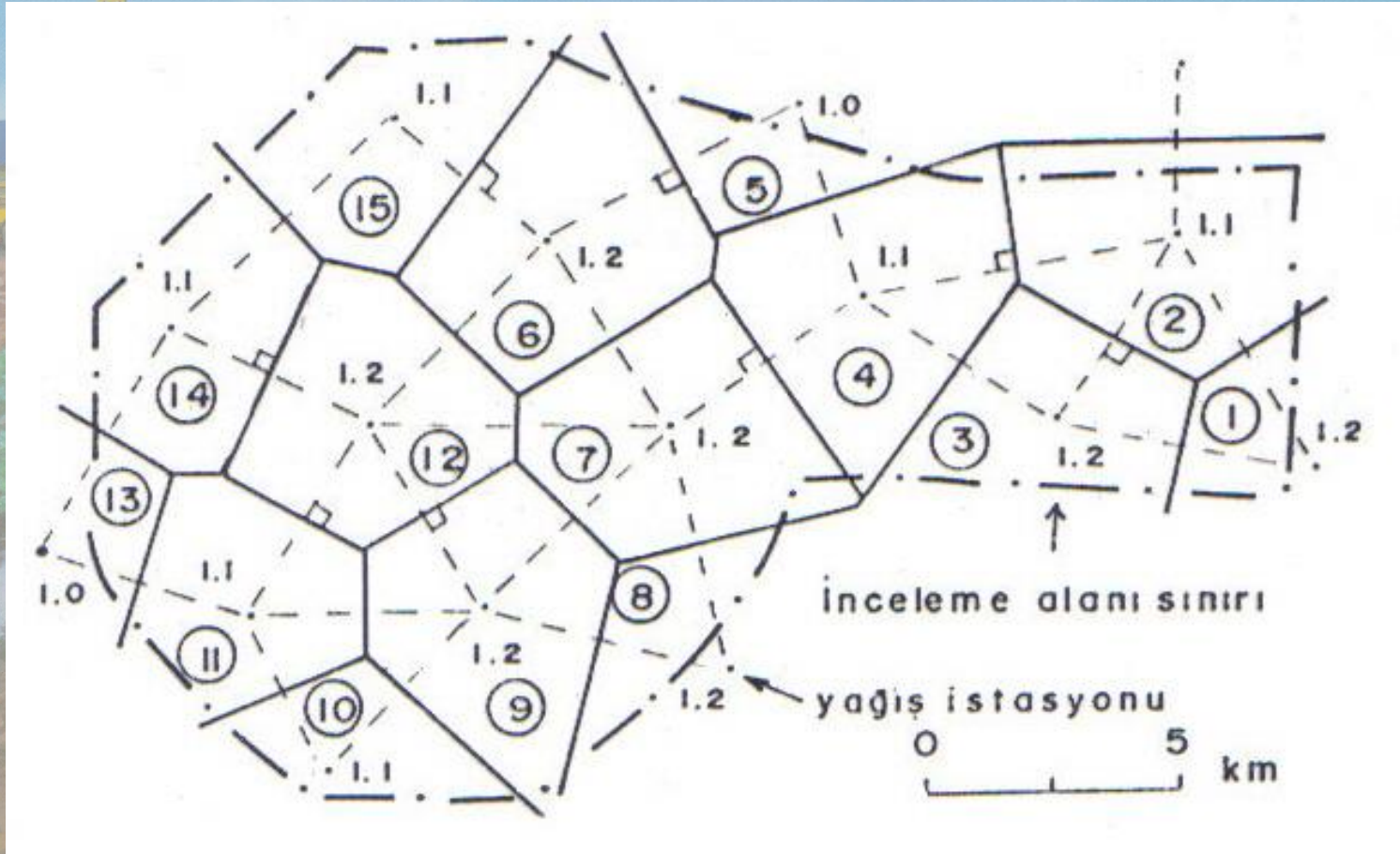
Eklenik yağış eğrisi





Eş yağış yükselti haritası

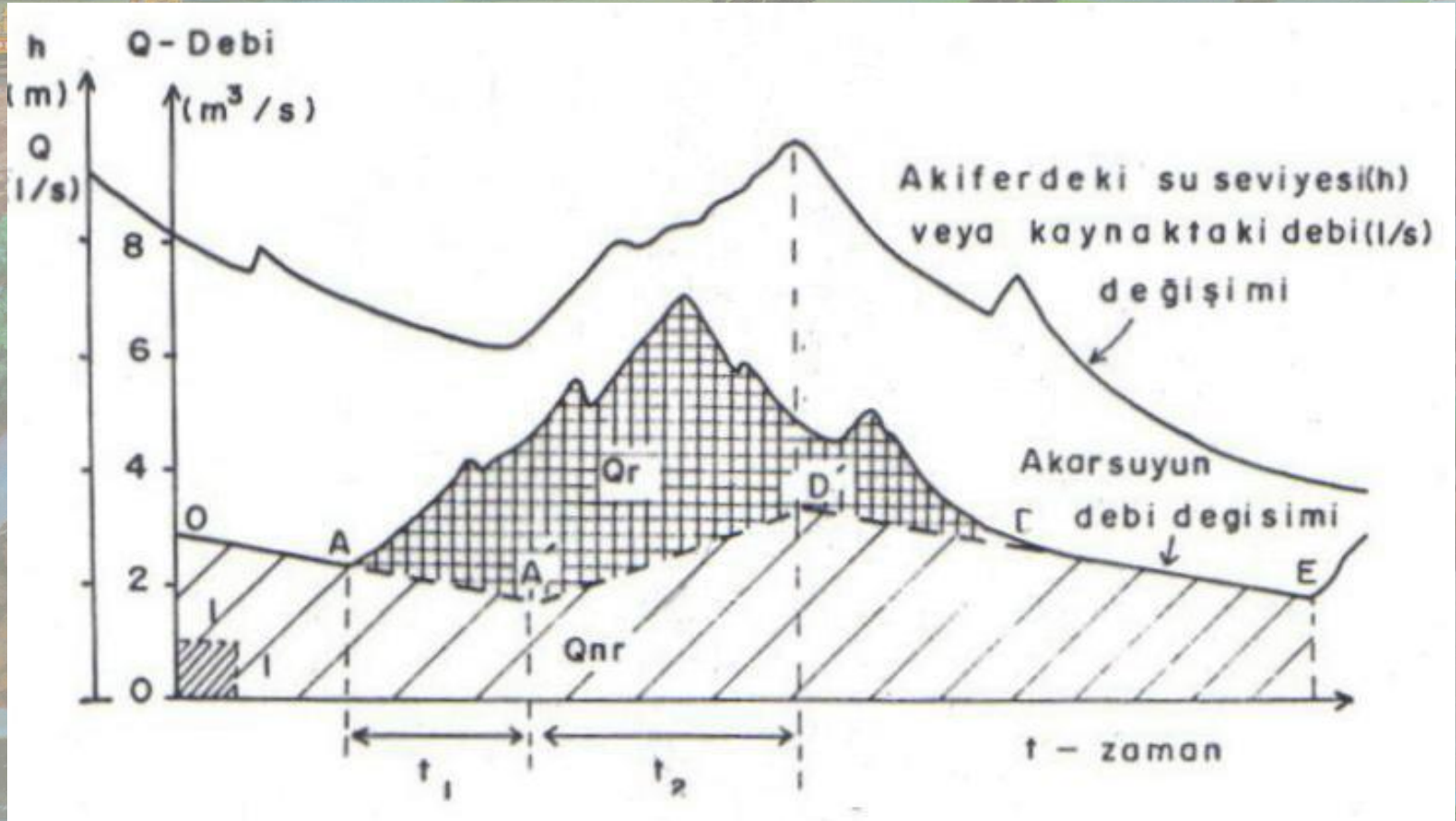




Thiessen poligon yöntemi ile ortalama yağışın hesaplanması



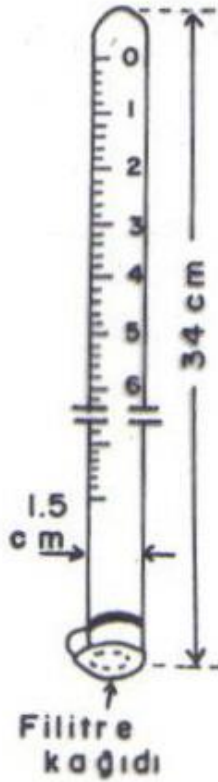
# AKARSUYUN TOPLAM DEBİSİ-QR



Akarsularda, yeryüzü suyu ile yeraltı akım suyunun ayrılması.

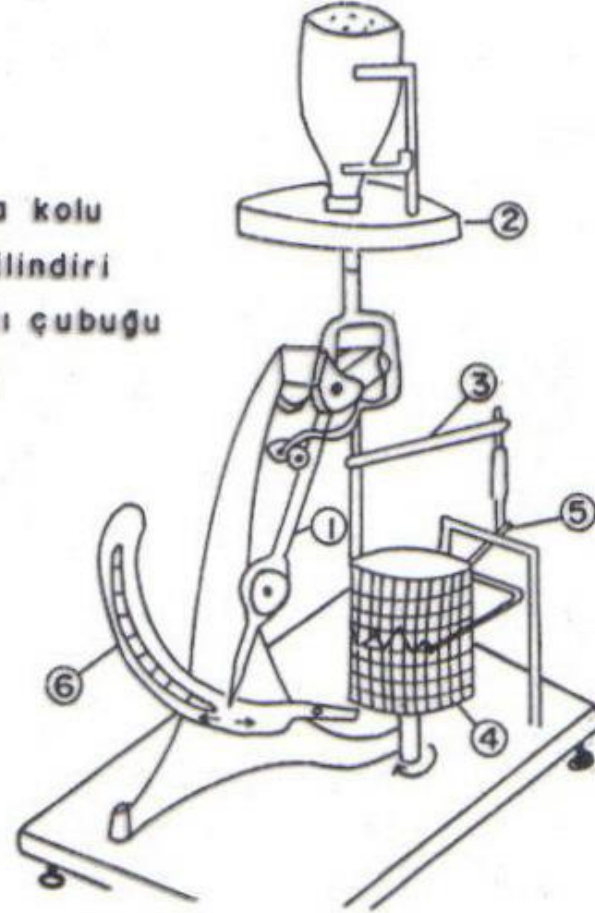


# BUHARLAŞMA



Piche evaporometresi

1. İbre
2. Kefe
3. Manivela kolu
4. Kayıt silindiri
5. Bağlantı çubuğu
6. Kadran



Wild evaporometresi

Buharlaşıma ölçen iki alet.



# Thorntwaite Aylık Nem Bilançosu Hesabı

- Potansiyel buharlaşma – terleme hesabı (aylık)-Etp
- Sıcaklık indisi hesabı (aylık) – i
- Sıcaklık indisleri toplamı – I
- Düzeltilmiş potansiyel buharlaşma – terleme hesabı (aylık)-Etpc (enlem düzeltme katsayılarını dikkate alarak)
- Gerçek buharlaşma-terleme hesabı (tablodan)
- Yağışın yüzdesi olarak; Etr, su fazlası, su noksanı oranlarının hesaplanarak bilanço formülünde yerine konması




$$E_{tp} = 1,6 (10 t/I)^a$$

$$1- i = (t/5)^{1,514}$$

$$2- I = \sum i$$

$$3-a = 6,75 * 10^{-7} * I^3 - 7,71 * 10^{-5} * I^2 + 1,79 * 10^{-2} * I + 0,492$$

