

Alkalmazott földtudományi modul

# **Bevezetés a hidrogeológiába**

*Kreditkód: gg1n1K34*

***Földtudomány BSc***

*3. szemeszterben*

meghirdetett kurzus

***10.TK. Mérések a hidrogeológiában***

Előadó és az elektronikus tananyag összeállítója:

*Mádlné Dr. Szőnyi Judit*

egyetemi docens

társelőadó: Zsemle Ferenc tanársegéd

# 10.EA. Mérések a hidrogeológiában

*10.1. Milyen célból mérünk, mire használjuk eredményeinket ?*

## 10.2. Hidrológiai módszerek

10.2.1. Csapadékmérés

10.2.2. Evapotranspiráció meghatározása

10.2.3. Lefolyás meghatározása

## 10.3. A vízkémiai elemzések célja és eredményeinek bemutatása

10.3 1. A vízkémiai elemzés célja

10.3 2. TDS és SC, töltésegyensúly hibája

10.3.3. Piper-diagram

10.3 4. Stiff-diagram

10.3 5. Magyarországon elterjedt ábrázolások

10.3 6. Víz típusok

## **Módszerek és technikák alkalmazásának célja:**

- felszín alatti vízkutatás, kiaknázás (ivóvíz, termálvíz, geotermikus energia hasznosítás)
- mérnökgeológiai problémák megoldása (pl. lejtőállékonyság, mélyalapozás)
- környezetvédelmi, környezeti rehabilitációs célok (felszín alatti vizeket ért szennyezések, felmérése, elhárítása)
- erdő- és mezőgazdasági célok (fafajok telepítése, agrár környezetvédelem, szikesedési problémák kezelése, területhasználat tervezés)
- ásványkutatás (pl. petroleum hydrogeology).

A **hidrogeológiai mérési módszerek ismeretére** problémamegoldó **szakértőként**, vagy **döntéshozóként** lehet szükség.

Vázlatos kép a komplex módszertanról (+ további tanulmányok):

- *hidrológiai módszerek* (+ meteorológia, hidrológia)
- *geofizikai módszerek* (+ geofizika)
- *geológiai módszerek* (+ geológia)
- *hidrogeológiai módszerek* ( + kúthidraulika, vízkémia, geokémia)
- numerikus szimulációs módszerek
- matematikai statisztikai módszerek

# 10.EA. Mérések a hidrogeológiában

10.1. Milyen célból mérünk, mire használjuk eredményeinket ?

## *10.2. Hidrológiai módszerek*

10.2.1. Csapadékmérés

10.2.2. Evapotranspiráció meghatározása

10.2.3. Lefolyás meghatározása

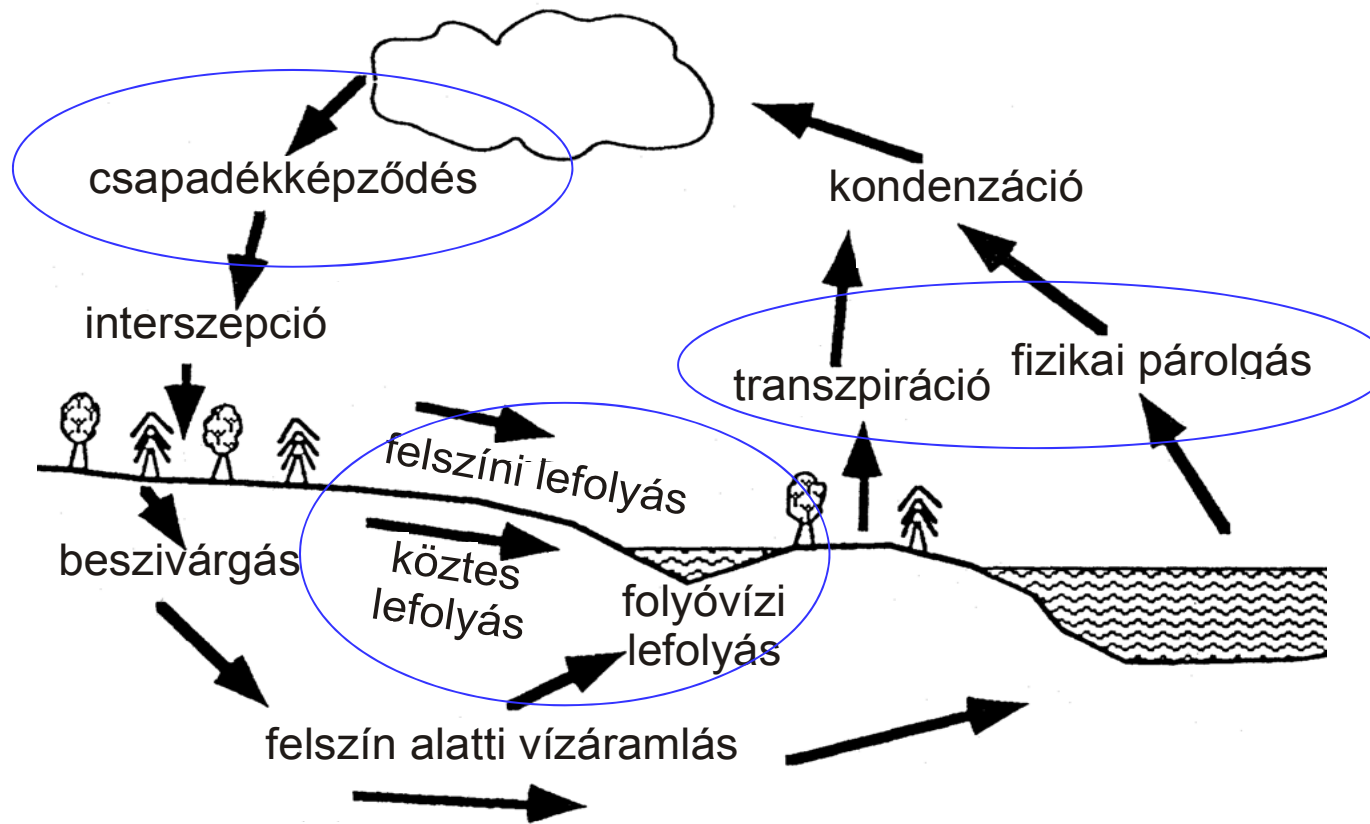
# Geohidrológia - a hidrológiai egyenlet alkalmazásán alapul

- Geohidrológia tárgya: a hidrológiai ciklus földfelszín feletti és alatti elemei közötti kapcsolatok kutatása.
- A hidrológiai/víz mérleg egyenlet: a hidrológiai ciklus értékelésének kvantitatív jelentést biztosít a tömegmegmaradás elve alapján (adott térrészre, adott időtartamra)

$$BE = KI \pm \Delta S$$

- Cél: ismerkedjünk meg a víz mérleg egyenletben szereplő főbb vízmennyiségek (*csapadék*, *evapotranszspiráció*, *lefolyás*) meghatározási módjával

# A vízkörforgalom méréssel értékelt folyamatai



# 10.EA. Mérések a hidrogeológiában

10.1. Milyen célból mérünk, mire használjuk eredményeinket ?

10.2. Hidrológiai módszerek

*10.2.1. Csapadékmérés*

10.2.2. Evapotranspiráció meghatározása

10.2.3. Lefolyás meghatározása

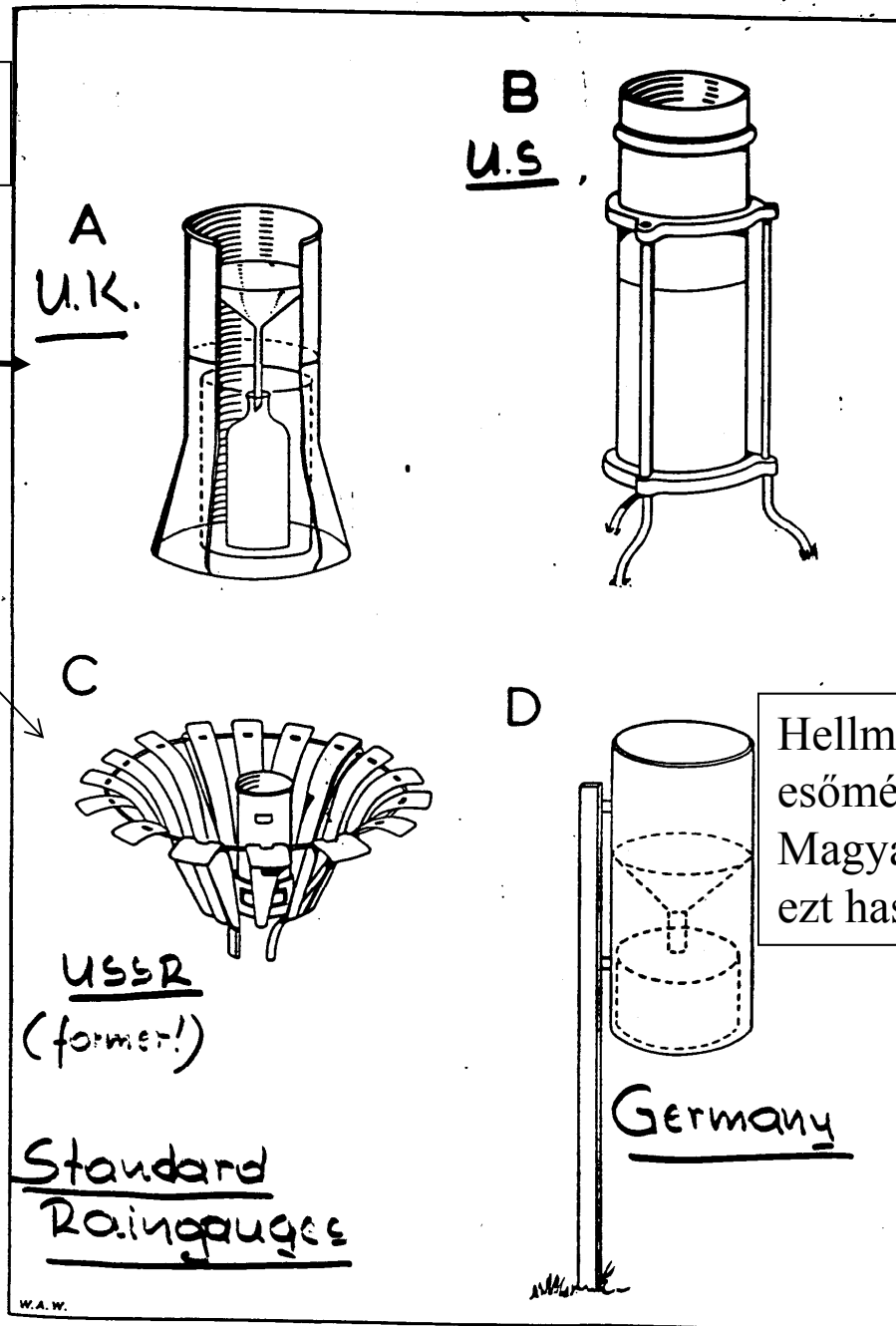


# Csapadékmérés

Ombrométer: standard csapadékmérő edények

Ombrográf: tömegmérés elvén működő, csapadékhullás:  
- kezdete, vége, mennyisége  
- intenzitása leolvasható

Totalizátor: lakatlan területeken hosszú időtartam alatt lehullott csapadék összegyűjtése  
gond: fagyás (NaCl), párolgás (paraffin)



Hellman-féle esőmérő  
Magyarországon is ezt használjuk

Fig. 2.10. Four types of standard rain gauge: (A) British Meteorological Office, (B) US Weather Bureau, (C) USSR Tretyakov gauge, and (D) German Hellman gauge. (From an original diagram by J. C. Rodda in R. J. Chorley (Ed.), *Water, Earth and Man*, Methuen, London, 1969.)

## Hómérés

- a hó felhalmozódása a felszínen fontos hidrológiai tényező
- magashegységi területeken: az olvadó hóból származó lefolyás a felszín alá szivároghat, a források alakjában felszínre jutva → a közüzemi vízellátás, öntözés és energiatermelés forrása.
- nagyvastagságú felhalmozódása és gyors elolvadása árvízveszélyt okozhat

Hómérés: tél folyamán periodikusan, vastagság és víztartalom méréseket jelentenek → kiszűrő mintavétel

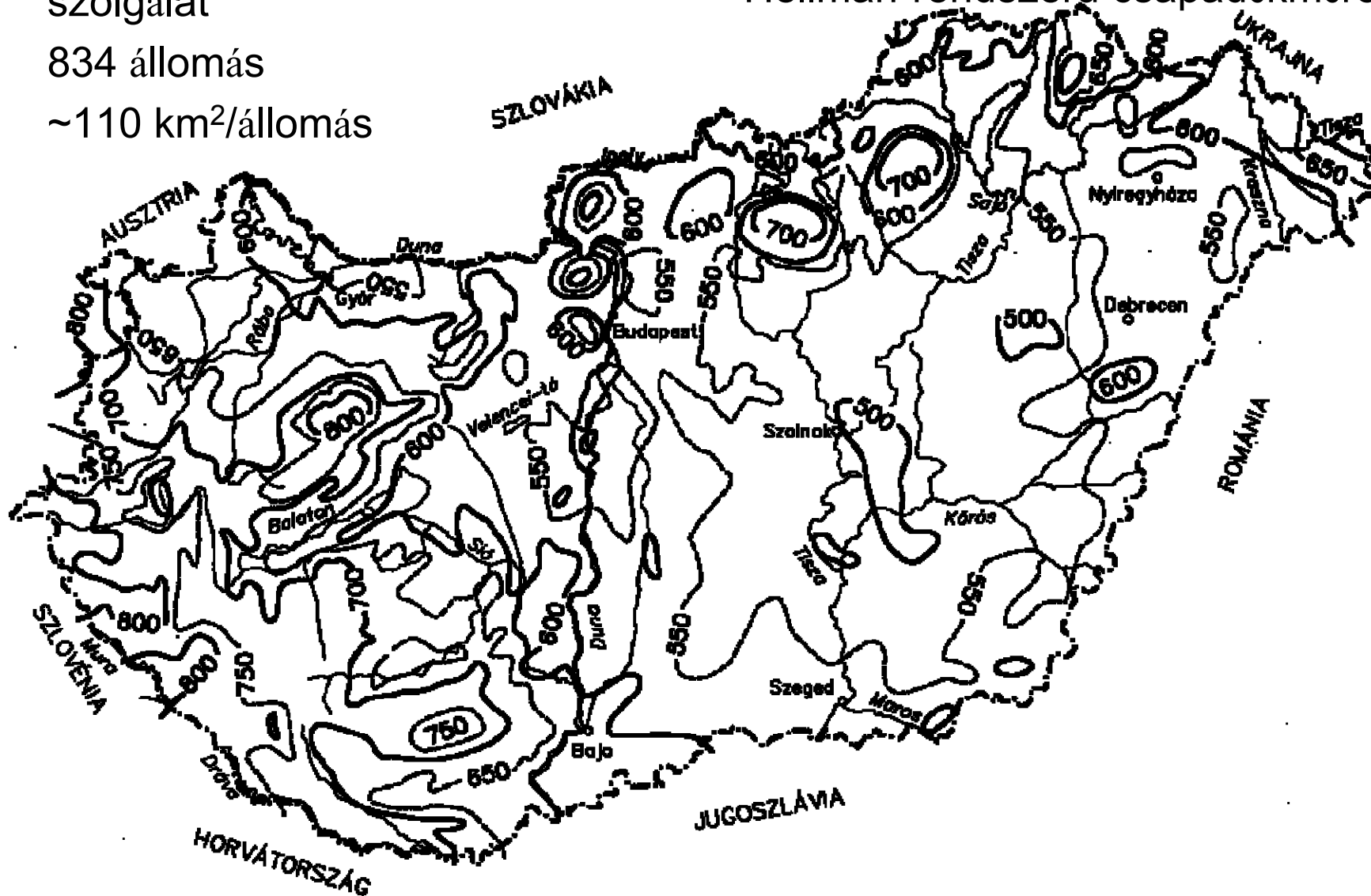
### Értékelés:

- a szilárd csapadék a vizsgálati időpont előtt, a negatív napi középhőmérsékletű időszak folyamán lehullott csapadék vízértéke
- a hóolvadásnál a csapadék időtartamát a hó elolvadásának időtartama helyettesíti

A sokévi átlagos csapadék (**500-800mm**)  
eloszlása mm-ben (Stelczer, 2000)

- Országos Meteorológiai  
szolgálat
- 834 állomás
- ~110 km<sup>2</sup>/állomás

- Ombrométerek és ombrográfok
- Hellman-rendszerű csapadékmérő



# 10.EA. Mérések a hidrogeológiában

10.1. Milyen célból mérünk, mire használjuk eredményeinket ?

10.2. Hidrológiai módszerek

10.2.1. Csapadékmérés

*10.2.2. Evapotranspiráció meghatározása*

10.2.3. Lefolyás meghatározása

# Evapotranszspiráció meghatározása

**potenciális evapotranszspiráció (Thorntwait)**: talajnedvesség korlátozása nélkül adott klímán előforduló maximális ET

**aktuális evapotranszspiráció**: a tényleges talajnedvesség viszonyok mellett adott klímán előforduló maximális ET

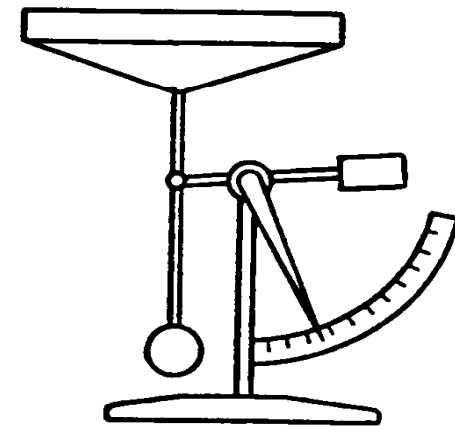
A vízmérleg legpontatlanabban meghatározható komponense.

Tárgyalt módszerek:

- Vízfelület párolgása mérőedényben → szabad vízfelület párolgása
- Liziméteres vizsgálatok → talajfelszín evapotranspirációja

Vízfelület párolgása mérőedényben → szabad vízfelület párolgása  
azaz potenciális ET

párolgató edény:  
- elhelyezés szellős árnyékoló  
házikóban  
- felszín felett 2 m-rel  
nem természetes → vitatott  
eredmények



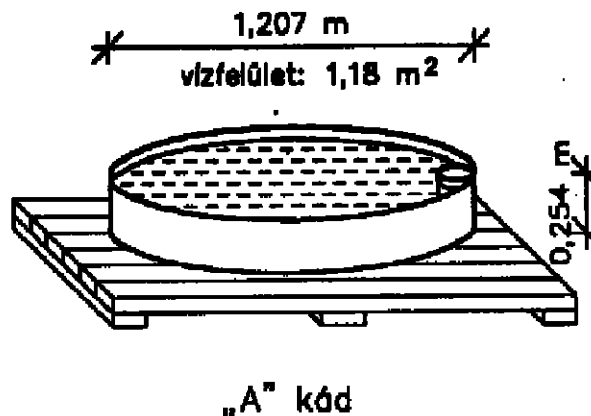
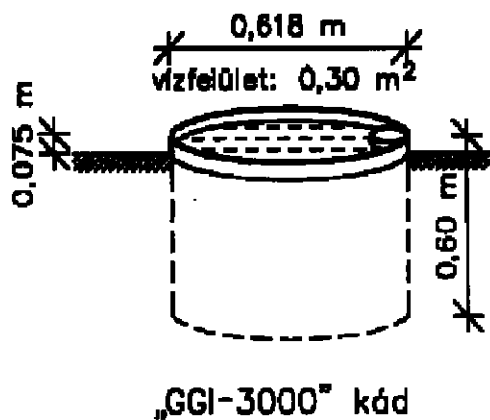
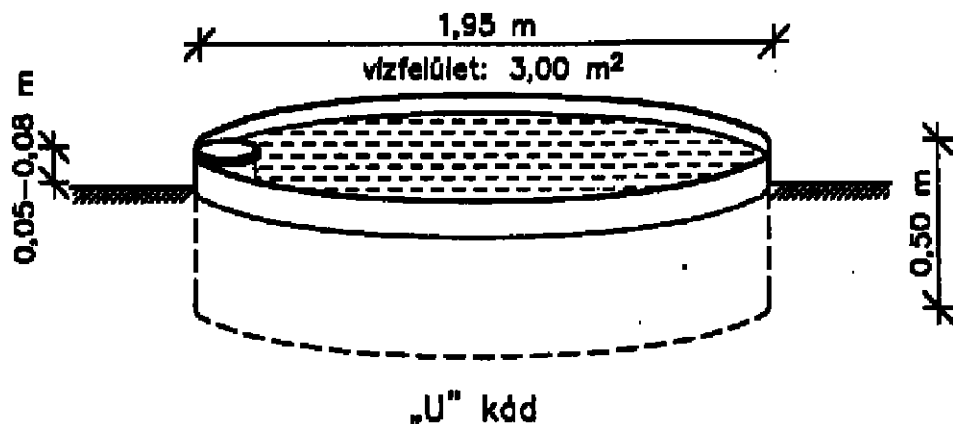
**A WILDE-féle  
párolgásmérő elvi vázlata**

(Juhász, 2002)

# Párolgató kádak talajba süllyesztve, szárazföldi vízfelület párolgás azaz potenciális ET meghatározása

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) által ajánlott tartályok: (összehasonlítható eredmények érdekében)

- párolgásmérő kádak



Elhelyezés:  
-szabadban -  
talajfelszínre helyezve,  
talajba süllyesztve,  
vízfelszínen úszva  
- meteorológiai  
állomások mellé,  
közelébe eredményeik  
kielégítőbbek

Kádészlelések  
Magyarországon:  
-ápr.1.-okt.31. között

(Stelczer, 2000)