$$4- E_{tpc} = E_{tp} * \text{Enlem Düzeltme Katsayısı}$$



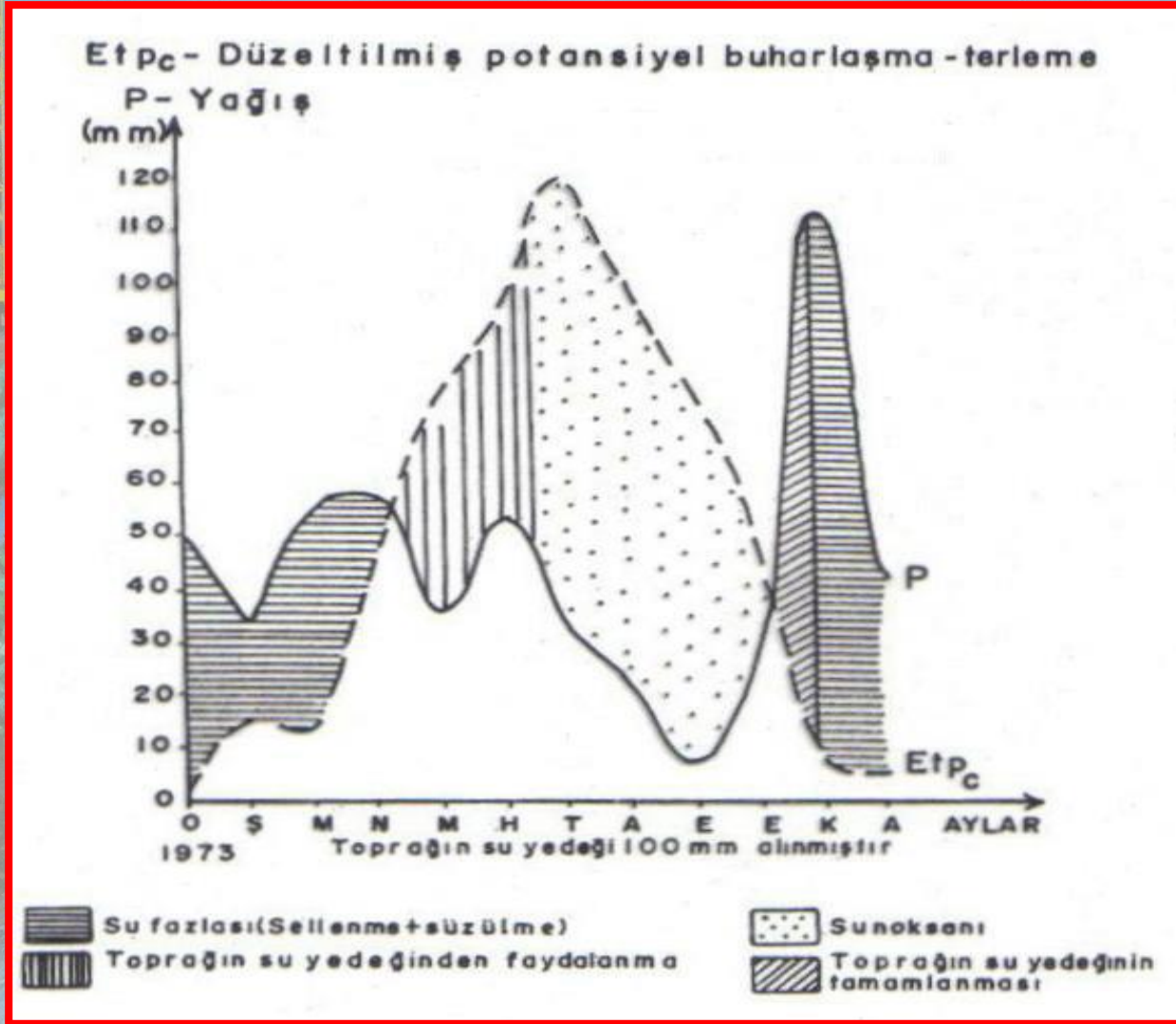
# THORNTWAITE TABLOSU

Canik (2007)

Buharlaşma-Terleme, su fazlası ve su noksanı

Aylar (Bolu-1973)	O	S	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Toplam
Aylık sıcaklık ortalaması - °C	-1.9	4.8	3.7	9.1	13.7	16.1	19.7	18.0	16.6	11.9	2.5	2.0	.
Sıcaklık indisi	0	0.94	0.63	2.48	4.60	5.87	7.97	6.95	6.15	3.67	0.35	0.25	39.86
Potansiyel buh. terleme Etp - mm	0	18.60	13.30	39.00	62.40	75.10	94.80	85.40	77.90	52.50	8.90	6.90	.
Enlem düzeltme katsayısı (40°30')	0.835	0.830	1.030	1.110	1.245	1.255	1.270	1.185	1.040	0.960	0.825	0.805	.
Düzeltilmiş Etp, - mm	0	15.43	13.69	43.29	77.68	94.25	120.87	101.19	81.01	50.40	7.34	5.55	610.70
Yağış - mm	49.6	33.7	55.0	58.5	34.9	54.4	33.9	22.6	7.9	27.3	114.5	42.5	534.00
Faydalı su yedeđi -mm	100	100	100	100	57.22	17.37	0	0	0	0	100	100	.
Gerçek buh. terleme Etr - mm	0	15.43	13.69	43.29	77.68	94.25	51.27	22.60	7.90	27.30	7.34	5.55	366.30
Su fazlası - mm	49.60	18.27	41.31	15.21	0	0	0	0	0	0	7.16	36.95	168.50
Su noksanı - mm	0	0	0	0	0	0	69.60	78.59	73.11	25.10	0	0	244.40





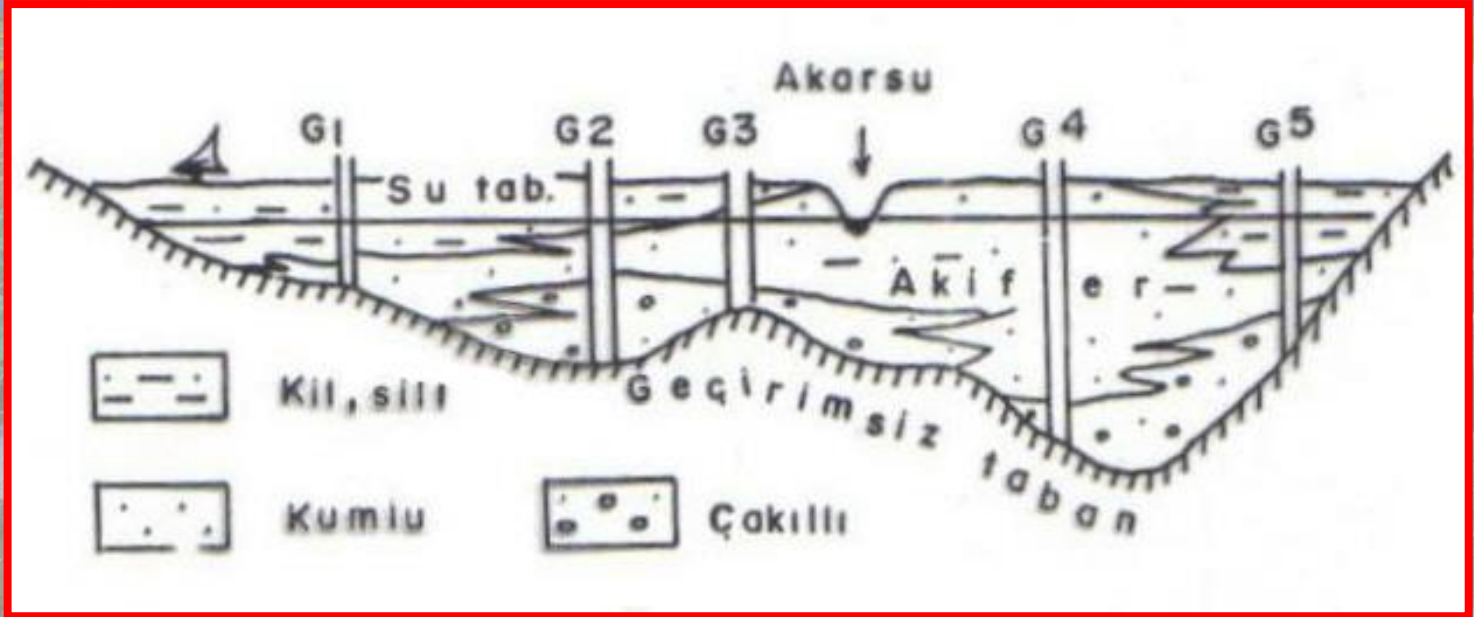
**Yağış ve düzeltilmiş potansiyel buharlaşma, terlemenin yıllık değişim grafiği**



# HİDROJEOLOJİ İNCELEMELERİNDE İZLENECEK YOLLAR

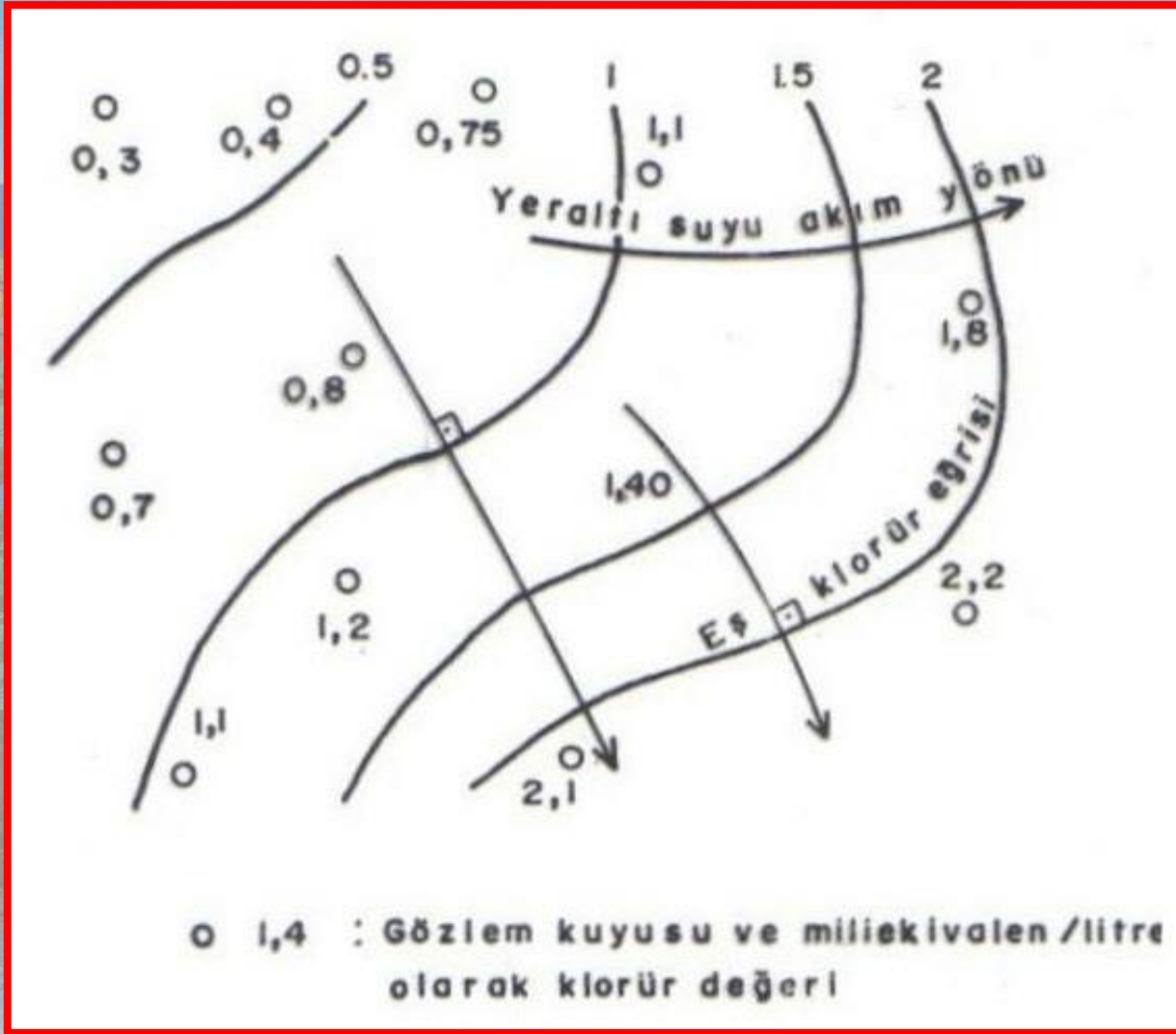






Alüvyon akiferin gözlem kuyuları ile denetlenmesi





Eş klorür eğrileri-yeraltı suyu akımı



# SORU ÖRNEKLERİ

- 2- Jeotermal sularla deniz suyu arasındaki farklar nelerdir.
- 3- Konne suyunun kökeni nedir?
- 4- Basınçlı akiferlerin beslenme alanları neresidir?
- 5- Özgül tutum nedir?
- 6- Düzen katsayısı ne demektir?
- 7- Darcy ve geçirgenlik katsayılarının ilişkisi nedir?
- 8- 1 Lugeon nedir?
- 9- Serbest akiferlerde kısa süreli değişim olurmu?
- 10- Bernoulli denklemi nedir?
- 11- Çatlak sistemi akiferi nedir?
- 12- Gravifik su?
- 13- MED-CEZİR'in akiferler üzerindeki etkisini beslenme açısından değerlendiriniz.
- 14- YAS izlenmesinde Polenler hangi ortamlarda uygulanır?
- 15- Debi ölçümünde boya deneyi hangi şartlarda uygulanır?
- 16- Büyük akarsuların debisi hangi yöntemle ölçülür?
- 17- Kıyı akiferlerinde ST kotu 3 m ise akiferde tatlı su kalınlığı kaç m dir?
- 18- Gerçek rejim ne demektir?
- 19- Kesintili kaynak nedir, nasıl çalışır, hangi ortamlarda oluşur?
- 20- Maillet formülü nedir?
- 21- Yağış hesabının yapılmasında en uygun yöntem/ler nedir?
- 22- Akarsuyun debisinin bileşenleri nedir, nasıl ayrılır?
- 23- Potansiyel ve gerçek buharlaşma ne demektir?.