# Liziméteres vizsgálatok → talajfelszín evapotranspirációja

P=precipitation/csapadék

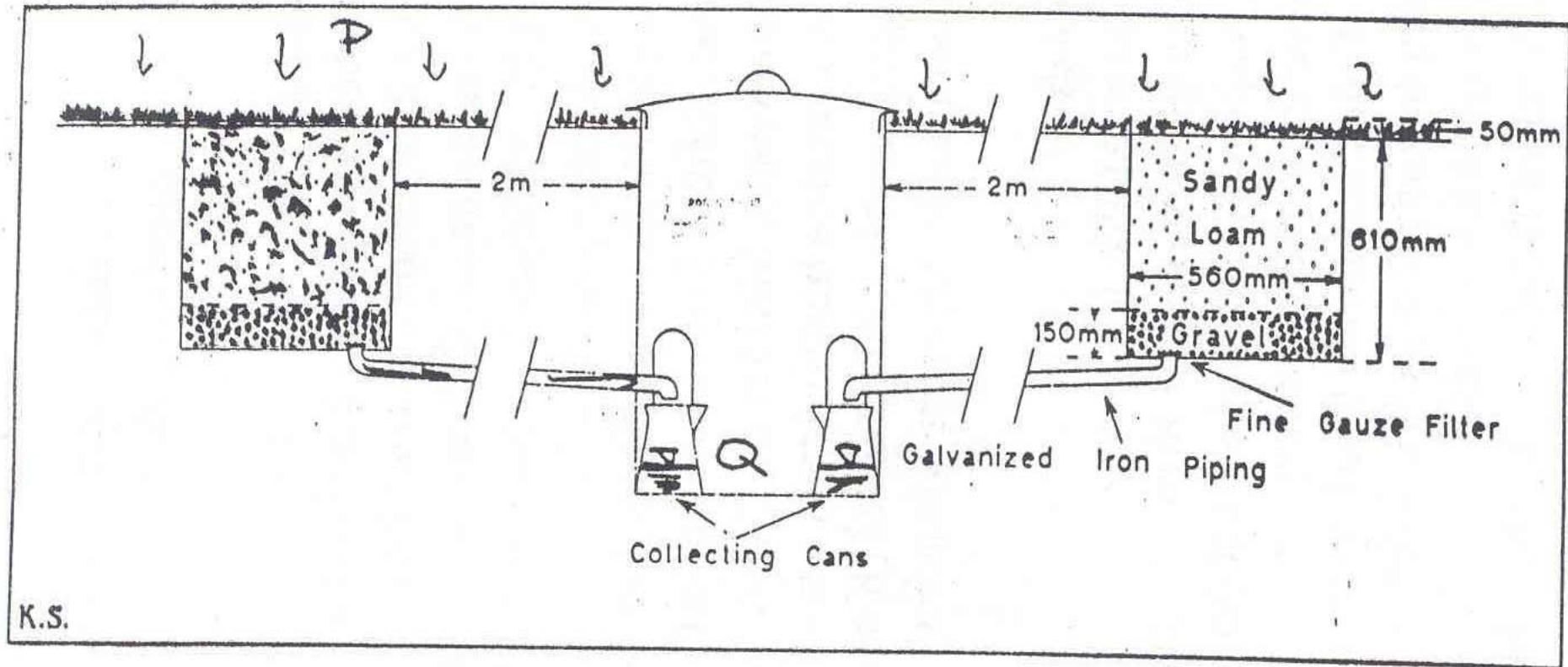


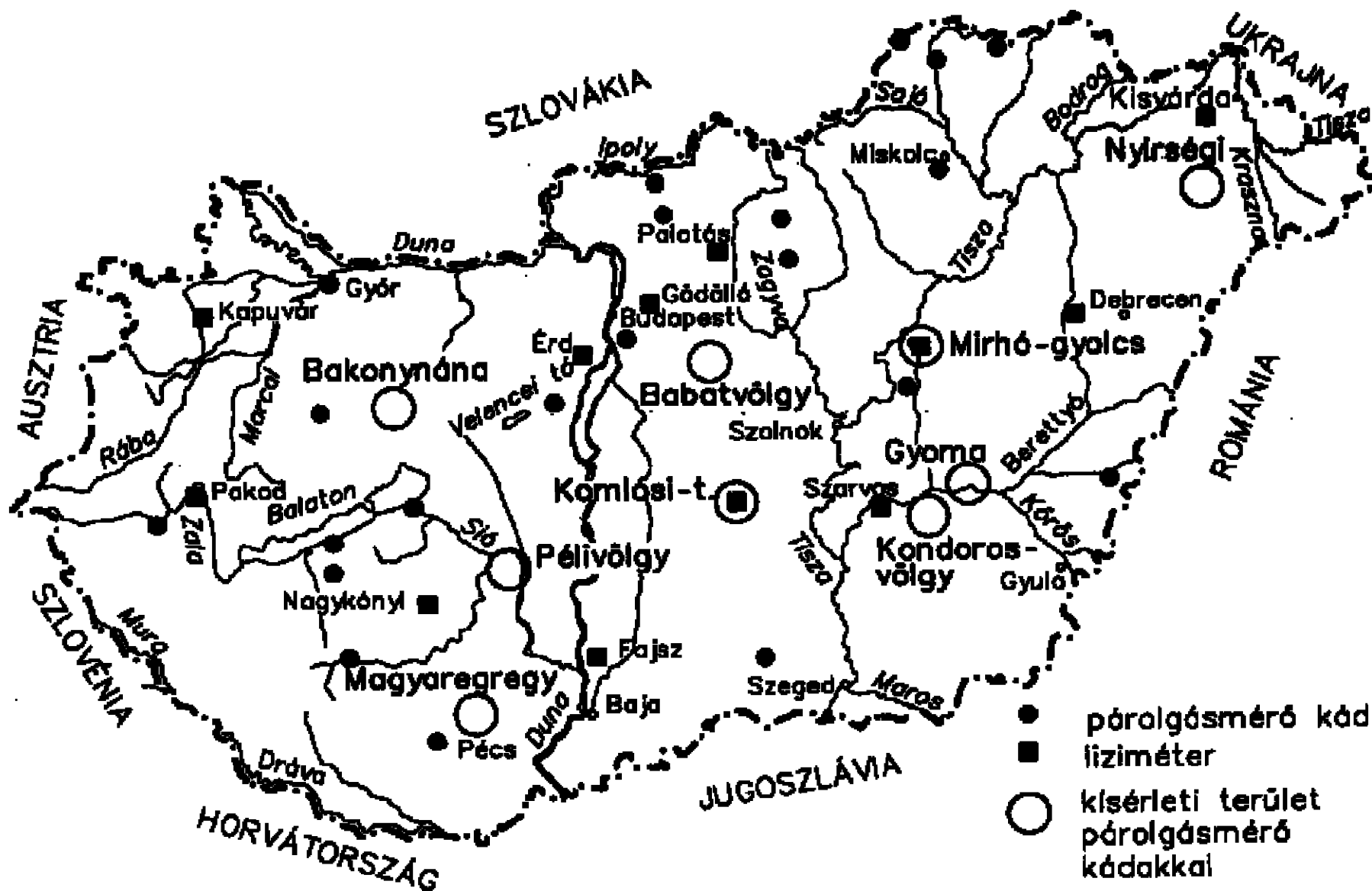
Fig. 5.3. Diagram of an evapotranspirometer showing two soil tanks; a third soil tank ensures a greater degree of reliability.

Also: Lysimeter or drain gauge

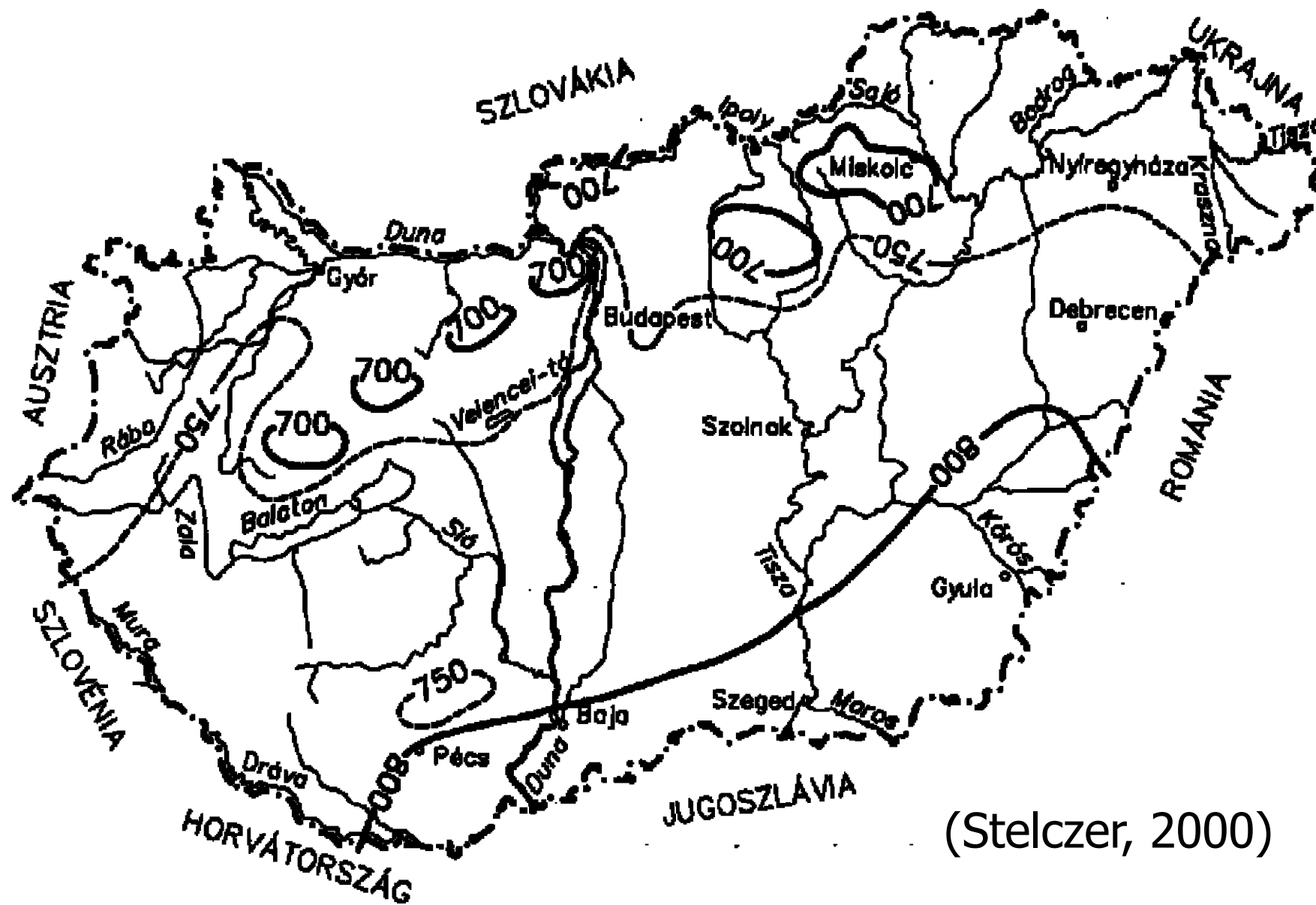
$$ET = P - Q$$



# Liziméterhálózat Magyarországon (Stelczer, 2000)



A lehetséges evapotranszpiráció sokévi átlagértékei Magyarországon (Stelczer, 2000): átlag 700 mm körüli max. 900 mm



(Stelczer, 2000)

# 10.EA. Mérések a hidrogeológiában

10.1. Milyen célból mérünk, mire használjuk eredményeinket ?

10.2. Hidrológiai módszerek

10.2.1. Csapadékmérés

10.2.2. Evapotranspiráció meghatározása

*10.2.3. Lefolyás meghatározása*

# Lefolyás: szárazföldi, köztes, folyóvízi (felszín alatti vízáramlás)

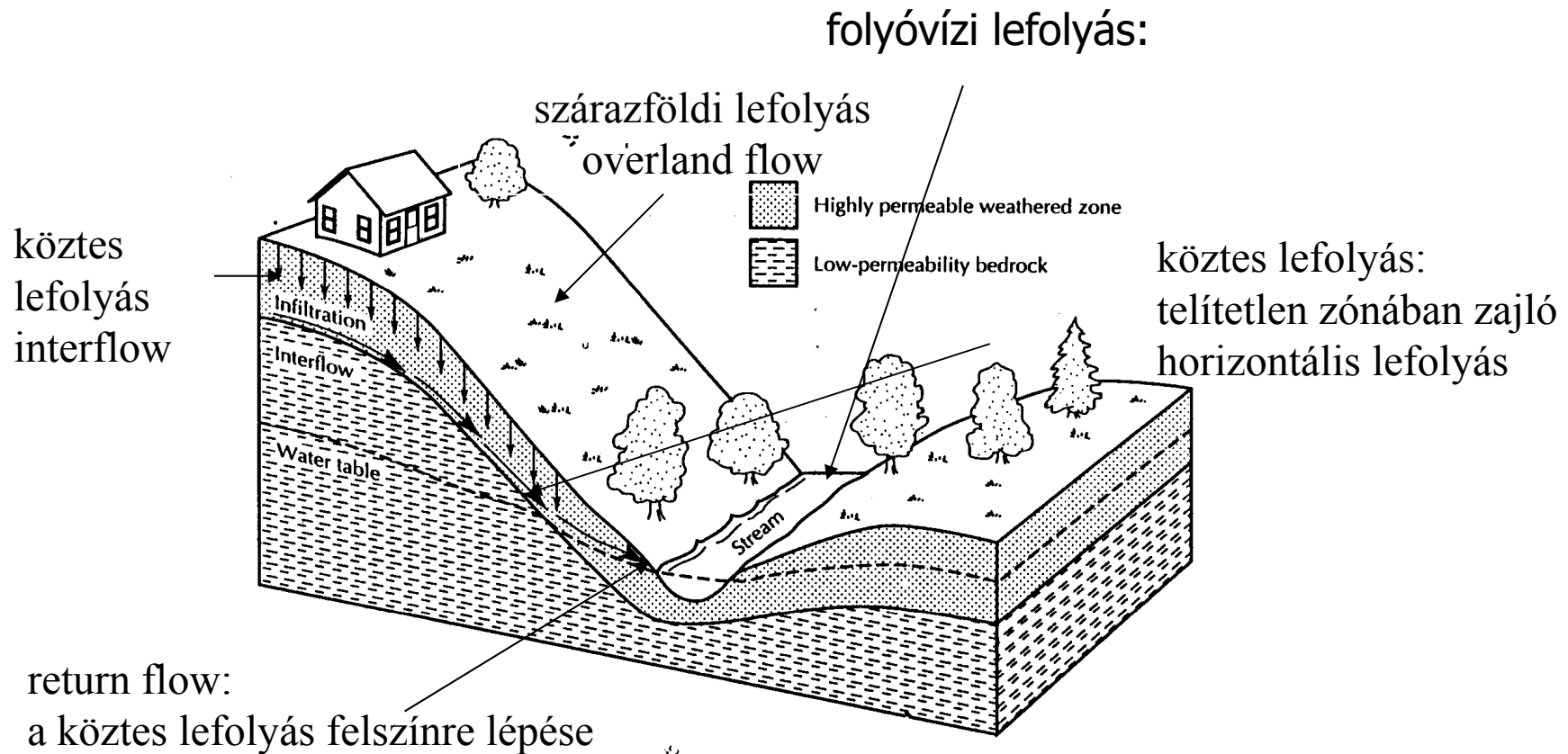


FIGURE 3.4 Interflow developing where a highly permeable but thin layer of weathered rock overlies a bedrock unit of lower permeability.

(Fetter, 1994)

# Vízhozammérés folyókon

A folyó vagy a patak vízhozama az a víztérfogat, amely egységnyi idő alatt átáramlik a meder adott szelvényén, az áramlási keresztmetszet és a vízáramlás sebességének a szorzata.

A vízhozammérő szelvények sűrűsége a vízfolyás mentén

- egyenlő arányban kell megosztani kis és nagy vízfolyások között
- topográfiai és éghajlati viszonyok figyelembe vétele szelvény kijelölésekor
- valamennyi magassági övezetet képviseljenek
- vízfolyás hidrológia jellegének megváltozásakor
- országhatár metszésekor

A vízhozammérés gyakorisága

- a vízhozam évszakos sajátosságaitól, változékonyságától
- árvizek idején napi rendkívüli mérések végzése
- WMO ajánlás (1974): évente legalább 10 mérés állomásomként

## A vízhozammérési módszerek:

1. *vízsebesség mérésén alapuló*
2. *híguláson alapuló*
3. *műtárgy segítségével*

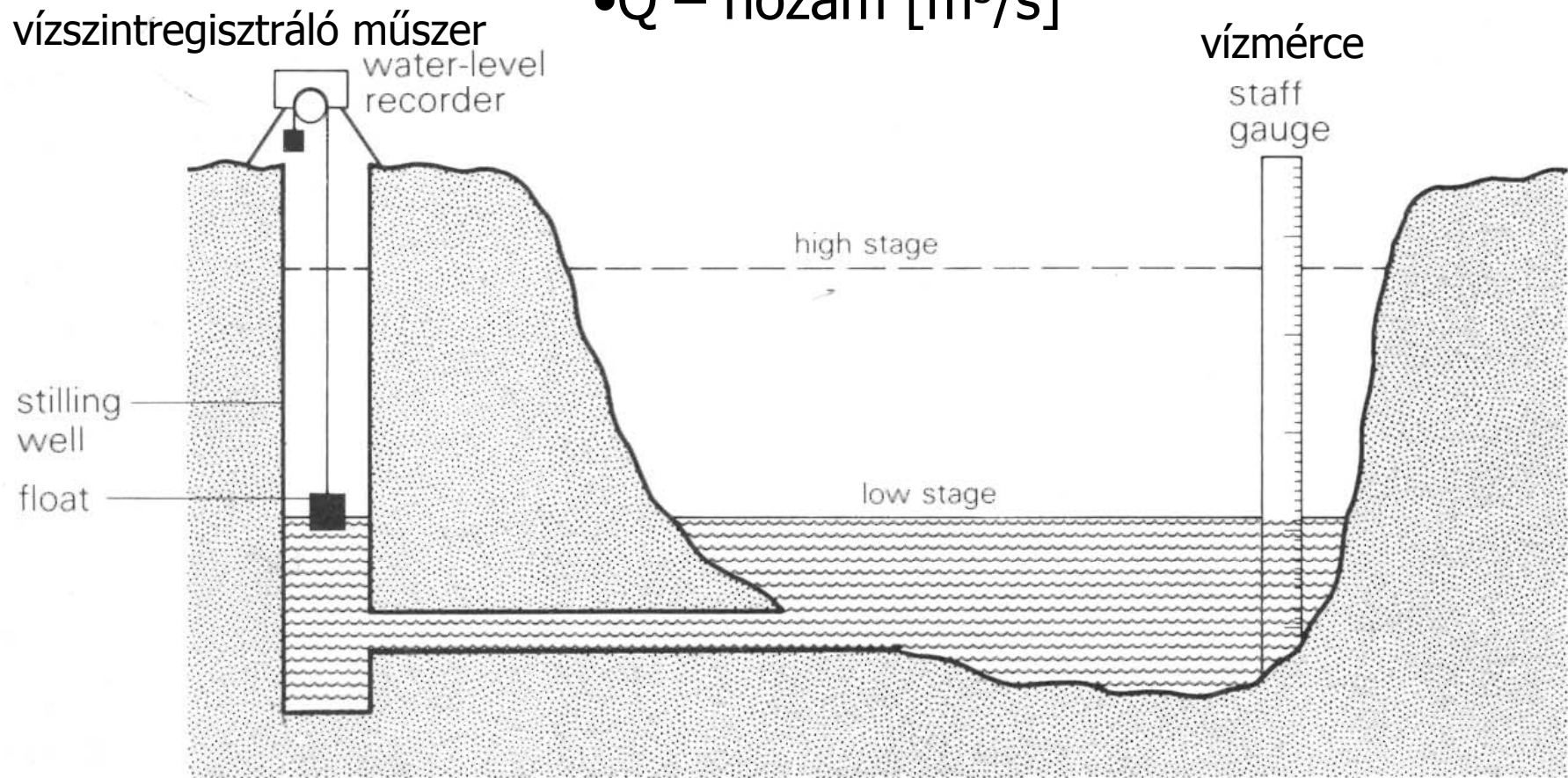
## A vízhozammérési szelvények kijelölése

- a szelvény közvetlen közelében állandó vízmérce legyen
- a szelvényben a mederváltozás a lehető legkisebb legyen
- a vízfolyás egyenes szakaszán létesüljön (így a keresztshelvényre a sebességvektorok merőlegesek)
- szabályos mederalak

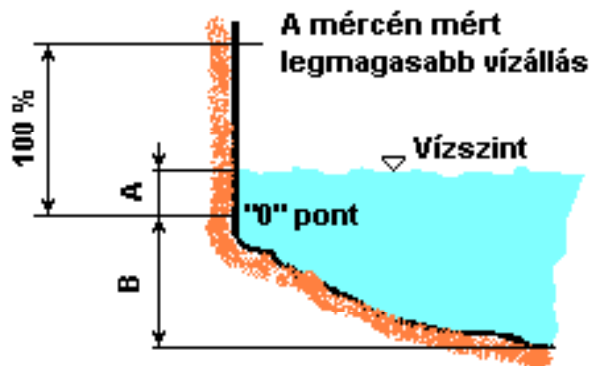
# Folyó vagy patak vízhozamának meghatározása vízhozammérési keresztszelvény mentén

$$Q = A * v$$

- A – nedvesített keresztmetszet [m<sup>2</sup>]
- v – a vízáramlás sebessége [m/s]
- Q – hozam [m<sup>3</sup>/s]



Egy vízfolyam keresztszelvénye egy vízhozam-mérőállomásnál, Price (1985)



**A: A vízmércén mért vízállás**

**B: A "0" pont alatti vízmélység a vízmérce mederszevényében**

A vízmérce „0” pontját az eddig mért legkisebb vízálláshoz illesztve határozzák meg. A vízállást ehhez viszonyítva centiméterben adják meg. A „0” pont alatti vízállások negatív előjelűek. Az adott vízmérce „0,,pontját tengerszint feletti magasság értékével is rögzítik.

Mederkitöltési tényező:

a vízmércén mért legnagyobb vízállás mederkitöltési tényezője 100%. A legkisebb mért vízszinthez tartozik a 0%.

A vízállások a mederkitöltési tényező függvényében:

- 0 – 20% igen alacsony
- 21 – 40% alacsony
- 41 – 60% közepes
- 61 – 80% magas
- 81 – 100% igen magas



Vízmérce az Ilmen (Thüringia)



Vízmérce a Lánchíd budai pillérének lábán



$$Q_{isz} = v_{isz} A_{isz}$$

$Q_{isz}$  = az "i." szelvényen átáramló víz mennyisége ( $m^3s^{-1}$ )

$v_{isz}$  = szelvénymenti középsebesség ( $ms^{-1}$ )

$$A_{isz} = d_{isz} l_{isz}$$

$d_{isz}$  = a szelvénymenti átlagmélység (m)

$l_{isz}$  = a szelvényszakasz hossza (m)

$A_{isz}$  = a szelvény területe ( $m^2$ )

A szelvénymenti középsebességet ( $v_{isz}$ ) és a szelvénymenti átlagmélységet ( $d_{isz}$ )

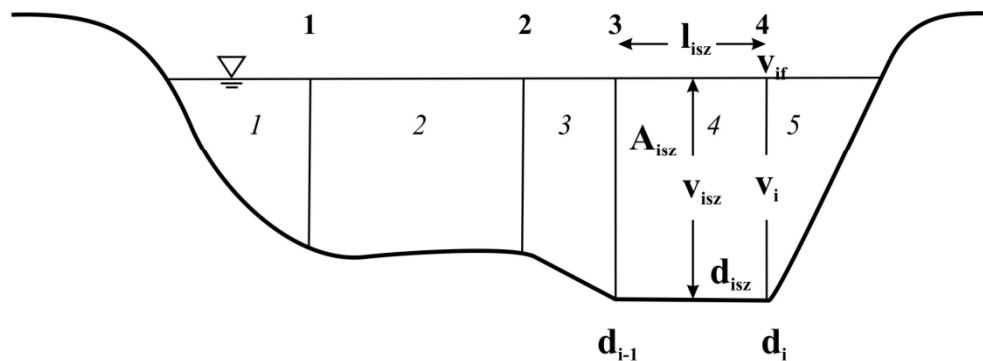
a szelvényt határoló függélyek középsebességének ( $v_i$ ) ill. mélységének ( $d_i$ ) átlagolásával kapjuk.

A szelvénymenti vízhozamok ( $Q_{isz}$ ) összegzésével kapjuk meg a teljes vízhozamot

$$Q = \sum Q_{isz}$$

$Q$  = a keresztstelvényen átáramló teljes vízhozam ( $m^3s^{-1}$ )

$n$  = a függélyekkel elválasztott szelvények száma



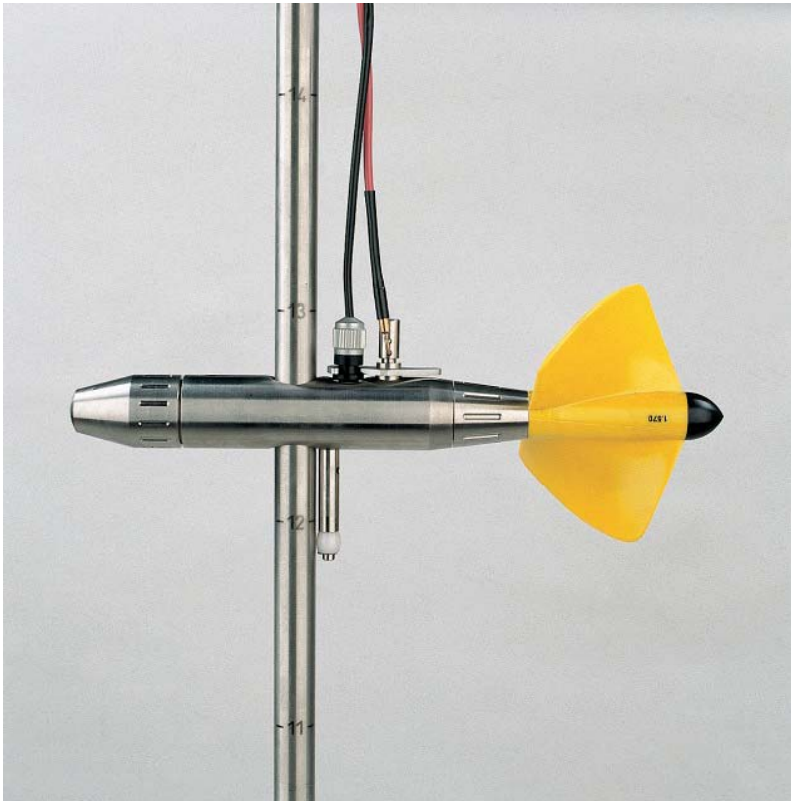
Jelmagyarázat: 3 – függély sorszám, 2 – szelvény sorszám,  $v_{if}$  – függélyre vonatkozó felszíni vízsebesség,  $v_i$  – függély középsebessége,  $d_i$  – függély mélysége,  $l_{isz}$  – szelvényszakasz hossza,  $d_{isz}$  – szelvénymenti átlagmélység,  $v_{isz}$  – szelvénymenti középsebesség,  $A_{isz}$  – szelvény területe