# YERALTI SUYU KİMYASI





## İyonların Atom Ağırlığı ve ekivalen değerleri

İyonlar	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>
Atom veya formül ağırlığı	40	24	23	39	35,5	96	61	60
Değerlik	2	2	1	1	1	2	1	2
Ekivalen değeri (eşdeğer ağırlığı)	20	12	23	39	35,5	48	61	30

Canik (2007)



# Çözünmüş maddeler için konsantrasyon birimleri

mg/L	milligrams per liter sample
µg/L	micrograms per liter sample
ppm	parts per million by weight of sample
ppb	parts per billion by weight of sample
mmol/L	millimoles per liter sample
µmol/L	micromoles per liter sample
meq/L	milliequivalents per liter of sample
mmol <sub>c</sub> /L	milliequivalents per liter of sample
epm	equivalents per million, by weight of sample
M	molality, moles per kg of H <sub>2</sub> O
mM	millimoles per kg of H <sub>2</sub> O
N	normality, equivalents per liter

$$\text{mmol/L} = \text{mg/L} / (\text{gram formula weight})$$

$$\text{mmol/L} = \text{ppm} \cdot (\text{density of sample}) / (\text{gram formula weight})$$

$$\text{mmol/L} = \text{meq/L} / (\text{charge of ion})$$

$$\text{mmol/L} = \text{molality} \times \text{density} \times \frac{(\text{weight solution} - \text{weight solutes})}{(\text{weight solution})} \times 1000$$



# Konsantrasyon birimlerinin yeniden hesaplanması-Dönüştürmeler (mg/l, meq/l, mmol/l)

## EXAMPLE 1.1. *Recalculation of concentration units*

1. Gram formula weights are calculated from the periodic system as reproduced in Table 1.4 from the *Handbook of chemistry and physics*.

The mass of 1 mol Ca is 40.08 grams.

1 mol  $\text{SO}_4^{2-}$  weighs: 32.06 grams from sulfur +  $4 \times 15.9994$  grams from oxygen, in total: 96.06 grams.

2. Conversion of mg/L to mmol/L is obtained by dividing by the weight of the element or molecule.

Thus, a river water contains 1.2 mg  $\text{Na}^+$ /L;

This corresponds to  $1.2 / 22.99 = 0.052$  mmol  $\text{Na}^+$ /L;

The sample also contains 0.6 mg  $\text{SO}_4^{2-}$ /L;

This equals  $0.6 / 96.06 = 0.006$  mmol  $\text{SO}_4^{2-}$ /L.

3. The term mmol/L indicates the number of ions or molecules in the water when multiplied by Avogadro's number. For  $\text{Na}^+$  in the river water sample it amounts to  $0.052 \times 10^{-3} \times 6.022 \times 10^{23} = 3.1 \times 10^{19}$  ions of  $\text{Na}^+$  in 1 liter of water. (Quite a lot really!)

4. Ions are electrically charged, and the sums of positive and negative charges in a given water sample must balance. This condition is termed the electroneutrality or electrical balance of the solution. Since mmol/L represents the number of molecules, it should be multiplied by the charge of the ions to yield their total charge in meq/L. Thus:

$0.052$  mmol  $\text{Na}^+$ /L  $\times 1 = 0.052$  meq/L;

$1.8$  mmol  $\text{Ca}^{2+}$ /L  $\times 2 = 3.6$  meq/L;

$0.41$  mmol  $\text{SO}_4^{2-}$ /L  $\times -2 = -0.82$  meq/L.



# Yaygın parametrelerin açıklaması

Hardness	Sum of the ions which can precipitate as “hard particles” from water. Sum of $\text{Ca}^{2+}$ and $\text{Mg}^{2+}$ , and sometimes $\text{Fe}^{2+}$ . Expressed in meq/L or mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$ or in hardness degrees. $100 \text{ mg CaCO}_3/\text{L} \cong 1 \text{ mmol CaCO}_3/\text{L} \cong 2 \text{ meq Ca}^{2+}/\text{L}$
Hardness degrees	1 german degree = $17.8 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ 1 french degree = $10 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$
Temporary hardness	Part of $\text{Ca}^{2+}$ and $\text{Mg}^{2+}$ concentrations which are balanced by $\text{HCO}_3^-$ (all expressed in meq/L) and can thus precipitate as carbonate
Permanent hardness	Part of $\text{Ca}^{2+}$ and $\text{Mg}^{2+}$ in excess of $\text{HCO}_3^-$ (all expressed in meq/L)
Color	Measured by comparison with a solution of cobalt and platinum
EC	Electrical Conductivity, in $\mu\text{S}/\text{cm}$ ( $= \mu\text{mho}/\text{cm}$ ), $EC \approx 100 \times \text{meq (anions or cations)}/\text{L}$
pH	$-\log[\text{H}^+]$ , the log of $\text{H}^+$ activity (dimensionless).
Eh	Redox potential, expressed in Volt. measured with platinum/reference electrode
pe	Redox potential expressed as $-\log[e^-]$ . $[e^-]$ is “activity” of electrons. $pe = Eh/0.059$ at $25^\circ\text{C}$ .
Alkalinity ( <i>Alk</i> )	Acid neutralizing capacity. Determined by titrating with acid down to a pH of about 4.5. Equal to the concentrations of $m_{\text{HCO}_3^-} + 2m_{\text{CO}_3^{2-}}$ (mmol/L) in most samples.
Acidity	Base neutralising capacity. Determined by titrating up to a pH of about 8.3. Equal to $\text{H}_2\text{CO}_3$ concentration in most samples except when $\text{Al}^{3+}$ or $\text{Fe}^{3+}$ are present
TIC	Total inorganic carbon
TOC	Total organic carbon
COD	Chemical oxygen demand. Measured as chemical reduction of permanganate or dichromate solution, and expressed in oxygen equivalents
BOD	Biological oxygen demand.



# Analiz için alınan su örneklerinin kimyasal parametrelerinin korunması

Parameter	Conservation/field analysis
$\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ $\text{NH}_4^+$ , $\text{Si}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ Heavy metals $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Cl}^-$ $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$	Acidify to pH <2 in polyethylene container (preferably $\text{HNO}_3$ for AAS or ICP-analysis). Acidify to pH <2 in glass or acid rinsed polypropylene container. Cool to 4°C. Store cool at 4°C and analyze within 24 hours or add bactericide like thymol. (Note that $\text{NO}_3^-$ may form from $\text{NH}_4^+$ in reduced samples. $\text{NO}_2^-$ may self-decompose even when a bactericide is added.)
$\text{H}_2\text{S}$	To avoid degassing, collect sample in a Zn-acetate solution, precipitating ZnS. Spectrophotometry in the field or later in the laboratory.
<i>TIC</i>	Dilute sample to <i>TIC</i> < 0.4 mmol/L. (This effectively reduces $\text{CO}_2$ pressure, and prevents the escape of $\text{CO}_2$ ).
Alkalinity $\text{Fe}^{2+}$	Field titration with the GRAN method (Stumm and Morgan, 1996) Spectrophotometry in the field. Alternatively determined as Fe-total in an acidified sample.
pH, Temp., <i>EC</i> , $\text{O}_2$ $\text{CH}_4$	Field measurement in a flow cell. Unfiltered sample collected avoiding degassing, then acidified.