(Mádlné Szőnyi és Zsemle, 2007)

7. ábra: Vízfolyás keresztstelvény mérési függélyei a konkrét mérési feladatnál használt paraméterekke kiegészítve

# Vízáramlás sebességének mérése

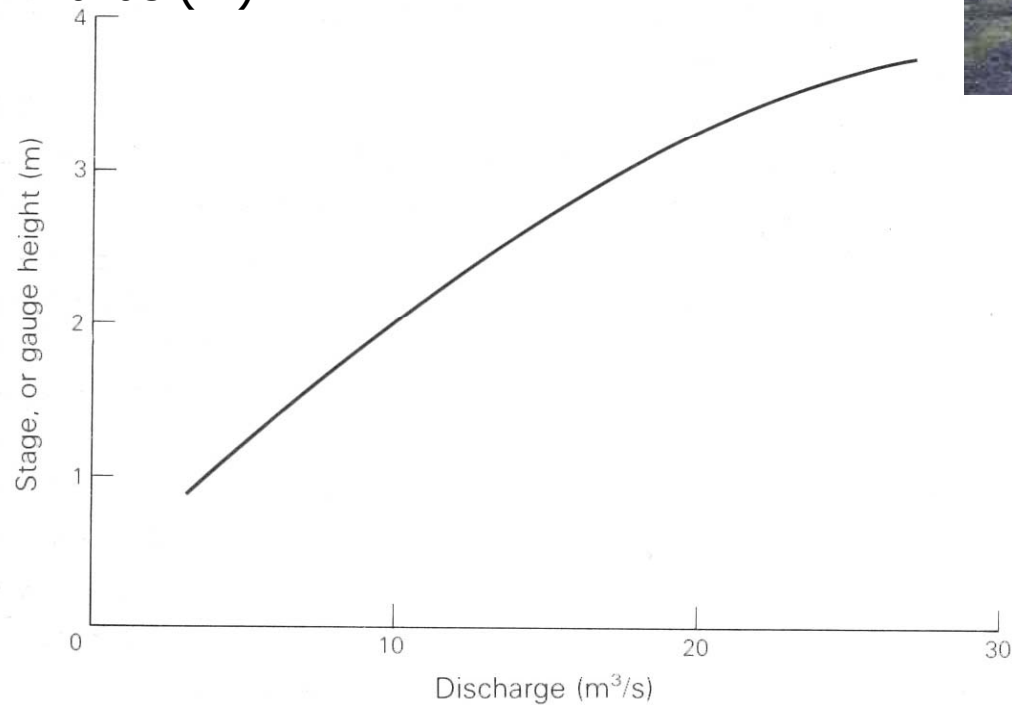
- vízen úszó tárgy
- forgóműves sebesség mérő**
- ultrahangos sebesség mérő



A vízállás és vízhozam ismerete a vízgazdálkodási foglalkozó szakembereknek fontos a vízhozam előre jelzés tekintetében: áradások előre jelzése, hajózási lehetőségek.



Vízállás (m)



Vízhozammérő-állomás

<http://www.environment-eferrer=/regions/anglian/1274735/314098/>

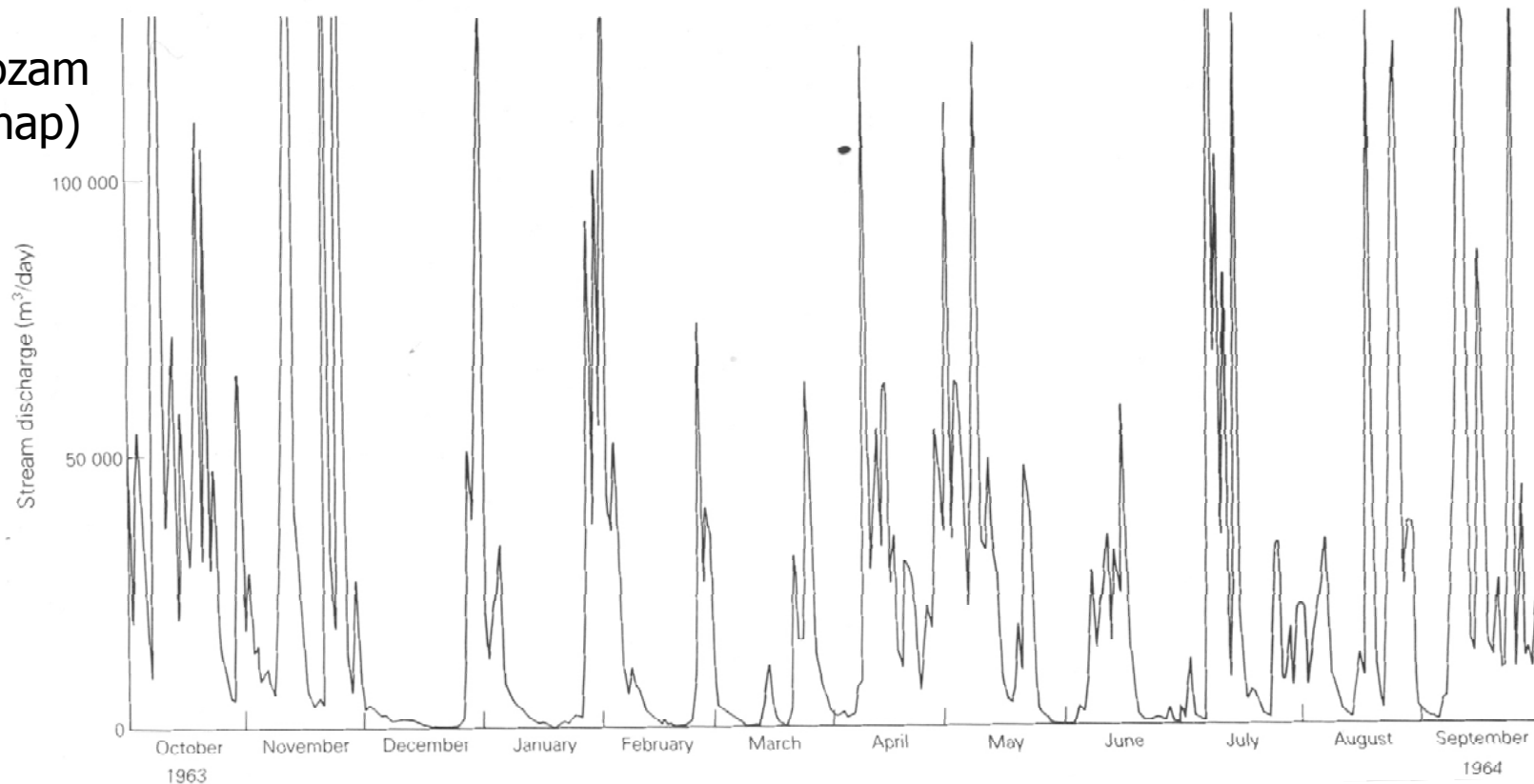
Vízhozam-vízállás görbe, Price (1985)

Vízhozam (m<sup>3</sup>/s)

## Vízhozam görbe/vízhozam hidrográf : $Q(t)$

- A vízállás egyszerűbben mérhető, mint a vízáramlás sebessége.
- Az egyes vízhozam-mérőállomásokon közvetlen összefüggés állítható elő a vízállás és a vízhozam között. Ezt az összefüggést felhasználva csak a vízállás mérésével a vízhozam értéket megkapjuk.

Vízhozam  
( $m^3/nap$ )



Vízhozam idősor  $Q(t)$  Price (1985)

Idő (nap)

# Vízhozammérés műtárggyal

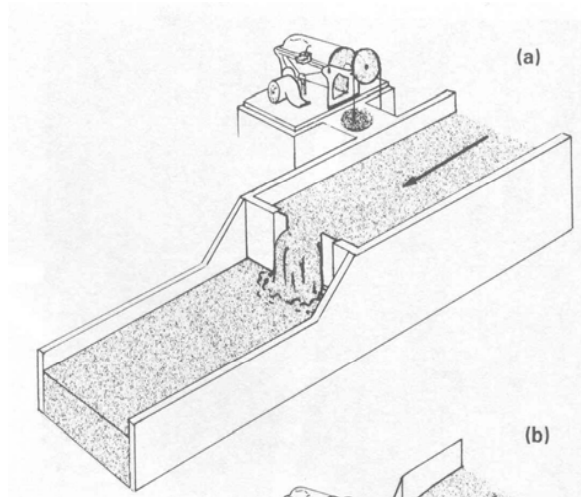
## Módjai:

- mérőzsilip, mérőbukó (ismert keresztmetszelen)
- a vízszintmérés és az ismert keresztmetszetre vonatkozó összefüggés alapján a vízhozam kiszámítható

## Fellépő problémák:

- költségesek
- ha a vízhozam szélsőséges értékek között változik, több műtárgyat kell beépíteni
- csak a vízfolyás szabályozásával létesíthetők
- üzembe helyezés után hitelesítő méréseket kell végrehajtani
- a műtárgy kimosódása

# Vízhozammérés műtárggyal



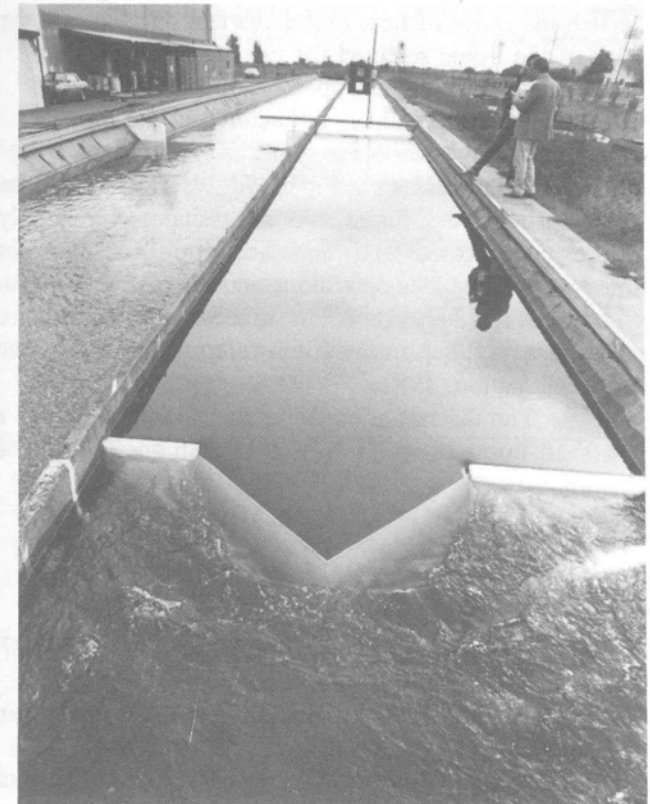
Watson et al., 1995)

mérőzsilip,  
(Watson et al., 1995)



zsilip a Meuse-on  
(Franciaország)

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Revin\\_Meuse\\_weir\\_20041230-\\_024.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Revin_Meuse_weir_20041230-_024.jpg)



# Teljes folyóvízi lefolyás és komponensei (alaphozam, csapadék, köztes lefolyás, szárazföldi lefolyás)

Teljes folyóvízi lefolyás (streamflow) komponensei:

- Overland flow-szárazföldi lef.
- Baseflow-folyóvízi alaphozam
- Interflow-köztes lefolyás
- Direkt csapadék

Ha nincs csapadék → nincs overland flow, interflow

→ Kizárólag a felszín alatti vízáramlás táplálja a folyót, ez a baseflow

→ Exponenciális csökkenés a görbében  
függ: topográfia (grad h), megcsapolás, talaj (K)

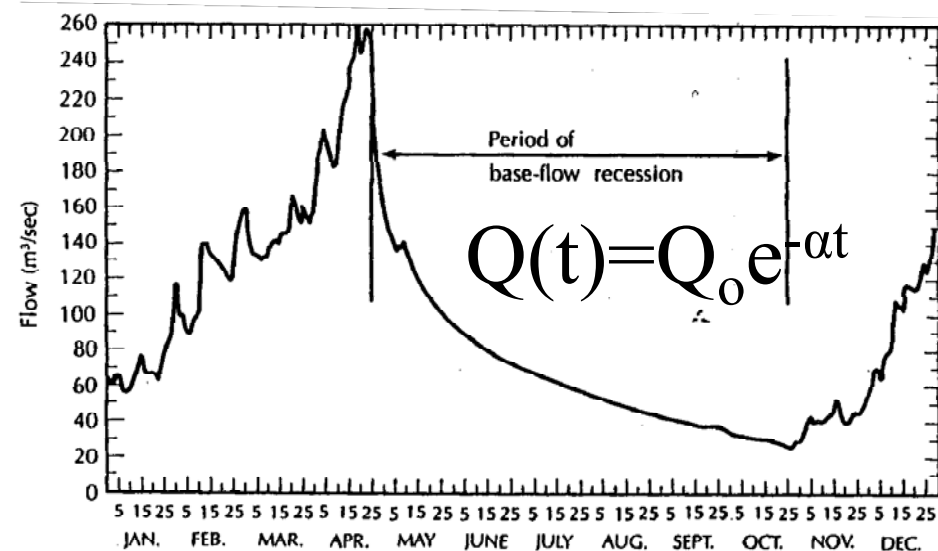


FIGURE 3.6 Typical annual hydrograph for a river with a long dry summer season: Lualaba River, Central Africa. Source: C. O. Wisler & E. F. Brater, eds., *Hydrology*, 2nd ed. (New York: John Wiley, 1959). Used with permission.

$\alpha$  – medence tulajdonságaitól függő tényező

$Q_0$  – a hozam a csökkenés kezdeti pillanatában

$t$  – a recesszió kezdete óta eltelt idő

$Q$  – a hozam „ $t$ ”-ben

$$D=A^{0,2}$$

A-a vízgyűjtő terület nagysága mérföld<sup>2</sup>

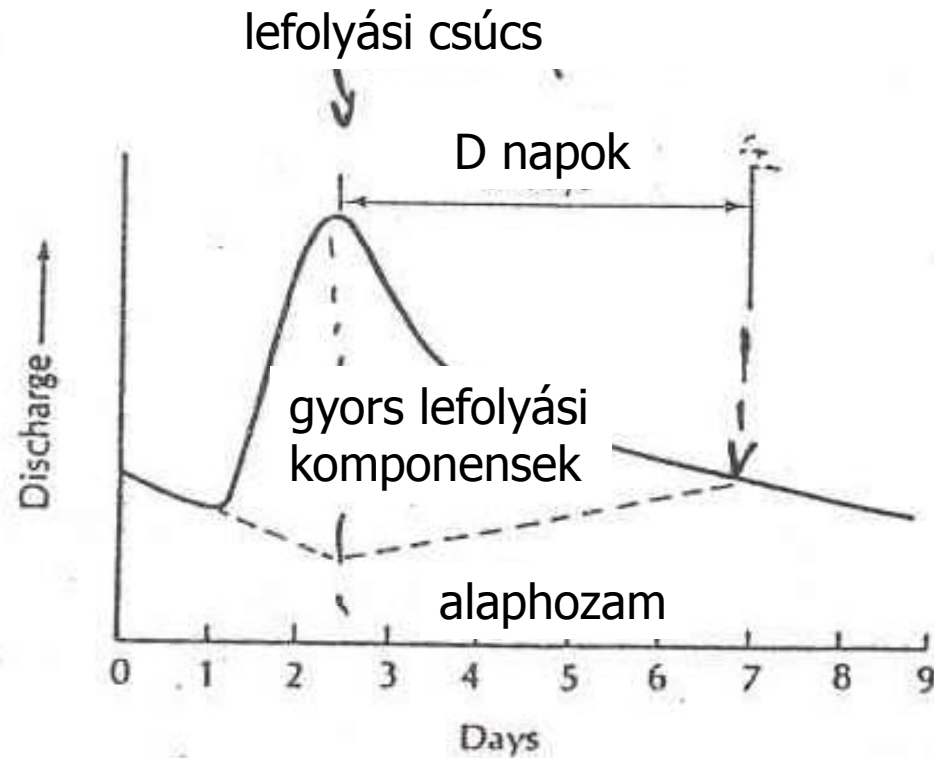


FIGURE 3.9 Hydrograph separation into overland-flow component and baseflow for a stream receiving Horton overland flow.

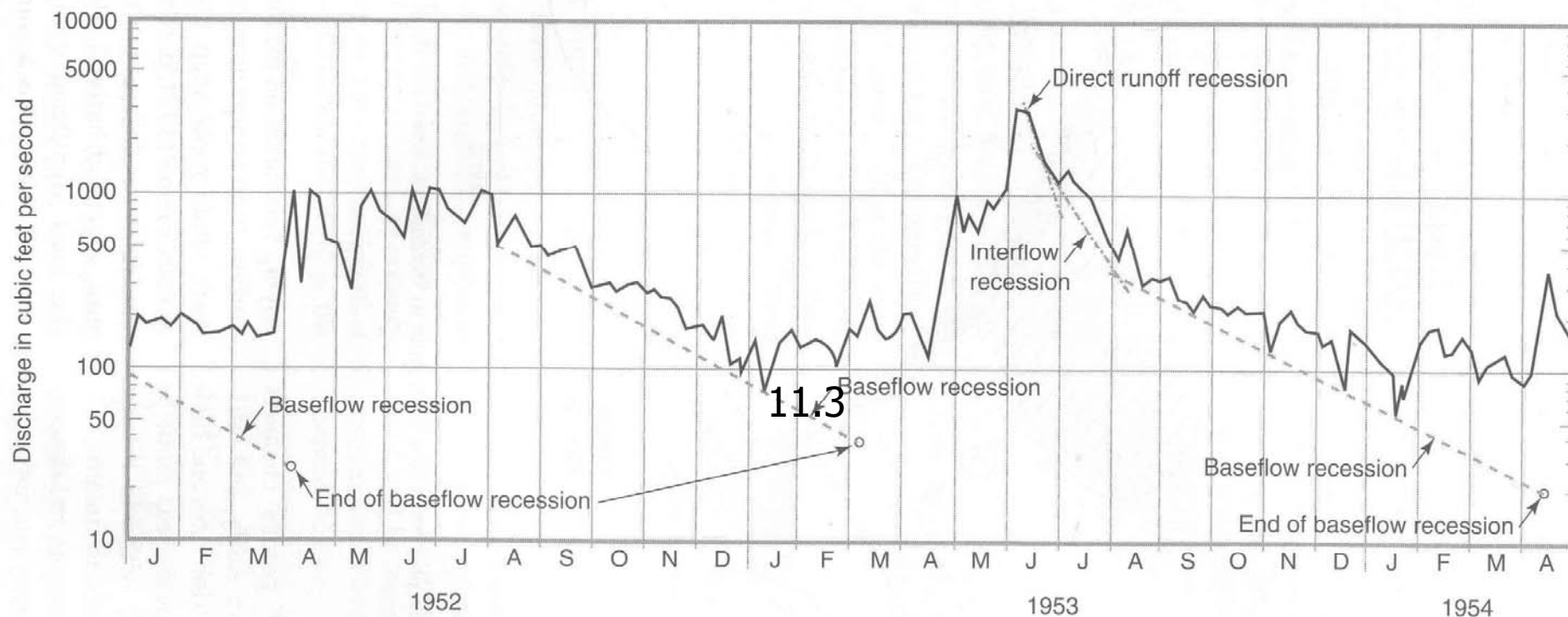
Price (1985)



Folyó vízhozamgörbéjének felbontása (gyors lefolyási és alaphozam) komponensekre



# Folyó vízhozamgörbe elemzés



Alaphozam komponensei:

- felszín alatti víz hozzáfolyása

Gyors lefolyás (quickflow)  
komponensei:

- gyors köztes áramlás
- szárazföldi lefolyás
- közvetlenül a folyómederbe hulló csapadék

(Deming, 2002)

### *10.3.1.A vízkémiai elemzés célja*

Vízkémiai elemzés segítségével lehet következtetni:

- a víz eredetére,
- a bezáró közetre,
- a megettett felszín alatti vízáramlási pályára
- a vizet ért különböző szennyezőkre, a szennyezők eredetére.

# 10.EA. Mérések a hidrogeológiában

*10.1. Milyen célból mérünk, mire használjuk eredményeinket ?*

## 10.2. Hidrológiai módszerek

10.2.1. Csapadékmérés

10.2.2. Evapotranspiráció meghatározása

10.2.3. Lefolyás meghatározása

## 10.3. A vízkémiai elemzések célja és eredményeinek bemutatása

10.3 1. A vízkémiai elemzés célja

10.3 2. TDS és SC, töltésegyensúly hibája

10.3.3. Piper-diagram

10.3 4. Stiff-diagram

10.3 5. Magyarországon elterjedt ábrázolások

10.3 6. Víz típusok

# Összes oldott anyag és fajlagos vezetőképesség

**Összes oldott anyag (TDS- total dissolved solid)**

**Fajlagos vezetőképesség (SC- specific conductivity)**

- Összes oldott anyag: a víz bepárlása után maradt összes szárazanyag mennyisége.  
Osztályozás:
  - TDS<1000mg/l **édes víz** (iható)
  - 1000<TDS<20 000mg/l **csökkent sós víz**
  - 20000mg/l<TDS **sós víz**
- A víz fajlagos vezetőképessége (SC): a vízben oldott ionokkal arányos. Minél magasabb a víz TDS értéke annál jobb a víz fajlagos vezetőképessége. A fajlagos vezetőképességet  $\mu\text{S}/\text{cm}$ -ben mérjük. (mikroSiemens/cm)
  - Esővíz 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$
  - Szennyezett víz 2-3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Összefüggés a TDS és az SC között  
TDS=0,75\*SC (Freeze and Cherry, 1979)  
A 0,75-ös konstans területenként módosulhat

**A mérések, elemzések ellenőrzésére: a töltésegyensúly hibájának meghatározása adott mintán**

komponens	töltés	moláris tömege (g/mol)	minta koncentrációja (mg/l)	meq/l
K <sup>+</sup>	1,000	39,100	39,000	0,997
Na <sup>+</sup>	1,000	22,980	26,000	1,131
Ca <sup>2+</sup>	2,000	40,100	80,000	3,990
Mg <sup>2+</sup>	2,000	24,300	24,000	1,975
Fe <sup>2+</sup> és Fe <sup>3</sup>	2,000	55,840	5,000	0,179
<b>össz. kation</b>				<b>8,273</b>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,000	60,980	366,000	6,002
Cl <sup>-</sup>	1,000	35,450	5,000	0,141
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,000	96,020	48,000	1,000
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,000	61,970	62,000	1,000
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,000	95,930	1,000	0,021
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1,000	96,930	1,000	0,010
OH <sup>-</sup>	1,000	16,990	0,000	
pH	-	-	7,400	
<b>össz. anion</b>				<b>8,174</b>
<b>ELTÉRÉS</b>			<b>1,195</b>	<b>%</b>