# Suda Çözünen Elementlerin Kökeni

Element	Köken	Azalması
$Ca^{+2}$	Karbonatların çözünmesi Jipsler, piroksen, amfibol, feldspat, dolomit, kil mineralleri	İyon değişimi Karbonat minerallerinin çökmesi
$Mg^{+2}$	Karbonat minerallerinin çözünmesi Olivin, piroksen, amfibol, magnezit, kil mineralleri	İyon değişimi
$Na^{+}$	Killer, feldspat (albit), evaporit (halit), endüstriyel atıklar, mirabilit ( $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ )	İyon değişimi
$K^{+}$	Feldspat, k-evaporitler, gübreler, feldspatoid, bazı mikalar, kil mineralleri, silikatların çözünmesi	İyon değişimi
$SiO_2$	Silikatların hidrolizi, Amorf silika (çört, opal), feldspat, ferromagnezyum, kil mineralleri	
$Fe$	Sülfitlerin oksidasyonu Hematit ve pirit, demir boruların korozyonu, derinlik kayaları: amfibol, ferromagnezyumlu mikalar, demirli sülfid, demirli sülfid veya demirli pirit, magnetit, Kumtaşı: oksitler, karbonatlar, Sülfitler veya demirli kil mineralleri	
$Cl^{-}$	Deniz suyu, gübre, yağış, doğal acı sular, yol tuzlaması, rüzgarlar tarafından taşınan malzeme, evaporit çökelleri, kirlilik, derinlik kayalarından minör miktarda	İnert-konzervatif
$SO_4^{-2}$	Sülfid yataklarının oksidasyonu, jips, anhidrit, deniz suyu, rüzgarla taşınan maddeler, piritin oksidasyonu, bakteriyel indirgenme, gübreler	Çok indirgen şartlar haricinde konzervatif
$HCO_3^{-}$ $CO_3^{-2}$	Kireçtaşı, dolomit çözünmesi, zemin ve atmosferik $CO_2$	Karbonat minerallerinin çökmesi
$NO_3^{-}$	Sentetik ve organik gübre, gübre kaynaklı $NH_4$ nitrifikasyonu, rüzgarla taşınan maddeler, amonyumun oksidasyonu, kirlilik oluşumu, baklagiller ve bitki artıkları, hayvan dışkısı	Anaerobik şartlarda denitrifikasyon (nitratın amonyuma dönüşmesi)



# Grafiksel Deęerlendirmeler

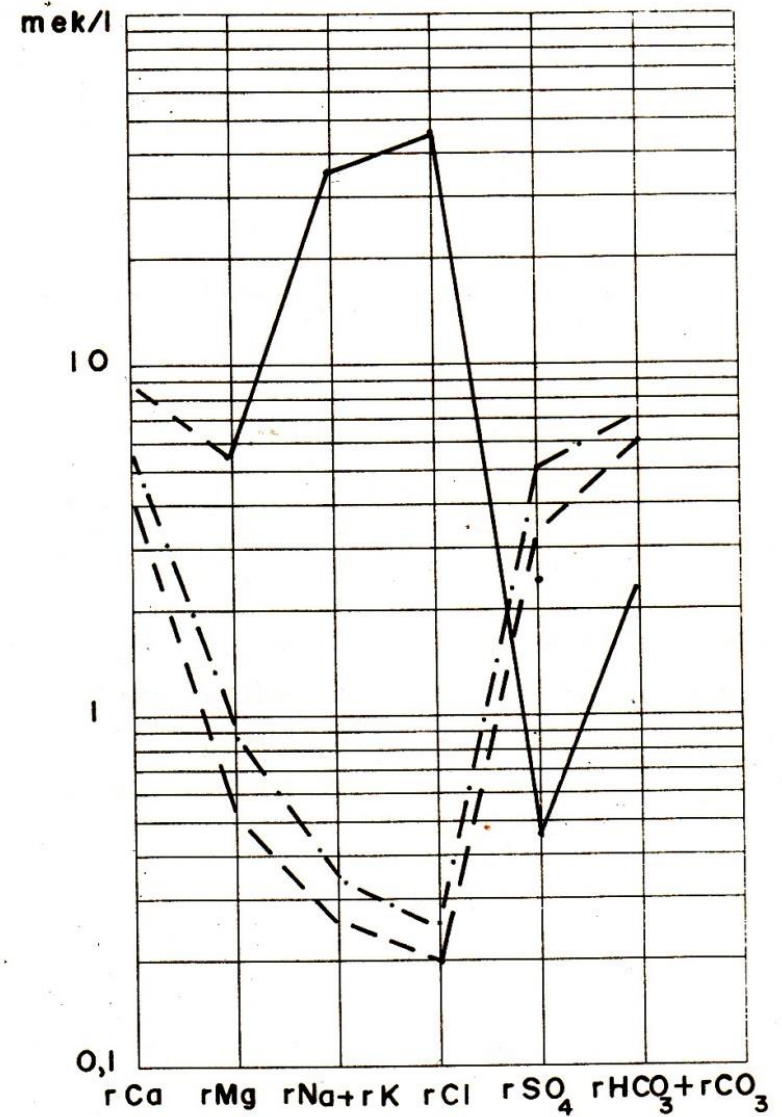
- ❖ Üçgen Diyagram,
- ❖ Schoeller diyagramı,
- ❖ Piper Diyagramı,
- ❖ Bar Diyagramı,
- ❖ Dairesel Diyagram,
- ❖ Stiff Diyagramı

*Su Hayattır...*



# Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramı (örnek uygulama)