# 10.EA. Mérések a hidrogeológiában

*10.1. Milyen célból mérünk, mire használjuk eredményeinket ?*

## 10.2. Hidrológiai módszerek

10.2.1. Csapadékmérés

10.2.2. Evapotranspiráció meghatározása

10.2.3. Lefolyás meghatározása

## 10.3. A vízkémiai elemzések célja és eredményeinek bemutatása

10.3 1. A vízkémiai elemzés célja

10.3 2. TDS és SC, töltésegyensúly hibája

**10.3.3. Piper-diagram**

10.3 4. Stiff-diagram

10.3 5. Magyarországon elterjedt ábrázolások

10.3 6. Víz típusok

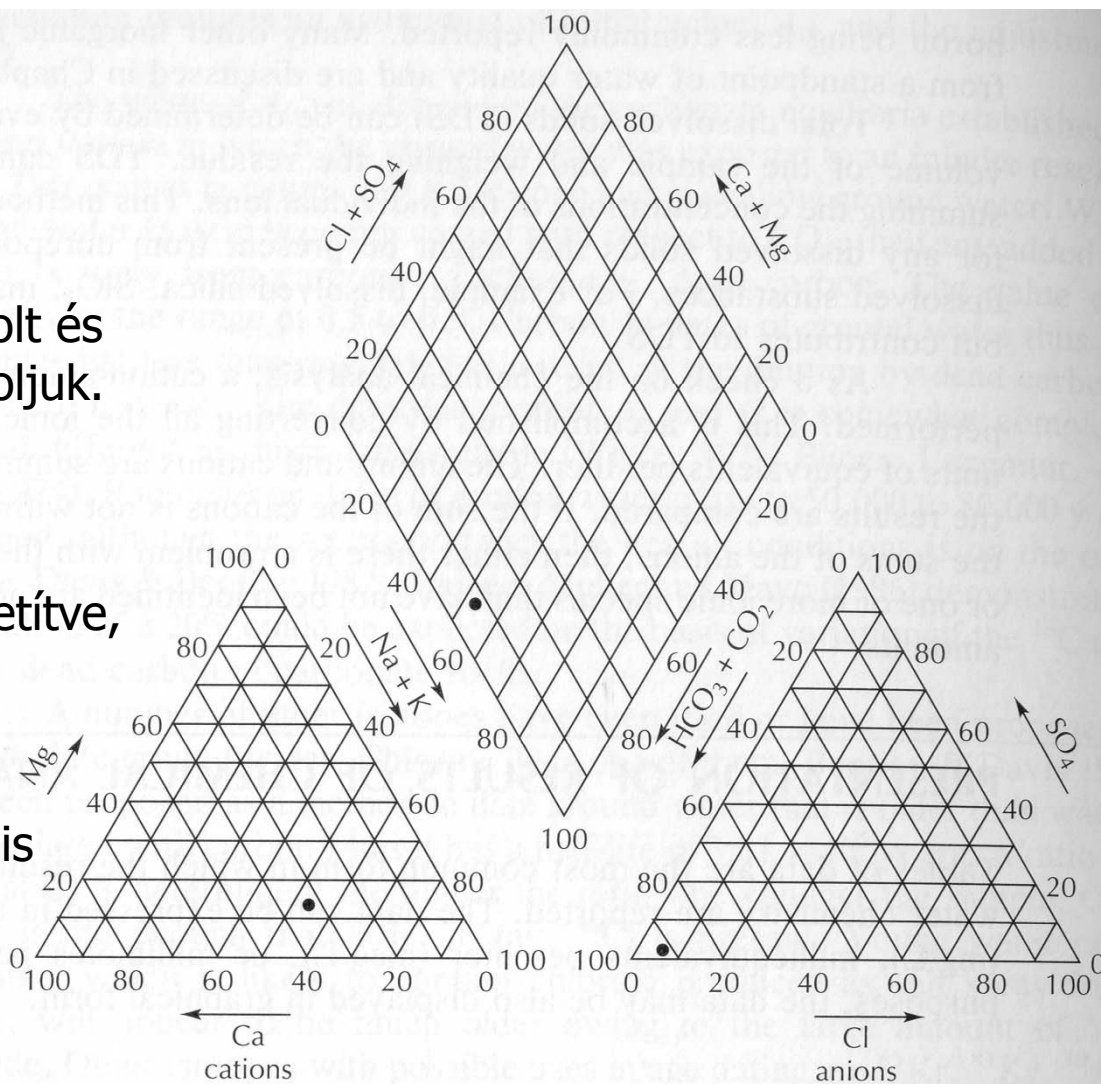
## Piper-diagram

-Két háromszögdiagram  
(kationokra és anionokra)  
és egy rombusz kombinációja.

-A főbb ionok meq/l-be átszámolt és  
%-ban kifejezett értékeit ábrázoljuk.

-A két háromszögben ábrázolt  
alappontok egy szomszédos  
rombusz alakú hálóra vannak vetítve,  
ahol a kationokat és anionokat  
együttesen ábrázoljuk.

-Előnye: egyszerre több mintát is  
felvihetünk a diagramra, ezáltal  
az eredmények összevethetők.



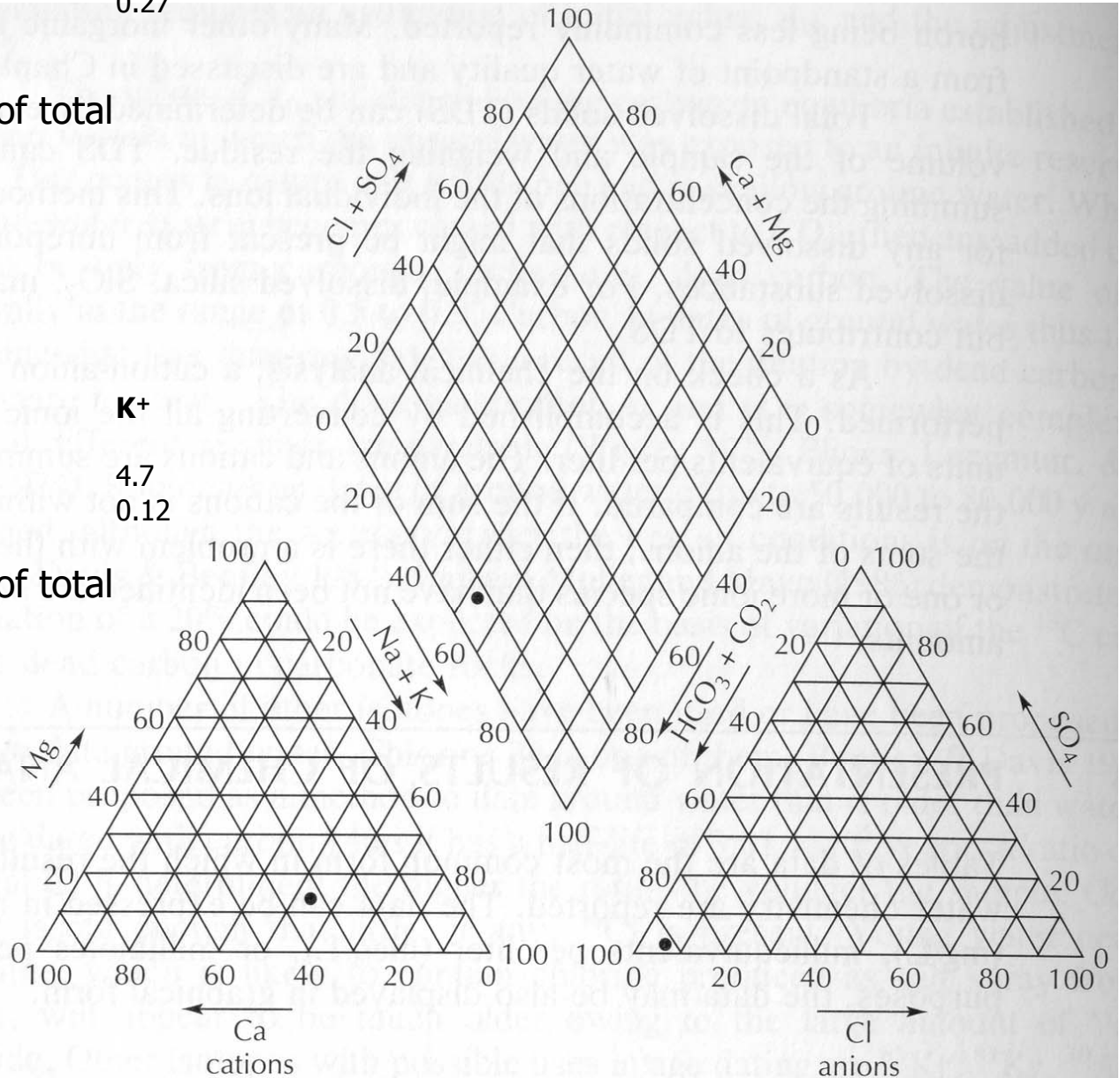
(Piper, 1944)

	$\text{HCO}_3^-$	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$
mg/l	171	0	1.0	9.5
meq/l	2.80	0	0.02	0.27

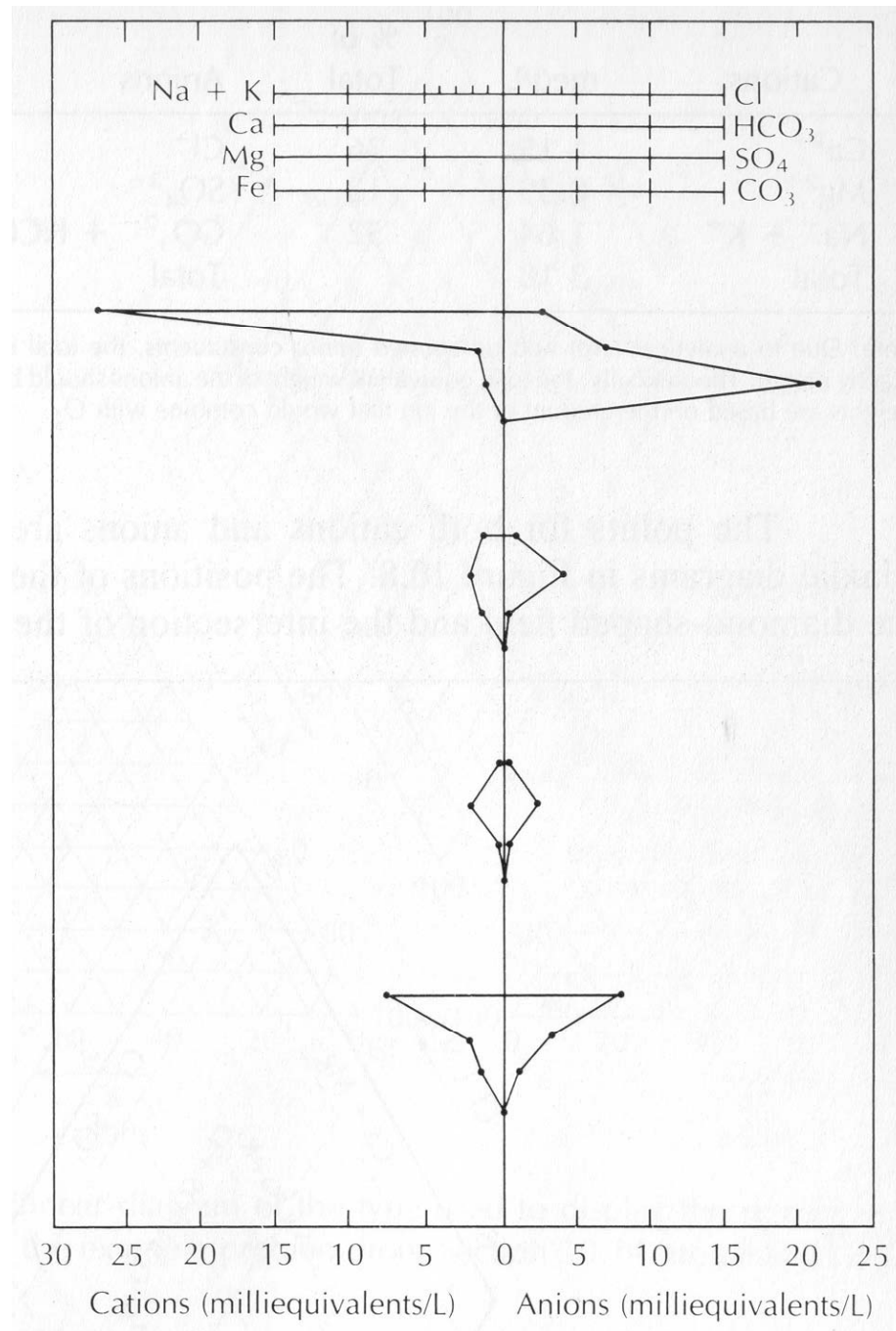
Anions	meq/l	% of total
$\text{Cl}^-$	0.27	9
$\text{SO}_4^{2-}$	0.02	1
$\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$	2.80	90
<b>Total</b>	<b>3.09</b>	

	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$
mg/l	23	4.7	35	4.7
meq/l	1.15	0.39	1.52	0.12

Cations	meq/l	% of total
$\text{Ca}^{2+}$	1.15	36
$\text{Mg}^{2+}$	0.39	12
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	1.64	52
<b>Total</b>	<b>3.18</b>	



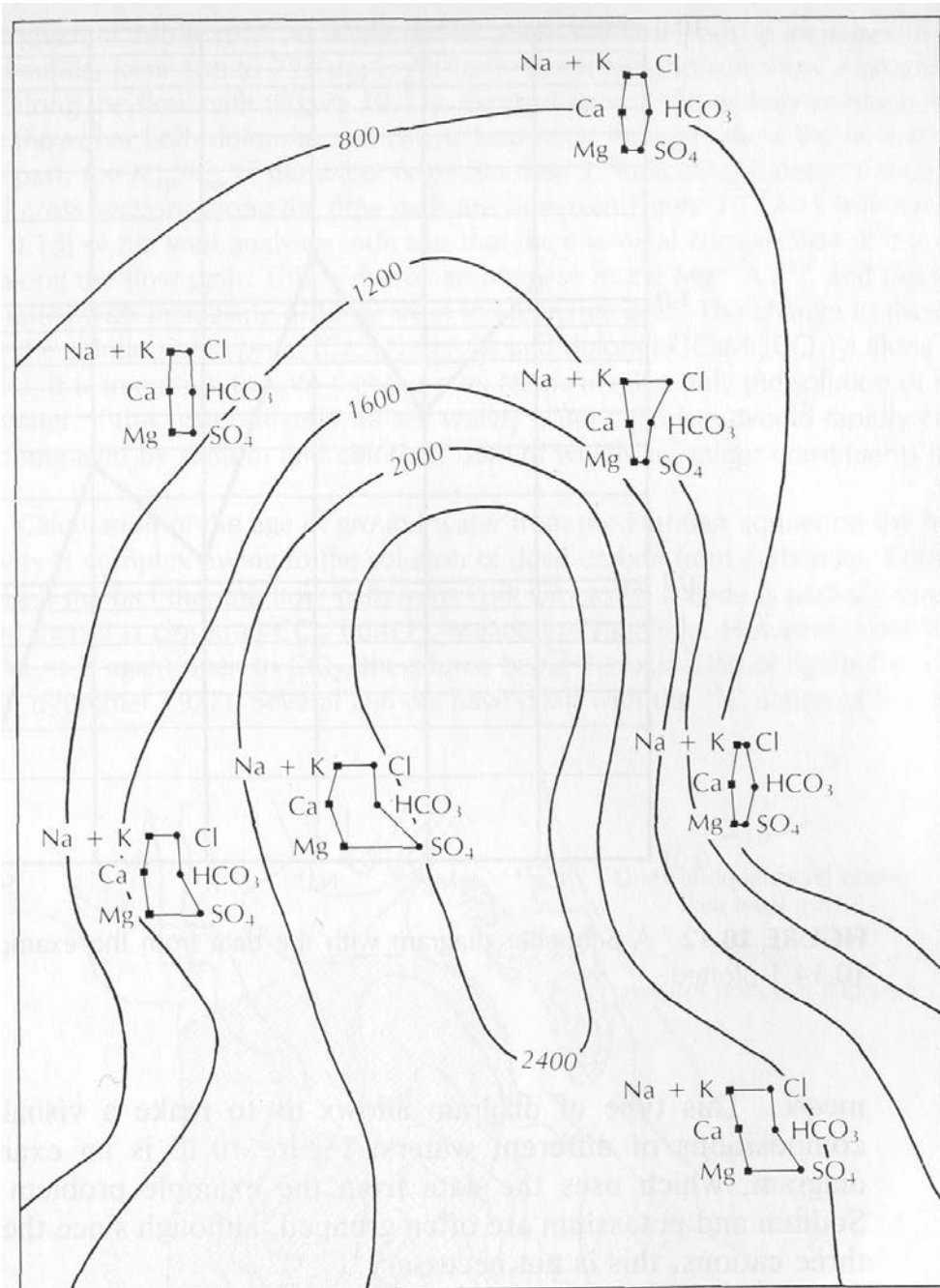




## 10.3.4. Stiff-diagram

- A sokszög alakú diagramon a zero függőleges tengelytől két irányban kiindulva, négy, egymással párizamos tengelyen ábrázoljuk balra a kationokat, jobbra pedig az anionokat meq/l értékben kifejezve.
- A Fe és karbonát tengely használata opcionális, ezek közel zero értékűek.
- Előnye: gyors áttekintést ad, a poligon területe arányos az ionok összes mennyiségével (TDS).

(Hem, 1985)



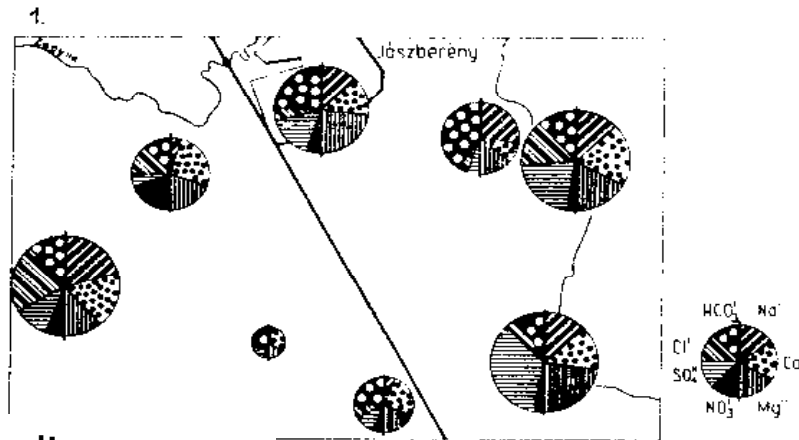
## Izokoncentrációs térkép (TDS, mg/l) és a Stiff-diagram sokszögei

Izokoncentráció:  
 az azonos összes oldottanyag (TDS) tartalmú pontokat összekötő vonalak.

(Fetter, 1988)

## 10.3.5. Magyarországon elterjedt ábrázolások

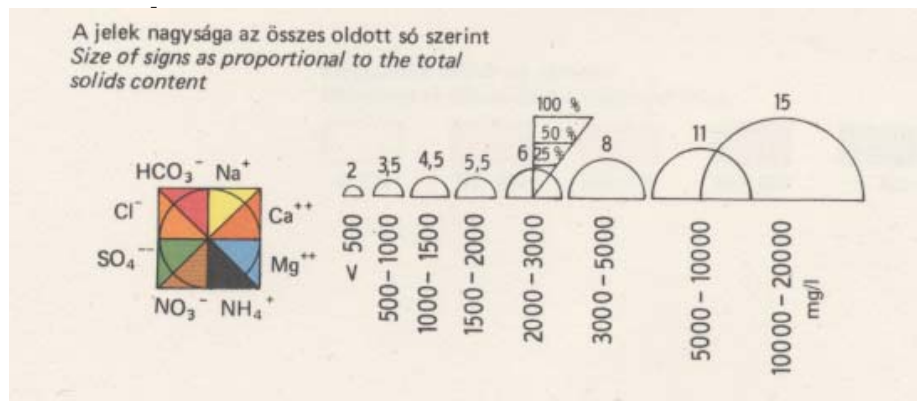
Kördiagram



A kör és csillagdiagram mérete arányos az összes oldottanyag (TDS) tartalommal.

A kördiagramon körcikkével fejezik ki az ionok egyenérték százalékát, a kör baloldalán az anionok, jobboldalán a kationok szerepelnek.

Csillagdiagram



A csillagdiagramon a kör középpontjából kiinduló háromszögek ábrázolják az ionok egyenérték százalékát. Egy-egy ion a háromszöge mindig azonos helyzetű, így az ábra alakja kifejezi a víztípusokat.

Talajvízminták kémiai elemzésének eredményei Jászberény környékén: Rónai A. (1965)

## *10.3.6. Víz típusok*

### Kémiai összetétel szerinti osztályozás

**Hasznosítás célja:** háztartási, ipari, mezőgazdasági

Papp Ferenc szerint:

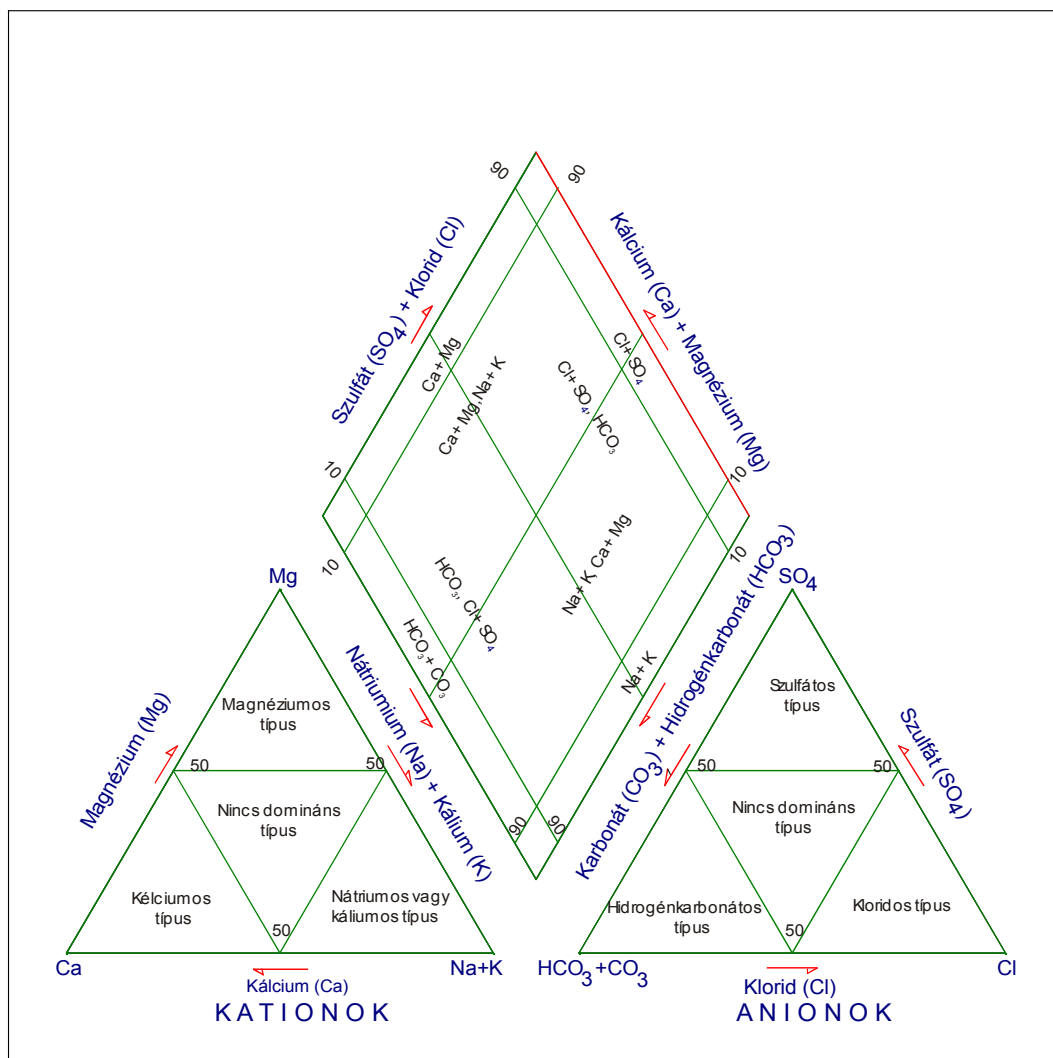
- egyszerű vizek,
- ásványvizek,
- gyógyvizek

Juhász J. (1987) az egyszerű vizek osztályozása:

alkalikus, kalcium-hidrogénkarbonátos, magnézium-hidrogénkarbonátos, konyhasós, szulfátos, kevert vizek.

## **Tudományos kutatás: vízkémiai fáciesek (Back, 1960)**

- A víz felszín alatti pályája diagnosztikus kémiai összetételt eredményez, amely a víz-kőzet kölcsönhatás eredményeképpen alakul ki.
- A vízkémiai/hidrogeokémiai fáciesek: a vizes oldatban lévő fő ionkonok egyenérték-százalékán alapulnak, amelyek egy adott régió felszín alatti vízáramlási képéből és litológiájából következnek. A hidrogeokémiai fáciesek alkalmasak a felszín alatti hidrogeológiai rendszeren belüli helyzet és eredet tisztázására.



	Összetevők eé%-ban			
	Ca+Mg	Na+K	HCO <sub>3</sub> +CO <sub>3</sub>	Cl+SO <sub>4</sub>
<b>Kationfácies</b>				
Kalcium-magnézium	90-100	0 < 10		
Kalcium-nátrium	50-90	10 < 50		
Nátrium-kalcium	10-50	50 < 90		
Nátrium-kálium	0-10	90-100		
<b>Anionfácies</b>				
Hidrogénkarbonát			90-100	0 < 10
Hidrogénkarbonát-klorid-sulfát			50-90	10 < 50
Klorid-sulfát hidrogénkarbonát			10-50	50 < 90
Klorid-sulfát			0-10	90-100

**A vízkémiai fáciesek (Back, 1966)**

**A vízkémiai fácieseket ábrázoló Piper-diagram**  
(Back 1966 után módosítva)