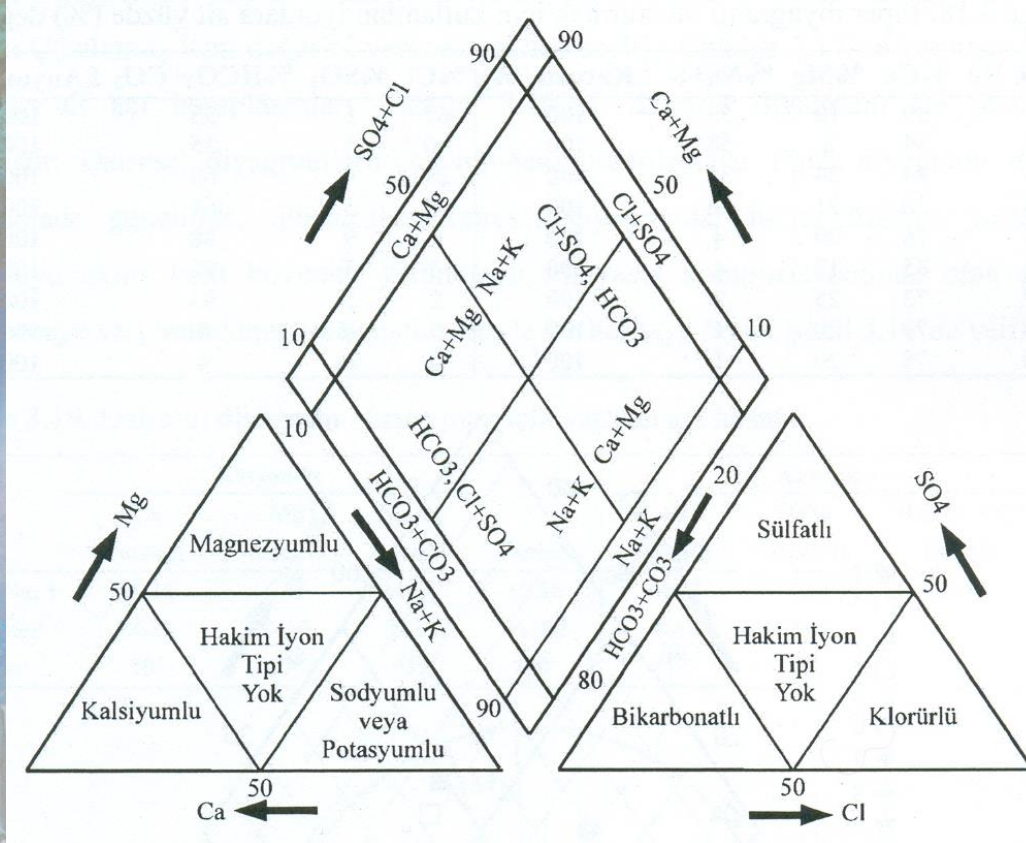
Canik (2007)



Schoeller diyagramı



# Piper Diyagramı

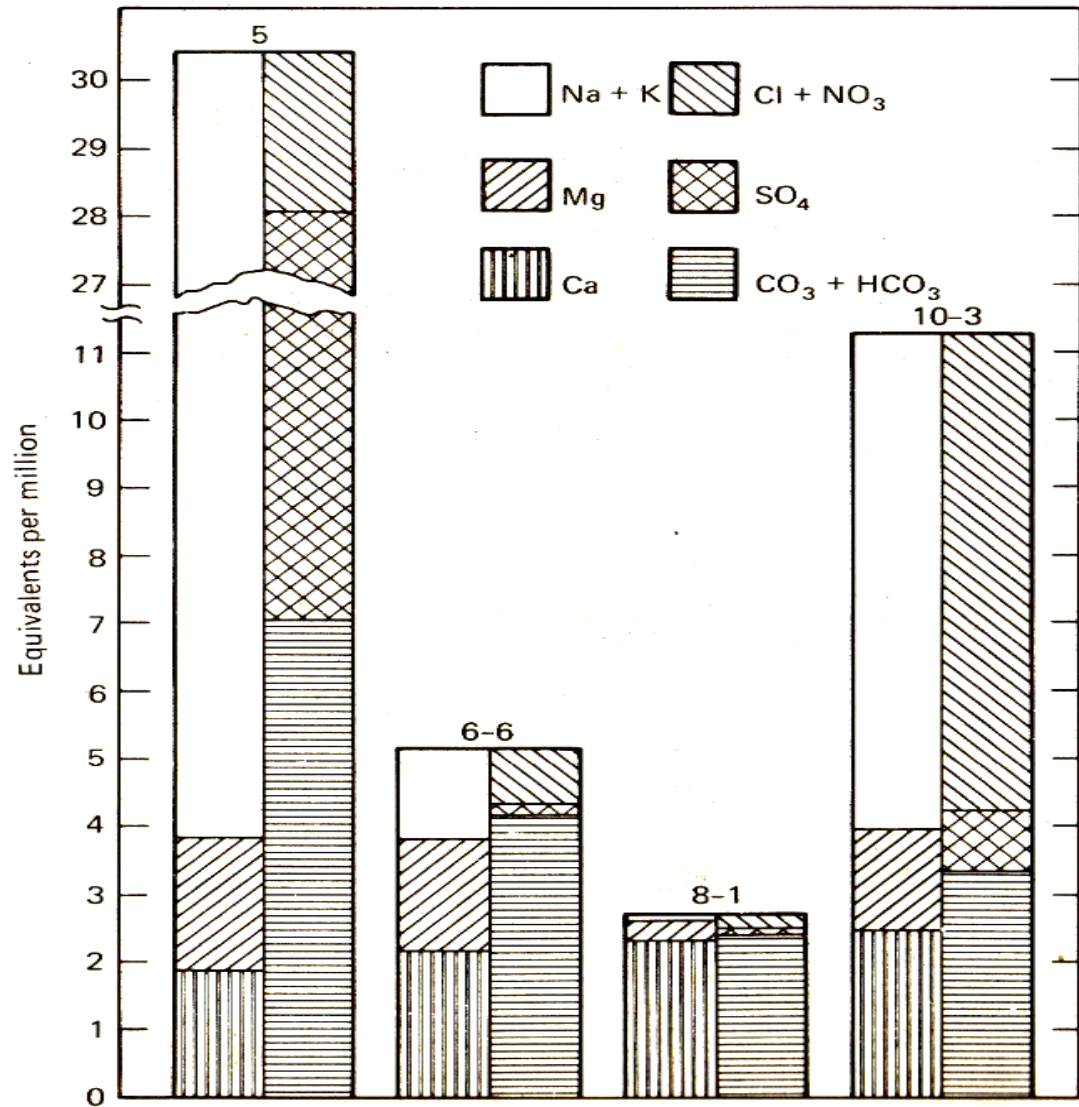


Domenico and  
Schwarz (1990)

*Su Hayattır...*



# Bar Diyagramı

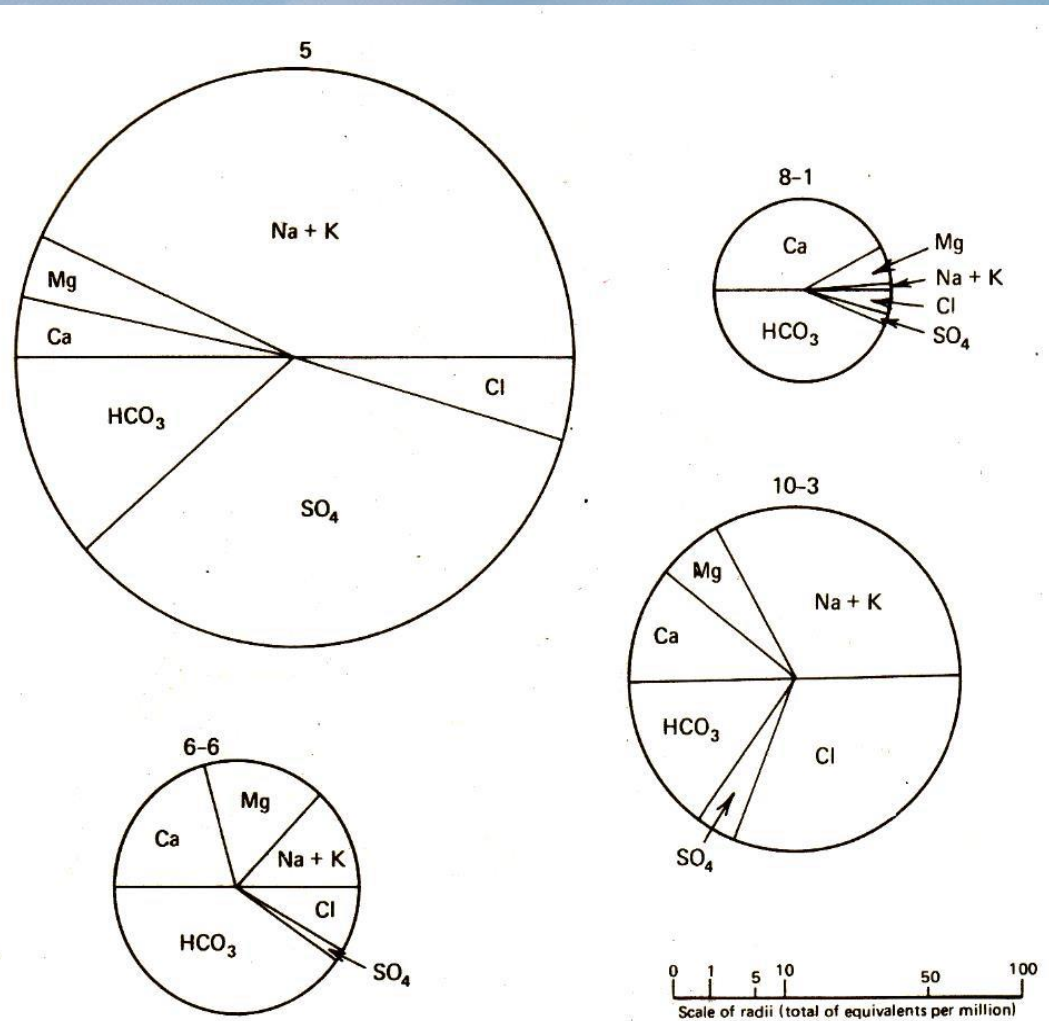


**Fig. 7.3** Vertical bar graphs for representing analyses of groundwater quality (after Hem<sup>23</sup>).

Hem (1985)



# Dairesel Diyagramlar

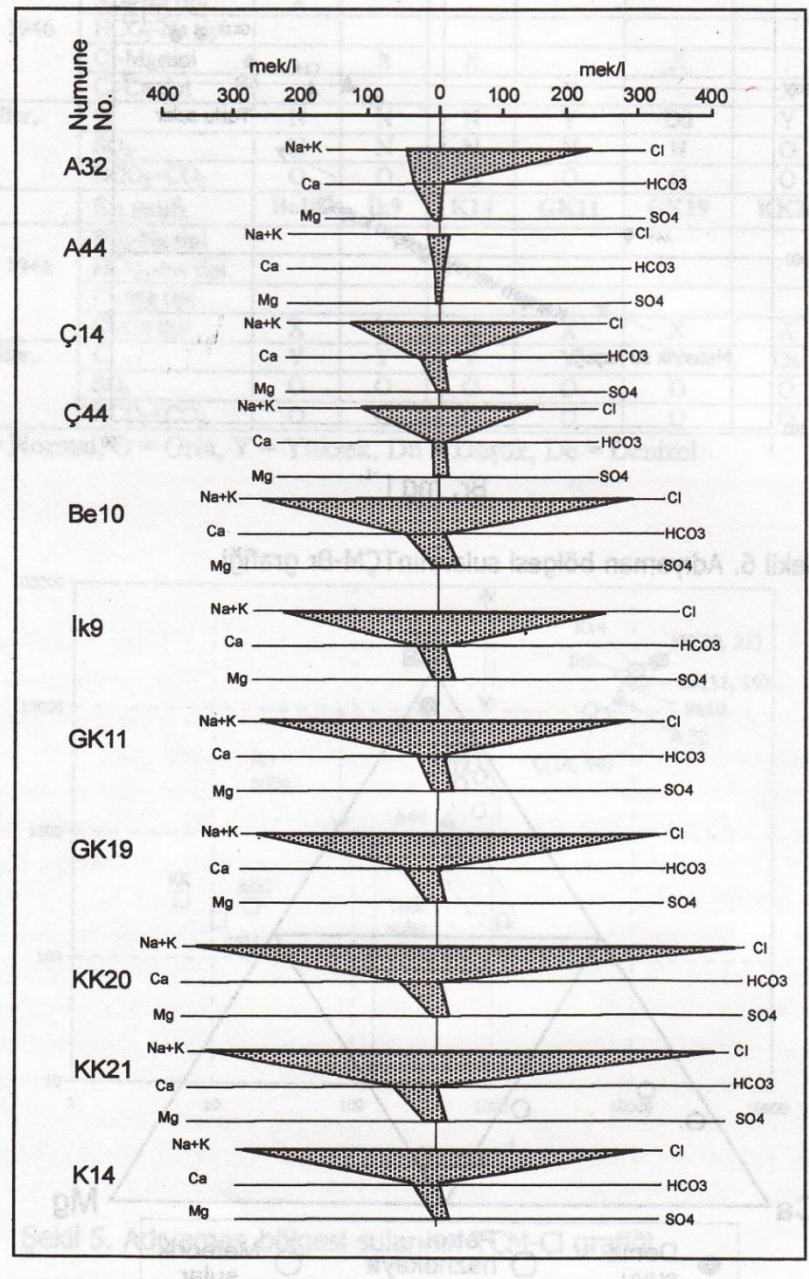


**Fig. 7.6** Circular diagrams for representing analyses of groundwater quality (after Hem<sup>23</sup>).

Hem (1985)



# Stiff Diyagramı



Çelik (2001)